



Consiglio Nazionale  
delle Ricerche

 ITC CONSTRUCTION DAYS 2025

*Milano, 7-9 maggio 2025*

*a cura di*

Valeria Ancona

Massimo Clemente

Giuseppina De Luca

Ilaria Trizio

**BOOK OF ABSTRACTS**



 ITC CONSTRUCTION DAYS 2025

*Milano, 7-9 maggio 2025*

*a cura di*

Valeria Ancona

Massimo Clemente

Giuseppina De Luca

Ilaria Trizio

## Partnership



## Patrocini



Sviluppo grafico a cura di Fulvia Ciurlia, CNR-Unità Editoria

Impaginazione a cura di Ilaria Trizio, Adriana Marra, Federica Miconi e Gianluca Ciuca, Istituto per le Tecnologie della Costruzione (CNR-ITC)

Revisione dei testi a cura di Alessandro Giannangeli, Antonio Mannella, Adriana Marra, Francesca Savini, Istituto per le Tecnologie della Costruzione (CNR-ITC)

Organizzatore principale CNR-Istituto per le tecnologie della costruzione

Cnr Edizioni, 2025

P.le Aldo Moro 7, 00185 Roma

[www.edizioni.cnr.it](http://www.edizioni.cnr.it)

ISBN (ed. stampa) 978 88 8080 730 8

(ed. digitale) 978 88 8080 731 5



This work is licensed under [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

## **CHAIR**

Massimo CLEMENTE, Direttore CNR-ITC

## **COMITATO SCIENTIFICO**

Angela BARBANENTE, Alessandra BATTISTI, Massimo BRICOCOLI, Emilio Fortunato CAMPANA, Salvatore CAPASSO, Stefano CAPOLONGO, Alessandro CASTAGNARO, Giordana CASTELLI, Edoardo COSENZA, Lucio D'ALESSANDRO, Valeria D'AMBROSIO, Filippo DE ROSSI, Giovanni FABBROCINO, Dora FOTI, Andrea GIORDANO, Fabio GRAZIOSI, Matteo IGNACCOLO, Mario LOSASSO, Bianca Gioia MARINO, Nicola MARTINELLI, Francesco Domenico MOCCIA, Emidio NIGRO, Antonio OCCHIUZZI, Alessandra OPPIO, Alberto PAVESE, Francesco PETRACCHINI, Silvia PIARDI, Renata PICONE, Fulvia PINTO, Andrea PROTA, Riccardo REALFONZO, Michelangelo RUSSO, Anna SAETTA, Alberto SANNA, Marella SANTANGELO, Michela SPAGNUOLO, Maurizio TIRA, Michele TALIA, Antonio Felice URICCHIO, Ornella ZERLENGA, Valeria ANCONA, Alice BELLAZZI, Lorenzo BELUSSI, Sergio BOBBO, Antonio BONATI, Paolino CASSESE, Corrado CASTAGNARO, Maddalena CIMMINO, Massimo CLEMENTE, Orsola COPPOLA, Ludovico DANZA, Giuseppina DE LUCA, Anna DEVITOFRANCESCO, Monica FABRIZIO, Laura FEDELE, Giovanni FERRARINI, Annalisa FRANCO, Matteo GHELLERE, Eleonora GIOVENE DI GIRASOLE, Paola LASSANDRO, Antonella LERARIO, Antonio MANNELLA, Sergio MARINETTI, Adriana MARRA, Silvia MINETTO, Luisa MORFINI, Laura PORRO, Carlo RAINIERI, Ilenia ROSATI, Francesco SALAMONE, Francesca SAVINI, Luca SCHIAVI, Chiara SCROSATI, Alberto STRINI, Ilaria TRIZIO, Vito Felice URICCHIO

## **COMITATO ORGANIZZATIVO**

Valeria ANCONA, Giuseppina DE LUCA, Ilaria TRIZIO, CNR – ITC

## **SEGRETERIA TECNICO-SCIENTIFICA**

Salvatore CAPOTORTO, Gianluca CIUCA, Benedetta ETTORRE, Alessandro GIANNANGELI, Claudio MAFFÈ, Federica MICONI, Paolo MIRABELLI

## **SEGRETERIA TECNICO-AMMINISTRATIVA**

Patrizia BARCHITTA, Roberta Wanda CAPOGROSSO, Simona DAGUANNO, Anna Lita LA ROCCA, Tosca SOFFIENTINI, Laura NIRONI, Paola DESSY

## ITC CONSTRUCTION DAY 2025 – Programma Tecnico

Mercoledì 7 maggio 2025	
Sede storica di Assimpredil Ance Associazione delle Imprese edili e complementari delle province di Milano, Lodi, Monza e Brianza Via San Maurilio, 21 – 20123 Milano	
9:30-10:00	<b>Registrazione Partecipanti</b>
10:00-10:10	<b>Apertura dei lavori</b> <i>Massimo Clemente, Direttore CNR-ITC</i>
10:10-11:00	<b>Saluti istituzionali</b> <i>Regina De Albertis, Presidente Assimpredil ANCE Milano Lodi Monza Brianza</i> <i>Paola Marone, Presidente Federcostruzioni</i> <i>Emilio Fortunato Campana, Direttore CNR- DIITET</i>
11:00-11:30	<b>Coffee break</b>
11:30-13:30	<b>Tavola rotonda introduttiva “Le Sfide”</b> Modera: <i>Massimo Clemente, Direttore CNR-ITC</i> Intervengono: <i>Stefano Capolongo, Direttore DABC Politecnico di Milano</i> <i>Alessandro Castagnaro, Presidente Ass.ne Nazionale Architetti Ingegneri Italiani</i> <i>Andrea Giordano, Direttore DICEA Università di Padova</i> <i>Mario Losasso, Presidente Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura</i> <i>Bianca Gioia Marino, Università di Napoli Federico II</i> <i>Emidio Nigro, Direttore DiSt, Università di Napoli Federico II</i> <i>Antonio Occhiazzi, Università degli Studi di Napoli Parthenope e CNR-ITC</i> <i>Michele Talia, Presidente Istituto Nazionale di Urbanistica</i>
13:30-14:45	<b>Light lunch</b>
<b>Panel 1</b> 15:00-16:30	<b>Innovazione, materiali, soluzioni e tecnologie per le costruzioni e l'ambiente costruito</b> Chair: <i>Antonio Bonati, CNR-ITC</i> Discussant: <i>Sara Cattaneo, Politecnico di Milano</i>
1° pitch	<b>Cementi conformi alla EN 197-5: influenza dei cicli di gelo e disgelo sulle proprietà meccaniche</b> <i>Giuseppina De Luca, Arianna Peduzzi, Alessandro Bocchi, Antonio Bonati</i>
2° pitch	<b>Materiali porosi alcali-attivati da ceneri pesanti di biomassa per la produzione di pannelli isolanti</b> <i>Alessio Occhicone, Giuseppina Roviello, Giovanni Morieri, Raffele Cioffi, Claudio Ferone</i>
3° pitch	<b>Sistemi biomimetici di monitoraggio della salute strutturale di opere civili: sfide e potenzialità del progetto PRIN SUCCESS</b> <i>Paolino Cassese, Luigi Cieri, Carlo Luca Schiavi, Antonio Bonati, Giovanni Fabbrocino, Carlo Rainieri</i>
4° pitch	<b>Validazione sperimentale del progetto di un'innovativa scala in vetro laminato priva di elementi in acciaio con funzione strutturale</b> <i>Antonio Bonati, Giovanni Cavanna, Davide Corsaro, Pietro Marras, Fabio Montagna, Gabriele Pisano, Riccardo Zanoni</i>
5° pitch	<b>Campagna di prove in situ finalizzata al collaudo di un'innovativa scala in vetro laminato priva di elementi in acciaio con funzione strutturale</b> <i>Antonio Bonati, Giovanni Cavanna, Gabriele Pisano, Carlo Rainieri, Riccardo Zanoni</i>
6° pitch	<b>Valutazioni sismiche-energetiche di edifici a pareti estese debolmente armate</b> <i>Alberto Pavese, Giuseppina De Luca, Alessia Aldrovandi, Antonio Bonati</i>
7° pitch	<b>Immersione ciclica di calcestruzzi fessurati in acqua marina simulata</b> <i>Luca Schiavi, Alberto Strini, Federica Lollini, Matteo Gastaldi, Nicoletta Russo, Pietro Marras, Davide Corsaro, Riccardo Zanoni</i>
8° pitch	<b>Fotogrammetria mediata da grafi euclidei per l'analisi ottimizzata di fessure in campioni cementizi</b> <i>Alberto Strini, Luca Schiavi, Pietro Marras, Davide Corsaro, Riccardo Zanoni</i>
9° pitch	<b>Decadimento delle prestazioni energetiche di una facciata continua a seguito di azioni sismiche</b> <i>Giuseppina De Luca, Giovanni Cavanna, Antonio Bonati</i>

10° pitch	<b>Prove di reazione a fuoco facciate outdoor in diverse condizioni ambientali. Criticità e prospettive future</b> <i>Antonio Bonati, Giovanni Cavanna, Riccardo Di Ruzza, Gabriele Pisano, Fabio Alaimo Ponziani, Alberto Tinaburri</i>
11° pitch	<b>Ottimizzazione della soglia di allarme per aumentare l'affidabilità del monitoraggio strutturale data-driven</b> <i>Alessio De Corso, Carlo Rainieri</i>
12° pitch	<b>Alcune osservazioni sullo stato attuale e sui problemi aperti delle infrastrutture stradali in Bolivia</b> <i>Carla Grandón-Soliz, Antonio Sandoli, Giovanni Fabbrocino</i>
<b>Panel 2</b> 16:30-17:30	<b>Tecnologie per la sostenibilità ambientale, nel settore del condizionamento dell'aria e della refrigerazione</b> <b>Chair: Monica Fabrizio, CNR-ITC</b> <b>Discussant: Paolo Bison, CNR-ITC</b>
1° pitch	<b>Monitoraggio delle prestazioni di una pompa di calore per la realizzazione di un sistema di gestione basato su Intelligenza Artificiale</b> <i>Lorenzo Belussi, Alice Bellazzi, Sergio Bobbo, Ludovico Danza, Laura Fedele, Davide Menegazzo, Francesco Salamone</i>
2° pitch	<b>Modellazione di un innovativo sistema di accumulo di calore basato su materiali termochimici (TCM) integrato con una pompa di calore a CO2</b> <i>Davide Menegazzo, Francesco Fabris, Giulia Lombardo, Laura Vallese</i>
3° pitch	<b>Materiali per l'uso efficiente dell'energia negli impianti di climatizzazione a servizio degli edifici</b> <i>Giovanni Ferrarini, Laura Vallese, Giulia Lombardo, Davide Menegazzo, Stefano Rossi, Mauro Scattolini, Paolo Bison, Laura Fedele, Sergio Bobbo</i>
4° pitch	<b>Il progetto ENOUGH: verso filiere alimentari a emissioni zero</b> <i>Francesco Fabris, Sergio Marinetti, Silvia Minetto, Antonio Rossetti</i>
5° pitch	<b>Soluzioni innovative per la gestione dell'energia termica negli edifici</b> <i>Laura Vallese, Giulia Lombardo, Davide Menegazzo, Giovanni Ferrarini, Stefano Rossi, Mauro Scattolini, Paolo Bison, Sergio Bobbo, Laura Fedele</i>
6° pitch	<b>Trasporto refrigerato: dalla ricerca al supporto istituzionale, un approccio completo</b> <i>Francesco Fabris, Sergio Marinetti, Silvia Minetto, Antonio Rossetti</i>
15:00-17:30	<b>Sessione Poster</b>
20:00	<b>Networking pizza</b> <i>Ristorante Pizzeria Falcone</i> Via Falcone 7, Milano – 20123

**Giovedì 8 maggio 2025**

**Sede storica di Assimpredil Ance**  
**Associazione delle Imprese edili e complementari delle province di Milano, Lodi, Monza e Brianza**  
**Via San Maurizio, 21 – 20123 Milano**

<b>Panel 3</b> 9:00-10:30	<b>Patrimonio culturale e innovazione tecnologica per la sostenibilità dell'ambiente costruito e la rigenerazione urbana resiliente</b> <b>Chair: Eleonora Giovane di Girasole, CNR-ITC</b> <b>Discussant: Fulvia Pinto, Politecnico di Milano</b>
1° pitch	<b>Il porto come patrimonio e paesaggio condiviso. L'“interazione porto-città” in alcuni cluster portuali italiani</b> <i>Chiara Nifosi</i>
2° pitch	<b>Cintura verde e Darsena di città: esempio di rigenerazione urbana integrata a Ravenna e le prospettive di attuazione a Taranto</b> <i>Maria Stefania Fornaro, Francesca Russo, Vito Felice Uricchio</i>
3° pitch	<b>La barca di Venetia per Padova: indagini termografiche tra le due città venete per l'identificazione dell'umidità nei beni culturali</b> <i>Paolo Bison, Giovanni Ferrarini, Stefano Rossi, Alessandro Bortolin, Gianluca Cadelano, Erika Guolo, Fabio Peron</i>
4° pitch	<b>L'acqua e i mulini dal Medioevo: evoluzione paleoclimatica e patrimonio culturale delle Aree Interne (Abruzzo e Sardegna)</b> <i>Silvia Fabbrocino, Roberto Graziano, Sebastiano Perriello Zampelli, Annarita Paolillo, Ilaria Trizio</i>

5° pitch	<b>Plugging ports: un modello innovativo per la gestione dei conflitti e la valutazione degli impatti delle attività portuali sulle città e sugli ecosistemi costieri</b> <i>Benedetta Ettore, Massimo Clemente</i>
6° pitch	<b>Dal monitoraggio alla modellazione strutturale: un codice di calcolo per la salvaguardia del patrimonio architettonico</b> <i>Maria Girardi, Cristina Padovani, Daniele Pellegrini</i>
7° pitch	<b>Prospettive di rigenerazione urbana per il patrimonio culturale nell'area occidentale di Napoli. Dalla Mostra d'Oltremare alle prospettive future</b> <i>Francesca Palladino</i>
8° pitch	<b>Rigenerare le infrastrutture urbane: verso modelli multifunzionali, climate-neutral e sostenibili</b> <i>Paolo Carli</i>
9° pitch	<b>Il tempo della conservazione programmata: intersezioni disciplinari nel progetto PRIN CHIARA</b> <i>Corrado Castagnaro, Bianca Gioia Marino, Filippo de Rossi</i>
10° pitch	<b>Reti territoriali materiali e immateriali, la ricerca di un metodo per la rigenerazione delle aree interne campane</b> <i>Roberta Ruggiero</i>
11° pitch	<b>Rigenerazione urbana e turismo sostenibile: strategie per la valorizzazione dell'ambiente costruito</b> <i>Paolo Pane, Stefano De Falco</i>
12° pitch	<b>Un modello di porto rigenerativo: verso la coesistenza di sostenibilità turismo e innovazione</b> <i>Domenico Vito, Eugenio Luciani, Giulia Guerriero, Gaia Caldanise, Maria Pia Tucci, Jenny Salazar Zapata, Patricia Furtado de Mendonça, Rossana Vulcano</i>
10:30-10:45	<b>Coffee break</b>
<b>Panel 4</b> 10:45-12:00	<b>Transizione ecologica giusta per lo sviluppo sostenibile e resiliente dell'ambiente e dei territori</b> <b>Chair: Vito Felice Uricchio, CNR-ITC</b> <b>Discussant: Marina Rigillo, Università di Napoli Federico II</b>
1° pitch	<b>L'innovazione per il contrasto attivo ai crimini ambientali</b> <i>Vito Felice Uricchio, Carmine Massarelli, Stefania Fornaro, Serena Triggiani</i>
2° pitch	<b>Gestione integrata dei dati ambientali con open-source software</b> <i>Carmine Massarelli, Maria Silvia Binetti, Vito Felice Uricchio</i>
3° pitch	<b>Conglomerati cementizi rinforzati con PET di scarto per lo sviluppo di un ambiente sostenibile</b> <i>Cristiano Giuseppe Coviello, Paola Lassandro, Dora Foti</i>
4° pitch	<b>Sostenibilità e Transizioni Urbane: Un Confronto tra Quartieri Verdi in Europa e Louisiana (USA)</b> <i>Giuseppe Pace, Gabriella Esposito, Donna Johnson</i>
5° pitch	<b>Nature-Based Solutions per il recupero di territori degradati e lo sviluppo di filiere verdi</b> <i>Valeria Ancona, Aurora Rutigliano, Ilaria Savino, Roberto Carlucci, Angelo Tursi, Domenico Borello, Vito Felice Uricchio</i>
6° pitch	<b>Potenzialità economica e ambientale dell'allevamento di <i>Hermetia illucens</i> su rifiuti organici per la produzione di materiali innovativi</b> <i>Mauro Lamanna, Stefano Convertini, Daniela Losacco, Roberto Puglisi, Rocco Roma</i>
7° pitch	<b>Il Phytomining: una strategia ecosostenibile per il recupero di materie prime critiche</b> <i>Valeria Ancona, Ilaria Savino, Pietro Dambra, Aurora Rutigliano, Cristina Cavone, Tatiana Sisto, Gianluigi De Gennaro, Roberto Carlucci, Vito Felice Uricchio</i>
8° pitch	<b>Laboratori di innovazione del suolo per co-Rigenerare e trasformare i suoli europei: il progetto SOILCRATES</b> <i>Valeria Ancona, Paola Grenni, Aurora Rutigliano, Ludovica Rolando, Anna Barra Caracciolo</i>
9° pitch	<b>Processi collaborativi per la gestione sostenibile dei rifiuti: il caso di Ulaanbaatar nel progetto 3R4UB</b> <i>Gaia Daldanise, Francesco Stefano Sammarco, Marina Rigillo, Gabriella Esposito De Vita</i>
10° pitch	<b>La gestione dei rischi climatici negli insediamenti urbani: l'approccio della progettazione tecnologica e ambientale nei progetti PNRR RETURN e PRIN 2022 REACT</b> <i>Mario Losasso, Valeria D'Ambrosio, Maria Fabrizia Clemente, Sara Verde</i>

Panel 5 12:00-13:30	<b>Tecnologie digitali per la conoscenza, la documentazione, rappresentazione, manutenzione, gestione e valorizzazione del costruito e del paesaggio antropizzato</b> Chair: <i>Ilaria Trizio, CNR-ITC</i> Discussant: <i>Assunta Pelliccio, Università degli Studi di Cassino e CNR-ITC</i>
1° pitch	<b>Soluzioni digitali per il patrimonio in abbandono delle Aree Interne</b> <i>Francesca Savini, Gianluca Ciuca</i>
2° pitch	<b>Integrazione delle tecnologie digitali per la documentazione e la conservazione del patrimonio culturale: il progetto di ricerca M.A.C.IN.A.</b> <i>Ilaria Trizio, Michele Valentino, Silvia Fabbrocino</i>
3° pitch	<b>Percepire l'isolamento per ricucire i Campi Flegrei. Digital transects per la fruizione del paesaggio flegreo</b> <i>Antonio Acierno, Ivan Pistone</i>
4° pitch	<b>L'interpretazione dei dati interferometrici satellitari per il monitoraggio strutturale di ponti esistenti sollecitati da azioni termiche</b> <i>Sandropio Scoccola, Antonio Sandoli, Giovanni Fabbrocino</i>
5° pitch	<b>IA e Machine Learning per l'identificazione semiautomatica del degrado superficiale dei ponti storici in muratura</b> <i>Marco Giallonardo, Agostino Forestiero, Ilaria Trizio</i>
6° pitch	<b>(Ri)Costruire Amatrice. Applicazioni BIM per la rappresentazione autentica</b> <i>Giuseppe Amoruso</i>
7° pitch	<b>Il Virtual Tour Informativo come strumento di conoscenza e diagnostica di area di interesse archeologico: il caso del santuario italico di Pietrabbondante (IS)</b> <i>Adriana Marra, Francesca Savini, Ilaria Trizio, Giovanni Fabbrocino, Antonio Sandoli</i>
8° pitch	<b>Metodologie e tecnologie digitali integrate per la conoscenza e la comunicazione del patrimonio culturale. Il caso del Cimitero Monumentale di Perugia</b> <i>Valeria Menchetelli, Alessio Cordisco, Eleonora Dottorini, Marco Giallonardo, Ilaria Trizio</i>
9° pitch	<b>Le porte della fortezza di Bergamo: la documentazione 3D per la comunicazione e la valorizzazione del patrimonio costruito</b> <i>Alessio Cardaci, Antonella Versaci, Pietro Azzola</i>
10° pitch	<b>Dal rilievo alla simulazione economica: sviluppo di un'interfaccia interattiva basata su nuvole di punti per l'analisi dei costi negli interventi sul costruito</b> <i>Claudio Mirarchi, Fabrizio Banfi, Jacopo Cassandro, Alberto Pavan</i>
11° pitch	<b>Heritage BIM per la gestione del patrimonio immobiliare dell'Università degli Studi dell'Aquila</b> <i>Stefano Brusaporci, Pamela Maiezza, Alessandra Tata, Davide Pecilli, Luca Vespasiano</i>
12° pitch	<b>BIM e piattaforme digitali per la gestione del costruito storico: verso una manutenzione intelligente</b> <i>Alessio Cordisco, Federica Miconi, Adriana Marra</i>
13° pitch	<b>Tecniche di restituzione prospettica: Una nuova metodologia per l'interpretazione delle opere pittoriche</b> <i>Salvatore Capotorto, Cinzia Campobasso</i>
13:30-14:30	Light lunch
Panel 6 14:30-15:45	<b>Soluzioni e tecnologie sostenibili per l'efficienza energetica, la qualità ambientale e l'acustica di edifici e aree urbane</b> Chair: <i>Ludovico Danza, CNR-ITC</i> Discussant: <i>Enrico De Angelis, Politecnico di Milano</i>
1° pitch	<b>Ventilazione e isolamento acustico nelle finestre mediante metamateriali: prime considerazioni per il PRIN METAWAVE</b> <i>Chiara Scrosati, Francesco Martellotta, Massimo Garai</i>
2° pitch	<b>Il monitoraggio ambientale nei musei: best practices per la corretta conservazione delle opere e il benessere dei visitatori</b> <i>Alice Bellazzi, Anna Devitofrancesco, Claudio Maffè, Francesco Salamone, Ludovico Danza</i>
3° pitch	<b>Living Walls. L'approccio multidisciplinare come soluzione per l'integrazione sinergica negli edifici</b> <i>Benedetta Barozzi, Alice Bellazzi, Matteo Ghellere, Francesco Salamone, Chiara Scrosati</i>

4° pitch	<b>Infrastrutture Verdi: smart vertical farm come soluzioni sostenibili in facciata per edifici in ambiente urbano e peri-urbano</b> <i>Paola Lassandro, Salvatore Capotorto, Valeria Mammone</i>
5° pitch	<b>La rivoluzione umano-centrica per una progettazione e gestione sostenibile del patrimonio costruito</b> <i>Ilaria Pigliatile, Francesco Salamone, Marco Arnesano, Ludovico Danza</i>
6° pitch	<b>Gli indicatori del benessere indoor per il monitoraggio della qualità del costruito</b> <i>Valentina Vecchi, Mariangela De Vita, Ludovico Danza, Francesco Salamone</i>
7° pitch	<b>Il laboratorio ZEB di ITC-CNR per lo studio del benessere visivo</b> <i>Matteo Ghellere, Alice Bellazzi, Anna Devitofrancesco, Francesco Salamone, Ludovico Danza</i>
8° pitch	<b>Monitoraggio partecipato della qualità ambientale di contesti urbani: uso di wearables e messa a punto di protocolli di valutazione soggettiva</b> <i>Yorgos Spanodimitriou, Roxana Adina Toma, Adriana Galderisi, Massimiliano Masullo, Francesco Salamone, Ludovico Danza, Sergio Sibilio</i>
9° pitch	<b>Ambienti di Apprendimento Inclusivi: Un Approccio Metodologico per Ottimizzare il Benessere degli Studenti Neurodivergenti</b> <i>Francesco Salamone, Chiara Malagoli, Lucia Ferlino, Fabrizio Ravicchio, Ludovico Danza</i>
10° pitch	<b>Dalla sostenibilità alla resilienza: la sfida delle città verso la neutralità e l'adattamento climatico</b> <i>Anna Devitofrancesco, Ludovico Danza, Matteo Ghellere, Andrea Moro</i>
11° pitch	<b>Strategie di adattamento climatico per la riduzione degli effetti dell'isola di calore urbana e la riqualificazione degli spazi pubblici nella periferia di Roma</b> <i>Andrea Canducci, Alberto Calenzo, Livia Calcagni, Angela Calvano, Angelo Figliola, Eva Vergara Adriano Ruggiero, Alessandra Battisti</i>
<b>Panel 7</b> 15:45-17:00	<b>Vulnerabilità e valutazione del rischio dei sistemi edilizi, delle infrastrutture e dei territori</b> <b>Chair: Carlo Rainieri, CNR-ITC</b> <b>Discussant: Giovanni Fabbrocino, Università degli Studi del Molise e CNR-ITC</b>
1° pitch	<b>Il controllo delle vibrazioni dei ponti stradali esistenti: nuove metodologie e tecnologie per un approccio speditivo</b> <i>Maddalena Cimmino, Michele Ranallo, Antonietta Maria Nisi, Giovanni Fabbrocino, Carlo Rainieri</i>
2° pitch	<b>Il comportamento sismico dei kit di partizioni interne</b> <i>Orsola Coppola, Antonio Bonati, Laura Nironi</i>
3° pitch	<b>Vulnerabilità e Valutazione del Rischio sismico e vulcanico nelle Aree Vulcaniche. Il caso studio dei Campi Flegrei, Vesuvio ed Ischia</b> <i>Renato Somma, Antonio Coviello</i>
4° pitch	<b>Analisi della Risposta Sismica di un Ponte Esistente in Cemento Armato</b> <i>Simone Reale, Marco Furinghetti, Alberto Pavese</i>
5° pitch	<b>Analisi modale in condizioni operative per la validazione del modello di un ponte ad arco in calcestruzzo armato</b> <i>Ilenia Rosati, Marco Di Ludovico, Carlo Rainieri</i>
6° pitch	<b>L'evoluzione di tecniche e metodologie per la valutazione della capacità sismica dell'involucro edilizio</b> <i>Orsola Coppola, Maddalena Cimmino, Antonio Bonati, Antonio Occhiuzzi</i>
7° pitch	<b>Riflessioni sull'utilizzo di analisi dinamiche per la valutazione della risposta sismica degli edifici in aggregato in muratura</b> <i>Antonio Sandoli, Antonio Mannella, Giovanni Fabbrocino</i>
8° pitch	<b>La capacità sismica di connessioni a vite lastra-montante nelle partizioni in cartongesso</b> <i>Antonio Bonati, Orsola Coppola, Danilo D'Angela, Gennaro Magliulo</i>
9° pitch	<b>Valutazione numerica della vulnerabilità sismica di facciate continue vetrate</b> <i>Nicola Cella, Chiara Bedon</i>
10° pitch	<b>Rigenerazione urbana e protezione civile: un approccio sperimentale per i Campi Flegrei</b> <i>Marianna Cerillo</i>

<b>Panel 8</b> 15:45-17:00	<b>Supporto tecnico scientifico allo sviluppo normativo e alla certificazione dei prodotti</b> Chair: <i>Luisa Morfini, CNR-ITC</i> Discussant: <i>Francesca Ceroni, Università Parthenope e CNR-ITC</i>
1° pitch	<b>Il ruolo della certificazione ad alto contenuto tecnico scientifico nel supporto all'innovazione di prodotto</b> <i>Paola Dessy, Laura Nironi, Laura Porro</i>
2° pitch	<b>Riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> nel settore cementizio: Normativa vs Sviluppo Tecnologico</b> <i>Giuseppina De Luca, Antonio Bonati, Luigi Morgillo, Claudio Ferone, Raffele Cioffi, Antonio Occhiazzi</i>
3° pitch	<b>La qualificazione e progettazione delle armature in materiale composito fibrorinforzato nel panorama europeo e nazionale</b> <i>Annalisa Franco, Marco Di Ludovico, Antonio Occhiazzi, Antonio Bonati</i>
4° pitch	<b>Fattori parziali e di conversione ambientale per i materiali compositi fibrorinforzati utilizzati per il rinforzo strutturale</b> <i>Annalisa Franco, Francesca Ceroni, Antonio Occhiazzi, Antonio Bonati</i>
5° pitch	<b>Qualificazione dei profili strutturali pultrusi in materiale composito fibrorinforzato in fibra di vetro (GFRP): evidenze sperimentali e aspetti critici</b> <i>Laura Porro, Gabriele Pisano, Annalisa Franco</i>
6° pitch	<b>Vicende e sviluppi del BUILDING FUTURE Lab. Una Grande Infrastruttura di Ricerca e Sviluppo Sperimentale nel settore delle Costruzioni</b> <i>Corrado Trombetta</i>
7° pitch	<b>Proposta di un sistema di pesatura dei detriti e di sua taratura da utilizzare in prove di reazione a fuoco di facciate su campioni di larga scala</b> <i>Antonio Bonati, Nicola Caterino, Riccardo Di Ruzza, Gabriele Pisano, Carlo Rainieri, Marta Ziccardi</i>
18:00-19:00	<b>Tavola rotonda conclusiva "Le Proposte"</b> Modera: <i>Massimo Clemente, Direttore CNR-ITC</i> Intervengono: <i>Massimo Bricocoli, Direttore DASTU Politecnico di Milano</i> <i>Francesco Domenico Moccia, Segretario generale INU</i> <i>Alberto Sanna, Dir. Center for Advanced Technology in Health and Well-Being</i> <i>Antonio Felice Uricchio, Presidente ANVUR</i>
9:00-19:00	<b>Sessione poster</b>
<b>Venerdì 9 maggio 2025</b> <b>Sede ITC-CNR</b> <b>San Giuliano Milanese (MI), via Lombardia, 49</b> <b>20098, San Giuliano Milanese (MI)</b>	
9:30-13:30	<b>Open day laboratori ITC-CNR</b> Chair: <i>Giuseppina De Luca, CNR-ITC</i>
13:30-15:00	<b>Light lunch</b>



ITC CONSTRUCTION DAY 2025 – Programma Tecnico	7
Prefazione	
Ricerca politecnica per l’ambiente costruito	26
<b>MASSIMO CLEMENTE</b>	
TOPIC 1 - Innovazione, materiali, soluzioni e tecnologie per le costruzioni e l’ambiente costruito	31
Innovazione, materiali, soluzioni e tecnologie per le costruzioni e l’ambiente costruito	33
<b>ANTONIO BONATI</b>	
Il mock-up nell’innovazione dei componenti edilizi	36
<b>LORENZO RENZULLO</b>	
Misura del potere di riduzione dell’acqua di impasto di lignine da scarti agroalimentari	39
<b>ALBERTO STRINI, LUCA SCHIAVI, PAOLA D’ARRIGO, DANIELE FIORITO, LUCA CARLOMARIA PARIANI, STEFANO SERRA</b>	
Fotogrammetria mediata da grafi Euclidei per l’analisi ottimizzata di fessure in campioni cementizi	41
<b>ALBERTO STRINI, LUCA SCHIAVI, PIETRO MARRAS, DAVIDE CORSARO, RICCARDO ZANONI</b>	
Immersione ciclica di calcestruzzi fessurati in acqua marina simulata	43
<b>LUCA SCHIAVI, ALBERTO STRINI, FEDERICA LOLLINI, MATTEO GASTALDI, NICOLETTA RUSSO, PIETRO MARRAS, DAVIDE CORSARO, RICCARDO ZANONI</b>	
Sistemi a cappotto ETICS: l’impatto dell’installazione sulla valutazione della durabilità	45
<b>PAOLA DESSY, LORENZO BELUSSI, CLAUDIO MAFFÉ, CRISTINA POLLASTRO</b>	
Ottimizzazione della soglia di allarme per aumentare l’affidabilità del monitoraggio strutturale data-driven	47
<b>ALESSIO DE CORSO, CARLO RAINIERI</b>	
Alcune osservazioni sullo stato attuale e sui problemi aperti delle infrastrutture stradali in Bolivia	49
<b>CARLA GRANDÓN-SOLIZ, ANTONIO SANDOLI, GIOVANNI FABBROCINO</b>	
Sistemi biomimetici di monitoraggio della salute strutturale di opere civili: sfide e potenzialità del progetto PRIN 2022 SUCCESS	51
<b>PAOLINO CASSESE, LUIGI CIERI, CARLO LUCA SCHIAVI, ANTONIO BONATI, GIOVANNI FABBROCINO, CARLO RAINIERI</b>	

Compositi cementizi intelligenti per il monitoraggio della salute strutturale: esperienze ed aspetti di fabbricazione dal PRIN 2022 SUCCESS	53
FLORENCE MORE D, PAOLINO CASSESE, FRANCESCA FANTASMA, VINCENZO DE FELICE, MONICA MAIO, GIOVANNI FABBROCINO, CARLO RAINIERI	
Tipologie di simulazioni numeriche nelle analisi di interazione veicolo-struttura	55
STEFANO ERCOLESSI, CARLO RAINIERI, GIOVANNI FABBROCINO	
Cementi conformi alla EN 197-5: influenza dei cicli di gelo e disgelo sulle proprietà meccaniche	58
GIUSEPPINA DE LUCA, ARIANNA PEDUZZI, ALESSANDRO BOCCHI, ANTONIO BONATI	
Valutazione tramite metodo combinato, sperimentale ed analitico, delle proprietà meccaniche a lungo termine di interlayer polimerici a differenti temperature	60
ANTONIO BONATI, DAVIDE CORSARO, PIETRO MARRAS, GABRIELE PISANO, LUCA SCHIAVI, RICCARDO ZANONI	
Prove di reazione al fuoco facciate <b>outdoor</b> in diverse condizioni ambientali. Criticità e prospettive future	62
ANTONIO BONATI, GIOVANNI CAVANNA, RICCARDO DI RUZZA, GABRIELE PISANO, FABIO ALAIMO PONZIANI, ALBERTO TINABURRI	
Validazione sperimentale del progetto di un'innovativa scala in vetro laminato priva di elementi in acciaio con funzione strutturale	64
ANTONIO BONATI, GIOVANNI CAVANNA, DAVIDE CORSARO, PIETRO MARRAS, FABIO MONTAGNA, GABRIELE PISANO, RICCARDO ZANONI	
La resilienza degli edifici come risposta all' Eco-ansia	66
GIUSEPPINA DE LUCA, ROBERTA GALENTINO, ANTONIO BONATI	
Effetti dell'umidità sulla conducibilità termica delle malte nei sistemi CRM: analisi e implicazioni per l'efficienza energetica degli edifici storici ristrutturati	68
ANTONIO BONATI, EGON GALIMBERTI, GIUSEPPINA DE LUCA, LORENZO BELUSSI, CLAUDIO MAFFÈ	
Valutazione sperimentale della durabilità dei materiali compositi fibrorinforzati a matrice inorganica per il rinforzo strutturale	70
ANNALISA FRANCO, GABRIELE PISANO, DAVIDE CORSARO, PIETRO MARRAS, RICCARDO ZANONI, ANTONIO BONATI	
Durabilità dei materiali compositi fibrorinforzati a matrice inorganica per il rinforzo strutturale	72
ANNALISA FRANCO, FRANCESCO MICELLI, MARIANOVELLA LEONE, ANTONIO BONATI, MARIA ANTONIETTA AIELLO	
Valutazioni sismiche-energetiche di edifici a pareti estese debolmente armate	74
ALBERTO PAVESE, GIUSEPPINA DE LUCA, ALESSIA ALDROVANDI, ANTONIO BONATI	
Valutazione Economica dell'Uso dell'Aggregato da Fresato d'Asfalto (RAP) nella Produzione di Calcestruzzo Strutturale: un caso studio in Italia	76
ARIANNA PEDUZZI, ANNALISA FRANCO, GIUSEPPINA DE LUCA, ORSOLA COPPOLA, ANTONIO BONATI	

Monitoraggio strutturale mediante compositi cementizi intelligenti: progettazione di un caso applicativo nell'ambito del progetto PRIN 2022 SUCCESS 78

MARCO POSTIGLIONE, PAOLINO CASSESE, GIUSEPPE BRANDONISIO, GIOVANNI FABBROCINO, CARLO RAINIERI

Campagna di prove in situ finalizzata al collaudo di un'innovativa scala in vetro laminato priva di elementi in acciaio con funzione strutturale 80

ANTONIO BONATI, GIOVANNI CAVANNA, GABRIELE PISANO, CARLO RAINIERI, RICCARDO ZANONI

Decadimento delle prestazioni energetiche di una facciata continua a seguito di azioni sismiche 82

GIUSEPPINA DE LUCA, GIOVANNI CAVANNA, ANTONIO BONATI

Piscine indoor: analisi del comportamento termo-igrometrico- il caso studio della piscina comunale di Varese 84

GIUSEPPINA DE LUCA, EGON GALIMBERTI, ANTONIO BONATI

Materiali porosi alcali-attivati da ceneri pesanti di biomassa per la produzione di pannelli isolanti 86

ALESSIO OCCHICONE, GIUSEPPINA ROVIELLO, GIOVANNI MORIERI, RAFFELE CIOFFI, CLAUDIO FERONE

Prestazioni energetiche e durabilità dell'involucro edilizio realizzato con blocchi AAC: Analisi sperimentale e numerica 88

LAURA VANOLI, GIUSEPPINA DE LUCA, ANTONIO BONATI, ALESSANDRO MAURO, ANTONIO OCCHIUZZI

## TOPIC 2 - Tecnologie per la sostenibilità ambientale, nel settore del condizionamento dell'aria e della refrigerazione 91

Tecnologie per la sostenibilità nei sistemi HVAC&R: efficienza, innovazione e approccio integrato 93

MONICA FABRIZIO

Soluzioni innovative per la gestione dell'energia termica negli edifici 97

LAURA VALLESE, GIULIA LOMBARDO, DAVIDE MENEGAZZO, GIOVANNI FERRARINI, STEFANO ROSSI, MAURO SCATTOLINI, PAOLO BISON, SERGIO BOBBO, LAURA FEDELE

Materiali per l'uso efficiente dell'energia negli impianti di climatizzazione a servizio degli edifici 99

GIOVANNI FERRARINI, LAURA VALLESE, GIULIA LOMBARDO, DAVIDE MENEGAZZO, STEFANO ROSSI, MAURO SCATTOLINI, PAOLO BISON, LAURA FEDELE, SERGIO BOBBO

Il ruolo dell'ITC nell'ambito del progetto UE Friend Europe dedicato allo sviluppo sostenibile delle PMI 101

GIOVANNI FERRARINI, STEFANO ROSSI, MAURO SCATTOLINI, PAOLO BISON, LAURA FEDELE, SERGIO BOBBO

Modellazione di un innovativo sistema di accumulo di calore basato su materiali termochimici (TCM) integrato con una pompa di calore a CO<sub>2</sub> 103

DAVIDE MENEGAZZO, FRANCESCO FABRIS, GIULIA LOMBARDO, LAURA VALLESE

Monitoraggio delle prestazioni di una pompa di calore per la realizzazione di un sistema di gestione basato su Intelligenza Artificiale	105
LORENZO BELUSSI, ALICE BELLAZZI, SERGIO BOBBO, LUDOVICO DANZA, LAURA FEDELE, DAVIDE MENEGAZZO, FRANCESCO SALAMONE	
Il progetto ENOUGH: verso filiere alimentari a emissioni zero	107
FRANCESCO FABRIS, SERGIO MARINETTI, SILVIA MINETTO, ANTONIO ROSSETTI	
Trasporto refrigerato: dalla ricerca alla collaborazione con le Istituzioni, un approccio completo	109
FRANCESCO FABRIS, SERGIO MARINETTI, SILVIA MINETTO, ANTONIO ROSSETTI	
TOPIC 3 - Patrimonio culturale e innovazione tecnologica per la sostenibilità dell'ambiente costruito e la rigenerazione urbana resiliente	111
Patrimonio e innovazione per nuovi modelli di città resiliente: visioni e strumenti integrati per la rigenerazione urbana	113
ELEONORA GIOVENE DI GIRASOLE	
Rifunzionalizzazione di luoghi osmotici con il patrimonio ambientale: il caso dell'ex 65° Deposito dell'Aeronautica Militare	119
PIERGIORGIO FARINA, MARIA STEFANIA FORNARO, VINCENZO DE PALMA, VALERIA ANCONA, VITO FELICE URICCHIO	
Il New Deal 2050 e il Diritto Europeo della Sostenibilità dell'ambiente costruito	121
FRANCESCA RUSSO, STEFANIA FORNARO, VITO FELICE URICCHIO	
Riqualificazione di Piazza Lucio Dalla: un progetto di Rigenerazione Urbana	123
MARIA STEFANIA FORNARO, FRANCESCA RUSSO, VITO FELICE URICCHIO	
Cintura verde e Darsena di città: esempio di rigenerazione urbana integrata a Ravenna e le prospettive di attuazione a Taranto	125
MARIA STEFANIA FORNARO, FRANCESCA RUSSO, VITO FELICE URICCHIO	
La rigenerazione urbana: il caso dell'ex Manifattura Tabacchi a Bologna	127
MARIA STEFANIA FORNARO, FRANCESCA RUSSO, VITO FELICE URICCHIO	
La barca di <i>Venetia per Padova</i> : indagini termografiche tra le due città venete per l'identificazione dell'umidità nei beni culturali	129
PAOLO BISON, GIOVANNI FERRARINI, STEFANO ROSSI, ALESSANDRO BORTOLIN, GIANLUCA CADELANO, ERIKA GUOLO, FABIO PERON	
L'acqua e i mulini dal Medioevo: evoluzione paleoclimatica e patrimonio culturale delle Aree Interne (Abruzzo e Sardegna)	131
SILVIA FABBROCINO, ROBERTO GRAZIANO, SEBASTIANO PERRIELLO ZAMPELLI, ANNARITA PAOLILLO, ILARIA TRIZIO	
Co-valorizzazione del patrimonio culturale per la rigenerazione urbana	134

MASSIMO CLEMENTE, CORRADO CASTAGNARO, BENEDETTA ETTORRE, ELEONORA GIOVENE DI GIRASOLE	
Plugging ports: un modello innovativo per la gestione dei conflitti e la valutazione degli impatti delle attività portuali sulle città e sugli ecosistemi costieri	136
BENEDETTA ETTORRE, MASSIMO CLEMENTE	
Oltre la dicotomia porto-città: strategie e ricerche per nuove sinergie territoriali	138
ELEONORA GIOVENE DI GIRASOLE, CORRADO CASTAGNARO, BENEDETTA ETTORRE, MASSIMO CLEMENTE	
Rigenerazione e Sostenibilità Urbana di comunità resistenti nelle Aree Marginali: Cultura, Creatività e Resilienza	140
EMANUELA COPPOLA, ELEONORA GIOVENE DI GIRASOLE	
Dal monitoraggio alla modellazione strutturale: un codice di calcolo per la salvaguardia del patrimonio architettonico	143
MARIA GIRARDI, CRISTINA PADOVANI, DANIELE PELLEGRINI	
Prospettive di rigenerazione urbana per il patrimonio culturale nell'area occidentale di Napoli. Dalla Mostra d'Oltremare alle prospettive future.	145
FRANCESCA PALLADINO	
Rigenerare le infrastrutture urbane: verso modelli multifunzionali, climate-neutral e sostenibili	147
PAOLO CARLI	
Le architetture e decorazioni d'interni in stile neopompeiano di Guglielmo Bechi, e la loro valorizzazione	149
BARBARA BERTOLI	
PS-U-GO Urban Living Labs come spazi educativi: il caso di Napoli attraverso i beni comuni urbani e il diritto di accesso al mare	151
STEFANIA RAGOZINO , STEFANIA OPPIDO, GAIA DALDANISE, MARIA CERRETA, VALERIA CATANESE	
Il tempo della conservazione programmata: intersezioni disciplinari nel progetto PRIN CHIARA	153
BIANCA GIOIA MARINO, FILIPPO DE ROSSI, CORRADO CASTAGNARO	
Reti territoriali materiali e immateriali, la ricerca di un metodo per la rigenerazione delle aree interne campane	155
ROBERTA RUGGIERO	
Rigenerazione e resilienza della piana di Bagnoli tra storia e progetto. Un contributo alla conoscenza dei suoi valori materiali e immateriali	157
ALESSANDRO CASTAGNARO, ALBERTO TERMINIO	
Rigenerazione urbana e turismo sostenibile: strategie per la valorizzazione dell'ambiente costruito	159
PAOLO PANE, STEFANO DE FALCO	

Un modello di porto rigenerativo: verso la coesistenza di sostenibilità turismo e innovazione	161
DOMENICO VITO, EUGENIO LUCIANI, GIULIA GUERRIERO, GAIA CALDANISE, MARIA PIA TUCCI, JENNY SALAZAR ZAPATA, PATRICIA FURTADO DE MENDONÇA, ROSSANA VULCANO	
Il porto come patrimonio e paesaggio condiviso. L'“interazione porto-città” in alcuni cluster portuali italiani.	164
CHIARA NIFOSÌ	
Prossimità e sostenibilità: la sfida della “X-minute city”	167
FULVIA PINTO	
Formare il Futuro delle Città Porto: Il Contributo del Master in Pianificazione e Progettazione delle Aree Portuali	169
MARIA CERRETA, GAIA DALDANISE, BENEDETTA ETTORE, GIUDITTA MIKHAIL, ANDREA PAGLIALUNGA, SABRINA SACCO	
<b>TOPIC 4 - Transizione ecologica giusta per lo sviluppo sostenibile e resiliente dell'ambiente e dei territori</b>	<b>173</b>
Le declinazioni della transizione giusta: innovazione e partecipazione per un futuro sostenibile	175
VITO FELICE URICCHIO	
L'innovazione per il contrasto attivo ai crimini ambientali	180
VITO FELICE URICCHIO, CARMINE MASSARELLI, STEFANIA FORNARO, SERENA TRIGGIANI	
Gestione integrata dei dati ambientali con open-source software	182
CARMINE MASSARELLI, MARIA SILVIA BINETTI, VITO FELICE URICCHIO	
Il contributo dello spazio per una scienza inclusiva sulla gestione del territorio	184
VITO FELICE URICCHIO, CARMINE MASSARELLI, MARIA SILVIA BINETTI	
L'intelligenza artificiale	186
VITO FELICE URICCHIO, CARMINE MASSARELLI	
I crediti di carbonio a sostegno della bonifica del Mar Piccolo di Taranto con alghe e mitili	189
CARMINE MASSARELLI, VITO FELICE URICCHIO	
Una Piattaforma ICT Integrata a Supporto dei Piani e Politiche per gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile della Regione Puglia	191
CARMINE MASSARELLI, ANTONELLA LERARIO, MARIA SILVIA BINETTI, MICHELE CHIECO, VITO FELICE URICCHIO	
Il ruolo delle tecnologie avanzate nella pianificazione ambientale	193
CARMINE MASSARELLI, MARIA SILVIA BINETTI, VALERIA MAMMONE, PAOLA LASSANDRO	
Da bioindicatori a biomateriali: le potenzialità ecologiche dei mitili	195
ILARIA SAVINO, VALERIA ANCONA, CARMINE MASSARELLI, VITO FELICE URICCHIO	
Plastica e sostenibilità: la grande sfida del riciclo	197

ILARIA SAVINO, VALERIA ANCONA, CARMINE MASSARELLI, VITO FELICE URICCHIO	
Conglomerati cementizi rinforzati con PET di scarto per lo sviluppo di un ambiente sostenibile	199
CRISTIANO GIUSEPPE COVIELLO, PAOLA LASSANDRO, DORA FOTI	
Monitoraggio dei pesticidi nelle acque: implicazioni per la salute umana e connessioni con l'ambiente costruito	201
MARIANGELA TRIOZZI, CLAUDIA CAMPANALE, SILVIA DI CUNSOLO, FILOMENA LACARBONARA, CLAUDIA MARCELLA PLACENTINO, CATERINA ROTOLO, ERMINIA SGARAMELLA, NICOLA UNGARO, ANDREA ZOTTI, ROSANGELA COLUCCI, DANIELA PAGLIARULO, VITO FELICE URICCHIO, CARMINE MASSARELLI	
Inquinamento da nitrati di origine agricola: prospettive per l'utilizzo di un modello per la valutazione della vulnerabilità basato sull'Integrazione dati in ambiente GIS	204
ANDREA ZOTTI, ROSANGELA COLUCCI, DANIELA PAGLIARULO, SILVIA DI CUNSOLO, FILOMENA LACARBONARA, CLAUDIA MARCELLA PLACENTINO, CATERINA ROTOLO, ERMINIA SGARAMELLA, NICOLA UNGAR, MARIA SILVIA BINETTI, CLAUDIA CAMPANALE, MARIANGELA TRIOZZI, VITO FELICE URICCHIO, CARMINE MASSARELLI	
Processi di trasformazione di micro- e nanoplastiche nell'ambiente: Il progetto PHOTOPLAST	207
CLAUDIA CAMPANALE, CARMINE MASSARELLI, FRANCESCO CALORE, ELENA BADETTI, ANTONIO MARCOMINI, JOSÈ L. FONSECA, DAVIDE VIONE	
Sostenibilità e transizioni urbane: un confronto tra quartieri verdi in Europa e Louisiana (USA)	209
GIUSEPPE PACE, GABRIELLA ESPOSITO, DONNA JOHNSON	
Nature-Based Solutions per il recupero di territori degradati e lo sviluppo di filiere verdi	212
VALERIA ANCONA, AURORA RUTIGLIANO, ILARIA SAVINO, ROBERTO CARLUCCI, ANGELO TURSI, DOMENICO BORELLO, VITO FELICE URICCHIO	
Il Phytomining: una strategia ecosostenibile per il recupero di materie prime critiche	214
VALERIA ANCONA, ILARIA SAVINO, PIETRO DAMBRA, AURORA RUTIGLIANO, CRISTINA CAVONE, TATIANA SISTO, GIANLUIGI DE GENNARO <sup>4</sup> , ROBERTO CARLUCCI, VITO FELICE URICCHIO	
Uso di Plant Microbial Fuel Cells (PMFCs) per il biorisanamento di suoli contaminati con produzione di bioelettricità	217
VALERIA ANCONA, GIULIANA D'ALESSANDRO, ANNA BARRA CARACCILO, PAOLA GRENNI, CRISTINA CAVONE, ILARIA SAVINO, GABRIELE GAGLIARDI, GIANLUIGI DE GENNARO, VITO FELICE URICCHIO, DOMENICO BORELLO	
Laboratori di innovazione del suolo per co-Rigenerare e trasformare i suoli europei: il progetto SOILCRATES	219
VALERIA ANCONA, PAOLA GRENNI, AURORA RUTIGLIANO, LUDOVICA ROLANDO, ANNA BARRA CARACCILO	
Microbial Fuel Cells e possibili applicazioni in sistemi biorigenerativi per basi lunari nel progetto BEATRICE	221
ANNA BARRA CARACCILO, PAOLO MARZIOLI, VALERIA ANCONA, DOMENICO BORELLO, LUDOVICA ROLANDO, GABRIELE GAGLIARDI, MICHELE BALSAMO, LUCA NARDI, ILARIA SAVINO, CRISTINA CAVONE, IOANNIS IEROPULOS, FABRIZIO PIERGENTILI, FRANCESCA FERRANTI, CRISTINA	

BALDETTI, PAOLA GRENNI

Potenzialità economica e ambientale dell'allevamento di *Hermetia illucens* su rifiuti organici per la produzione di materiali innovativi 223

MAURO LAMANNA, STEFANO CONVERTINI, DANIELA LOSACCO, ROBERTO PUGLISI, ROCCO ROMA

Spettroscopia di riflettanza vis-NIR: un'innovativa frontiera nel monitoraggio ambientale 225

VALERIA ANCONA, ILARIA SAVINO, CARMINE MASSARELLI, NATALIA LEONE, CIRO GALEONE, CRISTINA CAVONE, ANNAMARIA BASILE, VITO FELICE URICCHIO

Processi collaborativi per la gestione sostenibile dei rifiuti: il caso di Ulaanbaatar nel progetto 3R4UB 228

GAIA DALDANISE, FRANCESCO STEFANO SAMMARCO, MARINA RIGILLO, GABRIELLA ESPOSITO DE VITA

La gestione dei rischi climatici negli insediamenti urbani: l'approccio della progettazione tecnologica e ambientale nel Progetto PNRR PE3 - RETURN 230

MARIO LOSASSO, VALERIA D'AMBROSIO, MARIA FABRIZIA CLEMENTE, SARA VERDE

Spazializzazione delle variabili ambientali tramite un algoritmo potenziato di interpolazione: un approccio Open Source per il monitoraggio e la gestione del territorio 232

CARMINE MASSARELLI, EMANUELE BARCA

Participatory System Dynamic Model per il co-design di Nature-Based Solutions in ambito urbano 234

RAFFAELE GIORDANO, STEFANIA SANTORO, VIRGINIA ROSA COLETTA

TOPIC 5 - Tecnologie digitali per la conoscenza, la documentazione, rappresentazione, manutenzione, gestione e valorizzazione del costruito e del paesaggio antropizzato 237

Ambiente costruito e tecnologie digitali tra sperimentazioni, opportunità di ricerca, sfide e limiti 239

ILARIA TRIZIO

CIM per l'analisi della vulnerabilità dell'edificato urbano. Integrazione tra GIS e BIM 242

MARCO SACCUCCI, FRANCESCA SAVINI, ADRIANA MARRA, ILARIA TRIZIO, ASSUNTA PELLICCIO

IA e Machine Learning per l'identificazione semiautomatica del degrado superficiale dei ponti storici in muratura 245

MARCO GIALONARDO, AGOSTINO FORESTIERO, ILARIA TRIZIO

Soluzioni digitali per il patrimonio in abbandono delle Aree Interne 248

FRANCESCA SAVINI, GIANLUCA CIUCA

BIM e piattaforme digitali per la gestione del costruito storico: verso una manutenzione intelligente 251

ALESSIO CORDISCO, FEDERICA MICONI, ADRIANA MARRA

Integrazione delle tecnologie digitali per la documentazione e la conservazione del patrimonio culturale: il progetto di ricerca M.A.C.IN.A. 253

ILARIA TRIZIO, MICHELE VALENTINO, SILVIA FABBROCINO

La sperimentazione del metodo RTI per la documentazione delle tracce superficiali de “L’Ultima Cena”. Nuove prospettive di indagine e applicazioni	255
CINZIA CAMPOBASSO, SALVATORE CAPOTORTO	
Un nuovo approccio alla visualizzazione stereoscopica di modelli 3D per la didattica e la divulgazione con 3DHOP	257
SALVATORE CAPOTORTO	
Tecniche di restituzione prospettica: Una nuova metodologia per l’interpretazione delle opere pittoriche	259
SALVATORE CAPOTORTO, CINZIA CAMPOBASSO	
Il Virtual Tour Informativo come strumento di conoscenza e diagnostica di area di interesse archeologico: il caso del santuario italico di Pietrabbondante (IS)	261
ADRIANA MARRA, FRANCESCA SAVINI, ILARIA TRIZIO, GIOVANNI FABBROCINO, ANTONIO SANDOLI	
Virtual Tour Informativo nelle ispezioni di ponti esistenti	264
GIOVANNI VALIANTE, ANTONIO SANDOLI, FRANCESCA SAVINI, ILARIA TRIZIO, GIOVANNI FABBROCINO	
Dal rilievo alla simulazione economica: Sviluppo di un’interfaccia interattiva basata su nuvole di punti per l’analisi dei costi negli interventi sul costruito	266
CLAUDIO MIRARCHI, FABRIZIO BANFI, JACOPO CASSANDRO, ALBERTO PAVAN	
Strategie innovative per il rilievo fotogrammetrico in ambienti ipogei	268
CAPOTORTO SALVATORE, LERARIO ANTONELLA, ZONNO MARINA	
Metodologie e tecnologie digitali integrate per la conoscenza e la comunicazione del patrimonio culturale. Il caso del Cimitero Monumentale di Perugia	271
VALERIA MENCHETELLI, ALESSIO CORDISCO, ELEONORA DOTTORINI, MARCO GIALONARDO, ILARIA TRIZIO	
L’interpretazione dei dati interferometrici satellitari per il monitoraggio strutturale di ponti esistenti sollecitati da azioni termiche	273
SANDROPIO SCOCCOLA, ANTONIO SANDOLI, GIOVANNI FABBROCINO	
Heritage BIM per la gestione del patrimonio immobiliare dell’Università degli Studi dell’Aquila	276
STEFANO BRUSAPORCI, PAMELA MAIEZZA, ALESSANDRA TATA, DAVIDE PECILLI, LUCA VESPASIANO	
Percepire l’isolamento per ricucire i Campi Flegrei. Digital transects per la fruizione del paesaggio flegreo	279
ANTONIO ACIERNO, IVAN PISTONE	
(Ri)Costruire Amatrice. Applicazioni BIM per la rappresentazione autentica	281
GIUSEPPE AMORUSO	
La fortezza di Bergamo verso il 2027: le celebrazioni per il decennale del titolo UNESCO della Mura Veneziane	284
ALESSIO CARDACI, ANTONELLA VERSACI, PIETRO AZZOLA	

Patrimonio da riscoprire: rilievo digitale e modellazione HBIM per la conoscenza dei mulini storici	286
FRANCESCA SAVINI, MARINA ZONNO, ADRIANA MARRA, ILARIA TRIZIO	
TOPIC 6 - Soluzioni e tecnologie sostenibili per l'efficienza energetica, la qualità ambientale e l'acustica di edifici e aree urbane	289
La Trasformazione dell'Ambiente Costruito verso un futuro sostenibile e resiliente	291
LUDOVICO DANZA	
Il laboratorio ZEB di ITC-CNR per lo studio del benessere visivo	294
MATTEO GHELLERE, ALICE BELLAZZI, ANNA DEVITOFRANCESCO, FRANCESCO SALAMONE, LUDOVICO DANZA	
Infrastrutture Verdi: smart vertical farm come soluzioni sostenibili in facciata per edifici in ambiente urbano e peri-urbano	296
PAOLA LASSANDRO, SALVATORE CAPOTORTO, VALERIA MAMMONE	
Monitoraggio partecipato della qualità ambientale di contesti urbani: uso di wearables e messa a punto di protocolli di valutazione soggettiva	298
YORGOS SPANODIMITRIOU, ROXANA ADINA TOMA, ADRIANA GALDERISI, MASSIMILIANO MASULLO, FRANCESCO SALAMONE, LUDOVICO DANZA, SERGIO SIBILIO	
La rivoluzione umano-centrica per una progettazione e gestione sostenibile del patrimonio costruito	300
ILARIA PIGLIAUTILE, FRANCESCO SALAMONE, MARCO ARNESANO, LUDOVICO DANZA	
Verifica e validazione di un modello predittivo per il miglioramento dell'isolamento acustico di rivestimenti esterni di grande spessore	302
CHIARA SCROSATI, ALESSANDRO SCHIAVI, LUCA BARBARESÌ	
Ventilazione e isolamento acustico nelle finestre mediante metamateriali: prime considerazioni per il PRIN METAWAVE	305
CHIARA SCROSATI, FRANCESCO MARTELLOTTA, MASSIMO GARAI	
Il monitoraggio ambientale nei musei: best practices per la corretta conservazione delle opere e il benessere dei visitatori	307
ALICE BELLAZZI, ANNA DEVITOFRANCESCO, CLAUDIO MAFFÈ, FRANCESCO SALAMONE, LUDOVICO DANZA	
Esplorare la risposta umana sulla Qualità Ambientale Interna tramite monitoraggio e controllo multi-dominio: le potenzialità del Living Lab	309
LUDOVICO DANZA, BENEDETTA BAROZZI, ALICE BELLAZZI, LORENZO BELUSSI, FRANCESCO BIANCO, MICHELE DEPALMA, ANNA DEVITOFRANCESCO, MATTEO GHELLERE, CLAUDIO MAFFÈ, MARIA CRISTINA POLLASTRO, FRANCESCO SALAMONE, CHIARA SCROSATI	
Innovazione tecnologica e nuove frontiere dell'involucro architettonico	312
ALESSANDRO CLAUDI DE SAINT MIHIEL	

Ambienti di Apprendimento Inclusivi: Un Approccio Metodologico per Ottimizzare il Benessere degli Studenti Neurodivergenti	314
FRANCESCO SALAMONE, CHIARA MALAGOLI, LUCIA FERLINO, FABRIZIO RAVICCHIO, LUDOVICO DANZA	
Living Walls. L'approccio multidisciplinare come soluzione per l'integrazione sinergica negli edifici	316
BENEDETTA BAROZZI, ALICE BELLAZZI, MATTEO GHELLERE, FRANCESCO SALAMONE, CHIARA SCROSATI	
Dalla sostenibilità alla resilienza: la sfida delle città verso la neutralità e l'adattamento climatico	319
ANNA DEVITOFRANCESCO, LUDOVICO DANZA, MATTEO GHELLERE, ANDREA MORO	
Il supporto all'innovazione nel progetto di ricerca METABUILDING LABS: definizione di protocolli sperimentali per banchi prova e Living Labs	321
LAURA PORRO, ALICE BELLAZZI, LORENZO BELUSSI, ADRIANA PACIFICO, CARMINE PASCALE	
Strategie di adattamento climatico per la riduzione degli effetti dell'isola di calore urbana e la riqualificazione degli spazi pubblici nella periferia di Roma	323
ANDREA CANDUCCI, ALBERTO CALENZO, LIVIA CALCAGNI, ANGELA CALVANO, ANGELO FIGLIOLA, EVA VERGARA, ADRIANO RUGGIERO, ALESSANDRA BATTISTI	
Gli indicatori del benessere indoor per il monitoraggio della qualità del costruito	325
VALENTINA VECCHI, MARIANGELA DE VITA, LUDOVICO DANZA, FRANCESCO SALAMONE	
Risk-based analysis per la gestione di piccoli musei in edifici storici delle aree interne italiane	328
STEFANIA OPPIDO, GIUSEPPINA DE LUCA	
Sviluppo di malte premiscelate a bassa conducibilità termica e a base di leganti innovativi a ridotto impatto ambientale	330
ANTONIO VITTORIOSO, RAFFAELE CIOFFI, GIOVANNI MORIERI, GIUSEPPINA ROVIELLO, CLAUDIO FERONE	
<b>TOPIC 7 - Vulnerabilità e valutazione del rischio dei sistemi edilizi, delle infrastrutture e dei territori</b>	<b>333</b>
La rete della conoscenza per la protezione del costruito dai rischi naturali e antropici	335
CARLO RAINIERI	
Il comportamento sismico dei kit di partizioni interne	338
ORSOLA COPPOLA, ANTONIO BONATI, LAURA NIRONI	
Vulnerabilità e Valutazione del Rischio sismico e vulcanico nelle Aree Vulcaniche. Il caso studio dei Campi Flegrei, Vesuvio ed Ischia	340
RENATO SOMMA, ANTONIO COVIELLO	
Analisi della Risposta Sismica di un Ponte Esistente in Cemento Armato	342
SIMONE REALE, MARCO FURINGHETTI, ALBERTO PAVESE	
Analisi modale operativa per la validazione del modello di un ponte ad arco in calcestruzzo armato	344
ILENIA ROSATI, MARCO DI LUDOVICO, CARLO RAINIERI	

Il controllo delle vibrazioni dei ponti stradali esistenti: nuove metodologie e tecnologie per un approccio speditivo	346
MADDALENA CIMMINO, MICHELE RANALLO, ANTONIETTA MARIA NISI, GIOVANNI FABBROCINO, CARLO RAINIERI	
L'evoluzione di tecniche e metodologie per la valutazione della capacità sismica dell'involucro edilizio	348
ORSOLA COPPOLA, MADDALENA CIMMINO, ANTONIO BONATI, ANTONIO OCCHIUZZI	
Il laboratorio Sicura XR a L'Aquila: applicazioni di realtà estesa e test sperimentali per la salvaguardia del territorio	350
ANTONIO MANNELLA, ILARIA TRIZIO, ALESSIO CORDISCO, ANTONIO SANDOLI, GIOVANNI FABBROCINO	
Riflessioni sull'utilizzo di analisi dinamiche per la valutazione della risposta sismica degli edifici in aggregato in muratura	352
ANTONIO SANDOLI, ANTONIO MANNELLA, GIOVANNI FABBROCINO	
Analisi di interazione terreno-struttura allo stato limite di operatività con l'utilizzo di risorse HPC	354
TONY FIERRO, STEFANO ERCOLESSI, FILIPPO SANTUCCI DE MAGISTRIS, ANTONIO BONATI, MARCO PADULA, FRANCESCA PICENNI, ANTONIO MANNELLA, GIOVANNI FABBROCINO	
Risposta sismica locale del sito archeologico di Pietrabbondante	356
TONY FIERRO, ANTONIO SANDOLI, SILVIA FABBROCINO, GIOVANNI FABBROCINO, FILIPPO SANTUCCI DE MAGISTRIS	
Risposta sismica di telai in acciaio fondati su terreni liquefacibili	358
STEFANO ERCOLESSI, TONY FIERRO, FILIPPO SANTUCCI DE MAGISTRIS, GIOVANNI FABBROCINO	
La capacità sismica di connessioni a vite lastra-montante nelle partizioni in cartongesso	360
ANTONIO BONATI, ORSOLA COPPOLA, DANILO D'ANGELA, GENNARO MAGLIULO	
Valutazione numerica della vulnerabilità sismica di facciate continue vetrate	362
NICOLA CELLA, CHIARA BEDON	
Rigenerazione urbana e protezione civile: un approccio sperimentale per i Campi Flegrei	364
MARIANNA CERILLO	
<b>TOPIC 8 - Supporto tecnico scientifico allo sviluppo normativo e alla certificazione dei prodotti</b> 367	
Ruolo e supporto tecnico - scientifico del CNR-ITC allo sviluppo normativo e alla certificazione dei prodotti da costruzione	369
LUISA MORFINI	
Il ruolo della certificazione ad alto contenuto tecnico scientifico nel supporto all'innovazione di prodotto	373
PAOLA DESSY, LAURA NIRONI, LAURA PORRO	
Vicende e sviluppi del BUILDING FUTURE Lab. Una Grande Infrastruttura di Ricerca e Sviluppo Sperimentale nel settore delle Costruzioni	375

CORRADO TROMBETTA

Qualificazione dei profili strutturali pultrusi in materiale composito fibrorinforzato in fibra di vetro (GFRP): evidenze sperimentali e aspetti critici 377

LAURA PORRO, GABRIELE PISANO, ANNALISA FRANCO

Approccio *agent-based* nello sviluppo di un applicativo per la gestione delle attività dell'Ente di certificazione ITC-CNR per il rilascio di certificati dei prodotti da costruzione 379

DAVIDE DI PASQUALE, ANTONIO BONATI, ARIANNA PEDUZZI, PAOLO MIRABELLI, GIUSEPPINA DE LUCA

Costruire in altezza: studi preliminari sul comportamento di pareti murarie con sopraelevazioni in CLT 382

GENNARO VESCE, GIOVANNI FABBROCINO, ANTONIO SANDOLI

Sicurezza e resistenza sismica nella valutazione sperimentale di sistema cimiteriale modulare in vetroresina 384

MADDALENA CIMMINO, ORSOLA COPPOLA, LAURA PORRO

Riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> nel settore cementizio: Normativa vs Sviluppo Tecnologico 386

GIUSEPPINA DE LUCA, ANTONIO BONATI, LUIGI MORGILLO, CLAUDIO FERONE, RAFFELE CIOFFI, ANTONIO OCCHIUZZI

Un'infrastruttura sperimentale per la valutazione della resistenza al fuoco delle strutture 388

CARLO RAINIERI, ANTONIO BONATI, EMIDIO NIGRO, DONATELLA DE SILVA, NUNZIA GARGIULO, MARTA ZICCARDI, ANTONIO OCCHIUZZI

Cementi: la valutazione della costanza di prestazione di prodotto 390

ALESSANDRO BOCCHI, LAURA BIGNAMI, ANTONIO BONATI, GIUSEPPINA DE LUCA

Valutazione delle prestazioni di sistemi prefabbricati di barriera acqua/suolo in cloruro di polivinile (PVC) 392

ANTONIO BONATI, GIOVANNI CAVANNA, FABIO MONTAGNA, GABRIELE PISANO

Proposta di un sistema di pesatura dei detriti e di sua taratura da utilizzare in prove di reazione a fuoco di facciate su campioni di larga scala 394

ANTONIO BONATI, NICOLA CATERINO, RICCARDO DI RUZZA, GABRIELE PISANO, CARLO RAINIERI, MARTA ZICCARDI

Fattori parziali e di conversione ambientale per i materiali compositi fibrorinforzati utilizzati per il rinforzo strutturale 396

ANNALISA FRANCO, FRANCESCA CERONI, ANTONIO OCCHIUZZI, ANTONIO BONATI

La qualificazione e progettazione delle armature in materiale composito fibrorinforzato nel panorama europeo e nazionale 398

ANNALISA FRANCO, MARCO DI LUDOVICO, ANTONIO OCCHIUZZI, ANTONIO BONATI

Costanza della prestazione di prodotto: il ruolo dell'Organismo Notificato 400

ANTONIO BONATI, LAURA BIGNAMI, GIUSEPPINA DE LUCA

Studio comparativo degli standard internazionali per la qualificazione degli ETICS PAOLA DESSY, GIUSEPPINA DE LUCA, ANTONIO BONATI	402
TOPIC 9 - Comunicazione, valorizzazione della ricerca e <u>attività di public engagement</u>	405
Laboratori dell'ITC-CNR: l'eccellenza sperimentale al servizio della ricerca, dell'industria e degli enti regolatori GIUSEPPINA DE LUCA	407
Laboratorio di Prestazioni Acustiche CHIARA SCROSATI, MICHELE DEPALMA, FRANCESCO BIANCO, LUDOVICO DANZA	410
Laboratorio di Prestazioni Termiche LORENZO BELUSSI, CLAUDIO MAFFÈ, MARIA CRISTINA POLLASTRO, LUDOVICO DANZA	413
Laboratorio di Materiali Edilizi: attività in ambito certificativo e di ricerca industriale LUCA SCHIAVI, ALESSANDRO BOCCHI, DAVIDE CORSARO, SIMONA GRAZIOLI, PIETRO MARRAS, BRUNO PAGLIA, RICCARDO ZANONI	415
Accreditamento dei Laboratori di Ricerca: limite alla ricerca o chiave per l'eccellenza? ANTONIO BONATI, GIUSEPPINA DE LUCA	417
Assicurazione della validità dei risultati dei laboratori leganti idraulici: Proficiency Test ALESSANDRO BOCCHI, ANDREA BOGNANNI, FRANCESCO CREMASCHI, SIMONA GRAZIOLI, BRUNO PAGLIA	419
Attività di Ispezione dell'Organismo Notificato per i prodotti da costruzione DANIELE BELTRAMINI, MARCIO CHINELLATO, FRANCESCO CREMASCHI, MORENO GALLO, GIUSEPPINA DE LUCA, ANTONIO BONATI	421
Il Laboratorio Comportamento al Fuoco di CNR-ITC VITTORIO GALIMBERTI	423
Prima conferenza del CNR-ITC: ITC Construction days 2025 VALERIA ANCONA	426
ITC Community	430

## Prefazione

### Ricerca politecnica per l'ambiente costruito

L'Istituto per le Tecnologie della Costruzione (ITC) è una comunità scientifica che conta quasi 100 colleghe e colleghi CNR che, insieme ai ricercatori associati, borsisti, dottorandi e collaboratori diventano circa 150, con una varietà di conoscenze scientifiche, abilità tecniche e capacità amministrative straordinarie che rendono ITC estremamente competitivo nel panorama della ricerca nazionale e internazionale sulle costruzioni e sull'ambiente costruito.

L'approccio multi-scalare spazia dalla costruzione al territorio e le poliedriche competenze presenti coprono ampi settori dell'ingegneria civile e dell'architettura, nonché dell'ingegneria industriale, configurando ITC come istituto di ricerca politecnica sull'ambiente costruito.

L'ITC fu costituito nel 2002 a seguito dell'unificazione di quattro preesistenti Istituti del Consiglio Nazionale delle Ricerche: Istituto Centrale per l'Industrializzazione e le Tecnologie per l'Edilizia (ICITE) di San Giuliano Milanese; Istituto per la Residenza e le Infrastrutture Sociali (IRIS) di Bari; Istituto per le Tecnologie Informatiche Multimediali (ITIM) di Milano; Istituto per la Tecnica del Freddo (ITEF) di Padova. Successivamente, furono attivate due Unità di ricerca a L'Aquila e a Napoli e, nel 2017, si è definita l'attuale articolazione con la sede istituzionale a Milano e le sedi secondarie a Bari, L'Aquila, Napoli e Padova.

Parallelamente all'evoluzione organizzativa, si sono ampliate le aree d'interesse e gli oggetti di studio, dalle costruzioni all'ambiente costruito, con la definizione, sempre nel 2017, delle seguenti aree tematiche:

- Tecnica, tecnologia e sicurezza delle costruzioni e delle infrastrutture.
- Materiali, componenti e tecnologie di nuova concezione per una costruzione sicura e di elevate prestazioni.
- Soluzioni e tecnologie sostenibili per l'efficienza energetica, la qualità ambientale e l'acustica di edifici e aree urbane.
- Rischio, vulnerabilità, danno e resilienza del patrimonio edilizio costruito in zona sismica, restauro dell'architettura e tutela del paesaggio costruito.
- Metodi e strumenti di rilievo, analisi, rappresentazione e modellazione per la valorizzazione e la riqualificazione dell'ambiente costruito e del patrimonio storico-architettonico.
- Ambienti digitali per la progettazione, esecuzione e gestione delle opere architettoniche e dei cantieri di restauro.
- Condizionamento dell'aria, riscaldamento, refrigerazione e impianti tecnologici per la costruzione: sistemi, tecnologie e materiali per l'efficienza energetica.
- ICT a supporto della rigenerazione delle aree urbane e della valorizzazione dei beni culturali materiali e immateriali.
- Formazione continua e informazione nel settore delle costruzioni e soluzioni di digital learning.

L'idea di organizzare la prima conferenza nazionale dell'Istituto per le Tecnologie della Costruzione (ITC) è maturata nei miei primi mesi da direttore, ruolo assunto l'1 luglio 2024, con l'obiettivo di valorizzare la quantità e qualità delle competenze scientifiche, tecniche e amministrative incontrate in ITC. Nel corso dei mesi, la dimensione personale si è aggiunta quale motivazione predominante, per la passione professionale, l'impegno profuso, la dedizione al lavoro, l'affidabilità e, soprattutto, le qualità umane della maggior parte delle mie nuove colleghe e colleghi.

L'obiettivo primario della conferenza d'istituto era favorire, attraverso il confronto, la collaborazione tra le varie Sedi e Unità di ricerca ITC, coinvolgendo il personale strutturato, gli associati, i dottorandi e tutti coloro che contribuiscono alle attività di ricerca e sperimentazione dell'istituto.

In particolare, l'iniziativa si poneva i seguenti obiettivi:

- la conoscenza condivisa delle attività di ricerca, sperimentazione, alta formazione e terza missione che si svolgono nelle varie sedi dell'ITC;
- il confronto tra i diversi approcci e prospettive disciplinari per la messa a sistema delle competenze e moltiplicazione delle opportunità;
- l'individuazione di possibili collaborazioni all'interno e all'esterno dell'ITC;
- la possibilità di proporre nuove linee di ricerca e proposte progettuali.

L'individuazione di un Comitato scientifico esterno ad ITC e altamente qualificato è stato il primo passaggio, seguito dall'individuazione di nove Topics per ciascuno dei quali è stato individuato un Chair interno e un Discussant esterno. La call for short paper è stata lanciata il 15 gennaio 2025 e il processo di selezione, durato circa tre mesi, si è concluso il 14 aprile 2025.

L'articolazione in tre giornate ha previsto due giorni di convegno scientifico presso Assimpredil ANCE (Associazione dei costruttori di Milano, Lodi, Monza e Brianza) nella volontà di dialogare con il sistema produttivo ma con solide basi scientifiche, sviluppate nella tavola rotonda d'indirizzo sulle sfide da affrontare e nella tavola rotonda conclusiva con le proposte. Infine, il terzo giorno è stato programmato un ITC open day per far conoscere le attività sperimentali e di certificazione dei materiali da costruzione che si svolgono quotidianamente nei laboratori ITC a San Giuliano Milanese.

Questo volume – che raccoglie ben 155 abstract pervenuti da 298 autori – fissa lo stato dell'arte della ricerca, della sperimentazione e della certificazione nella filiera delle costruzioni, ponendosi come un riferimento per la comunità scientifica, le istituzioni governative, gli enti locali, le imprese, le associazioni di categoria.

La sua diffusione e lo sforzo organizzativo della squadra ITC, nei mesi successivi alla conferenza, favoriranno:

- il rafforzamento dell'interazione con il sistema produttivo della filiera delle costruzioni;
- l'individuazione e l'aggiornamento delle sfide emergenti per la ricerca, a livello nazionale e internazionale;
- la promozione e lo sviluppo di ricerche innovative sull'ambiente costruito resiliente e sulla rigenerazione urbana sostenibile attraverso i modelli digitali e l'intelligenza artificiale;

- la valorizzazione della dimensione umanistica attraverso l'interazione con le scienze umane e sociali nell'ottica dello sviluppo sostenibile (ambientale, sociale, economico);
- l'ampliamento del network dell'Istituto in ambito scientifico, accademico, istituzionale, imprenditoriale, associazionistico, in relazione alle ampie tematiche di ricerca dell'Istituto.

Il cambiamento climatico, la transizione ecologica, la digitalizzazione e l'intelligenza artificiale sono le macro-sfide epocali a cui si collegano tutte le sfide emergenti che attendono risposte dalla ricerca, anche nella filiera delle costruzioni e dell'ambiente costruito che sono gli ambiti di studio dell'ITC.

La prima sfida è rendere l'ambiente antropizzato e costruito, dalla scala territoriale alla scala edilizia, sempre più resiliente rispetto agli impatti dei cambiamenti climatici, attraverso approcci e metodologie innovativi che potranno essere definiti e messi a punto tramite processi di ascolto dei territori e, in particolare, delle comunità, del sistema produttivo e delle Istituzioni.

La transizione ecologica giusta (equa e solidale) è una sfida complessa per l'industria delle costruzioni che è fortemente impattante sull'equilibrio ambientale e può essere affrontata efficacemente solo attraverso un approccio multi-scalare. L'azione sul processo edilizio – dalla progettazione ai prodotti, dall'esecuzione al recupero/riuso degli scarti – dovrà essere accompagnata da una visione urbana che consideri l'edificio come parte di un sistema complesso, dinamico e aperto a cui applicare nuovi modelli di economia circolare.

Se la digitalizzazione ormai avanzata sta trasformando gli edifici e le città (nel funzionamento e nella forma), l'intelligenza artificiale sarà determinante nel ripensamento e nella riorganizzazione del sistema urbano e dei sub-sistemi alla scala edilizia, grazie alle opportunità di monitoraggio e gestione consentite dai digital twins e big data.

La città contemporanea è il luogo della crisi, dove maggiori sono gli impatti sociali e le sfide emergono in tutta la loro complessità. Per affrontare queste sfide sarà necessario coniugare la dimensione tecnica e la dimensione umanistica, l'ingegneria e l'architettura, l'informatica e l'urbanistica, per realizzare città più belle, vivibili e sicure. Un campo di sperimentazione multidisciplinare e intersettoriale è offerto dalle comunità energetiche rinnovabili che potranno essere declinate con approcci innovativi alle varie scale, da quella edilizia alla scala di quartiere in ambito urbano e dagli insediamenti industriali ai distretti in ambito produttivo.

Le conoscenze e competenze maturate andranno rese disponibili alle Istituzioni, in prospettiva multi-scalare, sia ai Comuni, Province e Regioni sia al Governo centrale nelle sue articolazioni ministeriali. Un'azione molto importante, nell'operatività dell'Istituto, sarà quella delle relazioni istituzionali che dovranno mirare a promuovere e formalizzare accordi che consentano ai Ricercatori e Tecnologi di mettere a fuoco i problemi da approfondire e le soluzioni da proporre agli organi preposti.

Per la dimensione sociale della sostenibilità, la sfida è nel superamento delle forme consolidate di dibattito pubblico a favore di nuovi modelli partecipativi di co-design per la trasformazione dell'ambiente costruito: processi collaborativi per la condivisione di programmi, progetti, azioni e realizzazioni.

Per la dimensione ambientale della sostenibilità, la sfida è nel passaggio dal retrofit ecologico degli edifici alla rigenerazione urbana sostenibile, dalle bonifiche alla riqualificazione integrata dei territori di scarto, superando gli attuali approcci DNSH

(Do No Significant Harm), CAM (Criteri Ambientali Minimi) e generica riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Per la dimensione economica della sostenibilità, si tratta di elaborare modelli di economia circolare integrata e multi-scalare, da applicare alle costruzioni e all'ambiente costruito, superando gli approcci Zero e Near Zero Energy Building, riciclo e riutilizzo dei materiali di risulta, regolazioni giuridiche e incentivi fiscali.

Anche per le costruzioni e l'ambiente costruito, si prospetta l'accorciamento del processo tradizionale (ricerca di base - verifica sperimentale - trasferimento tecnologico) connettendo la ricerca direttamente all'applicazione sperimentale, dialogando con le comunità e con il sistema produttivo, così come accade per la medicina traslazionale (dalla ricerca clinica alla cura), per accelerare il processo d'innovazione.

Il rapporto tra il mondo della ricerca e la società, negli ultimi anni, è profondamente cambiato investendo i Ricercatori e i Tecnologi di nuove responsabilità nella fase di valorizzazione e utilizzo dei risultati delle ricerche nonché nelle attività di informazione e comunicazione.

Tra i nuovi compiti del ricercatore, si è imposta la finalizzazione dell'avanzamento della conoscenza e, soprattutto, l'utilizzo dei prodotti della ricerca in applicazioni di interesse sociale, industriale, economico, culturale, ecc.

Senso di responsabilità sociale e lavoro di squadra sono le basi su cui costruire la valorizzazione di risultati e prodotti della ricerca, in collaborazione con gli altri soggetti pubblici e privati, rispettando gli orientamenti nazionali e comunitari in tema di open access e open data.

Si ritiene che tra i diritti/doveri dei di chi fa ricerca ci sia la diffusione di informazioni sulle attività scientifiche portate avanti, sui risultati raggiunti, sull'importanza e applicabilità dei prodotti della ricerca a vantaggio dell'interesse collettivo.

Per la comunità scientifica, è di fondamentale importanza operare in un'ottica di citizen science, sensibilizzando i cittadini, la società e i territori di riferimento sulle grandi sfide globali e gli obiettivi posti dalle Nazioni Unite che sono raggiungibili solo con l'ampio coinvolgimento delle popolazioni di tutto il mondo.

Si devono coinvolgere le comunità di base nei percorsi di ricerca, fungere da cerniera di processi collaborativi, svolgere un ruolo di mediazione tra Istituzioni, associazioni di scopo, mondo produttivo e dell'economia, comitati civici e semplici cittadini.

In sintesi, l'obiettivo che l'Istituto per le Tecnologie della Costruzione si pone è di far conoscere le nostre attività di ricerca non solo in ambito scientifico e tecnico ma anche al grande pubblico per coinvolgere sempre di più i cittadini nei percorsi di ricerca-azione e nella costruzione di habitat resilienti e inclusivi.

Infine, la domanda di nuove professionalità deve essere messa a fuoco attraverso l'ascolto e il dialogo con gli stakeholder pubblici e privati: le Istituzioni, le imprese, le associazioni, le comunità, ecc. La risposta può essere sviluppata in collaborazione con le università che hanno sede nelle regioni dove l'ITC è presente (Lombardia, Veneto, Abruzzo, Campania, Puglia) ma non solo.

In particolare, presso tutte le sedi ITC sono attivi tirocini curricolari dei corsi di laurea congruenti con la missione scientifica dell'ITC non in modo occasionale ma secondo una programmazione organica e sulla base di accordi strategici.

La collaborazione con l'università si sviluppa anche nell'ambito dei corsi di dottorato ospitando dottorandi italiani e stranieri nelle sedi ITC e avendo i Ricercatori CNR come tutor o co-tutor ma sempre sulla base di un programma congiunto di medio lungo termine.

In accordo con le aziende e con gli atenei, si potranno co-organizzare master professionalizzanti che rispondano alla domanda posta dal sistema produttivo ma anche dagli enti pubblici. Inoltre, possono essere sperimentate forme innovative di formazione per la filiera delle costruzioni e dell'ambiente costruito adottando il modello della academy nel quale le aziende sono partecipi del processo formativo in un mix di ricerca, formazione e sperimentazione.

Nell'ambito delle sinergie con le università, nei corsi di laurea e di dottorato, possono essere intercettati giovani promettenti, potenziali talenti scientifici, ai quali offrire l'opportunità di completare e rafforzare il loro percorso di crescita, coinvolgendoli nei progetti di ricerca dell'ITC e favorendo comunità interdisciplinari e transgenerazionali.

ITC vuole essere attrattivo per i giovani ricercatori scientificamente eccellenti, italiani e stranieri, garantendo infrastrutture, strumenti operativi per la ricerca e opportunità di crescita professionale. In conclusione, lo sforzo di ITC con il contributo di tutti coloro che vorranno collaborare, guardando al futuro, è finalizzato a sviluppare ricerca, formazione e sperimentazione in sintonia con esigenze e attitudini delle giovani generazioni: un ecosistema della ricerca per la generazione Z dei nativi digitali, per realizzare un habitat – edifici, infrastrutture, città – sempre più resiliente e rispondente alle aspettative delle comunità.

Napoli, 20 aprile 2025

Massimo Clemente, Direttore CNR-ITC e *Chair ITC Construction Days 2025*

**Innovazione, materiali, soluzioni  
e tecnologie per le costruzioni  
e l'ambiente costruito**



## Innovazione, materiali, soluzioni e tecnologie per le costruzioni e l'ambiente costruito

### Antonio Bonati

*Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione,  
bonati@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** vetro laminato, prove in sito, resistenza del vetro, prove di carico, prove dinamiche

Innovare è nell'animo umano, un'attività mossa dalla necessità di raggiungere, nel mutare di situazioni e contesto, il proprio come l'altrui benessere. La ricerca scientifica può essere vista come un mezzo sistematico, coerente e organizzato, per dare risposta a questa necessità. In un ambiente sempre più antropizzato, causa stessa della crisi che si è venuta a verificare nel delicato equilibrio con il resto del Pianeta, le soluzioni non possono che passare ancora una volta dall'intelligenza umana: il mondo dell'ingegneria civile ed industriale è chiamato oggi a rispondere all'esigenza di rendere l'ambiente antropizzato sostenibile e più vivibile. Il bisogno di salvaguardare e rigenerare lo stesso patrimonio naturale deve trovare inevitabilmente risposta nella ricerca e nello sviluppo tecnologico: diversamente, l'abdicazione della volontà di controllo da parte della specie umana porterebbe all'inesorabile ed eterno evolvere del mondo, del tutto indifferente alle sorti dell'uomo.

L'ambito delle costruzioni è considerato, a buon ragione, uno tra i più conservativi e reticenti all'innovazione, eppure è, anch'esso, in costante evoluzione: un ambito che vede ricercatori di tutto il mondo, tra cui gli autori dei contributi di questo convegno, pienamente coinvolti ed impegnati per rendere tale evoluzione possibile, efficace ed efficiente.

Le nuove sfide globali, che impongono di conciliare le esigenze attuali con quelle delle future generazioni, sono state raccolte anche da questo settore; ciò ha portato ad un'accelerazione delle trasformazioni e all'introduzione di materiali innovativi e tecnologie avanzate utili a migliorare la sicurezza, l'efficienza energetica, la sostenibilità e la qualità degli edifici, contribuendo a realizzare un ambiente costruito più resiliente e intelligente. Tra i lavori presentati in questo volume sotto la tematica "Innovazione, materiali, soluzioni e tecnologie per le costruzioni e l'ambiente costruito" troveremo non solo la

presentazione di nuovi materiali e nuove soluzioni tecnologiche, ma, in misura altrettanto importante, nuovi metodi scientifici di analisi e valutazione, basati su modelli analitici e sperimentazioni empiriche.

Se parlando di innovazione risulta immediato pensare a nuovi materiali, non lo è altrettanto legare il concetto di innovazione al lavoro svolto per ideare, migliorare e condividere metodi di analisi che possano da un lato validare nuove soluzioni tecnologiche e dall'altro caratterizzare al meglio ed in modo robusto le loro prestazioni. Lo sviluppo di questa nuove conoscenze costituisce la base necessaria per la revisione di formule progettuali e predittive, in termini ad esempio di vita utile, proposte nei documenti internazionali comunemente riconosciuti, che possono risultare eccessivamente conservative. Questo processo tende al miglioramento e all'innovazione del processo produttivo e all'ottimizzazione dell'uso dei materiali impiegati, guadagnando in termini di riduzione di spreco di materie prime e di inquinamento prodotto.

I contributi del presente capitolo si soffermano anche su un altro importante tema di ricerca, la progettazione e l'implementazione di sistemi in grado di abbinare il monitoraggio a lungo termine alla rapida valutazione del danno per infrastrutture strategiche e per l'ambiente costruito in genere. Tali aspetti sono rilevanti per la sostenibilità del costruito, nonché per l'efficacia della pianificazione territoriale e degli interventi di protezione civile. La corretta programmazione manutentiva e l'immediato intervento post evento critico permettono il prolungamento della vita utile delle opere e la tutela del territorio, garantendo gli stessi standard di sicurezza originari e, in alcuni casi, grazie proprio all'avanzamento di conoscenze e tecnologie, di permettere a manufatti vetusti di rispondere a nuovi e più impegnativi requisiti imposti da mutate esigenze imposte da fenomeni naturali, antropici o amministrativi. Approfondire le conoscenze riguardo a nuovi materiali e tecnologie è fondamentale per favorirne la diffusione e il superamento della diffidenza da parte degli organi deputati a regolarne l'impiego e, assolutamente da non trascurare, degli operatori e utenti finali. Se da un lato sfide collettive, come quella della transizione verde, possono fungere da propellente per l'utilizzo di prodotti innovativi, sviluppati nell'ottica dell'economia circolare, dall'altro è necessario che l'utente percepisca la nuova opera come sicura e ne colga l'utilità nel miglioramento della qualità di vita.

Alcuni contributi della presente tematica propongono sperimentazioni uniche nel proprio genere, condotte su sistemi costruttivi a scala reale, realizzate attraverso attrezzature altrettanto uniche, progettate e realizzate con l'intervento multidisciplinare di diversi ricercatori. Ricerche condotte per studiare il comportamento al fuoco e delle azioni sismiche su sistemi di involucro, ad esempio, permettono anche di restituire una plastica e immediata percezione della sicurezza di questi elementi. Una sicurezza, "capacità", determinata acquisendo ed analizzando complessi e molteplici parametri misurati con opportuna accuratezza ma che allo stesso tempo possa essere colta e percepita visivamente dalla popolazione tutta.

L'attività scientifica si mette a disposizione, in quest'ottica, per rappresentare in modo semplice, ma corretto e completo, le prestazioni da attendersi da soluzioni tecnologiche, ricavate da rigorosi modelli deterministici e previsioni probabilistiche e non da carenti postulati: grezzi incentivi economici come il bonus facciate o monotematici come gli ecobonus, hanno riempito le nostre città di architetture da trompe l'oeil, false cortine murarie a coprire anime di polistirene che non solo alla prima pioggia svelano il custodito arcano (i tasselli a fungo in materiale plastico!), ma che possono ancora più miseramente mettere in luce la propria vulnerabilità in caso di incendio.

I contributi presentati nella tematica "Innovazione, materiali, soluzioni e tecnologie per le costruzioni e l'ambiente costruito" offrono un'esaustiva panoramica di alcune soluzioni e proposte per rendere città e infrastrutture resilienti nei confronti dei rischi naturali e antropici, soluzioni che richiedono un impegno continuo ed un dialogo serrato tra ricerca, professionisti del settore e responsabili delle politiche pubbliche. Questa è la direzione verso la quale conduce la prima edizione dei "Construction days 2025", organizzata e promossa da CNR-ITC.

## Il mock-up nell'innovazione dei componenti edilizi

**Lorenzo Renzullo<sup>1</sup>**

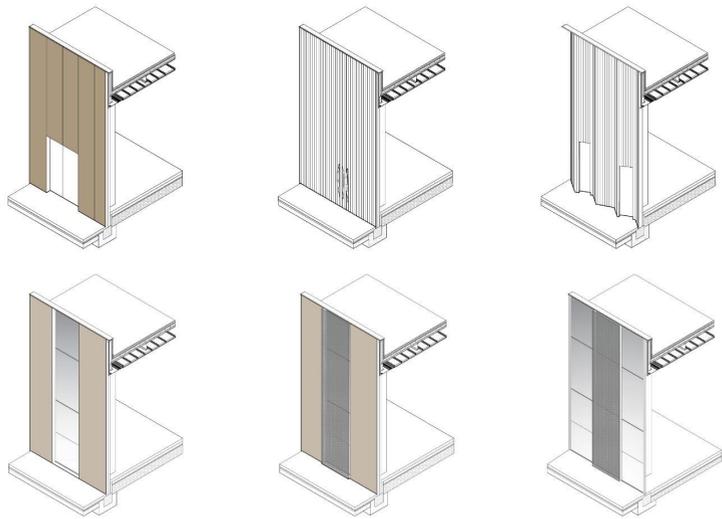
*1 Università degli studi di Napoli Federico II, [lorenzo.renzullo@unina.it](mailto:lorenzo.renzullo@unina.it)*

**Parole chiave:** mock-up, valutazione integrativa, componenti edilizi, università, impresa

### **ABSTRACT**

La pratica contemporanea è sempre più orientata verso la settorializzazione dei processi e delle competenze introdotte nel progetto edilizio. Questa condizione influisce sulle relazioni tra utente e progettista, caratterizzate da una continua negoziazione di risultati spesso contraddittori. L'evidente separazione tra teoria e pratica ha creato "una sorta di incomprensione" tra i portatori di interesse, la cui relazione reciproca, quando esiste, dovrebbe essere ristabilita ogni volta. Nella ricerca sul progetto di architettura e ingegneria, l'identificazione di strumenti in grado di comprendere l'insieme di variabili che influenzano il processo progettuale è ancora limitata. Particolare importanza attiene all'uso del mock-up nella costruzione, condivisione, valutazione e simulazione in scala reale [1] dell'impatto dei progetti sulla realtà costruita [2]. Questo strumento, inteso come dispositivo di apprendimento e comunicazione, offre una rappresentazione visiva tridimensionale sulla quale verificare o dimostrare il raggiungimento di risultati tangibili [3]. Inoltre, il suo impiego produce notevoli avanzamenti nel settore delle costruzioni [4], nell'innovazione di prodotti e nella precisazione dei processi edilizi- come ad esempio la crescita esponenziale dell'off-site production [5]. Oltre alla capacità creativa, quindi, si richiede al progettista la capacità di prevedere la realizzazione, la gestione e l'uso dell'architettura attraverso una complessa organizzazione di vari aspetti: aspetti formali e ambientali, normativi, energetici ed economici. Tali, dovrebbero essere considerati simultaneamente per prevedere scenari concreti, piuttosto che "ideali", per il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità. Questo contributo si propone di descrivere- attraverso la selezione di alcuni casi studio applicativi- il ruolo dei mock-up nell'indirizzare una metodologia alternativa per la valutazione dei quattro aspetti sopra citati. Questa ricerca fa parte di un programma di dottorato industriale supportato dall'università degli studi di Napoli "Federico II" e lo studio di progettazione "Atelier Alfonso Femia srl.sas". Si tratta della prima attività collaborativa in Italia in corso di

avanzamento e sperimentazione. In conclusione, la sinergia tra università e imprese rappresenta un campo di indagine innovativo e pragmatico per sperimentare approcci di più larghe vedute.



MATRICE DI CONFRONTO														
ASPETTO FUNZIONALE ED AMBIENTALE														
ASPETTO	INIZIATIVE	INTEGRAZIONE AMBIENTALE	INIZIATIVE AMBIENTALI	INTEGRAZIONE AMBIENTALE										
ASPETTO ECONOMICO														
ASPETTO TECNICO														
ASPETTO ESTETICO														
ASPETTO AMBIENTALE														
ASPETTO SOCIALE														
ASPETTO CULTURALE														
ASPETTO POLITICO														
ASPETTO LEGISLATIVO														
ASPETTO ETICO														

Figura 1. Matrice di confronto delle soluzioni progettuali tramite elaborazione di mock-up.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Eidenbenz, M. (2023). *Lloyd's 1:1: The Currency of the Architectural Mock-Up*. ETH Zurich: Gta Verlag.
  
- [2] Jacon, F. (1981). *Lejeu des possibles*. Paris: Fayard.
  
- [3] Burry, J. & Burry, M. (2016). *Prototyping for Architects*. London: Thames & Hudson.
  
- [4] Monotti, M. (2021). Prefabbricazione/industrializzazione. *Casabella*, 926, 6-61.
  
- [5] Cucuzza, M., Di Stefano, A. G., Iannaccone, G. & Masera, G. (2022). A guideline to support the use of off-site solutions for façade retrofitting through bim-enabled Processes. *Acta Polytechnica CTU Proceedings*, 38, 323-331. <https://doi.org/10.14311/APP.2022.38.0323>

## Misura del potere di riduzione dell'acqua di impasto di lignine da scarti agroalimentari

**Alberto Strini<sup>1</sup>, Luca Schiavi<sup>1</sup>, Paola D'Arrigo<sup>2</sup>, Daniele Fiorito<sup>2</sup>, Luca Carlomaria Pariani<sup>2</sup>, Stefano Serra<sup>3</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {strini, schiavi}@itc.cnr.it*

*2 Politecnico di Milano – Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica “Giulio Natta”, {paola.darrigo, daniele.fiorito, lucacarlomaria.pariani}@polimi.it*

*3 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Scienze e Tecnologie Chimiche, stefano.serra@cnr.it*

**Parole chiave:** fluidificanti per cementi, misure reologiche, riciclo di scarti industriali, sostenibilità, economia circolare

### ABSTRACT

Il riciclo dei prodotti di scarto da processi industriali è un aspetto essenziale per lo sviluppo di un'economia circolare ad elevata sostenibilità. Lo sviluppo di fluidificanti sostenibili ad elevate prestazioni è parte integrante della strategia per la realizzazione di calcestruzzi a basso impatto ambientale. Le lignine di recupero dell'industria cartaria e agroalimentare, tradizionalmente utilizzate per la produzione di fluidificanti economici, rappresentano una base ideale per lo sviluppo di fluidificanti sostenibili ad alte prestazioni. In questo studio è stato sviluppato un metodo di valutazione del potere di riduzione dell'acqua di impasto da parte di lignine sperimentali frazionate con tecniche sostenibili.

Il metodo si basa sulla comparazione delle caratteristiche reologiche di una serie di paste cementizie confezionate con diversi rapporti acqua/cemento a parità di contenuto di fluidificante (in rapporto fisso con la componente cementizia). La reologia di ogni impasto è valutata utilizzando il modello di Bingham, utilizzando come parametro di riferimento il limite di scorrimento. Il limite di scorrimento ottenuto con le diverse paste è quindi interpolato per determinare il rapporto a/c che riproduce le caratteristiche di una pasta di riferimento (OPC senza fluidificante con rapporto a/c 0.45).

Questa tecnica richiede solo 0.4 g di campione per la determinazione delle caratteristiche reologiche di un impasto, permettendo di ottenere la valutazione completa del potere di riduzione dell'acqua dell'impasto con meno di 2 g di lignina sperimentale. La possibilità di effettuare misure preliminari attendibili con campioni ridotti è essenziale in fase di

ricerca, dove la disponibilità di materiale è necessariamente limitata a causa dell'utilizzo di processi sperimentali in scala di laboratorio.

Lo studio ha permesso di dimostrare l'equivalenza del potere fluidificante di lignine ottenute da processi di frazionamento di biomasse provenienti dagli scarti dell'industria della birra [1] e della lavorazione del riso (con processo tradizionale e parboiled [2]) con una lignina commerciale standard di riferimento (Protobind 1000).

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Allegretti, C., Bellineto, E., D'Arrigo, P., Griffini, G., Marzorati, S., Rossato, L. A. M., Ruffini, E., Schiavi, L., Serra, S., Strini, A., Tessaro, D. & Turri, S. (2022). Towards a Complete Exploitation of Brewers' Spent Grain from a Circular Economy Perspective. *Fermentation*, 8(4), 151. <https://doi.org/10.3390/fermentation8040151>
  
- [2] Allegretti, C., Bellineto, E., D'Arrigo, P., Ferro, M., Griffini, G., Rossato, L. A. M., Ruffini, E., Schiavi, L., Serra, S., Strini, A. & Turri, S. (2022). Fractionation of Raw and Parboiled Rice Husks with Deep Eutectic Solvents and Characterization of the Extracted Lignins towards a Circular Economy Perspective. *Molecules*, 27(24), 8879. <https://doi.org/10.3390/molecules27248879>

## Fotogrammetria mediata da grafi Euclidei per l'analisi ottimizzata di fessure in campioni cementizi

**Alberto Strini<sup>1</sup>, Luca Schiavi<sup>1</sup>, Pietro Marras<sup>1</sup>, Davide Corsaro<sup>1</sup>, Riccardo Zanoni<sup>1</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {strini, schiavi, marras, corsaro, zanoni}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** fotogrammetria, fessure superficiali, materiali cementizi, analisi di immagine, misura di fessure

### **ABSTRACT**

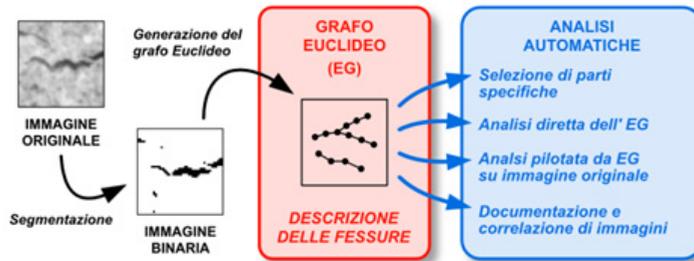
L'identificazione e l'analisi di fessurazioni superficiali registrate in immagini digitali è un tema di crescente interesse sia nel campo della diagnostica strutturale che in quello degli studi di laboratorio. L'analisi fotogrammetrica di fessure è tipicamente effettuata su una segmentazione binaria dell'immagine originale che può essere ottenuta con tecniche tradizionali o con tecniche di deep learning basate su reti neurali convoluzionali.

In questo studio è proposto l'utilizzo di grafi Euclidei al posto delle immagini binarie per la descrizione della struttura delle fessure registrate in immagini digitali [1]. I grafi Euclidei sono grafi con spigoli pesati in cui ad ogni vertice è associata una posizione spaziale e ad ogni spigolo è associato un peso proporzionale alla distanza dei due vertici corrispondenti. I grafi Euclidei sono direttamente ottenibili dalle immagini binarie scheletronizzate e rappresentano un formato ideale per la descrizione della struttura di fessure in immagini digitali, riportandone in modo compatto e computazionalmente accessibile le relative informazioni geometriche e topologiche.

La rappresentazione di fessure con grafi Euclidei permette di accedere alle vaste risorse algoritmiche sviluppate per l'analisi computazionale dei grafi, consentendo di implementare algoritmi specializzati di elaborazione, filtraggio e analisi. Con l'utilizzo dei grafi Euclidei è possibile quindi realizzare algoritmi efficienti per la selezione algoritmica di parti specifiche di fessure da analizzare (ad es. per evitare punti di intersezione e punti estremanti), per analisi dirette (ad es. numero, lunghezza e grado di ramificazione), per analisi pilotate sull'immagine originale (ad es. spessore), per correlazione di immagini (ad es. per identificare le fessure in serie di immagini di evoluzione temporale) e per archiviazione.

Questa tecnica è stata applicata alla realizzazione di un software specializzato per l'analisi delle fotografie di campioni fessurati in test di trazione dello strato base di

finiture per sistemi di isolamento termico esterno (sistemi a cappotto). L'elaborazione di un test tipico implica l'analisi di 50~60 immagini ad alta risoluzione (29 Mpx), con un carico di lavoro di 4~5 giorni/uomo. La realizzazione di un software ottimizzato di analisi semiautomatica basato su grafi Euclidei ha permesso di comprimere i tempi di processo in ~1 h/uomo.



**Figura 1.** Analisi di immagine di fessure mediata da grafi euclidei.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Strini, A. & Schiavi, L. (2022). Euclidean Graphs as Crack Pattern Descriptors for Automated Crack Analysis in Digital Images. *Sensors*, 22(16), 5942. <https://doi.org/10.3390/s22165942>

## Immersione ciclica di calcestruzzi fessurati in acqua marina simulata

**Luca Schiavi<sup>1</sup>, Alberto Strini<sup>1</sup>, Federica Lollini<sup>2</sup>, Matteo Gastaldi<sup>2</sup>, Nicoletta Russo<sup>2</sup>, Pietro Marras<sup>1</sup>, Davide Corsaro<sup>1</sup>, Riccardo Zanoni<sup>1</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {schiavi, strini, marras, corsaro, zanoni}@itc.cnr.it*

*2 Politecnico di Milano – Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica “Giulio Natta”, {federica.lollini, matteo.gastaldi, nicoletta.russo,}@polimi.it*

**Parole chiave:** calcestruzzi per ambienti marini, calcestruzzi fessurati, diffusione cloruri, ambiente intertidale, acqua marina

### ABSTRACT

La penetrazione dei cloruri negli elementi in calcestruzzo armato esposti in ambienti marini è un fattore di importanza fondamentale nel causare l'innesco della corrosione delle armature. La presenza di fessure nel calcestruzzo ha una forte influenza sulla diffusione dei cloruri, che risulta particolarmente accelerata soprattutto nel caso di calcestruzzi ad elevata impermeabilità, tipicamente utilizzati in ambienti con esposizioni critiche all'acqua marina [1]. In questo lavoro è stato realizzato un simulatore di ambiente intertidale per studiare gli effetti dell'esposizione ciclica di campioni in calcestruzzo ad acqua marina simulata. Come riferimento il simulatore include anche un ambiente di immersione parallelo dove i campioni di controllo sono esposti in condizioni di immersione continua nella medesima acqua. Questo permette di effettuare sperimentazioni in condizioni di elevata comparabilità tra campioni e controlli. Il sistema è realizzato con due vasche di immersione sovrapposte, la superiore dedicata all'immersione ciclica e l'inferiore dedicata all'immersione continua. Durante la fase di immersione della vasca ciclica una pompa a membrana convoglia l'acqua dal serbatoio inferiore al superiore, restando attiva per l'intero periodo di immersione. Al termine del periodo di immersione la pompa è arrestata ed uno scarico lento alla base della vasca superiore che garantisce il completo svuotamento della medesima.

La sperimentazione effettuata con campioni in calcestruzzo esposti, per periodi da 7 a 45 giorni, a cicli simmetrici di immersione/secco di 12 h (6+6 h) ha indicato, per i campioni non fessurati, una diffusione leggermente superiore nei campioni in immersione continua rispetto a quelli sottoposti ad immersione ciclica. Per i campioni fessurati i dati indicano invece un marcato aumento della penetrazione dei cloruri in ambiente ciclico rispetto ai controlli in

immersione continua. Questo può essere attribuito alla formazione di depositi di sali per precipitazione all'interno delle fessure dovuti all'aumento locale di concentrazione causata dalla veloce penetrazione capillare dell'acqua salata e dalla successiva evaporazione durante la fase secca. Questo effetto amplifica ulteriormente la criticità della presenza di fessure in calcestruzzi armati esposti alla zona delle maree, con ovvie conseguenze per la durabilità (e quindi la sostenibilità) delle opere realizzate in questi ambienti.

#### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Russo, N., Gastaldi, M., Schiavi, L., Strini, A. & Lollini, F. (2022). Chloride penetration resistance in sound and micro-cracked concretes through different experimental techniques. *Construction and Building Materials*, 343, 128098. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.12809>

## Sistemi a cappotto ETICS: l'impatto dell'installazione sulla valutazione della durabilità

**Paola Dessy<sup>1</sup>, Lorenzo Belussi<sup>1</sup>, Claudio Maffé<sup>1</sup>, Cristina Pollastro<sup>1</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {dessy, belussi, maffe}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** prodotti da costruzione, durabilità, facciate, marcatura CE

### **ABSTRACT**

I sistemi a cappotto, denominati ETICS come abbreviazione del termine inglese “External Thermal Insulation Composite System”, sono ampiamente utilizzati per l’isolamento termico degli edifici dalla fine degli anni ’70. Gli strumenti per la valutazione di tali sistemi si riferiscono ad un corpo normativo elaborato in ambito EOTA (European Organization for Technical Assessment) basato sui principi inclusi nel Regolamento Prodotti da Costruzione 2024/3110 [1] che stabilisce le regole per consentire la libera circolazione dei prodotti, garantendo nel contempo la capacità degli Stati membri di richiedere caratteristiche del prodotto correlate ai requisiti di base delle opere di costruzione. In tale quadro, il presente lavoro intende riferire su quanto è emerso da numerose verifiche sperimentali svolte in ITC, che da anni è impegnato sulla valutazione degli ETICS anche in qualità di unico TAB italiano (Technical Assessment Body), in particolare sulla verifica della durabilità del sistema ed i principali problemi emersi che sono molto spesso correlati ad una installazione non appropriata [2]. Tale requisito essenziale viene misurato sottoponendo il sistema a prove cicliche per valutare il comportamento ai cicli igrotermici su un campione a scala reale. La durabilità è qui intesa come il mantenimento nel tempo dell’uniformità di aspetto del cappotto evitando i difetti chimico fisici, mentre l’efficacia del sistema è più strettamente correlata al mantenimento nel tempo delle prestazioni di isolamento termico più difficilmente quantificabile considerando le varie dispersioni dell’edificio, il contributo del sistema impiantistico, ed altre importanti variabili.

Il degrado è invece più visibile e quindi più facilmente monitorabile nel tempo poiché distacchi, sbollature, fessurazioni, ecc..., compaiono nel corso degli anni e con molta probabilità già ai primi cambi di stagione e in laboratorio possono verificarsi in seguito ai cicli termici studiati per evidenziare gli effetti del tempo e degli agenti ambientali sul sistema sottoposto a stress in un tempo limitato. Spesso tali effetti, come documentato, sono imputabili alla

cattiva installazione. Nel presente lavoro si intende dunque porre l'accento sull'importanza dell'installazione la cui valutazione è esclusa dalle regole europee e totalmente demandata alle frammentate realtà nazionali [3, 4].

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Parlamento Europeo (2024). *Regolamento (UE) 2024/3110 del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 27 novembre 2024, che fissa norme armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e abroga il regolamento (UE) n.305/2011 (Testo rilevante ai fini del SEE)*. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, Serie L (IT) (n. 2024/3110 del 18 dicembre 2024.) [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=OJ:L\\_202403110](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=OJ:L_202403110)
  
- [2] EAE (2011). *European Guidelines for Application of ETICS*. Association for External Thermal Insulation Composite Systems (EAE) EAE European Association for External thermal insulation composite systems.76530 Baden-Baden, Germany. March 2011.
  
- [3] UNI (2018). *Attività professionali non regolamentate - Figure professionali che eseguono la posa dei sistemi compositi di isolamento termico per esterno (ETICS) - Requisiti di conoscenza, abilità e competenza (UNI 11716:2018)*. Ente Italiano di Normazione.
  
- [4] UNI (2018). *Isolanti termici per l'edilizia - Progettazione e messa in opera dei sistemi isolanti termici per l'esterno (ETICS) (UNI/TR 11715:2018)*. Ente Italiano di Normazione.

## Ottimizzazione della soglia di allarme per aumentare l'affidabilità del monitoraggio strutturale data-driven

Alessio De Corso<sup>1,2</sup>, Carlo Rainieri<sup>2</sup>

*1 Politecnico di Bari, a.decorso@phd.poliba.it*

*2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, rainieri@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** monitoraggio strutturale data-driven, rilevamento del danno, effetti ambientali, soglia di allarme, valori estremi

### ABSTRACT

Il monitoraggio strutturale analizza tipicamente le proprietà modali di una struttura, in quanto dipendenti dalle sue caratteristiche di massa e rigidezza, per individuare eventuali condizioni di danneggiamento. L'approccio data-driven si basa sull'implementazione di modelli statistici per il rilevamento di anomalie nel comportamento strutturale [1]. Considerando la forte influenza delle variabili ambientali (temperatura, vento, umidità) e operative (carichi variabili) sulla risposta vibrazionale di una struttura, la ricerca ha sviluppato numerose tecniche di normalizzazione dei dati per compensare la naturale variabilità delle frequenze naturali e limitare l'insorgenza di falsi o mancati allarmi [2]. In questo contesto, un passo fondamentale nello sviluppo di un algoritmo di rilevamento del danno è la definizione di una soglia di allarme appropriata, in grado di distinguere le condizioni strutturali regolari da possibili stati anomali. Questa soglia viene determinata nella fase di training degli algoritmi, sulla base della distribuzione statistica degli indici di danno calcolati in un periodo di riferimento in cui la struttura è nota essere in condizioni sane. Il presente studio analizza l'applicazione della teoria dei valori estremi per una modellazione più accurata della coda superiore di tale distribuzione e la conseguente definizione di un livello di allarme [3]. Il confronto con altri approcci convenzionali dimostra la significativa accuratezza del rilevamento ottenibile con l'applicazione della teoria dei valori estremi. In particolare, l'analisi condotta con riferimento ad un dataset di letteratura [4], evidenzia come l'uso di questa metodologia permetta di migliorare l'affidabilità del monitoraggio strutturale, riducendo il rischio di falsi positivi e falsi negativi nel rilevamento delle anomalie.

### Riferimenti bibliografici

- [1] Farrar, C.R. & Worden K. (2012). *Structural Health Monitoring: A Machine Learning Perspective*. Hoboken, John Wiley & Sons, Ltd.
  
- [2] García Cava, D., Avendaño-Valencia, L. D., Movsessian, A., Roberts, C. & Tcherniak, D. (2022). On Explicit and Implicit Procedures to Mitigate Environmental and Operational Variabilities in Data-Driven Structural Health Monitoring. In A. Cury, D. Ribeiro, F. Ubertini & M. D. Todd (Eds.), *Structural Health Monitoring Based on Data Science Techniques* (pp. 309-330). Cham: Springer.
  
- [3] Coles, S. (2001). *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*. London: Springer.
  
- [4] Peeters, B. & De Roeck, G. (2001) One-year monitoring of the Z24 Bridge: environmental effects versus damage events. *Earthquake Engineering Structural Dynamics*, 30(2), 149-171. [https://doi.org/10.1002/1096-9845\(200102\)30:2%3C149::AID-EQE1%3E3.o.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/1096-9845(200102)30:2%3C149::AID-EQE1%3E3.o.CO;2-Z)

## Alcune osservazioni sullo stato attuale e sui problemi aperti delle infrastrutture stradali in Bolivia

Carla Grandón-Soliz<sup>1</sup>, Antonio Sandoli<sup>1</sup>, Giovanni Fabbrocino<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Università degli Studi del Molise – Dipartimento di Bioscienze e Territorio, [c.grandonsoliz@studenti.unimol.it](mailto:c.grandonsoliz@studenti.unimol.it), {[antonio.sandoli](mailto:antonio.sandoli), [giovanni.fabbrocino](mailto:giovanni.fabbrocino)}@unimol.it

**Parole chiave:** infrastrutture, ponti, ispezioni

### ABSTRACT

La rete infrastrutturale stradale della Bolivia è caratterizzata da una fusione di sfide e progressi, che riflettono la diversa geografia e le condizioni economiche del paese. La Bolivia, un paese senza sbocco sul mare con una topografia diversificata che va dalle regioni andine d'alta quota alle pianure, deve affrontare notevoli ostacoli ingegneristici nella costruzione e nella manutenzione dei ponti. Molti dei ponti del paese si trovano in aree remote e subiscono forti piogge, inondazioni e attività sismica, che ne accelerano l'usura [1]. Mentre ci sono stati notevoli progressi nella costruzione di ponti nelle aree urbane, molti ponti rurali rimangono obsoleti e richiedono riparazioni o sostituzioni sostanziali per soddisfare le moderne esigenze di traffico e gli standard di sicurezza.

La maggior parte dei ponti boliviani realizzati in acciaio, cemento armato o legno sono vetusti e presentano problematiche di resistenza ai carichi più pesanti e/o al degrado ambientale. Sebbene il paese si sia rivolto sempre più a materiali moderni, la manutenzione delle infrastrutture esistenti è una questione critica poiché le risorse limitate, la capacità tecnica e l'instabilità politica influiscono sull'efficienza dei progetti di riparazione e riabilitazione.

La Bolivia sta anche espandendo non solo le reti stradali, ma anche le passerelle, collegando le regioni remote con i principali centri urbani, il che sottolinea ulteriormente la necessità di ponti sostenibili e durevoli come il ponte Chari Chari a Cochabamba [2]. Con l'avanzare del processo tecnologico, c'è una crescente attenzione al miglioramento della resilienza dei ponti contro i cambiamenti climatici, al miglioramento degli standard di costruzione e all'investimento in programmi di manutenzione [3, 4]. Il futuro dei ponti boliviani dipende dalla promozione di una combinazione di innovazione tecnologica, investimenti governativi e collaborazione internazionale per garantire reti di trasporto più sicure ed efficienti.

L'obiettivo di questo contributo è valutare il potenziale per l'integrazione delle pratiche e

degli standard italiani di ingegneria dei ponti nell'infrastruttura dei ponti della Bolivia. Ciò include l'esplorazione di come l'esperienza dell'Italia in materia di resilienza sismica, materiali sostenibili e metodi di costruzione avanzati possa migliorare la progettazione e la sicurezza dei ponti boliviani.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Rocha, J. H. A. & Ibarra-Villanueva, R. (2021). Identification and analysis of pathological defect appearance in superstructures of reinforced-concrete bridges in Chapare region, Bolivia. *Dyna*, 88(216), 15-21. <https://doi.org/10.15446/dyna.v88n216.88247>
- [2] Snelling, S., Vineyard, P. & Cooper, T. (2017). Chari Chari Bridge, Omereque, Cochabamba, Bolivia. In *Engineering for Sustainable Communities* (pp. 393-399). ASCE. <https://doi.org/10.1061/9780784414811.ch28>
- [3] World bank Group (2014, 17 giugno). *Bolivia Promotes Climate Resilient Roads with World Bank Support* <<https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/06/17/bolivia-impulsa-la-resiliencia-climatica-vial-con-apoyo-del-banco-mundial>> (ultimo accesso 10 febbraio 2025).
- [4] WSP (2024, 28 agosto). *WSP mobilizes three teams of volunteers for bridge-building efforts in rural Rwanda*. <<https://www.wsp.com/en-za/news/2024/wsp-mobilizes-three-teams-of-volunteers-for-bridge-building-efforts-in-rural-rwanda>> (ultimo accesso 10 febbraio 2025).

## Sistemi biomimetici di monitoraggio della salute strutturale di opere civili: sfide e potenzialità del progetto PRIN 2022 SUCCESS

Paolino Cassese<sup>1</sup>, Luigi Cieri<sup>1</sup>, Carlo Luca Schiavi<sup>1</sup>, Antonio Bonati<sup>1</sup>, Giovanni Fabbrocino<sup>1,2</sup>, Carlo Rainieri<sup>1</sup>

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {cassese, cieri, rainieri, schiavi, bonati}@itc.cnr.it*

*2 Università degli Studi del Molise, giovanni.fabbrocino@unimol.it*

**Parole chiave:** SHM, compositi cementizi intelligenti, piezoresistività, nanotubi di carbonio, prove sperimentali

### ABSTRACT

Il monitoraggio della salute strutturale (SHM) delle opere di ingegneria civile è ampiamente riconosciuto come uno dei metodi più efficaci per estenderne la vita attesa. In questo campo, i compositi cementizi intelligenti, o “smart”, ottenuti aggiungendo particelle conduttive all’interno di una matrice cementizia hanno guadagnato recentemente grande interesse scientifico. Infatti, grazie alle rilevanti proprietà piezoresistive, con performance di auto-misurazione (“self-sensing”) delle deformazioni almeno paragonabili ai sensori commerciali, nonché all’intrinseca compatibilità con strutture ospitanti in calcestruzzo armato, essi si pongono quale promettente soluzione per lo sviluppo di sistemi SHM biomimetici [1]. Nonostante il numero crescente di pubblicazioni disponibili nella letteratura scientifica sul tema, numerosi aspetti risultano allo stato attuale scarsamente studiati.

Il presente lavoro si inserisce nell’ambito del progetto PRIN 2022 SUCCESS, attualmente in corso, che mira a contribuire allo studio di alcuni dei suddetti temi, tra cui: (i) gli effetti ambientali a breve e lungo termine sulle prestazioni elettro-meccaniche e di self-sensing dei compositi cementizi intelligenti, (ii) l’applicabilità di questi ultimi al monitoraggio strutturale di opere in vera grandezza. Nel dettaglio, la memoria fornisce una descrizione delle sfide e delle potenzialità del progetto, discutendone gli aspetti di maggiore rilievo e significatività anche rispetto allo stato dell’arte, e presenta un primo focus sulle principali attività sperimentali svolte in collaborazione tra le sedi di Napoli e San Giuliano Milanese insieme ai risultati preliminari ottenuti.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Cassese, P., Rainieri, C. & Occhiuzzi, A. (2021). Applications of cement-based smart composites to civil structural health monitoring: A review. *Applied Sciences*, 11(18), 8530. <https://doi.org/10.3390/app11188530>

## Compositi cementizi intelligenti per il monitoraggio della salute strutturale: esperienze ed aspetti di fabbricazione dal PRIN 2022 SUCCESS

Florence More D<sup>1</sup>, Paolino Cassese<sup>2</sup>, Francesca Fantasma<sup>1</sup>, Vincenzo De Felice<sup>1</sup>, Monica Maio<sup>1</sup>, Giovanni Fabbrocino<sup>1,2</sup>, Carlo Rainieri<sup>2</sup>

*1* Università degli Studi del Molise – Dipartimento di Bioscienze e Territorio, {florence.mored, giovanni.fabbrocino, defelice, fantasma, monica.maio}@unimol.it

*2* Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {cassese, rainieri}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** piezoresistività, nanotubi di carbonio, dispersione, analisi SEM, SHM

### ABSTRACT

I compositi cementizi intelligenti (SSCC) hanno guadagnato popolarità nel campo della ricerca grazie alle loro rilevanti proprietà meccaniche ed elettriche, che li rendono particolarmente promettenti nel campo del monitoraggio della salute strutturale (SHM) di opere civili. Tali compositi cementizi intelligenti sono sviluppati aggiungendo alla matrice particelle conduttive come, ad esempio, nanotubi di carbonio o microfibre di carbonio, tra gli altri. Grazie alla presenza di particelle conduttive, i compositi cementizi acquisiscono una significativa capacità piezoresistiva quando sottoposti ad un campo elettrico, che permette loro di rilevare la deformazione e, infine, il danno nella struttura ospitante in cui sono installati [1]. Attraverso una specifica revisione della letteratura, questo articolo mira a: (i) evidenziare le innovazioni e gli sviluppi ottenuti per quanto riguarda i compositi cementizi con capacità di auto-misurazione della deformazione o “self-sensing” durante l’ultimo decennio, con particolare riferimento alle applicazioni in condizioni di carico dinamico; (ii) raccogliere e discutere vari problemi di fabbricazione che influenzano le proprietà auto-rilevanti di questi compositi, come la dispersione di nanomateriali. I risultati della revisione della letteratura sono stati utilizzati nell’ambito del progetto PRIN 2022 SUCCESS, attualmente in corso, per sviluppare compositi cementizi intelligenti tramite l’aggiunta di nanotubi di carbonio multi-parete a matrici cementizie. Infine, si fornisce una descrizione del lavoro sperimentale preliminare svolto nell’ambito del progetto per determinare l’omogeneità microstrutturale dei compositi intelligenti mediante microscopia elettronica a scansione (SEM).

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Cassese, P., Rainieri, C. & Occhiuzzi, A. (2021). Applications of cement-based smart composites to civil structural health monitoring: A review. *Applied Sciences*, 11(18), 8530. <https://doi.org/10.3390/app11188530>

## Tipologie di simulazioni numeriche nelle analisi di interazione veicolo-struttura

Stefano Ercolessi<sup>1</sup>, Carlo Rainieri<sup>2</sup>, Giovanni Fabbrocino<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Università degli Studi del Molise, {stefano.ercolessi, giovanni.fabbrocino}@unimol.it

<sup>2</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {fabbrocino, rainieri}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** interazione veicolo-struttura, forze in movimento, masse in movimento, modelli dinamici semplificati

### ABSTRACT

L'interesse nei riguardi degli approcci di interazione veicolo-struttura (VBI) ha ottenuto un notevole impulso nell'ingegneria moderna soprattutto con lo sviluppo dei treni ad alta velocità che ha introdotto nuovi quesiti ed incognite che necessariamente hanno avuto bisogno di approfondimento. L'analisi numerica dei fenomeni di VBI può essere condotta attraverso diversi modelli meccanici. La metodologia più immediata è rappresentata dall'approccio basato sulle forze in movimento [1, 2], dove la struttura ponte risulta soggetta a delle forze che sono in grado di cambiare la loro posizione in accordo con la velocità degli assi dei veicoli nel tempo. Tale metodologia, sebbene sia ampiamente utilizzata ed implementata, comporta delle limitazioni in termini di risposta dinamica dei due sottosistemi in quanto viene a mancare la modellazione dell'interazione inerziale tra il ponte ed il veicolo. Per limitare tali problematiche concettuali furono introdotte metodologie basate sulle masse in movimento [3, 4]. In tale approccio le forze sono sostituite da masse che si muovono sulla struttura. Molteplici sono i vantaggi rispetto alla formulazione prima menzionata, in particolare l'interazione inerziale tra i due sottosistemi risulta essere considerata nell'analisi, ma soprattutto l'applicazione e l'implementazione numerica di questo paradigma risulta essere piuttosto efficiente e poco costoso dal punto di vista computazionale. Tuttavia, anche in questa condizione alcune problematiche dipendenti dalla tipologia di analisi considerata possono insorgere. Queste problematiche sono essenzialmente legate alla mancanza di inclusione nell'analisi degli apparati sospensivi dei veicoli in movimento. Infatti, tali dispositivi meccanici sono in grado di restituire una risposta mediata rispetto all'eccitazione. Per ovviare a tale mancanza sono stati recentemente sviluppati dei modelli che includono anche tale risposta attraverso metodologie semplificate [5-7]. Diversi sono i modelli dinamici ideali che

possono essere impiegati: il più semplice ed efficace è il cosiddetto Quarter-Car (QC), costituito da due masse connesse attraverso un dispositivo composto da una molla ed uno smorzatore. Tale sistema è caratterizzato da un singolo grado di libertà verticale. Un'evoluzione di questo modello è l'Half-Car (HC) model dove la massa superiore risulta connessa a terra tramite due dispositivi molla-smorzatore. In questo modo è quindi possibile introdurre nell'analisi un ulteriore grado di libertà associato al pitching del veicolo. La naturale estensione del HC è sicuramente il cosiddetto sistema a Full Car (FC) di libertà composto dall'assemblaggio di due modelli HC e notoriamente utilizzato negli studi legati all'industria automobilistica. Tuttavia, in letteratura, molteplici sono gli esempi dove diverse tipologie di veicoli sono state analizzate e idealizzate considerando quindi differenti combinazioni di masse molle e smorzatori, come ad esempio nel cosiddetto modello Truck-Trailer. In conclusione, è possibile osservare come differenti siano le tipologie di rappresentazione associate alla descrizione dei veicoli nelle simulazioni numeriche associate allo studio del fenomeno associato. Obiettivi differenti nelle simulazioni determinano anche la tipologia di veicolo e di interazione.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Frýba, L. (1976). Non-stationary response of a beam to a moving random force. *Journal of Sound and Vibration*, 46(3), 323-338. [https://doi.org/10.1016/0022-460X\(76\)90857-9](https://doi.org/10.1016/0022-460X(76)90857-9)
- [2] Śniady, P. (1984). Vibration of a beam due to a random stream of moving forces with random velocity. *Journal of Sound and Vibration*, 97(1), 23-33. [https://doi.org/10.1016/0022-460X\(84\)90464-4](https://doi.org/10.1016/0022-460X(84)90464-4)
- [3] Dahlberg, T. (1984). *Vehicle-Bridge Interaction*. *Vehicle System Dynamics*, 13(4), 187-206. <https://doi.org/10.1080/00423118408968775>
- [4] Cifuentes, A. O. (1989). Dynamic response of a beam excited by a moving mass. *Finite Elements in Analysis and Design*, 5(3), 237-246. [https://doi.org/10.1016/0168-874X\(89\)90046-2](https://doi.org/10.1016/0168-874X(89)90046-2)
- [5] Yang, Y. B. & Lin, C. W. (2005). Vehicle-bridge interaction dynamics and potential applications. *Journal of sound and vibration*, 284(1-2), 205-226. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2004.06.032>
- [6] Zhu, X. Q. & Law, S. S. (1999). Moving forces identification on a multi-span continuous bridge. *Journal of sound and vibration*, 228(2), 377-396. <https://doi.org/10.1006/jsvi.1999.2416>

- [7] Kwasniewski, L., Li, H., Wekezer, J., & Malachowski, J. (2006). Finite element analysis of vehicle–bridge interaction. *Finite Elements in Analysis and Design*, 42(11), 950-959. <https://doi.org/10.1016/j.finel.2006.01.014>

## Cementi conformi alla EN 197-5: influenza dei cicli di gelo e disgelo sulle proprietà meccaniche

Giuseppina De Luca<sup>1</sup>, Arianna Peduzzi<sup>2</sup>, Alessandro Bocchi<sup>1</sup>, Antonio Bonati<sup>1</sup>

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {deluca, bocchi, bonati}@itc.cnr.it*

*2 Ricerca sul Sistema Energetico S.p.A., peduzzi@rse-web.it*

**Parole chiave:** durabilità, decarbonizzazione, cemento, sostenibilità, SCMs

### ABSTRACT

Il settore delle costruzioni gioca un ruolo chiave nel perseguimento dell'obiettivo europeo di riduzione delle emissioni definito nel Green Deal europeo [1]. In tale contesto, l'industria del cemento è un attore centrale, essendo questo il materiale da costruzione più usato al mondo, ed essendo caratterizzato da un processo estremamente energivoro specialmente in merito alla produzione di clinker. La produzione di cemento portland ordinario (OPC) comporta infatti l'emissione di 930 kg/ton di CO<sub>2eq</sub>. L'impiego di materiali cementizi supplementari (supplementary cementitious materials – SCMs) sembra essere una strada promettente per la riduzione degli impatti del comparto, in quanto caratterizzati da emissioni sensibilmente più basse (ad es. pari a 143 kg/ton di CO<sub>2eq</sub>, 0.008\*10<sup>3</sup> kg/ton di CO<sub>2eq</sub> e 0.007\*10<sup>3</sup> kg/ton di CO<sub>2eq</sub>, rispettivamente per loppa granulata di alto forno, calcare e pozzolane naturali) [2]. In tale ottica, nel 2021, è stata pubblicata la norma EN 197-5 che introduce 5 nuove tipologie di cemento caratterizzate da un basso contenuto di clinker (variabile tra il 35% e il 64%). Diversi studi si sono focalizzati sugli effetti della sostituzione del clinker con SCM in calcestruzzi e malte con risultati promettenti [3]. Tuttavia, gli effetti completi di tali materiali sulle proprietà di conglomerati cementizi non sono conosciuti approfonditamente, in particolare in riferimento alla durabilità. Questo studio, mediante la definizione un protocollo di prova, si propone di investigare gli effetti delle sollecitazioni di gelo e disgelo sulle prestazioni meccaniche di malte realizzate con cementi EN 197-5. L'obiettivo dello studio è quello di ampliare le conoscenze sulla durabilità di tali materiali, contribuendo così alla definizione di un know-how che possa essere di supporto al loro impiego, anche attraverso la definizione di criteri normativi di valutazione, orientando inoltre la scelta progettuale.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Ndahirwa, D., Zmamou, H., Lenormand, H. & Leblanc, N. (2022). The role of supplementary cementitious materials in hydration, durability and shrinkage of cement-based materials, their environmental and economic benefits: A review. *Cleaner Materials*, 5, 100123. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100123>
  
- [2] Amsalu Fode, T., Jande, Y.A.C. & Kivevele, T. (2023). Effects of different supplementary cementitious materials on durability and mechanical properties of cement composite – Comprehensive review. *Heliyon*, 9(7), e17924. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023. e17924>
  
- [3] United Nations Environment Programme, & Yale Center for Ecosystems + Architecture (2023). *Building Materials and the Climate: Constructing a New Future* (Technical Reports). <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/43293>

## Valutazione tramite metodo combinato, sperimentale ed analitico, delle proprietà meccaniche a lungo termine di interlayer polimerici a differenti temperature

Antonio Bonati<sup>1</sup>, Davide Corsaro<sup>1</sup>, Pietro Marras<sup>1</sup>, Gabriele Pisano<sup>1</sup>, Luca Schiavi<sup>1</sup>, Riccardo Zanoni<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {bonati, corsaro, marras, schiavi, zanoni, pisano}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** vetro laminato, interlayer polimerico, equazione di William-Landel-Ferry, modulo di creep, modulo di rilassamento

### ABSTRACT

L'utilizzo di elementi in vetro con funzione strutturale primaria in opere civili è in continua crescita negli ultimi anni, in quanto la massimizzazione del livello di trasparenza di strutture di pregio rappresenta un trend architettonico molto forte. La laminazione consente di mitigare la ben nota fragilità del materiale, in quanto *interlayer* polimerici impediscono la crescita incontrollata delle cricche, conferendo duttilità al sistema. La rigidità dell'*interlayer*, fortemente dipendente dalla temperatura, influenza il comportamento strutturale dell'elemento, per cui risulta fondamentale stimare in maniera affidabile come questa caratteristica possa variare nel tempo in condizioni di esercizio.

Il modulo di rilassamento dell'*interlayer* è stato calcolato sulla base dei risultati di test su campioni di vetro laminato simmetrici a cinque strati; lo spostamento dello strato centrale, libero di muoversi tra due flange è stato imposto, mentre gli strati esterni erano supportati da elementi di contrasto di base. I test sono stati eseguiti a sei diverse temperature:  $2 \pm 0,5$  °C,  $13 \pm 1$  °C,  $24 \pm 1$  °C,  $33 \pm 1$  °C,  $42 \pm 1$  °C,  $50 \pm 1$  °C. Sono stati eseguiti tre test per ogni temperatura. Sfruttando il principio di sovrapposizione tempo-temperatura, valido per materiali viscoelastici, la *master-curve* del modulo di rilassamento è ottenuta traslando, nel piano bi-logaritmico, le curve sperimentali a diverse temperature tramite fattori di spostamento ben interpolati dall'equazione di William Landel Ferry (WLF) [1]. La *master-curve* sperimentale così ottenuta viene quindi adattata tramite la regressione della serie di Prony [2]; cinque termini sono risultati sufficienti per garantire una buona interpretazione della *mastercurve* sperimentale. Infine, il modulo di creep è stato ottenuto sfruttando il principio, valido per materiali viscoelastici, di correlazione al modulo di rilassamento nel dominio di Laplace [3].

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Dugdug, L. & Garcia-Colin, L. S. (1998). Generalization of the Williams-Landel-Ferry equation. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 250(1-4), 133-141.
- [2] Tzikang, C. (2000). *Determining a Prony series for a viscoelastic material from time varying strain data*. (NASA/TM-2000-210123, ARL-TR\_2206). Hampton: National Aeronautics and Space Administration.
- [3] Di Paola, M. & Pirrotta, A. (2009). Fractional calculus application to visco-elastic solids. *Meccanica dei Materiali e delle Strutture*, 1(2), 52-62.

## Prove di reazione al fuoco facciate outdoor in diverse condizioni ambientali. Criticità e prospettive future

**Antonio Bonati<sup>1</sup>, Giovanni Cavanna<sup>1</sup>, Riccardo Di Ruzza<sup>2</sup>, Gabriele Pisano<sup>1</sup>, Fabio Alaimo Ponziani<sup>2</sup>, Alberto Tinaburri<sup>2</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {bonati, cavanna, pisano}@itc.cnr.it*

*2 Ministero dell'Interno – Direzione centrale per la Prevenzione e la Sicurezza, Antincendio ed Energetica del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, {riccardo.diruzza, fabioalaimo.ponziani, alberto.tinaburri}@vigilfuoco.it*

**Parole chiave:** reazione al fuoco, facciate, test su larga scala, azione del vento, sicurezza al fuoco

### ABSTRACT

La crescente frequenza di incendi di facciata negli edifici [1] è una conseguenza dell'uso diffuso di materiali combustibili isolanti per il rivestimento delle facciate. Sebbene migliorino l'efficienza energetica dell'edificio, la loro natura infiammabile aumenta il rischio di incendio e propagazione delle fiamme [2]. Tuttavia, una buona progettazione del sistema di facciata può proteggere adeguatamente i materiali combustibili dalle alte temperature. La caratterizzazione delle prestazioni complessive del sistema di facciata rimane una questione aperta [3], e la definizione di una metodologia armonizzata è stato l'obiettivo di un progetto di ricerca finanziato dalla Commissione Europea [4].

CNR-ITC ha prodotto un'infrastruttura di prova conforme con quanto previsto dal report finale del progetto europeo [4] e ha sottoscritto un accordo di collaborazione con la Direzione Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica, Antincendio ed Energia del Ministero dell'Interno (DCPST) finalizzato all'esecuzione di una vasta campagna sperimentale su vari sistemi di facciata. L'infrastruttura di prova è stata installata presso la Scuola di Formazione Operativa di Montelibretti (Roma) del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco e sono state eseguite due prove di taratura (senza campione installato) in conformità alle procedure stabilite dal team di progetto europeo [4]. Le condizioni di ventilazione dei due test sono risultate essere molto diverse tra loro, sebbene in entrambi i casi conformi alle prescrizioni del team di progetto europeo.

Dall'analisi dei risultati risulta evidente che la scarsa ripetibilità delle misure di temperatura nei punti distanti 4,5 metri in altezza dalla camera di combustione. Al contrario, le misure

della variazione del peso della catasta di legna nel tempo mostrano un'eccellente ripetibilità, anche rispetto ai risultati ottenuti dal team di progetto europeo [5]. Risultati simili si osservano anche per la misurazione del flusso termico.

Sulla base delle evidenze sperimentali si propone, contrariamente a quanto previsto in [5], di definire un tempo di inizio prova fisso associato al comportamento della catasta di legno e non alla misura della temperatura e delle variazioni ai criteri del test di calibrazione previsti, per renderli coerenti con condizioni di prova outdoor ottimali. In particolare, è di adottare un criterio basato sulla riproducibilità della sorgente di fiamma e sul suo punto di attacco alla facciata.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Bonner, M. & Rein, G. (2018). Flammability and multi-objective performance of building facades: Towards optimum design. *International Journal of High-Rise Buildings*, 7, 363-374. <https://doi.org/10.21022/IJHRB.2018.7.4.363>
- [2] Zhou, B., Yoshioka, H., Noguchi, T., Wang, K. & Huang, X. (2021). Upward Fire Spread Rate Over Real-Scale EPS ETICS Façades. *Fire Technologies*, 57, 2007-2024. <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01103-3>
- [3] Cancelliere, P., Canzani, P., Sassi, S., Lucchini, A., Messa, S. & Anselmi, E. (2021). A new test method to determine the fire behaviour of façades with ETIC system. *Fire and Materials*, 45, 624-637. <https://doi.org/10.1002/fam.2886>
- [4] Anderson, J., Sjöström, J., Chiva, R., Dumont, F., Hofmann-Böllinghaus, A., Tóth, P., Lalu, O. & Boström, L. (2024). *Finalisation of the European approach to assess the fire performance of facades*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- [5] Efectis (2022). *Fire test report EUI-20-000358*. <<https://www.ri.se/sites/default/files/2021-04/Test%20report%20Large%20Exposure%20Crib%202021-04-06.pdf>> (ultimo accesso 5 febbraio 2025).

## Validazione sperimentale del progetto di un'innovativa scala in vetro laminato priva di elementi in acciaio con funzione strutturale

**Antonio Bonati<sup>1</sup>, Giovanni Cavanna<sup>1</sup>, Davide Corsaro<sup>1</sup>, Pietro Marras<sup>1</sup>, Fabio Montagna<sup>1</sup>, Gabriele Pisano<sup>1</sup>, Riccardo Zanoni<sup>1</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {bonati, cavanna, corsaro, marras, montagna, pisano, zanoni}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** vetro laminato, giunto bullonato, resistenza del vetro, prove di carico, prove di impatto

### ABSTRACT

Il ruolo strutturale del vetro, utilizzato in genere in forma laminata, è fortemente evoluto negli ultimi anni; elementi di dimensioni sempre più grandi e di forma qualsiasi sono sempre più utilizzate in strutture di elevato valore architettonico. Le normative e linee guida di progettazione nazionali ed internazionali non sempre consentono di affrontare propriamente tutte le casistiche che possono presentare in fase di progettazione. Il CNR-ITC, sulla base di un contratto di ricerca su commissione, ha eseguito una vasta campagna finalizzata alla verifica che la probabilità di collasso degli elementi in vetro stratificato costituenti una scala in vetro, da installare in un palazzo storico di Milano, sia coerente con le prescrizioni dell'Eurocodice 0. I gradini in vetro laminato sono sagomati in modo da essere sostenuti dagli elementi costituenti la balaustra, anch'essi in vetro stratificato; in particolare, alle loro estremità presentano una riduzione della sezione da inserire nei fori. La balaustra è composta da due grandi elementi, pesanti circa 1500 kg l'uno, collegati al centro del pianerottolo di riposo tramite giunzione bullonata. Una delle due balaustre è collegata alla muratura tramite il corrimano. Il nodo gradino-balaustra è costituito da due elementi di malta bi-componente, che fungono da cuneo, e da silicone strutturale.

Le prove sperimentali, condotte su provini di media scala, sono state finalizzate a verificare le prestazioni degli elementi costituenti la scala e indirettamente della scala nel suo complesso in termini di flessione, carico ultimo, resistenza all'urto da corpo duro, resistenza all'urto da corpo molle e robustezza. Per valutare la sicurezza strutturale degli elementi della scala e, quindi, verificare che il livello di sicurezza soddisfi la prescrizione data dall'Eurocodice [1] in termini di probabilità di rottura, ( $P_f = 1,335 \cdot 10^{-6}$  per elementi in classe di conseguenza 2), il carico applicato è stato derivato teoricamente, considerando tutti gli aspetti peculiari

del vetro, di natura meccanica e statistica, ed è associato ad una probabilità di collasso del 50%. Test specifici sono stati condotti per valutare le performance in termini di resistenza del giunto bullonato tra gli elementi costituenti la balaustra ed in termini di rigidità e duttilità per il nodo gradino-balaustra.

#### **Riferimenti bibliografici**

- [1] CEN (2003). *Eurocode - Basis of structural and geotechnical design* (EN 1990:2023). European Committee for Standardization.

## La resilienza degli edifici come risposta all' Eco-ansia

Giuseppina De Luca<sup>1</sup>, Roberta Galentino<sup>2</sup>, Antonio Bonati<sup>1</sup>

1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {deluca, bonati}@itc.cnr.it

2 Centro Tourette Italia e psicoterapia cognitivo comportamentale, roberta.galentino@gmail.com

**Parole chiave:** eco-ansia, cambiamenti climatici, edifici resilienti, edifici sicuri, benessere mentale

### ABSTRACT

Negli ultimi anni, numerosi studi [1] hanno evidenziato il significativo impatto del cambiamento climatico sulla salute mentale, con un'attenzione crescente verso l'eco-ansia. Questo fenomeno, definito come la “*paura cronica del disastro ambientale*”, è una condizione di stress psicologico derivante dalla percezione della crisi ambientale e dell'incertezza sul futuro del pianeta.

Questo lavoro, adottando un approccio interdisciplinare tra ingegneria e neuroscienze nato tra la collaborazione di ITC e il Centro Tourette Italia [2], analizza il legame tra la percezione del rischio ambientale e il senso di sicurezza negli edifici in cui si vive. L'indagine è stata condotta attraverso un questionario, realizzato dall'*American Psychological Association* e adattato per il contesto italiano [3, 4], somministrato a un campione rappresentativo della popolazione italiana, diversificato per fasce d'età, area geografica, reddito, istruzione e tipologia di contesto urbano (città o zona rurale).

I risultati del questionario sono stati analizzati attraverso alcuni parametri tra cui:

- Climate Change Anxiety Scale (CCAS), che misura l'ansia legata al cambiamento climatico considerando compromissioni cognitive e funzionali.
- Climate Change Worry Scale (CCWS), che valuta la frequenza dei pensieri preoccupanti legati al cambiamento climatico.

La prima parte del questionario ha consentito di analizzare lo stato dell'arte, mentre la seconda parte, chiedendo all'utente di immaginare il proprio edificio come una struttura testata per la resilienza, è stata valutata la relazione tra “consapevolezza” di vivere in un edificio “resiliente” e la riduzione del rischio di sviluppare eco-ansia. Per illustrare il concetto di edificio resiliente all'intervistato, sono stati riportati i risultati di test sperimentali condotti presso l'ITC su sistemi edilizi progettati per resistere a sollecitazioni estreme, quali incendi,

azioni sismiche, carichi idrodinamici o eventi atmosferici intensi. Gli indici CCAS e CCWS si riducono significativamente quando le persone sono informate sulla capacità di resilienza dell'edificio [5].

Lo studio sottolinea l'importanza di un approccio integrato tra ingegneria e scienze cognitive, la collaborazione tra esperti del settore edilizio, che possono fornire informazioni tecniche sulla resilienza degli edifici, e psicologi specializzati nella terapia cognitivo-comportamentale, si rivela efficace nella gestione dell'ansia climatica.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Coffey, Y., Bhullar, N., Durkin, J., Islam, M. & Usher, K. (2021). Understanding Eco-anxiety: A Systematic Scoping Review of Current Literature and Identified Knowledge Gaps. *The Journal of Climate Change and Health*, 3, 100047. <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2021.100047>
- [2] Contratto per lo studio multidisciplinare incentrato sugli “HEALTHY BUILDING” tra il CENTRO TOURETTE ITALIA E PSICOTERAPIA COGNITIVO COMPORTAMENTALE (Centro Tourette), nella persona della Dott.ssa. Roberta Galentino e Il Consiglio Nazionale delle Ricerche, tramite il proprio Istituto per le Tecnologie della Costruzione (ITC-CNR)- Protocollo CNR 230211 del 03/07/2024
- [3] Innocenti, M., Santarelli, G., Faggi, V., Ciabini, L., Castellini, G., Galassi, F. & Ricca, V. (2022). Psychometric properties of the Italian version of the climate change worry scale. *The Journal of Climate Change and Health*, 6, 100140. <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2022.100140>
- [4] Innocenti, M., Santarelli, G., Faggi, V., Castellini, G., Manelli, I., Magrini, G., Galassi, F. & Ricca, V. (2021). Psychometric properties of the Italian version of the Climate Change Anxiety Scale. *The Journal of Climate Change and Health*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2021.100080>
- [5] Galentino, R. & De Luca G. (2024). Eco-ansia e resilienza degli edifici: un approccio interdisciplinare per la salute Mentale. In *Le scienze umane e sociali e sociali per il sistema di protezione civile* (Volume degli abstract della conferenza) (p. 43). <<https://www.protezionecivile.gov.it/static/ab9e59813a4499c4a84aefcod409foda/volume-degli-abstract-conferenza.pdf>> (ultimo accesso 10 febbraio 2025).

## Effetti dell'umidità sulla conducibilità termica delle malte nei sistemi CRM: analisi e implicazioni per l'efficienza energetica degli edifici storici ristrutturati

Antonio Bonati<sup>1</sup>, Egon Galimberti<sup>2</sup>, Giuseppina De Luca<sup>1</sup>, Lorenzo Belussi<sup>1</sup>, Claudio Maffè<sup>1</sup>

*1* Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {bonati, deluca, belussi, maffe}@itc.cnr.it

*2* Politecnico di Milano, egon.galimberti@mail.polimi.it

**Parole chiave:** conducibilità termica delle malte, CRM, riqualificazione sismo-energetica, influenza dell'umidità sui valori di conducibilità

### ABSTRACT

Negli ultimi anni, i sistemi “Composite Reinforced Mortar” (CRM) sono sempre più utilizzati per il consolidamento sismico delle strutture in muratura. Il CRM è un sistema di intonaco armato ove una rete preformata in materiale polimero fibrorinforzato (FRP) è inserita in una malta per uso strutturale e vincolata tramite connettori alla muratura da rinforzare. In letteratura scientifica, le proprietà meccaniche del CRM sono state ampiamente studiate, al contrario quelle termiche sono state poco approfondite. Poiché i sistemi CRM si estendono per l'intera parete di un edificio, le prestazioni termigrometriche dell'involucro dipendono da quelle della malta utilizzata nel CRM. In genere, i produttori di malta dichiarano la conducibilità termica della stessa rifacendosi o a valori tabulati (EN 998-1:2016 [1]; EN 998-2:2016 [2]), o valori misurati in laboratorio per condizioni di temperatura e umidità “standard” (EN 10456:2007 [3]). Questo lavoro presenta i risultati di una campagna sperimentale sviluppata nei laboratori di ITC su due malte tipicamente utilizzate nei sistemi CRM. I provini sono stati realizzati in-house, al fine di garantire le condizioni di misurabilità. I provini sono stati condizionati alla temperatura di 23°C a diverse percentuali di umidità relativa e testati con il metodo dei termoflussimetri per la determinazione della conducibilità termica. Le analisi dimostrano che i valori di conducibilità termica variano significativamente al variare delle condizioni di umidità e che tali valori si discostano da quelli tabulati o misurati in condizioni standard. Questo dimostra come in fase di progettazione sia necessario includere aspetti legati alle condizioni ambientali per garantire il corretto dimensionamento degli elementi anche dal punto di vista termico.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] CEN (2016). *Specification for mortar for masonry – Part 1: Rendering and plastering mortar* (EN 998-1:2016). European Committee for Standardization.
- [2] CEN (2016). *Specification for mortar for masonry – Part 1: Masonry mortar* (EN 998-2:2016). European Committee for Standardization.
- [3] CEN (2007). *Building materials and products – Hygrothermal properties – Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values* (EN 10456:2007). European Committee for Standardization.

## Valutazione sperimentale della durabilità dei materiali compositi fibrorinforzati a matrice inorganica per il rinforzo strutturale

**Annalisa Franco<sup>1</sup>, Gabriele Pisano<sup>1</sup>, Davide Corsaro<sup>1</sup>, Pietro Marras<sup>1</sup>, Riccardo Zanoni<sup>1</sup>, Antonio Bonati<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {franco, pisano, corsaro, marras, zanoni, bonati}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** materiali compositi fibrorinforzati, matrice inorganica, durabilità, prove sperimentali, round robin

### ABSTRACT

Negli ultimi decenni i materiali compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) sono stati ampiamente studiati e utilizzati nel rinforzo strutturale di costruzioni civili. Quando la loro applicazione è stata estesa alle costruzioni storiche in muratura, la presenza di un substrato scadente (muratura) ha portato a un basso grado di sfruttamento di tale tipologia di rinforzo. In questa prospettiva, è stata studiata e proposta al mercato una nuova generazione di materiali compositi, che sostituisce la matrice polimerica con una malta a base di cemento o calce (matrice inorganica). Tali materiali, sono tipicamente noti come FRCM (*Fabric Reinforced Cementitious Mortar*) o CRM (*Composite Reinforced Mortars*). Rispetto al gran numero di dati sperimentali, linee guida, disposizioni di progettazione e raccomandazioni tecniche disponibili per i materiali FRP, le informazioni rilevanti sui sistemi IMC (*Inorganic Matrix Composite*) sono di volume notevolmente inferiore, soprattutto in relazione alla loro durabilità. Di recente, in Italia, è stato sviluppato nell'ambito CNR il documento tecnico CNR-DT 215/2018 [1], mentre a livello europeo sono a disposizione diversi Documenti per la Valutazione Europea (EAD) [2-4] per la qualificazione e marcatura CE dei prodotti.

Nell'ambito dei lavori del RILEM 290-IMC: *Durability of Inorganic Matrix Composites used for Strengthening of Masonry Constructions*, l'ITC ha partecipato ad una grande campagna sperimentale (Round Robin) che ha riguardato la caratterizzazione meccanica di sistemi CRM, sottoposti ad azioni ambientali dannose, condizioni essenziali per valutare l'efficienza strutturale dell'intero sistema strutturale a seguito della sua esposizione ad ambienti aggressivi. L'obiettivo infatti dello studio è duplice: (i) considerare la presenza di ioni alcalini nella matrice rispetto alla nota vulnerabilità delle fibre di vetro e basalto

a questi; (ii) valutare l'effetto di scenari di umidità/temperatura difficili ed estremi. I test sono stati condotti su singoli materiali (malte e fibre), ma anche sui compositi (griglie in FRP). Il lavoro presenterà i condizionamenti effettuati (tre soluzioni alcaline, diverse temperature e durate di esposizione) ed una breve panoramica dei test e delle metodologie applicate, nonché risultati di trazione ottenuti per i sistemi testati pre- e post-condizionamento.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] CNR (2108). *Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica* (CNR-DT 215/2018). Roma: Consiglio Nazionale delle Ricerche. <<https://www.cnr.it/it/node/9347>> (ultimo accesso 13 febbraio 2015).
- [2] EOTA (2020). *CRM (Composite Reinforced Mortar) systems for strengthening concrete and masonry structures* (EAD 340392-00-0104:11-2018) Decision (EU) 2020/962. EOTA, OJ Publication.
- [3] EOTA (2020). *Externally-bonded composite systems with inorganic matrix for strengthening of concrete and masonry structures* (EAD 340275-00-0104:11-2018) Decision (EU) 2020/962. EOTA, OJ Publication.
- [4] EOTA (2024). *Externally bonded system made of AR glass fibre mesh, connectors and mortar for strengthening of masonry and reinforced concrete elements* (EAD 340451-00-0104:08-2019) Decision (EU) 2024/2904. EOTA, OJ Publication.

## Durabilità dei materiali compositi fibrorinforzati a matrice inorganica per il rinforzo strutturale

Annalisa Franco<sup>1</sup>, Francesco Micelli<sup>2</sup>, Marianovella Leone<sup>2</sup>, Antonio Bonati<sup>1</sup>, Maria Antonietta Aiello<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {franco, bonati}@itc.cnr.it

<sup>2</sup> Università degli Studi del Salento, {francesco.micelli, marianovella.leone, antonietta.aiello}@unisalento.it

**Parole chiave:** materiali compositi fibrorinforzati, matrice inorganica, murature, rinforzo strutturale, durabilità

### ABSTRACT

I sistemi compositi a matrice inorganica (IMC, *Inorganic Matrix Composite*) sono stati recentemente introdotti come soluzione sostenibile per il rinforzo delle murature, per la loro maggiore compatibilità con i supporti, costi inferiori e migliori prestazioni alle alte temperature, migliorando al contempo la permeabilità e ottenendo la reversibilità della soluzione di rinforzo [1]. Sono generalmente composti da tessuti in fibre di varia natura o griglie in materiale composito (FRP, *Fiber Reinforced Polymer*) incorporati in una matrice inorganica (malte a base di calce o cemento) e meglio noti, rispettivamente, come FRCM (*Fabric Reinforced Cementitious Matrix*) e CRM (*Composite Reinforced Mortar*). Nonostante siano state condotte varie ricerche per studiare le proprietà meccaniche e il comportamento di aderenza di tali sistemi di rinforzo, anche in relazione ai più noti sistemi a matrice organica (sistemi di consolidamento in FRP), poche sono le informazioni sul loro comportamento sotto diverse condizioni di esposizione. Le problematiche di durabilità legate alla presenza di una matrice alcalina e di agenti aggressivi in ambienti difficili rappresentano la vera frontiera della ricerca in questo campo [2, 3].

Nell'ambito di un'ampia campagna sperimentale per la valutazione dei sistemi IMC sulla base di protocolli di prova standardizzati [4, 5], questo lavoro presenta i risultati ottenuti sulle due tecnologie su menzionate e costituite rispettivamente da una rete in fibra di vetro alcali-resistente (vetro AR) incorporata in una malta a base di calce (sistema FRCM) e della sola griglia in FRP per uso in sistemi ad intonaco armato (CRM). Si presenteranno i risultati delle prove di trazione prima e dopo invecchiamento sotto varie esposizioni ambientali (gelo-disgelo, ambienti umidi, alcalini, salini e sollecitazioni termiche). L'obiettivo è quello

di evidenziare i meccanismi di degrado e il corrispondente comportamento dei due sistemi, fornendo al contempo dati utili per la progettazione di tali tipologie di rinforzo.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Bonati, A., Franco, A., Coppola, O. & De Luca, G. (2019). Strengthening of masonry structures: Current national and international approaches for qualification and design. *Key Engineering Materials*, 817, 501-506. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.817.501>
- [2] Micelli, F., Franco, A., Greppi, R. & Aiello, M.A. (2023). Durability of CRM reinforcements. In F. Biondini & D. M. Frangopol (Eds.), *Life-Cycle of Structures and Infrastructure Systems* (pp. 2820-2827). London: CRC press. <https://doi.org/10.1201/9781003323020-343>
- [3] Simeone, P., Leone, M., Micelli, F., Franco, A., de Luca, G. & Aiello, M. A. (2022). Experimental Study on the Tensile and Bond Properties of a FRCM System for Strengthening of Masonry Construction. *Key Engineering Materials*, 916, 433-440. <https://doi.org/10.4028/p-24a4g6>
- [4] EOTA (2019). *Externally bonded system made of AR glass fibre mesh, connectors and mortar for strengthening of masonry and reinforced concrete elements* (EAD 340451-00-0104:08-2019) Decision (EU) 2024/2904. EOTA, OJ Publication.
- [5] EOTA (2020). *CRM (Composite Reinforced Mortar) systems for strengthening concrete and masonry structures* (EAD 340392-00-0104:11-2018) Decision (EU) 2020/962. EOTA, OJ Publication.

## Valutazioni sismiche-energetiche di edifici a pareti estese debolmente armate

**Alberto Pavese<sup>1</sup>, Giuseppina De Luca<sup>2</sup>, Alessia Aldrovandi<sup>3</sup>, Antonio Bonati<sup>2</sup>**

*1 Università di Pavia – Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, a.pavese@unipv.it*

*2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {deluca, bonati}@itc.cnr.it*

*3 Isotex srl, tecnico2@blocchiisotex.it*

**Parole chiave:** blocchi cassero, comportamento sismico-energetico, analisi non lineare, analisi di fragilità, analisi energetica in dinamico

### **ABSTRACT**

La tecnica costruttiva basata sull'uso dei blocchi cassero per la realizzazione di strutture a pareti estese sul perimetro degli edifici si è sviluppata negli ultimi decenni come alternativa alle tecniche tradizionali in quanto risulta essere più veloce e più sostenibile sia dal punto di vista ambientale che economico [1, 2]. Il presente articolo intende proporre un'analisi sismico-energetica di queste strutture utilizzando il caso studio di un edificio residenziale realizzato nel comune di Parma.

L'analisi prevede una comparazione tra la tecnica tradizionale, ovvero basata su telai in calcestruzzo armato e tamponature, e il sistema dei blocchi cassero, solai e tramezzi in legno-cemento. I due casi studio sono sottoposti ad una procedura di valutazione sia del comportamento sismico, utilizzando l'analisi statica e dinamica non lineare (pushover e NLTHA), sia di quello energetico in regime dinamico. Dal punto di vista sismico le analisi hanno evidenziato che i sistemi a pannelli estesi hanno una maggiore resistenza e una minore capacità di deformazione sia in campo elastico che non lineare; dall'analisi delle curve di fragilità non sembrano esserci evidenze di migliore comportamento di una soluzione rispetto all'altra, in quanto per entrambi gli edifici si osserva che ad elevate accelerazioni corrispondono probabilità di raggiungimento degli stati limite considerati equiparabili tra le due soluzioni. Dal punto di vista energetico, la soluzione con i blocchi porta ad una riduzione dei consumi energetici per la climatizzazione invernale ed estiva, grazie all'elevata inerzia termica della struttura, e dall'altro canto garantisce maggiori condizioni di comfort grazie alla capacità della struttura di garantire una temperatura operante per lo più costante.

Infine, gli autori definiscono un nuovo indice di valutazione dell'edificio che consente di effettuare una valutazione complessiva sismico-energetica dell'edificio.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Nardi, I., De Rubeis, T., Buzzi, E., Sfarra, S., Ambrosini, D. & Paoletti, D. (2016). Modeling and Optimization of the Thermal Performance of a Wood-Cement Block in a Low-Energy House Construction. *Energies*, 9(9), 677. <https://doi.org/10.3390/eng090677>
  
- [2] Stazi, F., Summa, S., Roig, O., Trozzi, G. & Di Perna, C. (2023). Thermal performance of a new low-cost ventilated load bearing masonry with wood-cement blocks. *Energy and Buildings*, 297, 113427. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113427>

## Valutazione Economica dell'Uso dell'Aggregato da Fresato d'Asfalto (RAP) nella Produzione di Calcestruzzo Strutturale: un caso studio in Italia

Arianna Peduzzi<sup>1</sup>, Annalisa Franco<sup>2</sup>, Giuseppina De Luca<sup>2</sup>, Orsola Coppola<sup>2</sup>, Antonio Bonati<sup>2</sup>

*1 Ricerca sul Sistema Energetico S.p.A., peduzzi@rse-web.it*

*2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {franco, deluca, coppola, bonati}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** economia circolare, Fresato d'Asfalto (RAP), calcestruzzo strutturale, sostenibilità, materiali riciclati

### ABSTRACT

L'impiego di materiali riciclati nella produzione di calcestruzzo sta acquisendo crescente attenzione per i suoi benefici ambientali ed economici. Una delle alternative più promettenti è il Fresato d'Asfalto (Recycled Asphalt Pavement - RAP) [1-3], un sottoprodotto derivante dalla manutenzione e demolizione stradale. Nell'ambito di questo lavoro, viene effettuato uno studio della sostenibilità ambientale ed economica dell'impiego del RAP come sostituto degli aggregati naturali nel calcestruzzo strutturale [2]. La ricerca segue una metodologia articolata in quattro fasi: analisi del processo produttivo del RAP, selezione di un edificio residenziale ubicato in Italia come caso studio, definizione del mix design del calcestruzzo e valutazione dei costi. I risultati indicano che l'uso del RAP comporta un incremento dei costi del conglomerato cementizio a causa del prezzo unitario del RAP più elevato rispetto a quello degli aggregati naturali. Il costo che incide in modo significativo è quello del trasporto (circa 130% in più rispetto a quello legato all'aggregato naturale) a causa della scarsità dei centri di trasformazione presenti in Italia. Inoltre, l'uso del RAP richiede spesso una maggiore quantità di additivi per compensare le alterazioni nelle proprietà reologiche e meccaniche del calcestruzzo. Tuttavia, strategie quali l'ottimizzazione del trasporto, la riduzione delle tariffe dell'impianto di riciclo e l'integrazione della produzione di RAP nelle infrastrutture esistenti possono migliorare significativamente la competitività economica. Con l'implementazione di tali strategie, i costi del calcestruzzo RAP possono essere ridotti fino al 39,64%, rendendolo un'alternativa valida e persino più conveniente rispetto all'aggregato di calcestruzzo riciclato (Recycled Concrete Aggregate - RCA). Infine, si evidenzia come siano necessari

aggiornamenti normativi [1] e una maggiore conoscenza nel settore per la diffusione del RAP nel calcestruzzo strutturale.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Jaawani, S., Franco, A., De Luca, G., Coppola, O. & Bonati, A. (2021). Limitations on the Use of Recycled Asphalt Pavement in Structural Concrete. *Applied Science*, 11(22), 10901. <https://doi.org/10.3390/app112210901>
  
- [2] Peduzzi, A., Franco, A., De Luca, G., Coppola, O. & Bonati, A. (2023). Economical Assessment of Recycled Asphalt Pavement (RAP) Aggregate for Structural Concrete Production in Italy. *Buildings*, 13(9), 2191. <https://doi.org/10.3390/buildings13092191>
  
- [3] Jaawani, S., Franco, A., De Luca, G., Coppola, O. & Bonati, A. (2021). Durability of concrete containing Recycled Asphalt Pavement (RAP). In M. Del Zoppo & I. G. Colombo (Eds.), *The future of concrete structures: towards resilience and technological innovation. Proceedings of the 2nd fib Symposium on Concrete and Concrete Structures* (pp. 273-280). fib YMG Italy.

## Monitoraggio strutturale mediante compositi cementizi intelligenti: progettazione di un caso applicativo nell'ambito del progetto PRIN 2022 SUCCESS

**Marco Postiglione<sup>1,2</sup>, Paolino Cassese<sup>3</sup>, Giuseppe Brandonio<sup>1</sup>, Giovanni Fabbrocino<sup>2,3</sup>, Carlo Rainieri<sup>3</sup>**

1 *Università degli Studi di Napoli Federico II – Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, {marco.postiglione2, giuseppe.brandonio}@unina.it*

2 *Università degli Studi del Molise – Dipartimento di Bioscienze e Territorio, {marco.postiglione, giovanni.fabbrocino}@animol.it*

3 *Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {cassese, rainieri, fabbrocino}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** monitoraggio strutturale, compositi cementizi intelligenti, analisi modale, analisi parametrica

### ABSTRACT

Le potenzialità dell'applicazione di compositi intelligenti a base cementizia, ottenuti aggiungendo alla matrice particelle conduttive come nanotubi o microfibre di carbonio, sono ampiamente riconosciute in letteratura nell'ambito del monitoraggio strutturale delle opere civili [1]. Infatti, grazie alla piezoresistività che li caratterizza, tali materiali consentono di monitorare lo stato deformativo a cui sono sottoposti con prestazioni paragonabili a quelle di sensori tradizionali, offrendo tuttavia vantaggi significativi, tra cui maggiori durabilità e compatibilità con la struttura ospitante. Nonostante l'interesse crescente della ricerca, come emerge dalla letteratura scientifica, numerosi aspetti risultano ancora non pienamente esplorati. Tra questi figura lo studio della risposta elettromeccanica dei compositi cementizi intelligenti installati in elementi in cemento armato in scala reale. Nell'ambito del progetto di ricerca PRIN 2022 SUCCESS, tuttora in corso, tale aspetto verrà specificamente investigato mediante la realizzazione di un caso studio applicativo. In tale contesto, il presente lavoro si concentra sul processo di definizione del suddetto caso studio a partire dalle esperienze di letteratura, con particolare riferimento all'identificazione della tipologia di elemento strutturale, al dimensionamento, e alla progettazione, tenendo conto anche di aspetti tecnologici. Infine, si focalizza l'attenzione sulla definizione di diverse modalità di installazione dei compositi cementizi intelligenti.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Cassese, P., Rainieri, C. & Occhiuzzi, A. (2021). Applications of Cement-Based Smart Composites to Civil Structural Health Monitoring: A Review. *Applied Sciences*, 11(18), 8530. <https://doi.org/10.3390/app11188530>

## Campagna di prove in situ finalizzata al collaudo di un'innovativa scala in vetro laminato priva di elementi in acciaio con funzione strutturale

**Antonio Bonati<sup>1</sup>, Giovanni Cavanna<sup>1</sup>, Gabriele Pisano<sup>1</sup>, Carlo Rainieri<sup>1</sup>, Riccardo Zanoni<sup>1</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {bonati, cavanna, pisano, rainieri, zanoni}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** vetro laminato, prove in sito, resistenza del vetro, prove di carico, prove dinamiche

### ABSTRACT

Massimizzare la trasparenza di opere civili sempre più grandi e di forma qualsiasi rappresenta una tendenza architettonica che è diventata sempre più forte negli ultimi 20 anni. CNR-ITC, sulla base di un contratto di ricerca su commissione, ha eseguito la validazione sperimentale del progetto di un'innovativa scala in vetro laminato, che è stata successivamente installata in un palazzo storico di Milano. CNR-ITC è stato responsabile, poi, delle prove di collaudo della stessa struttura. Il corpo scala sottoposto a prove statiche e dinamiche è costituito da un pianerottolo inferiore, un pianerottolo superiore ed un pianerottolo di riposo intermedio. Tra i pianerottoli sono presenti 13 gradini, per un totale di 26 gradini. I gradini sono alloggiati in dei fori presenti negli elementi “stringer”, costituenti la balaustra, che a loro volta sono appoggiati su traverse. Tutti gli elementi appena citati sono in vetro laminato. Le due balaustre sono composte da due elementi collegati tra loro al centro del pianerottolo di riposo tramite giunzione bullonata nella parte tesa e malta bi-componente in quella compressa. Al centro del pianerottolo di riposo è inoltre presente una struttura metallica ad U con funzione stabilizzante. Il carico è trasmesso alla struttura esistente tramite le traverse, su cui poggiano le balaustre, due travi stabilizzanti, in vetro laminato, poste in direzione parallela alle balaustre ed elementi perimetrici metallici.

Sono state effettuate prove di carico statico verticale ed orizzontale, prove di vibrazione e di Operational Modal Analysis (OMA) [1]. Per la prova di carico statico verticale, è stato applicato il sovraccarico di progetto, valutato in  $4 \text{ kN/m}^2$ , tramite pesi metallici, per un totale di circa 5 tonnellate, e sono state monitorate le inflessioni verticali e gli spostamenti orizzontali delle balaustre. Per la prova di carico statico orizzontale, è stato applicato il carico di normativa, pari a  $2 \text{ kN/m}$ , al centro della rampa tramite tre

elementi di spinta regolabili a mano tra i parapetti e due ripartitori lunghi 3,5 m e sono stati monitorati gli spostamenti orizzontali dei parapetti. I test di vibrazione ed OMA sono stati eseguiti disponendo appropriatamente 30 accelerometri sismici in miniatura e misurando la risposta dinamica della scala in diverse condizioni d'uso e affollamento e in presenza di sola eccitazione ambientale.

#### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Rainieri, C. & Fabbrocino, G. (2014). *Operational modal analysis of civil engineering structures*. New York: Springer.

## Decadimento delle prestazioni energetiche di una facciata continua a seguito di azioni sismiche

Giuseppina De Luca<sup>1</sup>, Giovanni Cavanna<sup>1</sup>, Antonio Bonati<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {deluca, cavanna, bonati}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** curtain wall, infiltration, experimental test, resilienza, eventi combinati, decadimento delle prestazioni delle facciate

### ABSTRACT

Le facciate continue “curtain wall” rappresentano un tipo di tamponamento “leggero” realizzato con moduli vetrati od opachi e ampiamente utilizzato per edifici alti. La progettazione avanzata di questi sistemi permette loro di essere resilienti nei confronti degli eventi estremi, sia di origine naturali che antropica, garantendo così l’uso sicuro della struttura anche dopo tali sollecitazioni [1]. Pur non essendo distruttivi, questi eventi modificano l’assetto e il livello prestazionale, in termini di permeabilità all’aria e tenuta all’acqua, della facciata con ripercussioni anche sulle prestazioni energetiche complessive dell’edificio. In particolare, l’aumento delle infiltrazioni d’aria, soprattutto negli edifici alti [2], può alterare in maniera significativa il bilancio energetico previsto in fase di progettazione, comportando consumi HVAC nettamente superiori [3].

Il presente lavoro illustra i risultati di un’analisi sperimentale condotta utilizzando un protocollo di prova definito in ITC che integra test sismici con verifiche di permeabilità all’aria e tenuta all’acqua, eseguiti su sistemi in scala reale montati su una macchina sismica per facciate – un dispositivo unico in Europa composto da due travi sismiche capaci di riprodurre qualsiasi protocollo sismico e di effettuare contemporaneamente prove relative ad aria, acqua e vento. I risultati evidenziano che azioni sismiche “quasi-statiche” indotte nel piano possono incrementare la portata d’aria per infiltrazione dal 20 al 70% in relazione all’aumentare dello spostamento interpiano. I risultati di questa campagna sperimentale aprono a interessanti prospettive: da una parte, si delinea la possibilità di definire nuovi indici di resilienza per edifici e sistemi integrati, mentre dall’altra emerge il potenziale per affinare la calibrazione dei modelli predittivi (BEM) e ridurre il divario prestazionale (BEPG) nei Digital Twins dei sistemi edilizi. Tali dati offrono inoltre un supporto concreto ai fabbricanti, permettendo l’adozione di nuove

classificazioni per attestare l'efficacia e la qualità dei loro prodotti anche in seguito ad eventi straordinari, e alle Autorità, che potranno sviluppare metodi innovativi per la qualificazione dei prodotti da costruzione e per l'individuazione di eventuali incentivi.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Petterson, M. (2022). Resilience by design: building facades for tomorrow. In E. Gasparri, A. Brambilla, G. Lobaccaro, F. Goia, A. Andaloro & A. Sangiorgio (Eds.), *Rethinking Building Skins: Transformative Technologies and Research Trajectories* (Woodhead Publishing Series) (pp. 359-375). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822477-9.00002-4>
  
- [2] Bastos Porsani, G., Casquero-Modrego, N., Echeverria Trueba, J. & Bandera, C. (2023). Empirical evaluation of EnergyPlus infiltration model for a case study in a high-rise residential building. *Energy and Buildings*, 296, 113322. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113322>
  
- [3] No, S. T., Kim, K. S. & Jung, J. S. (2008). Simulation and mock-up tests of the thermal performance of curtain walls. *Energy and Buildings*, 40(7), 1135-1144. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.10.004>

## Piscine indoor: analisi del comportamento termo-igrometrico- il caso studio della piscina comunale di Varese

Giuseppina De Luca<sup>1</sup>, Egon Galimberti<sup>2</sup>, Antonio Bonati<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {deluca, bonati}@itc.cnr.it

<sup>2</sup> Politecnico di Milano, egon.galimberti@mail.polimi.it

**Parole chiave:** *swimming pool, DesignBuilder, simulazione energetica, conducibilità termica degli elementi edilizi, HAMT*

### ABSTRACT

Le strutture sportive con piscine indoor si trovano ad affrontare condizioni termo-igrometriche particolarmente complesse a causa dell'elevata umidità generata dalla piscina e delle alte temperature necessarie per garantire il comfort delle persone in costume da bagno. Tali condizioni possono cambiare le proprietà termo-fisiche degli elementi edilizi, come gli intonaci e le strutture di copertura, alterando il valore della temperatura operativa, che influisce direttamente sul comfort degli occupanti. Inoltre, l'umidità eccessiva può causare la condensazione superficiale o interstiziale, con conseguenti modifiche nelle proprietà isolanti delle strutture, nonché il degrado dei materiali e distacchi [1]. Pertanto, nella progettazione o ristrutturazione di questi ambienti, è fondamentale considerare la variabilità delle proprietà termo-fisiche degli elementi edilizi. Tuttavia, per affrontare adeguatamente questo aspetto, la prima cosa è quella di determinare le condizioni termo-igrometriche ambientali previste [2]. Questo studio si concentra quindi su due aspetti principali: i) un'analisi della letteratura scientifica per identificare le diverse formule utilizzate nel calcolo dei carichi endogeni e latenti derivanti dalla presenza di una piscina di grandi dimensioni in un ambiente sportivo; ii) l'analisi degli effetti dell'umidità sulle strutture di chiusura dell'edificio e la determinazione del relativo comportamento termo-igrometrico. Per applicare queste analisi a un caso pratico, è stato scelto il caso della piscina comunale di Varese. L'edificio in questione, situato in via Copelli, è stato progettato nel 1965 dall'ingegnere Sergio Brusa Pasqué, rappresentando una struttura rilevante sia dal punto di vista architettonico-strutturale che paesaggistico. Realizzato con una combinazione di calcestruzzo armato tradizionale e precompresso, si sviluppa su un piano terra, comprensivo di gradinate per il pubblico, e

un piano interrato. L'edificio occupa una superficie di 1.380 m<sup>2</sup> con un volume complessivo di 10.370 m<sup>3</sup> e un'altezza massima di 12,35 m [3]. L'edificio è stato ricostruito in ambiente EnergyPlus tramite il software DesignBuilder, al fine di valutare l'influenza dei carichi endogeni sul comportamento termo-igrometrico delle pareti. La simulazione energetica sviluppata integra modelli accoppiati di trasferimento di calore, aria e umidità (HAMT), e ha evidenziato come l'elevata umidità possa ridurre la temperatura superficiale delle pareti (e dunque la temperatura operativa), con importanti ripercussioni sui consumi energetici dell'edificio.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Larcher, M., Leonard, E., Troi, A., Stefani, A., Nerobutto, G. & Herrera-Avellanosa, D. (2025). Assessing the impact of moisture buffering properties of materials on indoor environmental quality: A study on a recycled material plaster. *Building and Environment*, 267, 112170. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024> .
- [2] Buonomano, A., De Luca, G., Figaj, R. F. & Vanoli, L. (2015). Dynamic Simulation and Thermo-economic analysis of a PhotoVoltaic/Thermal Collector heating system for an indoor-outdoor swimming pools. *Energy Conversion and Management*, 99, 176-192. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.04.022>
- [3] Comune di Varese (2024, 30 settembre). *Certificato per il rinnovo decennale del collaudo statico delle opere strutturali della piscina comunale "F. Fabiano" di via Copelli 7 in Varese* (Protocollo c\_l682/AOO\_CVA GE/2024/0103806).

## Materiali porosi alcali-attivati da ceneri pesanti di biomassa per la produzione di pannelli isolanti

Alessio Occhicone<sup>1</sup>, Giuseppina Roviello<sup>1</sup>, Giovanni Morieri<sup>1</sup>, Raffele Cioffi<sup>1</sup>, Claudio Ferone<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Università degli Studi di Napoli Parthenope, [alessio.occhicone@assegnista.uniparthenope.it](mailto:alessio.occhicone@assegnista.uniparthenope.it), [{giuseppina.roviello, giovanni.morieri, raffaele.cioffi, claudio.ferone}@uniparthenope.it](mailto:giuseppina.roviello, giovanni.morieri, raffaele.cioffi, claudio.ferone}@uniparthenope.it)

**Parole chiave:** ceneri pesanti da biomasse, schiume inorganiche, materiali alcali-attivati, schiumatura diretta, edifici sostenibili

### ABSTRACT

L'utilizzo di ceneri pesanti ottenute dalla combustione di biomasse come precursore unico per la produzione di materiali espansi ad attivazione alcalina mostra un notevole potenziale per applicazioni nel campo dell'isolamento. Nel lavoro sono state utilizzate ceneri pesanti derivate dalla combustione di biomasse legnose provenienti da un'azienda italiana produttrice di energia elettrica. Le analisi chimiche e mineralogiche evidenziano la natura prevalentemente calcica del materiale, suggerendo la possibilità di ottenere materiali alcali-attivati utilizzando silicato di sodio e NaOH come soluzione attivante. È stato studiato l'utilizzo di H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> o polvere di alluminio come agenti schiumogeni, dimostrando che l'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> è particolarmente efficace se combinato con soluzioni ad alta alcalinità (ad es. 12M o 15M NaOH). Le condizioni di curing hanno influenzato significativamente la struttura; i campioni trattati a 60°C hanno mostrato una maggiore porosità e isolamento termico, mentre quelli trattati a 40°C hanno raggiunto una maggiore resistenza alla compressione grazie alla riduzione del fenomeno del ritiro. Le analisi XRD e IR hanno confermato la formazione di silicati di calcio idrati, mentre le immagini SEM rivelano una matrice solida più uniforme nei campioni attivati con soluzioni ad alta alcalinità. Valori di conducibilità termica inferiori a 0,1 W/m K sono stati ottenuti per i campioni che mostravano un'elevata porosità aperta. Sono state identificate alcune formulazioni in grado di fornire un eccellente compromesso tra capacità isolante e resistenza meccanica, suggerendo così possibili applicazioni strutturali come pannelli termoisolanti. I risultati ottenuti indicano i pannelli derivati dalle ceneri di biomassa come alternative innovative e sostenibili per applicazioni isolanti versatili nell'industria delle costruzioni.

### Riferimenti bibliografici

- [1] Kriven, W.M., Leonelli, C., Provis, J.L., Boccaccini, A.R., Attwell, C., Ducman, V.S., Ferone, C., Rossignol, S., Luukkonen, T. & Van Deventer, J.S. (2024). Why geopolymers and alkali-activated materials are key components of a sustainable world: A perspective contribution. *Journal of the American Ceramic Society*, 107, 5159-5177. <https://doi.org/10.1111/jace.19828>
  
- [2] Perumal, P., Luukkonen, T., Sreenivasan, H., Kinnunen, P. & Illikainen, M. (2020). Porous alkali-activated materials. In Samui, P., Kim, D., Iyer, N. R. & Chaudhary, S. (Eds.), *New Materials in Civil Engineering* (pp. 529-563). Oxford: Butterworth-Heinemann.
  
- [3] Roviello, G., Ricciotti, L., Molino, A.J., Menna, C., Ferone, C., Asprone, D., Cioffi, R., Ferrandiz-Mas, V., Russo, P. & Tarallo, O. (2020). Hybrid fly ash-based geopolymeric foams: Microstructural, thermal and mechanical properties. *Materials*, 13(13), 2919. <https://doi.org/10.3390/ma13132919>
  
- [4] Papadopoulos, A.M. (2005). State of the art in thermal insulation materials and aims for future developments. *Energy and buildings*, 37(1), 77-86. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.05.006>

## Prestazioni energetiche e durabilità dell'involucro edilizio realizzato con blocchi AAC: Analisi sperimentale e numerica

Laura Vanoli<sup>1</sup>, Giuseppina De Luca<sup>2</sup>, Antonio Bonati<sup>2</sup>, Alessandro Mauro<sup>1</sup>, Antonio Occhiuzzi<sup>1</sup>

*1 Università degli Studi di Napoli Parthenope, {laura.vanoli, alessandro.mauro, antonio.occhiuzzi}@uniparthenope.it*

*2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {deluca, bonati}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** involucro edilizio, efficienza energetica, autoclaved aerated concrete, analisi sperimentale, durabilità, rivestimento

### ABSTRACT

I blocchi in calcestruzzo aerato autoclavato (AAC) stanno ottenendo un crescente riconoscimento come soluzione efficiente per migliorare le prestazioni termiche degli edifici [1]. La loro facilità di applicazione, leggerezza e proprietà termoisolanti li rendono un'alternativa vantaggiosa rispetto alle tradizionali chiusure perimetrali realizzate con supporto e sistemi ETICS. La maggior parte degli studi disponibili in letteratura [2] si concentra sulla valutazione dell'impatto dell'impiego dei blocchi AAC sul bilancio energetico degli edifici, principalmente attraverso simulazioni numeriche. Tuttavia, tali analisi considerano prevalentemente le sole proprietà termiche del materiale, senza adottare un approccio sistemico che estenda l'indagine all'intera stratigrafia della parete, includendo la malta di allettamento e le differenti tipologie di rivestimento.

Per colmare questa lacuna, il presente studio presenta i risultati di una campagna sperimentale [3] condotta presso i laboratori dell'ITC – sede di San Giuliano Milanese, su una parete in AAC di dimensioni 3420 mm × 4920 mm, realizzata con blocchi aventi una densità pari a 300 kg/m<sup>3</sup> e quattro differenti tipologie di rivestimento. La superficie esterna del mock-up è stata sottoposta a sollecitazioni termiche estreme al fine di valutarne le prestazioni e il comportamento a lungo termine.

Le prove sperimentali sono state eseguite in conformità al protocollo di test previsto dall'EAD 040065-00-1201, includendo cicli di caldo-pioggia e caldo-freddo. I risultati sono stati analizzati secondo i seguenti parametri:

- i) fluttuazione della temperatura superficiale interna della parete;

- ii) flusso di calore;
- iii) danni rilevati;
- iv) efficienza energetica.

I risultati sperimentali evidenziano l'influenza della tipologia di rivestimento sulle prestazioni termiche della parete e permettono di identificare le soluzioni ottimali per questa specifica configurazione costruttiva.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Michelini, E., Ferretti, D., Miccoli, L. & Parisi, F. (2023). Autoclaved aerated concrete masonry for energy efficient buildings: State of the art and future developments. *Construction and Building Materials*, 402, 132996. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023>
- [2] Al-Awadi, H., Alajmi, A. & Abou-Ziyan, H. (2022). Effect of Thermal Bridges of Different External Wall Types on the Thermal Performance of Residential Building Envelope in a Hot Climate. *Buildings* 12, 312. <https://doi.org/10.3390/buildings12030312>
- [3] De Luca, G., Bonati, A. & Occhiuzzi, A. (2020). *Experimental study of a multilayer wall: hygro-thermal parameter and mechanical strength* (TECHNICAL REPORT ITC-CNR N. 2020.10.26.533).



**Tecnologie per la sostenibilità  
ambientale, nel settore del  
condizionamento dell'aria e  
della refrigerazione**



## Tecnologie per la sostenibilità nei sistemi HVAC&R: efficienza, innovazione e approccio integrato

### Monica Fabrizio

Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione,  
fabrizio@cnr.it

**Parole chiave:** efficienza energetica, refrigeranti naturali, analisi del ciclo di vita, sistemi intelligenti di controllo, integrazione con le rinnovabili

Il settore del condizionamento dell'aria e della refrigerazione riveste un ruolo di fondamentale importanza nella società contemporanea, contribuendo in modo sostanziale al benessere delle persone, alla conservazione degli alimenti e dei prodotti farmaceutici, alla qualità dell'aria negli ambienti indoor, nonché all'efficienza operativa di numerosi processi industriali. Parallelamente, rappresenta una delle aree tecnologiche maggiormente coinvolte nelle sfide della sostenibilità ambientale, a causa del suo impatto significativo in termini di consumo energetico ed emissioni di gas serra, nonché per l'utilizzo di refrigeranti ad alto potenziale di riscaldamento globale (GWP).

La transizione verso un modello di sviluppo sostenibile (vedi report Letta *“Much More Than a Market”* e Draghi *“The Future of European Competitiveness”*) impone una radicale trasformazione anche di questo comparto, che deve evolvere attraverso l'adozione di soluzioni tecnologiche innovative, efficienti e a basso impatto ambientale. Le recenti direttive europee e gli accordi internazionali, come il *Green Deal*, il pacchetto *“Fit for 55”* e la normativa *F-Gas*, delineano un quadro regolatorio sempre più stringente, che guida l'innovazione e impone nuovi criteri progettuali e prestazionali. In questo contesto, le tecnologie per la climatizzazione e la refrigerazione non sono più semplici strumenti a servizio delle esigenze quotidiane, ma diventano elementi strategici per il raggiungimento degli obiettivi globali di decarbonizzazione, efficienza e resilienza climatica.

La risposta a tali sfide richiede un approccio multidisciplinare e sinergico, capace di coniugare le competenze dell'ingegneria energetica e meccanica con quelle della chimica dei materiali, della fisica tecnica, dell'automazione, dell'analisi ambientale e dell'economia circolare. La complessità dei problemi da affrontare – che spaziano dalla scelta dei fluidi refrigeranti alla progettazione di componenti innovativi, dalla gestione intelligente degli impianti alla valutazione del ciclo di vita – impone una visione integrata,

in cui ricerca accademica, innovazione industriale e pianificazione normativa procedano in modo coordinato.

I lavori di questo capitolo offrono una panoramica rappresentativa delle più recenti attività di ricerca e sviluppo condotte nel settore, evidenziando non solo l'attualità e la rilevanza delle problematiche affrontate, ma anche l'approccio spiccatamente multidisciplinare con cui esse vengono analizzate. L'eterogeneità dei contenuti riflette la natura complessa delle sfide affrontate e la necessità di un approccio integrato che coinvolga competenze ingegneristiche, chimiche, fisiche, ambientali ed economiche. Particolare rilievo è dato all'interazione tra ricerca accademica e contesto industriale, evidenziando la rilevanza delle collaborazioni tra università, centri di ricerca e imprese per accelerare il trasferimento dei risultati e promuovere l'adozione su larga scala delle tecnologie sviluppate.

I lavori illustrano l'ampiezza e la vitalità della ricerca in questo ambito, offrendo una panoramica delle soluzioni più avanzate e dei filoni di indagine emergenti. Le tematiche affrontate includono, tra le altre, l'impiego di refrigeranti naturali e alternativi, la progettazione di scambiatori e compressori ad alta efficienza, lo sviluppo di algoritmi di controllo e diagnostica, l'integrazione dei sistemi HVAC&R con fonti rinnovabili, e l'adozione di tecniche di modellazione e simulazione avanzata.

Un elemento distintivo dei contributi raccolti è la stretta connessione tra ricerca applicata e contesto industriale. I progetti presentati, infatti, anche frutto di collaborazioni interne all'Istituto, sono condotti con università e imprese, a testimonianza della rilevanza strategica del settore per il sistema produttivo nazionale e internazionale. Tali sinergie risultano fondamentali per accelerare il trasferimento tecnologico e per garantire che le soluzioni sviluppate rispondano in modo efficace alle sfide reali della società e del mercato. Tale sinergia tra ricerca accademica e sistema produttivo rappresenta un elemento chiave per accelerare l'adozione delle innovazioni, favorire la competitività industriale e rispondere efficacemente alle esigenze del mercato. L'approccio seguito valorizza inoltre il concetto di sostenibilità non solo ambientale, ma anche economica e sociale, promuovendo soluzioni che siano al tempo stesso performanti, accessibili e replicabili.

Un elemento distintivo dei contributi raccolti è la consapevolezza dell'importanza di considerare l'intero ciclo di vita delle tecnologie, dalla produzione allo smaltimento, passando per l'uso e la manutenzione. L'adozione di metodologie come l'analisi del

ciclo di vita (LCA) o l'eco-design consente di identificare le fasi a maggior impatto e ottimizzare i sistemi in un'ottica di economia circolare. Parallelamente, l'attenzione alla digitalizzazione e all'intelligenza artificiale apre nuove prospettive per la gestione predittiva degli impianti, la manutenzione preventiva e l'ottimizzazione in tempo reale delle prestazioni. Particolarmente significativo, inoltre, è l'impegno comune a considerare la sostenibilità ambientale non come un vincolo, ma come una leva per la competitività e l'innovazione. La riduzione del consumo energetico, la minimizzazione dell'impatto ambientale dei materiali impiegati, la circolarità dei prodotti e dei processi, nonché l'efficienza nella gestione delle risorse, sono temi affrontati con approccio integrato, nella consapevolezza che la sostenibilità ambientale sia inscindibilmente legata alla sostenibilità economica e sociale.

In tutti è dimostrata una crescente attenzione all'adeguamento al contesto normativo in evoluzione. Le direttive europee sul *phase-down* degli HFC, i requisiti di efficienza energetica, le nuove etichettature ambientali e le politiche di incentivo all'adozione di tecnologie a basso impatto sono tutti fattori che orientano la ricerca e l'innovazione, definendo priorità e opportunità. In questo senso, i lavori raccolti in questo volume costituiscono anche un'importante base conoscitiva per il supporto alle decisioni politiche e per la definizione di future strategie di sostenibilità per le quali gli autori propongono soluzioni già pronte per il mercato o che rispondono in modo proattivo agli scenari futuri previsti dalla regolazione.

Un aspetto trasversale che emerge dai lavori è l'impegno nella formazione e nella divulgazione scientifica. La diffusione di conoscenze, la condivisione di dati e metodologie, la creazione di piattaforme collaborative tra enti di ricerca e imprese costituiscono strumenti fondamentali per promuovere la cultura della sostenibilità e per formare nuove generazioni di professionisti consapevoli e preparati ad affrontare le sfide globali. Nel loro insieme, i contributi dimostrano come il settore sia oggi al centro di un processo di rinnovamento profondo, in cui le tecnologie sostenibili non rappresentano solo una risposta alle esigenze normative, ma anche un'opportunità per ripensare i paradigmi progettuali, migliorare l'efficienza complessiva dei sistemi, e contribuire in modo sostanziale agli obiettivi climatici globali. Il percorso verso un condizionamento e una refrigerazione a basso impatto ambientale non può prescindere da una visione sistemica, che tenga conto delle interazioni tra tecnologie, comportamenti, politiche e mercati. I

contributi raccolti non solo forniscono soluzioni concrete per la riduzione dell'impatto ambientale dei sistemi HVAC&R, ma contribuiscono anche alla definizione di un nuovo paradigma tecnologico, in cui la sostenibilità non è un vincolo bensì un'opportunità per generare innovazione, valore e resilienza. Essi dimostrano che un cambiamento profondo del settore è non solo possibile, ma già in atto, e che il ruolo della ricerca è centrale per guidarlo in modo efficace e lungimirante.

Con questa raccolta, ITC offre dunque il suo contributo alla costruzione di una base scientifica condivisa e aperta, in grado di stimolare il dibattito e orientare le scelte future nel settore. L'Istituto si conferma così non solo come luogo di diffusione dei risultati della ricerca, ma anche come piattaforma di confronto tra le diverse componenti della comunità scientifica e tecnica, con l'auspicio che da queste interazioni possano nascere nuove collaborazioni, idee e soluzioni innovative.

## Soluzioni innovative per la gestione dell'energia termica negli edifici

**Laura Vallese<sup>1</sup>, Giulia Lombardo<sup>2</sup>, Davide Menegazzo<sup>2</sup>, Giovanni Ferrarini<sup>2</sup>, Stefano Rossi<sup>2</sup>, Mauro Scattolini<sup>2</sup>, Paolo Bison<sup>2</sup>, Sergio Bobbo<sup>2</sup>, Laura Fedele<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale, [laura.vallese@phd.unipd.it](mailto:laura.vallese@phd.unipd.it)

<sup>2</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, [{lombardo, menegazzo, ferrarini, rossi, scattolini, bison, bobbo, fedele}@itc.cnr.it](mailto:{lombardo, menegazzo, ferrarini, rossi, scattolini, bison, bobbo, fedele}@itc.cnr.it)

**Parole chiave:** accumulo termico, PCM, TCM, isolamento, comfort ambientale

### ABSTRACT

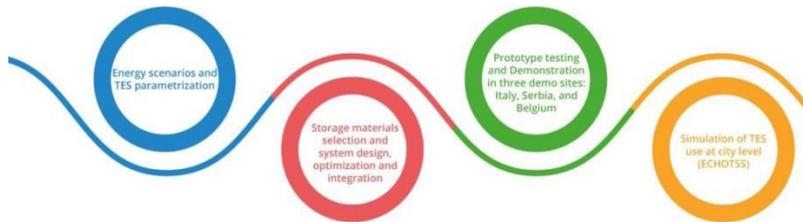
La gestione dell'energia negli edifici è un elemento fondamentale per raggiungere la neutralità climatica fissata dall'Unione Europea entro il 2050 [1]. Lo sviluppo di tecnologie innovative per l'ottimizzazione dell'energia è cruciale per la decarbonizzazione e la transizione verso fonti energetiche pulite, migliorando al contempo l'efficienza energetica. In particolare, l'analisi dei sistemi per la gestione dell'energia termica negli edifici è strettamente connessa agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG), che rappresentano il cuore dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile.

Le soluzioni innovative per lo stoccaggio di energia termica hanno come obiettivo la riduzione dell'impatto ambientale degli edifici, integrando tecnologie di accumulo termico e garantendo il comfort ambientale. Questi sistemi permettono di accumulare energia termica nei periodi di bassa domanda, ma elevata produzione, per poi utilizzarla quando necessario, riducendo la dipendenza dai combustibili fossili e ottimizzando la gestione delle risorse energetiche.

Un esempio di innovazione in questo ambito è il progetto HEECHO [2], che mira a sviluppare e dimostrare soluzioni modulari per l'accumulo di energia termica (TES) per riscaldamento, raffreddamento e acqua calda sanitaria. Il progetto sfrutta materiali a cambiamento di fase (PCM) e termochimici (TCM) per ottimizzare l'accumulo. Questo progetto rappresenta uno strumento chiave per lo stoccaggio di energia termica, inserendosi nel contesto del *sector coupling* e della flessibilità nella domanda.

Parallelamente, il progetto PRIN PRESTO contribuisce allo sviluppo di nuovi materiali geopolimerici e poliuretanicici che utilizzano PCM, promuovendo una gestione energetica più efficiente negli edifici. Tuttavia, queste soluzioni integrate non devono

compromettere un comfort ambientale ottimale, come dimostrato dal progetto PNRR iNEST, che si concentra proprio sull'analisi del comfort negli edifici.



**Figura 1.** Sviluppo del progetto HE ECHO.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Commissione Europea (2019). *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Il Green Deal Europeo* (COM/2019/640 final). Bruxelles: Commissione Europea.
- [2] ECHO (s.d.). *Homepage*. < <https://echo-euproject.eu/> > (ultimo accesso 13 febbraio 2025).

## Materiali per l'uso efficiente dell'energia negli impianti di climatizzazione a servizio degli edifici

Giovanni Ferrarini<sup>1</sup>, Laura Vallese<sup>1,2</sup>, Giulia Lombardo<sup>1</sup>, Davide Menegazzo<sup>1</sup>, Stefano Rossi<sup>1</sup>, Mauro Scattolini<sup>1</sup>, Paolo Bison<sup>1</sup>, Laura Fedele<sup>1</sup>, Sergio Bobbo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {ferrarini, vallese, lombardo, menegazzo, rossi, scattolini, bison, fedele, bobbo}@itc.cnr.it

<sup>2</sup> Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale, laura.vallese@phd.unipd.it

**Parole chiave:** proprietà termofisiche, efficienza energetica, refrigeranti, nanofluidi, PCM

### ABSTRACT

Il settore dell'edilizia nell'Unione Europea, considerando sia gli edifici residenziali sia quelli commerciali, è responsabile del 40% dei consumi finali di energia e di circa il 36% delle emissioni di gas serra legate all'uso di energia [1]. Circa il 70% di questi consumi è da attribuire alla climatizzazione (riscaldamento e raffrescamento). La riduzione dei consumi richiede lo sviluppo di impianti (condizionatori, pompe di calore), sempre più efficienti e per ottenere questo obiettivo un ruolo primario è svolto dai materiali impiegati per il loro funzionamento. Il regolamento UE 573/2024 [2] stabilisce che entro il 2030 i refrigeranti usati come fluidi primari nelle macchine più diffuse debbano avere un GWP<150 ed è quindi necessario individuare i fluidi più efficienti, naturali o sintetici, con queste caratteristiche. Nello stesso tempo, per migliorare l'efficienza energetica degli scambiatori di calore delle macchine, una strategia innovativa è costituita dall'impiego di fluidi secondari caratterizzati da elevato coefficiente di scambio termico [3]: i nanofluidi (dispersioni colloidali di nanoparticelle in un fluido termovettore come l'acqua) sono una soluzione promettente a questo fine. Inoltre, per una ottimizzazione della gestione dell'energia termica, si sta studiando l'uso di materiali a cambiamento di fase (PCM) [4] sfruttando il calore latente del materiale. In questo articolo si presentano i risultati delle ricerche effettuate dalla URPD2 della sede di Padova di ITC per lo studio di refrigeranti, nanofluidi e PCM da impiegare negli impianti ad uso residenziale e commerciale. In particolare, saranno descritti gli strumenti impiegati per determinare le principali proprietà di questi materiali, nonché per valutare le loro prestazioni nelle macchine, nell'ambito delle attività svolte per progetti nazionali (PRIN) e internazionali (UE,

bilaterali con paesi extraeuropei) a cui il gruppo di ricerca ha partecipato recentemente e a cui sta partecipando.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] European Commission (2020, 17 febbraio). *In focus: Energy efficiency in buildings*. <[https://commission.europa.eu/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-02-17\\_en](https://commission.europa.eu/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-02-17_en)> (ultimo accesso 13 febbraio 2025).
- [2] Parlamento Europeo e del Consiglio (2024). *Regolamento (UE) del Parlamento Europeo e del Consiglio (EC) sui gas fluorurati a effetto serra, che modifica la direttiva (UE) 2019/1937 e che abroga il regolamento (UE) n. 517/2014*. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, Serie L (IT) (n. 573 del 20 febbraio 2024). [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=OJ:L\\_202400573](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202400573)
- [3] Bacha, H. B., Ullah, N., Hamid, A. & Shah, N. A. (2024). A comprehensive review on nanofluids: synthesis, cutting-edge applications, and future prospects. *International Journal of Thermofluids*, 22, 100595. <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2024.100595>
- [4] Gu, H., Chen, Y., Yao, X., Huang, L. & Zou, D. (2023). Review on heat pump (HP) coupled with phase change material (PCM) for thermal energy storage. *Chemical Engineering Journal*, 455, 140701. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.140701>

## Il ruolo dell'ITC nell'ambito del progetto UE Friend Europe dedicato allo sviluppo sostenibile delle PMI

**Giovanni Ferrarini<sup>1</sup>, Stefano Rossi<sup>1</sup>, Mauro Scattolini<sup>1</sup>, Paolo Bison<sup>1</sup>, Laura Fedele<sup>1</sup>, Sergio Bobbo<sup>1</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {ferrarini, rossi, scattolini, bison, fedele, bobbo}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** sostenibilità, trasferimento tecnologico, digitalizzazione, resilienza

### **ABSTRACT**

Dal 2021 vari Istituti dell'Area della Ricerca del CNR di Padova, tra cui l'ITC, sono partner del progetto europeo Friend Europe [1], inserito nel programma dell'Unione Europea COSME per la competitività delle imprese e delle PMI. Il progetto mira a migliorare la competitività e la sostenibilità delle PMI, supportandone la transizione verso sostenibilità, digitalizzazione e resilienza. Il progetto è realizzato da un consorzio di partner esperti dell'Enterprise Europe Network (EEN) e nuove organizzazioni ospitanti, garantendo una connessione efficace con ecosistemi regionali e reti europee. Camere di commercio, agenzie di sviluppo, centri di ricerca, università e stakeholder economici collaborano attraverso un modello hub-and-spoke integrato per offrire servizi di consulenza e partnership di alto valore. L'iniziativa adotta un approccio incentrato sul cliente per supportare le PMI nello sviluppo aziendale, nell'accesso alle normative UE, nella cooperazione internazionale e nei processi di digitalizzazione, creando sinergie con gli European Digital Innovation Hub (EDIH). Inoltre, promuove innovazione, gestione della proprietà intellettuale, sostegno ai cluster, finanziamenti e partecipazione ai programmi UE, facilitando partnership internazionali, trasferimento tecnologico e collaborazione in R&S per rafforzare la competitività globale delle PMI. In questo contesto, i ricercatori dell'ITC sono coinvolti più specificamente nel supporto alle imprese per quanto riguarda la valutazione della sostenibilità (ambientale, sociale e di governance, ESG) delle loro attività e il loro indirizzo verso la programmazione e l'implementazione di azioni che ne aumentino il livello di sostenibilità, in connessione con le normative europee e nazionali. In questo poster si sintetizzano i contenuti e i risultati ottenuti nell'ambito del progetto con particolare riferimento alle attività svolte dall'ITC.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Progetto europeo. *Financing Research and Innovation from Europe to Nord EST (Friend Europe)*. nr. 101075066. <<https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-details/43252476/101075066>> (ultimo accesso 10 febbraio 2025).

## Modellazione di un innovativo sistema di accumulo di calore basato su materiali termochimici (TCM) integrato con una pompa di calore a CO<sub>2</sub>

**Davide Menegazzo<sup>1</sup>, Francesco Fabris<sup>1</sup>, Giulia Lombardo<sup>1</sup>, Laura Vallese<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {menegazzo, fabris, lombardo}@itc.cnr.it

<sup>2</sup> Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale, laura.vallese@phd.unipd.it

**Parole chiave:** thermochemical materials, energy storage, CO<sub>2</sub> heat pumps, energy efficiency

### ABSTRACT

La Commissione Europea, con la recente pubblicazione della Direttiva EPBD IV, ha posto obiettivi ambiziosi per il patrimonio edilizio, che dovrà raggiungere la neutralità climatica entro il 2050 [1]. In questo contesto, i sistemi di accumulo dell'energia rivestono un ruolo fondamentale per poter sopperire all'imprevedibilità intrinseca delle principali fonti energetiche rinnovabili, quali il fotovoltaico e l'eolico. A questo si aggiunge anche l'incertezza legata ai prezzi dei combustibili fossili che ancora dominano il campo dei generatori di calore, nonché la limitata disponibilità, nella maggior parte del territorio europeo, delle risorse naturali necessarie a produrre batterie elettriche. In tale contesto, l'accumulo termico di calore (TES – Thermal Energy Storage) si configura come una soluzione strategica per ottimizzare l'uso dell'energia, consentendo di immagazzinare il calore in eccesso e rilasciarlo in momenti di maggiore necessità. Tra le tecnologie più promettenti, il thermochemical energy storage basato su materiali termochimici (TCM) assume particolare rilevanza. Grazie ai processi chimici di adsorbimento/desorbimento, i TCM risultano, ad oggi, una soluzione promettente per accumulare calore sia nel breve termine che su scala stagionale [2]. Tuttavia, il loro utilizzo è ancora in fase di sperimentazione ed ostacolato principalmente dalle condizioni di temperatura e umidità richieste per i processi di carica e scarica, nonché dalle dimensioni dei sistemi in cui vengono integrati. In questo articolo verranno presentate delle simulazioni energetiche condotte su un edificio ad uso residenziale, servito da una pompa di calore a fluidi naturali (CO<sub>2</sub>) integrata in un sistema di accumulo basato su TCM, allo scopo di incrementarne la sostenibilità ambientale. In particolare, l'utilizzo della pompa di calore nei mesi estivi permetterà di garantire il raffrescamento dell'edificio e, allo stesso tempo, di accumulare

nel TCM parte del calore prelevato dall'interno, anziché scaricarlo in ambiente come da soluzioni tradizionali. Sarà inoltre valutato il contributo dell'energia immagazzinata nel TCM per coprire parte del fabbisogno di calore dell'edificio, considerandone le implicazioni economiche e ambientali.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] The European Parliament and the Council of the European Union (2024). *Energy Performance of Building Directive*. Official Journal of the European Union, L series (EN) (n. 1275 del 8 maggio 2024). [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L\\_202401275&pk\\_keyword=Energy&pk\\_content=Directive](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202401275&pk_keyword=Energy&pk_content=Directive)
  
- [2] Vallese, L., Lombardo, G., Menegazzo, D., Bordignon, S., De Carli, M., Barison, S., Agresti, F., Baccega, E., Bobbo, S., Fedele, L. & Bottarelli, M. (2025). Evaluating the behaviour of a composite of CaCl<sub>2</sub> and vermiculite for thermochemical adsorption energy storage: Experimental tests during the charging and discharging phases. *Applied Thermal Engineering*, 263, 125311. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.125311>

## Monitoraggio delle prestazioni di una pompa di calore per la realizzazione di un sistema di gestione basato su Intelligenza Artificiale

Lorenzo Belussi<sup>1</sup>, Alice Bellazzi<sup>1</sup>, Sergio Bobbo<sup>1</sup>, Ludovico Danza<sup>1</sup>, Laura Fedele<sup>1</sup>, Davide Menegazzo<sup>1</sup>, Francesco Salamone<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {belussi, bellazzi, bobbo, danza, fedele, menegazzo, salamone}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** intelligenza artificiale, ZEB, heat pump, fotovoltaico, energy storage

### ABSTRACT

La Commissione Europea con la pubblicazione della recente Direttiva EPBD IV ha posto ambiziosi obiettivi per il patrimonio edilizio che dovrà raggiungere la neutralità climatica entro il 2050 [1]. In un contesto ancora dominato da generatori di calore a combustibili fossili, le pompe di calore rappresentano una tecnologia efficiente ed economicamente sostenibile per la decarbonizzazione del comparto edilizio. La combinazione con sistemi di produzione di energia da fonti rinnovabile come il fotovoltaico, abbinati a sistemi di stoccaggio dell'energia, rappresenta una soluzione efficace per ridurre il consumo dell'edificio, massimizzare l'autoconsumo e minimizzare i costi sfruttando gli eventuali incentivi disponibili [2]. Il progetto PNRR RAISE (*Robotics and AI for Socio-economic Empowerment*) spoke 3, di cui ITC-CNR è partner, ha lo scopo di realizzare un sistema di gestione e controllo basato su intelligenza artificiale per le finalità descritte [3]. Per poter realizzare questo sistema è innanzitutto necessario avere una chiara comprensione delle prestazioni della pompa di calore nelle reali condizioni di utilizzo, valutando l'effetto dei diversi fattori che ne possono influenzare il comportamento. Questo articolo presenta l'attività svolta all'interno del progetto con l'obiettivo di realizzare un nuovo assetto sperimentale per il monitoraggio delle prestazioni di una pompa di calore aria-acqua installata nel laboratorio ZEB di ITC-CNR. Vengono presentati i primi test sperimentali, ottenuti grazie a un sistema di monitoraggio in grado di rilevare con precisione le principali grandezze dei circuiti idraulico e frigorifero. I dati raccolti rappresentano un elemento chiave per la validazione del modello termodinamico dell'edificio e, successivamente, forniranno la base per lo sviluppo di un sistema di gestione e controllo avanzato basato su Intelligenza Artificiale, volto a ottimizzare le prestazioni e l'efficienza del sistema.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Parlamento Europeo e del Consiglio (2024). *Direttiva del Parlamento e del Consiglio Europeo del 24 aprile 2024 sulla prestazione energetica nell'edilizia*. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, Serie L (IT) (n. 1275 del 8 maggio 2024). [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=OJ:L\\_202401275](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401275)
  
- [2] Poppi, S., Sommerfeldt, N., Bales, C., Madani, H. & Lundqvist, P. (2018). Techno-economic review of solar heat pump systems for residential heating applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(Part 1), 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.041>
  
- [3] Raise Liguria (s.d.). *SPOKE 3. Protezione e cura dell'ambiente*. <<https://www.raiseliguria.it/spoke-3/>> (ultimo accesso 14 febbraio 2025).

## Il progetto ENOUGH: verso filiere alimentari a emissioni zero

**Francesco Fabris<sup>1</sup>, Sergio Marinetti<sup>1</sup>, Silvia Minetto<sup>1</sup>, Antonio Rossetti<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {fabris, marinetti, minetto, rossetti}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** filiere alimentari, sostenibilità, pompe di calore, refrigerazione, fluidi naturali

### ABSTRACT

I sistemi alimentari sono globalmente responsabili del 20-40% delle emissioni totali di gas serra. Nell'intera catena alimentare circa il 60% degli alimenti dovrebbe essere refrigerato ad un certo punto e si stima che circa il 70% delle emissioni degli alimenti siano legate ad alimenti deperibili [1]. La principale fonte di emissioni è associata all'uso di energia, ma un contributo rilevante deriva anche dalle emissioni dirette di fluidi frigorigeni.

Il progetto ENOUGH, finanziato dal programma H2020, ha lo scopo di supportare la strategia europea “Farm to Fork” dell'UE fornendo strumenti e soluzioni tecniche, finanziarie e politiche per ridurre le emissioni di gas a effetto serra e raggiungere la neutralità nell'industria alimentare entro il 2050 [2].

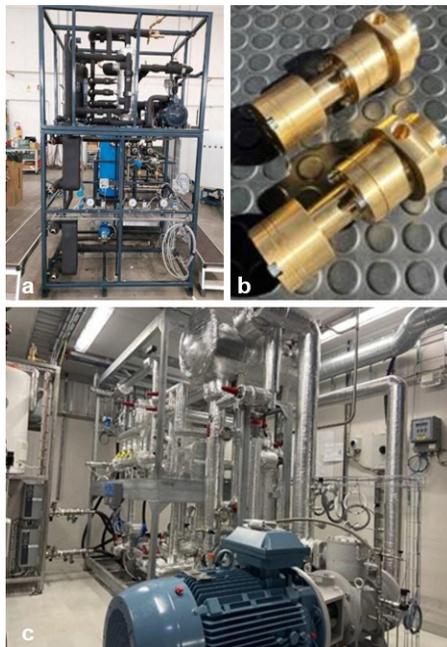
Tra le varie azioni, il progetto mira a dimostrare soluzioni tecnologiche promettenti (TRL 5-7) applicate nei principali settori della filiera alimentare dalla raccolta al consumo (trasformazione, trasporto, vendita al dettaglio e ambiente domestico) per diverse categorie di prodotti.

ITC partecipa al progetto mettendo a disposizione diverse competenze e contribuendo attivamente alla maggior parte delle attività:

- Coordinamento della campagna di prove sul campo (21 dimostratori, 24 partner europei coinvolti) per le più rilevanti tecnologie utili alla decarbonizzazione (pompe di calore alta temperatura; sistemi di abbattimento della temperatura; integrazione dei flussi termici, utilizzo del calore di scarto, accumuli termici; componenti innovativi per il miglioramento della efficienza, ...).
- Definizione, modellazione, costruzione e prova sul campo di sistemi innovativi per il trasporto refrigerato, operanti con fluidi naturali e supportati da fonti rinnovabili.

- Sviluppo di modelli bottom-up per la valutazione delle emissioni europee di gas serra della filiera alimentare, partendo da database pubblici.
- Contributo a road maps verso la neutralità carbonica per i principali anelli della filiera alimentari.
- Comunicazione, divulgazione, social engagement.

In questo lavoro si presentano le competenze coinvolte, le attività svolte e i risultati ottenuti dal gruppo di ricerca coinvolto nel progetto.



**Figura 1.** Dimostratori ENOUGH: a) CO<sub>2</sub> Blast Freezer con temperature di evaporazione -50°C; b) Eiettori bifase per gruppo frigorifero a CO<sub>2</sub> a servizio di un veicolo commerciale per consegne di ultimo miglio; c) Pompa di calore ad alta temperature per la produzione di vapore a 150°C, operante con ciclo combinato NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O assorbimento/compressione di vapore.

### Riferimenti bibliografici

[1] Progetto europeo. ENOUGH, *Horizon 2020 research and innovation programme* (grant agreement No 101036588). <<https://enough-emissions.eu/>> (ultimo accesso 15 aprile 2025).

[2] IIR (2021). *The Carbon Footprint Of The Cold Chain. 7th Informatory Note on Refrigeration and Food*. IIR/IIF. <http://dx.doi.org/10.18462/iir.INfood07.04.2021>

## Trasporto refrigerato: dalla ricerca alla collaborazione con le Istituzioni, un approccio completo

**Francesco Fabris<sup>1</sup>, Sergio Marinetti<sup>1</sup>, Silvia Minetto<sup>1</sup>, Antonio Rossetti<sup>1</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {fabris, marinetti, minetto, rossetti}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** trasporto refrigerato, catena del freddo, fluidi naturali, container, ATP

### **ABSTRACT**

Il trasporto refrigerato è un anello chiave della catena del freddo. Secondo le stime dell'Istituto Internazionale del Freddo (IIR) la flotta globale di veicoli refrigerati nel 2021 consisteva in 3,4 milioni di veicoli con emissioni globali associate pari a circa 50 MtCO<sub>2,eq</sub>, il 25 % del totale della catena del freddo [1]. Il settore presenta notevoli peculiarità e complessità inerenti allo sviluppo tecnologico sia dei gruppi frigoriferi che delle casse isolate, legate alla variabilità delle condizioni e degli ambienti di lavoro, oltre che a indissolubili legami con le innovazioni che il settore automotive sta subendo e alle interazioni con IoT e AI per la tracciabilità dei prodotti. Il quadro regolatorio in cui i veicoli adibiti al trasporto refrigerato si inseriscono è costituito principalmente dall'ATP (Accordo sul Trasporto Internazionale di Merci Deperibili e sui Mezzi Speciali per tale Trasporto) di competenza UNECE, oltre che da norme tecniche (CEN e ISO) e sanitarie [2].

In questo contesto, l'UR "Tecnologie per la Sostenibilità ambientale del settore HVAC&R e della catena del freddo" della Sede di Padova affronta il tema del trasporto refrigerato sotto i molteplici e interconnessi aspetti.

Dal punto di vista scientifico, l'UR si dedica ad attività di ricerca sulla sostenibilità ambientale dei sistemi, con metodi numerici e sperimentali focalizzati prevalentemente sullo sviluppo di gruppi frigoriferi operanti con fluidi naturali e supportati da energie rinnovabili, ponendosi in un ruolo di leadership scientifica a livello internazionale, ricoprendo la Presidenza della Commissione D2 "Refrigerated Transport" dell'IIR, partecipando alla sottocommissione CERTE, alla partnership in progetti di ricerca, alle numerose pubblicazioni scientifiche e alla formazione di dottori di ricerca.

L'UR è inoltre interlocutore privilegiato del Ministero dei Trasporti su tematiche inerenti alla normativa del trasporto su strada di merci deperibili e supporta il ministero stesso

in sede UNECE, oltre che coordinare il gruppo di Lavoro CTI-CUNA – “Metodologie di prova e requisiti per mezzi di trasporto coibentati” e partecipare a CEN TC413 in qualità di esperti per conto di UNI.

Presso la sede di Padova, il laboratorio di Termofluidodinamica è dotato di un’infrastruttura idonea all’esecuzione di prove di mezzi frigoriferi su autorizzazione del Ministero, che attualmente si trova in fase di ristrutturazione e ammodernamento per adeguare al meglio il soddisfacimento dei requisiti richiesti, inclusa la sostenibilità degli impianti al servizio del laboratorio stesso.

Nel presente lavoro verranno illustrate le principali attività e i risultati scientifici, tecnologici e di supporto alle istituzioni fin qui ottenuti.



**Figura 1.** Sviluppo di un prototipo di veicolo commerciale leggero per trasporto refrigerato supportato da pannelli fotovoltaici: caratterizzazione della cassa isolante (a, b); test di autonomia (c); prototipo ingegnerizzato (d).

### Riferimenti bibliografici

- [1] IIR (2021). *The Carbon Footprint Of The Cold Chain. 7th Informatory Note on Refrigeration and Food.* IIR/IIF. <http://dx.doi.org/10.18462/iir.INfood07.04.2021>
- [2] UNECE (2024). *Agreement on the International Carriage of Perishable Foodstuff and on the Special Equipment to be Used for Such Carriage (ATP).* Geneva: UNECE.

**Patrimonio culturale e  
innovazione tecnologica per  
la sostenibilità dell'ambiente  
costruito e la rigenerazione  
urbana resiliente**



## Patrimonio e innovazione per nuovi modelli di città resiliente: visioni e strumenti integrati per la rigenerazione urbana

**Eleonora Giovene di Girasole**

*Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione,  
giovenedigirasole@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** patrimonio culturale, innovazione tecnologia, sostenibilità, rigenerazione urbana, *governance*

### **ABSTRACT**

Nel Topic “Patrimonio culturale e innovazione tecnologica per la sostenibilità dell’ambiente costruito e la rigenerazione urbana resiliente” si vogliono indagare le potenzialità derivanti dall’integrazione della valorizzazione del patrimonio culturale con l’innovazione tecnologica e sociale, al fine di promuovere una maggiore sostenibilità dell’ambiente costruito e favorire processi di rigenerazione urbana resilienti.

Negli ultimi decenni, il concetto di sostenibilità ha assunto un ruolo centrale nelle politiche europee e globali, influenzando profondamente le strategie di conservazione del patrimonio culturale e le pratiche di rigenerazione urbana. La crescente consapevolezza degli impatti ambientali legati all’urbanizzazione e al cambiamento climatico ha reso imprescindibile un approccio integrato che coniughi innovazione tecnologica e sociale, tutela del patrimonio e sviluppo sostenibile.

La sostenibilità ambientale rappresenta, quindi, obiettivo cruciale della rigenerazione urbana. Le città devono affrontare la sfida di ridurre il loro impatto ecologico, di migliorare la qualità dell’aria e la gestione dei rifiuti e di promuovere soluzioni di mobilità sostenibile. Tuttavia, è necessario che il concetto di sostenibilità venga traslato anche nel contesto della sostenibilità sociale e culturale. Come sottolinea Richard Sennett, «una città è sostenibile non solo quando è ecologicamente efficiente, ma anche quando sa conservare le sue tradizioni e la sua identità culturale» (Sennett, 1990). In altre parole, la sostenibilità deve essere integrata non solo con le risorse naturali, ma anche con quelle sociali e culturali. L’Unione Europea ha delineato un quadro normativo e strategico che pone al centro il recupero e la valorizzazione del patrimonio costruito come leva per uno sviluppo resiliente. Documenti chiave come il Green Deal Europeo (2019), che punta alla neutralità climatica entro il 2050, la New European Bauhaus (2021), che promuove

un'architettura sostenibile e inclusiva, la Strategia dell'UE per il patrimonio culturale (Commissione Europea, 2018) e l'Agenda Urbana per l'UE (2016) offrono linee guida per la transizione ecologica del settore edilizio e la rigenerazione delle città, promuovendo l'uso di tecnologie avanzate e materiali sostenibili.

Allo stesso tempo, organizzazioni internazionali come l'UNESCO e l'ICOMOS hanno sviluppato raccomandazioni fondamentali per garantire che la digitalizzazione e l'innovazione tecnologica non compromettano l'integrità storica degli edifici e dei paesaggi urbani. Il Rapporto UNESCO sulla Cultura e lo Sviluppo Sostenibile (2022) sottolinea che «la cultura è un motore fondamentale dello sviluppo sostenibile». Inoltre, la Carta di ICOMOS su Patrimonio e Sviluppo Sostenibile (2021) evidenzia l'importanza di metodologie multidisciplinari, in cui scienze umane e ingegneristiche collaborino per ricercare soluzioni efficaci e al tempo stesso rispettose della memoria collettiva. In questo contesto, assume particolare rilevanza anche la “Council of Europe Framework Convention on the Value of Cultural Heritage for Society” (Convenzione di Faro) (Council of Europe 2005), entrata in vigore in Italia nel 2011 e ratificata nel 2020, che sancisce l'importanza dei beni culturali nella loro accezione di “beni comuni” e l'importanza della partecipazione delle comunità (definite Heritage Community) ai processi di valorizzazione. Infatti, la competitività ed il futuro dei territori si gioca sempre più, oltre che sulla qualità dell'ambiente naturale e culturale, sulla capacità di interagire con le comunità locali rendendole parte attiva dei processi di sviluppo (Giovane di Girasole, 2023).

Altro tema è quello dell'esigenza di orientare le politiche urbane verso la sostenibilità e l'innovazione, promuovendo la collaborazione tra i diversi livelli di governo. Ritroviamo riferimenti sulla governance urbana sostenibile e innovativa in una serie di documenti europei: l'Agenda Urbana per l'UE, che vuole favorire la cooperazione tra la Commissione Europea, stati membri e città, affrontando temi come economia circolare, mobilità e qualità dell'aria; la Nuova Carta di Lipsia (2020), che definisce linee guida per lo sviluppo urbano sostenibile, promuovendo un approccio integrato che coinvolge tutte le aree della città; la Carta di Aalborg (1994, 2004) che si concentra sulla sostenibilità ambientale urbana, ispirando politiche europee di sviluppo sostenibile. In questa direzione risulta utile richiamare l'approccio di Elinor Ostrom (2006) alla governance e il suo modello teorico del “Framework IAD” (Institutional Analysis and Development), che fornisce uno strumento utile per analizzare e comprendere la gestione collettiva delle risorse

(commons), applicabile anche alle dinamiche urbane. Favorendo la partecipazione collettiva, l'adattamento alle specificità locali e la cooperazione tra attori diversi, questo approccio può supportare lo sviluppo di politiche urbane che rispondano alle sfide ambientali, sociali ed economiche delle città moderne. L'applicazione del modello IAD nelle città può promuovere una governance inclusiva, adattiva e multistrato, cruciale per affrontare le sfide globali delle aree urbane. Anche i "Multiple-helix participatory governance models" e i partenariati pubblico-privato-comunità sono modelli teorizzati e sperimentati per stimolare processi di innovazione in contesti urbani che prevedono il coinvolgimento concomitante di diversi attori: cittadini attivi, innovatori sociali, city makers e comunità locali; autorità pubbliche; imprese nazionali o locali, imprese sociali; ONG; istituzioni della conoscenza (Iaione et al., 2020).

In questo contesto il Goal 11 dei "Sustainable Development Goals" (SDGs) dell'Agenda 2030 "Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili", vede le città come centri per "nuove idee, per il commercio, la cultura, la scienza, la produttività, lo sviluppo sociale e molto altro" e dove le persone possono migliorare la loro condizione sociale ed economica. In particolare, il Target 11.4 specifica la necessità di potenziare gli sforzi per proteggere e salvaguardare il patrimonio culturale e naturale del mondo e il Target 11.3 richiama ad un'urbanizzazione inclusiva e sostenibile attraverso processi partecipativi.

Anche i "Thematic Indicators for Culture in the 2030 Agenda" sviluppati dall'UNESCO nascono con l'obiettivo di dimostrare il ruolo e il contributo della cultura all'attuazione dei SDGs dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite, valutandone sia il suo ruolo come settore di attività, sia il suo contributo trasversale per il raggiungimento dei diversi SDGs e per la sua integrazione nei piani e nelle politiche di sviluppo. Si riflette su come la cultura contribuisca in modo poliedrico e trasversale allo sviluppo sostenibile, attraverso il patrimonio materiale e immateriale, le industrie creative, i prodotti locali, la creatività e l'innovazione, le comunità locali, i materiali locali e la diversità culturale (Dimension 12) riconoscendo, anche in questo caso, il suo apporto alla costruzione della coesione sociale e alla promozione dell'inclusione e della partecipazione (Dimension 4).

Le ICT stanno giocando un ruolo cruciale nella conservazione e gestione del patrimonio costruito e storico. Strumenti come il Digital Culture Heritage, le tecniche di rilievo digitale 3D, l'intelligenza artificiale applicata alla diagnostica strutturale, i materiali

innovativi a basso impatto ambientale e il concetto di Digital Twin stanno trasformando il settore. In particolare, i Digital Twin, ossia rappresentazioni virtuali dinamiche di edifici e infrastrutture, permettono di monitorare lo stato di conservazione, prevedere i danni strutturali e ottimizzare gli interventi di restauro attraverso simulazioni avanzate, nonché analizzare e pianificare lo sviluppo delle città. Come sottolineano Jones et al. (2022), “l’integrazione dei Digital Twin nel patrimonio costruito rappresenta una delle strategie più promettenti per garantire la conservazione a lungo termine e migliorare la resilienza urbana”. Inoltre, l’innovazione tecnologica combinata con l’innovazione sociale può facilitare un grande impegno collettivo per la formazione e la crescita delle comunità e facilitare la partecipazione proattiva nella definizione di valori, regole, obiettivi e azioni condivisi, nonché minimizzare gli impatti negativi, ovvero le categorie di “dilemmi” che ostacolano i processi di rigenerazione e sviluppo. Tuttavia, c’è anche il rischio che le tecnologie moderne portino a un “effetto di omogeneizzazione” delle città, dove le specificità locali vengano perse a favore di soluzioni universali. Come osserva Zygmunt Bauman (2000), “la globalizzazione tende a livellare le diversità, facendo scomparire le specificità locali in nome di un progresso universale”. La sfida principale della rigenerazione urbana sostenibile è, quindi, riuscire a trovare un equilibrio tra la conservazione dei valori materiali e immateriali e le esigenze di modernizzazione e innovazione. La chiave sta nell’adozione di approcci integrati che vedano la città come un sistema complesso, dove gli elementi storici, culturali, ecologici, sociali e tecnologici si influenzano reciprocamente. In sintesi, la rigenerazione urbana sostenibile e innovativa deve affrontare le sfide della conservazione del patrimonio, delle innovazioni tecnologiche e sociali e della sostenibilità ambientale, cercando un equilibrio tra i valori materiali e immateriali. La chiave per il successo risiede nell’adozione di approcci olistici che integrano la tradizione e l’innovazione, per garantire che le città del futuro siano non solo tecnologicamente avanzate, ma anche socialmente e culturalmente resilienti.

Attraverso i contributi scientifici del panel, si analizzerà come la digitalizzazione e le metodologie smart possano trasformare il patrimonio costruito in un asset per la resilienza urbana, contribuendo al raggiungimento degli obiettivi dell’Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite. Si vuole fornire una visione interdisciplinare e basata su evidenze scientifiche delle sfide e opportunità offerte dalla convergenza tra patrimonio culturale, innovazione, tecnologia e sostenibilità ambientale.

In particolare, possiamo individuare delle tematiche con cui sintetizzare i contributi che sono stati inviati. “Rigenerazione urbana e riqualificazione di aree dismesse”, in cui vengono analizzati i progetti di trasformazione di ex depositi militari, manifatture industriali, piazze e intere aree urbane (es. ex 65° Deposito, Ex Manifattura Tabacchi, Piazza Lucio Dalla, Bagnoli) attraverso interventi che coniugano recupero storico, sostenibilità ambientale e innovazione sociale.

“Transizione ecologica ed economia circolare”, che analizzano le iniziative e strategie volte a promuovere tecnologie verdi, modelli di economia circolare e azioni in linea con il Green Deal Europeo e il New Deal 2050, mirate a ridurre le emissioni e a favorire una transizione equa e sostenibile. “Conservazione integrata del patrimonio culturale e ambientale”, in cui gli autori indagano i processi di valorizzazione del patrimonio storico, artistico e naturale, integrando processi decisionali collaborativi e digitalizzazione per la conservazione e l’accessibilità dei beni culturali.

“Innovazioni tecnologiche per la conservazione, il monitoraggio e l’analisi strutturale”, in cui si riflette sull’importanza dell’applicazione di tecnologie innovative (ad es. termografia infrarossa, rilievi laser 3D, modelli computazionali e software agli elementi finiti come NOSA-ITACA) per analizzare, monitorare e preservare il patrimonio architettonico e storico. “Rigenerazione delle aree di interazione porto-città”, in cui vengono esplorati modelli di gestione sostenibile e rigenerazione nei nodi intermodali, con particolare attenzione alla risoluzione dei conflitti e alla costruzione di sinergie tra porti e contesti urbani, integrando strumenti GIS e piattaforme partecipative.

“Pianificazione urbana sostenibile e modelli innovativi di mobilità”, in cui sono esposte proposte di pianificazione (come il concetto di X-minute city) mirate a ridurre la dipendenza dall’auto, migliorare la fruibilità dei servizi e integrare infrastrutture climate-neutral, con esperienze di casi studio internazionali.

“Reti territoriali, valorizzazione del paesaggio e dei beni culturali”, in cui vengono presentati approcci integrati per la rigenerazione delle aree interne e la valorizzazione delle reti materiali e immateriali, favorendo l’integrazione tra risorse storiche, naturali e culturali. “Innovazione nei modelli di governance e co-pianificazione territoriale”, in cui sono analizzati sperimentazioni e approcci multidisciplinari per la definizione di nuovi modelli di governance che integrano aspetti sociali, economici e ambientali, fondamentali per la resilienza urbana e la coesione territoriale. Iniziative di co-produzione che

promuovono la partecipazione attiva delle comunità nella gestione e nella rigenerazione degli spazi urbani, con un focus particolare sul diritto alla città e sull'accesso ai beni comuni. “Turismo sostenibile e recupero dell'ambiente costruito”, in cui si è indagato sull'importanza di promuovere strategie per coniugare la valorizzazione del patrimonio edilizio e storico con lo sviluppo turistico sostenibile, attraverso il riuso adattivo, l'eco-innovazione e politiche di inclusione sociale. La lettura dei contributi evidenzia, quindi, la varietà degli argomenti trattati, che spaziano dalle analisi strutturali e metodologie tecniche alle strategie di rigenerazione urbana e valorizzazione culturale, mettendo in luce come la ricerca si intersechi con la sostenibilità, l'innovazione tecnologica e sociale. Questo per realizzare quanto dichiarato dal New European Bauhaus: ovvero costruire insieme spazi di vita più belli, sostenibili ed inclusivi.

## Rifunionalizzazione di luoghi osmotici con il patrimonio ambientale: il caso dell'ex 65° Deposito dell'Aeronautica Militare

**Piergiorgio Farina<sup>1</sup>, Maria Stefania Fornaro<sup>2</sup>, Vincenzo De Palma<sup>3</sup>, Valeria Ancona<sup>4</sup>, Vito Felice Uricchio<sup>4,5</sup>**

*1 Colonnello in pensione Aeronautica Militare,*

*2 Prefettura di Bari, stefania.fornaro@interno.it*

*3 Architetto indipendente, pigifarina@icloud.com*

*4 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {ancona, uricchio}@itc.cnr.it*

*5 Commissario straordinario per gli interventi urgenti di bonifica, ambientalizzazione e riqualificazione dell'area di Taranto, v.uricchio@governo.it*

**Parole chiave:** rigenerazione urbana, transizione giusta, sostenibilità ambientale, laboratorio scala 1:1, Tecnopolo del Mediterraneo, tecnologia applicata all'impresa

### ABSTRACT

Azione emblematica proposta dal Commissario Straordinario per gli interventi urgenti di bonifica, ambientalizzazione e riqualificazione dell'Area di Taranto nel JTF, nell'ambito del più ampio progetto “Filiere Verdi” è la rifunionalizzazione dell'ex 65° Deposito dell'Aeronautica Militare a Taranto sul Il seno del Mar Piccolo.

Si tratta di un'area di circa 45 ettari di grande pregio ecologico e naturalistico confinante con la Riserva Regionale Orientata “Oasi palude La Vela”. La struttura nacque negli anni '30 per assicurare il rifornimento di carburante ad idrovolanti ed aeroporti del sud Italia; poi, nell'ambito del processo di razionalizzazione delle strutture militari italiane disciplinato dal Codice dell'Ordinamento Militare (D.lgs.vo 15 marzo 2010 n.66) ne fu decisa la chiusura insieme al “gemello” 64° deposito di Porto Santo Stefano. Il 65° Deposito territoriale di Taranto cessò le sue attività nel giugno 2018 e, completato l'iter di trasferimento da Demanio Militare al Patrimonio disponibile dello Stato, l'area ricadente nel Parco Regionale del Mar Piccolo potrebbe essere concessa a titolo gratuito solo a fini scientifici ai sensi degli artt. 9 e 10 del DPR 296/2005.

Si pensa pertanto proprio dal 2018 alla stessa area quale sede ideale del TECNOPOLO del Mediterraneo, centro di ricerca applicata all'impresa, di recente istituzione [1] in un luogo che diventerebbe laboratorio in scala 1:1 per la sperimentazione delle nuove tecnologie di impresa verde e circolare, arricchimento del know – how territoriale, anche in un

tendenziale possibile cambio di paradigma. Tale idea nasce da una visione strategica non solo locale ma internazionale, quale tassello prezioso dell'Agenda 2030 [2] e del Green Deal Europeo [3].

La città di Taranto - nel cuore del Mediterraneo - colpita da una grande e poi endemica crisi ambientale e sociale potrà diventare emblema di una nuova visione integrata e di un nuovo know How di impresa, verde e circolare.

Il Tecnopolo proprio come il suggestivo pontile dell'ex 65° deposito aggettante nel seno del mar Piccolo di Taranto sarà simbolicamente ponte proteso nel Mediterraneo per la cooperazione internazionale capace di offrire professionalità e formazione policroma in una prospettiva inclusiva capace di attrarre, in gruppi di lavoro all'avanguardia, tutte le eccellenze che operano in Italia e non solo, in particolare gli enti di ricerca.

La rifunzionalizzazione dell'Area che potrebbe autosostenersi energeticamente per la presenza di manufatti con solai assolutamente idonei alla installazione di pannelli solari costituirebbe anche un sicuro presidio di vigilanza del confinante sito di rilevanza naturalistica, in una restituzione al territorio che è insieme motore di innesco di ricchezza a nuove economie e sicuro elemento di attrattività.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Damiani, V. (2021, 10 giugno). Il Tecnopolo per lo sviluppo sostenibile: a Taranto il punto di riferimento del Mediterraneo. *Il Quotidiano del Sud*. <<https://www.quotidianodelsud.it/laltrovoce-dellitalia/le-due-italie/tecnologia/2021/06/10/il-tecnopolo-per-lo-sviluppo-sostenibile-a-taranto-il-punto-di-riferimento-del-mediterraneo>> (ultimo accesso 13 febbraio 2025).
- [2] United Nations (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. United Nations. <<https://sdgs.un.org/2030agenda>> (ultimo accesso 13 febbraio 2025).
- [3] Commissione Europea (2019). *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Il Green Deal Europeo* (COM/2019/640 final). Bruxelles: Commissione Europea.

## Il New Deal 2050 e il Diritto Europeo della Sostenibilità dell'ambiente costruito

Francesca Russo<sup>1</sup>, Stefania Fornaro<sup>2</sup>, Vito Felice Uricchio<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Studiosa di diritto urbanistico, [franc.russo99@gmail.com](mailto:franc.russo99@gmail.com)

<sup>2</sup> Prefettura di Bari, [stefania.fornaro@interno.it](mailto:stefania.fornaro@interno.it)

<sup>3</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, [uricchio@itc.cnr.it](mailto:uricchio@itc.cnr.it)

**Parole chiave:** rigenerazione urbana, Just Transition Fund, Green Deal europeo, scopi predittivi

### ABSTRACT

Il concetto di New Deal 2050 si inserisce all'interno di un quadro giuridico europeo che riflette gli sforzi dell'Unione Europea (UE) per affrontare le sfide globali legate alla sostenibilità ambientale, al cambiamento climatico e alla giustizia sociale. Questo obiettivo, definito dal Green Deal Europeo [1, 2], è il pilastro centrale di una serie di politiche che mirano a trasformare l'Europa in una regione a emissioni nette di gas serra pari a zero entro il 2050. L'Unione, attraverso il suo diritto primario e secondario, stabilisce le basi per l'attuazione di queste politiche, imponendo obblighi e direttive giuridiche che mirano a garantire che tutti gli Stati membri contribuiscano a raggiungere tali traguardi.

Il diritto europeo non solo fornisce gli strumenti necessari per la transizione ecologica, ma orienta anche l'azione di governance a livello locale, attraverso strategie integrative e normative di sostegno. L'analisi dei principali strumenti normativi europei e delle politiche implementate, nonché dei casi locali, come quello di Bologna, offre un quadro esemplificativo di come l'UE stia traducendo in pratica i suoi impegni climatici e di sostenibilità. Nel contesto delle politiche di sostenibilità dell'UE, le città rivestono un ruolo cruciale. Il New Deal 2050 [3] può essere visto come un esempio di come le realtà locali possano tradurre in azioni concrete le politiche europee. Le città sono gli ambiti in cui le politiche europee prendono forma e vengono adattate alle specificità territoriali, sociali e culturali locali. In questa ottica, Bologna rappresenta un esempio virtuoso di come le città italiane e europee stiano facendo fronte alle sfide climatiche in modo innovativo. L'esempio di Bologna [4] può essere proficuamente adottato, contestualizzandolo, ad altre realtà territoriali complesse anche grazie a specifiche risorse rese disponibili dal Just Transition Fund - JTF. Infatti, il JTF rappresenta uno strumento particolarmente utile ai territori dipendenti fortemente dai combustibili fossili nonché da industrie che utilizzano

enormi quantità di carbonio per il loro funzionamento, per effettuare la transizione corretta verso una economia pulita e sostenibile, quali Taranto ed il Sulcis Iglesiente. Il contributo analizza i possibili adattamenti delle buone pratiche sviluppate nella città di Bologna alla realtà della città di Taranto

Gli obiettivi del JTF sono stati assunti nell'ambito dell'European Green Deal, finalizzato a rendere l'Europa climaticamente neutra entro il 2050, senza lasciare indietro i Paesi svantaggiati da un punto di vista economico, garantendo loro un vero supporto ad una transizione. In tale contesto, le politiche di rigenerazione urbana promosse dall'UE, come il JTF e di Fondi Europei di Coesione, sostengono queste iniziative, incentivando progetti che migliorano la qualità della vita nelle città attraverso la riqualificazione sostenibile degli edifici e la gestione del patrimonio storico e industriale.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Commissione Europea (s.d.). *Green Deal Europeo. Per diventare il primo continente ad impatto climatico zero*. <[https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_it](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it)> (ultimo accesso 13 febbraio 2025).
- [2] Bevilacqua, D. & Chitti, E. (2024). *Green deal. Come costruire una nuova Europa*. Bologna: Il Mulino
- [3] Consiglio dell'Unione Europea (s.d.). *Green Deal Europeo. Consiglio dell'Unione Europea*. <<https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/>> (ultimo accesso 13 febbraio 2025).
- [4] Comune di Bologna (2021). *Piano di Sostenibilità Urbana e Trasformazione Ecologica della Città di Bologna*.

## Riqualificazione di Piazza Lucio Dalla: un progetto di Rigenerazione Urbana

**Maria Stefania Fornaro<sup>1</sup>, Francesca Russo<sup>2</sup>, Vito Felice Uricchio<sup>3</sup>**

*1 Prefettura di Bari, stefania.fornaro@interno.it*

*2 Studiosa di diritto urbanistico, franc.russo99@gmail.com*

*3 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, uricchio@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** rigenerazione urbana, innovazione urbanistica, aggregazione sociale, scopi predittivi

### ABSTRACT

Piazza Lucio Dalla è situata in un punto strategico del quartiere Bolognina, che, per sua natura, ha una lunga e complessa storia di trasformazione e cambiamento. La Bolognina, uno dei quartieri più storici di Bologna, ha subito diverse fasi di evoluzione, caratterizzandosi sia per la sua diversità sociale e culturale, che per l'industrializzazione e il relativo declino economico durante la seconda metà del XX secolo. Negli anni precedenti alla riqualificazione, il quartiere e la piazza stessa versavano in condizioni di degrado urbano e sottoutilizzo, divenendo, di fatto, un'area marginalizzata. La scelta di intitolare la piazza a Lucio Dalla è stata non solo un atto simbolico, ma anche un importante tentativo di valorizzare l'identità culturale del quartiere. Lucio Dalla, uno dei più grandi cantautori italiani, aveva radici bolognesi e rappresentava un simbolo di riscatto culturale, un legame profondo tra la città e l'arte. La piazza è quindi diventata il simbolo di un processo di riqualificazione culturale che intendeva risollevare il quartiere, dando ad esso una nuova identità legata non solo alla memoria storica, ma anche alla cultura e all'arte contemporanea. La riqualificazione di Piazza Lucio Dalla rappresenta un esempio virtuoso di rigenerazione urbana, che ha saputo conciliare la valorizzazione culturale con l'innovazione urbanistica e la sostenibilità ambientale. Grazie a una serie di interventi mirati, la piazza è diventata un luogo di aggregazione sociale e culturale, accessibile e vivibile per tutta la comunità, in grado di stimolare la crescita economica del quartiere. Lo studio punta a valutare la trasferibilità di buone pratiche in altri contesti urbani, focalizzandosi sul miglioramento dell'autosufficienza, della valorizzazione dell'identità culturale, della cooperazione e della condivisione di un obiettivo comune per ottenere risultati che determinano un reale cambiamento.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Colombini, C. (2018). *Rigenerazione sociale, urbana e sostenibile*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli Editore.
- [2] Comune di Bologna (2019). *Piano di riqualificazione della Bolognina e Piazza Lucio Dalla*. Ufficio Urbanistica.
- [3] Giusti, A. (2018). *La rigenerazione urbana. Temi, questioni e approcci nell'urbanistica di nuova generazione*. Napoli: Editoriale Scientifica.
- [4] Palazzo, A. & Cappuccitti, A. (2024). *Rigenerazione urbana. Sfide e strategie*. Roma: Carocci Editore.

## Cintura verde e Darsena di città: esempio di rigenerazione urbana integrata a Ravenna e le prospettive di attuazione a Taranto

**Maria Stefania Fornaro<sup>1</sup>, Francesca Russo<sup>2</sup>, Vito Felice Uricchio<sup>3</sup>**

*1 Prefettura di Bari, stefania.fornaro@interno.it*

*2 Studiosa di diritto urbanistico, franc.russo99@gmail.com*

*3 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, uricchio@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** rigenerazione urbana integrata, sostenibilità ambientale, consumo di suolo zero, modelli urbanistici sostenibili

### **ABSTRACT**

Il concetto di rigenerazione urbana in Italia si focalizza sulla riduzione del consumo di suolo attraverso il riutilizzo e la riqualificazione delle aree urbane esistenti, con l'obiettivo di sviluppare modelli urbanistici sostenibili che rispondano alle necessità della comunità, senza espandersi su nuovi territori. Tuttavia, la mancanza di una normativa unitaria e la frammentazione legislativa ostacolano l'efficacia degli interventi, alimentando conflitti tra l'interesse pubblico e i diritti dei privati [1]. A livello nazionale e regionale sono stati introdotti strumenti per incentivare la rigenerazione, come il PNRR e specifiche leggi regionali, che promuovono il recupero edilizio e la sostenibilità ambientale, anche attraverso meccanismi di premialità per i privati. In sintesi, la rigenerazione urbana rappresenta una risposta alle sfide ambientali, sociali ed economiche, cercando di conciliare la crescita delle città con la tutela del suolo.

I diritti edificatori si prestano quale strumento per la rigenerazione urbana e la limitazione del consumo di suolo [2], distinguendo due principali forme di compensazione: espropriativa e paesaggistico-ambientale. Vengono inoltre trattati gli incentivi urbanistici legati a obiettivi pubblici, come la premialità edilizia, che riconosce crediti edilizi maggiorati a chi realizza interventi di qualità. Oggi, l'attenzione sui diritti edificatori è strettamente legata alle premialità edilizie, che favoriscono, in un contesto in cui si punta al "riutilizzo dell'edificato" per raggiungere un consumo netto di suolo pari a zero, lo sfruttamento di aree degradate o abbandonate, con l'obiettivo di rigenerare le città.

Sebbene la normativa vari tra le Regioni, l'obiettivo comune è stimolare la riqualificazione delle aree urbane degradate, limitando il consumo di suolo e migliorando l'efficienza

energetica e ambientale. Un esempio concreto del meccanismo di circolazione dei diritti edificatori nella rigenerazione urbana è il Piano Regolatore di Ravenna, che, ispirandosi al modello del T.d.r. americano, ha promosso due progetti per la tutela del patrimonio e la protezione dell'ambiente: la "Cintura Verde" e la "Darsena di città": elementi che sono stati opportunamente ripresi nella città di Taranto, anche attraverso i fondi del JTF. In cambio di questi diritti edificatori, ai proprietari immobiliari della "Darsena" è stata riconosciuta una premialità per l'acquisto dei diritti provenienti dalla "Cintura verde". Grazie a questo processo, si è realizzata un'opera di interesse pubblico: la creazione di un parco verde di circa 33 ettari, che oggi rappresenta un processo dinamico e partecipativo [3], volto a trasformare una storica area industriale in un quartiere moderno e integrato, valorizzando il patrimonio esistente e promuovendo la sostenibilità e l'inclusione sociale [4].

il metodo applicato in tre campagne di monitoraggio progettate per altrettanti musei di Genova, evidenziandone criticità, potenzialità applicative e prospettive di ricerca future.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Cirillo, G. P. (2019). La premialità edilizia, la compensazione urbanistica e il trasferimento dei diritti edificatori. *Federalismi.it*, 20, 1-27.
- [2] Pagliari, G. (2020). Governo del territorio e consumo del suolo. Riflessioni sulle prospettive della pianificazione urbanistica. *Rivista giuridica dell'urbanistica*, 5, 325-348.
- [3] Previato, A. (2019). Processi di progettazione partecipata applicati alla rigenerazione urbana: cenni sulle tendenze di un fenomeno accolto anche nella recente "Legge sulla tutela e l'uso del territorio" dell'Emilia-Romagna. *Federalismi.it*, 15, 1-35.
- [4] Roversi Monaco, M. (2017). Tutela dell'ambiente e riduzione del consumo di suolo nella legge regionale dell'Emilia-Romagna 24/2017. *Le istituzioni del federalismo*, 3, 827-836.

## La rigenerazione urbana: il caso dell'ex Manifattura Tabacchi a Bologna

**Maria Stefania Fornaro<sup>1</sup>, Francesca Russo<sup>2</sup>, Vito Felice Uricchio<sup>3</sup>**

*1 Prefettura di Bari, stefania.fornaro@interno.it*

*2 Studiosa di diritto urbanistico, franc.russo99@gmail.com*

*3 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, uricchio@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** rigenerazione urbana integrata, sostenibilità ambientale, riqualificazione sociale, multifunzionale

### ABSTRACT

Il progetto di rigenerazione urbana della Ex Manifattura Tabacchi a Bologna rappresenta uno degli interventi più significativi in ambito di riqualificazione e valorizzazione del patrimonio industriale della città. Situato nel quartiere Navile, un'area storicamente caratterizzata da attività produttive, il complesso della Manifattura Tabacchi è stato costruito negli anni '50 e, con il suo valore storico, architettonico e sociale, ha assunto un ruolo chiave nella memoria collettiva della città. L'obiettivo del progetto è trasformare quest'area in un polo multifunzionale che risponda alle necessità di una città contemporanea, rispettando però le normative urbanistiche, le disposizioni di tutela del patrimonio e le direttive di sostenibilità ambientale. In questa analisi, si esploreranno i principali aspetti del progetto alla luce delle normative urbanistiche, approfondendo come la conservazione del patrimonio storico, la sostenibilità ambientale, le funzioni ibride e la riqualificazione urbana siano integrati nel quadro normativo di riferimento. L'intervento, che si configura come un'opera di rigenerazione urbana integrata, si inserisce in un contesto più ampio di politiche locali di pianificazione e sviluppo urbano, volte a rispondere alle sfide della città in evoluzione.

Il progetto di rigenerazione della Ex Manifattura Tabacchi si configura come un intervento complesso, in cui le normative urbanistiche e quelle di tutela del patrimonio giocano un ruolo centrale. Grazie alla sinergia tra conservazione storica, innovazione sostenibile, e riqualificazione sociale, il progetto diventa un esempio virtuoso di come le politiche urbanistiche possano promuovere lo sviluppo armonioso di un'area dismessa, favorendo la creazione di un polo multifunzionale che sia un motore di crescita economica e culturale per l'intera città.

La operazione è sincrona a quella che avviene in altre realtà italiane a Firenze (la ex

manifattura tabacchi) a Milano, a Bari, e recentemente anche a Taranto, con l'obiettivo di riconvertire siti dismessi in POLI di INNOVAZIONE, RICERCA e SVILUPPO in una prospettiva di sostenibilità e di riconnessione urbana e sociale.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Antonucci, M. & Trentin A. (Eds.) (2019). *La Manifattura Tabacchi a Bologna. Ricerche sull'architettura industriale contemporanea tra storia, tecnica e riuso*. Bologna: Bononia University Press.
  
- [2] Comune di Bologna (2015). *Piano di Regolatore Generale di Bologna- Linee guida per la riqualificazione urbana*. Ufficio Urbanistica.
  
- [3] Dipace, R. (2014) La rigenerazione urbana tra programmazione e pianificazione. *Rivista giuridica dell'edilizia*, 5, 237-259.
  
- [4] Zamboni, P. (2022). *La città che cambia: progetti di rigenerazione urbana in Italia e in Europa*. Torino: UTET.

## La barca di Venetia per Padova: indagini termografiche tra le due città venete per l'identificazione dell'umidità nei beni culturali

**Paolo Bison<sup>1</sup>, Giovanni Ferrarini<sup>1</sup>, Stefano Rossi<sup>1</sup>, Alessandro Bortolin<sup>2</sup>, Gianluca Cadelano<sup>2</sup>, Erika Guolo<sup>3</sup>, Fabio Peron<sup>3</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {bison, ferrarini, rossi}@itc.cnr.it*

*2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, {a.bartolin, g.cadelano}@isac.cnr.it*

*3 Università Iuav di Venezia, {erika.guolo, fperon}@iuav.it*

**Parole chiave:** termografia IR, beni culturali, risalita capillare

### ABSTRACT

La Barca di Venetia per Padova [1] è la metafora (musicale e scherzosa) dei molti viaggi compiuti tra le due città venete, Venezia e Padova appunto, così ricche nel loro patrimonio culturale e allo stesso tempo così afflitte da problemi di degrado e conservazione. Questi viaggi, svolti per eseguire indagini, principalmente dedicate alla identificazione di problemi di umidità, sono stati caratterizzati da uno spirito di innovazione e una certa gaiezza. Questo breve resoconto vuole ricordare i quasi 40 anni di attività del laboratorio termografico dell'ITC di Padova e la sua pluridecennale collaborazione con il laboratorio di Fisica Tecnica Ambientale dello IUAV di Venezia, attraverso alcune indagini di particolare rilievo e alcuni concetti, o principi, utilizzati per interpretare le immagini ottenute con la termografia infrarossa per il monitoraggio della presenza d'acqua nei materiali porosi. In filigrana, ci sarà la presenza della persona che ha fondato il laboratorio termografico a Padova e che, a 12 anni dalla sua prematura scomparsa, rimane internazionalmente riconosciuto per il suo pionieristico utilizzo dello strumento termografico nelle indagini sui beni culturali e segnatamente per la mappatura dell'umidità: Ermanno Grinzato. Tra i principali monumenti presi in considerazione a Padova ci saranno il Palazzo della Ragione, la Cappella degli Scrovegni [2] e l'oratorio di San Michele. A Venezia i tezzoni dell'Arsenale [3] (vedi Figura 1) e Palazzo Ducale. Alcuni accenni ai principi fisici sottesi alla identificazione dell'umidità col metodo infrarosso [4] completeranno l'esposizione.



**Figura 1.** Tezzoni dell’Arsenale di Venezia.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Banchieri, A. (1605). *Barca di Venetia per Padova. Dentrovi la nuova mescolanza* (op.12. Libro II dei Madrigali a 5 voci). Venezia: Ricciardo Amadino.
- [2] Grinzato, E., Bressan, C., Marinetti, S., Bison, P.G. & Bonacina, C. (2002). Monitoring of the Scrovegni Chapel by IR thermography: Giotto at infrared. *Infrared Physics & Technology*, 43(3–5), 165-169. [https://doi.org/10.1016/S1350-4495\(02\)00136-6](https://doi.org/10.1016/S1350-4495(02)00136-6)
- [3] Grinzato, E., Bison, P.G. & Marinetti, S. (2002). Monitoring of ancient buildings by the thermal method. *Journal of Cultural Heritage*, 3(1), 21-29. [https://doi.org/10.1016/S1296-2074\(02\)01159-7](https://doi.org/10.1016/S1296-2074(02)01159-7)
- [4] Bison, P., Bortolin, A., Cadelano, G., Ferrarini, G., Giroto, M., Guolo, E., Peron, F. & Volinia, M. (2024). Ermanno Grinzato and the humidity assessment in porous building materials: retrospective and new achievements. *Quantitative InfraRed Thermography Journal*, 21(6), 384–407. <https://doi.org/10.1080/17686733.2023.2231764>

## L'acqua e i mulini dal Medioevo: evoluzione paleoclimatica e patrimonio culturale delle Aree Interne (Abruzzo e Sardegna)

**Silvia Fabbrocino<sup>1</sup>, Roberto Graziano<sup>1</sup>, Sebastiano Perriello Zampelli<sup>1</sup>, Annarita Paolillo<sup>2</sup>, Ilaria Trizio<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Università degli Studi di Napoli Federico II, {*silvia.fabbrocino, roberto.graziano, sebastiano.perriello*}@unina.it

<sup>2</sup> Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, *annarita.paolillo@isprambiente.it*

<sup>3</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche Istituto per le Tecnologie della Costruzione, *trizio@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** patrimonio culturale, olismo, paleoclimatologia, risorse idriche, mulini

### ABSTRACT

Il progetto PRIN 2022 PNRR - M.A.C.IN.A. (Multilevel Application for Cultural INformation Archives. A focus on the Inner Areas of Abruzzo and Sardinia regions, Codice P2022JJ292; CUP E53D23018740001) pone in risalto il grande e transdisciplinare interesse della comunità scientifica nell'implementazione di strategie che armonizzino la dimensione culturale del patrimonio di uno specifico territorio con quella manageriale e tecnologica, nel rapporto dinamico tra l'uomo e la disponibilità delle risorse naturali [1]. È universalmente riconosciuto il ruolo fondamentale dell'acqua nella definizione dei caratteri naturali ed identitari del paesaggio, ma anche nel governo degli assetti territoriali e delle scelte insediative [2]. Le comunità succedutesi nel tempo si sono adattate alle peculiari condizioni dei diversi ambienti geologici per trarre il massimo vantaggio dall'uso delle risorse naturali disponibili, prima fra tutte quelle idriche. Le dinamiche morfoevolutive dei bacini idrografici e la variabilità dei fenomeni che sovrintendono ai delicati equilibri e scambi tra acque superficiali e sotterranee hanno, pertanto, da sempre contraddistinto le sistemazioni idrauliche ed agrarie del territorio.

In tale ambito, i mulini ad acqua, in quanto strumenti atti a trasformare l'energia idraulica in energia meccanica, rappresentano la prima fondamentale innovazione, dopo i mulini arcaici che sfruttavano la forza muscolare umana o animale. Essi hanno contrassegnato le modifiche delle tecnologie e caratterizzato l'economia delle regioni interessate, almeno fino al primo ventennio del XX secolo. La loro diffusione ha condizionato per secoli la tipologia e la distribuzione degli insediamenti antropici ed ha profondamente interagito con l'assetto

idrodinamico del territorio [3]. Tali opere, localizzate lungo il reticolo idrografico, sono da considerare tra i primi interventi dell'uomo che hanno inciso sulle dinamiche fluviali.

Lo studio del paesaggio storico-rurale delle Regioni Abruzzo e Sardegna e la rilevante testimonianza di architetture idrauliche nel bacino del Fiume Aterno-Pescara (Abruzzo) e nei Monti Ferru (Sardegna), il più vasto complesso vulcanico dell'isola, consentono di mettere a confronto aree caratterizzate nel tempo da una complessa ma differente evoluzione morfoclimatica ed idrogeologica [4-6]. L'impatto della variabile disponibilità dell'acqua nel contesto sociale e culturale delle aree di studio è analizzato con metodi originali applicando tecniche sperimentali integrate [7].

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Izdebsky A., Holmgren, K., Weiberg, E., Stocker, S.R., Büntgen, U., Florenzano, A., Gogou, A., Leroy, S.A.G., Luterbacher, J., Martrat, B., Masi, A., Mercuri, A.M., Montagna, P., Sadori, L., Schneider, A., Sicre, M.A., Triantaphyllou, M. & Xoplaki, E. (2016). Realising consilience: How better communication between archaeologists, historians and natural scientists can transform the study of past climate change in the Mediterranean. *Quaternary Science Reviews*, 136, 5-22, <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.10.038>
- [2] SIGEA (2011). *Atti del convegno I mulini ad acqua: risorsa di ieri e di domani Pereto (AQ) luglio 2010. Geologia dell'Ambiente*, Supplemento.
- [3] Grano, M.C., Del Monte, M., Lazzari, M. & Bishop, P. (2016). Fluvial dynamics and watermills location in Basilicata (Southern Italy). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 39, 149-160, 11, DOI 10.4461/GFDQ.2016.39.14
- [4] Lorenzi, V., Sbarbati, C., Banzato, F., Lacchini, A. & Petitta, M. (2022). Recharge assessment of the Gran Sasso aquifer (Central Italy): Time-variable infiltration and influence of snow cover extension. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 41, 101090, <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101090>
- [5] Regattieri, E., Zanchetta, R., Drysdale, N., Isola, I., Hellstro, J.C. & Dalla, L. (2014). Lateglacial to Holocene trace element record (Ba, Mg, Sr) from Corchia Cave (Apuan Alps, central Italy): paleoenvironmental implications. *Journal of Quaternary Science*, 29, 381-392, <https://doi.org/10.1002/jqs.2712>

- [6] Columbu, A., Pérez-Mejías, C., Regattieri, E., Lugli, F., Dong, X., Depalmas, A., Melis, R., Cipriani, A., Cheng, H., Zanchetta, G. & De-Waele, J. (2024). Speleothems uncover Late Holocene environmental changes across the Nuragic period in Sardinia (Italy): A possible human influence on land use during bronze to post-Iron Age cultural shifts. *Quaternary Science Reviews*, 328, 108534, <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2024.108534>
- [7] Blaauw, M. (2012). Out of tune: the dangers of aligning proxy archives. *Quaternary Science Reviews*, 36, 38-49, <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2010.11.012>

## Co-valorizzazione del patrimonio culturale per la rigenerazione urbana

**Massimo Clemente<sup>1</sup>, Corrado Castagnaro<sup>1</sup>, Benedetta Ettore<sup>1</sup>, Eleonora Giovene di Girasole<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {clemente, castagnaro, ettorre, giovenedigirasole}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** rigenerazione urbana, *cultural commons*, processi decisionali collaborativi, convenzione di Faro

### ABSTRACT

La co-valorizzazione del patrimonio culturale per la rigenerazione urbana rappresenta un approccio integrato e partecipativo finalizzato a sfruttare il patrimonio storico, artistico e culturale come leva per il rinnovamento delle aree urbane. Le recenti politiche europee considerano il patrimonio culturale un “bene comune” [1, 2] ed elemento fondamentale per lo sviluppo sostenibile e l’innovazione sociale. Tali politiche invitano a promuovere processi di valorizzazione partecipativi – fondati sulla sinergia tra pubbliche istituzioni, cittadini privati, associazioni – per utilizzare appieno il potenziale dell’eredità culturale per lo sviluppo delle città. Il patrimonio culturale, oltre a possedere valori specifici, genera numerose ricadute o impatti che sono spesso associati ad una maggiore coesione sociale, al benessere individuale, allo sviluppo economico, alla rigenerazione urbana e allo sviluppo sostenibile, in linea con i “Sustainable Development Goals” (SDGs) dell’Agenda 2030. La sfida è quella di mettere in relazione il patrimonio culturale con le caratteristiche socioculturali e psicologiche locali [3] e di scoprire quali sono i benefici e le ricadute in termini di sviluppo economico [4, 5]. In una prospettiva transdisciplinare di studio, ricerca e attività [6], partendo dalla definizione di “cultural commons” [7] nella prospettiva della Convenzione di Faro, dal modello dell’Institutional Analysis and Development sviluppato da Elinor Ostrom [8] e dalla sua applicazione nell’ambito dei processi decisionali collaborativi, dal 2018 gli studi sviluppati dal gruppo di ricerca CNR hanno sviluppato un modello innovativo di governance e gestione basato sulla collaborazione, la cooperazione e il coinvolgimento attivo delle comunità, orientato all’implementazione di strategie di promozione di forme innovative di economia urbana e rigenerazione spaziale. Attraverso un percorso di Action Research [9] le ricerche sono state applicate nell’esperienza della “Heritage Community” dei “Friends of Molo San

Vincenzo” che vede coinvolti i ricercatori architetti del CNR e gli Psicologi di Comunità del Dipartimento di Studi Umanistici dell’Università Federico II, insieme al Propeller Club Port of Naples e l’anai Campania, per attivare processi di co-valorizzazione del molo nel porto storico di Napoli, realizzando azioni per far conoscere e restituire il molo alla città sia nella sua funzione portuale, sia come spazio culturale collettivo aperto alla comunità.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Mariotti, A. (2016). Beni comuni, patrimonio culturale e turismo. Introduzione. In M. Benegiamo et al. (Eds.), *Commons/Comune, Società di studi geografici. Memorie geografiche* (p. 437-438). Firenze: Società di Studi Geografici.
- [2] Gonzalez, P. A. (2014). From a given to a construct: Heritage as a commons. *Cultural Studies*, 28(3), 359-390. <https://doi.org/10.1080/09502386.2013.789067>
- [3] Arcidiacono, C., Grimaldi, D., Di Martino, S. & Procentese, F. (2016). Participatory visual methods in the “Psychology loves Porta Capuana’project”. *Action Research*, 14, 376-392.
- [4] Panzera, E. (2022). *Cultural Heritage and Territorial Identity. Synergies and Development Impact on European Regions*. Cham: Springer.
- [5] Pedrini, S. & Sacco, P.L. (2020). Cultural commons: una nuova frontiera dello sviluppo socio-economico locale. *EyesReg*, 10(4).
- [6] Giovane di Girasole, E. (2023). Fare Comunità: prospettive di implementazione e sviluppo transdisciplinare. L. Pavan-Woolfe (Ed.), *Difendere insieme il patrimonio culturale dell’Europa. La convenzione di Faro* (pp. 120-126). Venezia: Linea Edizioni.
- [7] Bertacchini, E. E., Bravo, G., Marrelli, M. & Santagata, W. (2012). Defining Cultural Commons. In E.E. Bertacchini, G. Bravo, M. Marrelli & W. Santagata (Eds.), *Cultural Commons. A New Perspective on the Production and Evolution of Cultures* (pp. 18-36). Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- [8] Ostrom, E. (2006). *Governare i beni collettivi*. Venezia: Marsilio.
- [9] Clemente, M. & Giovane di Girasole, E. (2023). Gli amici del Molo San Vincenzo: una comunità patrimoniale per il recupero del molo borbonico nel porto di Napoli. In L. Pavan-Woolfe (Ed.), *Difendere insieme il patrimonio culturale dell’Europa. La convenzione di Faro* (pp. 70-80). Venezia: Linea Edizioni.

## Plugging ports: un modello innovativo per la gestione dei conflitti e la valutazione degli impatti delle attività portuali sulle città e sugli ecosistemi costieri

**Benedetta Ettore<sup>1</sup>, Massimo Clemente<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {ettore, clemente}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** città-porto, Decision Support System (DSS), tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT), Geographic Information System (GIS), sviluppo sostenibile

### ABSTRACT

All'interno delle dinamiche territoriali e del metabolismo delle grandi città contemporanee, i nodi intermodali giocano un ruolo fondamentale, configurandosi come veri e propri cardini per i flussi di merci e persone. In questo contesto occupano una posizione rilevante i porti, infrastrutture essenziali per la tenuta economica dei Paesi in cui si collocano, che devono adattarsi ciclicamente a trasformazioni radicali per affrontare sfide sempre nuove [1, 2].

La ricerca affronta il tema attraverso un approccio multidimensionale basato sui quattro pilastri della sostenibilità: ambiente, economia, società e governance. La domanda centrale si focalizza sulla costruzione di un modello di dialogo efficace tra attori pubblici e privati per promuovere lo sviluppo sostenibile delle aree porto-città [3]. In tale contesto, le tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) emergono come strumenti chiave per ottimizzare la logistica portuale e, al contempo, facilitare il coinvolgimento delle comunità locali nei processi decisionali [4-6].

L'output principale della ricerca è lo sviluppo di Plugging Ports, un sistema innovativo di supporto alle decisioni [7, 8], dato dalla sovrapposizione di due componenti: Data Dock, piattaforma GIS di raccolta e analisi di dati quantitativi, e Plugging People, interfaccia partecipativa che integra i feedback degli stakeholder urbani. Questo strumento mira a modernizzare le infrastrutture ICT esistenti e a contribuire attivamente alla sostenibilità ambientale, economica e sociale delle aree di interazione porto-città, favorendo una gestione equilibrata delle risorse.

Il sistema risultante non si configura soltanto come una piattaforma tecnologica avanzata, ma anche come uno strumento di empowerment per le comunità locali, capace

di sostenere decisioni informate e rafforzare i legami tra porto e città. Combinando dati quantitativi e qualitativi con un approccio basato sulla scienza partecipativa, Plugging Ports mira a migliorare la trasparenza e l'efficacia delle politiche di gestione delle aree porto-città, promuovendo una cooperazione strutturata tra le diverse categorie di stakeholder coinvolte per una gestione sostenibile delle risorse territoriali e ambientali

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Hein, C. (2019). The Port Cityscape. Spatial and institutional approaches to port city relationships. *PortusPLUS*, 8.
- [2] Konwitz, J. W. (2020). *Cities & the Sea: Port City Planning in Early Modern Europe*. Baltimore: JHU Press.
- [3] Daamen, T. (2007). Sustainable development of the European port-city interface. In *ENHR-conference (25–28, June 2007)*.
- [4] Clemente, M. & Pavia, R. (2021). Co-pianificazione del sistema porto-città: Dialogo tra comunità per funzioni e spazi condivisi. *Urbanistica Informazioni*, 289.
- [5] Misuraca, G., Broster, D. & Centeno, C. (2012). Digital Europe 2030: Designing scenarios for ICT in future governance and policy making. *Government Information Quarterly*, 29, 121-131. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2011.08.006>
- [6] Koraka, D. & Skrinjar, S. (2023). ICT as a Tool for Efficient Management and Financial Strengthening of the Local Government. In *Proceedings of the Conference Proceedings International Conference Development of Public Administration* (pp. 185-195). <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:212:135118> (ultimo accesso 10 febbraio 2025).
- [7] Sugumaran, R. & De Groote, J. (2010). *Spatial Decision Support System. Principles and practices*. Boca Raton: CRC Press.
- [8] Cerreta, M., Clemente, M., Ettore, B. & Poli, G. (2021). A Multidimensional Approach for Cultural Ecosystem Services (CES) Assessment: The Cilento Coast Case Study (Italy). In O. Gervasi, et al. (Eds.), *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2021*. Lecture Notes in Computer Science, vol 12955. Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-87007-2\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-030-87007-2_35)

## Oltre la dicotomia porto-città: strategie e ricerche per nuove sinergie territoriali

**Eleonora Giovane di Girasole<sup>1</sup>, Corrado Castagnaro<sup>1</sup>, Benedetta Ettore<sup>1</sup>, Massimo Clemente<sup>1</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {giovenedigirasole, castagnaro, ettorre, clemente}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** co-pianificazione porto-città, patrimonio culturale, innovazione, sviluppo sostenibile, rigenerazione urbana

### ABSTRACT

I porti rappresentano una realtà determinante per lo sviluppo economico dei territori e delle nazioni [1, 2], ma sviluppano attività che necessitano di espansione e generano conflitti spaziali, sociali e ambientali soprattutto nelle aree di interfaccia porto-città [3-7]. Ciò rende necessaria una riorganizzazione delle relazioni funzionali e la progettazione di spazi e servizi che migliorino sia l'efficienza del porto, sia lo sviluppo della città, valorizzandone al contempo il patrimonio storico-culturale.

L'analisi delle dinamiche porto-città sul territorio nazionale e internazionale ha evidenziato la necessità di ripensare il ruolo dei porti non solo come nodi logistici, ma anche come catalizzatori di innovazione urbana. Ciò implica l'adozione di nuovi modelli di governance collaborativa [8] capaci di superare la tradizionale separazione tra spazio portuale e spazio urbano. Questo approccio può aiutare a trasformare le aree di interazione porto-città in spazi comuni capaci di integrare le necessità di entrambe le parti, favorendo il passaggio dalla giustapposizione di spazi e aree alla loro fusione e la possibile attivazione di virtuosi processi di co-pianificazione. In questa prospettiva, dal 2009 all'interno del CNR è attivo un gruppo di ricerca multidisciplinare sulle città di mare, che opera in una rete internazionale e locale che coinvolge università, centri di ricerca, istituzioni e imprese del settore marittimo e delle costruzioni. La ricerca ha sviluppato un approccio metodologico innovativo di rigenerazione collaborativa, per trasformare i porti in infrastrutture integrate che connettono la cultura marittima e quella urbana attraverso attività innovative, culturali, creative e sociali [10, 11]. L'applicazione di queste strategie sul campo ha dimostrato il potenziale della collaborazione tra diversi attori nel valorizzare e recuperare le aree portuali, contribuendo a una loro evoluzione sostenibile e inclusiva.

### Riferimenti bibliografici

- [1] European Commission (2013). *Ports 2030, Gateways for the Trans-European Transport Network; Communication from the Commission (COM(2013)295)*. Brussels: European Commission.
- [2] European Committee of the Regions (2017). *Regeneration of Port Cities and Port Areas (COTER-VI/018 121st plenary session, 8 and 9 February 2017)*. Brussels: European Commission. <[https://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/site/brochures\\_images/ports2013\\_brochure\\_lowres.pdf](https://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/site/brochures_images/ports2013_brochure_lowres.pdf)> (ultimo accesso 10 febbraio 2025).
- [3] Cerreta, M. & De Toro, P. (2012). Urbanization suitability maps: a dynamic spatial decision support system for sustainable land use. *Earth System Dynamics*, 3(2), 157-171. <https://doi.org/10.5194/esd-3-157-2012>
- [4] Clemente, M. & Giovane di Girasole, E. (2017). Cultura marittima e cultura urbana per la rilettura e la valorizzazione delle città di mare: Napoli, il mare, la costa metropolitana. In A. Aveta, B.G. Marino & R. Amore (Eds.), *La Baia di Napoli. Strategie integrate per la conservazione e la fruizione del paesaggio culturale (Vol II)* (pp. 74-78). Napoli: Paparo.
- [5] Fonti, L. (2010). *Porti-città-territori. Processi di riqualificazione e sviluppo*. Firenze: Alinea Editrice.
- [6] Giovinazzi, O. & Moretti, M. (2009). Città portuali e waterfront urbani: trasformazioni e opportunità. *Tema. Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 2(3), 7-16.
- [7] Kourtit K. & Nijkamp P. (2013). The new urban world-the challenge of cities in decline. *Romanian Journal of Regional Science*, 7(2), 9-28.
- [8] Merk, O. (2013). The Competitiveness of Global Port-Cities: Synthesis Report. In *OECD Regional Development Working Papers*, 13. Paris: OECD Publishing. [doi.org/10.1787/5k40hdhp6t8s-en](https://doi.org/10.1787/5k40hdhp6t8s-en)
- [9] ESPO (2019). *Code of Practice on Societal Integration of Ports*. ESPO.
- [10] Ettore, B., Daldanise, G., Giovane di Girasole, E. & Clemente, M. (2023). Co-Planning Port-City 2030: The InterACT Approach as a Booster for Port-City Sustainable Development. *Sustainability*, 15(21), 15641. <https://doi.org/10.3390/su152115641>
- [11] Giovane di Girasole, E. & Daldanise, G. (2021). Il porto come “infrastruttura culturale e creativa”: Verso una governance collaborativa e una pianificazione congiunta. In B. Bonciani, L. Bordato & E. Giovane di Girasole (Eds.), *Dialoghi tra porto e città nell'epoca della globalizzazione. Per un approccio multidisciplinare alle sfide della portualità* (pp. 35-64). Roma: Aracne Editore.

## Rigenerazione e Sostenibilità Urbana di comunità resistenti nelle Aree Marginali: Cultura, Creatività e Resilienza

**Emanuela Coppola<sup>1</sup>, Eleonora Giovane di Girasole<sup>2</sup>**

*1 Università degli Studi di Napoli Federico II – Centro LUPT, coppola@unina.it*

*2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, giovenedigirasole@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** patrimonio culturale e ambientale, creatività, cultura, co-valorizzazione, innovazione sociale, sostenibilità, aree marginali

### ABSTRACT

La ricerca indaga su come la costruzione di collegamenti tra le comunità e l'ambiente che li circonda, attraverso la produzione culturale e creativa, rendendole partecipi, può contribuire a costruire comunità resistenti e a pianificare e gestire città e territori sostenibili e inclusivi. Questo in linea con gli obiettivi dei “Sustainable Development Goals” (SDGs) dell’Agenda 2030. In particolare: il goal 8.3 che promuove uno sviluppo basato sulla creatività e l’innovazione; il goal 8.9 che promuove un turismo sostenibile basato sulla cultura e il goal 11 “Città e comunità sostenibili”.

In questo contesto la ricerca esplora come l’intersezione di questi elementi possa promuovere comunità resistenti attraverso le pratiche di ibridazione tra saperi accademici e saperi comunitari che animano le esperienze di resistenza territoriale [1]. Un approccio transdisciplinare di studio, ricerca e attività [2], che su come lo sviluppo di ecosistemi culturali ibridi, attraverso la sinergia tra valorizzazione dei beni culturali, rigenerazione, arte, cura e creatività, possa effettivamente stimolare la resistenza delle comunità e favorire la rigenerazione su più scale [3, 4].

Il contesto di riferimento è quello delle aree marginali, spazi territoriali meno accessibili, dove la marginalità è accentuata [5], ma dove si trovano anche potenzialità inesplorate per una rigenerazione che valorizzi le identità locali e promuova nuovi modelli di sviluppo sostenibile. Aree, che in questi anni, sono diventate laboratorio di innovazione sociale in cui iniziative culturali e artistiche hanno innescato processi di rivitalizzazione. Gli artisti, gli innovatori culturali e le rispettive reti hanno riequilibrato la narrazione territoriale, trasformando così edifici e spazi pubblici abbandonati attraverso visioni culturali innovative, e al contempo, soprattutto, hanno riportato le persone a vivere e a relazionarsi in maniera vitale, empatica e innovativa.

La ricerca analizza i laboratori di sperimentazione aperta e di creative living lab che hanno adottato strumenti partecipativi per il coinvolgimento incrementale delle comunità [6-11] e riflette su come questi approcci possano generare nuove opportunità di valorizzazione, collegando settori chiave di intervento, migliorando le condizioni di fruizione del territorio e sostenendo reti di servizi e sistemi integrati. In particolare si riflette su come queste esperienze favoriscono lo sviluppo anche di nuovi modelli di governance partecipativa capaci a loro volta di portare innovazione negli strumenti e nelle politiche di pianificazione urbana.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Allocca, D., Capone, N., Del Giudice, G., Ferrante, A., Iengo, I., Orlandini, G., Sciarelli, R. & Valisena, D. (Eds.) (2021). *Trame. Pratiche e saperi per un'ecologia politica situata*. Napoli: Tamu Edizioni.
- [2] Giovane di Girasole, E., (2023). Fare Comunità: prospettive di implementazione e sviluppo transdisciplinare. In L. Pavan-Woolfe (Ed.), *Difendere insieme il patrimonio culturale dell'Europa. La convenzione di Faro* (pp. 120-126). Venezia: Linea Edizioni.
- [3] Coppola, E. (2023). I centri storici minori delle aree interne tra valorizzazione e restanza. *BDC – Bollettino del Centro Calza Bini*, 23(1), 51-61. <https://doi.org/10.6093/2284-4732/10469>
- [4] Florida, R. L. (2003). *L'ascesa della nuova classe creativa: stile di vita, valori e professioni*. Milano: Mondadori.
- [5] Carrosio, G. & Osti, G. (2017). Le aree marginali. In F. Barbera & I. Pais (Eds.), *Fondamenti di sociologia economica* (pp. 303-316). Milano: Egea.
- [6] Chatterton, P., Fuller, D. & Routledge, P. (2007). Relating Action to Activism: Theoretical and Methodological Reflections, *Mobilization: An International Quarterly*. In S. Kindon, R. Pain & M. Kesby (Eds.), *Participatory Action Research Approaches and Methods* (pp. 357-371). London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203933671>
- [7] Bason, C. (2010) (Ed.). *Leading Public Sector Innovation: Co-creating for a Better Society*. Bristol: Policy Press.
- [8] Franz, Y. (2015). Designing Social Living Labs. *Urban Research*, 17(4), 53-66.

- [9] Manzini, E. (2015). *Design, When Everybody Designs: An Introduction to Design for Social Innovation*. Boston: MIT Press.
- [10] Agatino, R., Habibipour, A. & Ståhlbröst, A. (2021). Transformative thinking and urban living labs in planning practice: a critical review and ongoing case studies in Europe. *European Planning Studies*, 29(10), 1739-1757. <https://doi.org/10.1080/09654313.2021.1911955>
- [11] Coppola, E. & Sica, G. (2023). Rural and Creativity HUB for the Vulture Regional Park: making community, starting with the construction of a participatory LAB. In C. Bevilacqua, C. Kakderi, V. Provenzano & P. Balland (Eds.), *New Metropolitan Perspective. Transition with Resilience for Evolutionary Development* (pp. 389-404). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-34211-0>

## Dal monitoraggio alla modellazione strutturale: un codice di calcolo per la salvaguardia del patrimonio architettonico

**Maria Girardi<sup>1</sup>, Cristina Padovani<sup>1</sup>, Daniele Pellegrini<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Scienza e Tecnologie dell’Informazione “Alessandro Faedo”, {maria.girardi, cristina.padovani, daniele.pellegrini}@isti.cnr.it*

**Parole chiave:** muratura, costruzioni storiche, analisi agli elementi finiti, analisi non lineari, monitoraggio strutturale

### ABSTRACT

NOSA-ITACA è un software agli elementi finiti (FE) per la modellazione del comportamento strutturale delle costruzioni di interesse storico [1]. Il codice è stato sviluppato dal Laboratorio di Meccanica dei Materiali e delle Strutture di ISTI-CNR ed è distribuito gratuitamente con lo scopo di favorire l’uso di modelli matematici e strumenti numerici nel settore dei Beni Culturali.

Lo sviluppo del codice ha avuto inizio negli anni ’80 grazie ai finanziamenti del CNR, del Ministero dell’Università e della Ricerca e della Regione Toscana. Negli ultimi anni, nell’ambito dei progetti regionali NOSA-ITACA e MOSCARDO, il software è stato significativamente modificato e potenziato ampliandone le capacità applicative.

NOSA-ITACA è il risultato dell’integrazione del solutore FE NOSA (NONlinear Structural Analysis) e della piattaforma grafica open-source SALOME opportunamente modificata per la gestione delle operazioni di pre- e post-processing.

NOSA-ITACA consente di condurre analisi statiche e dinamiche non lineari di edifici murari, adottando l’equazione costitutiva dei materiali masonry-like [1]. Inoltre, il codice è applicabile alla modellazione di interventi di restauro e rinforzo strutturale e all’analisi termomeccanica di solidi in muratura soggetti a carichi termici.

Gli sviluppi più recenti si sono concentrati sull’integrazione tra simulazioni numeriche e attività di monitoraggio dinamico [2]. A tal fine, sono stati implementati algoritmi di model updating per la calibrazione del modello numerico sfruttando le caratteristiche modali ottenute sperimentalmente. Infine, è stata implementata una nuova procedura numerica, basata sulla linear perturbation che permette di stimare l’influenza del quadro fessurativo sulle proprietà dinamiche delle strutture in muratura.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Girardi M., Padovani C., Pellegrini D., Porcelli M. & Robol L. (2023). Numerical modelling of historical masonry structures with the finite element code NOSA-ITACA. In G. Bretti, C. Cavaterra, M. Solci & M. Spagnuolo (Eds.), *Mathematical Modeling in Cultural Heritage. MACH 2021* (pp. 133-152) (Springer INdAM Series, vol 55). Singapore: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-3679-3\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-99-3679-3_9)
  
- [2] Azzara R. M., Girardi, M., Padovani C. & Pellegrini D. (2024). Experimental investigations and numerical modelling: a fruitful interaction for the nonlinear dynamical analysis of masonry structures. *Continuum Mechanics and Thermodynamics*, 36(5), 1339-1359.

## Prospettive di rigenerazione urbana per il patrimonio culturale nell'area occidentale di Napoli. Dalla Mostra d'Oltremare alle prospettive future.

**Francesca Palladino<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Università degli Studi di Napoli Federico II, francesca.palladino2@unina.it*

**Parole chiave:** sviluppo sostenibile, patrimonio culturale, rigenerazione urbana, digitalizzazione, area occidentale di Napoli

### **ABSTRACT**

Lo sviluppo sostenibile è da tempo al centro di dibattiti, accordi internazionali e iniziative volte a fronteggiare una delle sfide più impellenti del nostro tempo: il cambiamento climatico. Nel dicembre 2018 la Commissione Europea ha introdotto il primo quadro d'azione per il patrimonio culturale, individuando nella sostenibilità un principio essenziale per valorizzarne il potenziale sotto molteplici aspetti. Applicare le nuove dinamiche di sviluppo sostenibile alla città contemporanea vuol dire confrontarsi con una realtà complessa e stratificata, che necessita di essere disvelata affinché possa essere tutelata e, laddove necessario, trasformata con consapevolezza e rispetto [1]. In questo quadro, l'area occidentale di Napoli si configura come un palinsesto ideale per studiare i moderni processi di rigenerazione urbana. Si tratta di un territorio di straordinaria bellezza proteso verso il golfo di Pozzuoli, caratterizzato dalla presenza di numerosi poli strategici e grandi attrezzature, che vede al suo baricentro il vasto comparto urbano della Mostra d'Oltremare e il futuro quartiere polifunzionale dell'ex Collegio Ciano [2]. Il grande valore storico e paesaggistico di quest'area, considerate le sue attuali condizioni di abbandono, suggerisce la necessità di un intervento urgente mirato alla sua riqualificazione complessiva, finalizzata al recupero del patrimonio architettonico e ambientale per l'attivazione di una più ampia strategia di valorizzazione urbana. Di fatto, rigenerare un contesto di tale portata significa non solo intervenire sulla sua dimensione fisica ma anche ripensare l'economia della città in una prospettiva più resiliente, affiancando agli obiettivi di internazionalizzazione le nuove forme di produzione del settore secondario e dei servizi legati alla green economy [3]. L'innovazione tecnologica costituisce uno degli strumenti più efficaci per la valorizzazione del patrimonio culturale, potendo contribuire sia al miglioramento delle sue condizioni, sia all'ampliamento delle possibilità di fruizione

pubblica. Processi quali la digitalizzazione, la catalogazione e la diffusione online delle opere ne favoriscono la conoscenza e facilitano l'accesso a visitatori e professionisti. Allo stesso modo, lo sviluppo di applicazioni per smartphone e tablet può incentivare ulteriormente la scoperta e la diffusione dell'arte e della cultura [4].

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Lampugnani, V. M. (2020). Utopie urbane grandi e piccole. *Domus*, 1051, 18-20.
- [2] Aveta, A., Castagnaro, A. & Mangone, F. (2021). *La Mostra d'Oltremare. Ricerche storiche e Restauro del Moderno*. Napoli: Editori paparo FedOApress.
- [3] Gasparrini, C. (2019). La metamorfosi resiliente delle città. In C. Perrone & M. Russo (Eds.), *Per una città sostenibile. Quattordici voci per un manifesto* (pp. 133-142). Roma: Donzelli Editore.
- [4] Lazzaro, A. (2017). Innovazione tecnologica e patrimonio culturale tra diffusione della cultura e regolamentazione. *Federalismi.it*, 24, 9-12.

## Rigenerare le infrastrutture urbane: verso modelli multifunzionali, climate-neutral e sostenibili

**Paolo Carli'**

*1 Politecnico di Milano – Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, [paolo.carli@polimi.it](mailto:paolo.carli@polimi.it)*

**Parole chiave:** infrastrutture urbane, multifunzionalità, flessibilità, neutralità climatica, sostenibilità

### **ABSTRACT**

Le infrastrutture urbane giocano un ruolo cruciale nei processi di rigenerazione, influenzando la qualità della vita e l'ambiente. Storicamente concepite come sistemi tecnici al servizio della crescita urbana, oggi si trovano al centro delle sfide della transizione ecologica [1]. La crescente urbanizzazione e la crisi climatica rendono necessaria una loro riconversione multifunzionale, capace di integrare sostenibilità, innovazione e resilienza. In questo contesto, NBS, SuDS e progettazione ambientale emergono come strumenti fondamentali per trasformare le infrastrutture da elementi passivi del paesaggio ad agenti della rigenerazione urbana [2].

Negli ultimi decenni, l'approccio settoriale, che considerava le infrastrutture come elementi isolati, è stato progressivamente superato in favore di una visione sistemica, in cui mobilità, energia, gestione delle acque e spazi pubblici vengono progettati in modo integrato. Tuttavia, l'applicazione di modelli innovativi di rigenerazione presenta criticità, soprattutto quando la sostenibilità viene utilizzata come strumento di marketing o di esclusione sociale. Esempi emblematici di questa ambivalenza sono l'High Line di New York e il CopenHill di Copenaghen. L'High Line, originariamente concepita come un'infrastruttura verde a beneficio della comunità, ha invece innescato un processo di gentrificazione, con un aumento dei prezzi immobiliari che ha reso il quartiere meno accessibile ai residenti storici [3]. Analogamente, CopenHill è stato criticato per il suo ruolo ambiguo: se da un lato promuove l'uso di energie alternative, dall'altro rischia di legittimare il modello basato sull'incenerimento dei rifiuti, senza affrontare alla radice la questione della riduzione degli scarti e del riciclo [4]. Per una rigenerazione urbana autenticamente sostenibile, un'infrastruttura urbana non dovrebbe limitarsi a migliorare l'efficienza energetica o la gestione dei flussi veicolari, ma deve contribuire attivamente alla giustizia urbana, offrendo benefici equamente distribuiti.

La metodologia adottata in questo studio si basa sull'analisi di casi internazionali e sull'individuazione di pratiche capaci di garantire una transizione infrastrutturale equa e resiliente. Le conclusioni sottolineano come il futuro delle infrastrutture urbane dipenda dalla capacità di integrare innovazione, equità e sostenibilità per trasformare le proprie reti in strumenti di coesione sociale, resilienza ecologica e sviluppo sostenibile [5]

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Weaver, R., Bagchi-Sen, S., Knight, J. & Frazier, A.E. (2016). *Shrinking Cities: Understanding urban decline in the United States*. London: Routledge.
- [2] Kaika, M. & Swyngedouw, E. (2000). Fetishizing the modern city: The phantasmagoria of urban technological networks. *International Journal of Urban and Regional Research*, 24(1), 120-138. <https://doi.org/10.1111/1468-2427.00239>
- [3] Black, K. J. & Richards, M. (2020). Eco-gentrification and who benefits from urban green amenities: NYC's High Line. *Landscape and Urban Planning*, 204, 103900. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103900>
- [4] Kohl, U. (2019). *The Copenhagen Crisis: The Dark Side of Planning the Greenest Waste-fired Power Plant Ever Seen*. Malmö Högskola. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:mau:diva-21591>
- [5] Graham, S. & Marvin, S. (2001). *Splintering urbanism: Networked infrastructures, technological mobilities and urban condition*. London: Routledge.

## Le architetture e decorazioni d'interni in stile neopompeiano di Guglielmo Bechi, e la loro valorizzazione

**Barbara Bertoli<sup>1</sup>**

*1 Politecnico di Milano – Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, paolo.carli@polimi.it*

**Parole chiave:** patrimonio culturale, neopompeiano, decorazione d'interni, Guglielmo Bechi

### **ABSTRACT**

Fin dal Settecento, le antichità vesuviane sono state le principali fonti d'ispirazione di quel ritorno all'antico che ha influenzato le arti figurative, l'ornato e i modelli architettonici europei. L'entusiasmo per le scoperte vesuviane, nell'Ottocento fluì in fenomeni di moda che investirono trasversalmente i repertori ornamentali di innumerevoli architetti e decoratori europei. Tra gli interpreti di quel particolare gusto per l'antico, operosi nel Sud Italia, emerge la figura del toscano Guglielmo Bechi (1791-1852), elegante progettista di architetture e decorazioni d'interni ispirate dalla scoperta delle antichità vesuviane [1]. Bechi, svolse prevalentemente nel sud Italia la sua attività accademica e professionale. L'architetto-archeologo, per oltre trent'anni fu impegnato in una costante attività di studio nel sito di Pompei di cui, e nel 1851 ne assunse la direzione. L'osservazione ravvicinata delle antichità disseppellite nel sito archeologico, ispirarono profondamente la sua produzione professionale, e, sull'onda delle suggestioni esercitate dalla scoperta della pittura murale pompeiana, sviluppò uno stile decorativo personale, da lui stesso definito "pompeiano" [2]. La sua produzione rispecchia quella crescente voga decorativa ottocentesca neopompeiana, ampiamente diffusa in Europa, segnata da nuovi approcci nell'evocazione delle memorie vesuviane. Nei progetti decorativi commissionategli da eminenti famiglie nobiliari, l'ampia conoscenza della pittura murale pompeiana è palese sia quando ne fa un uso diretto e fedele, sia quando coscientemente devia dai modelli vesuviani inserendo elementi stilistici innovativi, attraverso l'uso sapiente del colore Bechi riuscì a trasferire nelle sue opere l'atmosfera dei modelli originali pompeiani, da lui studiati con rigore scientifico [3]. Molte difficoltà si frappongono ad una approfondita riflessione sul neopompeiano in Campania, la difficoltà risiede in larga parte nella perdita materiale delle opere realizzate. Questo studio intende riattivare l'attenzione verso le opere curate dal Bechi, che costituiscono un interessante "caledoscopio" di beni culturali da tramandare alla conoscenza delle future generazioni, al contempo s'intende

richiamare l'attenzione verso temi più ampi, quali: la documentazione storica e la cura conservativa delle decorazioni d'interni, complesso e "fragile" esempio di bene culturale da valorizzare.



**Figura 1.** G. Bechi, salone da ballo di palazzo San Teodoro, stato di conservazione precedente ai lavori di restauro del 2001.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Sasso, C. N. (1948). *Storia de' monumenti di Napoli e degli architetti che li edificavano* (vol. II). Napoli: Vitale.
- [2] Garzya, C. (1978). *Interni Neoclassici a Napoli*. Napoli: Società Editrice Napoletana.
- [3] Bertoli, B. (2023). *Guglielmo Bechi a Napoli e il palazzo San Teodoro. Storia, architettura, e motivi decorativi*. Napoli: Editori Paparo.
- [4] Hleunig, M. (1991). *La decorazione neopompeiana di Guglielmo Bechi e la villa Pignatelli a Napoli*. *Napoli Nobilissima*, 30, (4-5), 97-121.

## PS-U-GO Urban Living Labs come spazi educativi: il caso di Napoli attraverso i beni comuni urbani e il diritto di accesso al mare

**Stefania Ragozino<sup>1</sup>, Stefania Oppido<sup>1</sup>, Gaia Daldanise<sup>1</sup>, Maria Cerreta<sup>2</sup>, Valeria Catanese<sup>1</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca su Innovazione e Servizi per lo Sviluppo, {s.ragozino, s.oppido, g.daldanise, v.catanese}@iriss.cnr.it*

*2 Università di Napoli Federico II – Dipartimento di Architettura, cerreta@unina.it*

**Parole chiave:** *Urban living lab*, educazione, beni comuni urbani, diritto al mare, governance sostenibile

### ABSTRACT

Il contributo si inserisce nell’ambito degli studi urbani che si occupano del diritto alla città, dei processi di co-produzione e dei modelli alternativi di gestione delle risorse pubbliche, particolarmente necessari nei territori soggetti a derive necrocapitaliste e a fenomeni di esclusione ed espulsione urbana.

Il contributo presenta le prime fasi di attuazione dell’Urban Living Lab Naples (ULL Naples) nell’ambito del progetto Erasmus+ “PS-U-GO Education in Living Labs: Participatory Skills for Sustainable Urban Governance”, finalizzato a un processo di riappropriazione, democratizzazione e restituzione del mare alla città [1].

Il progetto PS-U-GO (2024-2026) prevede la realizzazione di quattro Urban Living Labs [2], concepiti come spazi educativi, che coinvolgeranno gli attori della quadrupla elica – impresa, ricerca, istituzioni pubbliche e civiche – per esplorare, co-progettare e testare idee e soluzioni alle sfide urbane più urgenti. I quattro ULL saranno sviluppati in quattro città europee: Cottbus (Germania), Napoli e Palermo (Italia) e Nicosia (Cipro). L’obiettivo del progetto PS-U-GO è duplice: da un lato, promuovere la partecipazione attiva delle comunità locali per una governance urbana sostenibile e innovativa; dall’altro, consentire agli studenti e alle studentesse e agli altri attori coinvolti nel progetto di sviluppare competenze avanzate nella progettazione urbana e nella partecipazione civica attraverso modelli educativi innovativi, applicati a contesti reali e complessi.

L’ULL Naples si propone di contribuire al processo di riappropriazione e restituzione del mare di Napoli alla città, in continuità con le attività sviluppate dal Comitato Mare Libero, Pulito e Gratuito di Napoli, sperimentando il modello di gestione collettiva dei beni comuni urbani. Il processo attiverà un percorso di conoscenza, partecipazione e azione collettiva, attraversando gli spazi e le esperienze di Lido Pola Bene Comune [3]. L’ULL si articola

in cinque fasi di lavoro interconnesse (scelta del tema, esplorazione, sperimentazione e co-creazione, urban showcase, co-valutazione) e sarà realizzato attraverso una serie di metodi e strumenti partecipativi e collaborativi, tra cui brainstorming, world café, mappatura collaborativa/critica, laboratori mobili e prototipazione.

I risultati attesi dell'ULL Naples riguardano la co-creazione di soluzioni e interventi urbani, lo sviluppo di competenze partecipative avanzate e soft skills per studenti e altri stakeholder.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Pica, K. (2024). Opening the gate to bathers' rights. Community-led process for the coast as a commons. *Contesti. Città, territori, progetti*, (1), 170-191. <https://doi.org/10.36253/contest-15242>
  
- [2] Marvin, S., Bulkeley, H., Mai, L., McCormick, K. & Palgan, Y. V. (Eds.) (2018). *Urban living labs: Experimenting with city futures*. London: Routledge.
  
- [3] Vittoria, M. P., Ragozino, S. & Esposito De Vita, G. (2023). Urban commons between Ostrom's and neo-materialist approaches: The case of Lido Pola in Naples, Southern Italy. *Land*, 12(3), 524. <https://doi.org/10.3390/land12030524>

## Il tempo della conservazione programmata: intersezioni disciplinari nel progetto PRIN CHIARA

Bianca Gioia Marino<sup>1</sup>, Filippo de Rossi<sup>1</sup>, Corrado Castagnaro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Università degli Studi di Napoli Federico II, {bianca.marino, filippo.derossi}@unina.it

<sup>2</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, castagnaro@itc.cnr.it

**Parole chiave:** *conservation, cultural heritage, microclimatic monitoring, planned conservation*

### ABSTRACT

Il contributo intende illustrare alcuni aspetti del progetto di ricerca PRIN 2022 CHIARA (Cultural Heritage Innovation Adopting Risk Assessment), condotto, in particolare, dalla U.O. dell'Università degli Studi di Napoli Federico II in collaborazione con l'Università di Bologna e il Politecnico di Milano. Il progetto finalizzato all'elaborazione di strategie avanzate per la conservazione programmata del patrimonio culturale presente in edifici storici in particolari condizioni microclimatiche, mira a definire indicatori di vulnerabilità e rischio, perfezionando il concetto stesso di rischio e la sua gestione in un'ottica preventiva. Il percorso metodologico rigorosamente incentrato su di un approccio interdisciplinare, trova applicazione allo studio di sei casi selezionati per ciascuna U.O. secondo specifici criteri. Gli edifici oggetto della ricerca sono stati individuati in modo da avere una casistica eterogenea e diversificata: vi è un'ampia varietà degli aspetti materici-costruttivi e complessi apparati decorativi, la cui conservazione è fortemente condizionata dai locali e specifici fattori ambientali e microclimatici. Un preliminare confronto interdisciplinare ha pianificato e identificato una metodologia condivisa per il posizionamento della strumentazione, considerando gli elementi costruttivi, i fenomeni di degrado attivi e quelli storici, le peculiarità delle superfici decorate e dei loro pregressi interventi di restauro. L'indagine conoscitiva ha previsto campagne di rilievo con laser-scanner 3D, che consentono l'acquisizione di dati dimensionali e metrici che forniscono una lettura inedita e dettagliata dei manufatti oggetto di indagine. Tale approccio integrato, mettendo in dialogo le competenze specialistiche attive nel gruppo di ricerca, ha rilevato taluni aspetti che consentirebbero di affinare le strategie di monitoraggio e manutenzione, contribuendo così all'innovazione nei processi di conservazione programmata.

### Riferimenti bibliografici

- [1] De Rossi, F. (2019). Efficienza energetica, involucro edilizio e impianti tecnici, in Santa Maria del Popolo degli Incurabili. In A. Bruno, G. Pulli & C. Verdoliva (Eds.), *Il quadro esigenziale e gli indirizzi metodologici per la riqualificazione, il restauro e la rifunzionalizzazione del complesso monumentale* (pp. 339-359). Napoli: Giannini Editore.
  
- [2] De Rossi, F., Colosimo, C., Marino, B.G., Nocerino, I. (2023). La sostenibilità della transizione energetica e il paesaggio: il caso della Val di Chiana. In XI Congresso AISU “Beyond the gaze. Interpreting and understanding the city. Oltre lo sguardo. Interpretare e comprendere la città”. Università degli Studi di Ferrara.
  
- [3] Pretelli, M. & Fabbri, K. (2017). Architettura e ‘historic indoor microclimate’ (HIM). Un contributo per la conservazione dell’architettura storica, in D. Fiorani (Ed.), *RICerca/REStauRO* (pp. 727-739). Roma: Edizioni Quasar.

## Reti territoriali materiali e immateriali, la ricerca di un metodo per la rigenerazione delle aree interne campane

Roberta Ruggiero<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Università degli Studi di Napoli Federico II, roberta.ruggiero@unina.it

**Parole chiave:** reti territoriali, aree interne, metodo, rigenerazione, Campania

### ABSTRACT

Percorrendo e analizzando i territori delle aree interne campane viene subito alla luce quel concetto di diffusione capillare del patrimonio che, con estrema facilità, consente di imbattersi ora in paesaggi mozzafiato, tra sistemi montuosi, valli, improvvisi salti di quota che generano cascate, e ancora fiumi, laghi, specie animali e vegetali protette per la loro rarità, ora in architetture di epoche vicine e lontane che testimoniano la storia secolare di questi luoghi [1]. Ecco che, sulla scia di quello che Settis chiama “modello Italia” [2], anche le aree interne, posto che sono ricche di risorse che vanno salvaguardate, rientrano in quel programma di tutela totale tipico del sistema italiano.

Al contempo, come sosteneva lo storico Roberto Pane, «La distinzione tra poesia e letteratura architettonica trova la sua migliore conferma nella constatazione [...] che non sono i pochi monumenti d’eccezione a creare l’ambiente delle nostre antiche città ma le tante opere tendenti ad esprimere un particolare valore corale ed a fornire quindi l’impronta peculiare di una civiltà» [3]. In questo senso, la ricerca presentata, pur partendo dall’analisi di quelle architetture emergenti sul territorio, vuole individuare piuttosto delle reti fisiche e ideali che, ripercorrendo la storia insediativa dei luoghi, inseriscono all’interno di un unico sistema i beni materiali, naturali e culturali, e quelli immateriali. In tale circuito, così, come ci suggerisce Pane, non sono più i soli singoli elementi di eccezione ad emergere bensì l’intero patrimonio paesaggistico, contenitore e testimone della storia e della tradizione di questi popoli. Intessendo reti, geografiche, architettoniche ma anche, e soprattutto, di relazioni umane, il concetto di limiti amministrativi, di confini, perde di valore spingendo piuttosto verso il concetto di integrazione [4].

Partendo dalla convinzione che l’individuazione e la valorizzazione di un metodo scientifico possano dare un valido contributo alla risoluzione del problema delle aree interne, le aspettative di rigenerazione a cui la ricerca auspica si riversano sullo studio delle potenzialità delle risorse culturali e paesaggistiche delle aree interne campane

e, soprattutto, sulla possibilità, attraverso una loro riqualificazione, di realizzare reti territoriali e umane che mettano in circuito i beni e i comuni che li ospitano.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] de Meo, P. (1982). Il bene culturale “territorio” in Campania. In AA.VV., *Campania oltre il terremoto. Verso il recupero dei valori architettonici* (pp. 73-84). Napoli: L'Arte Tipografica.
- [2] Settis, S. (2007). *Italia S.p.A. L'assalto al patrimonio culturale*. Torino: Einaudi.
- [3] Pane, R. (1948). *Architettura e arti figurative*. Venezia: Neri Pozza.
- [4] Tosco, C. (2014). *I beni culturali. Storia, tutela e valorizzazione*. Bologna: Il Mulino.

## Rigenerazione e resilienza della piana di Bagnoli tra storia e progetto. Un contributo alla conoscenza dei suoi valori materiali e immateriali

Alessandro Castagnaro<sup>1</sup>, Alberto Terminio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Università degli Studi di Napoli Federico II – Dipartimento di Architettura, {alessandro.castagnaro, alberto.terminio@unina.it

**Parole chiave:** Bagnoli, rigenerazione urbana, dismissione industriale, patrimonio culturale

### ABSTRACT

Dalla sua dismissione, all'inizio degli anni Novanta del secolo scorso, l'ex area industriale di Bagnoli [1-3], dopo anni di abbandono e di stallo, è oggetto di un processo di rigenerazione che ha visto l'avvicinarsi di differenti attori, nonché di numerosi concorsi di progettazione, proposte di riqualificazione, programmi e piani di recupero, il più delle volte disattesi [4, 5]. Eppure, quella porzione di territorio dell'area metropolitana di Napoli stretta tra la collina di Posillipo e Pozzuoli ha manifestato la sua importanza sin dall'antichità, grazie alla presenza delle acque termali [6]. La sua fortuna critica successiva è legata a quella dell'intero territorio dei Campi Flegrei, meta di viaggiatori sin dal Seicento, vantando un singolare connubio tra bellezze naturali e resti di architettura antica [7, 8]. La sua eccezionalità, sia dal punto di vista naturalistico e paesaggistico, sia in senso strategico, fu colta dall'architetto visionario Lamont Young, il quale, nell'ultimo quarto dell'Ottocento, elaborò per quell'area un progetto a vocazione turistico-ricettiva, innestando una doppia linea metropolitana verso il centro della città [9, 10].

In considerazione delle peculiarità del sito e della complessità degli interventi di rigenerazione in corso, la proposta di contributo intende riflettere retrospettivamente sui valori materiali e immateriali che nel tempo si sono stratificati in quell'area, al fine di valutarne la permanenza alla luce delle istanze di conservazione delle tracce fisiche del patrimonio culturale esistente, di trasformazione tecnologica e delle esigenze della sostenibilità ambientale [11].

Con questo scopo, la proposta di contributo intende promuovere la conoscenza della piana di Bagnoli, mettendo a sistema i valori sopracitati e analizzando, in particolare, il vasto repertorio di progetti – realizzati e non – che hanno interessato il sito, nonché i resti di archeologia industriale ancora presenti [12]. Tale proposito si fonda sulla realizzazione di una piattaforma digitale, un archivio tematico inteso quale preconditione necessaria di conoscenza per poter agire nella contemporaneità.

### Riferimenti bibliografici

- [1] Andriello, V., Belli, A. & Lepore, D. (1991). *Il luogo e la fabbrica. L'impianto siderurgico di Bagnoli e l'espansione occidentale di Napoli*. Napoli: Graphotonic.
- [2] Vitale, A. (Ed.) (1992). *Napoli, un destino industriale*. Napoli: Cuen.
- [3] Vitale, A. & de Majo, S. (2009). *Napoli e l'industria. Dai Borboni alla dismissione*. Soveria Mannelli: Rubbettino.
- [4] Aveta, A. & Castagnaro, A. (Eds.) (2023). *Patrimonio culturale e naturale della Campania. Rigenerazione urbana*. Roma-Napoli: editori paparo-FedOAPress.
- [5] Amore, R., Aveta, A. & Marino, B.G. (Eds.) (2018). *La baia di Napoli. Strategie integrate per la conservazione e la fruizione del paesaggio culturale*. Napoli: artstudiopaparo.
- [6] Di Liello, S. (2005). *Il paesaggio nei Campi Flegrei. Tra realtà e metafora*. Napoli: Electa Napoli.
- [7] Di Liello, S. (2006). I Campi Flegrei nella cultura figurativa europea dell'età moderna. In C. de Seta & A. Buccaro (Eds.), *Iconografia delle città in Campania. Napoli e i centri della provincia (pp. 169-178)*. Napoli: Electa.
- [8] Alisio, G. (Ed.) (1995). *Campi Flegrei*. Sorrento: Franco Di Mauro Editore.
- [9] Young, L. (1888). *Relazione sul progetto di una Ferrovia Metropolitana, Campi Flegrei e Rione Venezia per la città di Napoli*. Napoli: Tipografia A. Trani.
- [10] Alisio, G. (1978). *Lamont Young. Utopia e realtà nell'urbanistica napoletana dell'Ottocento*. Roma: Officina Edizioni.
- [11] Parisi, R. (2001). Verso una città salubre. Lo spazio produttivo a Napoli tra storia e progetto. *Meridiana*, 42, 53-74.
- [12] Ciuffetti, A. & Parisi, R. (Eds.) (2012). *L'archeologia industriale in Italia. Storie e storiografia (1978-2008)*. Milano: FrancoAngeli.

## Rigenerazione urbana e turismo sostenibile: strategie per la valorizzazione dell'ambiente costruito

Paolo Pane', Stefano De Falco'

<sup>1</sup> Università degli studi di Napoli Federico II, {paolo.pane, stefano.defalco}@unina.it

**Parole chiave:** rigenerazione urbana, turismo sostenibile, ambiente costruito, eco-innovazione

### ABSTRACT

La rigenerazione urbana rappresenta un elemento chiave per la sostenibilità delle città contemporanee, promuovendo strategie integrate per la valorizzazione dell'ambiente costruito e per il miglioramento della qualità della vita urbana [1]. Questo processo si configura come una risposta alla crescente pressione antropica sugli spazi urbani, alla necessità di ridurre il consumo di suolo e alla riqualificazione del patrimonio edilizio esistente in un'ottica di sostenibilità e inclusione sociale.

In questo contesto, il turismo sostenibile assume un ruolo cruciale nel supportare il recupero del patrimonio storico e architettonico, contribuendo alla rivitalizzazione economica delle aree urbane e alla promozione di nuove forme di sviluppo territoriale [2]. Un turismo pianificato in modo consapevole può diventare un volano per la rigenerazione urbana, incentivando il recupero di edifici in disuso, la creazione di infrastrutture accessibili e la valorizzazione del paesaggio culturale, riducendo al contempo gli impatti negativi sulla comunità locale e sull'ambiente.

Attraverso l'analisi di best practices nazionali e internazionali, il contributo propone soluzioni per il recupero di aree urbane degradate, il riuso adattivo di edifici storici e la creazione di nuovi poli di attrazione turistica con un impatto ambientale ridotto [3].

Questo studio esplora le interconnessioni tra rigenerazione urbana e turismo sostenibile, analizzando modelli di sviluppo basati su approcci partecipativi, eco-innovazione e strategie di economia circolare [4], con l'obiettivo di delineare un quadro strategico in grado di coniugare la tutela del patrimonio costruito con le esigenze di una crescita turistica equilibrata e responsabile

### Riferimenti bibliografici

[1] Prezioso, M. (2021). *Riprogrammare la crescita territoriale: turismo sostenibile, rigenerazione e valorizzazione del patrimonio culturale*. Bologna: Patrón.

- [2] Carta, M. (2022). *Homo urbanus. Città e comunità in evoluzione*. Roma: Donzelli Editore.
- [3] Angi, B. (2023). Urban Regeneration and Architectural Quality in Inner Areas of the Italian Apennines: Indicators and Models for Projects and Planning. *Sustainability*, 15(4), 1-22. <https://doi.org/10.3390/su15043567>
- [4] Pigliucci, M. (2021). *La pianificazione strategica del turismo nel quadro delle politiche di sviluppo territoriale*. In M. Prezioso, A. Addis, F. Bolicì, A. D’Orazio, G. Diana & S. Leonardi (Eds.), *Riprogrammare la crescita territoriale: turismo sostenibile, rigenerazione e valorizzazione del patrimonio culturale* (pp. 139-154). Bologna: Pàtron.

## Un modello di porto rigenerativo: verso la coesistenza di sostenibilità turismo e innovazione

**Domenico Vito<sup>1,8</sup>, Eugenio Luciani<sup>2,3</sup>, Giulia Guerriero<sup>4,5</sup>, Gaia Caldanise<sup>6</sup>, Maria Pia Tucci<sup>7</sup>, Jenny Salazar Zapata<sup>8</sup>, Patricia Furtado de Mendonça<sup>9</sup>, Rossana Vulcano<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> University of California San Diego, United States – Metabolism of Cities Living Lab, [dvito@sdsu.edu](mailto:dvito@sdsu.edu)

<sup>2</sup> SCImPULSE Foundation, [eugenio.luciani@novamedica.it](mailto:eugenio.luciani@novamedica.it)

<sup>3</sup> Green Blue Days APS

<sup>4</sup> Università degli Studi di Napoli Federico II, [giulia.guerriero@unina.it](mailto:giulia.guerriero@unina.it)

<sup>5</sup> Interdepartmental Research Center for Environment, UNINA & Mediterranean and Middle East 6 Universities Network Agreement (MUNA)

<sup>7</sup> Events&PRESS di Maria Pia Tucci, [mariapiatucci@gmail.com](mailto:mariapiatucci@gmail.com)

<sup>8</sup> Sapienza Università di Roma – Rete Giovani, [jennydaniela.salazarzapata@uniroma1.it](mailto:jennydaniela.salazarzapata@uniroma1.it)

<sup>9</sup> AcquaMater, [contato@acquamater.com](mailto:contato@acquamater.com)

<sup>10</sup> Primavera della Calabria, [rossanavulcano@gmail.com](mailto:rossanavulcano@gmail.com)

**Parole chiave:** rigenerazione portuale, economia circolare, turismo sostenibile, governance partecipativa, ocean literacy

### ABSTRACT

Il paper nato dall'esperienza di Green Blue Days of Action propone un modello di rigenerazione per porti turistici situati in prossimità di riserve marine, con l'obiettivo di promuovere la tutela della biodiversità e il turismo sostenibile. L'approccio integra strategie di economia circolare, governance partecipativa e innovazione tecnologica per ridurre l'impatto ambientale delle attività portuali, migliorando al contempo il coinvolgimento delle comunità locali e il dialogo tra stakeholder.

Dopo un'analisi dello stato dell'arte sulle pratiche di sostenibilità nei porti, il paper presenta casi studio di porti virtuosi in Europa e America Latina, tra cui Rotterdam, Valencia, Porto Alegre, Salerno, Napoli, Reggio Calabria e Cagliari. Questi esempi dimostrano l'efficacia di politiche ambientali avanzate, tra cui l'adozione di bioindicatori per il monitoraggio ecologico, l'integrazione di aree protette e la digitalizzazione dei servizi.

Il modello proposto si basa su dieci punti chiave, tra cui il rapporto con la città, la governance trasparente, la digitalizzazione, la gestione delle aree protette, l'inclusione sociale, l'economia circolare e il turismo responsabile. Particolare attenzione è dedicata all'educazione ambientale attraverso il concetto di Ocean Literacy for All e alla creazione di hub creativi e culturali all'interno delle aree portuali. Un'indagine condotta su 96 porti italiani

ha contribuito a delineare le priorità per lo sviluppo di porti rigenerativi, identificando sfide e opportunità legate alla sostenibilità portuale. Il paper conclude sottolineando la necessità di investimenti, politiche integrate e collaborazioni internazionali per trasformare i porti in motori di sviluppo sostenibile e resilienza ecologica. nuovi poli di attrazione turistica con un impatto ambientale ridotto [3].

Questo studio esplora le interconnessioni tra rigenerazione urbana e turismo sostenibile, analizzando modelli di sviluppo basati su approcci partecipativi, eco-innovazione e strategie di economia circolare [4], con l'obiettivo di delineare un quadro strategico in grado di coniugare la tutela del patrimonio costruito con le esigenze di una crescita turistica equilibrata e responsabile.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Lam, J. S. L., Shih, S. I. & Zhang, A. (2017). A review on green ports initiatives. *Transportation Research Procedia*, 25, 4677-4693 DOI
- [2] Chen, Y., Cullinane, K., Luo, M. & Chen, W. (2020). Developing a conceptual framework for port-city sustainable development: A focus on China. *Maritime Policy & Management*, 47(6), 737-755.
- [3] UNCTAD (2019). *Review of Maritime Transport 2019* (United Nations Conference on Trade and Development). Geneva: United Nations. <<https://unctad.org/>> (ultimo accesso 12 febbraio 2025).
- [4] Notteboom, T., Pallis, A. A. & Farrell, S. (2019). The practice of corporate social responsibility in global seaports. In T. Notteboom & A. A. Pallis (Eds.), *Handbook of Research on Port Economics* (pp. 402–420). Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- [5] Guan, C., Hu, S., Yang, Z. & Qiu, L. (2021). Port sustainability governance and management: A bibliometric review and future research agenda. *Sustainability*, 13(1), 166. DOI
- [6] Lee, L. H., Shang, K. C., & Cullinane, K. (2020). Review of sustainability assessment methodologies in ports: Analytical hierarchy process vs. life cycle assessment. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 83, 102333. DOI
- [7] UNWTO (2020). *World Tourism Organization*. <<https://www.unwto.org/>> (ultimo accesso 12 febbraio 2025).

- [8] Notteboom, T., Winkelmans, W., & Rodarmer, D. (2019). Green Port Strategies and the Development of Green Transport Corridors in Europe. In *Handbook of Research on Transport and Business Operations in the Era of Big Data* (pp. 216-238). IGI Global.
- [9] Frommel, A. Y., Lye, S. L. R., Brauner, C. J. & Hunt, B. P. V. (2022). Air Exposure Moderates Ocean Acidification Effects during Embryonic Development of Intertidally Spawning Fish. *Scientific Reports*, 12(1), 12270. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16399-6>
- [10] Mitra, A., Abdel-Gawad, F. K., Bassem, S., Barua, P., Assisi, L., Parisi, C., Temraz, T. A., Vangone, R., Kajbaf, K., Kumar, V. & Guerriero, G. (2023). Climate change and reproductive biocomplexity in fishes: Innovative management approaches towards sustainability of fisheries and aquaculture. *Water*, 15(4), 725. <https://doi.org/10.3390/w15040725>
- [11] UNESCO (2017). *Ocean literacy for all: a toolkit*. <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000260721>> (ultimo accesso 12 febbraio 2025).
- [12] McKinley, E., Burdon, D. & Shellock, R. J. (2023). The evolution of ocean literacy: A new framework for the United Nations Ocean Decade and beyond. *Marine Pollution Bulletin*, 186, 114467. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114467>
- [13] Kelly, R., et al. (2021). Connecting to the oceans: supporting ocean literacy and public engagement. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 1–21. DOI

## Il porto come patrimonio e paesaggio condiviso. L’“interazione porto-città” in alcuni cluster portuali italiani.

Chiara Nifosi<sup>1</sup>

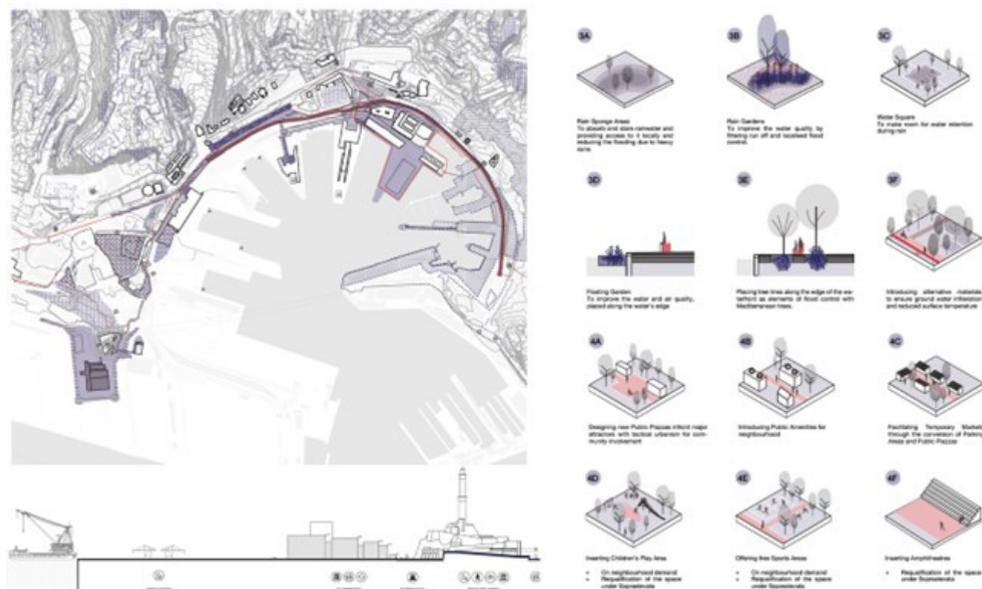
<sup>1</sup> Politecnico di Milano – Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, chiara.nifosi@polimi.it

**Parole chiave:** interazione porto-città, waterfront

### ABSTRACT

I vari conflitti legati all’interdipendenza tra porto, città e territorio, in termini di operatività, connettività, uso del suolo, confini, impatto sull’ambiente, sono una condizione consolidata nelle realtà urbane portuali [1]. Se lo sviluppo degli spazi del porto, in passato derivava dal dibattito politico, di carattere locale e regionale, oggi è sempre più spesso il risultato di principi economici globali, che hanno ulteriormente complicato il dialogo con la città e allontanato un’idea di spazialità condivisa. A differenza dei porti Europei e globali, in Italia i porti si sono ampliati all’interno del sistema urbano, generando una situazione di paralisi e rendendo in generale più difficile l’integrazione tra porto e città o la riqualificazione dei waterfront che in altri contesti è seguita alla nuova disponibilità di spazi [2]. Un entroterra saturo di urbanizzazione una fascia costiera caratterizzata dall’alternanza di materiali urbani e naturali, consentono in Italia pochi spazi di manovra per accogliere attività e innovazioni. In Italia si conta un numero rilevante di città-porto di piccola e media dimensione che, limitate nelle possibilità di espansione, per essere competitive sono chiamate ad elaborare strategie di collaborazione tra sistemi portuali, e tra questi e la città-territorio che non possono basarsi solo su criteri microeconomici, né sulle esigenze settoriali legate all’attività degli operatori globali dei trasporti e della logistica [3]. Il rinnovo del contesto normativo nazionale in materia di porti (Decreto legislativo 169/2016 e i successivi correttivi del 2017) delinea un cambiamento nei modi di interpretare e costruire la spazialità tra porto-città [4], aprendo un nuovo dibattito sulla qualità degli spazi di contatto tra porto e città, accelerato dall’attuazione del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza. Il contributo raccoglie e interpreta studi, approfondimenti tecnici multidisciplinari sulle “aree di interazione porto-città”, frutto di un confronto con le Autorità portuali di Sistema, gli Enti territoriali, le Università. L’interfaccia porto-città dei casi indagati è spesso discontinua, “grigia” e frammentata a causa delle barriere infrastrutturali che si estendono lungo gli archi portuali [5]: una sequenza di autostrade, ferrovie, aree di parcheggio, aree di stoccaggio, varchi e checkpoint di varia

natura e permeabilità. È praticamente impossibile rendere queste barriere completamente permeabili a causa delle esigenze di operatività del porto. Tuttavia, il porto e la città possono essere integrati attraverso il ridisegno condiviso del perimetro demaniale, verso una maggiore continuità, qualità degli spazi pubblici di contatto [6] e di penetrazione delle barriere e verso il de-isolamento di alcuni manufatti rilevanti da valorizzare e rendere fruibili [6]. Nei casi studio citati, si mettono in pratica principi di “connettività fisica e inclusività” [7] degli spazi del limite e delle barriere e di “comfort e funzionalità”, dello spazio pubblico attraverso tecniche di mitigazione degli effetti del cambiamento climatico (isole di calore, rischi idrogeologici) [8, 9] e di “valorizzazione del patrimonio in uso e in disuso” attraverso il riutilizzo e la riqualificazione e rifunzionalizzazione di importanti manufatti che rappresentano una tangibile testimonianza della storica relazione tra porto e città.



**Figura 1.** Genova Port – City Interface Porto Antico-Lantrna,- Guidelines. Aisha Kallil Tharayil. Relatore Prof.ssa C. Nifosi; co-supervisor Ana Paez (One Works).

### Riferimenti bibliografici

- [1] Ducruet, C. (2011). The port city in multidisciplinary analysis. In J. Alemany & R. Bruttomesso (Eds.), *The port city in the XXist century: New challenges in the relationship between port and city* (pp.32-48). RETE.

- [2] Savino, M. (Ed.) (2010). *Waterfront d'Italia. Piani politiche progetti*. Milano: FrancoAngeli.
- [3] Venosta, M. & Pavia, R. (Eds.) (2012). *Waterfront*. Tent: ListLab.
- [4] Prezioso, M., Mariotti, G., Camerada, M.V. & Pigliucci, M. (2017). La riforma dei porti in Italia: ricadute sulla pianificazione economico-territoriale di sistema e nuove sfide per la crescita blu. In M. Sechi Nuvole & D. Vidal Casellas (Eds.), *Sistema integrato del paesaggio tra antropizzazione, geo-economia, ambiente e sviluppo: atti dei convegni* (pp. 545-574). Girona: Documenta Universitaria.
- [5] Mirto, A. (Ed.) (2022). *Attività antropiche e salute delle coste. Indicatori territoriali di rischio e sostenibilità per aree costiere e insulari in Italia e nell'Unione Europea*. Roma: ISPRA.
- [6] Nifosì, C. & De Angelis, F. (2023). Strade litoranee adattive. Letture sistemiche tra vulnerabilità, dismissioni e forme di resilienza dei territori costieri. *Sea scape International Journal*, 3, 98-111. <https://dx.doi.org/10.57646/27857638G02>
- [7] Russo, M. (2016). Harbourscape: Between Specialization and Public Space. In M. Carta & D. Ronsivalle (Eds.), *The Fluid City Paradigm* (pp. 31-44). Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-28004-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-28004-2_4)
- [8] Burden, A. (2013). *Coastal climate resilience: Urban waterfront adaptive strategies*. New York: Department of City Planning New York. <<https://www.nyc.gov>> (ultimo accesso 12 febbraio 2025).
- [9] Pavia, R. (2019). *Tra suolo e il clima. La Terra come infrastruttura ambientale*. Roma: Donzelli.

## Prossimità e sostenibilità: la sfida della “X-minute city”

Fulvia Pinto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Politecnico di Milano, [fulvia.pinto@polimi.it](mailto:fulvia.pinto@polimi.it)

**Parole chiave:** prossimità, inclusività, accessibilità

### ABSTRACT

Il concetto di X-minute city rappresenta un’evoluzione dei modelli di pianificazione urbana basati sulla prossimità, proponendo un’organizzazione dello spazio urbano in cui i servizi essenziali – come lavoro, istruzione, sanità, commercio e spazi pubblici – siano facilmente accessibili entro un determinato intervallo di tempo a piedi, in bicicletta o con il trasporto pubblico. L’obiettivo principale di questo modello è ridurre la dipendenza dall’automobile privata, diminuire le emissioni di gas serra, incentivare forme di mobilità sostenibile e migliorare complessivamente la qualità della vita urbana attraverso la creazione di quartieri autosufficienti e vivibili [1]. La X-minute city non si limita a un tempo fisso di percorrenza, ma adatta il concetto di prossimità in base al contesto territoriale e alle esigenze della popolazione, rendendolo flessibile e scalabile. Tale paradigma richiede un ripensamento radicale della pianificazione urbana, promuovendo una maggiore integrazione tra le diverse funzioni della città - residenziale, commerciale e ricreativa – e rafforzando le infrastrutture dedicate alla mobilità pedonale e ciclabile. In particolare, la realizzazione di città più sostenibili e resilienti passa attraverso strategie che incentivano la diversificazione delle funzioni urbane (mixité), il recupero di spazi sottoutilizzati e il potenziamento delle aree verdi [2]. Nonostante i numerosi vantaggi, l’implementazione di questo modello presenta diverse sfide. Tra queste, emerge la necessità di politiche pubbliche efficaci per favorire la transizione verso città più compatte e accessibili, il rischio di gentrificazione che potrebbe escludere alcune fasce sociali e la complessità di adattare infrastrutture esistenti a un nuovo assetto urbanistico [3]. Inoltre, la digitalizzazione e l’innovazione tecnologica giocano un ruolo fondamentale in questa trasformazione, supportando, ad esempio, sistemi di mobilità intelligente e piattaforme digitali per la gestione dei servizi locali. Questo studio esamina le potenzialità e i limiti della X-minute city, analizzando casi studio internazionali e strategie di implementazione adottate da diverse città. L’obiettivo è offrire un quadro di riferimento per amministratori, urbanisti e cittadini interessati a sviluppare modelli urbani più sostenibili, inclusivi e adattabili alle sfide del futuro [4].

### Riferimenti bibliografici

- [1] Pinto, F. & Akhavan, M. (2022). Spazio e tempo nella città post covid. La “x minute city” per una rinnovata idea di prossimità. In R. Gerundo (Ed.), *Città e piani del rischio pandemico* (pp. 199-216). Napoli: ESI.
- [2] Pinto, F. & Akhavan, M. (2022). Scenarios for a Post-Pandemic City: urban planning strategies and challenges of making ‘Milan 15-minutes city’. *Transportation Research Procedia*, 60, 370-377. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.12.048>
- [3] Papas, T. Basbas, S. & Campisi, T. (2023). Urban mobility evolution and the 15-minute city model: from holistic to bottom-up approach. *Transportation Research Procedia*, 69, 544-551. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.02.206>
- [4] Silva, C., Büttner, B., Seisenberger, S. & Rauli, A. (2023). Proximity-centred accessibility - A conceptual debate involving experts and planning practitioners. *Journal of Urban Mobility*, 4, 100060. <https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2023.100060>

## Formare il Futuro delle Città Porto: Il Contributo del Master in Pianificazione e Progettazione delle Aree Portuali

**Maria Cerreta<sup>1</sup>, Gaia Daldanise<sup>2</sup>, Benedetta Ettore<sup>3</sup>, Giuditta Mikhail<sup>4</sup>, Andrea Paglialunga<sup>5</sup>, Sabrina Sacco<sup>6</sup>**

*1 Università degli Studi di Napoli Federico II, cerreta@unina.it*

*2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca su Innovazione e Servizi per lo Sviluppo, g.daldanise@iriss.cnr.it*

*3 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, ettorre@itc.cnr.it*

*4 Ingegnere, giuditamikhail@gmail.com*

*5 Università degli Studi eCampus, andrea.pgl@me.com*

*6 Politecnico di Milano, sabrina.sacco@polimi.it*

**Parole chiave:** città-porto, sviluppo sostenibile, pianificazione integrata, innovazione, transizione

### ABSTRACT

All'interno del metabolismo delle grandi città contemporanee i nodi intermodali giocano un ruolo fondamentale, agendo come cardini per i flussi di merci e persone. Tra questi figurano i porti, nuclei che rivestono un ruolo centrale per lo sviluppo del nostro Paese ma che al contempo si fanno portatori di sfide complesse legate ai conflitti che ne caratterizzano i processi. Tali sfide investono di riflesso le città ed i territori che li circondano, con cui intrattengono relazioni storiche di interdipendenza spaziale e funzionale. All'interno di queste aree sono diverse sono le questioni aperte: problematiche di ordine ambientale, che insieme a fattori legislativi, tecnologici, sociali e legati alla pianificazione degli spazi generano impatti significativi sulle città ma al tempo stesso rendono i sistemi campi di sperimentazione aperti e laboratori di transizione.

Il Master di II livello in Pianificazione e Progettazione Sostenibile delle Aree Portuali, attivo presso il Dipartimento di Architettura dell'Università di Napoli Federico II, esplora le interazioni tra porto e città attraverso un approccio multidisciplinare, con una visione che integra pianificazione strategica, innovazione sociale e tecnologica e progettazione architettonica e urbana. Il Master si distingue per una metodologia orientata alla sperimentazione progettuale e alla ricerca applicata, organizzando un percorso formativo articolato in moduli che esplorano le principali dimensioni della pianificazione delle città porto. Il modulo Città Porto Circolare approfondisce i temi della sostenibilità, con

particolare attenzione all'economia circolare, all'efficienza energetica e all'integrazione delle fonti rinnovabili. Il modulo Città Porto Resiliente affronta le strategie per la gestione del rischio ambientale nelle aree portuali e l'adattamento ai cambiamenti climatici. Il modulo Città Porto Innovativa analizza pratiche, strumenti e approcci che aiutano a comprendere cosa guida l'innovazione green&tech nei porti. Il quarto modulo Città Porto Inclusiva propone strategie di rigenerazione urbana e strumenti partecipativi per favorire l'integrazione tra porto e città, mentre l'ultimo, Città Porto Culturale, esplora il ruolo del patrimonio culturale nei processi di rigenerazione, stimolando nuove economie creative e promuovendo la cultura come motore di sviluppo sostenibile e innovativo.

Attraverso l'analisi di casi studio nazionali e internazionali e lo sviluppo di progetti su contesti reali, il Master permette di elaborare strategie innovative per la gestione delle relazioni città porto. Il percorso fornisce strumenti critici e interdisciplinari per la pianificazione urbana e portuale, costruendo una rete di ricerca che dialoga con istituzioni pubbliche, enti portuali, studi di architettura e organizzazioni internazionali. Attraverso questa rete, il programma contribuisce attivamente alla definizione di strategie progettuali e politiche per il futuro delle città porto, ponendosi come un laboratorio di sperimentazione per la trasformazione sostenibile degli spazi costieri.

Escludere alcune fasce sociali e la complessità di adattare infrastrutture esistenti a un nuovo assetto urbanistico [3]. Inoltre, la digitalizzazione e l'innovazione tecnologica giocano un ruolo fondamentale in questa trasformazione, supportando, ad esempio, sistemi di mobilità intelligente e piattaforme digitali per la gestione dei servizi locali.

Questo studio esamina le potenzialità e i limiti della X-minute city, analizzando casi studio internazionali e strategie di implementazione adottate da diverse città. L'obiettivo è offrire un quadro di riferimento per amministratori, urbanisti e cittadini interessati a sviluppare modelli urbani più sostenibili, inclusivi e adattabili alle sfide del futuro [4].

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Ducruet, C. (2011). The port city in multidisciplinary analysis. In: Alemany J. & Bruttomesso R. (Eds.), *The Port City of the XXIst Century: New Challenges in the Relationship between Port and City* (pp. 32–48). RETE. <https://shs.hal.science/halshs-00551208>
- [2] Carpenter, A., Lozano, R. (2020). Introduction, Chapter Summary, and Conclusions from the Book. In: Carpenter, A., Lozano, R. (Eds), *European Port Cities in Transition. Strategies for Sustainability*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-36464-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-36464-9_1)

- [3] Cerreta, M., Muccio, E., Poli, G., & Regalbutto, S. (2021). Verso un modello città-porto circolare: un sistema di supporto alla decisione multidimensionale e multiscalare per Napoli Est. *LaborEst*, 22(08), 57–63.
  
- [4] Fusco Girard, L. (2013). Toward a Smart Sustainable Development of Port Cities/Areas: The Role of the “Historic Urban Landscape” Approach. *Sustainability*, 5, 4329-4348. <https://doi.org/10.3390/su5104329>
  
- [5] Daldanise, G., & Clemente, M. (2022). Port Cities Creative Heritage Enhancement (PCCHE) Scenario Approach: Culture and Creativity for Sustainable Development of Naples Port. *Sustainability*, 14(14), 8603. <https://doi.org/10.3390/su14148603>.



**Transizione ecologica giusta per  
lo sviluppo sostenibile  
e resiliente dell'ambiente  
e dei territori**



## Le declinazioni della transizione giusta: innovazione e partecipazione per un futuro sostenibile

### Vito Felice Uricchio

*Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, vitofelice.uricchio@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** transizione giusta, biodiversità, partecipazione, innovazione

La transizione giusta trova importante sostegno nella innovazione da cui scaturiscono nuovi modelli di sviluppo con opportunità inedite per le persone, per l'economia, per le comunità nella piena attuazione della tutela ambientale.

I mercati e con essi, il commercio, l'artigianato, l'imprenditoria nascono e si sviluppano sulla base delle innovazioni e degli orientamenti normativi che auspicabilmente devono fondarsi sui risultati che la scienza offre.

Gli scenari climatici, le contaminazioni sempre più diffuse, la minaccia della biodiversità mettono in discussione la qualità della vita di domani ed è facendo aggio sul binomio – transizione giusta e sviluppo sociale – che può costruirsi un nuovo contesto di tutela dell'ambiente, di diritto alla salute e di prosperità, produzione e diffusione di beni. La transizione giusta è un valore sociale che non riduce ma completa ed integra il principio di libertà e di democrazia. La transizione giusta si inverte in un modello di sviluppo sociale dove la tutela dell'ambiente e della salute, la possibilità che possano diffondersi vantaggi a beneficio di tutti, rappresentano l'obiettivo e lo spirito di iniziativa che trova puntuali riscontri in tutti gli abstract pubblicati nella presente sessione. Con questo bagaglio prezioso di scienza e di conoscenza che si aggiunge alle maturazioni tecnologiche consolidate nel mondo, che andiamo incontro ai tempi nuovi.

La comunicazione della scienza, che si concretizza anche il presente volume, intende ispirare le politiche pubbliche, con lungimiranza, allo scopo di sostenere questi sforzi, nella consapevolezza che anche il mondo delle imprese richiede, ogni giorno, innovazione, creatività e coraggio.

La biodiversità ha grande valore sia sul piano ambientale ma anche su quello economico e sociale e la transizione giusta punta all'ampliamento della biodiversità in ogni comparto.

E, come emerge dai lavori sinteticamente espressi nel presente capitolo, la transizione giusta è anche palestra di nuova imprenditorialità. Per tale motivazione abbiamo voluto sottolineare gli aspetti della transizione giusta comprendendo elementi e scelte ai vari livelli, modelli sociali, formule di lavoro, strumenti di cui avvalersi, prospettive, affrontando in modo complessivo i nuovi fenomeni: dai mutamenti del clima, alle principali criticità ambientali, alle possibili pandemie, alle evoluzioni connesse con l'intelligenza artificiale.

La transizione giusta ha bisogno della corretta informazione, scientificamente basata ed anche del diritto a essere informati sulle dinamiche effettive che si originano da scelte strategiche condotte in ambito nazionale ed internazionale. In tale dimensione l'informazione corretta costituisce il principale anticorpo contro le adulterazioni della realtà. La transizione giusta è un percorso fortemente motivazionale, un cantiere aperto al confronto per uno sforzo collettivo che possa cambiare profondamente volto e prospettive al nostro futuro, rendendolo principalmente più equo, più sano ed armonioso per tutti.

La scienza può cambiare il mondo e questo postulato è confermato da numerosissime prove nel corso della vita sul nostro Pianeta, nei tanti passaggi decisivi che hanno modificato le abitudini e gli stili di vita, sino alle più recenti rivoluzioni industriali, generate sempre da spinte all'innovazione.

Innovazione e tecnologia sono due elementi che guidano prepotentemente questa fase delle nostre vite e se adeguatamente governati sulla base di un confronto democratico e di una visione di prospettiva, potranno fungere da moltiplicatori di conoscenza e da volano di crescita. La scienza contemporanea è fortemente sollecitata da questioni come la digitalizzazione e l'intelligenza artificiale, con importanti vantaggi in termini di rapidità nel conseguimento dei risultati e tali postulati trovano riscontro anche nei contenuti scientifici che affrontano i temi ambientali.

Credo sia necessario un approccio complessivo per puntare a una transizione ecologica che sia giusta ed inclusiva, che ponga al centro le esigenze della collettività, coniugando l'impegno contro la povertà energetica e gli ostacoli all'accesso all'energia per tutti agli importanti target di decarbonizzazione e le esigenze di sicurezza energetica.

La transizione è giusta solo se è in grado di cogliere le criticità ed adeguare gli sforzi ai mutamenti del contesto internazionale, guardando ai Paesi in via di sviluppo che patiscono in maniera più pesante gli effetti dei cambiamenti climatici e richiedono una collaborazione con le economie occidentali che non sia predatoria come spesso accaduto in passato. Una innovazione che ricerca soluzioni sostenibili ed eque, che incida positivamente

sulla vita delle comunità, in ogni ambito nazionale ed internazionale, che porti benessere e tuteli la salute delle popolazioni e dell'ambiente con azioni dinamiche, intelligenti ed equilibrate.

La spinta all'innovazione determinata dalla ricerca scientifica nel settore pubblico e privato, se ispirata ai criteri della transizione giusta, può esprimere al meglio gli effetti positivi, offrendo alle nostre imprese occasione di crescita e di consolidamento competitivo e diffondendo vantaggi positivi per la collettività.

La comunità scientifica che ha inteso contribuire al presente capitolo interpreta appieno questi valori e rappresenta un partenariato strategico, campo di collaborazione e di crescita tecnico-scientifica in materia ambientale, di ricerca e di dialogo interculturale che si estende ai temi della gestione integrata dei dati ambientali, alle tecnologie di monitoraggio delle matrici e di differenti tipologie di inquinanti, ai crediti di carbonio, alle Nature-Based Solutions ed agli approcci di bonifica, di depurazione e di economia circolare.

Lo scambio di saperi e di idee e questa esperienza rappresenta una testimonianza concreta delle ambiziose sfide che si stanno affrontando assieme, con lo sguardo rivolto al futuro.

La condivisione di conoscenze e di tecniche, fra mondo della ricerca, amministrazioni pubbliche e imprese, costituisce infatti la piattaforma più sicura per promuovere uno sviluppo armonioso e sostenibile nelle nostre società.

In questo contesto, le giornate ITC CONSTRUCTION DAYS 2025 ed il presente volume costituiscono un'occasione preziosa per riflettere, insieme, sulla trasversalità dei temi della transizione giusta rispetto a tutti i topics trattati: dialogo che è parte di un flusso costante di interazioni, uno scambio di esperienze, conoscenze, merci, tecnologie, innovazioni, contaminazioni scientifiche tra differenti ambiti che abbiamo sempre sullo sfondo e la tutela dell'ambiente e della salute.

Il mondo della ricerca è un luogo privilegiato in cui si forma il pensiero critico, dove i giovani possono confrontarsi con diverse tradizioni sociali e culturali, dove devono potersi aprire in libertà a nuovi orizzonti, costruendo esperienze che contribuiranno a una ancor migliore comprensione delle opportunità di sviluppo.

Dai contenuti dei lavori, anche se espressi in forma contratta, emerge con chiarezza un messaggio: esiste l'urgenza di una transizione ambientale che sia giusta, concreta, pragmatica, sostenibile, efficace.

Per troppo tempo abbiamo affrontato in modo inadeguato la questione della tutela dell'ambiente dalle tante contaminazioni e del cambiamento climatico, opponendo

artificiosamente fra loro le ragioni della gestione dell'esistente e quelle del futuro dei nostri figli e nipoti.

Nel passato si è pensato di affrontare queste importantissime sfide procedendo in ordine sparso ed in assenza di strategie comuni, con lo sguardo rivolto alle scoperte del passato, con risorse ordinarie, con strumenti obsoleti.

È invece soltanto attraverso una convinta cooperazione tra Stati, adesione agli obiettivi condivisi nell'ambito delle Nazioni Unite e risorse straordinarie che possiamo imprimere l'indispensabile accelerazione alla lotta al cambiamento climatico, per andare alla transizione ambientale giusta. Le conseguenze dei nostri ritardi sono evidenti a tutti come anche le conseguenze nefaste.

L'intensificazione della frequenza delle catastrofi naturali condiziona ogni aspetto della nostra vita, devastando interi territori, mietendo vittime, come anche la dispersione di inquinanti che impatta sulla diffusione di alcune "patologie ambientali". Tutti sono chiamati a cooperare.

La presenza, al fianco delle imprese, di esponenti del mondo della ricerca e dell'innovazione, conferma la rilevanza di un dialogo che individui soluzioni vantaggiose per rispondere alle principali sfide globali in tema di transizione: il mondo scientifico è chiamato a compiere uno sforzo straordinario in questo settore.

Le conoscenze specialistiche, da sole, non sono tuttavia sufficienti a soccorrere le gestioni delle complesse problematiche ambientali che interessano i nostri tempi. Infatti, per governare le tecniche, per coglierne l'impatto sulle società e sull'ambiente in coerenza con i principi del DNSH, per accrescerne le ricadute positive in termini di progresso, è infatti necessario un approccio che coniughi saperi scientifici e con quadri di visione che anticipino i possibili impatti positivi e negativi delle innovazioni.

I numerosi contributi che compongono con efficace sintesi il presente capitolo, danno un senso ed uno spessore ai principi della tutela ambientale nell'ottica della transizione giusta, favorendo la coesione dei popoli.

Si tratta di uno spirito prezioso, poiché la condivisione intorno ai valori supremi della tutela del nostro Pianeta, quale elemento di garanzia per la vita delle future generazioni, rappresenta il collante irrinunciabile della nostra comunità internazionale.

Occorre recuperare una prospettiva autentica e corretta del mondo e del suo futuro. In un'epoca di crescenti impatti ambientali con effetti sempre più evidenti, e anche di

innovazioni tumultuose, siamo chiamati, più che mai, a sviluppare un approccio riflessivo che ci aiuti ad apprezzare i limiti delle nostre prospettive, come persone e come società. È la premessa di un atteggiamento verso gli altri improntato al dialogo che è una delle premesse della transizione giusta.

Nel ringraziare tutti gli autori e lettori, per la dedizione e passione profusa nel quotidiano lavoro, frutto di una preparazione e di una selezione non comuni, e nel sollecitarVi a proseguire nel costante approfondimento tecnico-scientifico che la materia ambientale richiede, formulo a tutti Voi i miei migliori auguri di buona lettura e di buon lavoro.

## L'innovazione per il contrasto attivo ai crimini ambientali

**Vito Felice Uricchio<sup>1</sup>, Carmine Massarelli<sup>1</sup>, Stefania Fornaro<sup>2</sup>, Serena Triggiani<sup>3</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {uricchio, massarelli}@itc.cnr.it*

*2 Prefettura di Bari, stefania.fornaro@interno.it*

*3 Regione Puglia, assessore.ambiente.territorio@regione.puglia.it*

**Parole chiave:** criminalità ambientale, ecomafie, analisi dei dati, scopi predittivi, IA

### ABSTRACT

La criminalità ambientale transnazionale è diventata il principale motore finanziario del conflitto sociale, con gravi implicazioni per la pace e la sicurezza. I quadri di sviluppo sostenibile devono riconoscere apertamente e mitigare i rischi posti dalla criminalità ambientale transnazionale alla sicurezza ambientale [1].

In molti Paesi i crimini ambientali non vengono considerati una priorità, con conseguente mancanza di una risposta governativa adeguata e proporzionata. Di contro la Commissione Europea, in considerazione dell'analisi dei fenomeni criminali e dell'attenzione ai temi sviluppatasi in particolare in Italia, ha avviato un percorso adottando una specifica Direttiva UE sulla repressione dei crimini ambientali. Tra le novità rimarchevoli della Direttiva, il rafforzamento delle sanzioni, con la reclusione di almeno 10 anni per i delitti ambientali più gravi che minacciano la biodiversità, la salute e le economie globali.

L'Italia rispetto alle altre nazioni europee è al primo posto nella lotta alla criminalità ambientale, anche grazie alle esperienze condotte sui territori con la collaborazione del CNR. I crimini contro la natura sono la terza attività criminale più redditizia al mondo, preceduti solo dal traffico di droga, dalla contraffazione e dal contrabbando di armi. Generano entrate importantissime che hanno fatto registrare un record dell'ordine di 280 miliardi di dollari l'anno e costituiscono un settore portante della criminalità ed in forte crescita [3].

I crimini ambientali stanno minando le prospettive di sviluppo di quasi due miliardi di persone, di cui 535 milioni di bambini e provocando lo sfollamento forzato di circa 65 milioni di persone [2]. Fragilità, conflitto e violenza sono sfide critiche che minacciano gli sforzi per porre fine alla povertà estrema. Si prevede che la percentuale di persone estremamente povere che vivono nei paesi colpiti dagli effetti della criminalità ambientale aumenterà di oltre il 60% entro il 2030. Come riferito dal rapporto Ecomafia 2024 di

Legambiente in Italia si registrano 4 reati ambientali ogni ora. In tale ambito da oltre 22 anni opera il CNR, offrendo supporto scientifico e tecnologico alle Forze dell'Ordine operando con maggiore coordinazione ed efficacia mediante un sistematico monitoraggio ambientale che coniuga le potenzialità operative e tecnologiche della Guardia di Finanza e dei Carabinieri con le competenze scientifiche e di ricerca del CNR. L'intesa del CNR con le Forze dell'Ordine integra il valore della raccolta delle informazioni utilizzando skill per interpretarle e valorizzarle, anche per scopi predittivi e/o potenziando la rilevanza anche in sede processuale. Più efficacia in tribunale, quindi, grazie alle competenze del CNR, ma anche monitoraggio tempestivo e prevenzione contro ecomafie attive soprattutto nello sversamento abusivo di inquinanti e rifiuti sui territori.

L'interesse scientifico del CNR si rivolge anche all'applicazione di nuovi approcci che possano integrare l'impiego di modelli matematici, di sistemi di intelligenza artificiale e di dispositivi elettronici avanzati, ad applicazioni pratiche di interesse ambientale, ottenendo stimoli e suggerimenti per ulteriori implementazioni ed affinamenti promossi dagli stessi utilizzatori [4]. Tale scenario di proficua collaborazione ed attiva sinergia rende la Puglia un "laboratorio operativo" di rilievo internazionale, più volte premiato con riconoscimenti nazionali ed internazionali [1].

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Uricchio, V., Paparella, S. & Falconi, M. (2024). *L'innovazione per la transizione giusta*. Roma: CNR Edizioni.
- [2] Gopalakrishnan, B.A., Varghese, G.K., Pivato, A. & Lega, M. (2024). Pollution Crime Scenario Reconstruction for Effective Environmental Redress. *Environmental Forensics*, 26(2), 276-291. <https://doi.org/10.1080/15275922.2024.2431313>
- [3] Bansal, R. & Chopra, G. (2022). Forensic Investigation Process: A Critical Appraisal. *NFSU Journal of Forensic Justice*, 1(1), 40-45.
- [4] Massarelli, C. & Uricchio, V. F. (2024). The Contribution of Open Source Software in Identifying Environmental Crimes Caused by Illicit Waste Management in Urban Areas. *Urban Science*, 8(1), 21. <https://doi.org/10.3390/urbansci8010021>

## Gestione integrata dei dati ambientali con open-source software

**Carmine Massarelli<sup>1</sup>, Maria Silvia Binetti<sup>2</sup>, Vito Felice Uricchio<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {massarelli, uricchio}@itc.cnr.it

<sup>2</sup> Università degli Studi di Bari, maria.binetti@uniba.it

**Parole chiave:** open-source GIS, environmental data management, remote sensing analysis, Decision Support Systems (DSS)

### ABSTRACT

La gestione sostenibile delle risorse naturali richiede strumenti avanzati per il monitoraggio, la raccolta e l'analisi dei dati ambientali. Le tecnologie basate su software open-source offrono soluzioni flessibili e scalabili per l'elaborazione integrata di dati spaziali e ambientali, consentendo un'analisi più dettagliata e una gestione più efficace del territorio. L'adozione di strumenti come QGIS, GRASS GIS, R e Python, permette di elaborare dati geospaziali e ambientali con approcci innovativi, migliorando la capacità di monitorare il degrado ambientale, la frammentazione degli habitat e le pressioni antropiche sugli ecosistemi [1].

In particolare, l'integrazione di tecniche di telerilevamento e geostatistica consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di salute delle matrici ambientali e degli ecosistemi; inoltre, le tecniche di machine learning applicate ai dati geospaziali consentono di migliorare l'accuratezza delle analisi predittive, fornendo modelli per la valutazione del rischio ambientale e il supporto alle decisioni in materia di pianificazione territoriale [2].

In aggiunta le immagini satellitari ad alta risoluzione ad accesso libero nell'era Land Cover 2.0, come quelle fornite dalle missioni Sentinel e Landsat, offrono dati fondamentali per il rilevamento di cambiamenti nella copertura del suolo, l'analisi della qualità delle acque e la valutazione dell'erosione costiera [3].

L'utilizzo di software open-source favorendo l'interoperabilità tra diversi dataset e piattaforme, consente una condivisione più efficace delle informazioni tra Enti e personale a vario titolo coinvolti. A esempio la possibilità di integrare dati da sensori remoti, reti di monitoraggio IoT e sistemi GIS consente di sviluppare sistemi di supporto alle decisioni (DSS) per la gestione sostenibile delle risorse naturali [4]. Un esempio significativo è rappresentato dall'impiego di strumenti di analisi spaziale per il monitoraggio delle aree particolarmente sensibili, come le zone di transizione, in cui la combinazione di dati

multispettrali e termici consente di identificare le sorgenti di inquinamento diffuso e le variazioni nei regimi idrici con maggiore precisione rispetto ai metodi tradizionali [5, 6].

L'integrazione di strumenti open-source nella gestione dei dati ambientali permette non solo un accesso più equo alle tecnologie avanzate, ma anche una maggiore trasparenza e replicabilità delle analisi. Inoltre, l'automazione dei flussi di lavoro attraverso script e procedure standardizzate riduce significativamente i tempi e i costi delle operazioni di monitoraggio ambientale.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Neteler, M., Bowman, M. H., Landa, M. & Metz, M. (2012). GRASS GIS: A multi-purpose open source GIS. *Environmental Modelling & Software*, 31, 124-130. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.11.014>
- [2] Massarelli, C., Binetti, M. S., Triozzi, M. & Uricchio, V. F. (2023). A First Step towards Developing a Decision Support System Based on the Integration of Environmental Monitoring Activities for Regional Water Resource Protection. *Hydrology*, 10(8), 174. <https://doi.org/10.3390/hydrology10080174>
- [3] Wulder, M. A., Coops, N. C., Roy, D. P., White, J. C. & Hermosilla, T. (2019). Land cover 2.0. *International Journal of Remote Sensing*, 39(12), 4254-4284. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1452075>
- [4] Kempeneers, P., Sedano, F., Seebach, L., Strobl, P. & San-Miguel-Ayanz, J. (2011). Data fusion of different spatial resolution remote sensing images applied to forest-type mapping. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 49(12), 4977-4986. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2011.2158548>
- [5] Massarelli, C., Galeone, C., Savino, I., Campanale, C. & Uricchio, V. F. (2021). Towards Sustainable Management of Mussel Farming through High-Resolution Images and Open Source Software – The Taranto Case Study. *Remote Sensing*, 13(15), 2985. <https://doi.org/10.3390/rs13152985>
- [6] Massarelli, C., Campanale, C. & Uricchio, V. F. (2023). Monitoring of Coastal Dunes and Lagoons: Important Ecosystems to Safeguard. *Environments*, 10(12), 211. <https://doi.org/10.3390/environments10120211>

## Il contributo dello spazio per una scienza inclusiva sulla gestione del territorio

Vito Felice Uricchio<sup>1</sup>, Carmine Massarelli<sup>1</sup>, Maria Silvia Binetti<sup>2</sup>

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {uricchio, massarelli}@itc.cnr.it*

*2 Università degli Studi di Bari, maria.binetti@uniba.it*

**Parole chiave:** criminalità ambientale, ecomafie, analisi dei dati, scopi predittivi, IA

### ABSTRACT

L'applicazione di prospettive e tecnologie globali, quali il telerilevamento da satellite, in contesti locali richiede una sempre più spiccata integrazione dei dati, oggi notevolmente agevolata dalle applicazioni dell'intelligenza artificiale, che può portare benefici, tra cui un maggiore impatto scientifico ed una più diffusa applicabilità [1]. Per tali ragioni è utile puntare a coniugare i vantaggi di una visione sinottica fornita dai satelliti osservativi con data base locali gestiti dalle differenti amministrazioni per garantire che la collaborazione sia inclusiva e avvantaggi tutti i soggetti coinvolti.

La creazione ed il mantenimento di una collaborazione profonda e significativa tra ricercatori, istituzioni ed imprese, consente di enfatizzare le applicazioni, sviluppare sperimentazioni di interesse applicativo, ottimizzare le prestazioni dei sistemi di monitoraggio.

La partecipazione e la sinergia, amplifica le potenzialità degli strumenti di telerilevamento, migliorano le tecnologie riferibili a differenti categorie e colma le lacune di competenze e capacità che, per ovvi motivi si concentrano in alcuni delimitati ambiti scientifici e/o esperenziali. Negli ultimi anni in Italia e nel mondo le potenzialità si sono notevolmente ampliate anche grazie al sempre più elevato numero di satelliti lanciati nello spazio ed al progressivo sviluppo di competenze. Nel solo 2024 sono stati lanciati in orbita oltre 2.800 satelliti, raggiungendo un nuovo record storico. In aggiunta il 2024 è stato l'anno dell'Italia nello spazio e nello scenario internazionale l'Italia, potendo contare su un comparto industriale che vede attive 250 imprese, 15 distretti e 6 mila addetti, ha consolidato il quinto posto, posizionandosi subito dopo i giganti Usa e Cina e le grandi potenze Regno Unito e Russia. La gestione del territorio e dell'ambiente con le sue importanti complessità offre sfide ed opportunità per il mondo della ricerca e man mano che le acquisizioni satellitari ricche di informazioni ed altamente dimensionali miglioreranno in termini di copertura delle

superfici, risoluzione spaziale e latenza temporale nei prossimi anni le applicazioni per la gestione del territorio potranno essere sempre più diffuse ed funzionali per scopi decisionali, programmatori e di monitoraggio dell'efficacia degli interventi, sia pur integrando le informazioni con diverse tecniche complementari sul campo [3].

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Choi, H. & Oh, D. (2020). The importance of research teams with diverse backgrounds: research collaboration. *Journal of Productivity Analysis. J. Prod. Anal.*, 53, 5-19. <https://doi.org/10.1007/s11123-019-00567-4>
  
- [2] Cavender-Bares, J. et al. (2022). Integrating remote sensing with ecology and evolution to advance biodiversity conservation. *Nature Ecology & Evolution*, 6, 506-519. <https://doi.org/10.1038/s41559-022-01702-5>
  
- [3] Hestir, E. & Dronova, I. (2023). Remote sensing of primary producers in the Bay-Delta. *San Francisco Estuary and Watershed Science*, 20(4), 5. <https://doi.org/10.15447/sfew.2023v20iss4art5>

## L'intelligenza artificiale

**Vito Felice Uricchio<sup>1</sup>, Carmine Massarelli<sup>1</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {uricchio, massarelli}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** intelligenza artificiale, algoritmi, smaltimenti abusivi, Perimsiti, variabili predittive

### **ABSTRACT**

Le evoluzioni scientifiche degli ultimi anni hanno prodotto un utilizzo sempre più diffuso di sistemi di Intelligenza Artificiale che li ha portati ad essere presenti in smartphone, in computer, assistenti personali intelligenti, sistemi diagnostici in campo medico, veicoli a guida autonoma, etc. Tali sistemi hanno raggiunto o superato gli esseri umani nel riconoscere volti e ricostruire le loro informazioni, tradurre lingue, suggerire consigli di guida o sostenere operatori in ogni ambito nell'eseguire operazioni tecniche. Attraverso il conferimento della "wisdom" alle macchine [1] si punta a far acquisire ai computer le meravigliose caratteristiche del cervello umano in termini di adattabilità ed efficienza (per la memoria e la capacità di acquisizione di dati ed informazioni le macchine superano di molto l'uomo).

La neuroevoluzione informatica utilizza i principi dell'evoluzione biologica per progettare algoritmi sempre più intelligenti. Gli algoritmi evolutivi (detti anche genetici) sono algoritmi euristici usualmente impiegati per tentare di risolvere problemi di ottimizzazione per i quali non si conoscono altri algoritmi efficienti di complessità lineare o polinomiale.

In genere, gli algoritmi utilizzati negli ambienti di giustizia devono essere addestrati. Ciò richiede dati di addestramento che includano variabili predittive, che sono essenzialmente regressori nell'impostazione della regressione lineare, e una o più variabili di risposta da adattare [2].

Dall'addestramento, l'algoritmo apprende come le variabili predittive sono correlate alle variabili di risposta. Una volta stabilite, queste associazioni possono essere utilizzate per costruire valori imputati o previsti delle variabili di risposta quando tali valori sono sconosciuti. Dovrebbero essere presenti anche dati di test, generati

nello stesso modo dei dati di addestramento ma non utilizzati nella formazione. A causa della *natura adattiva degli algoritmi di apprendimento*, esistono complicazioni per l'inferenza statistica che a volte possono essere adeguatamente affrontate con i dati di test.

Con riferimento ai crimini ambientali le esperienze condotte in Puglia da oltre 22 anni, consentono di disporre di un sufficiente set di dati utilizzabili sia per l'addestramento degli algoritmi che per l'esecuzione dei test. In Puglia tutti i dati riferiti a smaltimenti abusivi nelle forme di discariche ed abbandoni sono raccolti nella banca dati *Perimsiti* [3] (implementata dal CNR), che può essere agevolmente utilizzata per la raccolta e l'organizzazione dei dati rilevanti per la formazione ed i test [4]. L'addestramento può essere condotto per tipologia di rifiuti (ad es. rifiuti da lavorazione industriale, i rifiuti da attività commerciali, fanghi di deputazione, rifiuti edili, rifiuti sanitari, etc.) e posti in connessione con le attività antropiche dell'area o con la rete dei flussi prevalenti.

Una volta che l'algoritmo addestrato raggiunge prestazioni soddisfacenti nei dati di test, è pronto per l'uso. Le informazioni utilizzate per l'imputazione o la previsione vengono presentate all'algoritmo addestrato. L'output ha lo scopo di informare sui luoghi dei possibili smaltimenti abusivi al fine di contrastarli efficacemente con l'impiego di microfotocamere, droni e specifiche attività di sorveglianza [5].

Infatti, nei sistemi di IA, proprio come con i dati, possono essere introdotti i problemi a cui si chiedono delle possibili formazioni. Mutamenti così profondi, veloci, radicali, dalla Intelligenza Artificiale, alla grande intensità di strumenti di connessione, offrono importantissime prospettive scientifiche ed applicative nell'ambito di riferimento.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Butt, U.M., Letchmunan, S., Hassan, F.H., Ali, M., Baqur, A., Wei Koh, T. & Sherazi, H.H.R. (2021) Spatio-Temporal Crime Predictions by Leveraging Artificial Intelligence for Citizens Security in Smart Cities. *IEEE Access*, 9, 47516-47529. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3068306>
- [2] Hwang, Y., Jung, S.W. & Park, E.J. (2025) Predicting and analysing initiator crime environments based on machine learning for improving urban safety. *Archnet-IJAR*, 19(1), 66-84. <https://doi.org/10.1108/ARCH-09-2023-0229>
- [3] Uricchio, V., Paparella, S. & Falconi, M. (2024). *L'innovazione per la transizione giusta*. Roma: CNR Edizioni.

- [4] Massarelli, C., Matarrese, R., Uricchio, V. F., Muolo, M. R., Laterza, M. & Ernesto, L. (2016). Detection of asbestos-containing materials in agro-ecosystem by the use of airborne hyperspectral CASI-1500 sensor including the limited use of two UAVs equipped with RGB cameras. *International Journal of Remote Sensing*, 38(8–10), 2135-2149. <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1226528>
- [5] Gopalakrishnan, B.A., Varghese, G.K., Pivato, A. & Lega, M. (2024). Pollution Crime Scenario Reconstruction for Effective Environmental Redress. *Environmental Forensics*, 26(2), 276-291. <https://doi.org/10.1080/15275922.2024.2431313>

## I crediti di carbonio a sostegno della bonifica del Mar Piccolo di Taranto con alghe e mitili

**Carmine Massarelli<sup>1</sup>, Vito Felice Uricchio<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {massarelli, uricchio}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** crediti di carbonio, sostanza organica, alghe, mitili, Mar Piccolo

### ABSTRACT

I mitili e le alghe sono degli importanti carbon sink. Nello specifico più del 90% delle conchiglie dei bivalvi è costituito da carbonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), sintetizzato durante il processo di biocalcificazione, che incorpora una molecola di  $\text{CO}_2$ . Recenti pubblicazioni scientifiche internazionali hanno quantificato la quantità di  $\text{CO}_2$  che la cozza mediterranea allevata (*Mytilus galloprovincialis*) è in grado di assorbire attraverso un approccio ecosistemico di Life Cycle Assessment (LCA).

In un contesto più ampio ed attuale, l'acquacoltura dei bivalvi potrebbe essere inclusa nel sistema di scambio del carbonio e svolgere un ruolo importantissimo verso l'economia carbon-neutral [1] prevista nel Green Deal europeo (ridurre le emissioni del 55% entro il 2030 e raggiungere la neutralità climatica entro il 2050).

In aggiunta, la quasi totalità delle alghe interviene nei processi di immagazzinamento del carbonio (nella forma di  $\text{CO}_2$ ) per fissarlo nella biomassa: il cosiddetto *blue carbon*.

Per lungo tempo ruolo delle macroalghe nelle valutazioni del *blue carbon* è stato controverso, in parte a causa delle incertezze sul destino delle macroalghe esportate. Tuttavia, recenti indagini basate sullo studio metagenomico hanno dimostrato con chiarezza il ruolo delle macroalghe per la cattura della  $\text{CO}_2$ . Tale effetto è particolarmente evidente negli *habitat* costieri, ecosistemi altamente produttivi che contribuiscono notevolmente al sequestro globale del carbonio. In particolare, le macroalghe sono in grado di catturare importanti quantità di carbonio generando ossigeno, che, in questo caso particolare, risulta utilissimo per la respirazione dei mitili, soprattutto nei periodi di maggiore criticità caratterizzati da maggiore temperatura delle acque e gravi situazioni di ipossia ed anossia. Con riferimento ai crediti di carbonio [2] essi sono certificati negoziabili, equivalenti ad una tonnellata di  $\text{CO}_2$  non emessa o assorbita grazie ad un

progetto di tutela dell'ambiente realizzato con l'obiettivo di ridurre le emissioni globali di CO<sub>2</sub> e/o di altri gas ad effetto serra. I crediti di carbonio vengono scambiati all'interno di due tipologie di mercati: i mercati volontari e i mercati obbligatori [3]. Il mercato volontario è un mercato in cui le organizzazioni e le persone possono volontariamente acquistare e vendere crediti di carbonio per compensare le proprie emissioni di gas serra. In tale direzione il progetto in corso di realizzazione a Taranto, punta a sviluppare attività di informazione e sensibilizzazione, utilizzando la leva economica dei crediti di carbonio per favorire un cambio culturale di paradigma che porti a considerare sempre con maggiore attenzione gli equilibri tra emissioni e sequestro dei gas climalteranti.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Griscom, B.W. et al. (2017). Natural climate solutions. *Proc Natl Acad Sci.*,114(44), 11645-11650. <https://doi.org/10.1073/pnas.1710465114>
  
- [2] Laing, T., Taschini, L. & Palmer, C. (2016). Understanding the demand for REDD + credits. *Envir Conserv.*, 43(4), 389-396. <https://doi.org/10.1017/S0376892916000187>
  
- [3] United Nations Climate Change (s.d.). *The Paris Agreement*. <<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>> (ultimo accesso 12 dicembre 2023).

## Una Piattaforma ICT Integrata a Supporto dei Piani e Politiche per gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile della Regione Puglia

**Carmine Massarelli<sup>1</sup>, Antonella Lerario<sup>1</sup>, Maria Silvia Binetti<sup>2</sup>, Michele Chieco<sup>3</sup>, Vito Felice Uricchio<sup>1</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {massarelli, lerario, uricchio}@itc.cnr.it*

*2 Università degli Studi di Bari, maria.binetti@uniba.it*

*3 Consiglio regionale della Puglia, chieco.michele@consiglio.puglia.it*

**Parole chiave:** SDGs, indicatori, piattaforma ICT, geodatabase

### **ABSTRACT**

L'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile, approvata dall'Assemblea Generale ONU, rappresenta una guida strategica mondiale con 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) e 169 target specifici, finalizzata a promuovere uno sviluppo economico, sociale e ambientale equo [1].

A metà del percorso pianificato per la sua attuazione ed in un contesto globale che vede pressioni sempre più rilevanti verso la messa in discussione dei cardini della transizione giusta, verde e digitale, appare sempre più cruciale, per istituzioni internazionali e governi nazionali l'impegnato nell'accertare il progresso dell'implementazione dei SDG e gli scostamenti rispetto agli obiettivi iniziali, utilizzando sistemi, metodi e indicatori per il monitoraggio.

Da un lato, proprio il reporting nazionale rivela però forti eterogeneità tra regioni, le cui differenze strutturali inevitabilmente influiscono sull'avanzamento dei diversi obiettivi [2-5]. L'impossibilità per gli indicatori nazionali di cogliere i fenomeni territoriali locali, e la crescente competenza subnazionale di materie-chiave come ambiente e salute, rivelano il ruolo centrale dei contesti regionali. Dall'altro, accanto alle risorse per il monitoraggio degli effetti delle policy per l'implementazione degli SDG, è necessario garantire a monte un adeguato supporto conoscitivo per la loro definizione, attraverso la valutazione dell'applicabilità locale delle best practice.

In questa prospettiva diventa fondamentale rafforzare la collaborazione e l'interazione tra livelli decisionali politici e settore della ricerca con strumenti adeguati, utili anche a mappare centri di competenza e partenariati scientifici ed istituzionali.

L'articolo illustra una piattaforma IT sviluppata per il Consiglio regionale della Puglia con un duplice finalità: migliorare la collaborazione fra istituzioni legislative e centri di ricerca, facilitando raccolta e trasferimento di dati sulle best practice; supportare la sperimentazione pratica su aspetti di sviluppo regionale, con particolare attenzione alle partnership per la sostenibilità, alle esigenze legislative e alla conoscenza del territorio. Il sistema informativo, basato su geodatabase e sviluppato interamente con software open source, raccoglie dati relativi alla legislazione regionale, rapportati agli SDGs, progetti di cooperazione e documenti tecnici e scientifici contribuendo alla conoscenza degli effetti di piani e programmi per il territorio. Il tool, oltre a mappare progetti rilevanti, rappresenta un'importante risorsa per monitorare e supportare le politiche di sviluppo sostenibile, facilitando la condivisione di informazioni tra attori locali, nazionali ed Europei.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Weiland, S., Hickmann, T., Lederer, M., Marquardt, J. & Schwindenhammer S. (2021). The 2030 Agenda for Sustainable Development: Transformative Change through the Sustainable Development Goals? *Politics and Governance*, 9(1), 90-95.
- [2] Ungaro, P. (Ed.) (2023). *Rapporto SDGs 2023 Informazioni Statistiche per L'Agenda 2030 In Italia*. ISTAT. <<https://www.istat.it/storage/rapporti-tematici/sdgs/2023/Rapporto-SDGs-2023.pdf>> (ultimo accesso 13 febbraio 2025).
- [3] Nazioni Unite (2023, 20 ottobre). *SDG in Italia – AsviS pubblica il suo ottavo rapporto annuale. A metà cammino, progressi insufficienti: occorre invertire la rotta*. <<https://unric.org/it/sdg-in-italia-asvis-pubblica-il-suo-ottavo-rapporto-annuale-a-meta-cammino-progressi-insufficienti-occorre-invertire-la-rotta/>> (ultimo accesso 13 febbraio 2025).
- [4] ASviS – Alleanza Italiana per lo Sviluppo Sostenibile (2023). *L'Italia e gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (Sintesi) – Rapporto ASviS 2023*. <[https://asvis.it/public/asvis2/files/Rapporto\\_ASviS/Rapporto\\_ASviS\\_2023/SINTESI\\_Report\\_ASviS\\_2023.pdf](https://asvis.it/public/asvis2/files/Rapporto_ASviS/Rapporto_ASviS_2023/SINTESI_Report_ASviS_2023.pdf)> (ultimo accesso 13 febbraio 2024).
- [5] ESG NEWS (2024, 18 luglio). *SDGs, a che punto è lo sviluppo sostenibile in Italia*. <<https://esgnews.it/social/sdgs-a-che-punto-e-lo-sviluppo-sostenibile-in-italia>> (ultimo accesso 13 febbraio 2025).

## Il ruolo delle tecnologie avanzate nella pianificazione ambientale

**Carmine Massarelli<sup>1</sup>, Maria Silvia Binetti<sup>2</sup>, Valeria Mammone<sup>1</sup>, Paola Lassandro<sup>4</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {massarelli, v.mammone, lassandro}@itc.cnr.it*

*2 Università degli Studi di Bari, maria.binetti@uniba.it*

**Parole chiave:** resilienza urbana, gestione sostenibile del territorio, intelligenza artificiale ambientale, pianificazione territoriale intelligente

### ABSTRACT

La gestione sostenibile del territorio e la resilienza urbana rappresentano due elementi fondamentali per affrontare le sfide ambientali legate ai cambiamenti climatici, all'inquinamento e alla qualità della vita. La resilienza urbana si riferisce alla capacità delle città di assorbire, adattarsi e rispondere efficacemente agli shock ambientali e antropici, garantendo la continuità dei servizi essenziali e la tutela delle risorse naturali e la salvaguardia dei servizi ecosistemici [1].

Una pianificazione territoriale efficace deve integrare strategie di mitigazione e adattamento, promuovendo soluzioni basate sulla natura (Nature-Based Solutions) e una gestione intelligente delle risorse [2].

È necessario svolgere un ruolo chiave nell'implementazione di strategie per migliorare la qualità ambientale e la resilienza del patrimonio edilizio. L'integrazione di metodologie avanzate come i sistemi di monitoraggio IoT, i sistemi informativi geografici (GIS), il telerilevamento e i modelli predittivi consente di elaborare scenari di rischio e supportare la riqualificazione delle aree urbane, sia nel suo sviluppo verticale e sia orizzontale [3], inclusi i brownfields, ossia siti industriali dismessi con potenziali criticità ambientali [4].

Un aspetto sempre più rilevante nella gestione ambientale è il ruolo delle tecnologie avanzate, in particolare del Machine Learning e del Deep Learning. Queste tecniche, applicate ai Big Data ambientali, consentono di migliorare l'analisi e la previsione di fenomeni complessi come la dispersione degli inquinanti, il consumo di suolo e l'impatto delle attività antropiche sugli ecosistemi urbani [5].

L'uso combinato di queste tecnologie con modelli predittivi avanzati può fornire strumenti decisionali utili per la *governance* urbana e la pianificazione sostenibile. Ad esempio, le tecniche di intelligenza artificiale applicate ai dati satellitari e ai modelli di

simulazione possono supportare la gestione del rischio idrogeologico [4] e la valutazione della qualità dell'aria in tempo reale [6]. Inoltre, l'adozione di strumenti di monitoraggio automatizzati e sistemi di early warning può migliorare la capacità di risposta agli eventi estremi, contribuendo a una maggiore sicurezza e resilienza delle città.

La metodologia sviluppata è stata validata attraverso l'applicazione su un caso studio sito in zona peri-urbana del territorio tarantino, al fine di ottimizzare la gestione delle risorse ambientali e migliorare la qualità della vita.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Meerow, S., Newell, J. P. & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38-49. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>
- [2] Sommese, F. (2024). Nature-Based Solutions to Enhance Urban Resilience in the Climate Change and Post-Pandemic Era: A Taxonomy for the Built Environment. *Buildings*, 14(7), 2190. <https://doi.org/10.3390/buildings14072190>
- [3] Lassandro, P., Zaccaro, S.A. & Di Turi, S. (2024). Mitigation and Adaptation Strategies for Different Urban Fabrics to Face Increasingly Hot Summer Days Due to Climate Change. *Sustainability*, 16(5), 2210. <https://doi.org/10.3390/su16052210>
- [4] Thomas, M.R. (2002). A GIS-based decision support system for brownfield redevelopment. *Landscape and Urban Planning*, 58(1), 7-23. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(01\)00229-8](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(01)00229-8)
- [5] Binetti, M. S., Massarelli, C. & Uricchio, V. F. (2024). Machine Learning in Geosciences: A Review of Complex Environmental Monitoring Applications. *Machine Learning and Knowledge Extraction*, 6(2), 1263-1280. <https://doi.org/10.3390/make6020059>
- [6] Zhang, Q., Fu, F. & Tian, R. (2020). A deep learning and image-based model for air quality estimation. *Science of The Total Environment*, 724, 138178. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138178>

## Da bioindicatori a biomateriali: le potenzialità ecologiche dei mitili

**Ilaria Savino<sup>1</sup>, Valeria Ancona<sup>2</sup>, Carmine Massarelli<sup>2</sup>, Vito Felice Uricchio<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque, [ilaria.savino@ba.irsra.cnr.it](mailto:ilaria.savino@ba.irsra.cnr.it)

<sup>2</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {[ancona](mailto:ancona@itc.cnr.it), [massarelli](mailto:massarelli@itc.cnr.it), [uricchio](mailto:uricchio@itc.cnr.it)}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** indicatori biologici, mitili, economia circolare

### ABSTRACT

Negli ultimi anni, l'uso di bioindicatori ha acquisito un ruolo sempre più centrale nelle valutazioni integrate della qualità degli ecosistemi. I bivalvi, con particolare riferimento ai mitili, sono tra i principali organismi in grado di riflettere la salute delle acque marino costiere, come una vera e propria “istantanea” nel tempo. Grazie alla loro capacità di filtrare grandi volumi d'acqua e di bioaccumulare inquinanti organici e inorganici, nonché alla loro diffusa distribuzione, i mitili rappresentano preziosi strumenti di biomonitoraggio delle variazioni spaziali e temporali dei contaminanti acquatici [1]. Tuttavia, le potenzialità dei mitili si estendono ben oltre il loro ciclo vitale. La loro struttura protettiva, ricca soprattutto di carbonato di calcio ed oligoelementi, può trasformarsi da rifiuto a nuova materia prima per la creazione di materiali ecosostenibili ed il recupero di sostanze vitali per l'ambiente. Le conchiglie possono svolgere un ruolo fondamentale come agenti neutralizzanti per i suoli acidi. In combinazione con altre sostanze, possono migliorare significativamente il grado di fertilità dei suoli, incrementando l'abbondanza microbica edafica fino a 10 volte e contribuendo al potenziamento delle pratiche agricole sostenibili [2, 3]. L'aggiunta dei gusci di cozze ai terreni minerari acidi può potenziare il loro effetto bioadsorbente nei confronti dei metalli pesanti, riducendone la biodisponibilità e migliorando la qualità dei suoli [3]. Il basso costo di questo sottoprodotto, unitamente all'elevato tasso di produzione annuale derivante dalla pesca e dall'acquacoltura, evidenziano promettenti potenzialità ai fini della riqualificazione di suoli inquinati. Inoltre, i gusci calcinati possono agire come biofiltri per la rimozione di altre sostanze chimiche pericolose dalle acque reflue domestiche ed industriali [4]. La valorizzazione degli scarti di conchiglie riveste un'importanza cruciale nella definizione di strategie volte a trasformarli in una risorsa preziosa per una vasta gamma di applicazioni. Seppur

confinati soprattutto a livello di laboratorio, numerose sono le sperimentazioni in corso che abbracciano sia l'ambito ambientale sia i settori biomedico, cosmetico ed edilizio. Con le opportune valutazioni ed approfondimenti, le potenzialità di questi organismi potrebbero, quindi, preannunciare lo sviluppo di nuovi approcci ambientali, tecnologici ed economici in linea con i principi di sostenibilità ambientale ed economia circolare.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Beyer, J., Green, N.W., Brooks, S., Allan, I. J., Ruus, A., Gomes, T., Bråte, I. L.N. & Schøyen, M. (2017). Blue mussels (*Mytilus edulis* spp.) as sentinel organisms in coastal pollution monitoring: a review. *Marine environmental research*, 130, 338-365. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2017.07.024>
- [2] Lolas, A., Molla, K., Georgiou, K., Apostologamvrou, C., Petrotou, A., Skordas, K. & Vafidis, D. (2024). Evaluating the Liming Potential of *Mytilus galloprovincialis* Shell Waste on Acidic Soils. *Conservation*, 4(4), 778-791. <https://doi.org/10.3390/conservation4040046>
- [3] Santás-Miguel, V., Campillo-Cora, C., Núñez-Delgado, A., Fernández-Calviño, D. & Arias-Estévez, M. (2022). Chapter 9 - Utilization of mussel shell to remediate soils polluted with heavy metals. In I. Anastopoulos, E. Lima, L. Meili, & D. Giannakoudakis (Eds.), *Biomass-Derived Materials for Environmental Applications* (pp. 221-242). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91914-2.00017-9>
- [4] Topić Popović, N., Lorencin, V., Strunjak-Perović, I. & Čož-Rakovac, R. (2023). Shell Waste Management and Utilization: Mitigating Organic Pollution and Enhancing Sustainability. *Applied Sciences*, 13(1), 623. <https://doi.org/10.3390/app13010623>

## Plastica e sostenibilità: la grande sfida del riciclo

**Ilaria Savino<sup>1</sup>, Valeria Ancona<sup>2</sup>, Carmine Massarelli<sup>2</sup>, Vito Felice Uricchio<sup>2</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque, [ilaria.savino@ba.irsra.cnr.it](mailto:ilaria.savino@ba.irsra.cnr.it)*

*2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {[ancona](mailto:ancona@itc.cnr.it), [massarelli](mailto:massarelli@itc.cnr.it), [uricchio](mailto:uricchio@itc.cnr.it)}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** riciclo, gestione dei rifiuti, economia circolare

### **ABSTRACT**

I rifiuti di plastica rappresentano una tra le più grandi minacce per il nostro pianeta. Ogni anno milioni di tonnellate di plastica finiscono nell'ambiente compromettendo la salute degli ecosistemi e di ogni essere vivente [1, 2]. Secondo l'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico, la produzione di rifiuti di plastica potrebbe raggiungere un miliardo di tonnellate all'anno entro il 2060 [3]. Il riciclo rappresenta la strategia più promettente per un futuro sostenibile, riducendo la domanda di materie prime fossili, le emissioni dei gas serra e l'impatto sul cambiamento climatico. Tuttavia, la sua piena attuazione è tutt'oggi ostacolata da sfide significative. Meno del 15% dei rifiuti plastici viene effettivamente riciclato. Il 25% viene incenerito, liberando, nei casi di cattiva gestione dei processi di combustione, sostanze inquinanti nell'atmosfera; il 45% si accumula nelle discariche mentre la restante parte finisce direttamente nell'ambiente, contribuendo all'inquinamento terrestre e marino [4]. Le principali sfide derivano dalla contaminazione dei rifiuti e dalla varietà delle composizioni polimeriche, arricchite da un'ampia gamma di additivi chimici, che complicano ulteriormente le fasi di raccolta e separazione, contribuendo a ridurre l'efficacia del processo di riciclaggio, con conseguente abbassamento dei tassi di recupero [5]. Alcune fasi del riciclo possono, inoltre, alterare le proprietà meccaniche del materiale riducendone la qualità ed il valore di mercato rispetto alle plastiche vergini e limitandone l'utilizzo ad una ristretta tipologia di applicazioni [6]. Questo scenario sottolinea l'urgenza di sviluppare strategie innovative e sostenibili per trasformare la plastica da rifiuto a risorsa, minimizzandone l'impatto ambientale e aderendo ai principi dell'economia circolare. In tale contesto, si delinea l'accordo di collaborazione tra ITC-CNR ed il Consorzio Nazionale per il Riciclaggio di Rifiuti di Beni in Polietilene (PolieCo), con l'obiettivo di individuare e promuovere

ricerche e soluzioni che assicurino i massimi livelli di efficienza e valore dei prodotti durante l'intero ciclo di vita. Gli sviluppi saranno a beneficio di produttori, importatori, distributori, riciclatori e recuperatori di rifiuti, fornendo supporto tecnico-scientifico agli organi costituzionali e alle pubbliche amministrazione e favorendo lo sviluppo scientifico, tecnologico, economico e sociale del Paese.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Cottom, J.W., Cook, E. & Velis, C.A. (2024). A local-to-global emissions inventory of macroplastic pollution. *Nature*, 633, 101-108. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07758-6>
- [2] Ganguly, S. (2018). Plastic pollution and its adverse impact on environment and ecosystem. In A. Dinesh Kumar (Ed.), *International Conference on Recent Trends in Arts, Science, Engineering and Technology. ICRTASET - 2018 Proceedings* (pp. 15-16). Perambalur: DK International Research foundation.
- [3] OECD (2022). *Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060*. Paris: OECD Publishing.
- [4] Pottinger, A. et al. (2024). Pathways to reduce global plastic waste mismanagement and greenhouse gas emissions by 2050. *Science*, 386(6726), 1168-1173. <https://doi.org/10.1126/science.adr3837>
- [5] Singh, N. & Walker, T.R. (2024). Plastic recycling: A panacea or environmental pollution problem. *npj Materials Sustainability*, 2, 17. <https://doi.org/10.1038/s44296-024-00024-w>
- [6] Seier, M., Archodoulaki V.M. & Koch, T. (2024). The morphology and properties of recycled plastics made from multi-layered packages and the consequences for the circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 202, 107388. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107388>

## Conglomerati cementizi rinforzati con PET di scarto per lo sviluppo di un ambiente sostenibile

Cristiano Giuseppe Coviello<sup>1</sup>, Paola Lassandro<sup>2</sup>, Dora Foti<sup>1,2</sup>

*1 Politecnico di Bari – Dipartimenti di Architettura, c.coviello@phd.poliba.it, dora.foti@poliba.it*

*2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, lassandro@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** riciclo, miscele cementizie rinforzate con PET, aggregati fini di PET, miglioramento delle proprietà meccaniche, massetti autolivellanti, miglioramento dell'isolamento termico

### ABSTRACT

Il riutilizzo del Polietilene Tereftalato (PET) come materiale di rinforzo dei conglomerati cementizi si configura come una soluzione avente un duplice scopo positivo per l'ambiente. Il primo relativo alla riduzione delle plastiche di scarto immesse in discarica ed il secondo relativo alla mitigazione della CO<sub>2</sub> degli impianti di produzione dei conglomerati cementizi [1]. Inoltre, l'applicazione di particelle o fibre di PET all'interno di composti del cemento come i massetti per l'edilizia migliorerebbe anche le proprietà meccaniche e termiche di tali miscele [2]. In diversi studi è emerso come utilizzando particelle di PET di dimensioni ridotte e forme abbastanza regolari, o fibre di PET più lunghe e deformabili, è possibile raggiungere una resistenza a compressione migliore, confrontabile con quella del calcestruzzo senza PET [3]. L'uso del PET nei calcestruzzi o nelle malte produce una riduzione del peso e, di conseguenza, della densità, poiché i materiali plastici pesano tipicamente meno degli aggregati organici (come la sabbia) [4]. Di conseguenza, la relazione tra il peso unitario delle miscele con PET e il contenuto di aggregati plastici è lineare con un andamento decrescente. In questo studio si sono analizzati gli effetti prodotti dall'utilizzo di aggregati fini di PET riciclato all'interno dei comuni massetti da costruzione. Sono state testate le proprietà allo stato fresco e allo stato indurito di tre diverse tipologie di massetti. Infine, attraverso una serie di micrografie ottenute da indagini al microscopio ottico e al SEM, è stata analizzata l'interazione esistente tra i materiali. La ricerca ha evidenziato come l'applicazione di PET nelle miscele di massetti produca non solo dei vantaggi in termini di resistenza meccanica ma anche termica. L'aumento dell'isolamento termico, unito alla riduzione del peso dei comuni massetti da

costruzione, rappresenta un grande vantaggio in edilizia. Infatti, a parità di resistenza, sarebbe possibile risparmiare materiale alleggerendo le strutture e mantenendo un elevato livello di isolamento termico.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Coviello, C. G., Lassandro, P., Sabbà, M. F. & Foti, D. (2023). Mechanical and thermal effects of using fine recycled PET aggregates in common screeds. *Sustainability*, 15(24), 16692. <https://doi.org/10.3390/su152416692>
  
- [2] Foti, D. (2013). Use of recycled waste pet bottles fibers for the reinforcement of concrete. *Composite Structures*, 96, 396-404. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2012.09.019>
  
- [3] Foti, D. (2011). Preliminary analysis of concrete reinforced with waste bottles PET fibers. *Construction and building materials*, 25(4), 1906-1915. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.11.066>
  
- [4] Záleská, M., Pavlíková, M., Pokorný, J., Jankovský, O., Pavlík, Z. & Černý, R. (2018). Structural, mechanical and hygrothermal properties of lightweight concrete based on the application of waste plastics. *Construction and Building Materials*, 180, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.250>

## Monitoraggio dei pesticidi nelle acque: implicazioni per la salute umana e connessioni con l'ambiente costruito

**Mariangela Triozzi<sup>1</sup>, Claudia Campanale<sup>2</sup>, Silvia di Cunsolo<sup>3</sup>, Filomena Lacarbonara<sup>3</sup>, Claudia Marcella Placentino<sup>3</sup>, Caterina Rotolo<sup>3</sup>, Erminia Sgaramella<sup>3</sup>, Nicola Ungaro<sup>3</sup>, Andrea Zotti<sup>4</sup>, Rosangela Colucci<sup>4</sup>, Daniela Pagliarulo<sup>4</sup>, Vito Felice Uricchio<sup>5</sup>, Carmine Massarelli<sup>5</sup>**

*1* Università degli Studi di Bari, mariangela.triozzi@uniba.it

*2* Istituto Superiore di Sanità, claudia.campanale@iss.it

*3* Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione dell'Ambiente Puglia, {s.dicunsolo, m.lacarbonara, m.placentino, c.rotolo, e.sgaramella, n.ungaro}@arpa.puglia.it

*4* Regione Puglia, {a.zotti, r.colucci, d.pagliarulo}@regione.puglia.it

*5* Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {uricchio, massarelli}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** monitoraggio ambientale, residui di pesticidi, salute pubblica, qualità delle acque

### ABSTRACT

L'inquinamento delle acque superficiali e sotterranee da pesticidi rappresenta una delle principali preoccupazioni ambientali a livello globale, con impatti significativi sugli ecosistemi e sulla salute umana. Un monitoraggio efficace è essenziale per valutare lo stato qualitativo delle risorse idriche e sviluppare strategie di mitigazione. Nella Regione Puglia, dal 2018 è in corso un programma di monitoraggio volto a rilevare residui di prodotti fitosanitari nei corpi idrici pugliesi, sia superficiali che sotterranei [1, 2]. Si tratta di un programma di monitoraggio ad alta specificità territoriale, con protocolli analitici sito-specifici, definiti in relazione agli esiti delle pregresse attività di monitoraggio condotte sui corpi idrici e sui prodotti alimentari di produzione agricola locale, all'orientamento e alla distribuzione colturale pugliese, nonché al livello di pericolosità e persistenza delle sostanze.

Il monitoraggio dei pesticidi nelle acque non solo fornisce informazioni utili per proteggere gli ecosistemi e la salute della popolazione ma evidenzia anche come una gestione sostenibile delle risorse idriche e una progettazione urbana attenta alla qualità ambientale siano essenziali per mitigare gli impatti dell'inquinamento da pesticidi e garantire un ambiente più sano e resiliente. L'ingestione di acqua contaminata o l'esposizione indiretta attraverso la catena alimentare possono avere conseguenze sulla salute pubblica, rendendo urgente l'adozione di misure di controllo e regolamentazione [1]. In questo contesto, assume rilevante importanza anche la qualità delle acque nei centri urbani e nelle aree industriali, poiché la

contaminazione da pesticidi può interagire con l'ambiente costruito, compromettendo la sicurezza idrica e incrementando il rischio di esposizione della popolazione.

L'analisi dei dati raccolti attraverso la realizzazione del programma di monitoraggio, commissionato dalla Sezione Risorse Idriche della Regione e realizzato da ARPA Puglia in collaborazione con il CNR, ha permesso di identificare miscele prevalenti di residui di pesticidi e di correlare questi risultati con possibili fattori causali, come le pratiche agricole stagionali e le caratteristiche territoriali; la distribuzione spaziale di determinate sostanze, inoltre è potenzialmente correlabile all'uso del suolo [3]. Emerge, altresì una diffusa contaminazione da specifiche sostanze, quali glifosate, AMPA, imidacloprid e azoxystrobin [4].

Il confronto tra i risultati preliminari del monitoraggio dei corpi idrici superficiali e dei corpi idrici sotterranei fornisce prime indicazioni sulle dinamiche dei residui dei prodotti fitosanitari nelle acque, evidenziando una potenziale relazione tra la contaminazione delle falde acquifere e gli usi pregressi del territorio.

Metodologie avanzate, tra le quali l'uso di tecniche come la cromatografia liquida accoppiata alla spettrometria di massa tandem (UHPLC-MS/MS) ha dimostrato elevata sensibilità e specificità nella determinazione di pesticidi polari in tracce, consentendo una valutazione più accurata dei rischi ecologici associati [5, 6], oltre all'utilizzo di approcci avanzati di elaborazione di grandi quantità di dati attraverso tecniche di data mining [4], che permettono di identificare tendenze evolutive nella contaminazione al fine di supportare decisioni strategiche per una gestione più corretta delle risorse idriche.

Un approccio multidisciplinare, che coinvolga tutti gli attori e portatori di interesse è fondamentale per proteggere la qualità dell'acqua, tutelare la biodiversità e garantire un ambiente salubre per le generazioni future.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Massarelli, C., Ancona, V., Galeone, C. & Uricchio, V. F. (2020). Methodology for the implementation of monitoring plans with different spatial and temporal scales of plant protection products residues in water bodies based on site-specific environmental pressures assessments. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 26(5), 1341-1358. <https://doi.org/10.1080/10807039.2019.1578945>
- [2] Regione Puglia (2018). *Attuazione DGR n.896/2017. Approvazione "Programma di monitoraggio dei residui dei prodotti fitosanitari nei corpi idrici superficiali e sotterranei pugliesi"* (Delib.GR n.1004/2018). Bollettino Ufficiale della Regione Puglia (n. 84 del 25 giugno 2018).

- [3] Regione Puglia (2023). POR PUGLIA 2014/2020-SubAzione 6.4.b “Integrazione e rafforzamento dei sistemi informativi di monitoraggio della risorsa idrica”. Attuazione DGR n. 1498/2018 e n. 1429/2019. Monitoraggio dei residui dei prodotti fitosanitari nei corpi idrici superficiali. Presa d’atto Relazione finale periodo 2018-2021 (Delib,GR n.1382/2023). Bollettino Ufficiale della Regione Puglia (n. 99 del 06 novembre 2023).
- [4] Massarelli, C., Campanale, C., Triozzi, M. & Uricchio, V.F. (2023). Dynamics of pesticides in surface water bodies by applying data mining to spatiotemporal big data. A case study for the Puglia Region. *Ecological Informatics*, 78, 102342. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102342>
- [5] Campanale, C., Massarelli, C., Losacco, D., Bisaccia, D., Triozzi, M. & Uricchio, V.F. (2021). The monitoring of pesticides in water matrices and the analytical criticalities: A review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 144, 116423. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2021.116423>
- [6] Campanale, C., Triozzi, M., Massarelli, C. & Uricchio V.F. (2022). Development of a UHPLC-MS/MS method to enhance the detection of Glyphosate, AMPA and Glufosinate at sub-microgram / L levels in water samples. *Journal of Chromatography A*, 1672, 463028. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2022.463028>

## Inquinamento da nitrati di origine agricola: prospettive per l'utilizzo di un modello per la valutazione della vulnerabilità basato sull'integrazione dati in ambiente GIS

Andrea Zotti<sup>1</sup>, Rosangela Colucci<sup>1</sup>, Daniela Pagliarulo<sup>1</sup>, Silvia di Cunsolo<sup>2</sup>, Filomena Lacarbonara<sup>2</sup>, Claudia Marcella Placentino<sup>2</sup>, Caterina Rotolo<sup>2</sup>, Erminia Sgaramella<sup>2</sup>, Nicola Ungaro<sup>2</sup>, Maria Silvia Binetti<sup>3</sup>, Claudia Campanale<sup>4</sup>, Mariangela Triozzi<sup>5</sup>, Vito Felice Uricchio<sup>6</sup>, Carmine Massarelli<sup>6</sup>

1 Regione Puglia, {a.zotti, r.colucci, d.pagliarulo}@regione.puglia.it

2 Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione dell'Ambiente Puglia, {s.dicunsolo, m.lacarbonara, m.placentino, c.rotolo, e.sgaramella, n.ungaro}@arpa.puglia.it

3 Università degli Studi di Bari, maria.binetti@uniba.it

4 Istituto Superiore di Sanità, claudia.campanale@iss.it

5 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque, mariangela.triozzi@ba.irsra.cnr.it

6 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {uricchio, massarelli}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** inquinamento da nitrati, qualità delle acque, salute pubblica, pianificazione ambientale

### ABSTRACT

La qualità delle risorse idriche riveste un ruolo cruciale per la salute umana e il mantenimento degli ecosistemi naturali, rendendo la loro gestione sostenibile una priorità per le politiche ambientali globali. L'inquinamento da nitrati di origine agricola rappresenta una delle principali cause di contaminazione delle acque sotterranee e superficiali, con implicazioni dirette sulla sicurezza delle fonti potabili e sulla qualità degli ambienti acquatici [1]. L'eccesso di nutrienti derivante dalle pratiche agricole intensive, in particolare l'uso indiscriminato di fertilizzanti azotati, comporta un incremento del dilavamento dei nitrati dal suolo, che possono raggiungere i corpi idrici, con conseguenze significative sulla salute pubblica e sugli equilibri ecologici [2].

La Direttiva Nitrati [3] stabilisce soglie rigorose per la presenza di nitrati nelle acque, fissando il limite di 50 mg/L per garantire la protezione della salute umana e prevenire fenomeni di eutrofizzazione. Il superamento di questa soglia è spesso associato a processi di degrado ambientale come la proliferazione algale, che compromette la qualità dell'acqua potabile e la biodiversità degli ecosistemi acquatici. Inoltre, la presenza di nitrati nell'acqua potabile è stata correlata a patologie quali la metaemoglobinemia nei neonati e possibili effetti cancerogeni dovuti alla formazione di nitrosammine [4].

Il monitoraggio dell'inquinamento da nitrati rappresenta un'attività imprescindibile per la tutela delle risorse idriche e la pianificazione territoriale sostenibile. In tale contesto, in collaborazione con la Regione Puglia, è stato sviluppato un modello metodologico innovativo per la revisione delle Zone Vulnerabili ai Nitrati di origine agricola, integrando dati ambientali, idrogeologici e agricoli al fine di individuare con maggiore precisione le aree a rischio. Tale processo ha consentito, altresì, alla Regione di individuare le opportune misure finalizzate a ottimizzare l'attuazione dei Programmi d'Azione, previsti dalla normativa europea [5, 6].

Tuttavia, affinché il sistema di monitoraggio possa garantire una gestione ancora più efficace delle risorse idriche, risulta necessario estendere il modello includendo la valutazione dell'influenza dell'ambiente costruito. Rapporti ambientali di altre Regioni [7] hanno infatti evidenziato che la presenza di insediamenti urbani e industriali può incrementare significativamente il carico di nitrati nelle acque a causa del rilascio di effluenti non adeguatamente trattati, sottolineando l'urgenza di un approccio integrato per la gestione delle fonti di inquinamento. Purtroppo tale approccio, ancora in fase di studio, esula dalle finalità dell'attuale formulazione (un po' datata, certo) della direttiva Nitrati, in quanto pensata per definire le ZVN (Zone Vulnerabili ai Nitrati di origine agricola) e le relative misure di intervento e contenimento ma va sicuramente nel verso di una maggiore tutela ambientale.

Esperienze di monitoraggio in altri paesi europei dimostrano l'efficacia di approcci basati sulla combinazione di dati di campo, modellizzazione ambientale e strumenti di analisi spaziale per individuare le aree più vulnerabili e valutare l'efficacia delle misure di mitigazione [8]. Tali strategie risultano fondamentali non solo per garantire il rispetto delle normative vigenti, ma anche per prevenire il degrado irreversibile degli ecosistemi acquatici e ridurre il rischio di contaminazione delle risorse idropotabili.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Mateo-Sagasta, J., Zadeh, S.M. & Turral, H. (Eds.) (2017). *Water Pollution from Agriculture: A Global Review. Executive Summary*. Food and Agriculture Organization of the United Nations - International Water Management Institute.
  
- [2] World Health Organization (2003). *Nitrate and Nitrite in Drinking-Water: Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality*. World Health Organization.

- [3] Council of European Union (1991). *Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. of the European Union, L series (EN)* (n. 375, 31 dicembre 1991). <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1991/676/oj/eng>
- [4] Ward, M. H., Jones, R. R., Brender, J. D., De Kok, T. M., Weyer, P. J., Nolan, B. T., Villanueva, C. M. & Van Breda, S. G. (2018). Drinking Water Nitrate and Human Health: An Updated Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), 1557. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071557>
- [5] Massarelli, C., Losacco, D., Tumolo, M., Campanale, C. & Uricchio, V. F. (2021). Protection of Water Resources from Agriculture Pollution: An Integrated Methodological Approach for the Nitrates Directive 91–676-EEC Implementation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 13323. <https://doi.org/10.3390/ijerph182413323>
- [6] Regione Puglia (2025). *Approvazione del III Programma d’Azione Nitrati a conclusione della procedura di Valutazione Ambientale Strategica, in adempimento alla Direttiva 91/676/CEE art.5 e al D.lgs. n.152/2006 art.92. Attuazione DGR n.2231/2018 (Delib.GR n. 32/2025). Bollettino Ufficiale della Regione Puglia (n.12, Suppl. del 10.02.2025).*
- [7] Regione Campania (2020). *Rapporto ambientale sui possibili impatti ambientali significativi derivanti dall’attuazione del PdA ZVNOA. Regione Campania.* <[https://agricoltura.regione.campania.it/reflui/pdf/RAPPORTO\\_AMBIENTALE.pdf](https://agricoltura.regione.campania.it/reflui/pdf/RAPPORTO_AMBIENTALE.pdf)> (ultimo accesso 13 febbraio 2025).
- [8] Ondrasek, G., Bakić Begić, H., Romić, D., Brkić, Ž., Husnjak, S. & Bubalo Kovačić, M. (2021). A novel LUMNAqSoP approach for prioritising groundwater monitoring stations for implementation of the Nitrates Directive. *Environmental Sciences Europe*, 33, 23. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00467-1>

## Processi di trasformazione di micro- e nanoplastiche nell'ambiente: Il progetto PHOTOPLAST

**Claudia Campanale<sup>1</sup>, Carmine Massarelli<sup>2</sup>, Francesco Calore<sup>3</sup>, Elena Badetti<sup>3</sup>, Antonio Marcomini<sup>3</sup>, José L. Fonseca<sup>4</sup>, Davide Vione<sup>4</sup>**

1 Istituto Superiore di Sanità, [claudia.campanale@iss.it](mailto:claudia.campanale@iss.it)

2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, [massarelli@itc.cnr.it](mailto:massarelli@itc.cnr.it)

3 Università Ca' Foscari Venezia, [{francesco.calore, elena.badetti, antonio.marcomini}@unive.it](mailto:{francesco.calore, elena.badetti, antonio.marcomini}@unive.it)

4 Università di Torino – Dipartimento di Chimica, [josefsonsecac@gmail.com](mailto:josefsonsecac@gmail.com), [davide.vione@unito.it](mailto:davide.vione@unito.it)

**Parole chiave:** fotochimica, pacciamatura, polimeri, pesticidi, adsorbimento

### ABSTRACT

La presenza di micro- e nanoplastiche nell'ambiente costituisce un importante problema poiché questi polimeri di piccole dimensioni presentano notevole persistenza, capacità di trasportare inquinanti nei vari comparti ambientali e, nel caso delle nanoplastiche, anche la possibilità di penetrare attraverso le membrane biologiche. Micro- e nanoplastiche sono presenti nell'ambiente, terrestre ed acquatico, indirettamente come risultato della frammentazione di rifiuti plastici più grandi quali film di pacciamatura usati in agricoltura, manufatti e materiali polimerici utilizzati nelle costruzioni o direttamente come componenti o prodotti utilizzati ad esempio in campo cosmetico ed alimentare, oppure come particelle primarie emesse da processi quali deposizione atmosferica, lavaggio degli indumenti, fanghi di depurazione ed usura degli pneumatici [1].

Le ridotte dimensioni di micro- e nanoplastiche ne facilitano la reattività nei diversi comparti ambientali, permettendone ulteriori trasformazioni (incluse frammentazione, dissoluzione e rilascio di additivi e plastificanti) [2] e l'interazione con altri inquinanti. Ad esempio, i frammenti di plastica possono interagire con i pesticidi e favorirne la persistenza ed il trasporto nell'ambiente.

In questo contesto, il progetto PHOTOPLAST intende approfondire le conoscenze sul comportamento ambientale di micro- e nanoplastiche con tre obiettivi principali:

- Approfondire le interazioni ambientali delle particelle di vari polimeri plastici, con particolare interesse per l'adsorbimento ed il rilascio di inquinanti organici da parte dei polimeri, tal quali o in seguito ad invecchiamento ambientale simulato.

- Studiare la reattività fotochimica dei polimeri in condizioni ambientali, con particolare interesse per le cinetiche di reazione con i radicali ossidrilici ( $\cdot\text{OH}$ ), il conseguente rilascio di specie disciolte (additivi, plastificanti, prodotti di degradazione della catena polimerica) ed il destino ambientale dei composti organici rilasciati dalle plastiche nell'ambiente [3].
- Valutare la presenza di microplastiche in corpi idrici superficiali (stagni temporanei) situati in differenti contesti ambientali allo scopo di identificare differenti fonti di inquinamento da microplastiche. La tipologia di polimero, il grado di frammentazione e le possibili interazioni tra le particelle campionate/ identificate ed altri composti presenti nell'ambiente saranno altresì valutati.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Priya, K.L., Renjith, K.R., Cindrella, J.J., Indu, M.S., Reji, S. & Haddout, S. (2022). Fate, transport and degradation pathway of microplastics in aquatic environment — A critical review. *Regional Studies in Marine Science*, 56, 102647. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102647>
- [2] Bianco, A., Sordello, F., Ehn, M., Vione, D. & Passananti, M. (2020). Degradation of nanoplastics in the environment: reactivity and impact on atmospheric and surface waters. *Science of the Total Environment*, 742, 140413. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140413>
- [3] Wang, Y.T., Deng, Q., Wang, Y.Q., Li, P., Jin, B., Liu, J., Cheng, P., Brigante, M., D'Antuono, D., Carena, L., Chen, H., Vione, D. & Gligorovski, S. (2024) Reaction kinetics and molecular characterization of the product compounds formed by photosensitised degradation of the plastic additive bisphenol A in the atmospheric aqueous phase. *Scientific Reports*, 14, 31802. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-82865-y>

## Sostenibilità e transizioni urbane: un confronto tra quartieri verdi in Europa e Louisiana (USA)

Giuseppe Pace<sup>1</sup>, Gabriella Esposito<sup>2</sup>, Donna Johnson<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca su Innovazione e Servizi per lo Sviluppo, {giuseppe.pace, gabriella.esposito}@cnr.it

<sup>2</sup> Louisiana Tech University, donnaj@LaTech.edu

**Parole chiave:** transizione sostenibile, resilienza, casi di studio, iniziativa verde

### ABSTRACT

Nel dibattito sulla sostenibilità emerge la necessità di connettere i principi teorici dell'ecologia con le esperienze pratiche sul territorio. Tra le strategie più diffuse, i quartieri verdi vengono promossi come catalizzatori di transizioni verso modelli urbani più sostenibili. Tuttavia, queste iniziative non sempre superano una visione meramente ambientale per integrare dimensioni fondamentali come il benessere fisico, psicologico, economico e culturale delle comunità. Questo studio, basato su un'analisi comparata tra iniziative verdi in Louisiana (USA) e in Europa, è stato condotto nell'ambito del progetto europeo "Transition with Resilience for Evolutionary Development" (TREND). L'obiettivo è valutare se tali esperienze favoriscano effettivamente transizioni sostenibili e contribuiscano alla costruzione di comunità resilienti. Attraverso un approccio multidimensionale, la ricerca esplora le aspettative individuali e collettive, le motivazioni alla base dell'adozione di queste pratiche e l'interazione tra valori personali, pressioni sociali e incentivi economici. I risultati evidenziano differenze significative tra i due contesti. In Europa, il dibattito si concentra sulla necessità di ridurre il consumo di risorse e chiudere i cicli produttivi per minimizzare sprechi e impatti ambientali. Negli Stati Uniti, invece, si osserva una crescente attenzione verso l'economia stazionaria (Daly), che punta a stabilizzare la crescita economica entro i limiti ecologici, enfatizzando al contempo il benessere individuale e la libertà economica. A livello sociale, gli approcci europei (Giddens, Beck) pongono l'accento sulla resilienza collettiva, mentre negli USA si valorizza il capitale sociale (Putnam). Sul piano culturale, la sostenibilità è interpretata in Europa attraverso il design eco-compatibile e la valorizzazione delle tradizioni locali (Nijkamp, Throsby), mentre negli Stati Uniti prevale un orientamento all'innovazione e alla sostenibilità nel design (McDonough).

La ricerca analizza inoltre il ruolo di queste iniziative come innovazioni di nicchia nel contesto delle transizioni sostenibili, valutando il loro potenziale nel modellare le politiche urbane. Attraverso un approccio multi-livello, si esamina in che modo le pratiche adottate nei quartieri verdi possano influenzare le strutture consolidate, contribuendo ad affrontare sfide globali come il cambiamento climatico, l'esaurimento delle risorse e le crisi economiche. In conclusione, l'integrazione tra sostenibilità ambientale, economica, sociale e culturale emerge come strategia chiave per garantire uno sviluppo armonico e resiliente, capace di rispondere sia alle esigenze globali sia alle specificità locali.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Grin, J., Rotmans, J. & Schot, J. (Eds.) (2010). *Transitions to Sustainable Development*. New York: Routledge.
- [2] Daly, H. (1977). *Steady State Economics. The Economics of Biophysical and Moral Growth*. San Francisco: W.F. Freeman.
- [3] Mancebo, F. (2015). Insights for a Better Future in an Unfair World: Combining Social Justice and Sustainability. In F. Mancebo & I. Sachs (Eds.), *Transitions to Sustainability* (pp. 105-116). Dordrecht: Springer Science+Business Media. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9532-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9532-6_9)
- [4] Mazmanian, D. A. & Kraft, M. E. (Eds.) (2009). *Toward Sustainable Communities. Transition and Transformations in Environmental Policy*. Cambridge: The MIT Press.
- [5] EEA (2015). *European environment – state and outlook 2015: Assessment of global megatrends*. Copenhagen: European Environment Agency.
- [6] Nijkamp, P. & Perrels, A. (Eds.) (1994). *Sustainable Cities in Europe*. London: Routledge.
- [7] Throsby, D. (1995). Culture, Economics and Sustainability. *Journal of Cultural Economics*, 19(3), 199-206.
- [8] Beck, U. (1992). *Risk Society. Towards a New Modernity*. London: Sage Publications.
- [9] Giddens, A. (1994). *Le conseguenze della modernità. Fiducia e rischio, sicurezza e pericolo*. Bologna: il Mulino.

- [10] Putnam, R. D. & Feldstein, L. (Eds.) (2009). *Better Together: Restoring the American Community*. United Kingdom: Simon & Schuster.
- [11] McDonough, W. & Braungart, M. (Eds.) (2010). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. New York: Farrar, Straus and Giroux.

## Nature-Based Solutions per il recupero di territori degradati e lo sviluppo di filiere verdi

**Valeria Ancona<sup>1</sup>, Aurora Rutigliano<sup>1,2</sup>, Ilaria Savino<sup>3</sup>, Roberto Carlucci<sup>2</sup>, Angelo Tursi<sup>2</sup>, Domenico Borello<sup>4</sup>, Vito Felice Uricchio<sup>1,5</sup>**

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {ancona, uricchio}@itc.cnr.it

<sup>2</sup> Università di Bari – Dipartimento di Bioscienze, Biotecnologie ed Ambiente, a.rutigliano42@phd.uniba.it, {roberto.carlucci, angelo.tursi}@uniba.it

<sup>3</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque, ilaria.savino@ba.irsra.cnr.it

<sup>4</sup> Università di Roma La Sapienza – Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale, domenico.borello@uniroma1.it

<sup>5</sup> Commissario straordinario per gli interventi urgenti di bonifica, ambientalizzazione e riqualificazione dell'area di Taranto, v.uricchio@governo.it

**Parole chiave:** aree degradate, Nature-based solutions (NBSs), biorimediazione fito-assistita, filiere verdi

### ABSTRACT

Negli ultimi anni, la bonifica e la gestione sostenibile dei suoli hanno assunto un ruolo prioritario a fronte di un crescente numero di aree degradate e di livelli di contaminazione chimica che superano la capacità di resilienza dei suoli e mettono a rischio la salute pubblica [1]. Alle tradizionali procedure di bonifica, spesso caratterizzate da costi economici elevati, le attuali strategie di risanamento propongono lo sviluppo ed il potenziamento di tecnologie green – quali le *Nature-based solutions* (NBSs), in grado di ripristinare la qualità dei suoli, rispondendo ai principi di transizione ecologica e di economia circolare [2, 3]. Ad oggi, oltre 700 specie vegetali, comprendenti varietà arboree, arbustive ed erbacee, rispecchiano queste proprietà. Il girasole (*Helianthus annuus*), il ricino (*Ricinus communis*), la canapa (*Cannabis*), l'alisso giallo (*Alyssum murale*), il comune mais (*Zea mays*), sono solo alcuni esempi di piante capaci di intercettare inquinanti inorganici nel suolo e di sottrarli ad un loro destino lungo la catena alimentare. Così come il clone di pioppo Monviso che, in sinergia con le comunità microbiche, ha dimostrato la sua efficacia nel ridurre le concentrazioni di contaminanti organici persistenti fino ai livelli soglia di legge [4-6]. Pertanto, queste tecnologie possono essere applicate a vaste aree multi-contaminate garantendo, in modo sostenibile ed economico, un miglioramento della qualità dei suoli. Inoltre, preziosi servizi ecosistemici quali, lo stoccaggio del carbonio nel suolo, il benessere del paesaggio, l'aumento della biodiversità, verrebbero promossi insieme alla valorizzazione energetica di ciò che potrebbe essere considerato un rifiuto: le biomasse prodotte. In tale contesto, “*Filiere verdi*”,

si delinea come progetto strategico del *Just Transition Fund*, volto a recuperare ampie porzioni dell'Area di crisi industriale del territorio tarantino attraverso l'applicazione di NBSs come il Biorimediao Fito-assistito. In particolare, la piantumazione di essenze vegetali, selezionate ad hoc, permetterà di restituire alle aree il loro uso produttivo, garantendo il recupero funzionale dei suoli degradati. Il progetto mira, inoltre, a sostenere i principi della *green economy*, consolidando un approccio *win-win* a favore dell'ambiente, dell'agricoltura, delle imprese e della collettività. Grazie a queste azioni, si interverrà efficacemente sul risanamento di alcuni siti del territorio tarantino e sulla creazione di filiere verdi, contribuendo significativamente alla transizione ecologica dell'area.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Sarkar, B., Mukhopadhyay, R., Ramanayaka, S., Bolan, N. & Ok, Y.S. (2021). The role of soils in the disposition, sequestration and decontamination of environmental contaminants. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 376, 20200177. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0177>
- [2] Praveen, R. & Nagalakshmi, R. (2022). Review on bioremediation and phytoremediation techniques of heavy metals in contaminated soil from dump site. *Materials Today: Proceedings*, 68, 1562-1567. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.07.190>
- [3] Ancona, V., Rascio, I., Aimola, G., Caracciolo, A.B., Grenni, P., Uricchio, V.F. & Borello, D. (2022). Chapter 2 - Plant-assisted bioremediation: Soil recovery and energy from biomass. In V. Pandey (Ed.), *Assisted Phytoremediation* (pp. 25-48). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822893-7.00012-4>
- [4] Ancona, V., Barra Caracciolo, A., Grenni, P., Di Lenola, M., Campanale, C., Calabrese, A., Uricchio, V.F., Mascolo, G. & Massacci, A. (2017). Plant assisted bioremediation of a PCB historically contaminated area in Southern Italy. *New Biotechnology*, 38, 65-73. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nbt.2016.09.006>
- [5] Ancona, V., Barra Caracciolo, A., Campanale, C., Rascio, I., Grenni, P., Di Lenola, M., Bagnuolo, G. & Uricchio, V.F. (2019). Heavy metal phytoremediation of a poplar clone in a contaminated soil in southern Italy. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 95(4), 940-949. <https://doi.org/10.1002/jctb.6145>
- [6] Ancona, V., Rascio, I., Aimola, G., Campanale, C., Grenni, P., Di Lenola, M., Garbini, G.L., Uricchio, V.F. & Barra Caracciolo, A. (2021). Poplar-Assisted Bioremediation for Recovering a PCB and Heavy-Metal-Contaminated Area. *Agriculture*, 11(8), 689. <https://doi.org/10.3390/agriculture11080689>

## Il Phytomining: una strategia ecosostenibile per il recupero di materie prime critiche

Valeria Ancona<sup>1</sup>, Ilaria Savino<sup>2</sup>, Pietro Dambra<sup>4</sup>, Aurora Rutigliano<sup>1,3</sup>, Cristina Cavone<sup>2</sup>, Tatiana Sisto<sup>4</sup>, Gianluigi De Gennaro<sup>4</sup>, Roberto Carlucci<sup>4</sup>, Vito Felice Uricchio<sup>1,5</sup>

1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {ancona, uricchio}@itc.cnr.it

2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque, {ilaria.savino, cristina.cavone}@ba.irsa.cnr.it

3 Università di Bari – Dipartimento di Bioscienze, Biotecnologie ed Ambiente, a.rutigliano42@phd.uniba.it

4 Università di Bari – Dipartimento di Bioscienze, Biotecnologie ed Ambiente {p.dambra, t.sisto1}@studenti.uniba.it, {gianluigi.degennaro, roberto.carlucci}@uniba.it

5 Commissario straordinario per gli interventi urgenti di bonifica, ambientalizzazione e riqualificazione dell'area di Taranto, v.uricchio@governo.it

**Parole chiave:** phytomining, materie prime critiche, metalli preziosi, terre rare

### ABSTRACT

Le materie prime critiche costituiscono componenti produttive fondamentali per numerosi settori strategici, inclusi quelli rilevanti ai fini della transizione ecologica. La *European Critical Raw Materials Act* [1] ne identifica 34, di cui 16, come ad esempio, il rame, il cobalto, il litio, il nickel e le terre rare, sono classificati come “strategici”. Sebbene la domanda delle materie prime critiche sia in continua crescita, le sfide ambientali associate ai processi di estrazione, rimangono significative. I recenti scenari geopolitici hanno, inoltre, evidenziato la vulnerabilità delle catene di approvvigionamento globali, richiamando allo sviluppo di soluzioni più resilienti e sostenibili. A tal riguardo, il *phytomining* sta recentemente emergendo come una strategia promettente per il recupero delle materie prime critiche dal suolo, con l’obiettivo di valorizzare risorse ambientali e creare valore economico [2]. Si tratta di una tecnologia *green* basata sulla fitoestrazione, un processo che sfrutta la capacità di alcune piante, definite “iperaccumulatrici”, di tollerare elevate concentrazioni di elementi inorganici, tossici per altre specie, accumulandoli nelle loro parti vegetative [3]. Attualmente, il *phytomining* annovera oltre 800 specie vegetali, tra cui piante da fiore (*Alyssum bertolinii*, *Noccaea caerulescens* per nichel, cadmio e zinco), alberi (*Glochidon cf. sericeum* per nichel e cobalto) e felci (*D. linearis* per le terre rare) [3-4]. Tuttavia, la selezione in relazione all’elevata biomassa a crescita rapida, alla tipologia del metallo ed alla sua biodisponibilità nel suolo, unitamente all’ottimizzazione delle pratiche agronomiche,

rappresenta una tra le sfide più rilevanti. L'adozione del “*metaorganism approach*” basato sulle interazioni tra pianta e microrganismi, gioca un ruolo cruciale nel comprendere la tolleranza agli stress e l'efficacia del *phytomining* [5]. Negli ultimi anni, la ricerca scientifica si sta focalizzando anche sul potenziamento dell'estrazione tramite *editing* genetico [6], migliorando la biodisponibilità dei contaminanti con nanomateriali nel suolo [7]. Il recupero finale delle materie prime critiche dalle piante, mediante tecnologie di compattazione e/o combustione (gassificazione, incenerimento, pirolisi o combustione classica) [8], offre risorse economicamente vantaggiose in un'ottica di maggiore sostenibilità ma rappresenta anche un'opportunità strategica per la riqualificazione di suoli e siti minerari degradati.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] European Parliament and Council of the European Union (2024). *Regulation (EU) 2024/1252 of the European Parliament and of the Council of 11 April 2024 establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials and amending Regulations (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1724 and (EU) 2019/1020*. Official Journal of the European Union, L series (EN) (n. 1252 del 3 maggio 2024). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32024R1252>
- [2] Rabbani, M., Rabbani, M.T., Muthoni, F., Sun, Y. & Vahidi, E. (2024) Advancing phytomining: Harnessing plant potential for sustainable rare earth element extraction. *Bioresource Technology*, 401, 130751. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.130751>
- [3] Fadzil, F.N.Md., Mohamad, M.A.N., Repin, R. & Harumain Z.A.S. (2024). Metal uptake and tolerance in hyperaccumulator plants: Advancing phytomining strategies. *Rhizosphere*, 29, 100836. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2023.100836>
- [4] Kikis, C., Thalassinos, G. & Antoniadis, V. (2024). Soil phytomining: recent developments—A review. *Soil Systems*, 8(1), 8. <https://doi.org/10.3390/soilsystems8010008>
- [5] Rklami, A., Meddich, A., Oufdou, K. & Baslam M. (2022). Plants—Microorganisms-based bioremediation for heavy metal cleanup: Recent developments, phytoremediation techniques, regulation mechanisms, and molecular responses. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(9), 5031. <https://doi.org/10.3390/ijms23095031>
- [6] Venegas-Rioseco, J., Ginocchio, R. & Ortiz-Calderón, C. (2021). Increase in Phytoextraction Potential by Genome Editing and Transformation: A Review. *Plants*, 11(1), 86. <https://doi.org/10.3390/plants11010086>

- [7] Aimola, G., Rascio, I, Curri, M.L., Comparelli, R., Gatto, A., Locaputo, V., Uricchio, V.F. & Ancona, V. (2022). Biorimediao fito-assistito e nanomateriali per la bonifica di suoli inquinati. In D. Baldi & V.F. Uricchio (Eds.), *Le bonifiche ambientali nella transizione ecologica* (pp. 144-143). Roma: Edizioni SIGEA.
- [8] Dinh, T., Dobo, Z. & Kovacs, H. (2022). Phytomining of noble metals–A review. *Chemosphere*, 286, 131805. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131805>

## Uso di Plant Microbial Fuel Cells (PMFCs) per il biorisanamento di suoli contaminati con produzione di bioelettricità

**Valeria Ancona<sup>1</sup>, Giuliana D’Alessandro<sup>2</sup>, Anna Barra Caracciolo<sup>3</sup>, Paola Grenni<sup>3</sup>, Cristina Cavone<sup>3</sup>, Ilaria Savino<sup>3</sup>, Gabriele Gagliardi<sup>4</sup>, Gianluigi De Gennaro<sup>2</sup>, Vito Felice Uricchio<sup>1,5</sup>, Domenico Borello<sup>4</sup>**

1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {ancona, uricchio}@itc.cnr.it

2 Università di Bari – Dipartimento di Bioscienze, Biotecnologie ed Ambiente, g.dalessandro20@studenti.uniba.i, gianluigi.degennaro@uniba.it

3 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque, {barracaracciolo, grenni}@irsa.cnr.it, {cristina.cavone, ilaria.savino}@ba.irsa.cnr.it

4 Università di Roma La Sapienza – Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale, {gabriele.gagliardi, domenico.borello}@uniroma1.it

5 Commissario straordinario per gli interventi urgenti di bonifica, ambientalizzazione e riqualificazione dell’area di Taranto, v.uricchio@governo.it

**Parole chiave:** contaminazione, sistemi bioelettrochimici, batteri esoelettrogeni, PMFC, bioelettricità

### ABSTRACT

Negli ultimi anni lo sviluppo di tecnologie di riqualificazione sempre più sostenibili e a basso costo, finalizzate a ridurre il livello di contaminazione globale il più possibile, si è fortemente accresciuto. Tra queste vi sono i sistemi bioelettrochimici (*BioElectrochemical Systems* – BES). Diversi sono i tipi di BES che sono stati messi a punto e tra queste, le Celle a Combustibile Microbiche (*Microbial Fuel Cell* – MFC) risultano essere una promettente tecnologia di biorimediazione in grado di sfruttare le interazioni tra cellule microbiche presenti nella matrice ambientale e gli elettrodi posti nel sistema cella [1]. Le MFC sono sistemi in cui l’energia intrappolata nei legami chimici della materia organica viene convertita in energia elettrica grazie alla presenza di due elettrodi collegati elettricamente tra loro (anodo e catodo), sui quali si va a formare un biofilm microbico. All’interno del biofilm, sono presenti dei microorganismi naturali, detti esoelettrogeni, i quali sono in grado di utilizzare gli elettrodi come catalizzatori per le proprie attività metaboliche (reazioni di ossido/riduzione), favorendo la degradazione di eventuali contaminanti presenti e generando al contempo bioelettricità [2, 3]. Tra questi dispositivi, negli ultimi anni hanno suscitato particolare interesse le *Plant Microbial Fuel Cell* (PMFC). Nelle PMFC, la decontaminazione è promossa attraverso la tecnologia MFC combinata con l’uso di piante opportunamente selezionate. Queste ultime stimolano l’attività microbica grazie al rilascio di composti organici (come essudati radicali)

da parte degli apparati radicali e al miglioramento delle caratteristiche chimiche e fisiche del suolo, aumentando l'efficienza della rimozione dei contaminanti. Sono state investigate diverse configurazioni di PMFC e sono state testate varie specie vegetali per ottenere la migliore rimozione dei contaminanti inorganici [4, 5]. Tuttavia, tale tecnologia non è stata ancora sufficientemente studiata e sviluppata per la rimozione di contaminanti organici e sono auspicabili future indagini su quest'ultima applicazione. In questo lavoro, i principali fattori (caratteristiche suolo e dei contaminanti, struttura e funzionamento delle comunità microbiche rizodeposizione, materiale e struttura degli elettrodi) che possono influenzare le prestazioni delle PMFC sono analizzati e discussi con l'obiettivo di migliorare la produzione di bioenergia e l'efficienza di recupero del suolo da contaminanti sia inorganici che organici.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Ancona, V., Barra Caracciolo, A., Borello, D., Ferrara, V., Grenni, P. & Pietrelli, A. (2020). Microbial fuel cell: an energy harvesting technique for environmental remediation. *International Journal of Environmental Impacts*, 3(2), 168-179. <https://doi.org/10.2495/EI-V3-N2-168-179>
- [2] Borello, D., Gagliardi, G., Aimola, G., Ancona, V., Grenni, P., Bagnuolo, G., Rolando, L. & Barra Caracciolo A. (2021). Use of microbial fuel cells for soil remediation: A preliminary study on DDE. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(16), 10131-10142. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.07.074>
- [3] Gagliardi, G. G., Borello, D., Cosentini, C., Caracciolo, A. B., Aimola, G., Ancona, V., Ieropoulos I.A., Garbini G.L., Rolando L. & Grenni P. (2024). Microbial fuel cells with polychlorinated biphenyls contaminated soil as electrolyte: energy performance and decontamination potential in presence of compost. *Journal of Power Sources*, 613, 234878. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2024.234878>
- [4] Kabutey, F. T., Zhao, Q., Wei, L., Ding, J., Antwi, P., Quashie, F. K. & Wang, W. (2019). An overview of plant microbial fuel cells (PMFCs): Configurations and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 110, 402-414. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.016>
- [5] Ancona, V., Cavone, C., Grenni, P., Gagliardi, G., Cosentini, C., Borello, D., & Caracciolo, A. B. (2024). Plant microbial fuel cells for recovering contaminated environments. *International Journal of Hydrogen Energy*, 72, 1116-1126. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.05.457>

## Laboratori di innovazione del suolo per co-Rigenerare e trasformare i suoli europei: il progetto SOILCRATES

**Valeria Ancona<sup>1</sup>, Paola Grenni<sup>2</sup>, Aurora Rutigliano<sup>1,3</sup>, Ludovica Rolando<sup>3</sup>, Anna Barra Caracciolo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, [ancona@itc.cnr.it](mailto:ancona@itc.cnr.it)

<sup>2</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque, [{grenni,rolando,barracaracciolo}@irsa.cnr.it](mailto:{grenni,rolando,barracaracciolo}@irsa.cnr.it)

<sup>3</sup> Università di Bari – Dipartimento di Bioscienze, Biotecnologie ed Ambiente, [a.rutigliano42@phd.uniba.it](mailto:a.rutigliano42@phd.uniba.it)

**Parole chiave:** degradazione suolo, living lab, agricoltura, sostenibilità, innovazione

### ABSTRACT

Un suolo in buona salute costituisce la base di tutti gli ecosistemi terrestri per supportare una vasta gamma di servizi ecosistemici. Contrastare il degrado del suolo rappresenta una sfida importante per la società. Attualmente, si stima che circa il 63% del territorio dell'Unione europea sia affetto da processi di degrado che ne inficiano le funzioni ecosistemiche [1]. Tale evidenza pone l'accento sulla necessità di agire per ripristinare la salute della matrice suolo e della biodiversità in essa contenuta, in accordo con le politiche adottate dalla “Soil Strategy” promossa dalla Commissione Europea [2].

Ispirato dalla filosofia di ricerca, dialogo e apprendimento collettivo di Socrate, SOILCRATES (2024-2028) è un progetto collaborativo con 21 partner, provenienti dal mondo accademico, dagli stakeholder agricoli e dalle autorità locali. Il progetto mira, attraverso la cooperazione di tutti i partner a migliorare e monitorare la struttura, la vita e le condizioni di coltivazione dei suoli agricoli, creando pratiche per migliorare la salute del suolo e, al contempo, aumentare l'alfabetizzazione della società in tema di suolo. Il fine ultimo è quello di proporre pratiche e politiche per ridurre la pressione antropica sul suolo. SOILCRATES opera all'interno di quattro Living Lab (LL) definiti dalla missione dell'UE “Un accordo per il suolo per l'Europa” come ecosistemi di ricerca e innovazione transdisciplinari che coinvolgono più partner (amministratori del territorio, scienziati, cittadini, aziende e autorità locali) per progettare, testare, monitorare e valutare soluzioni in contesti reali per migliorare la salute del suolo.

Tra i partner di progetto il CNR-IRSA è coinvolto attivamente nei seguenti obiettivi: (i) monitorare il suolo (WP4: *Soil diagnosis and monitoring*) e (ii) sviluppare protocolli pratici,

innovativi e dettagliati per migliorarne la produttività, mediante una gestione corretta e consapevole (WP5: *Soil health practice support and development*).

Pertanto, attraverso l'uso di strumenti diagnostici innovativi, un'approfondita ricerca dello stato dell'arte, un continuo confronto fra le parti coinvolte e l'identificazione di soluzioni tecnologiche sito-specifiche da applicare nelle aree sperimentali dei LL, sarà possibile sviluppare un sistema socio-ecologico, in cui il mutuo scambio di conoscenze tra partner rappresenterà la base per il progresso ambientale, sociale e tecnologico nell'UE, finalizzato a fronteggiare il fenomeno di degrado del suolo, in maniera circolare e sostenibile, impattando positivamente sull'intera catena produttiva.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] European Commission: Joint Research Centre, Arias-Navarro, C., Baritz, R. & Jones, A. (2024). *The state of soils in Europe: fully evidenced, spatially organised assessment of the pressures driving soil degradation*. Lussemburgo: Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/7007291>
  
- [2] European Commission: Directorate-General for Environment (2021). *EU soil strategy for 2030: towards healthy soils for people and the planet*. Lussemburgo: Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2779/02668>
  
- [3] Working Group Agroecosystem Living Laboratories (2019). *Agroecosystem Living Laboratories: Executive Report. G20 – Meeting of Agricultural Chief Scientists (G20-MACS)* (Executive Report). International Agroecosystem Living Laboratories.

## Microbial Fuel Cells e possibili applicazioni in sistemi biorigenerativi per basi lunari nel progetto BEATRICE

**Anna Barra Caracciolo<sup>1</sup>, Paolo Marzioli<sup>2</sup>, Valeria Ancona<sup>3</sup>, Domenico Borello<sup>2</sup>, Ludovica Rolando<sup>1</sup>, Gabriele Gagliardi<sup>2</sup>, Michele Balsamo<sup>4</sup>, Luca Nardi<sup>5</sup>, Ilaria Savino<sup>1</sup>, Cristina Cavone<sup>1</sup>, Ioannis Ieropoulos<sup>6</sup>, Fabrizio Piergentili<sup>2</sup>, Francesca Ferranti<sup>7</sup>, Cristina Baldetti<sup>7</sup>, Paola Grenni<sup>1</sup>**

1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque, {barracaracciolo, rolando, grenni}@irsa.cnr.it, {ilaria.savino, cristina.cavone}@ba.irsa.cnr.it

2 Università di Roma La Sapienza – Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale, {paolo.marzioli, domenico.borello, gabriele.gagliardi, fabrizio.piergentili}@uniroma1.it

3 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, ancona@itc.cnr.it

4 Kayser Italia S.r.l., m.balsamo@kayser.it

5 ENEA, Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, Luca.Nardi@enea.it

6 University of Southampton, Ioannis2.Ieropoulos@uwe.ac.uk

7 Agenzia Spaziale Italiana, {francesca.ferranti, cristina.baldetti}@asi.it

**Parole chiave:** luna, electrochemically active bacteria, Microbial Fuel Cells (MFC)

### ABSTRACT

La Strategia per lo sviluppo tecnologico spaziale evidenzia lo sviluppo tecnologico per il supporto all'esplorazione umana lunare come obiettivo di primaria importanza per questo decennio [1]. Al fine di consentire una permanenza umana sostenibile è necessario predisporre una produzione alimentare autonoma, una massimizzazione del riciclo delle risorse e del recupero di energia dagli scarti prodotti durante le missioni. In questa prospettiva, approcci sinergici tra produzione di energia e sistemi di coltivazione autonomi potrebbero realizzarsi con l'implementazione di sistemi biorigenerativi in grado di elaborare gli scarti umani per il recupero di energia per fornire potenza elettrica alle future serre lunari. Il progetto BEATRICE (2024-2027), coordinato da Sapienza e finanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana come vincitore del “Bando Luna 2023”, mira a sviluppare un prototipo integrato in grado di elaborare le acque reflue degli astronauti in celle a combustibile microbiche (Microbial Fuel Cells: MFC), che produrranno energia elettrica e gel fertilizzanti [2], che sarà testato anche in ambiente analogo ipogeo. Il prototipo sarà realizzato valutando l'impatto dell'ISRU (*In-Situ Resource Utilization*) all'interno delle unità, implementando simulanti di regolite per tutte le attività, tra cui la produzione di terreno vegetale, la determinazione della miscela MFC e lo sviluppo di

strutture e supporto per l'integrazione del sistema.

In particolare, le attività del gruppo di ricerca del CNR-IRSA sono volte all'identificazione dei batteri coinvolti nella produzione di energie nelle MFC; nello specifico, si utilizzeranno metodi molecolari per individuare i principali batteri elettro-chimicamente attivi coinvolti nel processo di produzione elettrica. Si valuteranno, inoltre, i fattori specifici (es. temperatura, luce, ossigeno, sostanza organica e nutrienti) che possono favorire lo sviluppo e l'attività nel tempo dei batteri bioelettroattivi. Nel primo semestre di attività sono state effettuate delle prove iniziali con campioni di sedimento proveniente da una grotta selezionata per studiare e testare il sistema rigenerativo, rappresentando un ambiente estremo, isolato, privo di luce. I risultati preliminari delle analisi di ecologia microbica hanno evidenziato che i microorganismi presenti nel sedimento di grotta potranno essere utilizzati per essere mischiati a scarti antropogenici di varia origine per l'allestimento delle prime prove di MFC.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Agenzia Spaziale Italiana (s.d.). *Documento di Visione Strategica per lo Spazio (DVSS) 2020-2029*. <[https://www.asi.it/wp-content/uploads/2020/04/DVSS-2020-2022-Finale\\_compressed\\_compressed.pdf](https://www.asi.it/wp-content/uploads/2020/04/DVSS-2020-2022-Finale_compressed_compressed.pdf)> (ultimo accesso 20 febbraio 2025).
- [2] Marzioli et al. (2024). Integrated bioregenerative system for astronaut waste processing and autonomous cultivation exploiting ISRU techniques: BEATRICE project. In *Proceedings of IAF/IAA Space Life Sciences Symposium. Held at the 75th International Astronautical Congress (IAC 2024)* (pp. 476-482). International Astronautical Federation (IAF).

## Potenzialità economica e ambientale dell'allevamento di *Hermetia illucens* su rifiuti organici per la produzione di materiali innovativi

Mauro Lamanna<sup>1</sup>, Stefano Convertini<sup>2</sup>, Daniela Losacco<sup>2</sup>, Roberto Puglisi<sup>2</sup>, Rocco Roma<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Università di Bari, {mauro.lamanna, rocco.roma}@uniba.it

<sup>2</sup> ReAgri S.r.l., {sconvertini, dlosacco rpuglisi}@reagri.it

**Parole chiave:** *Hermetia*, bioplastiche, percolato, LCA, rifiuti organici

### ABSTRACT

L'allevamento di insetti è una nuova attività produttiva introdotta in Europa nel 2015 per migliorare l'autonomia e la resilienza dei territori, in linea con gli obiettivi della transizione ecologica e del Green Deal europeo. Nel 2023, l'Unione Europea ha disperso oltre 58 milioni di tonnellate di cibo [1]. Se non smaltiti correttamente, questi rifiuti possono determinare il rilascio di liquidi ricchi di nutrienti inquinanti, responsabili dei fenomeni di eutrofizzazione e perdita della qualità delle matrici ambientali "acqua e suolo".

L'allevamento di *Hermetia illucens* (Mosca soldato nera, BSF) è una soluzione efficace per la gestione dei rifiuti organici, grazie alla capacità di svilupparsi su un'ampia gamma di substrati organici e convertendoli in proteine animali, chitina e frass.

Attualmente, in Europa, l'allevamento di insetti a scopo alimentare non consente l'uso di scarti come substrato di crescita. Questo studio valuta la fattibilità tecnico-economica di un sistema di allevamento BSF per il trattamento dei rifiuti organici e del percolato, con particolare attenzione alla valorizzazione dei prodotti derivati. Gli obiettivi della presente ricerca sono la trasformazione delle proteine, estratte dalle larve, in film plastici biodegradabili e la conversione delle esuvie in materiali isolanti e la loro valutazione per l'edilizia. Il frass è usato come ammendante per favorire il riciclo dei nutrienti e migliorare la qualità microbiologica del suolo [2, 3].

L'analisi sarà condotta sui dati ottenuti dalla sperimentazione eseguita in un impianto pilota presso ReAgri S.r.l. (Massafra, TA, Italia), a valle del processo di bioconversione. La caratterizzazione dei prodotti consentirà di tracciare il destino degli inquinanti nel processo biologico. La valutazione economica sarà realizzata tramite analisi costi-benefici, mentre l'impatto ambientale sarà analizzato attraverso l'Analisi del ciclo di vita (LCA).

I risultati ottenuti permetteranno di evidenziare e validare l'impiego di BSF come approccio innovativo per la gestione dei rifiuti organici, riducendo il volume ed il carico di nutrienti dei rifiuti, semplificandone la gestione e l'emissione di gas serra rispetto a pratiche convenzionali (discarica o compostaggio) [4, 5]. Il sistema potrebbe essere utilizzato in territori in cui certe caratteristiche non permettono la realizzazione di impianti di digestione anaerobica, creando comunque nuove opportunità economiche e contribuendo alla transizione verso sistemi produttivi sostenibili.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] European Commission (2017). *Eurostat. Eurostat – Your key to European statistics*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2785/17215>
- [2] Setti, L., Francia, E., Pulvirenti, A., De Leo, R., Martinelli, S., Maistrello, L., Macavei, L. I., Montorsi, M., Barbi, S. & Ronga, D. (2020). Bioplastic Film from Black Soldier Fly Prepupae Proteins Used as Mulch: Preliminary Results. *Agronomy*, 10(7), 933. <https://doi.org/10.3390/agronomy10070933>
- [3] Gurung, S. K., Mickan, B. S., Middleton, J. A., Singh, P. K., Jenkins, S. N., Rengel, Z. & Solaiman, Z. M. (2024). Manure-derived black soldier fly frass enhanced the growth of chilli plants (*Capsicum annuum* L.) and altered rhizosphere bacterial community. *Applied Soil Ecology*, 202, 105605. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105605>
- [4] Beyers, M., Coudron, C., Ravi, R., Meers, E. & Bruun, S. (2023). Black soldier fly larvae as an alternative feed source and agro-waste disposal route—A life cycle perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, 192, 106917. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.106917>
- [5] Mondello, G., Salomone, R., Ioppolo, G., Saija, G., Sparacia, S. & Lucchetti, M. C. (2017). Comparative LCA of Alternative Scenarios for Waste Treatment: The Case of Food Waste Production by the Mass-Retail Sector. *Sustainability*, 9(5), 827. <https://doi.org/10.3390/su9050827>

## Spettroscopia di riflettanza vis-NIR: un'innovativa frontiera nel monitoraggio ambientale

**Valeria Ancona<sup>1</sup>, Ilaria Savino<sup>2</sup>, Carmine Massarelli<sup>1</sup>, Natalia Leone<sup>3</sup>, Ciro Galeone<sup>4</sup>, Cristina Cavone<sup>2</sup>, Annamaria Basile<sup>5,6</sup>, Vito Felice Uricchio<sup>1,7</sup>**

1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {ancona, uricchio, massarelli}@itc.cnr.it

2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque: {ilaria.savino, cristina.cavone}@ba.irsa.cnr.it

3 ICTLAB PA S.r.l. (Gruppo Digital 360), natalia.leone@ictlabpa.it

4 Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione dell'Ambiente Puglia, c.galeone@arpa.puglia.it

5 Regione Puglia – Dipartimento Ambiente, Sezione Rifiuti e Bonifiche, am.basile@regione.puglia.it

6 Sub-Commissario del Commissario straordinario per gli interventi urgenti di bonifica, ambientalizzazione e riqualificazione dell'area di Taranto, a.basile@governo.it

7 Commissario straordinario per gli interventi urgenti di bonifica, ambientalizzazione e riqualificazione dell'area di Taranto, v.uricchio@governo.it

**Parole chiave:** monitoraggio ambientale, statistica multivariata, siti contaminati

### ABSTRACT

Il monitoraggio ambientale costituisce un imprescindibile strumento di indagine per l'analisi, la caratterizzazione e la valutazione della qualità delle matrici ambientali, consentendo l'individuazione tempestiva di alterazioni riconducibili a dinamiche naturali e pressioni antropiche. A fronte di perturbazioni ambientali sempre più rapide ed estese, le tradizionali metodologie di analisi, spesso basate su tecniche distruttive, risultano limitate dai costi elevati, lunghi tempi di analisi e scarsa applicabilità su larga scala, compromettendo l'integrità dei campioni e rallentando la risposta alle emergenze ambientali. In tale contesto, la spettroscopia di riflettanza nel dominio visibile-vicino infrarosso (vis-NIR, 350 nm – 2500 nm) si configura come una tecnica innovativa di *proximal sensing*, versatile, economicamente ed ecologicamente sostenibile per il monitoraggio ambientale [1], fornendo in modo rapido e non invasivo, "istantanee" valutazioni sulle proprietà chimico-fisiche e biologiche delle matrici ambientali. La spettroscopia di riflettanza vis-NIR si fonda sul principio in base al quale la radiazione riflessa da un campione è funzione delle proprietà dello stesso, fornendo una firma spettrale distintiva per l'analisi e la caratterizzazione del materiale. Recentemente, la sua applicazione trova ampia applicazione nell'ambito dell'agricoltura di precisione,

per la gestione e protezione delle risorse, nonché l'ottimizzazione di pratiche agronomiche sostenibili [2]. Mediante l'utilizzo di spettroradiometri, questa tecnica può essere applicata direttamente in campo su campioni di foglie [3] e frutti [4], consentendo di valutare eventuali fattori di stress ed alterazioni in componenti chiave come, ad esempio, nutrienti, pigmenti, contenuto in acqua, antiossidanti, grassi. Le potenzialità della spettroscopia vis-NIR si estendono anche alla caratterizzazione dello stato di qualità dei suoli, attraverso l'analisi spettrale dei cromofori fisici (tessitura) e chimici (acqua, sostanza organica, minerali, carbonati), nonché del colore del suolo [5]. Combinata a metodi di statistica multivariata, consente, inoltre, di predire il contenuto di metalli pesanti e inquinanti organici (come PCB) nei suoli [6-7], creando librerie spettrali di riferimento e mappe sulla distribuzione spaziale dei contaminanti, fondamentali per la pianificazione di interventi di bonifica e riqualificazione ambientale a lungo termine.

#### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Ancona, V., Leone, N., Galeone, C., Bagnuolo, G., Uricchio, V.F. & Leone, A. P. (2019). Using Spectrometric Colour Measurement for the Prediction of Soil PCBs in a Contaminated Site of Southern Italy. *Water Air Soil Pollut*, 230. <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4103-3>
- [2] Vibhute, A. D., Kale, K. V. & Gaikwad, S. V. (2024). Machine learning-enabled soil classification for precision agriculture: a study on spectral analysis and soil property determination. *Applied Geomatics*, 16(1), 181-190. <https://doi.org/10.1007/s12518-023-00546-3>
- [3] Zhuang, J. & Wang, Q. (2024). Integrating leaf spectral and water status information to effectively track chlorophyll a fluorescence parameters during dehydration. *Physiologia Plantarum*, 176(3), e14391. <https://doi.org/10.1111/ppl.14391>
- [4] Bonifazi, G., Gasbarrone, R., Gattabria, D., Lendaro, E., Mosca, L., Mattioli, R. & Serranti, S. (2024). Early Study on Visible (Vis) and Short-Wave Infrared (SWIR) Spectroscopy for Assessing Water Content in Olive Fruits: Towards Sustainable Land and Agricultural Practices. *Land*, 13(12), 2231. <https://doi.org/10.3390/land13122231>
- [5] Leone, A. P., Leone, G., Leone, N., Galeone, C., Grilli, E., Orefice, N. & Ancona, V. (2019). Capability of Diffuse Reflectance Spectroscopy to Predict Soil Water Retention and Related Soil Properties in an Irrigated Lowland District of Southern Italy. *Water*, 11(8), 1712. <https://doi.org/10.3390/w11081712>

- [6] Leone, N., Ancona, V., Galeone, C., Massarelli, C., Uricchio, V. F. & Leone, A. P. (2022). Vis-NIR Reflectance Spectroscopy and PLSR to Predict PCB Content in Severely Contaminated Soils: A Perspective Approach. *Applied Sciences*, 12(16), 8283. <https://doi.org/10.3390/app12168283>
- [7] Nyarko, F., Tack, F. M. & Mouazen, A. M. (2022). Potential of visible and near infrared spectroscopy coupled with machine learning for predicting soil metal concentrations at the regional scale. *Science of The Total Environment*, 841, 156582. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156582>

## Processi collaborativi per la gestione sostenibile dei rifiuti: il caso di Ulaanbaatar nel progetto 3R4UB

Gaia Daldanise<sup>1</sup>, Francesco Stefano Sammarco<sup>2</sup>, Marina Rigillo<sup>2</sup>, Gabriella Esposito De Vita<sup>1</sup>

1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca su Innovazione e Servizi per lo Sviluppo, {g.daldanise, g.esposito}@iriss.cnr.it

2 Università di Napoli Federico II – Dipartimento di Architettura, {francescostefano.sammarco, mrigillo}@unina.it

**Parole chiave:** pianificazione collaborativa, economia circolare, gestione sostenibile dei rifiuti, GIS

### ABSTRACT

Il contributo si inserisce nel progetto internazionale “The 3Rs for a sustainable use of natural resources in Ulaanbaatar – 3R4UB”, che mira a integrare gestione dei rifiuti [1], partecipazione civica, dialogo con gli stakeholder e finanziamenti verdi, sviluppando un metodo innovativo che valorizzi la collaborazione tra cittadini e autorità pubbliche [2]. La città di Ulaanbaatar (UB), capitale della Mongolia, affronta sfide significative legate alla rapida urbanizzazione, agli insediamenti informali (gher) e alla gestione inefficiente dei rifiuti solidi urbani. Attualmente, la pianificazione della gestione dei rifiuti in UB è limitata da dati frammentari e dall’assenza di strumenti che integrino dinamiche sociali, ambientali e infrastrutturali. Inoltre, il contesto urbano è caratterizzato da una divisione in tre “città”: (1) la città pianificata, retaggio del periodo sovietico, (2) la città informale, caratterizzata dagli insediamenti gher e (3) la città in movimento, in cui si verificano condizioni di semi-nomadismo, ognuna con esigenze e criticità specifiche.

L’approccio metodologico della ricerca, denominato “Ulaanbaatar Spatial Sustainable Waste Management” (UBSWM), mira ad attivare un processo di pianificazione collaborativa [3] che integri strumenti GIS e pratiche partecipative per mappare i flussi di rifiuti, individuare hub di raccolta differenziata (intesi come nuove attrezzature di quartiere) e sviluppare approcci di economia circolare [4]. L’integrazione di dati quantitativi, come la spazializzazione delle infrastrutture e dei flussi di mobilità, con dati qualitativi, come il reportage fotografico e la strategia di awareness delle comunità locali nelle scuole, ha permesso di costruire una narrazione

multi-scalare delle dinamiche urbane. Questo approccio ha dato voce alle diversità culturali di UB, trasformandole in un punto di forza per l'implementazione di soluzioni adattive e trasferibili.

I risultati della ricerca rappresentano un modello replicabile per affrontare le sfide della gestione dei rifiuti in città con caratteristiche simili, offrendo nuove prospettive per la pianificazione di spazi pubblici più sostenibili ed equi. Infine, tra gli output della ricerca è prevista la costruzione di una piattaforma open access ArcGIS StoryMaps, in grado non solo di restituire gli esiti del lavoro, con uno strumento aggiornabile, ma soprattutto di essere condiviso con gli stakeholders coinvolti e le comunità locali.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Memon, M. A. (2010). Integrated solid waste management based on the 3R approach. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 12, 30-40. <https://doi.org/10.1007/s10163-009-0274-0>
  
- [2] Esposito De Vita, G., Visconti, C., Ganbat, G. & Rigillo, M. (2023). A collaborative approach for triggering environmental awareness: the 3Rs for sustainable use of natural resources in Ulaanbaatar (3R4UB). *Sustainability*, 15(18), 13846. <https://doi.org/10.3390/su151813846>
  
- [3] Healey, P. (2003). Collaborative planning in perspective. *Planning theory*, 2(2), 101-123. <https://doi.org/10.1177/1473095203002200>
  
- [4] Adami, L. & Schiavon, M. (2021). From circular economy to circular ecology: a review on the solution of environmental problems through circular waste management approaches. *Sustainability*, 13(2), 925. <https://doi.org/10.3390/su13020925>

## La gestione dei rischi climatici negli insediamenti urbani: l'approccio della progettazione tecnologica e ambientale nel Progetto PNRR PE3 - RETURN

Mario Losasso<sup>1</sup>, Valeria D'Ambrosio<sup>1</sup>, Maria Fabrizia Clemente<sup>1</sup>, Sara Verde<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Università degli Studi di Napoli Federico II – Dipartimento di Architettura, {losasso, valeria.dambrosio, mariafabrizia.clemente, sara.verde}@unina.it

**Parole chiave:** resilienza climatica, ecodistretti urbani, progettazione ambientale, retrofit tecnologico, risk mitigation

### ABSTRACT

In ambito urbano la gestione dei rischi climatici richiede l'adozione di strategie integrate di adattamento e mitigazione per ridurre la vulnerabilità degli insediamenti urbani sia nel breve che nel medio-lungo termine.

In campo tecnologico-ambientale il tema dell'adattamento climatico si inquadra nella necessaria transizione dei distretti urbani verso “eco-distretti” al fine di incrementare la risposta di adattamento, resilienza e capacità di contrasto degli impatti climatici. La scala distrettuale, in linea con le politiche tecniche di settore europee [1] e nazionali [2], consente di attuare appropriati processi di *downscaling* efficaci alla scala locale come già dimostrato in molteplici esperienze europee (ad esempio, Parigi, Vienna, Amsterdam).

Negli insediamenti urbani, la transizione da distretti ad eco-distretti attraverso strategie e azioni di adattamento climatico richiede parallelamente l'integrazione della componente di mitigazione climatica – intesa in letteratura come capacità di riduzione delle emissioni climalteranti – al fine di incrementare soluzioni in chiave sostenibile atte a favorire l'equilibrio degli ecosistemi urbani, riducendo il consumo di risorse naturali e l'impatto antropico sui sistemi naturali in una prospettiva *climate-resilient* [3]. Per favorire questo processo, è necessario sviluppare strumenti di supporto decisionale per il trasferimento tecnologico delle conoscenze scientifiche verso approcci operativi, promuovendo azioni collaborative e processi di co-produzione delle conoscenze [4].

In questo contesto, le attività svolte nell'ambito del Partenariato Esteso RETURN – Multi-risk science for resilient communities under a changing climate [5] all'interno dello Spoke TS1 “Insediamenti urbani e metropolitani”, in uno specifico asse di ricerca si pongono l'obiettivo di rafforzare le filiere della conoscenza per la gestione dei rischi climatici, supportando i *decision makers* tramite approcci *Proof of Concept* (PoC). La concezione di

metodologie, modellazioni e simulazioni informatiche per scenari di impatto e strategie e azioni di riduzione delle vulnerabilità climatiche del sistema urbano e della popolazione consente di sviluppare scenari *what-if* per la verifica di alternative progettuali *climate risk oriented* finalizzate a valutare la fattibilità delle soluzioni e la loro efficacia per distretti urbani *climate resilient*.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] European Commission (2020). *The European Green Deal. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions* (COM(2019) 640 final). Brussels: European Commission.
- [2] MUR (2020). *PNR – Programma Nazionale per la Ricerca 2021-2027*. <<https://www.mur.gov.it/sites/default/files/2021-01/Pnr2021-27.pdf>> (ultimo accesso 13 febbraio 2025).
- [3] Losasso, M., Lucarelli, M.T., Rigillo, M. & Valente., R. (Eds.) (2020). *Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale/Adapting to the Changing Climate. Knowledge Innovation for Environmental Design*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli.
- [4] Conti, G., & Grimaldi, R. (2024). *Knowledge Share: the (R)evolution of Technology Transfer*. Cham: Springer.
- [5] Fondazione Return (s.d.). *Homepage*. <<https://www.fondazionereturn.it/>> (ultimo accesso 13 febbraio 2025).

## Spazializzazione delle variabili ambientali tramite un algoritmo potenziato di interpolazione: un approccio Open Source per il monitoraggio e la gestione del territorio

**Carmine Massarelli<sup>1</sup>, Emanuele Barca<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {massarelli, barca}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** *Inverse Distance Weighted (IDW), open source GIS, monitoraggio ambientale, modelli di interpolazione, sistemi di supporto alle decisioni*

### **ABSTRACT**

Questo studio propone un approccio metodologico per migliorare l'interpolazione spaziale dei dati ambientali, potenziando l'algoritmo Inverse Distance Weighted (IDW) [1] attraverso l'integrazione di parametri aggiuntivi, come l'altitudine, con pesi relativi ottimizzati. L'obiettivo principale è superare i limiti dell'IDW tradizionale, che spesso non considera adeguatamente la variabilità topografica, migliorando così l'accuratezza delle previsioni orarie e ricavando intervalli di confidenza più realistici. Inoltre, il metodo consente di definire soglie di affidabilità adattabili alle specificità territoriali. La metodologia è stata applicata ai dati di precipitazione e temperatura registrati dalle stazioni di monitoraggio della Regione Puglia, nel sud Italia. L'intero processo, denominato Augmented Inverse Distance Weighted (AIDW), è stato validato mediante cross-validazione k-fold [2] su un dataset comprendente dieci anni di dati pluviometrici e cinque anni di dati termometrici. I risultati mostrano un miglioramento significativo rispetto all'IDW tradizionale, con una riduzione dell'errore medio quadratico (RMSE) in un intervallo 10-30% che varia in funzione del territorio [3]. L'aspetto innovativo di questo lavoro risiede nella possibilità di ottenere una spazializzazione più accurata delle variabili ambientali, stimando i valori di precipitazione e temperatura in qualsiasi punto del territorio, con la flessibilità di includere ulteriori variabili in funzione delle necessità analitiche. Tale approccio risulta particolarmente utile nei sistemi di supporto decisionale per la gestione ambientale, trovando applicazioni in agricoltura di precisione, prevenzione delle gelate, monitoraggio della siccità e analisi delle tendenze climatiche [4]. Rispetto ai metodi geostatistici più complessi, l'algoritmo AIDW rappresenta un compromesso efficace tra accuratezza e semplicità computazionale: offre stime più

affidabili rispetto all'IDW tradizionale, pur mantenendo tempi di calcolo ridotti e una facile implementazione con software open-source. Questo lo rende particolarmente adatto a scenari operativi che richiedono aggiornamenti in tempo reale e analisi su larga scala, garantendo trasparenza, replicabilità e un ampio potenziale di applicazione nel monitoraggio e nella gestione ambientale.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Tobler, W.R. (1970). A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Econ. Geogr.*, 46, 234-240. <https://doi.org/10.2307/143141>
- [2] Allen, D. M. (1974). The Relationship Between Variable Selection and Data Augmentation and a Method for Prediction. *Technometrics*, 16(1), 125-127. <https://doi.org/10.1080/00401706.1974.10489157>
- [3] Massarelli, C., Campanale, C. & Uricchio, V. F. (2022). Custom Methodology to Improve Geospatial Interpolation at Regional Scale with Open-Source Software. *Knowledge*, 2(1), 88-102. <https://doi.org/10.3390/knowledge2010005>
- [4] Zhai, Z., Martínez, J.F., Beltran, V. & Martínez, N.L. (2020). Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Comput. Electron. Agric.*, 170, 105256. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2020.105256>

## Participatory System Dynamic Model per il co-design di Nature-Based Solutions in ambito urbano

Raffaele Giordano<sup>1</sup>, Stefania Santoro<sup>1</sup>, Virginia Rosa Coletta<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque, {raffaele.giordano, stefaniasantoro, virginiarosacoletta}@cnr.it

**Parole chiave:** sviluppo partecipato di modelli, *Nature-Based Solutions*, resilienza sistemi urbani

### ABSTRACT

Le Soluzioni Basate sulla Natura (*Nature-Based Solutions* – NBS) emergono come pilastri fondamentali per rafforzare la resilienza urbana di fronte alle sfide crescenti poste dai cambiamenti climatici, in particolare per quanto riguarda la gestione del rischio idraulico. Oltre alla loro comprovata efficacia nel mitigare gli impatti al suolo delle inondazioni improvvise (flash floods), le NBS offrono una vasta gamma di co-benefici ambientali, sociali ed economici, contribuendo a creare città più sostenibili e vivibili [1].

Tuttavia, la progettazione e l'implementazione di NBS efficaci richiedono un approccio integrato e partecipativo che tenga conto della complessità dei sistemi urbani e delle diverse esigenze degli stakeholder. In questo contesto, la Modellazione Dinamica Partecipativa (*Participatory System Dynamic Modelling* – PSDM) si rivela uno strumento prezioso per il co-design di soluzioni innovative [2].

I modelli PSDM consentono di rappresentare in modo dinamico le interazioni tra i diversi componenti del sistema urbano, simulando gli effetti delle NBS e valutando i trade-off tra i molteplici benefici che esse possono generare. In particolare, i modelli PSDM permettono di identificare potenziali conflitti tra diversi beneficiari, facilitando la ricerca di soluzioni che massimizzino i vantaggi per l'intera comunità.

Un elemento distintivo di questo approccio è l'integrazione delle conoscenze degli stakeholder nel processo di modellazione. Attraverso un approccio transdisciplinare, che coinvolge esperti di diverse discipline e attori locali, è possibile costruire modelli PSDM più accurati e pertinenti, in grado di riflettere la complessità delle sfide urbane e di promuovere soluzioni condivise e sostenibili [3].

In questo contributo sono descritti i risultati preliminari delle attività svolte in vari progetti europei in merito alla co-creazione, co-implementazione e co-valutazione di NBS per la

riduzione dei rischi climatici in ambito urbano. Sono, in particolare, descritte le principali barriere incontrate nel coinvolgimento degli stakeholder nella costruzione dei modelli e le azioni implementate al fine di superare tali barriere.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Giordano, R., Pluchinotta, I., Pagano, A., Scricciu, A. & Nanu, F. (2020). Enhancing nature-based solutions acceptance through stakeholders' engagement in co-benefits identification and trade-offs analysis. *Science of The Total Environment*, 713, 136552. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136552>
  
- [2] Giordano, R., Osann, A., Henao, E., López, M. L., Piqueras, J. G., Nikolaidis, N. P., Lilli, M., Coletta, V. R. & Pagano, A. (2025). Causal Loop Diagrams for bridging the gap between Water-Energy-Food-Ecosystem Nexus thinking and Nexus doing: Evidence from two case studies. *Journal of Hydrology*, 650, 132571. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.132571>
  
- [3] Biggs, R., de Vos, A., Preiser, R., Clements, H., Maciejewski, K. & Schlüter, M. (Eds.) (2021). *The Routledge Handbook of Research Methods for Social-Ecological Systems* (1st ed.). London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003021339>



**Tecnologie digitali per la  
conoscenza, la documentazione,  
rappresentazione,  
manutenzione, gestione e  
valorizzazione del costruito e del  
paesaggio antropizzato**



## Ambiente costruito e tecnologie digitali tra sperimentazioni, opportunità di ricerca, sfide e limiti

**Ilaria Trizio**

*Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, [ilaria.trizio@itc.cnr.it](mailto:ilaria.trizio@itc.cnr.it)*

**Parole chiave:** digitalizzazione del costruito, ICT, patrimonio costruito storico, aree interne

Sebbene da oltre venti anni il settore delle costruzioni sia protagonista di una lenta ma inesorabile rivoluzione, che lo vede al centro di un processo di digitalizzazione e sostanziale trasformazione grazie all'uso intensivo delle ICT (Information and Communications Technologies), risulta ancora meno digitalizzato rispetto ad altri settori del panorama economico nazionale ed europeo, come evidenziato dal report fornito nel 2021 dall'*Osservatorio europeo sul settore delle costruzioni*.

Nonostante il gap da colmare e la fisiologica lentezza di questo percorso di trasformazione, che deve misurarsi con la scarsa competitività delle sue piccole e medie imprese e da una sostanziale difficoltà ad aprire i processi all'innovazione, appare però evidente da numerosi segnali che il settore riconosca alle tecnologie digitali un ruolo chiave per affrontare alcune delle sfide principali che nel prossimo futuro potranno consentirgli di raggiungere gli obiettivi di sostenibilità e di sostanziale trasformazione auspicati dall'Unione Europea.

E infatti, il programma di finanziamento destinato allo sviluppo digitale dell'Europa (DIGITAL) nasce per supportare l'industria, le piccole e medie imprese (PMI) e la pubblica amministrazione dei paesi membri nella loro trasformazione digitale, attraverso la creazione di appositi Hub Europei di Innovazione Digitale (EDIH). Tali piattaforme sono pensate per favorire l'integrazione delle tecnologie digitali e per coinvolgere, attraverso la collaborazione, lo scambio e la condivisione delle conoscenze, tutti gli attori pubblici e privati dei vari ambiti coinvolti. Ovviamente anche il settore delle costruzioni è coinvolto in questo processo, facendolo entrare di diritto, grazie anche alla sua sostanziale incidenza sul PIL dei Paesi, tra gli ecosistemi prioritari che devono affrontare le sfide più significative per raggiungere la trasformazione digitale.

Sebbene quindi con una iniziale diffidenza, superata grazie al supporto finanziario delle politiche europee, il settore delle costruzioni si è di fatto aperto alla digitalizzazione, che si realizza in particolare in tutte quelle fasi di acquisizione dei dati. L'adozione di tecnologie integrate per il rilevamento tridimensionale dei manufatti, infatti, dai laser scanner con tecnologia SLAM ai robot sino agli UAV, rappresentano oramai uno standard consolidato per il rilievo. A questi strumenti si affianca l'impiego di sensori per il monitoraggio di strutture e infrastrutture, e l'uso della realtà virtuale, aumentata e mista apre a prospettive del tutto innovative coinvolgendo le diverse fasi del processo edilizio, dalla progettazione alla gestione del cantiere, sino alla verifica di scenari diversi che supportano il processo di decision making. Altrettanto importante è stata la svolta che hanno fornito i processi di modellazione parametrica in ambiente BIM (Building Information Modelling) che, sebbene tuttora siano prevalentemente utilizzati per la progettazione del nuovo, offrono potenzialità in continua evoluzione lungo l'intero processo costruttivo, soprattutto nella gestione delle opere grazie all'integrazione con sistemi IoT (Internet of Things).

Parallelamente al tema della digitalizzazione, il settore delle costruzioni è impegnato in un'altra sfida altrettanto ambiziosa, guidata da obiettivi di sostenibilità ambientale, di difesa del suolo e, per alcuni versi, anche dalle minori disponibilità economiche di committenti pubblici e privati, che vedono nel recupero del patrimonio costruito e nella rigenerazione urbana gli strumenti per ridurre l'impatto ambientale dell'edilizia e valorizzare il patrimonio esistente. All'interno di questo contesto ricadono inoltre la salvaguardia del patrimonio storico e di pregio, del patrimonio archeologico, incluse le infrastrutture storiche, e tutte le attività di tutela, manutenzione e conservazione finalizzate alla trasmissione di questi beni alle generazioni future. Questa trasformazione, basata sui principi di rigenerazione, riuso, recupero, efficientamento energetico delle costruzioni, sulla sperimentazione e utilizzo di materiali sostenibili, nonché sull'adozione di nuovi standard di progettazione, è strettamente legata alla sfida precedente e richiede, ancora una volta, l'integrazione di molteplici competenze e la collaborazione di numerosi attori coinvolti nel processo edilizio: dai tecnici e i progettisti, dalle piccole, medie e grandi imprese del settore sino ai proprietari, passando per le amministrazioni e gli enti locali. A fare da collettore tra queste due istanze, nonché a rappresentare un grande laboratorio a cielo aperto per individuare indirizzi e sperimentare nuove soluzioni, c'è

una problematica prettamente italiana, quella delle aree interne, che mira a risolvere questioni particolarmente complesse. La recente Strategia Nazionale delle Aree Interne (S.N.A.I.) è volta non solo al ripristino e al potenziamento delle infrastrutture fisiche e digitali, ma anche alla valorizzazione, rigenerazione e salvaguardia del patrimonio costruito dei piccoli comuni, che rappresentano un patrimonio unico e fortemente identitario per il nostro paese da mantenere in esercizio e preservare anche per ridurre il rischio di perdita di tali manufatti salvaguardando al tempo stesso le vite umane.

Questa premessa è lo sfondo sul quale si muovono i numerosi contributi raccolti in questa sezione, le cui tematiche affrontano in maniera articolata e particolarmente rappresentativa l'eterogeneità e la complessità che tali trasformazioni, quella della digitalizzazione e del recupero e salvaguardia dell'esistente comportano, evidenziando al tempo stesso il ruolo chiave della ricerca per delineare possibili indirizzi e soluzioni.

I contributi che essa contiene sono infatti rappresentativi non solo dei numerosi fronti di ricerca ma anche dell'ampio ventaglio di applicazioni delle tecnologie digitali al rilievo, alla documentazione, alla rappresentazione, all'analisi, alla gestione e al monitoraggio del costruito. Essi sono anche rappresentativi dei molteplici e differenti passaggi di scala, che spaziano dal paesaggio costruito alle infrastrutture o ai grandi complessi monumentali, per arrivare alla ricostruzione di ambiti urbani ai modelli informativi complessi per la gestione dei fabbricati e di piccole aree archeologiche, sino ad applicazioni specifiche alle opere d'arte.

Questa grande varietà, che è possibile apprezzare nelle pagine che seguono, è significativa non solo delle grandi potenzialità che l'applicazione delle tecnologie offre agli obiettivi di digitalizzazione del patrimonio costruito in senso ampio, ma anche di come sia viva la ricerca intorno alle problematiche precedentemente espresse, che rappresentano la sfida futura per il settore delle costruzioni ma anche un terreno fertile da esplorare nell'immediato per rispondere con prontezza alle sfide di trasformazione e sostenibilità.

## CIM per l'analisi della vulnerabilità dell'edificato urbano. Integrazione tra GIS e BIM

**Marco Saccucci<sup>1</sup>, Francesca Savini<sup>2</sup>, Adriana Marra<sup>2</sup>, Ilaria Trizio<sup>2</sup>, Assunta Pelliccio<sup>3</sup>**

*1 Università di Padova – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, marco.saccucci@unipd.it*

*2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {savini, marra, trizio}@itc.cnr.it*

*3 Università di Cassino e del Lazio Meridionale – Dipartimento di Lettere e Filosofia, pelliccio@unicas.it*

**Parole chiave:** CIM, BIM, GIS, edificato urbano, vulnerabilità

### ABSTRACT

Attraverso la crescente digitalizzazione del settore costruzioni, è stato possibile spingere la ricerca verso lo sviluppo e la diffusione di modelli complessi multiscalari, informativi e interoperabili. Poco dopo l'introduzione del concetto di modellazione parametrica dell'architettura che ha dato origine al BIM (Building Information Modelling), avvenuta nel 2002 circa [1], Lachmi Khemlani [2] ha introdotto nel 2005 il concetto di CIM (City Information Modelling) come strumento per la gestione delle informazioni relative ai contesti urbani caratterizzati da un'elevata complessità ed eterogeneità. Successivamente, nel 2014, Xu et al. [3] hanno evidenziato la necessità di garantire l'interoperabilità tra le due scale di rappresentazione, quella territoriale e quella architettonica. Attraverso l'integrazione degli standard Industry Foundation Classes (IFC) e City Geography Markup Language (CityGML), è possibile generare modelli integrati in cui il BIM fornisce dati sui componenti architettonici, strutturali e impiantistici del costruito edilizio e infrastrutturale, mentre il GIS integra informazioni di natura tecnico-urbanistica e paesaggistica. In questo modo, il modello digitale, inteso come sistema complesso creato a partire da ontologie [4], è in grado di raccogliere, archiviare ed elaborare grandi quantità di dati eterogenei, sia alfanumerici che iconografici, permettendo una visualizzazione interattiva della realtà urbana, favorendo quindi una gestione smart, efficiente e sostenibile dei contesti urbani. Questo contributo descrive la procedura per realizzare un modello integrato GIS/BIM, su piattaforma Autodesk Infracore, finalizzato alla conoscenza dei nuclei urbani particolarmente vulnerabili per il rischio sismico, che risulta essere un tema di ricerca particolarmente attuale [5, 6].

Il modello è concepito come un hub di raccolta di database contenenti analisi dei principali metodi di valutazione del rischio sismico in Italia e introdotti nell'ultimo secolo. Tra questi, figurano le schede di I e II livello GNDT AEDES, le schede CARTIS per la caratterizzazione tipologico-strutturale dei comparti urbani costituiti da edifici ordinari e algoritmi per l'individuazione del più probabile meccanismo di collasso dei fabbricati in muratura tradizionale [7]. Il modello realizzato utilizza come caso di studio sul quale eseguire la sperimentazione il piccolo centro di San Pietro Infine, situato al confine tra tre regioni (Molise, Lazio e Campania) e collocato in una zona sismica a pericolosità media. Il comune, attraversato dalla Linea Gustav, è stato completamente ricostruito a valle dopo i bombardamenti della Seconda guerra mondiale [8] e l'attuale tessuto edilizio è caratterizzato da edifici con un'altezza media di due piani fuori terra e da sistemi costruttivi misti in muratura portante e calcestruzzo armato.

### Riferimenti bibliografici

- [1] Laiserin, J. (2002). Building Science & Technology-Digital Architect: Virtual design studios. *Architectural record*, 190(1), 141-146.
- [2] Khemlani, L. (2005). *Hurricanes and their Aftermath: How Can Technology Help?* AECbytes. <<https://www.aecbytes.com/feature/2005/HurricaneTechHelp.html>> (ultimo accesso 12 febbraio 2025).
- [3] Xu, X., Ding, L., Luo, H. & Ma, L. (2014). From building information modeling to city information modeling. *ITcon - Journal of information technology in construction*, 19, 292-307.
- [4] Trizio, L., Marra, A., Savini, F. & Ruggieri, A. (2021). L'architettura vernacolare e i suoi linguaggi: verso un'ontologia dei centri storici minori/The vernacular architecture and its languages: towards an ontology of the minor historic centres. In A. Arena, M. Arena, R. G. Brandolino, D. Colistra, G. Ginex, D. Mediatì & P. Raffa (Eds.), *Connettere. Un disegno per annodare e tessere. Linguaggi Distanze Tecnologie. Atti del 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Connecting. Drawing for weaving relationship. Languages Distances Technologies. Proceedings of the 42th International Conference of Representation Disciplines Teachers* (p. 1198-1215.). Milano: FrancoAngeli.
- [5] Fiorani, D., Cutarelli, S., Donatelli, A. & Martello, A. (2019). Vulnerabilità dei centri storici: validazione della scheda Unità Urbana del sistema Carta del Rischio tramite la sua applicazione su due centri laziali. In D. Fiorani (Ed.), *Restauro per i centri storici* (Materiali

e strutture: problemi di conservazione, 16) (pp. 69-97). Roma: Edizioni Quasar.

- [6] Caravaggi, L. (Ed.) (2020). *Progetto SISMI-DTC Lazio: conoscenze e innovazioni per la ricostruzione e il miglioramento sismico dei centri storici del Lazio*. Macerata: Quodlibet.
- [7] Saccucci, M. (2024). “Macchine digitali” per la valutazione della vulnerabilità sismica dei centri storici minori. In L. Palermo & A. Pelliccio (Eds.), *Visioni meccaniche. Superuomini e ipercittà al tempo della macchina* (pp. 111-138). Napoli: La scuola di Pitagora editrice.
- [8] Pelliccio A., Saccucci M. & Miele V. (2023). The relationship between space and traces of urban memory in the post-war towns on the Gustav line. In R. Amore, M.I. Pascariello & A. Veropalumbo (Eds.), *Difese, distruzioni, permanenze delle memorie e dell'immagine urbana. Tomo II - Tracce e patrimoni* (pp. 367-374). Napoli: FedOA Press - Circe.

## IA e Machine Learning per l'identificazione semiautomatica del degrado superficiale dei ponti storici in muratura

**Marco Giallonardo<sup>1</sup>, Agostino Forestiero<sup>2</sup>, Ilaria Trizio<sup>3</sup>**

*1 Università degli Studi del Molise – Dipartimento di Bioscienze e Territorio, marco.giallonardo@unimol.it*

*2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni, agostino.forestiero@cnr.it*

*3 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, ilaria.trizio@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** ponti storici in muratura, image analysis, identificazione semiautomatizzata del degrado, IA per il rilievo del danno, diagnostica automatizzata

### ABSTRACT

Il vasto patrimonio infrastrutturale italiano, con particolare riferimento a ponti e viadotti, si compone per buona parte di manufatti realizzati nel secondo dopoguerra [1], con un'età media di oltre cinquanta anni. Si tratta prevalentemente di strutture risalenti alla seconda metà del secolo scorso e quindi prossime alla fine della loro vita utile, realizzate con tipologie e tecnologie costruttive affini, per le quali è lecito attendersi una perdita di funzionalità nello stesso arco temporale e ipotizzabile in un futuro non lontano [2].

Partendo da tale consapevolezza, e dalla necessità di garantire la sicurezza e prolungare la vita utile delle infrastrutture esistenti, si rileva l'esigenza di sperimentare e sviluppare metodi e strategie per le ispezioni e il controllo periodico nel tempo di tali opere, verificandone la salute strutturale e monitorando l'efficacia degli interventi effettuati per mitigarne la vulnerabilità.

L'utilizzo di tecnologie cognitive come l'Intelligenza Artificiale (IA) e il Machine Learning (ML) nel settore dell'Ingegneria Civile ha portato allo sviluppo di procedure innovative per rispondere a sfide complesse [3]. Queste tecnologie hanno il potenziale di migliorare l'efficienza, la sicurezza e la sostenibilità dei sistemi infrastrutturali, fornendo soluzioni per migliorare l'ispezione dei danni e del degrado, la gestione dei rischi per la sicurezza e la modellazione delle informazioni [4].

Pertanto, in risposta alle necessità espresse in precedenza, con il presente lavoro ci si propone di individuare e sperimentare una metodologia innovativa per l'identificazione e la valutazione del degrado superficiale dei ponti storici in muratura attraverso ispezioni

visive automatizzate. Nello specifico, la strategia proposta mira a sperimentare un metodo per l'individuazione e la classificazione semiautomatica delle forme di degrado superficiale dei ponti in muratura attraverso procedure basate su IA e ML applicate a set di immagini acquisite mediante velivoli a pilotaggio remoto (UAV).

Tale metodo, in linea con le Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti [5], potrebbe rappresentare un valido supporto alle procedure di ispezione visiva e rilievo speditivo per la classificazione del rischio [6], nonché alla gestione efficiente delle opere tramite analisi predittive atte alla pianificazione di eventuali interventi.



**Figura 1.** Immagini del ponte Guastacconcio (CH) sito nel comune di Paglieta (CH): in alto, immagini prima e a seguito del collasso avvenuto in data 13/02/2023, in basso modello fotogrammetrico da UAV effettuato in seguito al collasso.

### Riferimenti bibliografici

- [1] Petrangeli, M., Lardani, I. & Del Drago, F. (2019). Conservazione e rinnovamento dei ponti stradali italiani in calcestruzzo. *Strade & Autostrade*, 136(4), 46-56.
- [2] Renzi, E., Rossi, A., Tamasi, G., Tabelli, G., Miccinelli, C., Lanzi, A., Vaccariello, M. & Trifarò, C. A. (2023). Operating instructions to the guidelines for risk classification and management, safety assessment and monitoring of existing bridges and seismic risk. *Procedia Structural Integrity*, 44, 737-744. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2023.01.096>
- [3] Khan, S. (2025). The Application of Artificial Intelligence and Machine Learning in Civil Engineering. *Doupe Journal of Top Trending Technologies*, 1(1), 1-11. <https://doi.org/10.71063/DJT.TT.2025.1101>
- [4] Kamolov, S. (2024). Machine learning methods in civil engineering: a systematic review. *Annals of Mathematics and Computer Science*, 21, 181-191. <https://doi.org/10.56947/amcs.v21.277>
- [5] MIT (2022). *Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza e il monitoraggio dei ponti esistenti* (DM n.204/2022). Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie Generale (n.196 del 23 agosto 2022). <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2022/08/23/22A04700/sg>
- [6] Savini, F., Marra, A., Cordisco, A., Giallonardo, M., Fabbrocino, G. & Trizio, I. (2022). A complex Virtual Reality system for the management and visualization of bridge data. *SCIRES-IT-SCientific RESearch and Information Technology*, 12(1), 49-66. <http://dx.doi.org/10.2423/i22394303v12n1p49>

## Soluzioni digitali per il patrimonio in abbandono delle Aree Interne

Francesca Savini<sup>1</sup>, Gianluca Ciuca<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {savini; ciuca}@itc.cnr.it

<sup>2</sup> Università degli Studi del Molise – Dipartimento di Bioscienze e Territorio, g.ciuca@studenti.unimol.it

**Parole chiave:** Aree Interne, architetture abbandonate, analisi multidisciplinari, procedure digitali per la rifunzionalizzazione, modelli informativi

### ABSTRACT

Le Aree Interne del Paese sono caratterizzate da un costruito storico diffuso tra piccoli borghi e aree rurali che, a causa dello spopolamento e dei fattori di rischio che interessano questi territori marginali [1], è in parte abbandonato [2]. Contrastare questo fenomeno è fondamentale poiché gli edifici storici, carichi di valori culturali, costituiscono una testimonianza unica da conservare e tramandare alle future generazioni. Prima di mettere in atto interventi di conservazione e recupero è fondamentale condurre, in linea con le disposizioni delle normative [3, 4], analisi tematiche finalizzate alla conoscenza delle caratteristiche tipologico-formali e storico-costruttive dei manufatti. In questo ambito, le tecnologie digitali assumono un ruolo centrale poiché hanno rivoluzionato le procedure di acquisizione e analisi dei dati (ad esempio nuvole di punti, cataloghi digitali, ecc.) ma anche le modalità di rappresentazione del patrimonio costruito attraverso modelli tridimensionali (HBIM, GIS 3D, Modelli Semantici, ecc.). Le Information and Communication Technologies (ICT) supportano efficacemente la documentazione e la gestione del costruito storico, soprattutto quando i relativi dati sono organizzati in modo coerente, a partire da specifiche ontologie [5-7]. I modelli che ne derivano, se rielaborati secondo i principi dell’Heritage Interpretation [8] e integrati con tecniche di Realtà Virtuale (VR) e Aumentata (AR), diventano inoltre strumenti efficaci per la valorizzazione del patrimonio. In questo contesto trova spazio il concetto di e-conservation, un paradigma innovativo che ricorre a soluzioni digitali per favorire la gestione del patrimonio costruito e facilitare i processi decisionali, incoraggiando anche la progettazione di interventi di restauro e rifunzionalizzazione in ambiente digitale [9]. A partire da queste premesse, il presente lavoro analizza le potenzialità delle ICT per la conoscenza, la documentazione

e la valorizzazione di alcuni manufatti in stato di abbandono situati nell'Area Interna "Gran Sasso e Valle Subequana", in provincia dell'Aquila. Attraverso l'applicazione di metodologie consolidate nel campo della rappresentazione e la sperimentazione di strumenti innovativi, è stato realizzato un rilievo digitale integrato che ha portato allo sviluppo di un modello parametrico avanzato. Il modello HBIM, che integra dati eterogenei, consente non solo di documentare lo stato di conservazione degli edifici, ma anche di simulare possibili interventi di recupero, con un approccio orientato alla valorizzazione culturale del patrimonio abbandonato.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Agenzia per la Coesione Territoriale (s.d.). *Strategia Nazionale Aree Interne*. <<https://www.agenziacoesione.gov.it/strategia-nazionale-aree-interne/>> (ultimo accesso 10 febbraio 2025).
- [2] Oteri, A.M. & Scamardi, G. (Ed.) (2020). Un paese ci vuole. Studi e prospettive per i centri abbandonati e in via di spopolamento. *ArchHistOR, Extra n.7*.
- [3] MIT (2018). *Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni* (DM 17 Gennaio 2018). Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie Generale (n.42 del 20 febbraio 2018 - Suppl. Ordinario n. 8). <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2018/2/20/18A00716/sg>
- [4] MIC (2011). *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008* (DPCM 9 febbraio 2011). Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, (n.47 del 26 febbraio 2011, Suppl. Ordinario n. 54). <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2011/02/26/11A02374/sg>
- [5] Corsi, S., Simeone, D. & Toldo, I. (2015). Un modello ontologico per la rappresentazione del patrimonio edilizio. In E. Di Giuseppe & C. Mazzoli (Eds.), *Colloqui. AT. e 2014. L'orizzonte del sapere tecnico in architettura* (pp. 61-66). Rimini: Maggioli Editore.
- [6] Acierno, M. (2020). La rappresentazione integrata della conoscenza come strumento di tutela e restauro della scala urbana. Riflessi e conseguenze di un cambiamento di approccio metodologico. In D. Fiorani & E. Romeo (Eds.), *Realizzazione degli interventi. Gestione, valorizzazione, prevenzione* (Restauro: Conoscenza, Progetto, Cantiere, Gestione) (pp. 559-568). Roma: Edizioni Quasar.

- [7] Trizio, L., Marra, A., Savini, F. & Ruggieri, A. (2021). L'architettura vernacolare e i suoi linguaggi: verso un'ontologia dei centri storici minori/The vernacular architecture and its languages: towards an ontology of the minor historic centres. In A. Arena, M. Arena, R. G. Brandolino, D. Colistra, G. Ginex, D. Mediati & P. Raffa (Eds.), *Connettere. Un disegno per annodare e tessere. Linguaggi Distanze Tecnologie. Atti del 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Connecting. Drawing for weaving relationship. Languages Distances Technologies. Proceedings of the 42th International Conference of Representation Disciplines Teachers* (p. 1198-1215.). Milano: FrancoAngeli.
- [8] Brunelli, M. (2014). *Heritage Interpretation: un nuovo approccio per l'educazione al patrimonio*. Macerata: EUM.
- [9] Marra, A., Trizio, I. & Savini, F. (2023). Multidisciplinary Approach for the Knowledge of Historical Built: Digital Tools for the Virtual Restoration. In I. Trizio, E. Demetrescu & D. Ferdani (Eds.), *Digital Restoration and Virtual Reconstructions. Case Studies and Compared Experiences for Cultural Heritage* (pp. 205-224). Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-15321-1\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-031-15321-1_13)

## BIM e piattaforme digitali per la gestione del costruito storico: verso una manutenzione intelligente

**Alessio Cordisco<sup>1</sup>, Federica Miconi<sup>1,2</sup>, Adriana Marra<sup>1</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {cordisco, miconi, marra}@itc.cnr.it*

*2 Università degli Studi del Molise – Dipartimento di Bioscienze e Territorio, f.miconi@studenti.unimol.it*

**Parole chiave:** patrimonio culturale, conoscenza, manutenzione, HBIM, piattaforme web

### ABSTRACT

La digitalizzazione del settore dell'architettura, ingegneria e costruzioni (AEC) ha rivoluzionato l'approccio al patrimonio costruito, introducendo strumenti innovativi che hanno reso più efficienti e sostenibili le operazioni di pianificazione e progettazione degli interventi di manutenzione [1]. Tra le tecnologie digitali per la conoscenza, analisi e gestione del costruito, particolarmente performante è il Building Information Modelling (BIM), inteso quale processo olistico di creazione e gestione delle informazioni di una costruzione. Il BIM, infatti, consente di sviluppare un modello 3D che integra dati multidisciplinari supportando l'intero ciclo di vita di un edificio [2]. La sua applicazione al costruito storico – Historic BIM (HBIM) – ha introdotto nuove opportunità per l'analisi, gestione e conservazione del patrimonio [3-5]. Tuttavia, l'uso delle tecnologie digitali e dell'HBIM presenta alcune criticità che possono essere superate sviluppando adeguati approcci metodologici e integrando sistemi differenti [6, 7]. Queste strategie permettono di valorizzare al meglio le potenzialità del digitale, ottimizzando la gestione delle informazioni e rendendo più sostenibili le attività di manutenzione anche grazie alla collaborazione tra i diversi attori coinvolti. In questo contesto, il presente contributo analizza vantaggi e criticità delle tecnologie digitali applicate al patrimonio costruito, proponendo un workflow per la pianificazione e gestione delle attività di manutenzione in ambiente digitale. Il workflow integra diverse fasi e tecnologie, dall'acquisizione delle informazioni per la conoscenza della costruzione fino alla creazione del modello HBIM, che organizza e gestisce i dati eterogenei, inclusi quelli relativi alla pianificazione delle strategie di manutenzione. Per superare alcune delle criticità legate all'accessibilità e aggiornamento dei dati, è stata inoltre sviluppata una piattaforma web-based che facilita la visualizzazione del modello HBIM e l'accesso alle informazioni, garantendo il monitoraggio in tempo reale delle attività di

manutenzione, una pianificazione più efficiente degli interventi e un migliore coordinamento tra le diverse professionalità coinvolte nel processo. L'applicazione del workflow a un caso studio reale ne ha validato l'efficacia, anche relativamente all'ottimizzazione della manutenzione programmata di edifici complessi con esigenze di conservazione specifiche, dimostrando come i modelli HBIM e le piattaforme digitali possano supportare la gestione nel tempo delle opere.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Wang, K. (2024). Mapping the global knowledge landscape of digital transformation in the AEC industry: a scientometric analysis. *Engineering, Construction and Architectural Management*. <https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2023-1174>
- [2] Parsamehr, M., Perera, U.S., Dodanwala, T.C., Perera, P. & Ruparathna, R. (2023). A review of construction management challenges and BIM-based solutions: perspectives from the schedule, cost, quality, and safety management. *Asian J Civ Eng*, 24, 353-389. <https://doi.org/10.1007/s42107-022-00501-4>
- [3] Santagati, C., Papacharalambous, D., Sanfilippo, G., Bakirtzis, N., Laurini, C. & Hermon, S. (2021). HBIM approach for the knowledge and documentation of the St. John the Theologian cathedral in Nicosia (Cyprus). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 36, 102804. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.102804>
- [4] Ciuffreda, A.L., Trovattelli, F., Meli, F., Caselli, G., Stramaccioni, C., Coli, M. & Tanganelli, M. (2024). Historic Building Information Modeling for Conservation and Maintenance: San Niccolo's Tower Gate, Florence. *Heritage*, 7(3), 1334-1356. <https://doi.org/10.3390/heritage7030064>.
- [5] Marra, A., Trizio, I. & Savini, F. (2023). Multidisciplinary Approach for the Knowledge of Historical Built: Digital Tools for the Virtual Restoration. In I. Trizio, E. Demetrescu & D. Ferdani, D. (Eds.), *Digital Restoration and Virtual Reconstructions* (pp. 205-224). Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-15321-1\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-031-15321-1_13)
- [6] Matrone, F., Colucci, E., Iacono, E. & Ventura, G. M. (2023). The HBIM-GIS Main10ance Platform to Enhance the Maintenance and Conservation of Historical Built Heritage. *Sensors*, 23(19), 8112. <https://doi.org/10.3390/s23198112>
- [7] da Silveira Pirillo Inojosa, L. & de Araújo Vilanova, K. (2023). BIM interoperability in the maintenance planning process for existing buildings. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, 8, 45. <https://doi.org/10.1007/s41024-023-00292-4>

## **Integrazione delle tecnologie digitali per la documentazione e la conservazione del patrimonio culturale: il progetto di ricerca M.A.C.IN.A.**

**Ilaria Trizio<sup>1</sup>, Michele Valentino<sup>2</sup>, Silvia Fabbrocino<sup>3</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, [ilaria.trizio@cnr.it](mailto:ilaria.trizio@cnr.it)*

*2 Università degli Studi di Sassari, [mvalentino@uniss.it](mailto:mvalentino@uniss.it)*

*3 Università degli Studi di Napoli Federico II, [silvia.fabbrocino@unina.it](mailto:silvia.fabbrocino@unina.it)*

**Parole chiave:** patrimonio culturale, paesaggio storico, analisi geospaziale, conservazione del patrimonio, integrazione HGIS e HBIM

### **ABSTRACT**

Le infrastrutture storiche legate all'acqua, come i mulini e i sistemi di canalizzazione ad essi legati, rappresentano un patrimonio culturale che costituisce un chiaro esempio di intersezione tra l'attività umana e gli ambienti naturali [1]. In questo contesto, il progetto di rilevante interesse nazionale M.A.C.IN.A. (Multilevel Application for Cultural Information Archives), mira a sviluppare un quadro metodologico innovativo per documentare, analizzare e preservare questo patrimonio integrando i due strumenti Heritage/Historical Geographic Information Systems (HGIS) and Heritage/Historical Landscape Information Modelling (HBIM) [2, 3]. Nello specifico, lo studio si concentra sulle aree interne dell'Abruzzo e della Sardegna, regioni ricche di queste strutture che hanno svolto un ruolo fondamentale nello sviluppo socio-economico e ambientale delle comunità locali [4]. Il gruppo di ricerca interdisciplinare composto da tre unità – l'ITC-CNR L'Aquila, l'Università di Sassari e l'Università di Napoli Federico II – mira a sperimentare un sistema di modellazione delle informazioni del patrimonio paesaggistico (HLIM - Heritage/Historical Landscape Information Modelling). Questo sistema integra strumenti digitali avanzati e analisi geospaziali per supportare studi interdisciplinari sull'evoluzione diacronica dei paesaggi culturali, valutandone al contempo la vulnerabilità ai cambiamenti idrogeologici e climatici [5, 6]. Questa metodologia multi-scalare e multi-temporale, che combina telerilevamento, modellazione 3D, ricerca d'archivio e analisi dei dati storici, mira a fornire nuove informazioni sulla trasformazione dei siti del patrimonio culturale legati all'acqua. Integrando i dati HGIS e HBIM all'interno della piattaforma HLIM, il progetto offre un modello scalabile e replicabile per migliorare la resilienza del

patrimonio culturale, promuovere processi decisionali basati sui dati nella conservazione e rafforzare il rapporto tra le comunità e i loro paesaggi storici.

A tal proposito, il saggio intende esplorare le implicazioni degli strumenti digitali per le informazioni architettoniche e paesaggistiche, concentrandosi sul loro ruolo nelle strategie di conservazione e rigenerazione del patrimonio storico costruito e ambientale.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Giordano, A. (2010). Cultura dell'Acqua e Paesaggi Mediterranei. In A. Giordano & P. Micoli (Eds.), *Paesaggio culturale, sostenibilità e spazio euro-mediterraneo* (pp. 239-276). Roma: SGI.
- [2] Dore, C. & Murphy, M. (2012). Integration of Historic Building Information Modeling (HBIM) and 3D GIS for recording and managing cultural heritage sites. In *2012 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia* (pp. 369-376). IEEE. <https://doi.org/10.1109/VSMM.2012.6365947>
- [3] Oreni, D., Brumana, R., Della Torre, S., Banfi, F., Barazzetti, L. & Previtali, M. (2014). Survey turned into HBIM: the restoration and the work involved concerning the Basilica di Collemaggio after the earthquake. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, II-5, 267-273. <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-267-2014>
- [4] Canzian, D. & Valenziano, G. (2022). *Acqua e terra nei paesaggi monastici. Gestione, cura e costruzione del suolo*. Padova: University Press.
- [5] Crutzen, P.J. & Stoermer, E. F. (2000). The “Anthropocene”. *IGBP Global Change Newsletter*, 41, 17-18.
- [6] Ercolini, M. (2012). *Acqua! Luoghi, paesaggi, territori*. Roma: Aracne.

## La sperimentazione del metodo RTI per la documentazione delle tracce superficiali de “L’Ultima Cena”. Nuove prospettive di indagine e applicazioni

**Cinzia Campobasso<sup>1</sup>, Salvatore Capotorto<sup>2</sup>**

*1 Fondazione Pasquale Battista, [cinzia.campobasso@fondazionepasqualebattista.it](mailto:cinzia.campobasso@fondazionepasqualebattista.it)*

*2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, [salvatore.capotorto@itc.cnr.it](mailto:salvatore.capotorto@itc.cnr.it)*

**Parole chiave:** metodo fotografico RTI, riflettanza della luce, software, rendering

### **ABSTRACT**

Il pittore fiammingo Gaspar Hovic (1550 – 1627) realizza su committenza, l’olio su tela “L’Ultima Cena” (figura 1), per la cappella del Corpo di Cristo della chiesa di Santa Maria Veterana di Triggiano (BA). Le ricostruzioni storiografiche e storico-artistiche effettuate dal 1962, ipotizzano l’esecuzione della tela al 1583 poiché la datazione non è leggibile, neanche a seguito dei restauri avvenuti negli anni ’90 del Novecento [1]. Con l’utilizzo del metodo fotografico RTI (Reflectance Transformation Imaging), che sfrutta la riflettanza della luce, si può osservare il fattore di risposta di ogni punto della superficie della tela, colpito da una fonte di luce [2]. Quando la superficie presenta delle irregolarità, queste non riflettono la luce in modo omogeneo e le asperità possono rivelare degli elementi non facilmente visibili ad occhio nudo ma percepibili se sottoposti ad una luce radente. Il metodo RTI crea una scena virtuale della superficie e il carattere tridimensionale viene messo in risalto dallo spostamento della sorgente luminosa in maniera interattiva sull’oggetto, per osservare, in tempo reale, il cambiamento dell’ombreggiatura [3]. La sperimentazione del metodo fotografico ha permesso di ipotizzare due differenti date di esecuzione dell’opera non riferibili al 1583. I caratteri numerici diventano più visibili solo spostando, in diverse direzioni, la fonte di luce sulla porzione interessata e variando la modalità di rendering delle immagini riportate nel software.



**Figura 1.** Olio su tela, “L’Ultima cena”, Chiesa di Santa Maria Veterana, Triggiano (BA). Ingrandimento della firma all’interno del vassoio.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Gelao, C. (1994). *Confraternite, arte e devozione in Puglia dal Quattrocento al Settecento*. Napoli: Electa.
- [2] Malzbender, T., Gelb, D., Wolters, H. & Zuckerman, B. (2000). *Enhancement of shape perception by surface reflectance transformation* (Technical Report, HPL-2000-38R1). Hewlett-Packard Laboratories. <<https://shiftright.com/mirrors/www.hpl.hp.com/techreports/2000/HPL-2000-38R1.pdf>> (ultimo accesso 13 febbraio 2025).
- [3] Fiorini, A. (2018). Il metodo fotografico RTI (Reflectance Transformation Imaging) per la documentazione delle superfici archeologiche. L’applicazione ai materiali di età protostorica. *Archeologia e Calcolatori*, 29, 241-258. <https://doi.org/10.19282/ac.29.2018.20>

## Un nuovo approccio alla visualizzazione stereoscopica di modelli 3D per la didattica e la divulgazione con 3DHOP

**Salvatore Capotorto<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, salvatore.capotorto@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** visualizzazione 3D, stereoscopia, 3DHOP, didattica, divulgazione scientifica

### ABSTRACT

L'uso della visualizzazione tridimensionale rappresenta un'opportunità straordinaria per la didattica e la divulgazione scientifica, permettendo di esplorare modelli con un livello di realismo e coinvolgimento senza precedenti. In particolare, la piattaforma 3DHOP (3D Heritage Online Presenter) [1], sviluppata dal Visual Computing Lab dell'ISTI-CNR, si distingue come uno strumento accessibile e gratuito, rendendo la realizzazione di contenuti alla portata di musei, laboratori e istituzioni educative senza la necessità di ricorrere a software complessi o costosi. Questo contributo introduce per la prima volta l'implementazione della stereoscopia all'interno di 3DHOP, ampliandone le capacità di visualizzazione 3D. Per superare le limitazioni del rendering originale, è stata inoltre adottata una tecnica di ottimizzazione cromatica nella fase di creazione del modello, migliorando così la percezione della profondità e la fedeltà dei colori dell'oggetto digitalizzato. Il sistema sfrutta due canvas HTML5 per il rendering simultaneo di due prospettive differenti, permettendo la fruizione su dispositivi compatibili. Grazie agli eventi deviceorientation, la posizione della camera virtuale si aggiorna dinamicamente in base ai movimenti dell'utente, offrendo un'esperienza interattiva avanzata. L'implementazione si basa su WebGL e JavaScript [2], integrando librerie specifiche per la gestione della scena 3D e garantendo un'ottimizzazione efficace per la visualizzazione su browser. Questa soluzione rappresenta un'innovazione significativa nelle possibilità offerte dalla piattaforma 3DHOP, aprendo nuove prospettive per l'integrazione della stereoscopia nei contesti educativi e scientifici [3]. Gli sviluppi futuri del progetto prevedono l'espansione dell'architettura per supportare l'interazione multi-utente e la compatibilità con dispositivi di realtà aumentata e virtuale di nuova generazione.



**Figura 1.** Esempio di visualizzazione con visore VR.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Potenziani, M., Callieri, M., Dellepiane, M., Corsini, M., Ponchio, F. & Scopigno, R. (2015). 3DHOP: 3D heritage online presenter. *Computers & Graphics*, 52, 129-141. <http://doi.org/10.1016/j.cag.2015.07.001>
- [2] Behr, J., Eschler, P., Jung, Y. & Zöllner, M. (2009). X3DOM: a DOM-based HTML5/X3D integration model. In *Proceedings of the 14th International Conference on 3D Web Technology (Web3D '09)* (pp. 127-135). New York: Association for Computing Machinery. <http://doi.org/10.1145/1559764.1559784>
- [3] Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, 323(5910), 66-69. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1167311>

## Tecniche di restituzione prospettica: Una nuova metodologia per l'interpretazione delle opere pittoriche

Salvatore Capotorto<sup>1</sup>, Cinzia Campobasso<sup>2</sup>

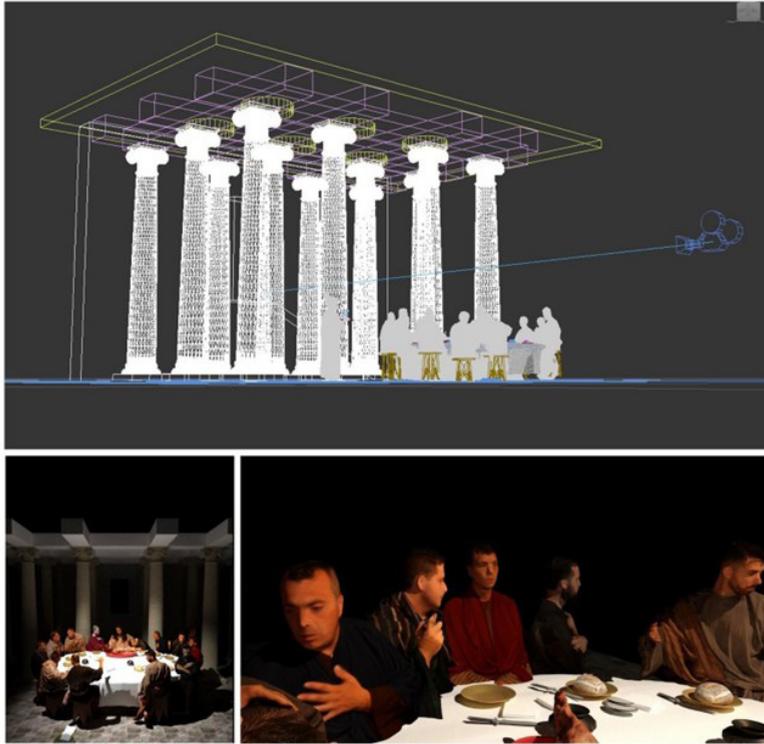
<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, [salvatore.capotorto@itc.cnr.it](mailto:salvatore.capotorto@itc.cnr.it)

<sup>2</sup> Fondazione Pasquale Battista, [cinzia.campobasso@fondazionepasqualebattista.it](mailto:cinzia.campobasso@fondazionepasqualebattista.it)

**Parole chiave:** geometria descrittiva, single-view metrology, ricostruzione tridimensionale, errori prospettici, fruizione immersiva, modellazione solida

### ABSTRACT

Questo studio ha l'obiettivo di offrire un'esperienza immersiva del dipinto "L'Ultima Cena" di Gaspar Hovic, un olio su tela databile tra il 1585 e il 1588. L'analisi tridimensionale consente agli utenti di esplorare la scena attraverso il punto di vista dei singoli personaggi del dipinto [1]. Tuttavia, durante la modellazione, è emerso che gli elementi ricostruiti non potevano essere collocati in un'unica visione prospettica coerente. Ciò ha rivelato che l'artista aveva deliberatamente combinato due punti di vista distinti – uno rivolto verso il colonnato e l'altro verso il tavolo e i commensali – creando una composizione impossibile da replicare in uno spazio reale, ma funzionale alla trasmissione del messaggio simbolico dell'opera [2]. Lo stesso risultato si sarebbe potuto ottenere utilizzando la metodologia detta "single-view metrology", una tecnica efficace nell'individuare incoerenze prospettiche attraverso l'analisi delle linee guida e dei punti di fuga [3]. Questo approccio presenta dei limiti: pur evidenziando la presenza di anomalie prospettiche, non permette di interpretare con precisione le deformazioni applicate a elementi non architettonici, come i personaggi ritratti nella scena pittorica, né consente una reale comprensione della distribuzione spaziale degli elementi o un'esplorazione immersiva dell'opera. L'integrazione della ricostruzione tridimensionale ha, dunque, permesso non solo di individuare le discrepanze prospettiche, ma anche di offrire un nuovo strumento per l'interpretazione critica dell'opera, consentendo agli utenti di sperimentare direttamente la costruzione spaziale voluta dall'artista. Questo studio dimostra quindi il valore dell'analisi 3D non solo come mezzo di fruizione immersiva, ma anche come metodo affidabile per l'indagine delle scelte compositive e prospettiche nel contesto della storia dell'arte [4].



**Figura 1.** Fasi della ricostruzione tridimensionale del dipinto “Ultima cena” di Gaspar Hovic.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Capotorto, S., Lepore, M. & Varasano, A. (2021). A Virtual Space Built on a Canvas Painting for an “Augmented” Experience to Catch the Artist’s Message. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 10(10), 641. <https://doi.org/10.3390/ijgi10100641>
- [2] Kubovy, M. (1986). *The Psychology of Perspective and Renaissance Art*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [3] Criminisi, A., Reid, I. & Zisserman, A. (2000). Single View Metrology. *International Journal of Computer Vision*, 40, 123-148. <https://doi.org/10.1023/A:1026598000963>
- [4] Stork, D. G. (2009). Computer Vision and Computer Graphics Analysis of Paintings and Drawings: An Introduction to the Literature. In X. Jiang & N. Petkov (Eds.), *Computer Analysis of Images and Patterns. CAIP 2009* (pp. 9-24). Berlin-Heidelberg: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-03767-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-03767-2_2)

## Il Virtual Tour Informativo come strumento di conoscenza e diagnostica di area di interesse archeologico: il caso del santuario italico di Pietrabbondante (IS)

**Adriana Marra<sup>1</sup>, Francesca Savini<sup>1</sup>, Ilaria Trizio<sup>1</sup>, Giovanni Fabbrocino<sup>1,2</sup>, Antonio Sandoli<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {marra, savini, trizio}@itc.cnr.it

<sup>2</sup> Università del Molise – Dipartimento di Bioscienze e Territorio, {giovanni.fabbrocino, antonio.sandoli}@unimol.it

**Parole chiave:** siti archeologici, virtual tour, conservazione, diagnostica, immagini 360°

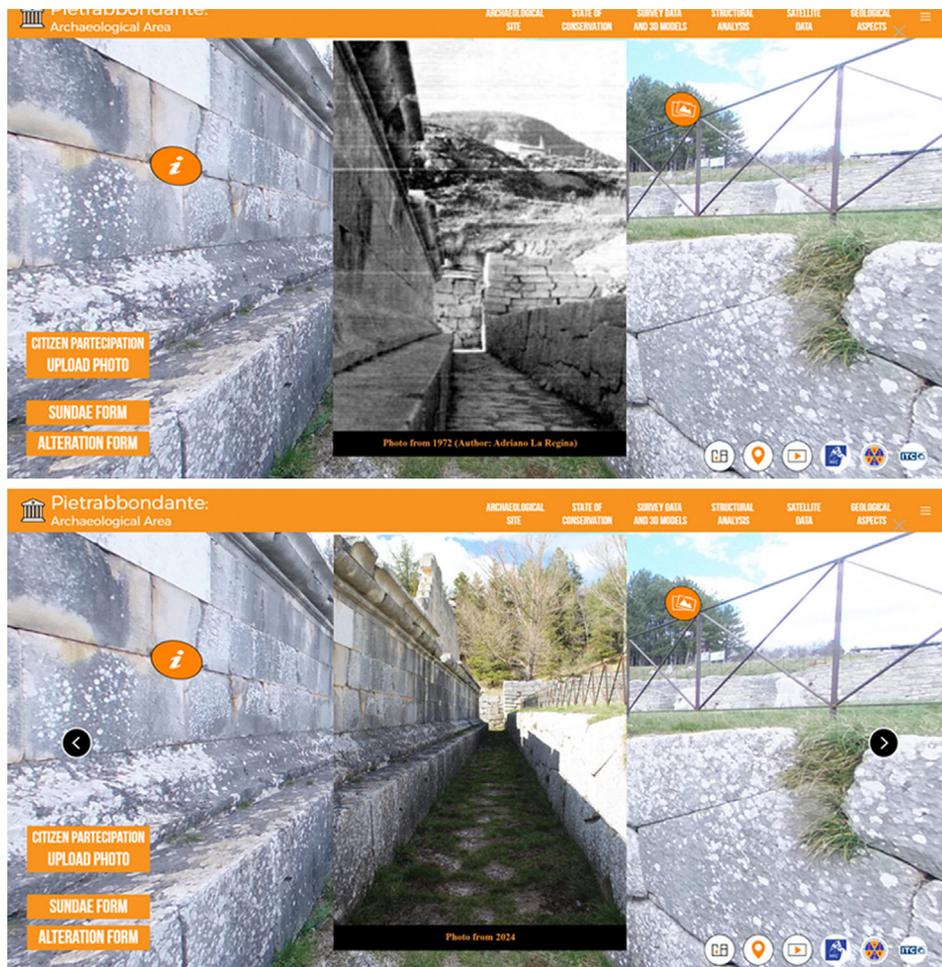
### ABSTRACT

La valutazione dello stato di sussistenza e la diagnostica strutturale dei beni culturali finalizzata alla gestione integrata della sicurezza e della conservazione rappresenta ancora un tema di ricerca che richiede particolare attenzione, in modo particolare quando il patrimonio è ubicato in aree multi-rischio quali le aree interne del territorio italiano. Queste aree, appartenenti alla dorsale appenninica, sono ricche di beni culturali, come siti archeologici minori, spesso oggetto di scarsa manutenzione e attenzione rispetto a quelli più grandi, anche perché fuori dai circuiti economici e turistici.

In questo contesto, il progetto MIRA (multi-risk analysis of the vulnerability of archaeological sites) – portato avanti dai ricercatori dell'Università del Molise in collaborazione con quelli della sede di L'Aquila dell'Istituto per le Tecnologie della Costruzione – ha offerto la possibilità esplorare le potenzialità offerte dal Virtual Tour Informativo come strumento di raccolta e condivisione di dati eterogenei per la valutazione delle condizioni di sussistenza, conservazione e la diagnostica strutturale di siti archeologici.

Con riferimento al complesso archeologico di Pietrabbondante di età sannitica, situato nella Regione Molise (Italia) [1], è stato indagato l'uso del Virtual Tour a supporto della diagnostica strutturale per immagini e delle ispezioni periodiche da remoto [2]. Quest'ultimo, denominato STRA2INS-VT (hiSToRical, Archaeological, ArchItectural aNd Structural–Virtual Tour), è stato concepito come un approccio dinamico a supporto della conoscenza e del monitoraggio dei beni archeologici, essendo aperto ad aggiornamenti e integrazioni nel tempo [3]. Al fine di consentire un monitoraggio periodico e quindi la raccolta di immagini rappresentative dello stato evolutivo di conservazione dei beni archeologici, all'interno dello STRA2INS-VT è stato integrato il catalogo SUNDAE (anch'esso sviluppato dai ricercatori della sede di L'Aquila del CNR-ITC) [4]. STRA2INS-VT è stato testato con riferimento al caso

d'uso dell'area archeologica di Pietrabbondante: nello specifico esso permette di valutare lo stato dei manufatti confrontando immagini del passato, rilevate dagli autori sul web o da database storici, con quelle acquisite in loco attraverso campagne di rilievo condotte con fotocamera digitale a 360°. Il database di immagini può essere aggiornato nel tempo così lo svolgimento di ispezioni periodiche del sito anche da parte delle Autorità predisposte alla manutenzione e gestione dei beni ivi presenti.



**Figura 1.** Galleria fotografica di STRA2INS-VT: immagini (per la diagnostica) scattate dallo stesso punto in periodi differenti.

### Riferimenti bibliografici

- [1] Marra, A., Fabbrocino, G. & Fabbrocino S (2022). Conservation and Enhancement of the Pietrabbondante Archaeological Site between History, Geology and Emerging Crowd-Based Digital Technologies. *Heritage*, 5(3), 1504-1528. <http://doi.org/10.3390/heritage5030079>
- [2] Marra, A., Sandoli, A., Trizio, I., Fabbrocino, G. & Savini, F. (2025). Virtual Tour for condition assessment of archaeological sites. In F.M. Mazzolani, R. Landolfo & B. Faggiano (Eds.), *Protection of Historical Constructions. PROHITECH 2025. Lecture Notes in Civil Engineering* (pp. 36-43). Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-87316-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-031-87316-4_5)
- [3] Savini, F., Iezzi, S., Trizio, I., Fabbrocino, G. & Sandoli, A. (2024). Historical, Architectural, and Structural Virtual Tour for Conservation and Maintenance of Architectural Heritage. *International Journal of Architectural Heritage*, 1-19. <https://doi.org/10.1080/15583058.2024.2344175>
- [4] Marra, A. & Fabbrocino, G. (2020). Open-access web mapping as a virtual survey tool for cultural heritage: an application to the Armenian religious architecture documented by Paolo Cuneo. *Disegnarecon*, 13(25), 7.1-7.12. <https://doi.org/10.20365/disegnarecon.25.2020.7>

## Virtual Tour Informativo nelle ispezioni di ponti esistenti

**Giovanni Valiante<sup>1</sup>, Antonio Sandoli<sup>2</sup>, Francesca Savini<sup>1</sup>, Ilaria Trizio<sup>1</sup>, Giovanni Fabbrocino<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Università del Molise – Dipartimento di Bioscienze e Territorio, {giovanni.valiante, antonio.sandoli, giovanni.fabbrocino}@unimol.it

<sup>2</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {savini, trizio}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** virtual tour, strumenti digitali, ispezioni, ponti esistenti, foto 360°

### ABSTRACT

Questa memoria presenta un flusso di lavoro metodologico e operativo per la raccolta, analisi e gestione dei dati relativi alle reti di ponti su scala territoriale, sfruttando strumenti digitali basati su immagini, come il Virtual Tour Informativo (IVT). L'IVT funge da hub informativo che, grazie all'integrazione di immagini a 360° raccolte in loco, permette di archiviare e consultare dati tecnici in un database interrogabile. Le informazioni, interconnesse e aggiornabili nel tempo, facilitano le ispezioni visive tecniche da remoto, migliorano l'interpretazione e la validazione dei dati e forniscono una conoscenza strutturale essenziale per la valutazione della sicurezza.

L'adozione di strumenti digitali nel settore ispettivo ha introdotto innovazioni nella gestione delle infrastrutture, grazie alla creazione di modelli tridimensionali che ottimizzano l'analisi e la fruizione dei dati raccolti sul campo. L'uso di fotocamere a 360° apre nuove prospettive per la documentazione visiva delle ispezioni, offrendo una visione completa dell'infrastruttura con pochi scatti (figura 1) [1, 2].

Il flusso di lavoro proposto in questa memoria si articola in quattro fasi principali: 1) progettazione dell'architettura del sistema; 2) raccolta dei dati in loco; 3) elaborazione e organizzazione delle informazioni; 4) implementazione e integrazione in un ambiente digitale (IVT). Lo strumento digitale sviluppato supporta le operazioni di ispezione da remoto e la compilazione di schede di valutazione multilivello della sicurezza strutturale, basandosi sulle immagini raccolte. Inoltre, l'IVT consente di monitorare l'evoluzione del degrado dei materiali e dei dettagli costruttivi grazie all'aggiornamento continuo delle immagini archiviate [3]. Dal punto di vista della manutenzione, l'IVT rappresenta una piattaforma informativa intuitiva e accessibile, a supporto delle Autorità tecniche e del personale responsabile della gestione della rete infrastrutturale. L'analisi simultanea di

dati eterogenei in un ambiente digitale facilita la pianificazione di nuove ispezioni in loco, l'aggiornamento del database, il monitoraggio continuo dello stato di degrado delle infrastrutture e la fornitura di informazioni tecniche fondamentali per la valutazione della sicurezza strutturale.



**Figura 1.** Ispezione visiva tramite fotocamera 360° per la realizzazione del IVT.

### Riferimenti bibliografici

- [1] Savini, F., Marra, A., Cordisco, A., Giallonardo, M., Fabbrocino, G. & Trizio I. (2022). A complex Virtual Reality system for the management and visualization of bridge data. *SCIRES-IT-SCientific RESearch and Information Technology*, 12(1), 49-66. <http://dx.doi.org/10.2423/i22394303v12n1p49>
- [2] Trizio, I., Marra, A., Savini, F. & Fabbrocino, G. (2021). Survey Methodologies and 3D Modelling for Conservation of Historical Masonry Bridges. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, VIII-M-1-2021, 163-170. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VIII-M-1-2021-163-2021>
- [3] Fabbrocino, G., Savini, F., Marra, A. & Trizio I. (2022). Virtual Investigation of Masonry Arch Bridges: Digital Procedures for Inspection, Diagnostic, and Data Management. In C. Pellegrino, F. Faleschini, M.A. Zanini, J.C. Matos, J.R. Casas & A. Strauss (Eds.), *Proceedings of the 1st Conference of the European Association on Quality Control of Bridges and Structures. EUROSTRUCT 2021* (pp. 979-987). Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-91877-4\\_112](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91877-4_112)

## Dal rilievo alla simulazione economica: Sviluppo di un'interfaccia interattiva basata su nuvole di punti per l'analisi dei costi negli interventi sul costruito

Claudio Mirarchi<sup>1</sup>, Fabrizio Banfi<sup>1</sup>, Jacopo Cassandro<sup>1</sup>, Alberto Pavan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Politecnico di Milano – Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, {claudio.mirarchi, fabrizio.banfi, jacopo.cassandro, alberto.pavan}@polimi.it

**Parole chiave:** *point cloud, semantic web, ontology, knowledge graph*

### ABSTRACT

Il processo di digitalizzazione dell'ambiente costruito, con particolare riferimento agli edifici di rilevanza storica, richiede competenze altamente specializzate per la restituzione geometrica degli elementi distintivi di tali strutture. Lo sviluppo e l'applicazione di modelli informativi per la raccolta e la gestione delle informazioni relative ai beni storici segue una metodologia avanzata di modellazione basata su nuvole di punti, ottenute tramite rilievi fotogrammetrici (sia terrestri che aerei) e laser scanning. Questo approccio, comunemente noto come scan-to-BIM, implica una conoscenza approfondita non solo del rilievo in sé, ma anche delle tecniche di rappresentazione digitale dei dati [1, 2].

L'avvento delle tecnologie di web semantico ha ampliato notevolmente le potenzialità dei modelli informativi, permettendo l'integrazione di numerosi domini interconnessi e interrogabili all'interno di ambienti digitali basati sul web [3, 4]. La ricerca presentata in questo contesto esplora un'innovativa integrazione informativa tra le nuvole di punti e la struttura a grafo tipica del web semantico, con l'obiettivo di rendere questi dati non solo visibili, ma anche facilmente accessibili e interrogabili sin dalle prime fasi del rilievo. Tale approccio consente di supportare, o in alcuni casi di evitare, la modellazione geometrica completa del bene, offrendo agli operatori un accesso diretto alle informazioni rilevanti direttamente dal rilievo stesso. Questa metodologia comporta un significativo risparmio di tempo e una migliorata esperienza nella visualizzazione dei dati, in particolare durante le fasi iniziali di analisi e interpretazione del patrimonio.

L'approccio proposto si avvale di ontologie specifiche relative ai costi e alle lavorazioni, sviluppate dal gruppo di ricerca, per dimostrare come le informazioni sugli interventi di restauro possano essere gestite e collegate in modo fluido alle nuvole di punti. In questo modo, tali informazioni risultano facilmente accessibili e graficamente comprensibili per gli operatori del settore, senza la necessità di ricorrere allo sviluppo di un modello informativo geometrico completo dell'opera fin dalla prime fasi di interpretazione

del dato. Questo sistema integrato, quindi, migliora l'efficienza e la comprensione del processo di restauro, contribuendo a ottimizzare le risorse e a facilitare la gestione di una grande mole di dati di rilievo prima della fase di modellazione scan-to-BIM.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Banfi, F. (2023). *Virtual Heritage from 3D modelling to HBIM and extended reality*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli.
- [2] Lovell, L.J., Davies, R.J. & Hunt, D.V. (2023). The application of historic building information modelling (HBIM) to cultural heritage: a review. *Heritage*, 6(10), 6691-6717. <https://doi.org/10.3390/heritage6100350>
- [3] Pauwels, P., Zhang, S. & Lee, Y.-C. (2017). Semantic web technologies in AEC industry: A literature overview. *Automation in Construction*, 73, 145-165. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.10.003>
- [4] Farghaly, K., Soman, R.K. & Zhou, S.A. (2023). The evolution of ontology in AEC: A two-decade synthesis, application domains, and future directions. *Journal of Industrial Information Integration*, 36, 100519. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2023.100519>

## Strategie innovative per il rilievo fotogrammetrico in ambienti ipogei

Capotorto Salvatore<sup>1</sup>, Lerario Antonella<sup>1</sup>, Zonno Marina<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {salvatore.capotorto, antonella.lerario, marina.zonno}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** rilievo 3D, ambienti ipogei, fotogrammetria digitale, fotografia sferica, illuminazione

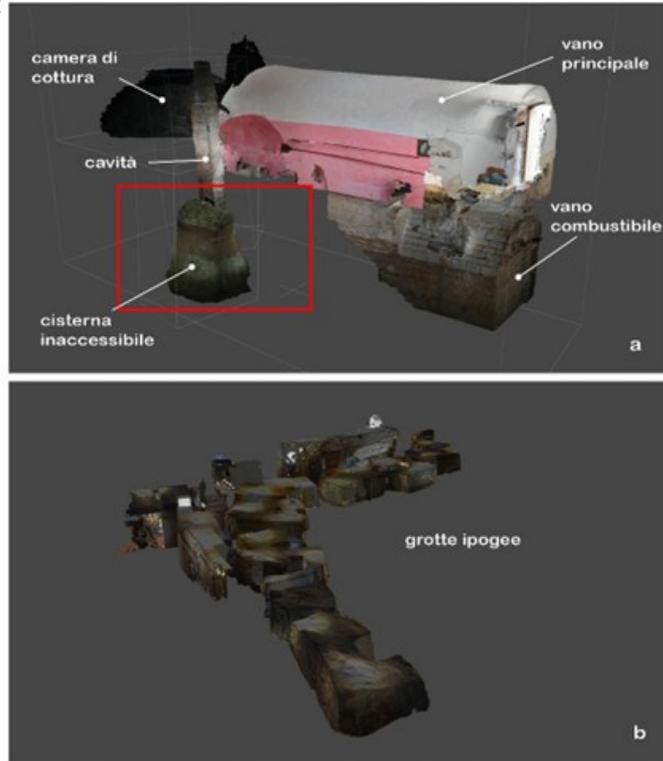
### ABSTRACT

Il rilievo degli ambienti ipogei presenta significative difficoltà tecniche e metodologiche nella documentazione del patrimonio culturale anche a causa delle condizioni ambientali avverse e delle difficoltà operative imposte dalla morfologia di questi spazi [1, 2]. Questi ambienti, che comprendono strutture antropiche come catacombe, cisterne e complessi rupestri, oltre a cavità naturali di interesse speleologico, sono caratterizzati da illuminazione naturale assente o ridotta, elevata umidità e accessibilità limitata.

L'esigenza di sviluppare metodologie di acquisizione in grado di garantire un'elevata accuratezza metrica, la conservazione delle texture e la minimizzazione delle interferenze ambientali ha portato all'evoluzione delle tecnologie di rilievo applicate in questi contesti. Le principali soluzioni attualmente disponibili includono la fotogrammetria digitale, la scansione laser terrestre (TLS) e i sistemi di mappatura simultanea e localizzazione (SLAM) [3-6]. Il TLS garantisce una ricostruzione geometrica accurata, ma richiede tempi di acquisizione lunghi e l'uso di target di riferimento. I sistemi SLAM, basati su scanner LiDAR mobili, consentono rilievi più rapidi e sono particolarmente efficaci in ambienti con geometrie complesse e spazi ristretti, sebbene comportino costi elevati. La fotogrammetria, invece, rappresenta un'alternativa economica e versatile, capace di fornire una ricostruzione dettagliata delle texture, ma fortemente dipendente dalle condizioni di illuminazione e dalla qualità delle immagini acquisite [7-10].

Questo studio propone un approccio integrato per affrontare le problematiche legate all'illuminazione e all'ottimizzazione dei tempi di rilievo in ambienti ipogei. La strategia adottata prevede l'impiego di una fotocamera sferica per acquisire immagini panoramiche da diverse posizioni, in combinazione con un sistema di illuminazione progettato ad hoc per garantire una luce diffusa e uniforme. Questa configurazione consente di ridurre

ombre e riflessi, migliorando la qualità delle immagini senza interferire con il processo di ripresa. L'efficacia della metodologia è stata testata sia su una cisterna con accessibilità limitata e condizioni di illuminazione critiche che in alcune grotte ipogee interconnesse, dimostrando il potenziale della soluzione proposta nell'ottimizzazione dei rilievi fotogrammetri



**Figura 1.** Rilievo fotogrammetrico digitale con fotocamera sferica e sistema auto-illuminante.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Di Stefano, F., Torresani, A., Farella, E. M., Pierdicca, R., Menna, F. & Remondino, F. (2021). 3D Surveying of Underground Built Heritage: Opportunities and Challenges of Mobile Technologies. *Sustainability*, 13(23), 13289. <https://doi.org/10.3390/su132313289>
- [2] Santagati, C. (2014). Metodologie digitali per il rilievo e la valorizzazione del patrimonio culturale ipogeo. *Virtual Archaeology Review*, 5(10), 82-92. <https://doi.org/10.4995/var.2014.4222>

- [3] Ebolese, D., Lo Brutto, M. & Dardanelli, G. (2019). The integrated 3D survey for underground archaeological environment. *ISPRS Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W9, 311-317. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-311-2019>
- [4] Clini, P., Nespeca, R., Angeloni, R. & Mammoli, R. (2019). The integrated survey of narrow spaces and underground architecture: The case study of Campana caves bas-reliefs. *ISPRS Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W9, 277-282. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-277-2019>
- [5] Farella, E. (2016). 3d Mapping of Underground Environments with a Hand-Held Laser Scanner. In *Proceedings of the 61° SIFET Annual Conference*.
- [6] Tanduo, B., Chiabrando, F., Coluccia, L. & Auriemma, R. (2023). Underground Heritage Documentation: the case study of Grotta Zinzulusa in Castro (Lecce-Italy). *ISPRS Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-M-2-2023, 1527-1534. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-2-2023-1527-2023>
- [7] Di Meo, A. (2020). Fotogrammetria digitale per il rilievo dello scavo in grotta. In A. Minelli & S. Guglielmi (Eds.), *Nel regno del fango: speleoarcheologia della Grotta di Polla (Salerno, Italia): Risultati delle prime campagne di scavo* (pp. 78-89). Archaeopress. <https://doi.org/10.2307/j.ctv1zckz7h.12>
- [8] D'Annibale, E. (2011). Image Based Modeling from Spherical Photogrammetry and Structure for Motion. The Case of the Treasury, Nabatean Architecture in Petra. *Geoinformatics FCE CTU*, 6, 62-73. <https://doi.org/10.14311/gi.6.9>
- [9] Fangi, G. & Nardinocchi, C. (2013). Photogrammetric Processing of Spherical Panoramas. *The Photogrammetric Record*, 28(43), 293-311. <https://doi.org/10.1111/phor.12031>
- [10] Furfaro, G., Tanduo, B., Fiorini, G. & Guerra, F. (2002). La fotogrammetria sferica per il rilievo del patrimonio storico-culturale: la necropoli di Anghelu Ruju. In *Atti Asita 2002* (pp.261-272). <<http://atti.asita.it/ASITA2022/Pdf/039.pdf>> (ultimo accesso 13 febbraio 2025).

## Metodologie e tecnologie digitali integrate per la conoscenza e la comunicazione del patrimonio culturale. Il caso del Cimitero Monumentale di Perugia

Valeria Menchetelli<sup>1</sup>, Alessio Cordisco<sup>2</sup>, Eleonora Dottorini<sup>1</sup>, Marco Giallonardo<sup>3</sup>, Ilaria Trizio<sup>2</sup>

*1* Università degli Studi di Perugia – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, [eleonora.dottorini@dottorandi.unipg.it](mailto:eleonora.dottorini@dottorandi.unipg.it), [valeria.menchetelli@unipg.it](mailto:valeria.menchetelli@unipg.it)

*2* Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, [{cordisco, trizio}@itc.cnr.it](mailto:{cordisco, trizio}@itc.cnr.it)

*3* Università del Molise – Dipartimento di Bioscienze e Territorio, [marco.giallonardo@unimol.it](mailto:marco.giallonardo@unimol.it)

**Parole chiave:** tecnologie digitali, conservazione e valorizzazione, digitalizzazione, patrimonio culturale, rilievo integrato

### ABSTRACT

La digitalizzazione del patrimonio culturale rappresenta, nello scenario attuale, un passaggio fondamentale per la conoscenza, la conservazione e la valorizzazione del costruito e del paesaggio antropizzato. La possibilità di integrare tecnologie digitali avanzate per il rilievo architettonico e la modellazione tridimensionale consente, infatti, di ottenere una documentazione accurata della consistenza di edifici, spazi e luoghi, che costituisce, inoltre, la base conoscitiva per la costruzione di strategie interpretative e comunicative che consentano di rendere il patrimonio culturale più accessibile e fruibile, attraverso procedimenti ed elaborazioni che li rendano interattivi [1].

All'interno della definizione ampia e inclusiva di heritage, il contributo proposto si sofferma in particolare sui complessi cimiteriali, che si configurano come depositari di una stratificazione di valori culturali che li identificano come patrimonio culturale complesso [2]. I cimiteri, infatti, non sono preziosi soltanto in quanto archivi di memoria collettiva e di testimonianze culturali, storiche, artistiche, architettoniche, antropologiche e sociali, ma anche perché contribuiscono alla definizione e alla connotazione estetica dei valori paesaggistici di un territorio [3].

In questo contesto, nell'ambito di un progetto di ricerca istituzionale promosso congiuntamente dal Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Perugia e dall'Istituto per le Tecnologie della Costruzione del CNR dell'Aquila,

è stata sperimentata l'applicazione delle strategie di digitalizzazione orientate alla valorizzazione del patrimonio al caso studio del Cimitero Monumentale di Perugia, interpretato come caso pilota emblematico per la sperimentazione di tecnologie digitali integrate finalizzate alla conoscenza, alla documentazione, alla rappresentazione, alla gestione e alla comunicazione di una particolare tipologia di patrimonio costruito. L'impiego combinato della tecnologia di rilievo mobile e della fotogrammetria digitale, che consentono l'acquisizione di un modello digitale del sito che ne restituisce con accuratezza la morfologia e lo stato di conservazione, costituisce infatti la base per ulteriori sviluppi negli ambiti gestionale e comunicativo [4].

Attraverso l'esperienza condotta sul Cimitero Monumentale di Perugia, il presente contributo si inserisce nell'ampio dibattito sulle possibilità dell'utilizzo delle tecnologie digitali per la gestione del patrimonio costruito e del paesaggio antropizzato, evidenziando come l'adozione di strumenti integrati di rilievo e modellazione possa supportare strategie di gestione sostenibile e accessibile anche in beni articolati quali i complessi cimiteriali. L'utilizzo di metodologie avanzate di acquisizione e visualizzazione tridimensionale non solo arricchisce le possibilità di analisi e interpretazione del patrimonio, ma ne amplia anche la fruizione, trasformandolo in un sistema informativo in continua evoluzione, in grado di coniugare ricerca scientifica, conservazione e comunicazione.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Luigini, A. & Panciroli, C. (Eds.) (2018). *Ambienti digitali per l'educazione all'arte e al patrimonio*. Milano: FrancoAngeli.
- [2] Empler, T. (2018). Traditional museums, virtual museums: Dissemination role of ICTs. *Disegnarecon*, 11(21), 13.1-13.19.
- [3] Cardaci, A., Picchio, F. & Versaci, A. (Eds.) (2024). *ReUSO 2024: Documentazione, restauro e rigenerazione sostenibile del patrimonio costruito*. Alghero: Publica.
- [6] Lo Turco, M. & Spallone, R. (2019). Piattaforme digitali integrate per i Beni Culturali. *Paesaggio Urbano*, 1, 53-65.

## L'interpretazione dei dati interferometrici satellitari per il monitoraggio strutturale di ponti esistenti sollecitati da azioni termiche

Sandropio Scoccola<sup>1</sup>, Antonio Sandoli<sup>1</sup>, Giovanni Fabbrocino<sup>1</sup>

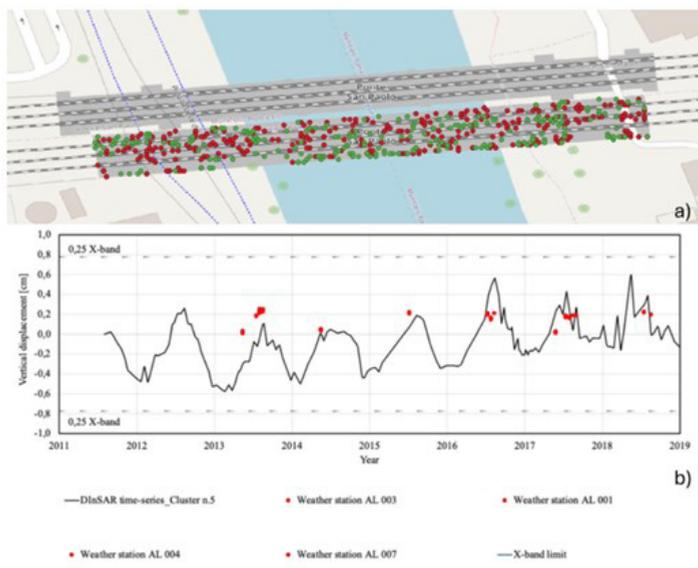
<sup>1</sup> Università del Molise – Dipartimento di Bioscienze e Territorio, {sandropio.scoccola, antonio.sandoli, giovanni.fabbrocino}@unimol.it

**Parole chiave:** monitoraggio, interferometria satellitare, infrastrutture, ponti in c.a., modelli termici

### ABSTRACT

La messa a punto ed il perfezionamento di metodologie e approcci di monitoraggio strutturale dei ponti esistenti è un tema che negli ultimi anni sta richiamando l'attenzione della comunità tecnica e scientifica, soprattutto quando finalizzate a fornire dati utili alla gestione della sicurezza strutturale in condizioni di esercizio. In maniera complementare rispetto ai tradizionali approcci on-site (che richiedono il montaggio di sensoristica), le tecniche di monitoraggio basate sull' interferometria satellitare stanno dimostrando un grande potenziale nell'analisi del comportamento in esercizio di strutture ed infrastrutture [1]. Questo non solo da un punto di vista di commisurazione di qualità del dato fornito rispetto al risparmio economico dovuto all'assenza di installazione di sensori di misura ma anche ai vantaggi legati al lavoro da remoto. Sebbene numerosi studi (perlopiù dedicati allo sviluppo di metodologie di post-processamento del dato satellitare) siano presenti nella letteratura scientifica, ancora pochi sono le ricerche riguardanti l'interpretazione ingegneristica delle misure interferometriche, quali, ad esempio, la correlazione tra le serie temporali di misura di spostamento satellitare e gli spostamenti indotti dalle variazioni di temperatura su ponti esistenti [2, 3]. Pertanto, in questa memoria sono presentati studi e ricerche finalizzate alla definizione di un framework operativo per l'analisi e l'interpretazione di misure di spostamento satellitari di tipo SBAS-DInSAR in condizioni di servizio. Nello specifico è stato affrontato il tema della definizione di metodologie (semplificate e non) per il calcolo di spostamenti indotti da variazioni di temperatura su ponti in c.a. esistenti con l'obiettivo di supportare l'interpretazione dei dati satellitari (o strumentali) ed espandere le capacità delle attuali tecniche di monitoraggio da remoto. Sono state elaborate formulazioni analitiche e procedure numeriche, semplificate e di dettaglio, per stimare gli spostamenti degli

elementi strutturali tipici di ponti in c.a. interessati da distribuzioni di temperatura sia uniformi che lineari. I modelli semplificati hanno consentito di definire abachi e tabelle di progetto per la stima di spostamenti termici per i più comuni elementi strutturali tipici di ponti esistenti (pile, travate, archi) differenziati in funzione di parametri di tipo geometrico come la snellezza delle membrature. Parallelamente è stato sviluppato un modello termico più di dettaglio, in moto stazionario e monodimensionale del flusso termico, per la stima analitica di gradienti di temperatura in funzione delle condizioni ambientali al contorno (radiazione solare, temperatura dell'aria ambiente etc.). A titolo esemplificativo, in figura 1 è riportato un confronto tra la serie temporale (satellitare) di spostamento della mezzeria di un ponte ferroviario sito in Roma e gli spostamenti (punti) calcolati con il modello termico di dettaglio relativamente ad alcuni giorni di misura selezionati. Come si evince dalla figura, il modello analitico fornisce risultati prossimi a quelli della misura satellitare: questo lascia intendere che gli spostamenti letti dal satellite sono da attribuirsi prevalentemente ad effetti termici e che il modello termico proposto fornisce anche una base di riferimento per l'elaborazione degli spostamenti rilevati attraverso i sistemi di monitoraggio (sia strumentali che satellitari).



**Figura 1.** (a) Rappresentazione dei persistent scatterers, (b) Confronto tra serie temporale di spostamento di mezzeria e punti derivanti dal modello analitico.

### Riferimenti bibliografici

- [1] Sandoli, A., Petracca, E., Rainieri, C. & Fabbrocino, G. (2024). Operation of interferometric SBAS-DInSAR data for remote structural monitoring of existing bridges. *Journal of Bridge Engineering*, 29(11), 04024085. <https://doi.org/10.1061/JBENF2.BEENG-6850>
- [2] Rainieri, C., Notarangelo, M. & Fabbrocino, G. (2020). Experiences of Dynamic Identification and Monitoring of Bridges in Serviceability Conditions and after Hazardous Events. *Infrastructures*, 5(10), 86. <https://doi.org/10.3390/infrastructures5100086>
- [3] Ponzo, C.F., Iacovino, C., Ditommaso, R., Bonano, M., Lanari, R., Soldovieri, F., Cuomo, V., Bozzano, F., Ciampi, P. & Rompato, M. (2021). Transport Infrastructures SHM using integrated SAR data and on-site vibrational acquisitions: “Ponte della Musica-Armando Trovajoli” case study. *Applied Sciences*, 11(14), 6504. <https://doi.org/10.3390/app11146504>

## Heritage BIM per la gestione del patrimonio immobiliare dell'Università degli Studi dell'Aquila

**Stefano Brusaporci<sup>1</sup>, Pamela Maiezza<sup>1</sup>, Alessandra Tata<sup>1</sup>, Davide Pecilli<sup>1</sup>, Luca Vespasiano<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Università degli Studi dell'Aquila, {stefano.brusaporci, pamelamaiezza, alessandra.tata, davide.pecilli, luca.vespasiano}@univaq.it*

**Parole chiave:** HBIM, digitalizzazione, gestione, manutenzione, patrimonio immobiliare

### ABSTRACT

La digitalizzazione del settore delle costruzioni è stata rafforzata dalle recenti normative che impongono l'adozione del Building Information Modeling (BIM), in particolare negli appalti pubblici. Nonostante le sfide iniziali legate alla transizione, il BIM è diventato uno strumento chiave non solo per le nuove costruzioni ma anche per la gestione degli edifici esistenti [1, 2]. Il contributo presenta un ambizioso progetto dell'Università dell'Aquila che mira a digitalizzare il suo patrimonio architettonico attraverso dossier edilizi digitali strutturati per migliorare l'efficienza, l'accessibilità e la manutenzione [3]. Come parte di questo sforzo, la ricerca presenta un caso studio relativo al Polo universitario di Coppito, dove sono stati implementati modelli Heritage BIM (HBIM) [4].

Il Polo si compone di diversi edifici, di cui i principali, sia per dimensione che per le funzioni da essi ospitati, sono Coppito 1 (l'Edificio Renato Ricamo), Coppito 2 (edificio Angelo Camillo De Meis) e il Blocco 0 (edificio Alan Turing). La prima fase del processo di digitalizzazione del Polo universitario di Coppito ha riguardato la conoscenza dell'area e dei suoi edifici. È stato dunque necessario avviare una estesa campagna di rilevamento, accompagnata dalla ricerca archivistico-bibliografica.

Tale eterogeneo corpus informativo ha costituito poi la base per la modellazione HBIM. Pensati per la gestione e manutenzione del patrimonio edilizio, i modelli BIM degli edifici appartenenti al Polo di Coppito sono stati realizzati mirando ad un contenuto informativo, di tipo geometrico e non, elevato, corrispondente ad un As-Built aggiornato.

Considerando la sua estensione e articolazione, il Polo universitario è stato digitalizzato attraverso la creazione di un modello federato che tenesse conto, oltre della suddivisione nelle singole discipline (architettonica, strutturale e impiantistica) anche dei diversi corpi di fabbrica che lo costituiscono.

Tali modelli sono stati poi collegati tra loro all'interno di un modello di coordinamento, contenente il sito in cui si inseriscono gli edifici universitari, costituito da viabilità locale, parcheggi, percorsi pedonali, etc.

In considerazione delle finalità della modellazione BIM, un aspetto fondamentale è stato l'informatizzazione dei modelli, attraverso la creazione e l'utilizzo di parametri per accogliere in maniera strutturata i dati raccolti.

Si è così ottenuto il modello HBIM del Polo universitario di Coppito, inteso quale database interoperabile nel quale organizzare e gestire le informazioni in maniera trasparente ed efficace. Esso costituisce una base affidabile e aggiornata sulla quale impostare tutte le diverse operazioni riguardanti il complesso: dalla manutenzione ordinaria agli interventi più significativi, passando per la fase di gestione dell'immobile che in futuro potrà essere ulteriormente sviluppata con l'integrazione del modello con una rete di monitoraggio ambientale, ad oggi in corso di montaggio.



**Figura 1.** Vista renderizzata del modello HBIM del Polo di Coppito.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Khan, M. S., Khan, M., Bughio, M., Talpur, B. D., Kim, I. S. & Seo, J. (2022). An Integrated HBIM Framework for the Management of Heritage Buildings. *Buildings*, 12(7), 964. <https://doi.org/10.3390/buildings12070964>

- [2] Lovell, L. J., Davies, R. J. & Hunt, D. V. L. (2024). Building Information Modelling Facility Management (BIM-FM). *Applied Sciences*, 14(10), 3977. <https://doi.org/10.3390/app14103977>
- [3] Brusaporci, S., Maiezza, P. & Tata, A. (2023). The HBIM for the building dossier. In M. Balzani, S. Bertocci, F. Maietti & L. Rossato (Eds.), *Research Innovation and Internationalisation* (pp. 43-51). Santarcangelo di Romagna: Maggioli.
- [4] Brusaporci, S., Maiezza, P., Tata, A., Floris, G. & Vespasiano, L (2024). Il Building Information Modeling per la documentazione e gestione del patrimonio costruito: il caso studio del polo universitario di Coppito/Building Information Modeling for the documentation and management of the built heritage: the case study of the Coppito university campus. In F. Bergamo, A. Calandriello, M. Ciammaichella, I. Friso, F. Gay, G. Liva & C. Monteleone (Eds.), *Misura/Dismisura - Measure/Out of Measure. 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione Congresso Della Unione Italiana per il Disegno/Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers* (pp. 957-972). Milano: Franco Angeli.

## Percepire l'isolamento per ricucire i Campi Flegrei. Digital transects per la fruizione del paesaggio flegreo

**Antonio Acierno', Ivan Pistone'**

*1 Università degli Studi di Napoli Federico II – Dipartimento di Architettura, {antonio.acierno, ivan.pistone}@unina.it*

**Parole chiave:** transetto esperienziale, Campi Flegrei, digital-based solutions, valorizzazione paesaggistica

### ABSTRACT

Il concetto di isolamento implica l'impossibilità, diretta o indiretta, di stabilire contatti e relazioni tra un sistema ed un altro, connessi o meno tra loro da una mutua necessità di scambio di valori e servizi. Ciò denota l'effettiva relazione con il concetto di accessibilità che, al contrario, indica la possibilità per ciascuno di raggiungere una determinata destinazione in maniera agevole, fruendo liberamente di tutti gli spazi e le attrezzature pertinenti in condizioni di autonomia e sicurezza [1]. In questo contesto, il tema della fruizione del paesaggio si sposa con metodologie quali il "transetto esperienziale" che incanala la dimensione trans-areale e trans-scalare del paesaggio, in un approccio problem-oriented che cerca di mappare e raccontare le qualità relazionali, dinamiche e ambientali dei siti [2]. Inoltre, il metodo del transetto consente ai progettisti di concentrarsi e riflettere sulle caratteristiche del sito come forma di esplorazione attiva in loco, proponendo una forma di ricerca sul paesaggio che costituisce un viaggio nel sito, dallo spazio fisico a quello percettivo, mentre l'utente attraversa, esperisce e conosce in prima persona l'ambito di studio [3].

In questo contributo, il transetto esperienziale viene tradotto in veste digitale, tramite il tool GIS-based StoryMaps, nell'ambito della valorizzazione integrata del paesaggio, attraverso l'esperienza e la fruibilità diretta dell'ambito analizzato, nello specifico, il caso dei Campi Flegrei, unità paesaggistica frutto dell'interazione costante tra fenomeni naturali e sviluppo antropico, la cui giustapposizione ha raggiunto l'apice soprattutto negli ultimi decenni, anche a seguito del progressivo incremento del valore turistico. Sebbene infatti tale territorio risulti fortemente frammentato, con ampie zone isolate dal sistema dei servizi e delle infrastrutture locali, la componente archeologica appare essenziale per

comprenderne l'identità, così come il suo patrimonio ecologico, la cui implementazione può essere sostenuta da strumenti digitali mirati anche al superamento di conformazioni orografiche complesse e al riconoscimento puntuale di situazioni di forte degrado.

La ricerca si inserisce all'interno del progetto PNRR "PE5Changes\_Spoke1-WP4-Historical Landscapes Traditions and Cultural Identities", attualmente in corso, di matrice multidisciplinare ed improntato alla valorizzazione delle risorse del territorio flegreo in chiave strategica per lo sviluppo locale.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Cascetta, E. (2009). *Transportation Systems Analysis. Models and Applications*. Cham: Springer.
  
- [2] Diedrich, L., Lee, G. & Raxworthy, J. (2012). Transects: Developing an Experience-based Methodology for Design Education and Design Research. In M. Jonas & R. Monacella (Eds.), *Exposure: Design Research in Landscape Architecture* (pp. 150-165). Melbourne: RMIT University.
  
- [3] Falk, B. & Duany, A. (Eds.) (2020). *Transect Urbanism: Readings in Human Ecology*. Novato: ORO Editions.

## (Ri)Costruire Amatrice. Applicazioni BIM per la rappresentazione autentica

Giuseppe Amoruso'

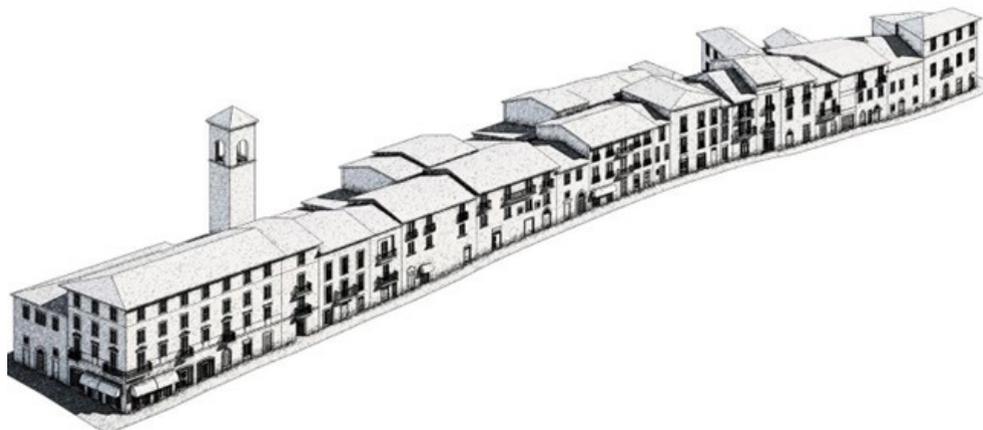
1 Politecnico di Milano – Dipartimento di Design, [giuseppe.amoruso@polimi.it](mailto:giuseppe.amoruso@polimi.it)

**Parole chiave:** Amatrice, BIM, terremoto, *pattern book*, *place-making*

### ABSTRACT

La ricerca esamina la ricostruzione di Amatrice dopo il terremoto del 2016, concentrandosi sull'importanza della memoria collettiva, del patrimonio culturale e del coinvolgimento della comunità nel processo di ricostruzione, utilizzando strumenti digitali avanzati per preservare l'identità del luogo e garantire una ricostruzione resiliente [1]. La ricerca si basa su un approccio multidisciplinare che integra architettura, urbanistica, ingegneria, storia e sociologia. L'identificazione, la descrizione e la valutazione dei paesaggi costituiscono la fase preliminare di qualsiasi politica paesaggistica. Il patrimonio, in ogni sua forma ed espressione, è il bene principale che le comunità desiderano ricostruire secondo lo stile di vita e le tradizioni locali dopo un disastro. Lo studio si ispira a esempi storici di ricostruzione partecipativa e ai principi della Convenzione di Faro sul patrimonio culturale [2]. L'obiettivo principale è sviluppare un modello digitale parametrico che rappresenti il carattere tipologico della città, considerando il paesaggio come bene comune. L'articolo propone l'utilizzo di strumenti di modellazione algoritmica (Grasshopper e Elk in Rhinoceros) per generare modelli digitali del territorio e per simulare diversi scenari di ricostruzione, basati sull'analisi tipologica degli edifici e dell'aggregato sismico [3]. L'obiettivo è quello di preservare il "carattere del luogo" attraverso la parametrizzazione di elementi architettonici e urbani: l'utilizzo dell'Heritage Building Information Modelling (HBIM) per integrare le simulazioni generative e sviluppare una rappresentazione semantica e la documentazione tipologica degli edifici. Questo modello, realizzato per ciascun isolato del centro storico, diventa uno strumento di supporto decisionale, validando le proposte progettuali a livello di iniziativa privata [4]. In definitiva, la ricerca mira a ripristinare il senso di appartenenza della comunità attraverso la ricostruzione del paesaggio urbano e sociale con il supporto della rappresentazione avanzata per creare la consapevolezza sulla vulnerabilità del territorio [5]. La popolazione italiana vive su faglie sismiche e, paradossalmente, le precauzioni minime legate alla manutenzione

e all'adattamento delle tecnologie costruttive tradizionali sono spesso totalmente ignorate [6]. La resilienza, nella sua dimensione culturale, deve essere integrata nel processo di place-making.



**Figura 1.** Modellazione tridimensionale di un aggregato.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: the evolution of institutions for collective action*. Cambridge: Cambridge University Press (trad. it. *Governare i beni collettivi*, Venezia, Marsilio, 2006).
- [2] Council of Europe (2005). *Convention on the Value of Cultural Heritage for Society* (Faro Convention, 2005).
- [3] Amoruso, G. (2017). Developing semantic models for the Historic Urban Landscape regeneration. In G. Amoruso (Ed.), *Putting Tradition into Practice: Heritage, Place and Design* (pp. 769-777). Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-57937-5\\_79](https://doi.org/10.1007/978-3-319-57937-5_79)
- [4] Bandarin, F. & van Oers, R. (2012). *The Historic Urban Landscape: Managing Heritage in an Urban Century*. New York: John Wiley & Sons.

- [5] UNESCO (2011). *Recommendation on the Historic Urban Landscape*. <<https://whc.unesco.org/uploads/activities/documents/activity-638-98.pdf>> (ultimo accesso 13 febbraio 2025).
- [6] Settis, S. (2010). *Paesaggio, Costituzione, cemento*. Torino: Einaudi.

## La fortezza di Bergamo verso il 2027: le celebrazioni per il decennale del titolo UNESCO della Mura Veneziane

**Alessio Cardaci<sup>1</sup>, Antonella Versaci<sup>2</sup>, Pietro Azzola<sup>1</sup>**

*1 Università degli studi di Bergamo – Scuola di Ingegneria, [alessio.cardaci@unibg.it](mailto:alessio.cardaci@unibg.it)*

*2 Università degli Studi di Enna Kore – Dipartimento di Ingegneria e Architettura, [antonella.versaci@unikore.it](mailto:antonella.versaci@unikore.it)*

**Parole chiave:** documentazione 3D, rappresentazione, conservazione, valorizzazione, patrimonio costruito

### ABSTRACT

Le Mura Veneziane di Bergamo celebreranno nel 2027 il decennale della loro iscrizione nella lista del Patrimonio Mondiale dell'UNESCO nel 2027. Un'importante occasione che vedrà coinvolte le istituzioni cittadine nella pianificazione congiunta di una serie di eventi per rivalutare la ricchezza storica, culturale e architettonica del sistema difensivo. Il Segretariato Unesco di Bergamo, struttura di coordinamento delle attività di gestione del sito, e il Museo delle Storie di Bergamo, incaricato dal Comune per la valorizzazione del titolo UNESCO, sono già attive nella progettazione di eventi con lo scopo di raccontare la particolarità della Fortezza di Bergamo. Un primo passo è stato già compiuto con la realizzazione, all'interno della porta di Sant'Agostino, del Museo delle Mura: un allestimento che propone un viaggio immersivo per comprendere le vicende della costruzione della fortificazione e conoscerne i segreti. Esso è un nuovo allestimento che completa il progetto di conoscenza del contesto culturale, politica ed economica della Bergamo rinascimentale iniziato con la creazione del Museo del Cinquecento presso il Palazzo del Podestà. La proposta nasce sulla base delle attività di documentazione, comprensione e valorizzazione della Fortezza di Bergamo avviate dall'Università degli studi di Bergamo a seguito dell'iscrizione delle Mura Veneziane nella World Heritage List dell'UNESCO. Il DISA sul tema della roccaforte orobica vanta rapporti di partenariato scientifico, sia con il Segretariato Unesco del Comune di Bergamo che con il Museo delle Storie di Bergamo; collaborazioni testimoniate da numerosi progetti che hanno riscosso un discreto successo in termini di impatto sul territorio e trasferimento di conoscenza e cultura (2023 - Le Mura nella Storia: tesori di una fortezza del Rinascimento; 2023 - Per un museo diffuso della Fortezza di Bergamo: da simboli di guerra a luoghi di cultura;

2023 - Dalla Porta di Sant’Alessandro alla Polveriera Superiore di San Marco; 2023 e 2022 - PanoramaMura: un patrimonio che unisce; 2021 - Le Mura Veneziane di Bergamo e i sistemi fortificati della Serenissima: strumenti di conoscenza per la tutela; 2020 - L’ex convento di San Francesco rilevato e rivelato: la lettura delle tracce superstiti di un importante passato; 2019 - Conversazioni bergamasche di storia, disegno, restauro e archeologia dell’architettura; ... ). Il 19 e 20 settembre 2024, in occasione della cerimonia di apertura della nuova sede museale presso la Porta di Sant’Agostino, si è tenuta presso l’Aula Magna di Sant’Agostino la presentazione delle nuove indagini legate alle porte. Le azioni messe in campo dal Dipartimento ISA prevedranno il rilievo geometrico-materico attraverso l’utilizzo integrato di diversi strumenti e differenti metodologie operative di acquisizione, dall’uso della tradizionale strumentazione topografica ai sensori attivi (3D laser scanner) e passivi (fotogrammetria digitale), la modellazione 3D reconstruction delle antiche architetture e la produzione di video-rendering di carattere divulgativo.

#### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Cardaci, A. & Versaci A. (2023). La Fortezza di Bergamo: un patrimonio militare da rileggere e conservare. In R. Amore, M.I. Pascariello & A. Veropalumbo (Eds.), *Difese, distruzioni, permanenze delle memorie e dell’immagine urbana. Tomo II - Tracce e patrimoni* (pp. 27-36). Napoli: FedOA Press - Circe.

## Patrimonio da riscoprire: rilievo digitale e modellazione HBIM per la conoscenza dei mulini storici

Francesca Savini<sup>1</sup>, Marina Zonno<sup>1</sup>, Adriana Marra<sup>1</sup>, Ilaria Trizio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {savini, zonno, marra, trizio}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** patrimonio architettonico, mulini, aree interne, HBIM, rilievo integrato

### ABSTRACT

Il patrimonio costruito storico dei centri storici e delle aree rurali è estremamente eterogeneo ed è l'espressione diretta del rapporto tra le comunità e il proprio territorio in relazione alle esigenze sociali ed economiche che derivano dall'interazione dell'uomo con aspetti naturali quali l'orografia, il clima e le risorse disponibili [1]. Un fattore naturale che ha costantemente influenzato la trasformazione del paesaggio, naturale e costruito, è l'acqua, e l'uomo ha da sempre messo in atto azioni per incanalarla, superarla o usarne la forza motrice. Pertanto, le zone fluviali sono ricche di manufatti come ponti, canali e opifici storici, perfettamente interconnessi con l'ambiente circostante. Sebbene sia relativamente facile riconoscere e attribuire il valore culturale ai molteplici ponti storici che ad oggi persistono, è più difficile attuare tale riconoscimento nei confronti dei mulini, manufatti realizzati lungo i corsi d'acqua con l'aspetto di edifici rurali, spesso in stato d'abbandono, sebbene in passato abbiano avuto ruoli centrali nella vita economica e produttiva di interi territori. Riconoscendo appieno il valore degli opifici idraulici, in quanto testimonianze culturali importanti, è stata avviata una ricerca nell'ambito del programma PRIN 2022 PNRR che ha la finalità di analizzare e interpretare i mulini delle aree interne dell'Abruzzo e della Sardegna [2], per incrementarne la conoscenza e favorirne la conservazione e valorizzazione. Una sfida che il progetto intende affrontare è quella dell'utilizzo massivo delle tecnologie digitali in virtù della loro versatilità nella rappresentazione di contesti diversificati e nella gestione di dati eterogenei [3-7]. Il paper presenta i risultati preliminari dell'analisi condotta sui mulini della valle dell'Aterno, in provincia dell'Aquila. L'attenzione si focalizza sull'applicazione a un caso studio, un mulino ubicato nella valle Subequana, descrivendo il lavoro multidisciplinare che si realizza a partire dalla conoscenza e digitalizzazione del manufatto per arrivare alla creazione dell'HBIM [8]. La fase di conoscenza ha riguardato le analisi sul campo con tecniche di rilievo strumentale integrato per la restituzione multiscalare [8] del manufatto e del contesto naturale in cui è inserito. Gli output del rilievo sono stati funzionali alla creazione di un modello parametrico dell'edificio (figura 1) che è stato arricchito con i risultati delle analisi sui materiali, sulle tecniche di costruzione e sullo stato di conservazione delle superfici. I risultati dimostrano l'utilità del modello HBIM generato a partire dal rilievo per incrementare la conoscenza del paesaggio costruito per favorire, attraverso di esso, l'attribuzione del valore culturale ai manufatti del costruito storico e definire un modello HBIM funzionale alla gestione digitale del patrimonio.



**Figura 1.** Modellazione parametrica del mulino attraverso la procedura Scan-to-BIM: spaccato assonometrico.

### Riferimenti bibliografici

- [1] ICOMOS (1999). *Carta architettura vernacolare* <[https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/vernacular\\_e.pdf](https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/vernacular_e.pdf)> (ultimo accesso 10 febbraio 2025).
- [2] MACINA (s.d.). *Homepage*. <<https://www.macina-prin.eu/>> (ultimo accesso 10 febbraio 2024).
- [3] Pepe, M., Costantino, D., Alfio, V. S., Restuccia, A. G. & Papalino, N. M. (2021). Scan to BIM for the digital management and representation in 3D GIS environment of cultural heritage site. *Journal of Cultural Heritage*, 50, 115-125. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2021.05.006>
- [4] Ponciano, J. J., Prudhomme, C. & Boochs, F. (2021). From Acquisition to presentation—The potential of semantics to support the safeguard of cultural heritage. *Remote Sensing*, 13(11), 2226. <https://doi.org/10.3390/rs13112226>
- [5] García-León, J., González-García, J. A. & Collado-Espejo, P. E. (2021). Documentation and modelling of a hypothetical reconstruction of the first Roman watermill in Hispania. *Virtual Archaeology Review*, 12(25), 114-123. <https://doi.org/10.4995/var.2021.15316>
- [6] Marra, A., Trizio, I. & Savini, F. (2023). Multidisciplinary Approach for the Knowledge of Historical Built: Digital Tools for the Virtual Restoration. In I. Trizio, E. Demetrescu

& D. Ferdani (Eds.), *Digital Restoration and Virtual Reconstructions. Case Studies and Compared Experiences for Cultural Heritage* (pp. 205-224). Cham: Springer. doi:10.1007/978-3031-153211\_13.

- [7] Di Stefano, F., Sanità, M., Malinverni, E. S. & Doti, G. (2023). Geomatic technologies to valorize historical watermills. *ISPRS Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, 48, 511-518. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-2-2023-511-2023>
- [8] Savini, F., Marra, A., Fabbrocino, G. & Trizio, I. (2024). From a multidisciplinary analysis to HBIM: Tools for the digital documentation of historical buildings. In B. Tejedor Herrán & D. Bienvenido-Huertas (Eds.), *Diagnosis of Heritage Buildings by Non-Destructive Techniques* (pp. 337-360). Amsterdam: Elsevier.
- [9] Trizio, I., Fabbrocino, G., Marra, A., Giallonardo, M., Cordisco, A. & Savini, F. (2024). Sensor integration for built heritage diagnostics: From aerial and terrestrial photogrammetry to simultaneous localization and mapping technologies. In B. Tejedor Herrán & D. Bienvenido-Huertas (Eds.), *Diagnosis of Heritage Buildings by Non-Destructive Techniques* (pp. 303-333). Amsterdam: Elsevier.

**Soluzioni e tecnologie sostenibili  
per l'efficienza energetica, la  
qualità ambientale e l'acustica di  
edifici e aree urbane**

---



## La Trasformazione dell'Ambiente Costruito verso un futuro sostenibile e resiliente

### Ludovico Danza

*Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto delle Tecnologie della Costruzione,  
danza@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** comfort ambientale, resilienza urbana, innovazione tecnologica, Human-centric design, protocolli sperimentali

L'evoluzione delle città, dell'architettura e degli spazi costruiti è oggi al centro di un ripensamento profondo, che affonda le sue radici nella consapevolezza di vivere in un tempo di transizione. La crescente complessità delle sfide ambientali, sociali e tecnologiche impone infatti una revisione dei modelli tradizionali di progettazione e gestione dell'ambiente costruito. Aguidare questo cambiamento è un approccio integrato e multidisciplinare, in cui la sostenibilità, l'innovazione tecnologica e il benessere umano diventano cardini di una nuova visione dell'abitare e del costruire. In questo contesto, l'involucro architettonico, tradizionalmente inteso come semplice confine tra interno ed esterno, assume un ruolo strategico nella regolazione dei flussi energetici, luminosi, acustici ed ambientali. Le nuove tecnologie stanno rivoluzionando il concetto stesso di involucro edilizio, trasformandolo in un sistema intelligente, adattivo e performante. I materiali di nuova generazione, come le malte premiscelate a bassa conducibilità termica e a base di leganti innovativi e sostenibili, rappresentano una delle principali frontiere di questa evoluzione. Non si tratta solo di migliorare le prestazioni termiche degli edifici, ma di farlo attraverso soluzioni a basso impatto ambientale, riducendo l'uso di risorse non rinnovabili, i consumi energetici e le emissioni di CO<sub>2</sub>. La sperimentazione di tali materiali e sistemi innovativi richiede una solida base metodologica. Per questo motivo, la definizione di protocolli sperimentali, ad esempio per banchi prova, Living Labs e in opera risulta fondamentale: questi ambienti di test permettono di valutare le prestazioni reali di componenti edilizi e impianti, simulando condizioni d'uso autentiche e favorendo l'interazione tra utenti, progettisti e ricercatori. I Living Labs, in particolare, si configurano come laboratori urbani aperti e collaborativi, nei quali la sperimentazione si fonde con la dimensione sociale e culturale del vivere contemporaneo. Un altro ambito di frontiera è quello legato ai metamateriali, impiegati per migliorare le prestazioni acustiche e di ventilazione dei serramenti. Questi materiali artificiali,

progettati per manipolare onde sonore e flussi d'aria in modo altamente controllato, aprono la strada a finestre capaci di garantire isolamento acustico e ventilazione naturale simultaneamente, senza compromettere il comfort. Si tratta di soluzioni particolarmente rilevanti nei contesti urbani ad alta densità, dove il controllo dell'inquinamento acustico e la qualità dell'aria sono fattori determinanti per la salute e il benessere degli abitanti. Questi sviluppi tecnologici si inseriscono all'interno di una più ampia riflessione sulla centralità dell'essere umano nella progettazione dell'ambiente costruito. La cosiddetta rivoluzione umano-centrica invita a superare le logiche puramente prestazionali e funzionali, per abbracciare una visione olistica del progetto che tenga conto dei bisogni cognitivi, sensoriali, emotivi e sociali degli individui. In tale prospettiva, diventano centrali gli indicatori del benessere indoor, strumenti fondamentali per monitorare e valutare la qualità degli ambienti abitativi, scolastici, lavorativi e culturali. Parametri come la temperatura, l'umidità, la qualità dell'aria, l'illuminazione naturale, il rumore e la percezione soggettiva degli spazi contribuiscono a delineare nuovi standard progettuali, orientati al miglioramento della qualità della vita. Un ambito particolarmente sensibile è quello della conservazione del patrimonio culturale, dove le esigenze di tutela delle opere d'arte si intersecano con il comfort dei visitatori. Il monitoraggio ambientale nei musei diventa quindi un elemento cruciale per garantire condizioni ottimali sia per la conservazione dei materiali, sia per l'esperienza percettiva e cognitiva del pubblico. Le best practices emerse da anni di ricerca e applicazioni sul campo offrono oggi modelli replicabili, basati sull'integrazione tra sensori ambientali, gestione automatizzata degli impianti e strategie passive di controllo microclimatico. La stessa attenzione alla qualità ambientale si ritrova nelle riflessioni dedicate agli ambienti di apprendimento inclusivi, con un focus particolare sul benessere degli studenti neurodivergenti. La progettazione di spazi scolastici più attenti alla neurodiversità non solo risponde a un principio di equità, ma permette di creare contesti educativi più efficaci per tutti, promuovendo attenzione, concentrazione, integrazione sociale e benessere psicologico. In questo senso, l'architettura si fa strumento educativo, capace di influenzare positivamente i processi cognitivi e relazionali. Sul piano urbano, l'adozione di soluzioni green e ibride per la mitigazione degli effetti del cambiamento climatico sta portando alla diffusione di elementi vegetali verticali integrati nelle architetture esistenti. I Living walls e le Smart vertical farm rappresentano approcci

innovativi per valorizzare le facciate degli edifici, migliorare la qualità dell'aria, regolare la temperatura, produrre cibo in ambito urbano e accrescere la biodiversità. L'integrazione efficace di questi sistemi richiede un approccio multidisciplinare che metta in dialogo architettura, agronomia, ingegneria ambientale e scienze sociali, così da garantire una reale efficacia tecnico-ambientale e un'effettiva accettazione da parte della comunità.

A completare questo quadro, emerge il ruolo fondamentale della partecipazione attiva nella definizione e monitoraggio della qualità ambientale. L'uso di tecnologie indossabili (wearables) e la valutazione soggettiva tramite protocolli partecipativi permettono di raccogliere dati dinamici e diversificati, capaci di integrare le analisi tecniche con le percezioni degli utenti. Si afferma così un nuovo paradigma in cui la cittadinanza diventa co-protagonista del miglioramento dell'ambiente urbano, in un processo continuo di apprendimento, adattamento e co-progettazione.

Infine, il topic affronta il tema cruciale della resilienza urbana e della neutralità climatica, con particolare attenzione ai contesti periferici e alle aree soggette a vulnerabilità ambientali e sociali. Le strategie di adattamento climatico, come la riduzione degli effetti dell'isola di calore urbana, la riqualificazione degli spazi pubblici, l'incremento della vegetazione urbana e la promozione della mobilità attiva, rappresentano strumenti fondamentali per rendere le città più eque, inclusive e capaci di affrontare le trasformazioni in atto.

Questo topic cerca dunque di fornire una panoramica sull'evoluzione della fisica tecnica ambientale con l'obiettivo di offrire una lettura trasversale, aggiornata e propositiva dei temi che stanno trasformando l'architettura, l'urbanistica e l'ingegneria del costruito. È il risultato di un confronto tra discipline, saperi ed esperienze che, nel loro intreccio, disegnano una nuova cultura del progetto. Una cultura che, consapevole delle urgenze del presente, guarda al futuro con spirito critico, visione sistemica e fiducia nella possibilità di costruire ambienti più giusti, vivibili e sostenibili per tutti.

## Il laboratorio ZEB di ITC-CNR per lo studio del benessere visivo

**Matteo Ghellere<sup>1</sup>, Alice Bellazzi<sup>1</sup>, Anna Devitofrancesco<sup>1</sup>, Francesco Salamone<sup>1</sup>, Ludovico Danza<sup>1</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {ghellere, bellazzi, devitofrancesco, salamone, danza}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** benessere visivo, monitoraggio, *daylighting*

### ABSTRACT

Negli ultimi anni la ricerca nel settore dell'edilizia sostenibile ha posto crescente attenzione al benessere degli utenti negli ambienti. In questo contesto, sono stati sviluppati laboratori innovativi che permettono di approfondire l'interazione tra fattori ambientali, prestazioni energetiche degli edifici e percezione del comfort da parte degli occupanti, con l'obiettivo di migliorare sia la qualità della vita che l'efficienza energetica degli spazi. Dal 2019 CNR-ITC di San Giuliano Milanese dispone di un nuovo laboratorio denominato ZEB Lab in cui è possibile, non solo monitorare ed ottimizzare le prestazioni di materiali e sistemi di involucro e di impianto, ma anche analizzare il benessere degli utenti che lo occupano [1]. Il laboratorio, infatti, è stato concepito come un vero e proprio edificio autonomo dotato di due ambienti principali ed un locale tecnico inserito in un contesto urbano reale, con la possibilità di essere fruito da utenti per svolgere attività quotidiane (es. lettura, lavoro al pc, ecc.) e replicare tipiche situazioni che si verificano negli ambienti di edifici residenziali e ad uso ufficio. In questo senso è possibile condurre analisi circa il benessere percepito dall'utente [2] attraverso il confronto tra parametri ambientali e biometrici misurati (oggettivi) e dati soggettivi di percezione dell'utente ricavati tramite questionari studiati ad hoc. Questo aspetto rende il laboratorio particolarmente adatto a studi sul benessere visivo, configurandosi come un vero e proprio Living Lab in cui testare gli impatti di diverse configurazioni di luce naturale ed artificiale sul benessere degli utenti.

Il presente articolo descrive le potenzialità dello ZEB Lab in merito allo studio del benessere visivo. Dopo una descrizione delle caratteristiche tecniche del laboratorio in relazione agli aspetti illuminotecnici legati sia alla luce naturale che artificiale, si espongono le principali attività sperimentali condotte e in corso nel laboratorio in relazione alla valutazione del benessere visivo: dal monitoraggio di un sistema di illuminazione artificiale che riproduce

luce naturale fino all'analisi degli impatti di una parete verde, con il coinvolgimento di 100 utenti. Infine si illustrano i possibili sviluppi futuri del laboratorio sia dal punto di vista infrastrutturale che di opportunità di ricerca, come studi sull'impatto della vista outdoor su benessere e produttività e del costruito sull'ingresso di luce naturale.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Danza, L., Belussi, L., Barozzi, B., Bellazzi, A., Devitofrancesco, A., Depalma, M., Guazzi, G., Meroni, I., Maffè, C., Ghellere, M., Salamone, F., Scamoni, F. & Scrosati, C. (2019). I-ZEB: Design and Development of a ZEB Test-Laboratory for an Integrated Evaluation of Building Technologies. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 290(1), 012092. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/290/1/012092>
  
- [2] Danza, L., Barozzi, B., Bellazzi, A., Belussi, L., Devitofrancesco, A., Ghellere, M., Salamone, F., Scamoni, F. & Scrosati, C. (2020). A weighting procedure to analyse the Indoor Environmental Quality of a Zero-Energy Building. *Building and Environment*, 183, 107155. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107155>

## Infrastrutture Verdi: smart vertical farm come soluzioni sostenibili in facciata per edifici in ambiente urbano e peri-urbano

**Paola Lassandro<sup>1</sup>, Salvatore Capotorto<sup>1</sup>, Valeria Mammone<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {plassandro, scapotorto, v.mammone}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** edilizia sostenibile, *green facade*, *vertical farm*, IoT, efficienza energetica

### ABSTRACT

Le infrastrutture verdi, tra cui i green wall e i green roof [1], rappresentano una strategia innovativa per migliorare la sostenibilità e l'efficienza energetica degli edifici, contribuendo alla resilienza urbana contro eventi dirompenti [2]. Questo progetto si concentra su una visione globale del verde urbano domestico, sviluppata attraverso una collaborazione tra ricerca (CNR-ITC Bari) e impresa (MasterLAB – MasterItaly srl, Conversano, Bari). L'obiettivo è realizzare un modulo di facciata smart, verde ed economico per integrare vertical farm negli edifici urbani e periurbani, promuovendo un'edilizia sostenibile con vocazione anche produttiva in facciata.

Il sistema è stato progettato con sensori a basso costo per monitorare parametri ambientali essenziali come umidità relativa esterna e del terreno, temperatura relativa dell'aria e dell'acqua, livello di CO<sub>2</sub> ecc. Inoltre, è dotato di attuatori per garantire un apporto ottimale di acqua e nutrienti, rendendolo un modello altamente efficiente. La gestione dell'intero impianto è affidata a un Arduino, che ne assicura l'autosufficienza raccogliendo dati in tempo reale e trasferendoli su una piattaforma web per l'analisi e l'ottimizzazione del sistema.

Questa soluzione mira a integrare moduli di facciate verdi negli edifici, migliorandone l'isolamento termico e contribuendo alla mitigazione delle alte temperature. Lo studio propone soluzioni intelligenti ed economiche che, soprattutto, riducono al minimo il contributo umano alla cura delle piante. In questo modo è possibile trasformare facilmente le città in vertical farm, orientandosi verso molteplici obiettivi: riduzione delle emissioni di anidride carbonica, produzione di ossigeno e prodotti orticoli che possiamo definire "a metro 0" [3] perché prodotti su balconi e facciate, cioè in condizioni di prossimità. Altri aspetti da non trascurare sono sicuramente i vantaggi psicologici e il recupero

culturale dell'approccio diretto alla natura, che le nuove generazioni stanno perdendo completamente a causa di una sempre maggiore concentrazione della popolazione nelle città rispetto alle aree agricole. Le soluzioni proposte, a basso costo ed efficienti sia per il consumo di acqua che per la produzione di prodotti agricoli, rappresenteranno un valido aiuto per far acquisire ai futuri cittadini la consapevolezza del valore profondo di un prodotto agricolo coltivato direttamente nel proprio habitat piuttosto che acquistato dalla grande distribuzione

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Manso, M. & Castro-Gomes, J. (2015). Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 863-871. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>
- [2] Tablada, A. & Kosorić, V. (2021). Vertical farming on facades: transforming building skins for urban food security. In E. Gasparri, A. Brambilla, G. Lobaccaro, F. Goia, A. Andaloro & A. Sangiorgio (Eds.), *Rethinking Building Skins: Transformative Technologies and Research Trajectories* (pp. 285-311). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822477-9.00015-2>.
- [3] Lassandro, P. & Capotorto, S. (2022). Novel smart green system for farm to fork production on balconies and terraces. In K. Miller (Ed.), *Ecocity World Summit 2021-2022. Conference Proceedings* (pp. 353-363). Oakland: Ecocity Builders. <<https://ecocitybuilders.org/wp-content/uploads/2022/11/EWS-21-22-Proceedings.pdf>> (ultimo accesso 13 febbraio 2025).
- [5] Fiorani, D., Cutarelli, S., Donatelli, A. & Martello, A. (2019). Vulnerabilità dei centri storici: validazione della scheda Unità Urbana del sistema Carta del Rischio tramite la sua applicazione su due centri laziali. In D. Fiorani (Ed.), *Restauro per i centri storici (Materiali e strutture: problemi di conservazione, 16)* (pp. 69-97). Roma: Edizioni Quasar.

## Monitoraggio partecipato della qualità ambientale di contesti urbani: uso di wearables e messa a punto di protocolli di valutazione soggettiva

**Yorgos Spanodimitriou<sup>1</sup>, Roxana Adina Toma<sup>1</sup>, Adriana Galderisi<sup>1</sup>, Massimiliano Masullo<sup>1</sup>, Francesco Salamone<sup>2</sup>, Ludovico Danza<sup>2</sup>, Sergio Sibilio<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli – Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale, {yorgos.spanodimitriou, adriana.galderisi, massimiliano.masullo, sergio.sibilio}@unicampania.it,

<sup>2</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {salamone, danza}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** wearable, dispositivi a basso costo, monitoraggio ambientale, benessere urbano, questionari

### ABSTRACT

Le città sono punti focali del progresso economico, culturale e sociale, sempre più sotto pressione a causa del ritmo accelerato dell'urbanizzazione e dell'amplificarsi delle disparità socio-economiche [1]. Queste pressioni si manifestano in sfide critiche, come l'inquinamento dell'aria e acustico e una maggiore vulnerabilità ai cambiamenti climatici, compromettendo l'ambiente fisico e colpendo in modo sproporzionato le popolazioni emarginate [2]. Questo articolo presenta le attività del progetto UrbanSense, finanziato nell'ambito dell'Ecosistema RAISE, che affronta queste sfide promuovendo il coinvolgimento dei cittadini nel monitoraggio degli spazi urbani, descrivendo:

- l'ottimizzazione di un sistema wearable per il monitoraggio ambientale basato su dispositivi a basso costo [3];
- la messa a punto di un protocollo di valutazione, sviluppato attraverso sessioni di misura e questionari soggettivi, del benessere dei cittadini negli ambienti urbani.

In particolare, l'ottimizzazione ha riguardato il design e la validazione del sistema indossabile. Il design ha tenuto conto dei concetti di prossemica, accessibilità ed ergonomia nel posizionamento dei sensori nel punto più prossimo all'apparato umano corrispondente (es. camera e spettrometro agli occhi, microfoni alle orecchie) ma realizzando un sistema indossabile comodo e socialmente accettabile dagli utenti. I sensori per il monitoraggio acustico, termico e visivo e di qualità dell'aria sono stati validati in ambiente controllato tramite confronto con una strumentazione di riferimento, riportando differenze accettabili nei domini e range di misura interessati, confermando

l' idoneità dei dispositivi a basso costo per campagne estese di misura in campo.

L' utilizzo del sistema indossabile è stato integrato con la progettazione di un protocollo di misura in campo, che prevede la schematizzazione del territorio urbano in punti ad alta e bassa intensità di attività, e la successiva classificazione in punti di origine e destinazione. Questi punti serviranno per condurre in campo le sessioni di misura con volontari equipaggiati con il sistema indossabile, secondo profili di utilizzo autonomo o guidato, e integrando i dati oggettivi con questionari strutturati, in particolare WHOQoL, NoiSeQ, TAS-20, Cronotipo, PANAS, Emotional saliency, e PRS-11.

Infine, la prova preliminare in campo restituisce i primi risultati combinati dell' uso del sistema indossabile e della messa a punto del protocollo di valutazione.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] UN-HABITAT (2024). *World Cities Report 2024 - Cities and Climate Action*. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme.
- [2] UN-HABITAT (2020). *World Cities Report 2020 - The Value of Sustainable Urbanization*. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme.
- [3] Salamone, F., Sibilio S. & Masullo, M. (2024). Integrated Approach for Human Wellbeing and Environmental Assessment Based on a Wearable IoT System: A Pilot Case Study in Singapore. *Sensors*, 24(18), 6126. <https://doi.org/10.3390/s24186126>

## La rivoluzione umano-centrica per una progettazione e gestione sostenibile del patrimonio costruito

Ilaria Pigliautile<sup>1</sup>, Francesco Salamone<sup>2</sup>, Marco Arnesano<sup>1</sup>, Ludovico Danza<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Università eCampus – Dipartimento di Scienze Teoriche e Applicate, {ilaria.pigliautile, marco.arnesano}@uniecampus.it

<sup>2</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {salamone, danza}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** comfort multi-dominio, *wearables*, *nearebles*, monitoraggio ambientale, IoT

### ABSTRACT

Gli edifici in esercizio incidono significativamente sulla spesa energetica nazionale. Negli ultimi decenni si è molto parlato di performance gap, ovvero del divario tra consumi previsti e reali, spesso causato dal comportamento degli occupanti sia in termini di profili occupazionali che di interazioni non previste con gli elementi costituenti l'edificio (componenti di involucro e impianti) [1]. Inoltre, studi di valutazione post-occupazione hanno mostrato che l'interazione tra gli occupanti ed i sistemi dell'edificio è principalmente dettata da un'insoddisfazione rispetto alle condizioni ambientali percepite. La teoria del comfort multi-dominio ambisce a comprendere la reale percezione di comfort ambientale considerando l'esposizione simultanea a molteplici stimoli ambientali, le caratteristiche del contesto di esposizione e le specificità individuali [2]. L'obiettivo è sviluppare modelli multi-fisici, personalizzabili, che possano predire con crescente accuratezza la risposta percettiva all'interno di un determinato spazio e prevenire l'insoddisfazione attuando stimoli appropriati. Le interazioni cross-modali [3] tra diverse sfere fisiche potrebbero quindi indirizzare verso soluzioni a ridotto consumo energetico; ad esempio, la Hue-Heat Hypothesis (ipotesi colore-calore) suggerisce che la tonalità di luce di una sorgente possa influenzare la sensazione termica di un individuo e quindi che sia possibile migliorare il comfort termico sfruttando stimoli illuminotecnici associati a consumi energetici ridotti rispetto all'accensione di un qualsiasi impianto di condizionamento termico.

Affinché la teoria multi-dominio possa avere risvolti pratici è però necessario ripensare le componenti degli edifici in un'ottica umano-centrica, prediligendo flessibilità e capacità di personalizzazione. Fondamentale è anche l'integrazione di sistemi di misura basati su comunicazione wireless ad elevata interoperabilità per la definizione di sistemi

intelligenti di gestione dell'immobile. In questo ambito, la tecnologia wearable [4, 5] o nearable [6] offre la possibilità di combinare un accurato monitoraggio dell'esposizione multi-dominio dell'individuo con le sue risposte fisiologiche, espressione della condizione di benessere, anche ambientale, della persona. Questo contributo esplora potenzialità e limiti dell'implementazione della teoria di comfort multi-dominio all'ambiente costruito individuando future linee di ricerca a supporto della rivoluzione umano-centrica.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] D'Oca, S., Hong, T. & Langevin, J. (2018). The human dimensions of energy use in buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 731-742. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.019>
- [2] Schweiker, M. et al. (2020). Review of multi-domain approaches to indoor environmental perception and behaviour. *Building and Environment*, 176, 106894. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106804>
- [3] Chinazzo, G. et al. (2022). Quality criteria for multi-domain studies in the indoor environment: Critical review towards research guidelines and recommendations. *Building and Environment*, 226, 109719. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109719>
- [4] Salamone, F., Sibilio, S. & Masullo M. (2024). Integrated Approach for Human Wellbeing and Environmental Assessment Based on a Wearable IoT System: A Pilot Case Study in Singapore. *Sensors*, 24(18), 6126. <https://doi.org/10.3390/s24186126>
- [5] Pigliautile, I., Casaccia, S., Morresi, N., Arnesano, M., Pisello A.L. & Revel G.M. (2020). Assessing occupants' personal attributes in relation to human perception of environmental comfort: Measurement procedure and data analysis. *Building and Environment*, 177, 106901. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106901>
- [6] Salamone, F., Belussi, L., Currò, C., Danza, L., Ghellere, M., Guazzi, G., Lenzi, B., Megale, V. & Meroni, I. (2018). Integrated method for personal thermal comfort assessment and optimization through users' feedback, IoT and machine learning: A case study. *Sensors*, 18(5), 1602. <https://doi.org/10.3390/s18051602>

## Verifica e validazione di un modello predittivo per il miglioramento dell'isolamento acustico di rivestimenti esterni di grande spessore

Chiara Scrosati<sup>1</sup>, Alessandro Schiavi<sup>2</sup>, Luca Barbaresi<sup>3</sup>

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, scrosati@itc.cnr.it*

*2 Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica, a.schiavi@inrim.it*

*3 Università di Bologna – Dipartimento di Ingegneria Industriale, luca.barbaresi@unibo.it*

**Parole chiave:** ETICS, incremento del potere fonoisolante, rigidità dinamica, isolamento acustico

### ABSTRACT

I sistemi di isolamento termico esterno (ETICS) sono ampiamente implementati nel settore edile per migliorare le caratteristiche energetiche e termiche delle facciate degli edifici. Infatti gli ETICS sono ampiamente utilizzati per la ristrutturazione di edifici. Sono cambiati però importanti aspetti chiave, in particolare l'aumento dello spessore dell'isolamento termico. Una sfida degna di nota è la potenziale sinergia tra le specifiche di efficienza energetica e le proprietà di isolamento acustico dei materiali da costruzione [1].

A causa di questo grande interesse per gli ETICS, negli ultimi anni sono stati sviluppati alcuni modelli previsionali sulle proprietà di isolamento acustico, ad esempio il modello TMM [2], il modello SEA [3], il modello FEM [4] e i modelli semplificati [5, 6]. Questi ultimi modelli si riferiscono alla frequenza di risonanza dell'ETICS calcolata dalla rigidità dinamica dello strato resiliente. Poiché la norma per la misurazione della rigidità dinamica dei materiali, ISO 9052-1, è destinata ai materiali utilizzati sotto i pavimenti galleggianti, si pone la questione se sia possibile eseguire misurazioni sui materiali di rivestimento spessi utilizzati nei rivestimenti esterni delle pareti. Per rispondere a questa domanda è stata condotta un'estensiva campagna di misura nei laboratori di ITC. L'incremento dell'indice di potere fonoisolante su due diversi tipi di pareti pesanti è stato misurato grazie a 3 diversi materiali di due diversi spessori e con due diversi spessori di strato di rivestimento e sono stati misurati in totale 18 incrementi dell'indice di potere fonoisolante. La rigidità dinamica di ciascun materiale in entrambi gli spessori è stata misurata con un martello strumentato nel laboratorio ITC e uno shaker nel laboratorio UNIBO.

Secondo lavori precedenti [3, 5, 6], abbiamo dimostrato [7] che il modello classico

semplificato è in buon accordo con i risultati delle misurazioni. Questo modello si basa su un approccio puramente meccanico, che considera solo le proprietà elastiche e inerziali dell'analogo sistema "massa-molla-smorzamento-massa" del rivestimento acustico, posato sulla parete di base pesante. Abbiamo dimostrato quindi che è possibile stimare le prestazioni acustiche dell'ETICS, in termini di incremento dell'indice di poter fonoisolante basato solo sulle proprietà meccaniche dei materiali coinvolti.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Scrosati, C., Belussi, L., Danza, L., Scamoni, F., Smith, S. & Currie, J. (2022). Resolving clashes between netzero energy and acoustics engineering specifications, to enhance low-carbon building performance, regulatory compliance and future skills. Laws and standards comparison between Italy and UK. In *InterNoise and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* (pp. 3886-3893). Institute of Noise Control Engineering. [https://doi.org/10.3397/IN\\_2022\\_0553](https://doi.org/10.3397/IN_2022_0553)
- [2] Santoni, A., Bonfiglio, P., Davy, J. L., Fausti, P., Pompoli, F. & Pagnoncelli, L. (2017) .Sound transmission loss of ETICS cladding systems considering the structure-borne transmission via the mechanical fixings: Numerical prediction model and experimental evaluation. *Applied acoustics*, 122, 88-97. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.02.008>
- [3] Churchill, C., Bednar, T., Mullner, H., Neusser, M. & Hinterseer, S. (2021). Renovation and innovation using thermal insulation lining systems - Acoustic performance. *Building and Environment*, 196, 107807. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107807>
- [4] Roozen, N.B., Urbán, D., Piana, E.A. & Glorieux, C. (2021). On the use of dynamic vibration absorbers to counteract the loss of sound insulation due to mass-spring-mass resonance effects in external thermal insulation composite systems. *Applied Acoustics*, 178, 107999. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.107999>
- [5] Urbán, D., Roozen, N.B., Muellner, H., Zat'ko, P., Niemczanowski, A., Rychtáriková, M. & Glorieux, C. (2018). Vibrometry Assessment of the External Thermal Composite Insulation Systems Influence on the Façade Airborne Sound Insulation. *Applied Sciences*, 8(5), 703. <https://doi.org/10.3390/app8050703>

- [6] Weber, L. , Müller, S., & Kaltbeitzel, B. (2018). Einfluss von Wärmedämm-Verbundsystemen auf die Schalldämmung von Außenwänden. *Bauphysik*, 40(1), 19-30. <https://doi.org/10.1002/bapi.201810005>
- [7] Scrosati, C., Schiavi, A., Pettoni Possenti, V. & Barbaresi L. (2024). ETICS measurements and prediction – Verification and validation of a predictive model for the improvement of airborne sound insulation of thick external linings. In *InterNoise and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* (pp. 9305-9316). Institute of Noise Control Engineering. [https://doi.org/10.3397/IN\\_2024\\_4229](https://doi.org/10.3397/IN_2024_4229)

## Ventilazione e isolamento acustico nelle finestre mediante metamateriali: prime considerazioni per il PRIN METAWAVE

Chiara Scrosati<sup>1</sup>, Francesco Martellotta<sup>2</sup>, Massimo Garai<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, scrosati@itc.cnr.it

<sup>2</sup> Politecnico di Bari – Dipartimento di Architettura, Costruzione e Design, francesco.martellotta@poliba.it

<sup>3</sup> Università di Bologna – Dipartimento di Ingegneria Industriale, massimo.garai@unibo.it

**Parole chiave:** :finestra, metamateriali, isolamento acustico, controllo del rumore, ventilazione

### ABSTRACT

La pressione per una maggiore efficienza energetica sta spingendo il settore edile verso nuovi standard prestazionali che spesso coinvolgono altri aspetti importanti per la qualità dell'ambiente interno. Le finestre sono il miglior esempio in cui tutte queste caratteristiche si combinano insieme. Le finestre hanno molteplici ruoli nell'assicurare una buona prestazione della facciata: devono fornire illuminazione naturale, un buon isolamento dal rumore esterno, un buon isolamento termico in periodo invernale e fornire ventilazione quando aperte e mitigare il surriscaldamento in periodo estivo. Queste diverse funzioni sono comunemente considerate scollegate nella progettazione degli edifici, per cui sono state sviluppate strategie per controllare singolarmente questi diversi sistemi con approcci completamente separati [1]. Questa frammentazione porta diversi progettisti a formulare ipotesi diverse e incompatibili sulle condizioni di qualità ambientale interna: ad esempio, il progettista acustico presuppone che le finestre siano chiuse per controllare l'ingresso del rumore esterno, mentre il progettista meccanico presuppone che le finestre siano aperte d'estate per la ventilazione o per mitigare il surriscaldamento. Ciò costringe gli occupanti a scegliere una funzione e ad escludere l'altra; ovviamente, nessuna delle due scelte è ottimale per il comfort interno [2]. Ottimizzare allo stesso tempo sia la riduzione del rumore che la ventilazione rappresenta una sfida nella progettazione sostenibile di finestre innovative. Un passo essenziale verso lo sviluppo di soluzioni per finestre per un involucro edilizio efficiente è la comprensione completa dello stato attuale dell'arte, dei criteri di progettazione più

frequentemente utilizzati e delle correlazioni esistenti tra le prestazioni acustiche e di ventilazione [3]. Tra le possibili soluzioni, i metamateriali offrono nuove opportunità e soluzioni personalizzate per risolvere questo problema. L'Istituto per le Tecnologie della Costruzione, l'Università di Bologna e il Politecnico di Bari, stanno sviluppando congiuntamente un progetto PRIN dal titolo METAWAVE (New METAmaterial Window for simultaneous Acoustic, Ventilation and Energy performance) con lo scopo di utilizzare i principi dei metamateriali applicati alle finestre, per ottenere la ventilazione desiderata senza consumi energetici e, al contempo, mantenere l'isolamento acustico. Il lavoro fa il punto sullo stato d'avanzamento del progetto.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Harvie-Clark, J., Chilton, A., Conlan, N. & Trew, D. (2019). Assessing noise with provisions for ventilation and overheating in dwellings. *Building Services Engineering Research & Technology*, 40(3), 263–273. <https://doi.org/10.1177/0143624418824232>
- [2] Tang, S.-K. (2017). A Review on Natural Ventilation-enabling Façade Noise Control Devices for Congested High-Rise Cities. *Applied Sciences*, 7(2), 175. <https://doi.org/10.3390/app7020175>
- [3] Rubino, C., Liuzzi, S., Fusaro, G., Martellotta, F., Scrosati, C. & Garai, M. (2025). Balancing ventilation and sound insulation in windows by means of metamaterials: a review of the state of the art. *Building and Environment*, 275, 112780. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.112780>

## Il monitoraggio ambientale nei musei: best practices per la corretta conservazione delle opere e il benessere dei visitatori

**Alice Bellazzi<sup>1</sup>, Anna Devitofrancesco<sup>1</sup>, Claudio Maffè<sup>1</sup>, Francesco Salamone<sup>1</sup>, Ludovico Danza<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {a.bellazzi, a.devitofrancesco, c.maffe, f.salamone, l.danza}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** monitoraggio ambientale, *indoor environmental quality*, conservazione preventiva opere, benessere

### ABSTRACT

Il monitoraggio ambientale è un processo fondamentale per valutare la qualità di un ambiente costruito, perché permette di raccogliere dati ed informazioni utili alla definizione di strategie maggiormente sostenibili e deve essere opportunamente progettato per rispondere agli obiettivi che si prefigge. Quando lo scopo è verificare l'Indoor Environmental Quality (IEQ), solitamente, si monitorano i parametri che caratterizzano i 4 principali domini di comfort [1]: termico, visivo, acustico e di qualità dell'aria. La campagna di monitoraggio può essere progettata per verificare uno o solo alcuni di questi 4 domini, oppure per analizzare l'IEQ globale, al fine di valutare l'influenza di questi parametri su benessere e produttività [2]. Inoltre, può consentire di esaminare le ricadute in termini di efficienza energetica dell'edificio, verificando scelte progettuali e logiche di controllo di sistemi di involucro e di impianto [3, 4]. Quando il monitoraggio avviene in ambienti museali, la progettazione della campagna di misura presenta ulteriori sfide, poiché all'analisi dell'IEQ e del comfort degli utenti si aggiunge la priorità di assicurare la conservazione preventiva delle opere che in esso sono esposte e conservate. È necessario quindi analizzare l'andamento dei parametri ambientali al fine di evitare o ridurre al minimo il danno futuro del bene ed eventuali interventi invasivi [5]. La scelta della sensoristica deve rispondere sia ai requisiti prestazionali delle norme di settore, come la UNI 10829 [6], sia alle esigenze espositive del percorso museale. Inoltre, è essenziale individuare le soglie più idonee dei parametri ambientali, bilanciando la tutela di opere con necessità conservative differenti coesistenti nel medesimo ambiente e allo stesso tempo garantire l'IEQ per il comfort degli utenti. Il presente paper descrive il metodo applicato in tre campagne di monitoraggio progettate per altrettanti musei di Genova, evidenziandone criticità, potenzialità applicative e prospettive di ricerca future.

### Riferimenti bibliografici

- [1] UNI (2019). *Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Modulo M1-6* (UNI EN 16798-1:2019). Ente Italiano di Normazione.
- [2] Danza, L., Barozzi, B., Bellazzi, A., Belussi, L., Devitofrancesco, A., Ghellere, M., Salamone, F., Scamoni, F. & Scrosati, C. (2020). A Weighting Procedure to Analyse the Indoor Environmental Quality of a Zero-Energy Building. *Building and Environment*, 183, 107155. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107155>
- [3] Fissore, V.I., Fasano, S., Puglisi, G.E., Shtrepi, L. & Astolfi, A. (2023). Indoor Environmental Quality and Comfort in Offices: A Review. *Buildings*, 13(10), 2490. <https://doi.org/10.3390/buildings13102490>
- [4] Schweiker, M. et al. (2020). Review of Multi-domain Approaches to Indoor Environmental Perception and Behaviour. *Building and Environment*, 176, 106804. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106804>
- [5] UNI (2019). *Conservazione del patrimonio culturale - Termini generali e definizioni* (UNI EN 15898:2019). Ente Italiano di Normazione.
- [6] UNI (1999). *Beni di interesse storico e artistico - Condizioni ambientali di conservazione - Misurazione ed analisi* (UNI 10829:1999). Ente Italiano di Normazione.

## Esplorare la risposta umana sulla Qualità Ambientale Interna tramite monitoraggio e controllo multi-dominio: le potenzialità del Living Lab

Ludovico Danza<sup>1</sup>, Benedetta Barozzi<sup>1</sup>, Alice Bellazzi<sup>1</sup>, Lorenzo Belussi<sup>1</sup>, Francesco Bianco<sup>1</sup>, Michele Depalma<sup>1</sup>, Anna Devitofrancesco<sup>1</sup>, Matteo Ghellere<sup>1</sup>, Claudio Maffè<sup>1</sup>, Maria Cristina Pollastro<sup>1</sup>, Francesco Salamone<sup>1</sup>, Chiara Scrosati<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {danza, barozzi, bellazzi, belussi, bianco, depalma, devitofrancesco, ghellere, maffe, pollastro, salamone, scrosati}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** *human perception, indoor environmental quality, ZEB laboratory, living Lab, human-centric design*

### ABSTRACT

La qualità ambientale interna (IEQ) è un requisito fondamentale per la progettazione di edifici efficienti dal punto di vista energetico, poiché influisce sui consumi energetici, sul benessere degli occupanti all'interno degli edifici [1-3] e sulla salute dell'edificio stesso per ridurre gli effetti della Sick Building Syndrome (SBS). Nel corso degli anni, il tema dell'IEQ è stato ampiamente studiato sotto diverse prospettive: dai primi esperimenti volti a valutare la risposta fisiologica degli individui, fino a diventare un concetto cardine nella progettazione incentrata sull'uomo. Recentemente, nuovi paradigmi hanno influenzato la progettazione degli edifici verso costruzioni sostenibili e altamente efficienti. Gli edifici a energia zero (ZEB) rappresentano la sfida attuale che dovrebbe essere affrontata in modo appropriato con un approccio olistico per raggiungere livelli eccellenti sia di IEQ che di efficienza energetica [4]. Il comfort termico, visivo e acustico e la qualità dell'aria interna sono i più importanti domini ambientali interni che caratterizzano la condizione ambientale complessiva degli spazi interni [5]. La simultanea presenza di stimoli ambientali permette di investigare l'influenza dalle esposizioni multi-dominio sulla risposta umana secondo effetti combinati o cross-modalità relativi agli aspetti percettivi, fisiologici, prestazionali, comportamentali degli occupanti stessi [6-8]. Presso CNR-ITC è stato realizzato un Living Lab dotato di un sistema di monitoraggio integrato con sistema di gestione predittiva del comportamento energetico e una serie di impianti tecnologici all'avanguardia che permettono di controllare le principali variabili ambientali e ricreare scenari ad hoc per sperimentazioni multisensoriali con utenti reali

[9]. La dotazione tecnologica prevede un impianto audio immersivo per simulazione di scenari di rumore e suoni sia interni che esterni, un impianto di condizionamento ad aria e acqua per il riscaldamento, il raffrescamento, un impianto di ventilazione meccanica con recupero di calore, un impianto di illuminazione, con diverse sorgenti per variare le condizioni di spettro nel visibile e della CCT, a soffitto per un'illuminazione omogenea del piano orizzontale e a parete per una illuminazione diffusa e una finestra artificiale che permette di simulare differenti window view. L'obiettivo della ricerca è definire, da un lato, nuovi criteri di progettazione degli spazi interni e, dall'altro, ottimizzare differenti scenari per lo studio della risposta umana.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] UNI (2019). *Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Modulo M1-6* (UNI EN 16798-1:2019). Ente Italiano di Normazione.
- [2] ISO 10551 (2019). *Ergonomics of the Thermal Environment - Assessment of the Influence of the Thermal Environment Using Subjective Judgement Scales* (ISO 10551:2019). International Organization for Standardization.
- [3] ISO 28802 (2012). *Ergonomics of the Physical Environment – Assessment of Environments by Means of an Environmental Survey Involving Physical Measurements of the Environment and Subjective Response of People* (ISO 28802:2012). International Organization for Standardization.
- [4] Belussi, L., Barozzi, B., Bellazzi, A., Danza, L., Devitofrancesco, A., Fanciulli, C., Ghellere, M., Guazzi, G., Meroni, I., Salamone, F., Scamoni, F. & Scrosati, C. (2019). A review of performance of zero energy buildings and energy efficiency solutions. *Journal of Building Engineering*, 25, 100772. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100772>
- [5] Danza, L., Barozzi, B., Bellazzi, A., Belussi, L., Devitofrancesco, A., Ghellere, M., Salamone, F., Scamoni, F. & Scrosati, C. (2020). A Weighting Procedure to Analyse the Indoor Environmental Quality of a Zero-Energy Building. *Building and Environment*, 183, 107155. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107155>
- [6] Fissore, V.I., Fasano, S., Puglisi, G.E., Shtrepi, L. & Astolfi, A. (2023). Indoor Environmental Quality and Comfort in Offices: A Review. *Buildings*, 13(10), 2490. <https://doi.org/10.3390/buildings13102490>

- [7] Schweiker, M. et al. (2020). Review of Multi-domain Approaches to Indoor Environmental Perception and Behaviour. *Building and Environment*, 176, 106804. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106804>
- [8] Chinazzo, G. et al. (2022). Quality criteria for multi-domain studies in the indoor environment: Critical review towards research guidelines and recommendations. *Building and Environment*, 226, 109719. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109719>
- [9] Danza, L., Belussi, L., Ghellere, M., Salamone, F., Scrosati, C., Scamoni, F., Bellazzi, A., Devitofrancesco, A., Barozzi, B. & Meroni, I. (2019). Design and testing of I-ZEB, a zero energy laboratory for the integrated evaluation of the performance of building components and HVAC systems. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 609(6), 062020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/609/6/062020>

## Innovazione tecnologica e nuove frontiere dell'involucro architettonico

**Alessandro Claudi de Saint Mihie<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Università di Napoli Federico II – Dipartimento di Architettura, [alessandro.claudi@unina.it](mailto:alessandro.claudi@unina.it)

**Parole chiave:** involucro edilizio, adattività, *intelligent building*, *information technology*, *smart facade*

### ABSTRACT

Il tasso di innovazione tecnologica relativa a materiali, processi produttivi, prodotti e componenti per l'edilizia è sempre più restituito dal quadro delle trasformazioni in atto per le soluzioni progettuali dell'involucro edilizio.

Il processo di evoluzione progettuale dell'involucro mostra come la tendenza sia sempre più rivolta verso sistemi caratterizzati da una maggiore adattività alle variazioni delle condizioni climatiche esterne. A tal riguardo, le modalità con cui le facciate adattive possono reagire a degli stimoli o a delle forzanti esterne sono molteplici: esse possono infatti modificare forma e geometria, colore, trasparenza, permeabilità.

È infatti noto, quanto oggi l'innovata prassi edilizia richieda un alto numero di nuove performance da garantire che possono essere “raccolte” in strategie tecniche sempre più rivolte agli obiettivi di edificio resiliente, tale da renderlo, in sintesi: attivo, integrato, energeticamente efficiente e adattivo [1].

A questo, si aggiunge il forte contributo dei sistemi smart che, oltre al monitoraggio delle prestazioni, producono involucri “sensibili e rispondenti” in ragione di sensoristica e attuatori che ne definiscono il nuovo carattere resiliente; un insieme di funzioni che, nei casi più complessi, portano alla concezione di un vero ruolo dell'edificio come *intelligent building*, di un dispositivo tecnologico fortemente integrato ai sistemi di automazione offerti dall'*Information technology* [2].

L'architettura in tal modo può reagire, ma può anche interagire e cioè adattarsi al mutare delle esigenze degli utenti attraverso scenari percorribili come se fossero un ipertesto. Secondo la pragmatica emergente di creazione e comunicazione, distribuzioni nomadi di informazioni fluttuano su un immenso piano semiotico deterritorializzato. È dunque naturale che lo sforzo creativo si sposti dai messaggi ai dispositivi, i processi, i linguaggi, le “architetture” dinamiche, gli ambienti [3].

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Tucci, F. (2014). *Involucro, Clima, Energia. Qualità bioclimatica ed efficienza energetica in architettura nel progetto tecnologico ambientale della pelle degli edifici*. Firenze: AltrAlinea Edizioni
  
- [2] Lucarelli, M. T., D'ambrosio, V. & Milardi, M. (2017). Resilienza e adattamento dell'ambiente costruito. In E. Antonini & F. Tucci (Eds.), *Architettura, Città e Territorio verso la Green Economy* (pp. 186-201). Milano: Edizioni Ambiente.
  
- [3] Lévy, P. (1994). *L'intelligence collective. Pour une antropologie du cyber space*. Paris: La Découverte.

## **Ambienti di Apprendimento Inclusivi: Un Approccio Metodologico per Ottimizzare il Benessere degli Studenti Neurodivergenti**

**Francesco Salamone<sup>1</sup>, Chiara Malagoli<sup>1</sup>, Lucia Ferlino<sup>1</sup>, Fabrizio Ravicchio<sup>1</sup>, Ludovico Danza<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {salamone, malagoli, ferlino, ravicchio, danza}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** benessere, scuola, apprendimento, ASD, ADHD

### **ABSTRACT**

L'ambiente scolastico gioca un ruolo cruciale nell'apprendimento, influenzando non solo il rendimento scolastico, ma anche il benessere psicofisico e la socializzazione. In questo contesto, la Qualità Ambientale Interna (IEQ) delle aule rappresenta un fattore determinante che può incidere su salute, comfort e sulle risorse cognitive disponibili per l'apprendimento degli studenti. In particolare, condizioni ambientali non ottimali possono avere effetti più marcati negli alunni con neurodivergenze, tra cui i disturbi dello spettro autistico (ASD) e il Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività (ADHD). Questi studenti sono particolarmente sensibili a variazioni anche minime della qualità ambientale [1, 2], con conseguenze sul livello di attenzione [3], sulla capacità di autoregolazione e sull'elaborazione sensoriale. Questo studio, parte del Progetto RAISE: Robotics and AI for Socio-economic Empowerment – Spoke 1, propone di sviluppare un framework metodologico multidisciplinare per la progettazione di scenari di apprendimento ottimizzati, ponendo particolare attenzione alle esigenze specifiche degli studenti neurodivergenti. Ad oggi, infatti, non esistono criteri standardizzati per la definizione di parametri ambientali ideali per le aule scolastiche, nonostante la crescente evidenza dell'impatto dell'IEQ sul loro benessere e sul loro rendimento. La ricerca si basa su un approccio metodologico che integra l'analisi di variabili ambientali, fisiologiche e cognitive per identificare gli elementi che possono favorire o ostacolare l'apprendimento. Attraverso un'analisi approfondita delle interazioni tra condizioni ambientali e processi cognitivi, lo studio mira a individuare strategie progettuali che riducano il rischio di sovrastimolazione, o sottostimolazione, e favoriscano un ambiente più equilibrato e inclusivo. Particolare attenzione viene data alla regolazione dell'attenzione, alla gestione dell'interferenza sensoriale e cognitiva, nonché

alla capacità di autoregolazione emotiva e comportamentale.

L'obiettivo finale della ricerca è l'elaborazione di linee guida metodologiche che possano supportare la creazione di ambienti didattici più inclusivi ed efficaci, capaci di rispondere alle diverse esigenze degli studenti. Un ambiente scolastico ottimizzato dal punto di vista dell'IEQ non solo migliora le condizioni di apprendimento per gli alunni neurodivergenti, ma favorisce anche il benessere e la qualità dell'esperienza educativa per l'intera comunità scolastica.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Al Qutub, R., Luo, Z., Vasilikou, C., Tavassoli, T., Essah, E. & Marcham, H. (2024). Impacts of school environment quality on autistic pupil's behaviours – A systematic review. *Building and Environment*, 265, 111981. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111981>
- [2] Zaniboni, L. & Toftum, J. (2023). Indoor environment perception of people with autism spectrum condition: A scoping review. *Building and Environment*, 243, 110545. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110545>
- [3] Bigozzi, L., Pezzica, S. & Malagoli, C. (2021). The contribution of attentional processes to calculation skills in second and third grade in a typically developing sample. *European Journal of Psychology of Education*, 36(4), 965-988. <https://doi.org/10.1007/s10212-020-00515-z>

## Living Walls. L'approccio multidisciplinare come soluzione per l'integrazione sinergica negli edifici

**Benedetta Barozzi', Alice Bellazzi', Matteo Ghellere', Francesco Salamone', Chiara Scrosati'**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {barozzi, bellazzi, ghellere, salamone, scrosati}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** *living walls*, approccio multidisciplinare, consumi energetici, qualità dell'aria, UHI, illuminotecnica, assorbimento acustico

### ABSTRACT

I giardini verticali - living walls (LWs) - rappresentano ecosistemi complessi nei quali diverse specie vegetali vivono in equilibrio grazie a sistemi di radicazione basati su tasche contenenti terra o feltri in coltivazione idroponica. Considerati talora come vere e proprie opere d'arte, i giardini verticali vengono spesso progettati come semplici rivestimenti, interni o esterni, lasciando che alcuni preconcetti persistano e ne limitino l'applicazione a casi esemplari e dimostrativi, più che a soluzioni integrate su larga scala. La letteratura scientifica, d'altro canto -cospicua per le soluzioni outdoor, più limitata per le applicazioni indoor, risulta frammentata: numerosi sono gli studi infatti che evidenziano singoli impatti positivi relativamente a consumi energetici [1-4], illuminamento [5, 6], isole di calore urbane [7], assorbimento acustico [8, 9], assorbimento della CO<sub>2</sub> [10-12]. Anche quando trattasi di revisioni bibliografiche, i singoli temi vengono affrontati separatamente [13-15]. Ciò a discapito di una restituzione in grado di rispondere contemporaneamente a più quesiti ed esigenze di natura tecnologica ed economica. L'attività sperimentale condotta presso CNR-ITC si avvale sia di dotazioni strumentali specifiche, sia di assetti sperimentali dotati di sistemi di monitoraggio ambientale, per test in ambiente controllato. Le strumentazioni di laboratorio in essere consentono di caratterizzare e dimensionare le grandezze fisiche atte all'integrazione dei LWs sin dalle fasi preliminari della progettazione degli edifici, quali: isolamento termico ed acustico di facciata, consumi energetici da condizionamento, riduzione del fenomeno di isola di calore urbana, riduzione dell'effetto canyon urbano dal punto di vista acustico, qualità dell'aria interna in termini di assorbimento/riduzione della concentrazione di CO<sub>2</sub> e comfort termico,

acustico e visivo indoor. Nonché supportano i processi di sviluppo ed ottimizzazione di soluzioni tecnologiche ad hoc. Mentre gli assetti sperimentali (test cells) consentono un approccio innovativo e sinergico: dotate di tutta la componentistica tecnologica e la sensoristica ambientale, sono in grado di monitorare in continuum ed in contemporanea sul medesimo campione tutte le grandezze fisiche oggetto di studio e di valutarne le interconnessioni. Tale approccio multidisciplinare consente l'avvio di un nuovo sistema di analisi che permette una integrazione multilivello dei LWs nel costruito.

### Riferimenti bibliografici

- [1] Azcorra-Larrinaga, Z., Erkoreka-González, A., Martín-Escudero, K., Pérez-Iribarren, E. & Romero-Antón, N. (2023). Thermal characterization of a modular living wall for improved energy performance in buildings. *Building and environment*, 234, 110102. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110102>
- [2] Fernandez-Canero, R., Pérez Urrestarazu, L. & Franco-Salas, A. (2012). Assessment of the cooling potential of an indoor living wall using different substrates in a warm climate. *Indoor and built environment*, 21(5), 642-650. <https://doi.org/10.1177/1420326X11420457>
- [3] Peterkova, J., Michalčíková, M., Novák, V., Slávik, R., Zach, J., Korjenic, A., Hodná, J. & Raich, B. (2019). The influence of green walls on interior climate conditions and human health. *MATEC web of conferences*, 282, 02041. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201928202041>
- [4] Dahanayake, K.W.D.K.C. & Chow, C. L. (2016). Studying the Potential of Energy Saving through Vertical Greenery Systems: Using EnergyPlus Simulation Program. *Energy and buildings*, 138, 47-59. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.12.002>
- [5] Egea, G., Pérez-Urrestarazu, L., González-Pérez, J., Franco-Salas, A. & Fernández-Cañero, R. (2014). Lighting systems evaluation for indoor living walls. *Urban Forestry & Urban Greening*, 13(3), 475-486. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.04.009>
- [6] Kaltsidi, M.P., Fernández-Cañero, R. & Pérez-Urrestarazu, L. (2020). Assessment of different LED lighting systems for indoor living walls. *Scientia Horticulturae*, 272, 109522. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109522>
- [7] Susca, T., Zanghirella, F., Colasuonno, L. & Del Fatto, V. (2022). Effect of green wall installation on urban heat island and building energy use: A climate-informed systematic literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 159, 112100. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112100>

- [8] Scamoni, F., Scrosati, C., Depalma, M. & Barozzi, B. (2022). Experimental evaluations of acoustic properties and long-term analysis of a novel indoor living wall. *Journal of Building Engineering*, 47, 103890. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103890>
- [9] Azkorra, Z., Pérez, G., Coma, J., Cabeza, L.F., Bures, S., Álvaro, J.E., Erkoreka, A. & Urrestarazu, M. (2015). Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings. *Applied Acoustics*, 89, 46-56. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.09.010>
- [10] Yarn, K-F., Yu, K.-C., Huang, J.-M., Luo, .W.-J. & Wu, P.-C. (2013). Utilizing a vertical garden to reduce indoor carbon dioxide in an indoor environment. *Wulfenia journal*, 20(10), 180-194.
- [11] Torpy, F.R., Zavattaro, M. & Irga, P.J. (2017). Green wall technology for the phytoremediation of indoor air: a system for the reduction of high CO<sub>2</sub> concentrations. *Air quality, atmosphere & health*, 10, 575-585. <https://doi.org/10.1007/s11869-016-0452-x>
- [12] Shao, Y., Li, J., Zhou, Z., Zhang, F. & Cui, Y. (2021). The impact of Indoor Living wall system on air quality: a comparative monitoring test in building corridors. *Sustainability*, 13(14), 7884. <https://doi.org/10.3390/su13147884>
- [13] Riley, B. (2017). The state of the art of living walls: lesson learned. *Building and environment*, 114, 219-232. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.12.016>
- [14] Gunawardena, K. & Steemers, K. (2019). Living walls in indoor environments. *Building and environment*, 148, 478-487. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.11.014>
- [15] Cardinali, M., Balderrama, A., Arzmann, D. & Pottgiesser, U. (2023). Green walls and health: an umbrella review. *Nature-based solutions*, 3, 100070. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2023.100070>

## Dalla sostenibilità alla resilienza: la sfida delle città verso la neutralità e l'adattamento climatico

**Anna Devitofrancesco<sup>1</sup>, Ludovico Danza<sup>1</sup>, Matteo Ghellere<sup>1</sup>, Andrea Moro<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {devitofrancesco, danza, ghellere}@itc.cnr.it

<sup>2</sup> iiSBE Italia R&D, andrea.moro@iisbeitalia.org

**Parole chiave:** sostenibilità, GIS, resilienza, adattamento climatico, *decision making*

### ABSTRACT

In linea con gli Obiettivi 11, “sustainable cities and communities” e 13, “climate action”, dell’Agenda 2030 [1], la valutazione della sostenibilità dell’ambiente costruito è uno strumento cruciale per affrontare le sfide ambientali, sociali ed economiche delle città moderne. Con oltre la metà della popolazione mondiale che vive in aree urbane e una continua crescita dell’urbanizzazione, diventa essenziale sviluppare modelli di città capaci di garantire un equilibrio tra sviluppo, qualità della vita e tutela dell’ambiente [2]. CNR-ITC, in collaborazione con iiSBE Italia, ha sviluppato strumenti di valutazione multicriterio che consentono di misurare la sostenibilità delle città, analizzando diversi aspetti. Questi includono il consumo di risorse, la biodiversità e la qualità dell’ambiente esterno, oltre a fattori legati alla morfologia urbana, alla mobilità e alle infrastrutture. Vengono inoltre considerati il benessere economico, le condizioni abitative, la sicurezza, la salute, nonché elementi legati alla governance e alla qualità delle istituzioni [3-5]. Nell’ultimo decennio, la misura della sostenibilità delle città si è evoluta da un approccio basato su indicatori integrati in protocolli di valutazione ad una visione più complessa e connessa con la pianificazione urbana. CNR-ITC ha condotto progetti di ricerca a scala suburbana [6], comunale [3] e territoriale [7] implementando, con approcci bottom-up basati sulla gestione di dati GIS e su archetipi virtuali e rappresentativi del contesto, analisi dei consumi energetici ed emissioni degli edifici, del rischio di surriscaldamento locale e della permeabilità del suolo funzionali a valutare scenari di intervento migliorativi sul contesto di riferimento. Con il cambiamento significativo del clima e l’aumento della frequenza di eventi estremi, oggi, la nuova sfida è lo sviluppo di metodi e strumenti innovativi per implementare e monitorare soluzioni di resilienza e adattamento di edifici

e aree urbane. Con tale obiettivo, CNR-ITC e iisBE Italia collaborano allo sviluppo di conoscenze, metodologie e strumenti per favorire la transizione dell'ambiente costruito verso la sostenibilità, l'adattamento e la resilienza climatica supportando le istituzioni a livello locale, regionale e nazionale ad incrementare l'impatto e l'efficienza delle loro politiche, programmi e piani operativi e i loro processi di decision making verso la neutralità climatica.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] United Nations (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. United Nations. <<https://sdgs.un.org/2030agenda>> (ultimo accesso 13 febbraio 2025).
- [2] UN-HABITAT (2020). *World Cities Report 2020 - The Value of Sustainable Urbanization*. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme
- [3] Devitofrancesco, A., Ghellere, M., Meroni, I., Modica, M., Paleari, S. & Zoboli, R. (2016). Sustainability assessment of urban areas through a multicriteria decision support system. In *Proceedings of the CESB 2016 Conference* (pp. 499-506). Prague: Grada Publishing
- [4] Balaras, C. A., Droutsas, K. G., Dascalaki, E. G., Kontoyiannidis, S., Moro, A. & Bazzan, E. (2019). Urban sustainability audits and ratings of the built environment. *Energies*, 12(22), 4243. <https://doi.org/10.3390/en12224243>
- [5] Balaras, C. A., Droutsas, K. G., Dascalaki, E. G., Kontoyiannidis, S., Moro, A., Bazzan, E. & Borgaro, P. (2024). Auditing and rating sustainability of Mediterranean buildings, neighbourhoods and cities. *Energies*, 17(1), 82. <https://doi.org/10.3390/en17010082>
- [6] Ghellere, M., Devitofrancesco, A. & Meroni, I. (2017). Urban sustainability assessment of neighborhoods in Lombardy. *Energy Procedia*, 122, 44-49. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.310>
- [7] Belussi, L., Barozzi, B., Bellazzi, A., Danza, L., Devitofrancesco, A., Ghellere, M. & Salamone, F. (2021). Energy and environmental assessment of urban areas: An integrated approach for urban planning. In *Proceedings of the 17th IBPSA Conference on Building Simulation* (pp. 77-85). <https://doi.org/10.26868/25222708.2021.30202>

## Il supporto all'innovazione nel progetto di ricerca METABUILDING LABS: definizione di protocolli sperimentali per banchi prova e Living Labs

**Laura Porro<sup>1</sup>, Alice Bellazzi<sup>1</sup>, Lorenzo Belussi<sup>1</sup>, Adriana Pacifico<sup>2</sup>, Carmine Pascale<sup>2</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {porro, bellazzi, belussi}@itc.cnr.it*

*2 Stress S.c.ar.l. – Sviluppo Tecnologie e Ricerca per l'Edilizia Sismicamente Sicura ed ecoSostenibile, {adriana.pacifico, carmine.pascale}@stress-scarl.it*

**Parole chiave:** tecnologie dell'involucro edilizio, banco di prova *open source*, sistemi di monitoraggio e controllo, ricerca e innovazione sperimentale, *living LABS*

### ABSTRACT

La mancanza di collaborazione, di un approccio integrato e dell'uso di sistemi innovativi è spesso delineata tra i principali fattori che ostacolano l'incremento di interventi di riqualificazione energetica per raggiungere l'obiettivo della neutralità climatica in Europa entro il 2050 [1]. Per risolvere questo ostacolo, il progetto Horizon2020 METABUILDING LABS [2] nasce con l'obiettivo di ottimizzare lo sviluppo di prodotti innovativi d'involucro edilizio e l'aumento della competitività delle PMI, grazie alla creazione di piattaforma digitale e al supporto alla creazione di filiere industriali internazionali in edilizia.

Il supporto alle PMI avviene attraverso l'accesso ad una rete di infrastrutture di prova presso laboratori e siti pilota di 13 paesi europei dove testare le proprie soluzioni innovative d'involucro e avere feedback anche da parte degli utenti finali nelle diverse fasi di sviluppo dei prodotti.

Il paper descrive le attività svolte da CNR-ITC e STRESS inerenti la definizione di protocolli sperimentali per la modellazione dei banchi di prova virtuali negli O3BET con l'acquisizione dati tramite sensoristica finalizzato ad un modello energetico parametrico. Gli O3 Building Envelope Testbench sono laboratori di prova a scala ridotta, realizzati secondo un sistema standardizzato, replicabile, a basso costo, Open Source/Open Data/Open Access, atto a consentire e rendere disponibile il testing delle soluzioni di involucro. Inoltre, sempre nell'ottica di supportare le PMI nello sviluppo di soluzioni innovative, il progetto Metabuilding Labs ha sviluppato un approccio partecipato al testing ed alla validazione delle tecnologie per l'involucro su edifici reali. L'approccio Pilote Sites as Living Labs prevede di installare le tecnologie in fase di sviluppo su cantieri reali, con

il coinvolgimento e la collaborazione di tutte le categorie di stakeholder coinvolte nel processo. Le attività di monitoraggio e valutazione delle prestazioni di sistemi installati in edifici esistenti, insieme al feedback degli stakeholders coinvolti nei diversi Living Labs consentiranno lo sviluppo e la commercializzazione delle tecnologie installate. La piattaforma include, inoltre, un modulo innovativo di matchmaking tra tecnologie da testare ed edifici disponibili, e di procedure interne standardizzate, che includono anche la gestione dei feedback degli utenti per la valutazione comparativa tra le soluzioni tecnologiche tradizionali e quelle innovative installate.

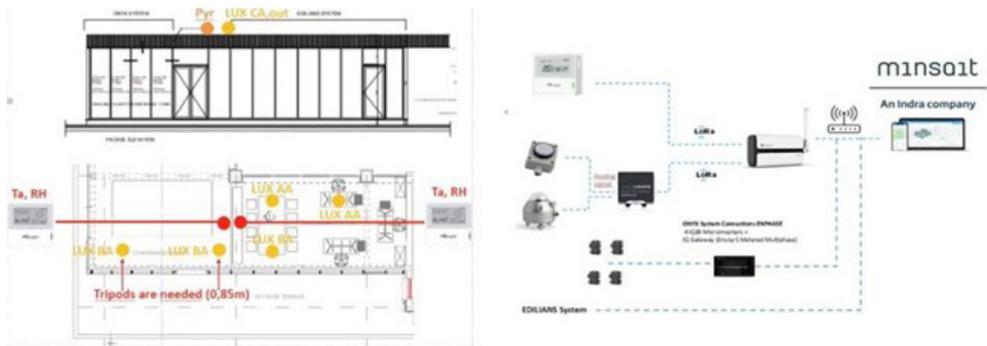


Figura 1. a) Esempio monitoraggio: posizionamento sensori; b) schema di acquisizione dati.

### Riferimenti bibliografici

- [1] D'Oca, S., Ferrante, A., Ferrer, C., Perneti, R., Gralka, A., Sebastian, R. & Op 't Veld, P. (2018). Technical, Financial, and Social Barriers and Challenges in Deep Building Renovation: Integration of Lessons Learned from the H2020 Cluster Projects. *Buildings*, 8(12), 174. <https://doi.org/10.3390/buildings8120174>
- [2] METABUILDING LABS (s.d.). METABUILDING LABS - METAclustered, SME oriented European Open Innovation Test Bed for the BUILDING envelope materials industrial sector using a harmonised and upgraded technical framework and living LABS. <<https://metabuilding-labs.eu/>> (ultimo accesso 13 febbraio 2025).

## Strategie di adattamento climatico per la riduzione degli effetti dell'isola di calore urbana e la riqualificazione degli spazi pubblici nella periferia di Roma

**Andrea Canducci<sup>1</sup>, Alberto Calenzo<sup>1</sup>, Livia Calcagni<sup>1</sup>, Angela Calvano<sup>1</sup>, Angelo Figliola<sup>1</sup>, Eva Vergara<sup>1</sup>, Adriano Ruggiero<sup>1</sup>, Alessandra Battisti<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Sapienza Università di Roma – Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, {andrea.canducci; alberto.calenzo, angela.calvano, angelo.figliola, adriano.ruggiero, alessandra.battisti}@uniroma1.it*

**Parole chiave:** *urban heat island, strategie di adattamento, outdoor comfort, riqualificazione urbana, spazi pubblici*

### ABSTRACT

L'incremento delle temperature e l'intensificarsi degli eventi meteorologici estremi [1] rendono sempre più urgente l'adozione di strategie di adattamento climatico per migliorare la resilienza degli ambienti urbani. In particolare, le aree periferiche delle grandi città, spesso caratterizzate da spazi anonimi con suoli altamente impermeabili e scarsa copertura vegetale, sono particolarmente vulnerabili al fenomeno dell'isola di calore urbana. Intervenire con soluzioni innovative e sostenibili rappresenta un'opportunità per migliorare il comfort termico outdoor e la qualità della vita dei cittadini [2].

La ricerca sviluppa scenari progettuali incrementali per la riqualificazione di spazi pubblici e scolastici in aree periferiche, al fine di ridurre gli effetti dell'isola di calore urbana, migliorare il drenaggio delle acque meteoriche e realizzare ambienti urbani reattivi al clima e termicamente confortevoli [3].

La ricerca si è incentrata su un caso pilota nella città di Roma, per il quale sono state identificate soluzioni progettuali che combinano pavimentazioni permeabili con un elevato Indice di Riflettanza Solare (SRI), stanze urbane alberate, *Nature-Based Solutions* (NBS), strutture ombreggianti con sistemi evaporativi alimentati da energie rinnovabili e sistemi di raccolta delle acque meteoriche. L'efficacia degli scenari è stata valutata tramite simulazioni microclimatiche basate sui parametri di comfort microclimatico, con particolare attenzione all'Indice Universale del Comfort Termico (UTCI) durante le diverse ore della giornata.

I risultati confermano che l'integrazione progressiva di soluzioni sostenibili e resilienti contribuisce significativamente al miglioramento del comfort termico e della qualità

ambientale, trasformando spazi anonimi in ambienti più vivibili, inclusivi e in grado di adattarsi alle sfide climatiche future.



**Figura 1.** Strategie per la riduzione degli effetti dell'isola di calore urbana e la riqualificazione degli spazi pubblici.

### Riferimenti bibliografici

- [1] IPCC (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- [2] Cuce, P.M., Cuce, E. & Santamouris, M. (2025). Towards Sustainable and Climate-Resilient Cities: Mitigating Urban Heat Islands Through Green Infrastructure. *Sustainability*, 17(3), 1303. <https://doi.org/10.3390/su17031303>
- [3] Battisti, A., Laureti, F., Zinzi, M. & Volpicelli, G. (2018). Climate mitigation and adaptation strategies for roofs and pavements: A case study at Sapienza University Campus. *Sustainability*, 10(10), 3788. <https://doi.org/10.3390/su10103788>

## Gli indicatori del benessere indoor per il monitoraggio della qualità del costruito

**Valentina Vecchi<sup>1</sup>, Mariangela De Vita<sup>1</sup>, Ludovico Danza<sup>2</sup>, Francesco Salamone<sup>2</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Dipartimento di Ingegneria, ICT e Tecnologie per l'Energia e i Trasporti, {vecchi, devita}@cnr.it*

*2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {danza, salamone}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** qualità ambientale, ambiente costruito, benessere indoor, indicatori

### ABSTRACT

Il Parlamento Europeo con l'8° Programma d'Azione in materia Ambientale (PAA) conferma la volontà espressa nel precedente Programma (2014-2020) - “Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta”, adottato con la Decisione n. 1386/2013/UE del 20 novembre 2013 [1], che ambiva al raggiungimento di livelli di qualità del costruito tali da abbattere i rischi per la salute umana e per l'ambiente dovuti anche a inquinamento e insalubrità dei luoghi di lavoro e di vita. Inoltre, le più recenti direttive dell'Unione Europea auspicano ad un miglioramento significativo della qualità degli edifici e dell'ambiente indoor e outdoor, tenendo conto delle linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) [2] ed in coerenza con i goal dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite e degli attuali framework sul benessere condivisi, a livello internazionale, dai principali attori che operano nel settore delle costruzioni [3, 4]. Sebbene i metodi per definire il comfort indoor e outdoor siano noti in letteratura [4-6] e si assuma come universalmente valida, in ambito sia scientifico che tecnico, la definizione di Indoor Environmental Quality (IEQ) [7, 8], ad oggi non si riscontra una metodologia condivisa di definizione del benessere degli occupanti, rilevandosi numerosi gli studi su approcci multi-dominio che evidenziano la complessità del tema e la necessità di ulteriori ricerche e approfondimenti [9, 10]. Il presente lavoro propone una rilettura dei principali parametri che contribuiscono a definire la qualità dell'ambiente costruito in relazione al benessere indoor alla luce dei più recenti risultati conseguiti dalla ricerca scientifica e considerando i fattori dell'IEQ come parte centrale della metodologia di indagine. Il principale obiettivo è definire una tassonomia degli indicatori del “benessere abitativo percepito” basata sia su parametri fisici sia su fattori intangibili, entrambi declinati in funzione dei diversi campi di indagine

e applicazione. Infine, si evidenzia come l'attivazione di un processo di monitoraggio e controllo di tali indicatori, attraverso l'utilizzo di tecnologie emergenti, sia determinante nella gestione della qualità dell'ambiente costruito, grazie alla digitalizzazione intelligente del processo edilizio dalle fasi di realizzazione in cantiere al fine vita. La ricerca è finanziata dall'Ecosistema dell'Innovazione "RAISE" (Robotics and AI for Socio-economic Empowerment) - Spoke 1 "Urban Technologies for Inclusive Engagement".

### Riferimenti bibliografici

- [1] The European Parliament and the Council of the European Union(2013). *Decision No 1386/2013/EU of the European Parliament and of the Council of 20 November 2013 on a General Union Environment Action Programme to 2020 'Living well, within the limits of our planet'*. Official Journal of the European Union, L series (EN) (n. 354, del 28 dicembre 2013). <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32013D1386>> (ultimo accesso 23 dicembre 2024).
- [2] World Health Organization (2014). *WHO Handbook for Guideline Development* (2nd ed.). Geneva: World Health Organization.
- [3] World Green Building Council (s.d.). *Health & Wellbeing Framework*. <<https://worldgbc.org/better-places-for-people/health-framework/>> (ultimo accesso on 23 dicembre 2024).
- [4] Höpfe, P. (2002). Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, 34(6), 661-665. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00017-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00017-8)
- [5] Frontczak, M. & Wargocki, P. (2011). Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Building and Environment*, 46(4), 922-937. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.10.021>
- [6] ASHRAE (2017). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy* (ASHRAE 55-2017). American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- [7] Lai, A.C.K., Mui, K.W., Wong, L.T. & Law, L.Y. (2009). An evaluation model for indoor environmental quality (IEQ) acceptance in residential buildings. *Energy and Buildings*, 41(9), 930-936. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.03.016>
- [8] Kim, J. & de Dear, R. (2012). Nonlinear relationships between individual IEQ factors and overall workspace satisfaction. *Building and Environment*, 49, 33-40. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.09.022>

- [9] Kumar, S. & Fisk, W.J. (2002). IEQ and the impact on building occupants. *ASHRAE Journal*, 44, 50-52
- [10] Chinazzo, G. et al. (2022). Quality criteria for multi-domain studies in the indoor environment: Critical review towards research guidelines and recommendations. *Building and Environment*, 226, 109719. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109719>

## Risk-based analysis per la gestione di piccoli musei in edifici storici delle aree interne italiane

Stefania Oppido<sup>1</sup>, Giuseppina De Luca<sup>2</sup>

*1 Istituto di Ricerca su innovazione e servizi per lo Sviluppo, s.oppido@iriss.cnr.it*

*2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, deluca@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** riqualificazione energetica dei musei, analisi dei rischi, ranking delle azioni, riuso degli edifici storici, musei in aree interne

### ABSTRACT

Il riuso di edifici storici per ospitare funzioni museali ed espositive rappresenta una prassi ricorrente nell'ambito del patrimonio culturale italiano, sia in contesti urbani che metropolitani [1]. Una crescente attenzione è stata riservata negli ultimi anni alle prestazioni ambientali garantite da tali edifici, grazie all'introduzione di sistemi di controllo supportati dai progressi tecnologici. In questo scenario, la gestione di piccoli musei situati nelle aree interne della Penisola presenta numerose criticità, principalmente legate alla limitata disponibilità di risorse e alle condizioni socio-economiche sfavorevoli che tali contesti presentano. Tra le sfide più rilevanti emerge la necessità di bilanciare la tutela dell'edificio e delle opere esposte con il comfort interno dei visitatori, operando in un contesto di risorse economiche limitate [2]. La letteratura scientifica affronta la questione delle possibili soluzioni per la riqualificazione e la manutenzione degli edifici storici riutilizzati a fini museali; tuttavia, le soluzioni risultano spesso specifiche per il singolo caso e non sempre applicabili a contesti differenti. Inoltre, nei piccoli musei, il processo decisionale relativo agli interventi di riqualificazione e manutenzione non è sempre affidato ad un team multidisciplinare con competenze diversificate (ad esempio, curatori museali, esperti in termotecnica e ingegneria energetica), rendendo complessa l'individuazione della soluzione, tra tutte quelle presenti in letteratura, più efficace per ciascun caso specifico. Di conseguenza, il rischio di destinare le già scarse risorse economiche a interventi inefficaci o non adeguati alle reali esigenze di conservazione e gestione risulta elevato [3].

Il presente studio propone una metodologia innovativa basata sull'analisi del rischio [4], finalizzata a supportare i gestori di piccoli musei nell'individuazione dei principali

fattori critici che possono compromettere la protezione delle opere, la conservazione dell'edificio e il comfort degli utenti, con particolare attenzione alla gestione energetica del museo. La metodologia sviluppata consente, inoltre, di definire un sistema di classificazione delle azioni e delle misure da implementare, con l'obiettivo di ottimizzare il successo degli interventi in termini di efficienza energetica e sostenibilità e supportare una gestione sostenibile del patrimonio culturale.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] ISTAT (2022). *MUSEI E ISTITUZIONI SIMILARI IN ITALIA - ANNO 2020*. Istituto Nazionale di Statistica.
- [2] Pinto, M.R., De Medici, S., Senia, C., Fabbicatti, K. & De Toro, P. (2017). Building reuse: multi-criteria assessment for compatible design. *International Journal of Design Sciences and Technology*, 22(2), 165-193.
- [3] Silva, H. E. & Henriques, F. M. (2015). Preventive conservation of historic buildings in temperate climates. The importance of a risk-based analysis on the decision-making process. *Energy and Buildings*, 107, 26-36. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.07.067>
- [4] ISO 31000 (2018). *Risk management — Guidelines (ISO 31000:2018)*. International Organization for Standardization.

## Sviluppo di malte premiscelate a bassa conducibilità termica e a base di leganti innovativi a ridotto impatto ambientale

**Antonio Vittorioso<sup>1</sup>, Raffaele Cioffi<sup>2</sup>, Giovanni Morieri<sup>2</sup>, Giuseppina Roviello<sup>2</sup>, Claudio Ferone<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Malvin S.r.l., *amministrazione@malvinsrl.com*

<sup>2</sup> Università degli Studi di Napoli Parthenope, *{raffaele.cioffi, giovanni.morieri, giuseppina.roviello, claudio.ferone}@uniparthenope.it*

**Parole chiave:** malte premiscelate, canapa,geopolimeri, conducibilità termica, impatto ambientale

### ABSTRACT

In questa attività di ricerca sono state sviluppate le migliori tecniche per la progettazione e lo sviluppo di malte premiscelate, attraverso individuazione e uso delle normative cogenti, individuazione dei componenti principali, studio di una curva granulometrica ideale, verifica della lavorabilità e verifica delle caratteristiche prestazionali.

Nello specifico, in collaborazione con una ditta produttrice di malte premiscelate (MALVIN srl), convenzionata con il Dipartimento di Ingegneria dell'Università Parthenope, sono state selezionate le materie prime in ingresso più adatte alla ricerca e sono stati approfonditi il controllo del processo produttivo, del prodotto in fase di produzione e del prodotto finale, nonché, il monitoraggio del prodotto in cantiere.

La prima fase della sperimentazione ha permesso la messa a punto delle miscele più adatte per ottenere un'adeguata malta termoisolante a base di leganti tradizionali. Successivamente, sono stati individuati leganti alternativi al cemento Portland, che mantenessero inalterate le prestazioni termiche e meccaniche e portassero ad una riduzione dell'impatto ambientale [1].

Sono stati selezionati, pertanto, leganti geopolimerici che sviluppano le loro proprietà fisico-meccaniche a seguito di reazioni di policondensazione che si svolgono a temperatura inferiore ai 100°C. Inoltre, tali miscele possono essere formulate impiegando materiali di origine naturale o artificiale, derivanti dai rifiuti industriali [2].

L'interazione tra precursori e attivatori è stata ottimizzata sperimentando numerose combinazioni tra i diversi componenti, variando, tra l'altro, le percentuali di indurente e sodio silicato, di metacaolino e fumo di silice.

Per ciascuna formulazione sono stati ottimizzati i rapporti acqua/solidi, i valori di tempo di inizio e fine presa, nonché, le resistenze meccaniche determinate dopo 24 ore, 7 e 28 giorni di stagionatura.

Infine, le malte selezionate sono state studiate in termini di efficientamento energetico determinando la loro conducibilità termica.

Infine, per quantificare gli impatti ambientali, economici e sociali degli obiettivi realizzativi proposti è stato necessario implementare le procedure di Life Cycle Analysis che, attraverso opportuni indicatori, hanno condotto ai prospetti finali da mettere a disposizione dei decision makers pubblico-privati per poter classificare il processo come Green Technology [3].

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Parracha, J. L., Rita Santos, A., Lazera, R., Flores-Colen, I., Glória Gomes, M. & Moret Rodrigues, A. (2023). Performance of lightweight thermal insulating mortars applied on brick substrate specimens and prototype wall. *Construction and Building Materials*, 364, 129954. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129954>
- [2] Kriven, W.M., et al. (2024). Why geopolymers and alkali-activated materials are key components of a sustainable world: A perspective contribution. *Journal of the American Ceramic Society*, 107(8), 5159-5177. <https://doi.org/10.1111/jace.19828>
- [3] Ricciotti, L., Occhicone, A., Ferone, C., Cioffi, R. & Roviello, G. (2023). Eco-design of geopolymer-based materials recycling porcelain stoneware wastes: a life cycle assessment study. *Environment, Development and Sustainability*, 26, 4055-4074. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02870-x>



**Vulnerabilità e valutazione del  
rischio dei sistemi edilizi, delle  
infrastrutture e dei territori**

---



## La rete della conoscenza per la protezione del costruito dai rischi naturali e antropici

### Carlo Rainieri

*Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione,  
rainieri@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** ingegneria sismica, dinamica delle strutture, vibrazioni, rischio sismico, rischio vulcanico

L'Istituto per le Tecnologie della Costruzione vanta una lunga e consolidata esperienza nel campo della "Vulnerabilità e valutazione del rischio dei sistemi edilizi, delle infrastrutture e dei territori", tema di fondamentale importanza per la sicurezza e la resilienza del nostro Paese.

Da anni, l'Istituto è in prima linea nella ricerca, nello sviluppo di metodologie innovative e nella promozione di soluzioni all'avanguardia per l'analisi e la mitigazione dei rischi naturali e antropici che minacciano il patrimonio costruito ed i territori: l'impegno dell'Istituto è volto a tradurre la conoscenza scientifica in strumenti pratici e soluzioni efficaci a supporto delle decisioni di progettazione, gestione e pianificazione.

L'esperienza dell'Istituto, maturata attraverso una profonda conoscenza delle soluzioni tecnologiche, delle caratteristiche dei materiali e delle tecniche costruttive, unita all'applicazione di strumenti di modellazione e simulazione sempre più sofisticati, ha favorito la collaborazione attiva tra enti pubblici, mondo accademico, imprese e professionisti, contribuendo in modo sostanziale alla definizione di normative e linee guida per la sicurezza del costruito.

La risposta a questa prima Conferenza Nazionale, attraverso i numerosi contributi pervenuti, dimostra la grande attenzione dell'Istituto al tema della valutazione del rischio: tali contributi offrono uno spaccato ricco e multidisciplinare delle sfide attuali e delle frontiere della ricerca, individuando nello specifico tre macroaree tematiche che riflettono le principali direzioni di indagine emerse:

1) *Analisi della risposta sismica locale e dell'interazione terreno-struttura*

Questa macro-area raccoglie studi fondamentali per la comprensione degli effetti del moto sismico sul terreno e di come questi si propaghino e interagiscano con le costruzioni. I contributi qui inclusi spaziano dalla caratterizzazione geotecnica dei siti e

dalla modellazione della risposta sismica locale, fino all'analisi complessa dell'interazione dinamica tra il terreno di fondazione e le sovrastrutture. Tra questi si riportano: studi relativi alla risposta sismica locale di siti archeologici, evidenziando l'importanza di analisi geotecniche accurate per la valutazione della vulnerabilità del patrimonio storico; studi sull'analisi di interazione terreno-struttura allo stato limite di operatività, impiegando risorse di calcolo ad alte prestazioni (HPC) e applicando metodologie avanzate ad alcuni casi applicativi selezionati nelle aree significativamente colpita dai recenti eventi sismici; ricerche sulla risposta sismica di strutture fondate su terreni liquefacibili, che attraverso modelli costitutivi avanzati in ambiente OpenSees, analizzano gli effetti potenzialmente distruttivi della liquefazione sulla stabilità delle strutture.

2) *Analisi modale, controllo delle vibrazioni e valutazione della capacità sismica di sistemi costruttivi ed infrastrutture*

Questa sezione include studi incentrati sulla caratterizzazione dinamica delle strutture, sulla valutazione della loro capacità di resistere alle azioni sismiche e sul controllo delle vibrazioni indotte dal traffico intenso. Tra i contributi presentati rientrano: un'applicazione dell'analisi modale operativa per la validazione di un modello agli elementi finiti di un ponte ad arco in calcestruzzo armato, dimostrando come la combinazione di dati sperimentali e simulazioni numeriche permetta una valutazione strutturale più accurata; l'analisi di nuove metodologie e tecnologie di monitoraggio strutturale, basate sull'impiego di un prototipo di veicolo intelligente per il controllo delle vibrazioni dei ponti stradali esistenti, proponendo un approccio speditivo per la valutazione del comfort degli utenti; studi dedicati alla valutazione della capacità sismica di elementi non strutturali, tra cui rientrano studi sull'evoluzione di tecniche e metodologie per la valutazione della capacità sismica dell'involucro edilizio, la trattazione di una strumentazione di prova all'avanguardia per la caratterizzazione sperimentale di sistemi di facciata, e studi specifici sul comportamento sismico dei kit di partizioni interne attraverso innovative prove sperimentali e una modellazione avanzata per l'analisi della capacità sismica di elementi di connessione nelle partizioni in cartongesso.

3) *Valutazione del rischio sismico e vulcanico a larga scala*

Questa sezione affronta la complessità della valutazione del rischio su scala territoriale, considerando sia la pericolosità sismica che quella vulcanica. Un contributo centrale in quest'area è dedicato alla vulnerabilità e valutazione del rischio sismico e vulcanico

nelle aree vulcaniche, con un'analisi approfondita dei Campi Flegrei, del Vesuvio e dell'isola di Ischia, sottolineando la necessità di strategie integrate di gestione del rischio che coinvolgano scienze della terra, ingegneria e pianificazione territoriale. Altri lavori presentano l'analisi della risposta sismica di ponti esistenti in cemento armato, in siti caratterizzati da diversa pericolosità sismica, evidenziando le criticità strutturali tipiche del patrimonio infrastrutturale italiano. Infine, in questa sezione si collocano studi che esplorano approcci più ampi alla gestione del rischio, come quello relativo alla rigenerazione urbana e protezione civile, con un focus sperimentale sui Campi Flegrei, e quello sulla gestione dei rischi climatici negli insediamenti urbani, presentando l'approccio della progettazione tecnologica e ambientale sviluppato nell'ambito del Progetto PNRR RETURN.

Gli atti qui raccolti testimoniano la vivacità della ricerca dell'Istituto, le numerose collaborazioni attive sui suddetti temi di ricerca, e la sua capacità di affrontare con competenza e innovazione le complesse sfide legate alla sicurezza del costruito e alla resilienza dei nostri territori. Gli atti, pertanto, rappresentano un interessante spunto di riflessione e confronto per generare nuove idee, stimolare ulteriori ricerche e rafforzare la collaborazione tra i diversi attori coinvolti sui temi della vulnerabilità e valutazione del rischio dei sistemi edilizi, delle infrastrutture e dei territori.

## Il comportamento sismico dei kit di partizioni interne

Orsola Coppola<sup>1</sup>, Antonio Bonati<sup>1</sup>, Laura Nironi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {coppola, bonati, nironi}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** Internal Partition Kit (IPK), Crescendo tests, Dynamic tests, Damage limit states

### ABSTRACT

Il comportamento sismico dei componenti non strutturali è oggi studiato dall'ingegneria sismica per l'impatto che essi hanno sulla performance complessiva dell'edificio: anche in presenza di un sisma che non sia tale da causare danni alle strutture, i danni riportati dai componenti non strutturali incidono non soltanto in termini di sicurezza degli utenti, ma anche di interruzione dell'operatività di strutture strategiche e per gli ingenti costi di riparazione o ricostruzione. Le norme tecniche internazionali per la progettazione sismica richiedono protezione della vita umana, danni limitati e salvaguardia dell'operatività delle strutture al servizio della salute, ne deriva che anche i componenti non strutturali debbano fornire una capacità sismica adeguata alla domanda [1]. I kit di partizioni interne (*internal partition kit* – IPK), tra i componenti non strutturali di un edificio, sono da qualche tempo oggetto di studi [2] volti a valutarne il comportamento sismico. Per indagare la capacità sismica di tali componenti si eseguono in genere test sperimentali data la grande variabilità delle configurazioni, anche se ad oggi non sono disponibili metodi armonizzati.

Nel laboratorio Componenti e Sistemi Edilizi della sede CNR-ITC di San Giuliano Milanese grazie all'uso di un'innovativa apparecchiatura sismica è stata condotta una campagna sperimentale su diverse configurazioni di partizioni interne, caratterizzandone separatamente il comportamento nel piano e fuori dal piano: ciascun kit è stato sottoposto a “crescendo” test in-piano e test dinamici fuori-dal-piano, utilizzando nuovi protocolli di carico che modificano il “crescendo test” di AAMA 501.4 [3] e i test su tavola vibrante previsti dall'AC156 [4]. Il metodo di valutazione messo a punto da ITC prevede di considerare il “drift d'interpiano” e “l'accelerazione fuori piano” registrata nel centro di massa del campione quali *engineering demand parameters* rappresentativi del

comportamento del kit per effetto delle azioni sismiche. I danni osservati durante i test sono stati associati al drift e al valore di accelerazione corrispondenti all'attingimento di predeterminati livelli di danno individuati quali stati limite (DS 1: danno lieve; DS 2: danno moderato; DS 3: danno grave). I risultati sperimentali sono stati assunti come base per la definizione di un metodo di valutazione del comportamento sismico degli IPK da inserire quale metodo armonizzato nel Documento per la valutazione Europea (EAD) sugli IPK.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] UNI (2024). *Eurocodice 8 – Progettazione sismica di strutture – Parte 1-1: Regole generali e azione sismica* (UNI EN 1998-1-1:2024). Ente Italiano di Normazione.
  
- [2] Petrone, C., Magliulo, G. & Manfredi, G. (2017). Shake table tests on standard and innovative temporary partition walls. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 46(10). 1599-1624. <https://doi.org/10.1002/eqe.2872>
  
- [3] AAMA 501.4 (2009). *Recommended Static Test Method for Evaluating Curtain Wall and Storefront Systems Subjected to Seismic and Wind Induced Interstory Drifts*. American Architectural Manufacturers Association.
  
- [4] AC156 (2020). *Acceptance Criteria seismic Certification by Shake-table Testing of Nonstructural Components*. International Code Council (ICC-ES).

## Vulnerabilità e Valutazione del Rischio sismico e vulcanico nelle Aree Vulcaniche. Il caso studio dei Campi Flegrei, Vesuvio ed Ischia

**Renato Somma<sup>1,2,3</sup>, Antonio Coviello<sup>2</sup>**

1 Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Osservatorio Vesuviano, [renato.somma@ing.it](mailto:renato.somma@ing.it)

2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca su Innovazione e Servizi per lo Sviluppo, [antonio.coviello@cnr.it](mailto:antonio.coviello@cnr.it)

3 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Scienze Marine

**Parole chiave:** vulcani, sisma, Vesuvio, Campi Flegrei, *risk management*

### ABSTRACT

Le aree vulcaniche rappresentano territori ad alto rischio naturale, caratterizzati da fenomeni eruttivi e sismici che possono avere impatti devastanti sulle infrastrutture e sui sistemi edilizi. La valutazione della vulnerabilità di tali sistemi è un aspetto cruciale per la mitigazione del rischio e la pianificazione di strategie di resilienza.

La vulnerabilità delle infrastrutture in aree vulcaniche dipende da molteplici fattori, tra cui la tipologia costruttiva, i materiali utilizzati, la densità abitativa e la vicinanza alle zone di emissione di cenere, flussi piroclastici e *lahar*. Inoltre, la valutazione deve considerare anche gli effetti secondari delle eruzioni, come terremoti indotti e variazioni nella stabilità del suolo. Le aree vulcaniche della Campania, in particolare il complesso vulcanico dei Campi Flegrei e il Vesuvio rappresentano due delle aree a più elevato rischio vulcanico/sismico in Europa, oltre all'isola vulcanica di Ischia. I Campi Flegrei, un sistema vulcanico attivo caratterizzato da una caldera in stato di bradisismo, pongono rischi significativi per le infrastrutture urbane a causa delle deformazioni del suolo, delle emissioni gassose e della possibilità di un'eruzione esplosiva. La densità abitativa elevata in zone come Pozzuoli, Bacoli e Napoli rende necessaria una pianificazione accurata per la gestione del rischio [1, 2]. Il Vesuvio, noto per la sua eruzione del 79 d.C. che distrusse Pompei ed Ercolano, è uno strato-vulcano caratterizzato da un'elevata pericolosità associata alle sue potenziali eruzioni esplosive. Le città dell'area vesuviana si trovano in una zona ad alto rischio, con una popolazione che supera il milione di abitanti. La presenza di un piano di evacuazione e la definizione delle zone rosse e gialle sono elementi chiave per la protezione della popolazione.

Le strategie di riduzione/mitigazione del rischio per queste aree comprendono diverse attività di prevenzione e protezione, tra cui la progettazione di edifici con materiali resistenti alle ceneri vulcaniche, il rafforzamento delle infrastrutture critiche come strade e reti elettriche e l'adozione di piani di evacuazione efficaci. La resilienza urbana può essere migliorata anche attraverso regolamenti edilizi specifici, sistemi di allerta precoce e la sensibilizzazione della popolazione locale. I recenti Commissariamento per emergenze per la ricostruzione post sismica ad Ischia [3] ed ai Campi Flegrei mostrano sempre di più la necessità della crescente interdisciplinarietà tra scienze della terra, governo dei rischi, ingegneria e pianificazione territoriale, che rappresentano la giusta soluzione per garantire un approccio integrato alla gestione del rischio vulcanico/sismico/dissesto idrogeologico. Solo attraverso una sinergia tra ricerca scientifica e politiche di gestione territoriale sarà possibile ridurre significativamente le perdite umane ed economiche derivanti da eventi vulcanici.

#### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Coviello, A. & Somma, R. (2022). *I rischi catastrofali Azioni di mitigazione e gestione del rischio*. Roma: CNR Edizioni.
- [2] De Natale, G., Troise, C. & Somma, R. (2020). The volcanoes of Naples: how effectively mitigating the highest volcanic risk in the World?. *Nat. Haz. and Earth Sys. Sci.* 20, 2037-2053. <https://doi.org/10.5194/nhess-20-2037-2020>
- [3] De Natale, G., Petrazzuoli, S., Romanelli, F., Troise, C., Vaccari, F., Somma, R., Peresan, A. & Panza, G. F. (2019). Seismic risk mitigation at Ischia island (Naples, Southern Italy): an innovative approach to mitigate catastrophic scenarios. *Engineering Geology*, 261, 105285. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2019.105285>

## Analisi della Risposta Sismica di un Ponte Esistente in Cemento Armato

Simone Reale<sup>1</sup>, Marco Furinghetti<sup>2,3</sup>, Alberto Pavese<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Università degli Studi di Pavia, [simone.reale01@universitadipavia.it](mailto:simone.reale01@universitadipavia.it), [a.pavese@unipv.it](mailto:a.pavese@unipv.it)

<sup>2</sup> Università degli Studi di Pavia, [marco.furinghetti@unipv.it](mailto:marco.furinghetti@unipv.it)

<sup>3</sup> Fondazione EUCENTRE

**Parole chiave:** vulnerabilità, rischio sismico, ponti esistenti, OpenSees, NLTHAs

### ABSTRACT

I ponti esistenti italiani sono stati costruiti, nella maggior parte dei casi, durante la seconda metà del XX secolo e sono prossimi alla loro vita di progetto, o la hanno già superata [1]. La pratica progettuale dell'epoca non affrontava in maniera adeguata gli aspetti legati al rischio sismico e, conseguentemente, i ponti esistenti risultano particolarmente vulnerabili agli effetti dei terremoti [2]. Questo contributo sintetizza parte delle attività di ricerca degli autori nel contesto del progetto DPC-ReLUIS 2022-24 WP3 su rischio e affidabilità sismica dei ponti esistenti. Un caso studio rappresentativo delle configurazioni strutturali dei ponti esistenti italiani è stato selezionato e analizzato in tre siti ideali caratterizzati da bassa, media e alta pericolosità sismica. La pratica progettuale dell'epoca è stata esaminata al fine di identificare possibili criticità [3]. Un modello numerico di dettaglio della struttura è stato realizzato e sottoposto ad analisi dinamiche non lineari, considerando una suite di accelerogrammi naturali di intensità crescente come input. La risposta sismica della struttura è stata infine investigata considerando tre livelli prestazionali. I risultati hanno confermato l'elevata vulnerabilità sismica del caso studio e hanno rivelato che i dispositivi di appoggio, consistenti in cuscinetti in neoprene non zancati, rappresentino un aspetto critico nella risposta sismica della struttura [4], e che l'interazione con spalle e fondazioni rappresenti un ulteriore punto di rilievo per i livelli di sismicità più elevati.

### Riferimenti bibliografici

- [1] Di Prisco, M. (2019). Critical infrastructures in Italy: State of the art, case studies, rational approaches to select the intervention priorities. In *Proceedings fib Symposium 2019: Concrete-Innovations in Materials, Design and Structures* (pp. 49-58). International Federation for Structural Concrete.

- [2] Furinghetti, M., Reale, S., Fox, M. J. & Pavese, A. (2023). Numerical assessment of the seismic vulnerability of bridges within the Italian road network. *Applied Sciences*, 13(14), 8194. <https://doi.org/10.3390/app13148194>
- [3] Marioni, A. (1983). *Apparecchi d'appoggio per ponti e strutture*. Itec.
- [4] Franchin, P., Pinto, P. E. & Calvi, G. M. (2012). Rete stradale e ponti. *Progettazione Sismica*, (3), 201-206.

## Analisi modale operativa per la validazione del modello di un ponte ad arco in calcestruzzo armato

Ilenia Rosati<sup>1</sup>, Marco Di Ludovico<sup>2</sup>, Carlo Rainieri<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {rosati, rainieri}@itc.cnr.it

<sup>2</sup> Università degli Studi di Napoli Federico II – Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, marco.diludovico@unina.it

**Parole chiave:** modello agli elementi finiti, calibrazione del modello, analisi modale operativa, cemento armato, ponti ad arco

### ABSTRACT

La valutazione strutturale e la manutenzione dei ponti stradali e autostradali esistenti stanno assumendo un ruolo sempre più centrale nell'ambito scientifico e ingegneristico. In Italia, questo tema è diventato particolarmente rilevante a seguito dell'introduzione di un nuovo quadro normativo [1] il quale valorizza l'ottimizzazione dei modelli numerici sfruttando i risultati dei test di Analisi Modale Operativa [2] come strumento efficace per la caratterizzazione dello stato attuale di salute dei ponti esistenti. Di conseguenza, negli ultimi anni sono stati avviati vari programmi di valutazione strutturale, con l'obiettivo di ridurre il rischio associato ai ponti esistenti e prevenire eventuali fuori servizio, che potrebbero comportare gravi ripercussioni economiche e sociali. La combinazione dell'Analisi Modale Operativa con l'aggiornamento del modello agli elementi finiti [3] è un approccio che implica importanti oneri computazionali, per cui spesso si utilizzano modelli surrogati per risolvere il problema dell'aggiornamento del modello. Il presente studio illustra la calibrazione del modello agli Elementi Finiti di un ponte autostradale ad arco in calcestruzzo armato, calibrato considerando i dati sperimentali ottenuti da prove di Analisi Modale Operativa. Dopo una descrizione sintetica delle principali caratteristiche strutturali del caso studio, vengono presentati i risultati delle prove sperimentali e lo sviluppo del modello agli Elementi Finiti mediante Ansys Mechanical ADPL, con particolare attenzione alle ipotesi di modellazione più significative. Infine, si descrive il processo di calibrazione del modello, basato sul confronto quantitativo tra i risultati numerici e quelli sperimentali.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] MIT (2022). *Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza e il monitoraggio dei ponti esistenti* (DM n.204/2022). Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie Generale (n.196 del 23 agosto 2022). <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2022/08/23/22A04700/sg>
  
- [2] Rainieri, C. & Fabbrocino, G. (2014). *Operational modal analysis of civil engineering structures*. New York: Springer.
  
- [3] Saidin, S.S., Kudus, S.A., Jamadin, A., Anuar, M.A., Amin, N.M., Ibrahim, Z., Zakaria, A.B. & Sugiura, K. (2022). Operational modal analysis and finite element model updating of ultra-high-performance concrete bridge based on ambient vibration test. *Case Studies in Construction Materials*, (16), e01117. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01117>

## Il controllo delle vibrazioni dei ponti stradali esistenti: nuove metodologie e tecnologie per un approccio speditivo

Maddalena Cimmino<sup>1</sup>, Michele Ranallo<sup>1</sup>, Antonietta Maria Nisi<sup>1</sup>, Giovanni Fabbrocino<sup>2</sup>, Carlo Rainieri<sup>1</sup>

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {cimmino, nisi, rainieri}@itc.cnr.it, micheleranallo@cnr.it*

*2 Università degli Studi del Molise – Dipartimento di Bioscienze e Territorio, giovanni.fabbrocino@unimol.it*

**Parole chiave:** ponti stradali, monitoraggio strutturale, controllo delle vibrazioni, auto intelligente, caratterizzazione dinamica

### ABSTRACT

La gran parte dei ponti stradali presenti sul territorio nazionale ha un'età costruttiva tale per cui questi risultano essere progettati secondo norme obsolete. Soprattutto quelli situati in aree divenute ormai densamente urbanizzate o industriali, per i quali il traffico intenso e l'elevata frequenza del passaggio di mezzi pesanti ne hanno drasticamente modificato le condizioni di carico in esercizio, possono registrare eccessivi livelli di vibrazione. Ciò può fortemente influenzare la percezione di comfort degli utenti con importanti conseguenze economiche e sociali legate ad eventuali chiusure al traffico. In Italia, le normative per le costruzioni non affrontano adeguatamente il controllo delle vibrazioni nei ponti stradali esistenti e l'efficacia dei criteri utilizzati in ambito internazionale è ancora ampiamente discussa dalla comunità scientifica [1, 2].

Questo articolo descrive le attività svolte nell'ambito del progetto di ricerca intitolato "Vibration Serviceability Of Road bridges" che, in mancanza di criteri analitici consolidati, propone un approccio empirico basato su tecnologie di monitoraggio strutturale [3]. La nuova metodologia descritta mira ad una valutazione speditiva e su larga scala basata sui dati raccolti attraverso un prototipo di auto intelligente, ovvero un'auto dotata di sensori e procedure di elaborazione dati a bordo. Il presente lavoro descrive i principali obiettivi raggiunti nell'ambito del progetto.

Innanzitutto, è stato creato un database di ponti e viadotti su scala regionale: le strutture considerate sono principalmente situate nelle province di Napoli e Campobasso e il database, implementato in una piattaforma GIS, raccoglie informazioni di base utili per effettuare uno screening preliminare dei ponti disponibili. Attraverso l'applicazione

di criteri di verifica semplificati, è stato possibile individuare i ponti con maggiore propensione a riscontrare problemi di eccessive vibrazioni.

Inoltre, è stato preparato un questionario per registrare gli effetti delle vibrazioni sui passeggeri e sul conducente del veicolo di prova in passaggio sui ponti critici selezionati, al fine di definire opportune procedure per la correlazione della reazione umana ai livelli di vibrazione.

Infine, il documento illustra la caratterizzazione sperimentale della risposta dinamica del prototipo di auto intelligente, discutendo la sua importanza per le applicazioni.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] MIT (2018). *Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni* (DM 17 Gennaio 2018). Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie Generale (n.42 del 20 febbraio 2018 - Suppl. Ordinario n. 8). <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2018/2/20/18A00716/sg>
- [2] MIT (2022). *Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza e il monitoraggio dei ponti esistenti* (DM n.204/2022). Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie Generale (n.196 del 23 agosto 2022). <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2022/08/23/22A04700/sg>
- [3] Ercolessi, S., Fabbrocino, G. & Rainieri, C. (2021). Indirect measurements of bridge vibrations as an experimental tool supporting periodic inspections. *Infrastructures*, 6(3), 39. <https://doi.org/10.3390/infrastructures6030039>

## L'evoluzione di tecniche e metodologie per la valutazione della capacità sismica dell'involucro edilizio

**Orsola Coppola<sup>1</sup>, Maddalena Cimmino<sup>1</sup>, Antonio Bonati<sup>1</sup>, Antonio Occhiuzzi<sup>2</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {coppola, cimmino, bonati}@itc.cnr.it*

*2 Università di Napoli Parthenope – Dipartimento di Ingegneria, antonio.occhiuzzi@uniparthenope.it*

**Parole chiave:** componenti non-strutturali, facciate continue, connessioni per pannelli prefabbricati, prove dinamiche, prove quasi-statiche

### **ABSTRACT**

Negli ultimi decenni il settore delle costruzioni ha registrato un forte impulso nello sviluppo di sistemi e tecnologie per la realizzazione dell'involucro edilizio che mirano ad ottimizzare esigenze funzionali ed estetiche. Tuttavia, ancora non esistono metodologie consolidate per la valutazione della sicurezza di tali sistemi, con particolare riferimento alla sicurezza sismica. Questo lavoro propone un excursus storico sugli approcci tipicamente utilizzati per la valutazione della capacità sismica dell'involucro edilizio e descrive un'innovativa metodologia per la valutazione sperimentale della resistenza alle azioni sismiche di componenti non-strutturali di tamponatura [1, 2]. Tale metodologia prevede l'utilizzo di una specifica apparecchiatura di prova e di un protocollo di carico capace di recepire le recenti disposizioni delle norme tecniche per le costruzioni. L'apparecchiatura descritta, situata all'interno del Laboratorio di Componenti e Sistemi Edilizi della Sede di San Giuliano Milanese dell'Istituto per le Tecnologie della Costruzione ITC-CNR, rappresenta un unicum a livello nazionale ed europeo per la valutazione del comportamento sperimentale in scala reale di sistemi di involucro e consente l'applicazione di protocolli di carico quasi statici e dinamici per la definizione della risposta nel piano e fuori piano di tali sistemi [3, 4].

La metodologia proposta prevede anche la definizione di specifici parametri ingegneristici di risposta sismica capaci di descrivere sinteticamente il comportamento sismico di tali componenti. Infine, vengono definiti criteri per l'identificazione dell'attingimento di stati limite ultimi e di esercizio.

Questo articolo illustra l'applicazione della suddetta metodologia a due particolari sistemi di involucro, ovvero un sistema di facciata ventilata ed un sistema di tamponatura

a pannelli prefabbricati. In quest'ultimo caso, l'attività sperimentale ha portato alla definizione di un criterio di valutazione per il progetto sismico dei collegamenti tra pannelli prefabbricati.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Zito, M., D'Angela, D., Maddaloni, G. & Magliulo, G. (2022). A shake table protocol for seismic assessment and qualification of acceleration-sensitive nonstructural elements. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 38(12), 1699-1726. <https://doi.org/10.1111/mice.12951>
  
- [2] Zito, M., Nascimbene, R., Dubini, P., D'Angela, D. & Magliulo, G. (2022). Experimental seismic assessment of nonstructural elements: testing protocols and novel perspectives. *Buildings*, 12, 1871. <https://doi.org/10.3390/buildings12111871>
  
- [3] FEMA (2007). *Interim Protocols for Determining Seismic Performance Characteristics of Structural and Nonstructural Components through Laboratory Testing* (Report No. FEMA 461). Federal Emergency Management Agency.

## Il laboratorio Sicura XR a L'Aquila: applicazioni di realtà estesa e test sperimentali per la salvaguardia del territorio

**Antonio Mannella<sup>1</sup>, Ilaria Trizio<sup>1</sup>, Alessio Cordisco<sup>1</sup>, Antonio Sandoli<sup>1,2</sup>, Giovanni Fabbrocino<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {mannella, trizio, cordisco}@itc.cnr.it

<sup>2</sup> Università degli Studi del Molise – Dipartimento di Bioscienze e Territorio, {antonio.sandoli, giovanni.fabbrocino}@unimol.it

**Parole chiave:** analisi dinamica delle strutture, tavola vibrante, vulnerabilità sismica, mixed reality

### ABSTRACT

Dal 2022 è attivo a L'Aquila un progetto di ricerca denominato SICURA – “caSa Intelligente delle tecnologie per la sicurezza – L'Aquila”, volto alla creazione sul territorio di un centro di supporto all'innovazione e all'inserimento nel contesto produttivo di conoscenze relative al tema della sicurezza delle infrastrutture, dell'ambiente e delle città, mediante l'impiego di soluzioni basate su internet delle cose e intelligenza artificiale, fornendo anche supporto alla nascita di *start-up* e al trasferimento tecnologico [1]. Uno dei partner del progetto è CNR-ITC, che ha focalizzato il proprio contributo su sistemi di monitoraggio strutturale, gestione digitale di edifici e aree urbane e del patrimonio culturale [2, 3], procedure per il monitoraggio *data-driven* e analisi modale operativa di strutture.

Le dotazioni acquisite nell'ambito del progetto sono confluite in un laboratorio denominato Sicura XR - VIRTUAL AND PHYSICAL TESTING FACILITY FOR SAFETY OF BUILT AND CULTURAL HERITAGE, ubicato nei locali del Tecnopolo d'Abruzzo a L'Aquila. Tra le dotazioni del laboratorio spicca la presenza di una tavola vibrante monoassiale per prove sismiche operante nel range di frequenze tra 0 e 50 Hz, le cui peculiarità e modalità di utilizzo, insieme ai sensori e sistemi di acquisizione per l'esecuzione di test sismici e agli strumenti per la gestione e la trasformazione dei modelli in Mixed Reality sono descritte nel presente articolo.

### Riferimenti bibliografici

[1] Casa Intelligente delle Tecnologie per la Sicurezza – L'Aquila (s.d.). Homepage. <<https://www.ctesicuralaquila.it/>> (ultimo accesso 19 febbraio 2025).

- [2] Savini, F., Cordisco, A. & Trizio, I. (2023). 3D models and digital images for interpreting and communicating the evolution of the historic city. *Disegnarecon*, 16(31), 14.1-14.11. <https://doi.org/10.20365/disegnarecon.31.2023.14>
- [3] Marra, A., Trizio, I., Cordisco, A., Giallonardo, M., Saccucci, M. & Savini, F. (2024). Misure a dismisura: problematiche e spunti di riflessione sul rilievo urbano/ Measures out of measure: issues and reflections on urban surveying. In F. Bergamo, A. Calandriello, M. Ciammaichella, I. Friso, F. Gay, G. Liva & C. Monteleone (Eds.), *Misura/Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione. Measure/Out of Measure. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers* (pp. 1715-1734). Milano: FrancoAngeli. <https://doi.org/10.3280/oa-1180-c556>

## Riflessioni sull'utilizzo di analisi dinamiche per la valutazione della risposta sismica degli edifici in aggregato in muratura

**Antonio Sandoli<sup>1,2</sup>, Antonio Mannella<sup>2</sup>, Giovanni Fabbrocino<sup>1,2</sup>**

*1 Università degli Studi del Molise – Dipartimento di Bioscienze e Territorio, {antonio.sandoli, giovanni.fabbrocino}@unimol.it*

*2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, mannella@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** analisi dinamica delle strutture, aggregati edilizi, meccanismi locali di collasso, vulnerabilità sismica, edificato storico

### **ABSTRACT**

Gli aggregati di edifici in muratura sono molto comuni nei centri storici degli abitati del bacino del mediterraneo. La risposta degli aggregati edilizi alle azioni sismiche spesso è molto complessa da interpretare in quanto è fortemente caratterizzata oltre che dalla complessità delle geometrie e dalla stratificazione degli interventi avvenuta nel corso del tempo, anche dalla varietà dei materiali e dall'utilizzo di tecniche costruttive molto variegate, e comunque tipicamente, senza l'utilizzo di accorgimenti antisismici [1]. Per i motivi appena esposti la modellazione del comportamento strutturale di tali costruzioni risulta più efficace quando si individua e si riesce a descrivere compiutamente il comportamento di singole porzioni della costruzione, definite macroelementi. Le attività di ricerca descritte in questo contributo vogliono contribuire alla definizione di alcuni aspetti relativi al comportamento dinamico degli aggregati di edifici in muratura [2], in modo da portare alla definizione di procedure di analisi ottimizzate utili alla modellazione del loro comportamento in presenza di azioni sismiche. L'attenzione è rivolta all'implementazione, all'utilizzo e alla revisione dei risultati dell'analisi modale dinamica, il cui valore è spesso sottovalutato [3]. Questa fase chiave di ogni valutazione sismica, infatti, è stata rivista sia per supportare l'identificazione dei macroelementi da considerare rappresentativi per caratterizzare la risposta sismica dell'aggregato, sia per agevolare l'analisi dei modi locali, tenendo conto della decorrelazione spaziale degli spostamenti modali delle pareti in muratura. Nell'articolo sono illustrati criticamente alcuni risultati derivanti dallo studio di un aggregato situato nel comune di Prata D'Ansidonia, in provincia dell'Aquila, danneggiato dagli eventi sismici del 2009.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Fico, R., De Martino, G., Marra, A., Pecci, D., Sabino, A., Di Ludovico, M., Mannella, A., Speranza, E. Prota, A. & Dolce, M. (2019). Building aggregates of historical centers: damage analysis and preliminary remarks on reconstruction costs of the Municipalities of the Crater affected by the 2009 L'Aquila earthquake In F. Braga, A. Dall'Asta & F. Gara (Eds.), *Atti del XVIII Convegno ANIDIS "L'Ingegneria Sismica in Italia"* (pp. 93-103). Pisa: Pisa University press.
  
- [2] Duvnjak, I., Ereiz, S., Smrkić, M.F. & Damjanović, D. (2023). Post-Earthquake Dynamic Performance of Intact Masonry Building Based on Finite Element Model Updating. *Appl. Sci.*, 13, 9042. <https://doi.org/10.3390/app13159042>
  
- [3] Sandoli, A., Mannella, A. & Fabbrocino G. (in press). Reflections on the dynamics of clustered masonry buildings and its optimal consideration in seismic analyses. *SAHC 2025 14th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions* (15th-17th September 2025 | Lausanne, Switzerland) (in press).

## Analisi di interazione terreno-struttura allo stato limite di operatività con l'utilizzo di risorse HPC

**Tony Fierro<sup>1</sup>, Stefano Ercolessi<sup>1</sup>, Filippo Santucci de Magistris<sup>1</sup>, Antonio Bonati<sup>2</sup>, Marco Padula<sup>2</sup>, Francesca Picenni<sup>2</sup>, Antonio Mannella<sup>2</sup>, Giovanni Fabbrocino<sup>1,2</sup>**

*1 Università degli Studi del Molise – Dipartimento di Bioscienze e Territorio, {tony.fierro, stefano.ercolessi, filippo.santucci, giovanni.fabbrocino}@unimol.it*

*2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {bonati, picenni, mannella, fabbrocino}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** interazione terreno-struttura, HPC, stato limite di operatività, San Giuliano di Puglia, OpenSees

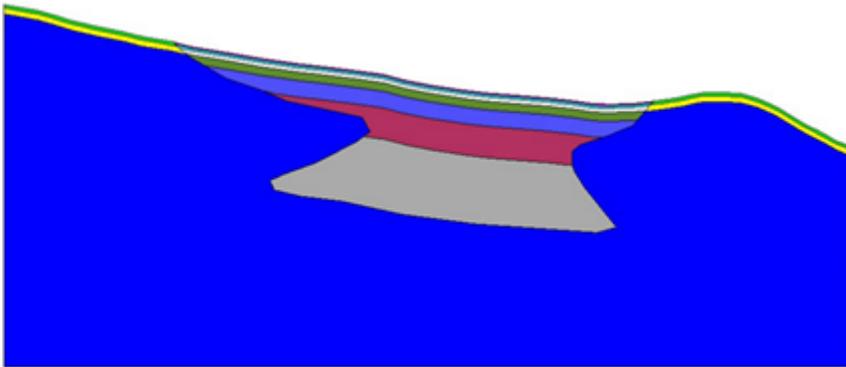
### ABSTRACT

Nel campo dell'ingegneria sismica, la comprensione e la modellazione accurata dell'interazione terreno-struttura rappresenta un elemento fondamentale per la progettazione e la sicurezza delle opere civili. Generalmente, tale aspetto è considerato con approcci semplificati, sebbene eserciti un'influenza decisiva nei confronti della risposta strutturale e del terreno circostante, anche per bassi livelli di deformazione. Spesso, tale semplificazione è dovuta alla necessità di elevate risorse computazionali per eseguire una modellazione integrata. Questa limitazione può essere, però, superata grazie alle recenti disponibilità di risorse HPC e da software che sono compatibili con il calcolo in parallelo.

Per tale ragione, il lavoro si concentra sullo studio di problemi di interazione terreno-struttura 1D, 2D e 3D utilizzando risorse di calcolo ad alte prestazioni (HPC). Particolare attenzione è rivolta alla prestazione delle infrastrutture critiche allo stato limite di operatività (SLO), considerando, quindi, bassi livelli vibrazionali, che però influenzano le performance di tali infrastrutture. Tutti i calcoli vengono eseguiti utilizzando il framework open-source OpenSees [1].

In dettaglio, dopo aver compilato OpenSees in un ambiente parallelo, si sono condotte simulazioni con diversi livelli di complessità: dall'approccio per sottostrutture, fino al più complesso approccio diretto. In particolare, con il primo approccio, si analizzano separatamente le infrastrutture critiche e il terreno sottostante, con l'approccio diretto, invece, terreno e sovrastruttura vengono analizzati congiuntamente nello stesso modello. È stato selezionato come caso studio di riferimento San Giuliano di Puglia (Molise,

Italia), un'area significativamente colpita dal terremoto del Molise del 2002, per la quale sono stati definiti modelli geotecnici mono- e bi-dimensionali (Figura 1). Inoltre, sono stati selezionati accelerogrammi sito-specifici per diversi stati limite, insieme agli accelerogrammi registrati dalle stazioni sismiche installate a San Giuliano. Questi ultimi sono stati adottati per validare il modello attraverso *back-analysis* di risposta sismica locale. Parallelamente, sono stati implementati diversi modelli di interazione terreno-struttura includenti strutture in acciaio per l'approccio diretto, e sono state condotte alcune analisi preliminari dirette.



**Figura 1.** Modello bi-dimensionale del sito di San Giuliano di Puglia, sviluppato tramite il pre-processore GiD [2].

### Riferimenti bibliografici

- [1] McKenna, F., Fenves, G. L., Filippou, F., Mazzoni, S., Scott, M., Elgamal, A., Yang, Z., Lu, J., Arduino, P., McKenzie, P., Deierlein, G. G. & Law, K. (s.d.). *OpenSees*. <<https://opensees.berkeley.edu/OpenSees/home/about.php>> (ultimo accesso 13 febbraio 2025).
- [2] Coll, A., Ribó, R., Pasenau, M., Escolano, E., Perez, J.S., Melendo, A., Monros, A. & Gárate, J. (2018). *GiD v.14 User Manual*. <[www.gidhome.com](http://www.gidhome.com)> (ultimo accesso 25 maggio 2020).

## Risposta sismica locale del sito archeologico di Pietrabbondante

**Tony Fierro<sup>1</sup>, Antonio Sandoli<sup>1</sup>, Silvia Fabbrocino<sup>3</sup>, Giovanni Fabbrocino<sup>1,2</sup>, Filippo Santucci de Magistris<sup>1</sup>**

*1 Università degli Studi del Molise – Dipartimento di Bioscienze e Territorio, {tony.fierro, antonio.sandoli, giovanni.fabbrocino, filippo.santucci}@unimol.it*

*2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, giovanni.fabbrocino@itc.cnr.it*

*3 Università degli Studi di Napoli Federico II, silvia.fabbrocino@unina.it*

**Parole chiave:** risposta sismica locale, Pietrabbondante, sito archeologico, selezione dell'input

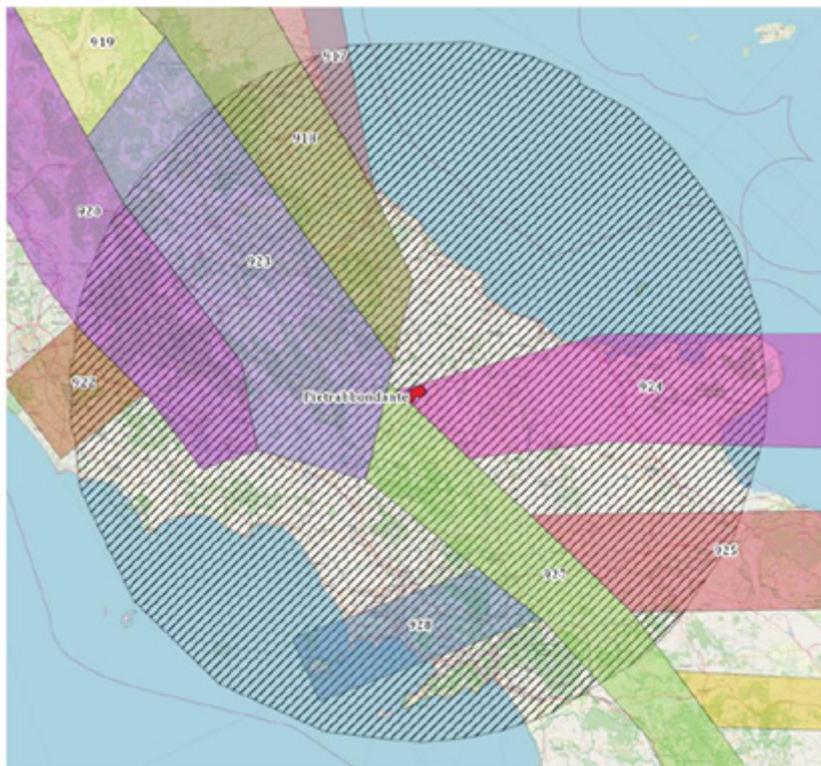
### ABSTRACT

La Regione Settentrionale del Mediterraneo, storicamente soggetta a terremoti di elevata intensità, ospita numerosi siti archeologici risalenti ai periodi Greco e Romano; di conseguenza, molti di questi siti sono stati danneggiati dagli eventi sismici nel corso degli anni.

L'analisi del comportamento dei manufatti ubicati in tali siti soggetti ad azioni sismiche rimane ancora un tema molto ambizioso, con particolare riferimento all'implementazione di misure di conservazione per la salvaguardia e protezione del patrimonio storico. Quest'ultimo consta di elementi strutturali con geometrie differenti, quali colonne, colonnati, archi, anfiteatri e lo studio del loro comportamento richiede una approfondita conoscenza delle loro caratteristiche strutturali. Generalmente, tali siti sorgono in zone che presentano peculiarità topografiche e stratigrafiche che raramente sono investigate nel dettaglio nelle analisi, ma che vengono esclusivamente considerate usando approcci semplificati. Tali caratteristiche sito-specifiche possono svolgere un ruolo fondamentale nell'amplificazione del moto sismico e una loro errata valutazione può portare a previsioni inaccurate della risposta strutturale.

Per tale ragione, la memoria ha l'obiettivo di presentare la caratterizzazione geotecnica e le analisi di risposta sismica locale per il sito archeologico di origine sannitica di Pietrabbondante, ubicato nella Regione Molise, nell'ambito di un workflow multidisciplinare che integra aspetti di ingegneria strutturale, geotecnica e geologia. Più nel dettaglio, sono analizzati i dati geotecnici disponibili per il sito in esame e, a valle di una analisi sismotettonica (Figura 1), è selezionato un set di accelerogrammi compatibili con la sismicità del sito. Particolare attenzione è prestata ai criteri di selezione di tali accelerogrammi. Inoltre, per considerare

adeguatamente l'incertezza relativa alla rigidità del sottosuolo, sono condotte analisi parametriche e gli effetti filtranti del terreno sul moto sismico sono analizzati criticamente. In definitiva, si evidenzia il ruolo chiave che può svolgere una accurata analisi degli aspetti geotecnici con riferimento ai siti archeologici e la sottostima della risposta che si può ottenere trascurando tali aspetti.



**Figura 1.** Zone sismogenetiche ubicate in prossimità del sito secondo la mappa di pericolosità sismica MPS04 [1].

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Meletti, C., Montaldo, V., Stucchi, M. & Martinelli, F. (2006). *Database della pericolosità sismica MPS04*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/sh/mps04/db>

## Risposta sismica di telai in acciaio fondati su terreni liquefacibili

**Stefano Ercolessi<sup>1</sup>, Tony Fierro<sup>1</sup>, Filippo Santucci de Magistris<sup>1</sup>, Giovanni Fabbrocino<sup>1,2</sup>**

*1 Università degli Studi del Molise – Dipartimento di Bioscienze e Territorio, {stefano.ercolessi, tony.fierro, filippo.santucci, giovanni.fabbrocino}@unimol.it*

*2 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, giovanni.fabbrocino@itc.cnr.it*

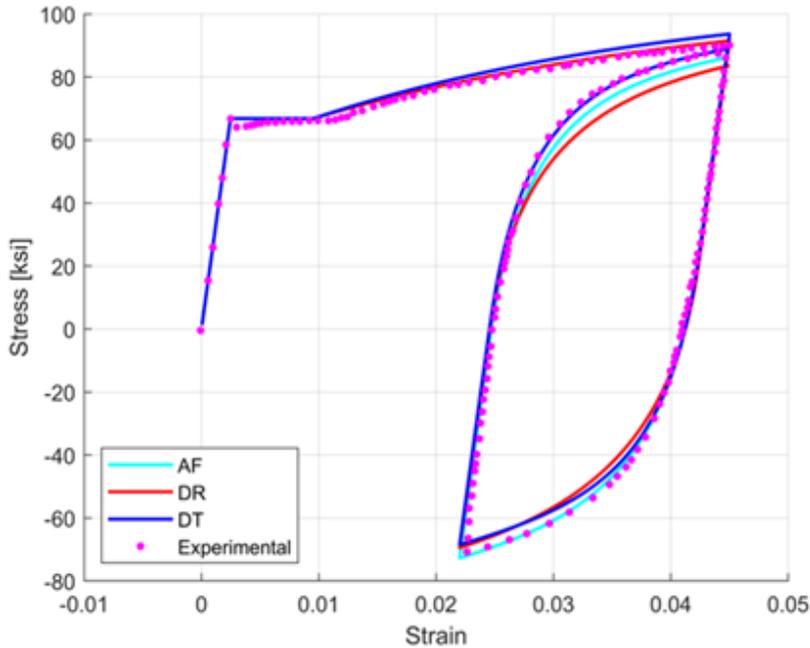
**Parole chiave:** acciaio strutturale, OpenSees, risposta sismica locale, ingegneria sismica, modellazione costitutiva

### ABSTRACT

Le strutture e le infrastrutture strategiche devono garantire adeguati livelli di prestazione sotto diversi punti di vista. Tra tutti i requisiti, la prestazione strutturale a seguito di eventi sismici è cruciale per mantenere le condizioni di operatività. Pertanto, tutti gli effetti indotti dal moto del terreno devono essere opportunamente considerati attraverso analisi approfondite che non si limitino esclusivamente alla sovrastruttura, poiché ciò restituirebbe una visione parziale delle condizioni complessive. In questo contesto, la risposta sismica locale e gli effetti co-sismici estremi, come la liquefazione del terreno in presenza di terreni sabbiosi saturi e condizioni non drenate, rappresentano fenomeni che influenzano significativamente l'interazione terreno-struttura e, di conseguenza, la risposta strutturale.

Tuttavia, gli sviluppi software degli ultimi anni hanno reso disponibili diverse risorse numeriche in grado di modellare accuratamente la risposta del sistema terreno-fondazione-sovrastuttura, anche in modelli di grandi dimensioni e fortemente non lineari, sfruttando le capacità del calcolo parallelo, sia su CPU che su GPU. In questo studio, il framework open-source OpenSees [1] è stato selezionato per condurre analisi parametriche finalizzate a valutare la prestazione sismica di una struttura in acciaio, esaminando i diversi fattori che influenzano la risposta strutturale e, in particolare, gli effetti derivanti dall'innescio della liquefazione, un fenomeno potenzialmente distruttivo che potrebbe portare a interruzioni dell'operatività o persino al collasso strutturale. Più nel dettaglio, nel caso in esame, è applicato l'approccio per sottostrutture, comunemente utilizzato nell'ambito dell'ingegneria sismica, e sono stati adottati modelli costitutivi avanzati per riprodurre la risposta ciclica sia del terreno [2] che della struttura in elevazione (Figura 1) [3].

Lo studio dimostra la necessità di una modellazione accurata della risposta costitutiva dei materiali della componente strutturale e di quella geotecnica e dimostra l'importanza dell'utilizzo di codici open-source in tali contesti.



**Figura 1.** Validazione dell'implementazione del modello costitutivo avanzato SANISTEEL in OpenSees [1] per descrivere la risposta dell'acciaio strutturale soggetto a carichi ciclici [3].

### Riferimenti bibliografici

- [1] McKenna, F., Fenves, G. L., Filippou, F., Mazzoni, S., Scott, M., Elgamal, A., Yang, Z., Lu, J., Arduino, P., McKenzie, P., Deierlein, G. G. & Law, K. (s.d.). *OpenSees*. <<https://opensees.berkeley.edu/OpenSees/home/about.php>> (ultimo accesso 13 febbraio 2025).
- [2] Dafalias, Y. F. & Manzari, M. T. (2004). Simple plasticity sand model accounting for fabric change effects. *Journal of Engineering mechanics*, 130(6), 622-634. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9399\(2004\)130:6\(622\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9399(2004)130:6(622))
- [3] Ercolessi, S., Fierro, T., Santucci de Magistris, F. & Fabbrocino, G. (2025). Efficient implementation of an advanced bounding surface constitutive model for steel. *Journal of Constructional Steel Research*, 226, 109251. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2024.109251>

## La capacità sismica di connessioni a vite lastra-montante nelle partizioni in cartongesso

Antonio Bonati<sup>1</sup>, Orsola Coppola<sup>1</sup>, Danilo D'Angela<sup>2</sup>, Gennaro Magliulo<sup>1,2</sup>

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {bonati, coppola}@itc.cnr.it*

*2 Università di Napoli Federico II – Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, {danilo.dangela, gmagliul}@unina.it*

**Parole chiave:** elementi non strutturali, partizioni interne in cartongesso, connessioni lastra-montante, capacità sismica

### ABSTRACT

Nell'ambito dell'ingegneria sismica gli elementi di tamponatura esterna e di partizione interna degli edifici sono definiti come 'elementi non strutturali', sebbene estremamente critici a causa della loro elevata vulnerabilità ed esposizione, come è stato riscontrato in diverse indagini post-sisma [1, 2] e in diversi lavori riguardanti la stima delle perdite sismiche [3, 4]. In particolare, le partizioni in cartongesso a cui questo lavoro fa riferimento, in genere presentano danni significativi anche in caso di terremoti relativamente frequenti e meno intensi, cosa che può causare importanti interruzioni di funzionamento e perdite economiche [5], in particolare per strutture critiche come gli ospedali [6]. Inoltre, gravi danni a questi elementi potrebbero persino causare perdite umane [7].

Per le motivazioni appena esposte, negli ultimi decenni si sta ponendo grande attenzione allo studio del comportamento sismico di componenti non strutturali come tamponature e partizioni interne. La risposta sismica e la capacità di tali componenti sono state spesso valutate tramite test sperimentali. Nell'ultimo decennio, sono stati sviluppati modelli analitici e numerici per simulare la risposta sismica di varie tipologie di partizioni in modo più conveniente e con la possibilità di estendere i risultati sperimentali a numerose tipologie della stessa famiglia di componente non strutturale.

Questo documento riporta i risultati di una campagna sperimentale volta a caratterizzare il comportamento isteretico delle connessioni a vite lastra-montante di pareti non strutturali in cartongesso, con lo scopo di includere il reale legame forza-spostamento di tali connessioni in un modello agli elementi finiti sviluppato dagli Autori [8] e che è in grado di definire la capacità sismica "in-piano" di partizioni in cartongesso, senza eseguire prove sismiche sul componente.

In particolare, sono state definite e testate diciassette tipologie di connessione in più disposizioni e configurazioni di prova, ottenendo nel complesso quasi ottanta campioni sottoposti a prova. Sono stati eseguiti test ciclici quasi statici in controllo di spostamento e per ogni campione sono state ottenute le curve forza-spostamento da includere nel relativo modello di partizione da analizzare. È stato inoltre condotto uno studio parametrico che ha tenuto conto della configurazione di prova, del tipo di connessione a vite, dello spessore della lastra, del numero di strati della lastra e della sezione trasversale del montante con lo scopo di valutare l'influenza di diversi parametri sul comportamento della connessione e quindi sul comportamento dell'intero elemento di partizione.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Baird, A., Tasligedik, A.S., Palermo, A. & Pampanin, S. (2014) Seismic Performance of Vertical Nonstructural Components in the 22 February 2011 Christchurch Earthquake. *Earthquake Spectra*, 30(1), 401-425. <https://doi.org/10.1193/031013EQSo67M>
- [2] Perrone, D., Calvi, P. M., Nascimbene, R., Fischer, E. C. & Magliulo, G. (2019). Seismic performance of non-structural elements during the 2016 Central Italy earthquake. *Bull Earthquake Eng*, 17, 5655-5677. <https://doi.org/10.1007/s10518-018-0361-5>
- [3] Bradley, B. A., Dhakal, R. P., Cubrinovski, M., MacRae, G. A. & Lee, D.S. (2009). Seismic loss estimation for efficient decision making. *BNZSEE*, 42(2), 96-110. <https://doi.org/10.5459/bnzsee.42.2.96-110>
- [4] Magliulo, G., D'Angela, D., Lopez, P. & Manfredi, G. (2021). Nonstructural Seismic Loss Analysis of Traditional and Innovative Partition Systems Housed in Code-conforming RC Frame Buildings. *Journal of Earthquake Engineering*, 26(15), 1-28. <https://doi.org/10.1080/13632469.2021.1983488>
- [5] Taghavi, S. & Miranda, E. (2003). *Response Assessment of Nonstructural Building Elements* (PEER Report 2003/05). Berkeley: Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California.
- [6] Price, H.J., De Sortis, A. & Schotanus, M. (2012). Performance of the San Salvatore Regional Hospital in the 2009 L'Aquila Earthquake. *Earthquake Spectra*, 28(1), 239-256. <https://doi.org/10.1193/1.3673595>
- [7] Petrone, C., Coppola, O., Magliulo, G., Lopez, P. & Manfredi, G. (2018). Numerical model for the in-plane seismic capacity evaluation of tall plasterboard internal partitions. *Thin-Walled Structures*, 122, 572-584. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2017.10.047>

## Valutazione numerica della vulnerabilità sismica di facciate continue vetrate

Nicola Cella<sup>1</sup>, Chiara Bedon<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Università degli Studi di Trieste – Dipartimento di Ingegneria e Architettura, nicola.cella@phd.units.it, chiara.bedon@dia.units.it

**Parole chiave:** vetro, facciate continue vetrate, curve di fragilità, modellazione numerica, azione sismica

### ABSTRACT

Le facciate continue vetrate sono note per essere componenti edilizi non strutturali vulnerabili che richiedono strumenti di progettazione e calcolo specifici a causa della complessità del loro comportamento e della fragilità intrinseca del vetro [1]. In tale contesto, le curve di fragilità rappresentano un approccio pratico e uno strumento utile per la valutazione della vulnerabilità sismica di questi sistemi. In questo contributo l'attenzione è rivolta, anzitutto, all'elaborazione di un modello numerico agli elementi finiti in Abaqus [2] – caratterizzato da una geometria semplificata e da un costo computazionale ridotto – per l'analisi dinamica non lineare di facciate continue vetrate. I limiti e le potenzialità dell'approccio proposto sono valutati confrontando i risultati ottenuti con studi sperimentali [3] e strategie numeriche più accurate [4]. Il modello numerico sviluppato è quindi utilizzato per condurre un'analisi di fragilità di un tradizionale sistema di facciata attraverso il metodo della *cloud analysis*. L'analisi è condotta impiegando sessanta accelerogrammi reali tratti dal *European Strong-Motion (ESM) database* [5]. Particolare attenzione è rivolta ai limiti prestazionali raccomandati dalle principali normative internazionali – Eurocodice 8 [6], NTC2018 [7], ASCE 7-10 [8], JASS-14 [9] e NZS 1170.5 [10] – e alla loro correlazione con le reali capacità del sistema in esame. La valutazione delle stime di fragilità ottenute, congiuntamente alle effettive prestazioni della facciata analizzata, evidenzia la chiara necessità di una più robusta definizione dei limiti prestazionali per una progettazione ottimizzata e sicura delle facciate vetrate [11].

### Riferimenti bibliografici

- [1] Bedon, C., Zhang, X., Santos, F., Honfi, D., Kozłowski, M., Arrigoni, M., Figuli, L. & Lange, D. (2018). Performance of structural glass facades under extreme loads – Design methods, existing research, current issues and trends. *Constr. Build. Mater.*, 163, 921-937. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.12.153>

- [2] Dassault Systèmes (2014). *Simulia Abaqus* (Versione 6.14) [Software]. Providence: Dassault Systèmes.
- [3] Aiello, C., Caterino, N., Maddaloni, G., Bonati, A., Franco, A. & Occhiuzzi, A. (2018). Experimental and numerical investigation of cyclic response of a glass curtain wall for seismic performance assessment. *Constr. Build. Mater.*, 187, 596-609. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.237>
- [4] Cella, N. & Bedon, C. (2024). Numerical modelling of global/local mechanisms and sensitivity analysis for the seismic vulnerability assessment of glass curtain walls. *Eng. Struct.*, 319, 118859. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2024.118859>
- [5] Luzi, L., Lanzano, G., Felicetta, C., D'Amico, M.C., Russo, E., Sgobba, S. & Pacor, F. (2020). *ORFEUS Working Group 5. Engineering Strong Motion Database (ESM)* (Version 2.0). Roma: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).
- [6] CEN (2004). *Eurocode 8; Design of Structures for Earthquake Resistance – Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings* (EN 1998-1:2004). European Committee for Standardization.
- [7] MIT (2018). *Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni* (DM 17 Gennaio 2018). Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie Generale (n.42 del 20 febbraio 2018 - Suppl. Ordinario n. 8). <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2018/2/20/18A00716/sg>
- [8] ASCE (2010). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures* (ASCE/7-10:2010). Reston, VA, USA: American Society of Civil Engineers.
- [9] JASS (1996). *Japanese Architectural Standard Specification Curtain Wall* (JASS14:1996). Tokyo, Japan: Architectural Institute of Japan (AIJ)
- [10] NZS (2004). *Structural Design Actions – Part 5: Earthquake Actions* (NZS 1170.5:2004). Wellington: Standards New Zealand.
- [11] Cella, N. & Bedon, C. (2024). Numerical Seismic Fragility Analysis of Glass Curtain Walls: Gaps and Challenges in Modelling Optimization and Limit Performance Indicators. *Buildings*, 14(12), 3863. <https://doi.org/10.3390/buildings14123863>

## Rigenerazione urbana e protezione civile: un approccio sperimentale per i Campi Flegrei

**Marianna Cerillo**<sup>1,2</sup>

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche*

*2 Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile, marianna.cerillo@protezionecivile.it*

**Parole chiave:** protezione civile, pianificazione, vulnerabilità, campi flegrei, rigenerazione urbana

### **ABSTRACT**

Il rapporto tra gli strumenti urbanistici e la pianificazione di protezione civile non è stato sinora idilliaco: per lungo tempo relegato ad un mero strumento di organizzazione dei soccorsi, il piano di protezione civile difficilmente ha potuto dire la sua nella definizione dell’assetto del territorio. Eppure, nell’arco dell’ultimo decennio il coordinamento tra questi due strumenti è un tema divenuto centrale, non solo per le innovative disposizioni del Codice della Protezione Civile, ma soprattutto perché la distanza – che un tempo pareva separare due discipline – è andata riducendosi con l’aumentare dei rischi, in un contesto territoriale dove ciò che era ‘emergenza’ diventa sempre di più ordinarietà [1].

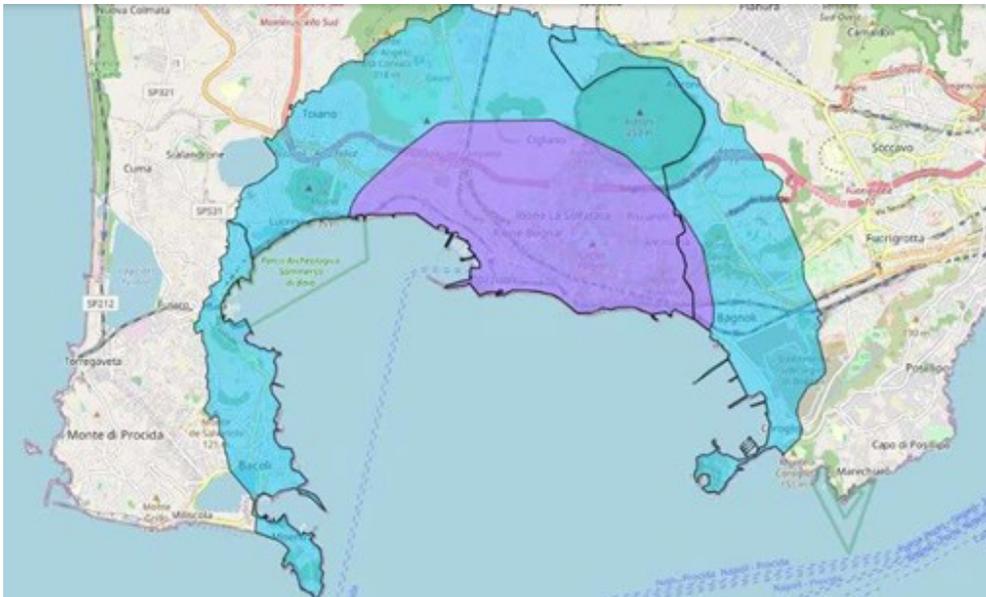
La questione è anche di scala: tradizionalmente le tematiche proprie della mitigazione dei rischi e della difesa del suolo vengono recepite nella pianificazione di area vasta, massimamente contando sul contributo del regime vincolistico e prescrittivo che così si viene a formare; ciò tuttavia non ha eliminato il potenziale, per un evento calamitoso, di poter fare tabula rasa degli strumenti urbanistici approvati a livello locale, resi impotenti di fronte alle necessità dei soccorsi e inattuali dinanzi alle istanze della ricostruzione.

Di ricostruzione (altrove) è stata segnata l’esperienza passata del territorio dei Campi Flegrei, un’area che è ora teatro di emergenza ma anche laboratorio di prevenzione, ove l’analisi della vulnerabilità delle zone edificate e della pericolosità locale è alla base di strategie di riqualificazione dell’edilizia esistente e di messa in sicurezza del territorio [2, 3].

A scala urbana, in effetti, la pianificazione di protezione civile, a partire da valutazioni

sulla pericolosità locale, sul rischio e sulla vulnerabilità, inevitabilmente giunge a confrontarsi con questioni attinenti alla qualità dell’ambiente costruito, alla viabilità, ai trasporti, ai servizi, agli spazi ed alle strutture e infrastrutture pubbliche e private, rivolgendosi ad una dimensione di ‘ambito ottimale’ che sempre di più può avvicinarsi a quella propria degli interventi di rigenerazione urbana [4, 5].

Obiettivo di questo lavoro, a partire da ciò che il Dipartimento della Protezione Civile nazionale con i suoi Centri di competenza sta realizzando, affiancando e supportando gli Enti territoriali nei Campi Flegrei, è indagare come le attività di prevenzione e mitigazione dei rischi possano costituire occasione – e fornire strumenti – per progettare interventi di rigenerazione urbana coerenti (anche) con le esigenze e di salvaguardia della popolazione e di messa in sicurezza del territorio [6, 7].



**Figura 1.** Zona di intervento del Piano Straordinario per i Campi Flegrei. Fonte: PCM-Dipartimento Protezione Civile.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Giordano, F. et al. (2023). *Verso città resilienti: gli interventi del Programma sperimentale per l’adattamento ai cambiamenti climatici in ambito urbano.* (Quaderni Ambiente e Società, 29). ISPRA.

- [2] PDCM-DPC (2023). *Piano straordinario di analisi della vulnerabilità delle zone edificate direttamente interessate dal fenomeno bradisismico* (DM 26 febbraio 2024). Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie Generale (n. 90 del 17 aprile 2024). [https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie\\_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2024-04-17&atto.codiceRedazionale=24A01915&elenco30giorni=false](https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2024-04-17&atto.codiceRedazionale=24A01915&elenco30giorni=false)
- [3] Moccia, F. D. & Scalera, B. (2018). *La strategia di rigenerazione territoriale. Reti di connessione e valorizzazione dei luoghi di eccellenza dei Campi Flegrei*. Roma: INU Edizioni.
- [4] Gruppo di lavoro ASviS sul Goal 11 “Città e comunità sostenibili” (2023). *Rigenerazione urbana. Governo del territorio, rigenerazione urbana e politiche abitative per lo sviluppo sostenibile* (Position Paper). Roma: Alleanza Italiana per lo Sviluppo Sostenibile (ASviS).
- [5] Palazzo, A. L. & Capuccitti, A. (2024). *Rigenerazione urbana. Sfide e strategie*. Roma: Carocci Editore.
- [6] Cottino, P. & De Ambrogio, G. (2024). *Progettare sperimentando. L’approccio transitorio per rinnovare le pratiche di pianificazione*. In C. Pisano & G. De Luca (Eds.), *Progettare nel disordine - progettare il disordine Riordinare le fragilità urbane* (pp. 99-104). Roma: INU Edizioni.
- [7] Brunetta, G., Casu, A., Lai, S. & Conticelli, E. (Eds.) (2024). *Patrimonio ambientale e transizione ecologica nei progetti di territorio. Atti della XXV Conferenza Nazionale SIU “Transizioni, giustizia spaziale e progetto di territorio”* (vol. 04). Roma-Milano: Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti.

**Supporto tecnico scientifico  
allo sviluppo normativo e alla  
certificazione dei prodotti**



## Ruolo e supporto tecnico - scientifico del CNR-ITC allo sviluppo normativo e alla certificazione dei prodotti da costruzione

### Luisa Morfini

*Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, morfini@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** innovazione, armonizzazione, valutazione, sperimentazione, laboratorio

Uno degli scopi statutari del Consiglio Nazionale delle Ricerche è il “supporto tecnico-scientifico agli Organi costituzionali”, quali sono, ad esempio, i Ministeri. Nell’ambito delle costruzioni, elementi cardine di tale supporto sono costituiti:

- dallo sviluppo delle conoscenze finalizzato alla normazione;
- dalla certificazione di materiali, prodotti e sistemi da costruzione.

L’ambito delle costruzioni rappresenta uno dei settori più conservativi a scala planetaria. Essendo direttamente legato alla sicurezza delle persone e delle cose, pone dei rigidi vincoli di ingresso all’introduzione delle innovazioni tecniche e tecnologiche. In tale ambito, quindi, il concetto di trasferimento tecnologico, più che riguardare brevetti o spin off, di fatto estremamente rari nel modo delle costruzioni, assume lo specifico significato di fornire strumenti teorici e sperimentali con i quali garantire che materiali, prodotti e sistemi innovativi raggiungano la fase applicativa supportati da un insieme di regole affidabili e condivise che assicurino un grado di sicurezza non inferiore a quello delle soluzioni tradizionali. Nel mondo delle costruzioni, pertanto, il trasferimento tecnologico si concretizza nella definizione di tali regole che, nel loro insieme, prendono il nome di norme tecniche.

Corrispondentemente, l’esigenza che materiali, prodotti e sistemi da costruzione siano conformi ai requisiti previsti dall’applicazione delle norme tecniche che viene fatta da progettisti, direttori dei lavori, esecutori e collaudatori delle opere richiede una loro appropriata qualificazione, qualificazione che si compone di una valutazione tecnica iniziale e di una sorveglianza continua del processo produttivo intesa a garantire la qualità e le performance dei prodotti che arrivano sui cantieri per l’impiego nelle costruzioni.

La spinta all’innovazione che caratterizza il tessuto produttivo nazionale richiede pertanto la definizione e l’introduzione di regole nuove che permettano di garantire l’efficacia e la sicurezza dei prodotti innovativi. Risulta pertanto necessaria una continua

attività di ricerca, sia di base che applicata, finalizzata a comprendere pregi e limiti dei prodotti innovativi e a caratterizzarne le proprietà in maniera affidabile e certa ai fini della loro introduzione sul mercato.

Vi sono numerosi e interessanti esempi di sviluppo di innovazione di prodotto avvenuta in una relazione biunivoca con la definizione di specifiche tecniche armonizzate di ambito Europeo. In merito a tali specifiche, può essere utile introdurre in via preliminare alcuni riferimenti di contesto: per i prodotti da costruzione innovativi, la Commissione Europea dà la possibilità a EOTA (*European Organisation of Technical Assessment*) di definire degli strumenti di valutazione condivisi, alternativi alle norme armonizzate; EOTA riunisce circa 50 istituti dei 27 Stati Membri; sono centri di alta competenza tecnico scientifica che lavorano insieme per la definizione degli *European Assessment Document* (EAD), altrimenti detti Documenti per la Valutazione Europea; attraverso un lungo lavoro di verifica e discussione comune, oltre che di preciso e attentissimo controllo da parte della Commissione stessa, essi definiscono i metodi di valutazione dei prodotti da costruzione innovativi e le indicazioni per la successiva verifica della costanza di prestazione; la Commissione Europea a fine percorso dà il green-light alla loro pubblicazione sul Giornale Ufficiale dell'Unione Europea.

Fin da quando questa procedura è stata resa possibile, prima con la Direttiva Prodotti da Costruzione a partire dalla fine del secolo scorso, poi con il Regolamento Europeo Prodotti da Costruzione a partire dal 2013, ITC CNR è stato membro di EOTA e protagonista della definizione di tali specifiche tecniche.

Il più antico esempio è la partecipazione come membro – e adesso come Istituto Responsabile – alla definizione dell'EAD per i sistemi di isolamento termico esterno. In particolare in questa fase è stata completata la revisione della prima versione dell'EAD al fine di verificare e aggiornare i metodi di valutazione e in modo da tenere il più possibile conto delle nuove esigenze prestazionali di prodotti in continua evoluzione. ITC CNR è stato anche Istituto Responsabile per altri EAD destinati alla valutazione di sistemi di isolamento termico esterno ancora più innovativi: quelli applicati su telai in legno e su lastre di CLT.

Complessivamente ITC CNR ha all'attivo 10 EAD pubblicati sull'Official Journal, altri 10 sono nelle mani della Commissione per il controllo finale e altri 13 sono già stati adottati da EOTA e ora si trovano nella pipe line per andare alla valutazione della Commissione. Questi numeri ci dicono che, per oltre 30 prodotti da costruzione innovativi, i metodi

di valutazione sono stati definiti da ITC CNR in ambito EOTA e in collaborazione con la Commissione Europea. Alcuni degli studi che sono alla base di questa attività saranno presentati nel corso della conferenza.

L'analisi di quanto sviluppato in questi decenni da ITC CNR permette di individuare alcuni principali meccanismi di relazione tra sviluppo di innovazione e definizione di nuove specifiche armonizzate. Sicuramente uno dei minimi comun denominatori che rendono positiva tale relazione è l'iniziativa di produttori illuminati.

Per esempio, i produttori interessati a definire le prestazioni ambientali dei loro prodotti possono farsi promotori di scrittura di EAD di nuova concezione. Come è noto, con l'entrata in vigore del nuovo Regolamento Prodotti da Costruzione - CPR 2024/3110, si concretizzerà il legame tra ricerca e sostenibilità ambientale: a gennaio 2026 diventerà definitivamente applicabile il nuovo regolamento (che manderà definitivamente in pensione quello precedente, nato nel 2013) ed esso richiederà di definire obbligatoriamente i criteri di valutazione della sostenibilità ambientale dei prodotti innovativi. È una sfida molto interessante e non semplice perché molti metodi devono essere definiti ex novo. Quindi i produttori illuminati che intendono favorire l'immissione sul mercato di prodotti con un impatto ambientale noto possono farsi promotori della definizione di sistemi di valutazione della sostenibilità.

Un'altra occasione in cui i produttori diventano protagonisti è quando intendono introdurre la considerazione del comportamento dei prodotti in caso di sisma. Nello sviluppare innovazione e migliorare le prestazioni dei loro prodotti, questi produttori hanno collaborato con ITC CNR per la definizione dei metodi di valutazione necessari che precedentemente non erano disponibili.

Una terza occasione in cui i produttori sono protagonisti è quando decidono di sperimentare l'introduzione di nuovi materiali. Molto spesso le norme disponibili non includono nella loro considerazione tutti i materiali con cui un prodotto può essere realizzato e questo rappresenta un limite all'immissione sul mercato di prodotti innovativi. Intervenire a predisporre nuovi strumenti è quindi un passaggio fondamentale per consentire all'innovazione di avere spazi di applicazione. ITC CNR ha seguito per esempio lo sviluppo di EAD per sistemi prefabbricati di barriera acqua/suolo in cloruro di polivinile (PVC) in sostituzione di quelli in metallo o in legno; per motivi simili, ITC CNR ha affrontato un incremento delle richieste di valutazione e sperimentazione di soluzioni

strutturali con elementi in materiale composito pultruso, vale a dire soluzioni innovative, in concomitanza con l'introduzione dell'obbligo nazionale di qualificazione di materiali e prodotti ad uso strutturale.

Un altro aspetto interessante nel binomio innovazione – specificazione, è il ruolo della sperimentazione: spesso gli studi finalizzati alla qualificazione di prodotto rendono disponibile un'importante mole di dati confrontabili tra loro; è il caso dei prodotti che ricadono nella specifica famiglia dei compositi fibro-rinforzati, per i quali gli studi di ITC CNR hanno consentito di disporre di molte informazioni sul fenomeno del degrado delle proprietà meccaniche in varie condizioni di esposizione. Anche nel caso dei pultrusi, grazie a numerose campagne sperimentali, sono state determinate le proprietà delle varie famiglie di profili strutturali e frequentemente si è rilevata la necessità di procedere con deviazioni dai riferimenti normativi o con l'esecuzione di prove aggiuntive.

A proposito della sperimentazione è necessario segnalare come ITC CNR stia continuamente al passo con le nuove esigenze in termini di infrastrutture di prova e di sistemi di misura di laboratorio. Nel corso della conferenza verranno illustrati nuove attrezzature per la valutazione della sicurezza antincendio resasi necessaria per le misurazioni precise sui materiali in condizioni di incendio controllato; inoltre sarà illustrato il BUILDING FUTURE Lab, una grande camera di prova, unica al mondo per dimensioni e caratteristiche, destinata a testare grandi porzioni di involucro edilizio con molta flessibilità.

Vi è poi un importante strumento di completamento del grande comparto di valutazione di prodotti innovativi ed è l'attività di ITC CNR come Organismo Notificato. Recentemente vi sono novità anche per questo ruolo: in aggiunta all'attuale meccanismo di controllo della prestazione dei prodotti da costruzione all'interno del quale gli Organi Terzi Notificati e Accreditati vigilano sull'applicazione da parte del Fabbrikante del sistema di controllo della produzione (FPC), a partire da gennaio 2026 essi dovranno anche svolgere parte delle attività prima esercitate dalle Autorità di Vigilanza sul mercato. Le implicazioni di questa nuova disposizione saranno oggetto di presentazione.

## Il ruolo della certificazione ad alto contenuto tecnico scientifico nel supporto all'innovazione di prodotto

Paola Dessy<sup>1</sup>, Laura Nironi<sup>1</sup>, Laura Porro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {dessy, nironi, porro}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** prodotti da costruzione, innovazione, sviluppo normativo, EAD, marcatura CE

### ABSTRACT

Il presente lavoro si propone di dare luce e valorizzare l'attività tecnico scientifica svolta da alcuni ricercatori di CNR-ITC che da anni si occupano della valutazione dei prodotti da costruzione innovativi all'interno di ITAB, l'Organismo Nazionale di Valutazione Tecnica che collabora con il Servizio Tecnico Centrale - STC del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e la Direzione Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica del Ministero dell'Interno, con il compito di supportare l'industria italiana del settore nella valutazione dei suoi prodotti attraverso la certificazione in ambito volontario. Tale attività si inquadra all'interno dell'EOTA - *European Organization for Technical Assessment*, EOTA, organizzazione istituita dalla Commissione Europea con la finalità di coordinare le attività di certificazione europea dei prodotti da costruzione innovativi attraverso la marcatura CE via Valutazioni Tecniche Europee (*European Technical Assessment – ETA*) secondo il Regolamento Prodotti da Costruzione 2024/3110 [1]. La partecipazione di ITC CNR alle attività dell'EOTA è prevista dalla Legge (D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246 [2] e D. Lgs. 16 giugno 2017, n. 106 [3]) e viene svolta da ricercatori afferenti a CNR-ITC.

Il cuore dell'attività che si intende qui documentare riguarda la redazione dei Documenti per la Valutazione Europea (*European Assessment Documents – EAD*) che contengono i metodi per la valutazione e la verifica della costanza di prestazione per l'immissione sul mercato dei prodotti e sistemi edilizi di carattere innovativo non coperti da norme armonizzate, la cui innovazione risiede nell'impiego non consolidato nel settore delle costruzioni; a tali EAD i fabbricanti europei devono attenersi qualora volessero immettere i loro prodotti sul mercato apponendo la marcatura CE in modo volontario. Gli EAD si configurano dunque come delle pre-norme che prevedono sostanzialmente la messa a punto di metodi di prova, di valutazione e anche di controllo delle prestazioni

nel tempo, definiti e validati all'interno di specifici Gruppi di lavoro costituiti da esperti in ambito EOTA. Gli EAD, dopo varie fasi di confronto con il Gruppo di lavoro e con l'EOTA, devono essere approvati dalla Commissione Europea per arrivare alla pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale Europea. Tale attività, di nicchia all'interno del CNR, sfrutta l'esperienza di ricerca e sperimentazione scientifica maturata dentro CNR-ITC per supportare l'innovazione dell'industria del settore.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Parlamento Europeo (2024). *Regolamento (UE) 2024/3110 del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 27 novembre 2024, che fissa norme armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e abroga il regolamento (UE) n.305/2011 (Testo rilevante ai fini del SEE)*. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, Serie L (IT) (n. 2024/3110 del 18 dicembre 2024.) [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=OJ:L\\_202403110](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=OJ:L_202403110)
  
- [2] DPR(1993). *Regolamento recante norme di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione (DPR n.246/1993)*. Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana, Serie Generale (n. 170 del 22 luglio 1993). [https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie\\_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=1993-07-22&atto.codiceRedazionale=093G0317&elenco30giorni=false](https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=1993-07-22&atto.codiceRedazionale=093G0317&elenco30giorni=false)
  
- [3] D.Lgs.(2017). *Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE (D.Lgs n.106/2017)*. Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana, Serie Generale (n.159 del 10 luglio 2017). <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2017/07/10/17G00119/sg>

## Vicende e sviluppi del BUILDING FUTURE Lab. Una Grande Infrastruttura di Ricerca e Sviluppo Sperimentale nel settore delle Costruzioni

**Corrado Trombetta<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Università Mediterranea di Reggio Calabria – Dipartimento Di Architettura e Design, [ctrombetta@unirc.it](mailto:ctrombetta@unirc.it)

**Parole chiave:** involucri, test, certificazioni, sviluppo sperimentale

### **ABSTRACT**

Questo contributo intende divulgare le vicende scientifiche e tecnologiche realizzate attraverso l'Avviso PON MiUR n. 254/Ric. del 2011 per Progetti di Potenziamento Strutturale e Infrastrutture di Ricerca, ovvero il progetto dell'Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria denominato *BFL – BUILDING FUTURE Lab.*, finanziato e completato e sviluppato per 8,6 milioni di euro, oggi ritenuto un'eccellenza mondiale. Nel BFL si realizza un trasferimento di tecnologie e competenze basato sul Testing Avanzato operando in ambito cognitivo.

L'infrastruttura, si articola in 8 sezioni che prevedono test dinamici normati e sperimentali richiesti dal mercato e le analisi dell'innovazione sono effettuate in un'ottica di ciclo di vita coerentemente con il quadro UE.

La nostra grande camera di prova, realizzata con la Robert Bosch è unica al mondo per dimensioni e caratteristiche, ovvero oltre 16 metri di lato e 18 di altezza, su cui testare grandi porzioni di involucro edilizio con grande flessibilità; inoltre presenta una tecnologia mutuata dal mondo aerospaziale e aeronautico, per la verifica delle prestazioni e il monitoraggio dei comportamenti reali dei "sistemi tecnologici" in modalità flessibile e variabile alle sollecitazioni ambientali, compresi terremoti ed eventi atmosferici estremi come gli uragani. Il BFL è stato selezionato dalle aziende cinesi e dal MIUR come esempio di innovazione da seguire e nel 2015 per la China-taly Innovaton Week.

In 10 anni abbiamo testato e portato a certificazione secondo le norme ASTM e AAMA USA sistemi di involucro per la filiera del Made in Italy per i più prestigiosi grattacieli di Manhattan, (come il 360 Bowery Street, o il Rolex Tower sulla Quinta Strada per aziende italiane e straniere che hanno realizzato edifici complessi nei cinque continenti di cui si intende testimoniare alcuni nel full paper). Dopo la meravigliosa esperienza del

Progetto di ricerca HORIZON 2020 “METABUILDINGS Lab”, realizzato con 40 partners europei di assoluto prestigio, e diversi riconoscimenti come il FIDEC 2109 qui a Milano, l’attenzione di RAI1 e di NATIONAL GEOGRAPHIC, nonché l’inserimento nell’elenco delle IR strategiche nell’S3 Calabria, proponiamo all’ITC CONSTRUCTION DAYS 2025 l’avvio di una nuova stagione del BFL al fianco dell’ITC-CNR al servizio dei Costruttori e degli Investitori del Made In Italy.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Trombetta, C. & Lauria, M.N. (Eds.) (2016). *BUILDING FUTURE Lab*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli Editore.
  
- [2] Trombetta, C. & Fassari, B. (2016). La nuova generazione di infrastrutture per la ricerca scientifica e tecnologica: esperienze di innovazione per il progetto architettonico/ The new generation of infrastructure for scientific and technological research: experiences of innovation for the architectural design. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, 11, 81-86. <https://doi.org/10.13128/Techne-18405>

## Qualificazione dei profili strutturali pultrusi in materiale composito fibrorinforzato in fibra di vetro (GFRP): evidenze sperimentali e aspetti critici

Laura Porro<sup>1</sup>, Gabriele Pisano<sup>1</sup>, Annalisa Franco<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {porro, pisano, franco}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** compositi in fibra di vetro, GFRP, profili strutturali, qualificazione, prove sperimentali

### ABSTRACT

La crescente richiesta di soluzioni strutturali con elementi in materiale composito pultruso e l'obbligo nazionale di qualificazione di materiali e prodotti ad uso strutturale [1] ha portato, negli ultimi anni, ad un incremento delle richieste di valutazione e sperimentazione di questa tipologia di prodotto. In tale ambito, il lavoro si propone di evidenziare la specifica attività di valutazione ai fini qualificativi condotta su una varietà di profili strutturali pultrusi in materiale composito fibrorinforzato, realizzati con resine polimeriche rinforzate con fibre di vetro continue (GFRP, *Glass Fibre Reinforced Polymer*), a sezione aperta o chiusa, con geometrie diverse. Tali profili sottili sono realizzati mediante un processo di pultrusione con rinforzo unidirezionale o multidirezionale in più strati, progettati secondo i requisiti delle EN 13706 parti 1-2-3 [2-4] e destinati ad essere utilizzati come elementi strutturali (travi e colonne).

Lo sfondo normativo di riferimento delle attività sperimentali necessarie per la qualificazione è l'EAD 260001-00-0303 *Structural sections and decks made from fiber reinforced polymers (FRP/Glassfiber composites)* [5]. Le principali proprietà analizzate hanno riguardato gli aspetti di resistenza meccanica e stabilità, indagate principalmente mediante prove su campioni del materiale (resistenza a trazione, compressione, flessione, taglio, taglio interlaminare, rifollamento, grado di reticolazione) o sull'intero profilo (modulo di elasticità efficace a flessione, creep), a partire dall'analisi dei prodotti e dalla seguente suddivisione in famiglie in base alla percentuale e al posizionamento degli strati di rinforzo, agli specifici componenti costitutivi e alle tecnologie del particolare processo produttivo, al fine di determinarne le prestazioni ed estendere i risultati nell'ottica del "worst case". L'esecuzione nel tempo delle diverse campagne sperimentali ha portato alla determinazione delle proprietà delle varie famiglie di profili strutturali, richiedendo in

alcuni casi la necessità di procedere con deviazioni dai riferimenti normativi o di eseguire prove aggiuntive per la validazione dei risultati, anche durante il successivo controllo del processo di produzione di fabbrica (FPC, *Factory Production Control*), finalizzato alla marcatura CE del prodotto.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] MIT (2018). *Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni* (DM 17 Gennaio 2018). Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie Generale (n.42 del 20 febbraio 2018 - Suppl. Ordinario n. 8). <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2018/2/20/18A00716/sg>
  
- [2] CEN (2002). *Reinforced plastics composites - Specifications for pultruded profiles - Part 1: Designation* (EN 13706-1:2002). European Committee for Standardization.
  
- [3] CEN (2002). *Reinforced plastics composites - Specifications for pultruded profiles - Part 2: Methods of test and general requirements* (EN 13706-2:2002). European Committee for Standardization.
  
- [4] CEN (2002). *Reinforced plastics composites - Specifications for pultruded profiles - Reinforced plastics composites - Specifications for pultruded profiles - Part 3: Specific requirements* (EN 13706-3:2002). European Committee for Standardization.
  
- [5] EOTA (2016). *Structural sections and decks made from fiber reinforced polymers (FRP/ Glassfiber composites)* (EAD 260001-00-0303:04-2016). EOTA, OJ Publication.

## Approccio *agent-based* nello sviluppo di un applicativo per la gestione delle attività dell'Ente di certificazione ITC-CNR per il rilascio di certificati dei prodotti da costruzione

Davide Di Pasquale<sup>1</sup>, Antonio Bonati<sup>1</sup>, Arianna Peduzzi<sup>2</sup>, Paolo Mirabelli<sup>1</sup>, Giuseppina De Luca<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {dipasquale, bonati, mirabelli, deluca}@itc.cnr.it

<sup>2</sup> Ricerca sul Sistema Energetico S.p.A., peduzzi@rse-web.it

**Parole chiave:** agenti software, certificazione, workflow, gestione di processo, sistema di gestione qualità, digitalizzazione

### ABSTRACT

L'applicazione puntuale dei processi e delle procedure in un sistema di gestione qualità di un ente è un aspetto che riveste particolare importanza quando si riferisce ad ambiti regolati da norme cogenti che ne specificano obblighi e scadenze. È questo il caso dell'Organismo di certificazione di ITC-CNR notificato n.0970 [1] nell'espletare le attività di certificazione di prodotti da costruzione [2] che, per loro natura, coinvolgono soggetti diversi (sia interni che esterni), richiedono il rispetto di tempistiche previste da procedure interne [3] o regolamenti esterni [4] e necessitano del tracciamento delle attività eseguite. L'utilizzo di strumenti software per la gestione dei flussi documentali consente all'Organismo di effettuare tutte le operazioni in modo puntuale, imparziale e trasparente, principi su cui si basano gli standard EN 17065 e 17025 per cui CNR-ITC è accreditato. La possibilità di utilizzare un software che consente di monitorare lo stato d'avanzamento della singola pratica, che invii le comunicazioni in modo automatico agli *stakeholder* che esegue dei controlli sulla correttezza di applicazione è diventata un'esigenza di ITC che è ormai diventato uno dei più grandi N.B. in Italia e gestisce più di 80 pratiche annue di certificazione. Da questa esigenza nasce il progetto "digITC" [5] con lo scopo di digitalizzare il sistema attraverso lo sviluppo di un software *in-house*, date le specifiche caratteristiche di CNR-ITC che rendono difficile l'adozione di applicativi *general purpose*.

Un possibile approccio allo sviluppo di un applicativo per la gestione di processi informativi legati alle procedure di certificazione può prevedere una architettura *agent-based* [6, 7], ovvero basarsi sull'utilizzo di agenti software autonomi che collaborano per gestire e automatizzare i complessi *workflow* informativi prodotti. Ogni agente è

un'entità software specializzata che può prendere decisioni autonome basate su regole predefinite, comunicare e coordinarsi con altri agenti, reagire a eventi e cambiamenti del contesto, apprendere dall'esperienza per migliorare le proprie prestazioni. Nel contesto specifico della certificazione industriale, gli agenti possono essere configurati per monitorare e validare la documentazione tecnica, verificare la conformità agli standard richiesti, coordinare le revisioni tra diversi attori, gestire le tempistiche e le scadenze, automatizzare la generazione di report e certificati. I principali vantaggi di questo approccio includono maggiore flessibilità nell'adattarsi a cambiamenti nei requisiti, migliore scalabilità del sistema, riduzione degli errori umani, tracciabilità completa del processo, ottimizzazione dei tempi di gestione delle pratiche. Il presente lavoro descrive le scelte tecniche alla base dello sviluppo di un prototipo di applicativo per la gestione dei flussi documentali nei processi di certificazione dei prodotti da costruzione di CNR-ITC.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] CNR-ITC (2025). *Provvedimento del Direttore di CNR-ITC n.06/2025 - Organigramma ITC [Prot. CNR 28648]*. Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto per le Tecnologie della Costruzione. <[https://www.itc.cnr.it/wp-content/uploads/2025/02/2025-02-03-Provv.-006-Organigramma-ITC-CNR\\_Prot.-CNR-28648\\_signed.pdf](https://www.itc.cnr.it/wp-content/uploads/2025/02/2025-02-03-Provv.-006-Organigramma-ITC-CNR_Prot.-CNR-28648_signed.pdf)> (ultimo accesso 10 febbraio 2025).
- [2] Bonati, A., Franco, A., De Luca, G., Coppola, O., Mirto, C. & Occhiuzzi, A. (2020). L'attuazione del D.lgs. 106/2017. In *La marcatura CE dei prodotti da costruzione: Il ruolo e gli obblighi per professionisti e imprese previsti dall'attuazione del D. Lgs. 106/2017*. Milano: Hoepli Editore.
- [3] De Luca, G., Bonati, A. & Occhiuzzi, A. (2021, 15 marzo). *Manuale Gestione per la Qualità delle attività di Certificazione, Ispezione e Prova [Manuale interno, ss.mm.ii.]*. Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto per le Tecnologie della Costruzione.
- [4] Parlamento Europeo (2024). *Regolamento (UE) 2024/3110 del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 27 novembre 2024, che fissa norme armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e abroga il regolamento (UE) n.305/2011 (Testo rilevante ai fini del SEE)*. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, Serie L (IT) (n. 2024/3110 del 18 dicembre 2024). <[https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=OJ:L\\_202403110](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=OJ:L_202403110)>
- [5] CNR-ITC (2024). *Digitalizzazione dell'Organismo di Certificazione di ITC-CNR (Progetto "digiTC")* [Progetto interno autofinanziato, Provvedimento del Direttore n.

057/2024]. Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto per le Tecnologie della Costruzione.

- [6] Wooldridge, M. (2009). *An introduction to multiagent systems*. Hoboken: John Wiley & sons.
- [7] Wilensky, U. & Rand, W. (2015). *An Introduction to Agent-Based Modeling: Modeling Natural, Social, and Engineered Complex Systems with NetLogo*. Cambridge: The MIT Press.

## Costruire in altezza: studi preliminari sul comportamento di pareti murarie con sopraelevazioni in CLT

Gennaro Vesce<sup>1</sup>, Giovanni Fabbrocino<sup>1</sup>, Antonio Sandoli<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Università degli Studi del Molise – Dipartimento di Bioscienze e Territorio, {gennaro.vesce, giovanni.fabbrocino, antonio.sandoli}@unimol.it

**Parole chiave:** sopraelevazioni, CLT, comportamento dinamico, sostenibilità, sicurezza

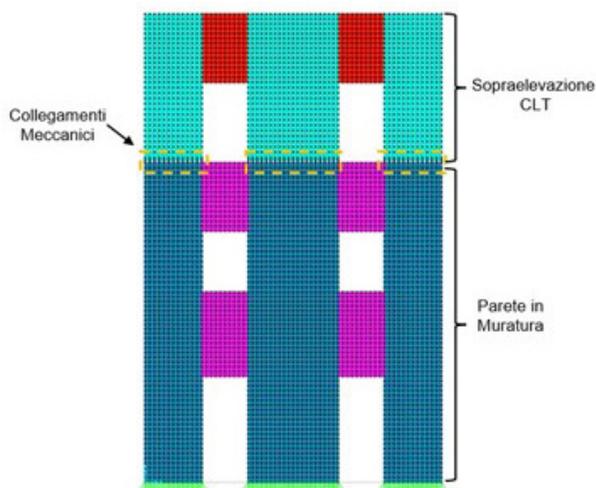
### ABSTRACT

Gli effetti legati ai recenti disastri naturali, quali quelli legati al cambiamento climatico e ai fenomeni sismici, hanno evidenziato la necessità di disporre di soluzioni strutturali capaci da un lato di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> durante il ciclo di vita e, dall'altro, di garantire prestazioni strutturali e sismiche ottimali. Il materiale legno e i suoi derivati (prodotti ingegnerizzati come il *Cross-Laminated Timber*, CLT) sono riconosciuti come soluzioni altamente performanti per combinare gli aspetti sopra citati [1, 2].

Costruire in altezza con il legno permette l'espansione delle volumetrie delle costruzioni esistenti ed il riuso di edifici attraverso l'uso di elementi/moduli prefabbricati (come i pannelli CLT) caratterizzati da facilità di montaggio e rapidità di esecuzione [3]. A questo si aggiungono i vantaggi strutturali come il ridotto peso del legno e un elevato rapporto resistenza/peso, che minimizzano l'impatto delle masse sismiche [4]. Nonostante la realizzazione di sopraelevazioni in Italia sia frequente, queste sono spesso progettate senza linee guida sismiche condivise, anche a causa della carenza di un quadro normativo di riferimento.

In questa memoria sono illustrati i risultati relativi studi preliminari finalizzati ad analizzare il comportamento globale di pareti murarie con sopraelevazioni in CLT, schematizzate con modelli numerici agli elementi finiti (Figura 1). Sono state condotte analisi preliminari di tipo dinamica modale, attraverso la quale è stato possibile valutare il comportamento e le proprietà dinamiche di base (periodi, masse partecipanti e modi di vibrare), propedeutiche alla definizione di regole di progettazione sismica. I risultati sono stati ricavati attraverso un approccio parametrico finalizzato a investigare l'influenza: a) dei sistemi di collegamento meccanici tra sovra e sottostruttura e b) del numero di sopraelevazioni sulle caratteristiche di risposta dinamica di pareti murarie con sopraelevazioni in CLT.

I risultati ottenuti, sebbene preliminari, hanno permesso di mettere in luce aspetti essenziali legati al comportamento dinamico di questo tipo di costruzioni e di fornire linee di indirizzo per ricerche scientifiche più di dettaglio volte a definire regole base di progettazione sismica.



**Figura 1.** Modello agli elementi finiti della parete con sopraelevazione.

### Riferimenti bibliografici

- [1] Dind, A., Lufkin, S. & Rey, E. (2018). A modular timber construction system for the sustainable vertical extension of office buildings. *Designs*, 2(3), 30. <https://doi.org/10.3390/designs2030030>
- [2] Hafner, A. & Storck, M. (2019). Life cycle analysis of vertical building extensions – Environmental impacts of different material selection. *IOP Conf. Series: Earth and environmental sciences*, 290, 012046. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/290/1/012046>
- [3] Kremer, P., Ashraf, M., Doerfler, J., Li, X. & D'Souza, A. (2023). Building above our cities: evaluating the feasibility of mass timber vertical extensions. *CTBUH Journal*, (1), 20-27.
- [4] Bartolotti, A., Sartori, M. & Giongo, I. (2023). Seismic fragility analysis to assess the impact of timber vertical additions on existing RC buildings: a case study. In M. Papadrakakis & M. Fragiadakis (Eds.), *COMPADYN 2023. 9th ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering* (3261-3270). *Eccomas Procedia*. <https://doi.org/10.7712/120123.10637.21093>

## Sicurezza e resistenza sismica nella valutazione sperimentale di sistema cimiteriale modulare in vetroresina

Maddalena Cimmino<sup>1</sup>, Orsola Coppola<sup>1</sup>, Laura Porro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {cimmino, coppola, porro}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** moduli cimiteriali, vetroresina, kit prefabbricati, valutazioni sismiche, prove sperimentali

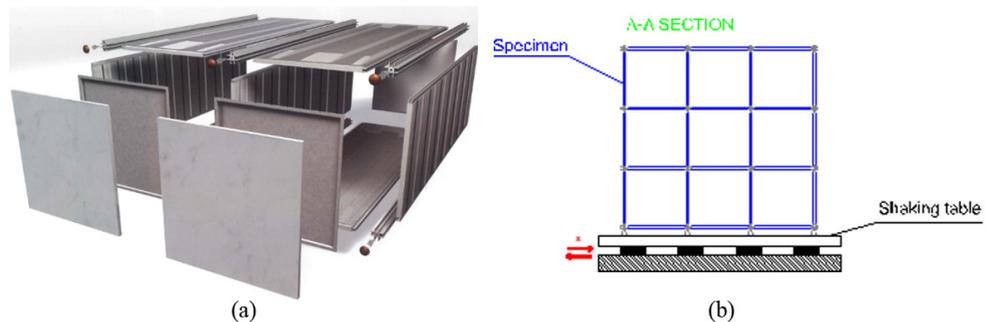
### ABSTRACT

Nel contesto attuale, caratterizzato da una crescente attenzione verso sostenibilità e innovazione nei settori tradizionali, anche l'adeguamento delle infrastrutture funerarie rappresenta un tema di rilevanza sociale. L'articolo si concentra sullo studio di un particolare sistema brevettato, che rappresenta un'alternativa alle tradizionali strutture cimiteriali, mantenendone l'aspetto esteriore con rivestimenti in marmo. Il sistema è costituito da elementi prefabbricati componibili in vetroresina (pannelli verticali e orizzontali, coperchi, slitte, piedini e giunti), assemblati in modo da poter alloggiare casse mortuarie o urne cinerarie (Figura 1a). Il peso ridotto rispetto ai materiali tradizionali facilita trasporto e montaggio, consentendo la realizzazione di un elevato numero di loculi in breve tempo e con ridotta manodopera, ottenendo unità edilizie fino a 5 piani in altezza senza limiti in lunghezza.

Il progetto ha condotto allo sviluppo normativo di un *European Assessment Document* in ambito EOTA, l'EAD 340383-00-0203 “*Modular Pre-Fabricated Cemetery Construction Structure*” [1], finalizzato allo studio teorico e sperimentale delle proprietà fisico-chimiche-meccaniche del sistema. Sono stati definiti metodi di misura e di verifica nel rispetto delle NTC [2] e dei regolamenti di polizia mortuaria.

Un aspetto di particolare rilevanza riguarda la definizione della capacità dei moduli in caso di sollecitazioni sismiche. I metodi di valutazione delineati nell'EAD si basano su due approcci, un metodo di calcolo numerico basato su modello FEM e una valutazione di tipo sperimentale. Nello specifico il metodo adottato per l'ottenimento dell'ETA si è basato su un approccio di tipo sperimentale ovvero realizzando un campione rappresentativo e sottoponendolo a prove dinamiche su tavola vibrante che prevedono l'applicazione di storie di accelerazioni nelle due direzioni orizzontali principali (Figura 1b). La capacità

sismica del sistema è definita attraverso due parametri rappresentativi, ovvero la massima accelerazione applicata e il massimo spostamento d'interpiano della struttura registrato. Tali parametri sono valutati in corrispondenza dell'attingimento di specifici livelli di danno definiti sulla base dell'osservazione di fessurazioni o cadute di parti, il collasso dell'opera o deformazioni di grado inammissibile registrati durante la prova. Il presente articolo descrive l'applicazione di tale metodologia ad uno specifico caso studio.



**Figura 1.** (a) Vista d'insieme del sistema modulare cimiteriale; (b) esempio di setup di prova, spostamento in direzione x.

### Riferimenti bibliografici

- [1] EOTA (2019). *Modular pre-fabricated cemetery construction structure* (EAD 340383-00-0203:02-2019) (Decision (EU) 2021/1183). EOTA, OJ Publication.
- [2] MIT (2018). *Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni* (DM 17 Gennaio 2018). Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie Generale (n.42 del 20 febbraio 2018 - Suppl. Ordinario n. 8). <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2018/2/20/18A00716/sg>

## Riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> nel settore cementizio: Normativa vs Sviluppo Tecnologico

**Giuseppina De Luca<sup>1</sup>, Antonio Bonati<sup>1</sup>, Luigi Morgillo<sup>2</sup>, Claudio Ferone<sup>2</sup>, Raffele Cioffi<sup>2</sup>, Antonio Occhiuzzi<sup>2</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {deluca, bonati}@itc.cnr.it*

*2 Università degli Studi di Napoli Parthenope, luigi.morgillo0001@studenti.uniparthenope.it, {claudio.ferone, raffaele.cioffi, antonio.occhiuzzi}@uniparthenope.it*

**Parole chiave:** cementi eco-sostenibili, barriere normative, ridotto contenuto di clinker, sostenibilità dei cementi, riduzione delle CO<sub>2</sub>

### ABSTRACT

Il nuovo CPR 2024/3110 [1] si pone l'obiettivo di accelerare la transizione ecologica richiedendo ai Fabbricanti di rispettare gli obiettivi di economia circolare e di riduzione delle emissioni.

Anche i Fabbricanti di leganti idraulici devono adeguarsi a queste richieste, considerando che la loro produzione è responsabile di elevate emissioni di CO<sub>2</sub>. Una delle soluzioni più promettenti è la produzione di cementi a basso tenore di clinker, ottenuti mediante l'uso di materiali alternativi. Infatti, la sola produzione del clinker incide per circa il 40% sulle emissioni di CO<sub>2</sub> dell'intero processo produttivo [2]. Sebbene la ricerca e le applicazioni sperimentali abbiano dimostrato che i cementi “eco a basso contenuto di clinker” garantiscano prestazioni meccaniche equivalenti a quelli dei cementi tradizionali, la normativa italiana vigente rappresenta in alcuni casi un ostacolo alla loro applicazione per l'uso strutturale.

Le NTC 2018 prevedono l'impiego solo di prodotti da costruzione “qualificati” ossia marcati CE sulla base di norme armonizzate o EAD, o oggetto di CVT [3]. Nel caso del cemento, la maggior parte dei prodotti sul mercato è certificata secondo le EN 197-1 [4] ed EN 14216 [5], che però fanno riferimento solo a cementi con un determinato contenuto di clinker. Per i cementi “alternativi” è necessario ricorrere all'ETA o al CVT, una strada poco esplorata dai cementieri italiani. Del resto, quando le NTC forniscono indicazioni sulla qualificazione del calcestruzzo considerano “idonei” solo i cementi marcati CE secondo la EN 197-1 o, al massimo, certificati tramite ETA. Per le opere massive, dove è richiesto un basso calore di idratazione, si possono impiegare solo cementi certificati ai sensi della

EN 14216. Infine, nel caso di calcestruzzi esposti a condizioni ambientali chimicamente aggressive, le NTC ammettono esclusivamente cementi certificati secondo le norme EN 197-1 e conformi alla UNI 9156:1997 [6].

Questo lavoro si propone di analizzare il divario tra lo sviluppo scientifico e lo stato dell'arte della normativa vigente. In una prima fase, viene condotta un'analisi per individuare i cementi già oggetto di ETA e/o CVT a basso contenuto di clinker, quindi già commercializzabili e impiegabili in Italia ma poco conosciuti al mercato. Successivamente, viene esaminata la letteratura scientifica per identificare i cementi a basso contenuto di clinker attualmente in fase di sviluppo, con potenziale applicazione nelle opere strutturali.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Parlamento Europeo (2024). *Regolamento (UE) 2024/3110 del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 27 novembre 2024, che fissa norme armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e abroga il regolamento (UE) n.305/2011 (Testo rilevante ai fini del SEE)*. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, Serie L (IT) (n. 2024/3110 del 18 dicembre 2024.) [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=OJ:L\\_202403110](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=OJ:L_202403110)
- [2] AITEC (2023). *Rapporto di sostenibilità Federbeton*. <<https://www.aitecweb.com/Sostenibilit /Economia-Circolare>> (ultimo accesso 12 febbraio 2025).
- [3] MIT (2018). *Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni* (DM 17 Gennaio 2018). Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie Generale (n.42 del 20 febbraio 2018 - Suppl. Ordinario n. 8). <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2018/2/20/18A00716/sg>
- [4] UNI (2011). *Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformit  per cementi comuni* (EN 197-1:2011). Ente Italiano di Normazione.
- [5] UNI (2005). *Cemento - Composizione, specificazioni e criteri di conformit  per cementi speciali a calore di idratazione molto basso* (EN 14216:2015). Ente Italiano di Normazione.
- [6] UNI (2015). *Cementi resistenti ai solfati - Classificazione e composizione* (UNI 9156:2015). Ente Italiano di Normazione.

## Un'infrastruttura sperimentale per la valutazione della resistenza al fuoco delle strutture

**Carlo Rainieri<sup>1</sup>, Antonio Bonati<sup>1</sup>, Emidio Nigro<sup>2</sup>, Donatella de Silva<sup>2</sup>, Nunzia Gargiulo<sup>2</sup>, Marta Ziccardi<sup>3</sup>, Antonio Occhiuzzi<sup>3</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {rainieri, bonati}@itc.cnr.it*

*2 Università degli Studi di Napoli Federico II, {emidio.nigro, donatella.desilva, nunzia.gargiulo}@unina.it*

*3 Università degli Studi di Napoli Parthenope, marta.ziccardi001@studenti.uniparthenope.it, antonio.occhiuzzi@uniparthenope.it*

**Parole chiave:** resistenza al fuoco, infrastruttura sperimentale, strutture, certificazione

### ABSTRACT

In condizioni d'incendio, la resistenza al fuoco delle strutture rappresenta una delle misure fondamentali per garantire un opportuno livello di sicurezza della costruzione [1]. In Europa, la certificazione dei materiali avviene attraverso prove sperimentali in forni specializzati, dove gli elementi strutturali vengono sottoposti a curve di temperatura standard per verificarne la resistenza in condizioni di incendio. Tale approccio si è rivelato restrittivo e limitativo [2], portando all'introduzione di un approccio di tipo prestazionale nell'attuale quadro normativo [3-5] riguardante la valutazione della sicurezza antincendio. Esso consente un'accurata verifica dei livelli di sicurezza prefissati e una maggiore flessibilità nelle scelte progettuali. Tuttavia, la transizione verso questo metodo è ancora limitata a causa della carenza di dati sperimentali affidabili e della complessità dei parametri da considerare [6]. Per tale motivo, diventa essenziale disporre di infrastrutture capaci di fornire misurazioni precise sui materiali in condizioni di incendio controllato, così da riuscire a prevedere in maniera affidabile il comportamento durante l'incendio. In tale contesto, il presente contributo descrive un'infrastruttura sperimentale avanzata dell'Istituto per le Tecnologie della Costruzione finalizzata alla valutazione della resistenza al fuoco delle strutture. In particolare, si descrivono le attività finora sviluppate in collaborazione con i gruppi di ricerca dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" e dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope" nella realizzazione di questa infrastruttura, tralasciando le applicazioni attese in ambito scientifico e di certificazione.

### Riferimenti bibliografici

- [1] Sabatino, R., Lombardi, M., Sciarretta, N., Caciolai, M., Cancelliere, P., Ponticelli, L., Cascioli, V. & Cosi, F. (2019). *La resistenza al fuoco degli elementi strutturali*. Milano: Inail.
- [2] Nour, M. (2018). *Fire Safety Design System between Performance-Based vs Prescriptive Design-Tools and Challenges*. Texas A&M University.
- [3] CEN (2002). *Eurocode 1: Action on structures- Part 1-2: General Actions – Actions on structures exposed to fire (EN 1991-1-2)*. European Committee for Standardization.
- [4] MINT (2015). *Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139. (15A06189) (DM 3 agosto 2015)*. Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana, Serie Generale, Serie Generale (n.192 del 20-08-2015 - Suppl. Ordinario n. 51). <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2015/08/20/15A06189/sg>
- [5] MIT (2018). *Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni (DM 17 Gennaio 2018)*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie Generale (n.42 del 20 febbraio 2018 - Suppl. Ordinario n. 8). <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2018/2/20/18A00716/sg>
- [6] Gernay, T. (2023). Performance-based design for structures in fire: Advances, challenges, and perspectives. *Fire saf. J.*, 142, 104036. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.104036>

## Cementi: la valutazione della costanza di prestazione di prodotto

**Alessandro Bocchi<sup>1</sup>, Laura Bignami<sup>1</sup>, Antonio Bonati<sup>1</sup>, Giuseppina De Luca<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {bocchi, bignami, bonati, deluca}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** cementi, (AVCP) 1+, statistica, riproducibilità, costanza di prestazione, test chimo-fisico sui leganti

### ABSTRACT

CNR-ITC è un Istituto di Certificazione accreditato [1] ai sensi dello standard UNI CEI EN ISO IEC 17065 [2] per poter eseguire attività di *Valutazione e Verifica della Costanza di prestazione (AVCP)* così come previsto dal Regolamento dei prodotti da costruzione n. 2024/3110 [3] (che abroga CPR 305/2011) e dalla specifica tecnica armonizzata EN 197-1 [4] ai fini della marcatura CE dei cementi. Il sistema di AVCP applicato alla certificazione dei leganti idraulici, sistema 1+, prevede l'esecuzione continua, anche da parte dell'organismo di certificazione, di test di carattere fisico-meccanico e chimico su ogni prodotto certificato al fine di valutare la costanza della prestazione del prodotto nel tempo. I risultati dei test effettuati da CNR-ITC sui campioni di controllo ispettivo vengono successivamente elaborati e analizzati sia come dati puntuali che a livello statistico. Il risultato di tali analisi è quindi confrontato con i valori ottenuti dal Fabbricante, consentendo di verificare la conformità del prodotto rispetto a quanto dichiarato in fase di certificazione e, al tempo stesso, la riproducibilità delle prove effettuate.

L'impianto normativo europeo relativo ai cementi è basato sulla norma armonizzata di prodotto EN 197-1 "Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni" e sulla EN 197-2 [5] "Valutazione e verifica della costanza di prestazione" e di tutta una serie di norme di prova da esse richiamate.

Nell'ambito di questo lavoro verranno descritte le attività sperimentali condotte da CNR-ITC per la certificazione dei cementi prodotti dai principali fabbricanti italiani. Inoltre, saranno analizzati i principali fattori che possono influire sui risultati dei test, nonché le criticità che spesso emergono durante l'esecuzione delle prove sperimentali. Nel paper si evidenzia come l'analisi continua dei risultati ottenuti non solo serve a garantire la conformità del prodotto, ma può contribuire al miglioramento continuo delle attività di laboratorio.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Parlamento Europeo (2024). *Regolamento (UE) 2024/3110 del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 27 novembre 2024, che fissa norme armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e abroga il regolamento (UE) n.305/2011 (Testo rilevante ai fini del SEE)*. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, Serie L (IT) (n. 2024/3110 del 18 dicembre 2024). [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=OJ:L\\_202403110](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=OJ:L_202403110)
  
- [2] UNI (2012). *Valutazione della conformità - Requisiti per organismi che certificano prodotti, processi e servizi (UNI CEI EN ISO/IEC 17065:2012)*. Ente Italiano di Normazione.
  
- [3] UNI (2011). *Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni (UNI EN 197-1:2011)*. Ente Italiano di Normazione.
  
- [4] UNI (2016). *Metodi di prova dei cementi: determinazione della resistenza alla compressione (UNI EN 196-1:2016)*. Ente Italiano di Normazione.
  
- [5] UNI (2020). *Cemento - Parte 2: Valutazione e verifica della costanza della prestazione (UNI EN 197-2:2020)*. Ente Italiano di Normazione.

## Valutazione delle prestazioni di sistemi prefabbricati di barriera acqua/suolo in cloruro di polivinile (PVC)

**Antonio Bonati<sup>1</sup>, Giovanni Cavanna<sup>1</sup>, Fabio Montagna<sup>1</sup>, Gabriele Pisano<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {bonati, cavanna, montagna, pisano}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** palancole in PVC, missile grande, missile piccolo, prova di flessione, PVC riciclato

### ABSTRACT

Nel secolo scorso, per la costruzione di palancole venivano principalmente utilizzati sistemi metallici, in acciaio e alluminio, oppure in legno. Tuttavia, il deterioramento delle strutture marine costruite in legno, acciaio e alluminio costava alle comunità marine militari e civili circa 1 miliardo di dollari all'anno [1]. Per allungare la vita utile di tali opere, si è passato all'uso di materiali sintetici.

I sistemi prefabbricati di barriera acqua/suolo in PVC sono ottenuti tramite un processo di estrusione o co-estrusione di materiale vergine o riciclato. I singoli profili in PVC, che vengono assemblati per formare la barriera, possono avere sezioni trasversali di varie forme, con o senza vuoti, con o senza sistemi di accoppiamento meccanico.

In Europa non esiste una norma armonizzata che definisca le modalità di qualificazione di tali prodotti e viene in genere seguita la norma tedesca DIN 16456 [2]. Tale normativa però, prevedendo la qualificazione attraverso esclusivamente test su provini piani di piccole dimensioni, non consente di valutare come le parti sagomate dei singoli elementi ed il sistema di collegamento tra elementi possano influenzare il comportamento complessivo del sistema. Per tale ragione, considerando che il collasso del sistema in determinate applicazioni può avere conseguenze catastrofiche, sia dal punto di vista economico e sociale che da quello della vita umana, la specifica tecnica armonizzata EAD 340376-00-0111 [3], prossima alla pubblicazione, prevede la caratterizzazione, tra le altre caratteristiche essenziali, della resistenza all'impatto da missile grande e da missile piccolo e la resistenza a flessione dell'intero sistema di barriera. Il sistema di lancio del missile è costituito da un cannone ad aria compressa, dotato di pannello di controllo con comandi a distanza e due condotti in alluminio che fungono da guida dei missili. Presso i laboratori di CNR-ITC è stata caratterizzata la resistenza all'impatto da missile grande e da missile piccolo di tre sistemi

di barriera e la resistenza a flessione di un sistema di barriera dello stesso produttore. Dai risultati ottenuti è evidente che la parte non piana di un profilo possa rappresentare il tallone d'Achille del sistema di barriera, da cui la necessità di un rigoroso controllo di produzione in fabbrica.



### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Lampo, R., Nosker, T., Barno, D., Busel, J., Maher, A., Dutta, P. & Odello, R. (1998). *Development and demonstration of FRP composite fender, loadbearing, and sheet piling systems* (Rapporto Tecnico USACERL 98/123). US Army Corp of Engineers.
- [2] DIN (2017). *Plasticsheet piling-Extruded sheet piling of plasticizer-free polyvinylchloride (PVC-U) - Part 1: Product* (DIN 16456-1:2017:10). Deutsches Institut für Normung.
- [3] EOTA (2019). *Prefabricated soil and water barrier systems made of PVC (polyvinyl chloride)* (EAD 340376-00-0111, febbraio 2019, edizione 07/2024). Pending for citation in OJEU.

## Proposta di un sistema di pesatura dei detriti e di sua taratura da utilizzare in prove di reazione a fuoco di facciate su campioni di larga scala

**Antonio Bonati<sup>1</sup>, Nicola Caterino<sup>3</sup>, Riccardo Di Ruzza<sup>2</sup>, Gabriele Pisano<sup>1</sup>, Carlo Rainieri<sup>1</sup>, Marta Ziccardi<sup>1,3</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {bonati, pisano, rainieri}@itc.cnr.it*

*2 Ministero dell'Interno – Direzione centrale per la Prevenzione e la Sicurezza, Antincendio ed Energetica del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, riccardo.diruzza@vigilfuoco.it*

*3 Università degli Studi di Napoli Parthenope – Dipartimento di Ingegneria, nicola.caterino@uniparthenope.it*

**Parole chiave:** reazione a fuoco, facciate, test su larga scala, pesatura detriti, sicurezza al fuoco

### ABSTRACT

In uno scenario di incendio, i detriti delle facciate rappresentano un pericolo per la vita umana, ecco perché una progettazione adeguata deve essere mirata a proteggere le vie di fuga e i servizi di emergenza e a prevenire l'innescio di incendi secondari causati da detriti in fiamme [1]. In Europa, i criteri di valutazione dei detriti che possono staccarsi da un sistema di facciata durante un incendio possono essere molto diversi tra loro: in alcuni casi, viene definita una quantità misurabile specifica e viene fornito un criterio di superamento/non superamento, mentre in altri la valutazione dei detriti si basa su criteri più qualitativi.

Nell'ambito di un progetto europeo finalizzato all'armonizzazione del processo di valutazione del comportamento al fuoco di una facciata, è stato proposto un sistema di pesatura dei detriti, i cui risultati sono però risultati essere sensibili a disturbi quali il flusso d'aria convettivo dovuto all'incendio, eccentricità della misura, elementi combustibili e ventilazione.

CNR-ITC ha progettato e prodotto un sistema di pesatura dei detriti, che comprende 6 bilance a piattaforma, distribuite uniformemente sull'area rettangolare per la raccolta delle parti in caduta durante la prova di reazione a fuoco di facciate, protette con sistemi di smorzamento della forza d'impatto e dalle alte temperature.

È stata definita ed eseguita una procedura di taratura coerente con i principi della Guida alla taratura EURAMET [2] ed alla (JCGM 100:2008) [3]. Le prove sono state effettuate in camere climatiche a differenti temperature. Per ottimizzare l'accuratezza della misurazione, è stata applicata una funzione di regressione polinomiale per regolare

le misurazioni e ridurre al minimo le deviazioni dalla posizione centrale del sistema. Sono stati eseguiti ulteriori test per analizzare la variabilità della misurazione ottenuta con la temperatura e con le condizioni di ventilazione. Per garantire la possibilità di post-processare i dati tenendo in conto l'effetto della temperatura misurata ma, allo stesso tempo, per minimizzare la fonte di incertezza legata a tale attività, è stato implementato un sistema di raffreddamento delle sei celle di carico delle bilance e sono state installate sei termocoppie a contatto con le sei celle di carico.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Anderson, J., Sjöström, J., Chiva, R., Domut, F., Hofmann-Böllinghaus, A., Tóth, P., Lalu, O. & Boström L. (2024). *Finalisation of the European approach to assess the fire performance of facades* (Sl2.825082). Brussels: Commissione Europea.
- [2] EURAMET (2015). *Guidelines on the Calibration of Non-Automatic Weighing Instruments*. Calibration Guide No.18 Version 4.0 (11/2015).
- [3] JCGM (2008). *Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (JCGM 100:2008. GUM 1995 with Minor Corrections). JCGM.

## Fattori parziali e di conversione ambientale per i materiali compositi fibrorinforzati utilizzati per il rinforzo strutturale

**Annalisa Franco<sup>1</sup>, Francesca Ceroni<sup>2</sup>, Antonio Occhiuzzi<sup>2</sup>, Antonio Bonati<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {franco, bonati}@itc.cnr.it

<sup>2</sup> Università di Napoli Parthenope, {francesca.ceroni, occhiuzzi}@uniparthenope.it

**Parole chiave:** fattori parziali, fattori di conversione ambientale, Fibre Reinforced Polymer (FRP), design-by-testing

### ABSTRACT

I materiali compositi fibrorinforzati (Fibre Reinforced Polymer, FRP) vengono ormai correntemente impiegati per il rinforzo di elementi strutturali esistenti mediante l'incollaggio esterno sulla superficie dell'elemento da rinforzare di tessuti da impregnare in sito o lamine in fibre di varia natura (Externally Bonded Reinforcement, EBR).

Allo stesso modo, l'utilizzo di barre in FRP come armatura per il calcestruzzo è oggi una pratica ampiamente diffusa, ben supportata dalla buona durabilità del materiale, specialmente in ambienti aggressivi. La corrosione dell'acciaio aumenta infatti i costi di manutenzione riducendo al contempo la durabilità delle strutture in cemento armato. L'approccio innovativo legato alla sostituzione o integrazione delle barre in acciaio aiuta a prevenire il degrado e il deterioramento della struttura in calcestruzzo nel tempo ma, allo stesso tempo, apre interrogativi sull'affidabilità delle armature non metalliche. Gli ultimi anni sono stati quindi interessati da un incremento nella revisione delle norme tecniche di progettazione per gli elementi in cemento armato con FRP [1-3], così come recenti sono gli adeguamenti allo stato dell'arte delle istruzioni per la progettazione di prodotti per il consolidamento statico [4].

La progettazione di entrambe le tecnologie (EBR e barre in FRP) si basa sulla definizione della resistenza di progetto che si ottiene a partire dai relativi valori caratteristici attraverso opportuni fattori parziali, che sono comunemente indicati nelle norme tecniche o nelle linee guida di progettazione. Generalmente, vengono definiti anche specifici fattori di conversione ambientale per tenere conto del degrado delle proprietà meccaniche di tali sistemi in varie condizioni di esposizione.

Seguendo il principio del "design-by-testing" dell'EN 1990 [5] e già utilizzato in [6] e [7], si presenterà la metodologia proposta per la calibrazione dei fattori parziali a partire dall'analisi

statistica di un'ampia attività sperimentale sviluppata per la qualificazione di diversi prodotti in FRP da parte di diversi produttori. Si discuteranno i risultati ottenuti e confronteranno con i fattori attualmente prescritti dalle disposizioni progettuali nazionali e internazionali, evidenziando in particolare le differenze tra i vari tipi di fibre e/o classi di resistenza dei prodotti e sottolineando, quindi, alcuni aspetti che si stanno già prendendo in considerazione nelle revisioni delle linee guida progettuali italiane.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] CNR (2006). *Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Armato con Barre di Materiale Composito Fibrorinforzato* (CNR-DT 203). Roma: Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- [2] AFGC (2023). *Recommendations for the use of FRP (Fibre Reinforced Polymer) rebars for reinforced concrete structures*. Association Francaise de Genie Civil.
- [3] CEN (2023). *Eurocode 2 - Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, bridges and civil engineering structures* (EN 1992-1-1). Brussels: European Committee for Standardization.
- [4] CNR (2024). *Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati* (CNR-DT 200 R2). Roma: Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- [5] CEN (2023). *Eurocode - Basis of structural and geotechnical design* (EN 1990). Brussels: European Committee for Standardization.
- [6] Occhiuzzi, A., Ceroni, F., Franco, A., Salzano, P. & Bonati, A. (2020). Experimental results of a national technical assessment procedure on commercial FRP for structural strengthening: wet-lay-up systems. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 53(1). <https://doi.org/10.1617/s11527-020-1439-5>
- [7] Salzano, P., Bonati, A., Ceroni, F., Crisci, G., Franco, A. & Occhiuzzi, A. (2019). Statistical analysis on mechanical properties of FRP materials for structural strengthening. In M. Papadrakakis & M. Fragiadakis (Eds.), *7th ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering Crete, Greece, 24–26 June 2019* (pp. 5153-5168). <https://doi.org/10.7712/120119.7294.19634>

## La qualificazione e progettazione delle armature in materiale composito fibrorinforzato nel panorama europeo e nazionale

**Annalisa Franco<sup>1</sup>, Marco Di Ludovico<sup>2</sup>, Antonio Occhiuzzi<sup>3</sup>, Antonio Bonati<sup>1</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {franco, bonati}@itc.cnr.it*

*2 Università di Napoli Federico II, diludovi@unina.it*

*3 Università di Napoli Parthenope, occhiuzzi@uniparthenope.it*

**Parole chiave:** barre in FRP, qualificazione, progettazione, Documento per la Valutazione Europea (EAD), attività sperimentale

### ABSTRACT

L'impiego di barre in materiale composito fibrorinforzato (FRP) come armatura interna di strutture in calcestruzzo è diventato ormai una pratica diffusa, grazie alla loro elevata durabilità rispetto all'acciaio, soprattutto in ambienti aggressivi. Tale recente rinnovato interesse nell'uso delle barre in FRP ha fornito la spinta per la definizione e l'aggiornamento delle regole per la qualificazione e la progettazione da parte delle autorità pubbliche di tutto il mondo. La progettazione delle armature non metalliche è stata infatti solo recentemente introdotta nell'Eurocodice 2 (Annex R dell'EN 1992-1-1) [1], anche se la loro prima applicazione risale ai primi anni '90, così come è recente la revisione del documento italiano CNR-DT 203 [2]. L'uso delle barre in FRP è fortemente influenzato dalle relative proprietà fisiche e meccaniche, dipendenti principalmente dalle caratteristiche dei costituenti del FRP (fibre e matrici), ma anche dalla storia dei carichi, dalla temperatura, dall'umidità. Pertanto, per una corretta progettazione delle strutture con armatura in FRP, diventa fondamentale un'adeguata valutazione delle proprietà del materiale composito.

È stato pubblicato recentemente, a livello europeo, un documento che include le caratteristiche essenziali delle barre e delle staffe in FRP e i relativi metodi per la loro valutazione [3]. Il documento introduce le prove per la valutazione delle principali proprietà meccaniche (trazione, compressione e taglio) e fisiche (temperatura di transizione vetrosa, coefficienti di dilatazione termica, ecc.), ma anche prove per la caratterizzazione del legame di aderenza tra barra e calcestruzzo e del comportamento in varie condizioni di esposizione e di carico applicato. Tale documento, che rappresenta la

base per la marcatura CE delle barre, è stato sviluppato nell'ambito dell'EOTA (*European Organisation of Technical Assessment*), con ITC come TAB (*Technical Assessment Body*) responsabile del gruppo di lavoro europeo.

Il presente lavoro si propone quindi di presentare il Documento di Valutazione Europea (*European Assessment Document, EAD*) recentemente pubblicato, ed i metodi di valutazione ivi introdotti per la qualificazione e la marcatura CE delle barre FRP, strettamente connessi alla progettazione inclusa nell'attuale Eurocodice 2, fornendo allo stesso tempo la forte connessione con il panorama nazionale di qualificazione e progettazione.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] CEN (2023). *Eurocode 2 - Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, bridges and civil engineering structures* (EN 1992-1-1). European Committee for Standardization.
  
- [2] CNR (2006). *Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Armato con Barre di Materiale Composito Fibrorinforzato* (CNR-DT 203). Roma: Consiglio Nazionale delle Ricerche.
  
- [3] EOTA (2024). *Carbon, glass, basalt and aramid fibre reinforced polymer bars as reinforcement of structural elements* (EAD 260023-00-0301) (Decision (EU) 2024/1944). EOTA, OJ Publication.

## Costanza della prestazione di prodotto: il ruolo dell'Organismo Notificato

**Antonio Bonati<sup>1</sup>, Laura Bignami<sup>1</sup>, Giuseppina De Luca<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {bonati, bignami, deluca}@itc.cnr.it

**Parole chiave:** Organismo terzo di controllo, Organismo notificato e accreditato, Costanza di prestazione dei prodotti, Attività di certificazione

### ABSTRACT

Il settore dei prodotti da costruzione coinvolge numerosi *stakeholder* con interessi differenti. Il Fabbricante è costantemente alla ricerca di nuovi prodotti per affrontare le sfide del mercato. Gli Organi di Normazione e i TAB definiscono le modalità di valutazione delle prestazioni dei nuovi prodotti in relazione alle caratteristiche essenziali. Gli Organi Terzi Notificati e Accreditati vigilano sull'applicazione, da parte del Fabbricante, del sistema di controllo della produzione (FPC), previsto dalle specifiche tecniche armonizzate, per garantire che il prodotto immesso sul mercato possieda quelle prestazioni dichiarate dal fabbricante nella Dichiarazione di Prestazione (DoP).

In questo meccanismo dovrebbe rientrare anche l'Autorità di Vigilanza sul mercato. Tuttavia, nelle premesse del nuovo CPR [1] si legge che *“L'esperienza acquisita nell'attuazione del regolamento (UE) n. 305/2011, ... hanno evidenziato le prestazioni insufficienti del quadro sui prodotti da costruzione sotto vari aspetti, anche per quanto riguarda...la vigilanza del mercato”*. In aggiunta, *“Per far aumentare il rispetto da parte dei fabbricanti degli obblighi di cui al presente regolamento e per contribuire ad affrontare le carenze individuate e a migliorare la vigilanza del mercato”* il nuovo CPR ha deciso tra le varie azioni di rafforzare il ruolo dell'Organismo Notificato (N.B.), esplicitando tra i suoi compiti (art. 55) anche la verifica della conformità del fabbricante agli obblighi del regolamento. Di conseguenza, oltre a contribuire perché si possa avere la costanza delle prestazioni del prodotto, il N.B. assume ora anche parte delle responsabilità precedentemente attribuite alle Autorità di Vigilanza.

Per svolgere questo ruolo cruciale nella filiera delle costruzioni, ovvero garantire per la costanza di prestazione di un prodotto da costruzione immesso in commercio e destinato ad essere impiegato in un'opera civile, CNR-ITC deve dimostrare di possedere una solida

competenza tecnica e professionale, garantire l'imparzialità e adottare procedure trasparenti per la valutazione e la verifica della costanza delle prestazioni.

In questo contesto, CNR-ITC si distingue per un'attività continua di formazione e analisi dei rischi, partecipazione attiva ai tavoli di normazione e al gruppo dei N.Bs europei. Con oltre 700 certificati di costanza di prestazione e certificati di controllo FPC, circa 80 contratti triennali ITC svolge tale ruolo sotto il controllo continuo di Accredia.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Parlamento Europeo (2024). *Regolamento (UE) 2024/3110 del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 27 novembre 2024, che fissa norme armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e abroga il regolamento (UE) n.305/2011 (Testo rilevante ai fini del SEE)*. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, Serie L (IT) (n. 2024/3110 del 18 dicembre 2024.) [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=OJ:L\\_202403110](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=OJ:L_202403110)

## Studio comparativo degli standard internazionali per la qualificazione degli ETICS

**Paola Dessy<sup>1</sup>, Giuseppina De Luca<sup>1</sup>, Antonio Bonati<sup>1</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {dessy, deluca, bonati}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** ETICS, standardization, standard comparative study, assessment, construction product

### ABSTRACT

Gli ETICS, *External Thermal Insulation Composite System*, chiamati colloquialmente “sistemi a cappotto”, costituiscono il sistema più utilizzato in Europa per garantire l’efficienza energetica degli edifici. Data la grande diffusione, molti dei materiali che costituiscono il kit provengono dai paesi asiatici e pertanto arrivano in Europa qualificati secondo le norme cinesi. Tuttavia, i Fabbricanti di ETICS che vogliono immettere sul mercato il proprio prodotto devono rifarsi alla normativa europea e, spesso, si ritrovano a dover “ri-qualificare” il prodotto. Il presente documento si propone di comparare le metodologie di valutazione dei sistemi compositi di isolamento termico esterno (ETICS), attraverso un’analisi critica delle specifiche tecniche armonizzate elaborate in Europa e in Cina [1]. La valutazione di tali sistemi dipende da diversi fattori come le diverse modalità di progettazione (a seconda dei parametri richiesti per la progettazione si definisce un metodo per determinarli nelle norme di qualificazione), dai requisiti tecnici vigenti, dalle condizioni ambientali e dalle relative problematiche, ma anche dal ruolo delle specifiche norme tecniche nei diversi paesi e dal loro impatto sul mercato edilizio. Inoltre, anche la ricerca e l’innovazione nel settore risentono fortemente delle singole realtà locali.

Nella comparazione degli strumenti per la valutazione degli ETICS si esamineranno gli approcci utilizzati dalle norme ISO, dalle norme cinesi, focalizzandosi maggiormente sulla realtà europea che vede CNR-ITC protagonista nella definizione di un corposo documento di valutazione (*European Assessment Document* n. 040083-00-0404) [2] sugli ETICS, elaborato nell’ambito di un’organizzazione europea istituita dalla Commissione Europea con la finalità di coordinare le attività di certificazione europea dei prodotti da costruzione innovativi (EOTA - *European Organization for Technical Assessment*). L’approccio europeo sulla valutazione degli ETICS, si incardina sui principi inclusi nel Regolamento Prodotti da Costruzione 2024/3110 [3]

che stabilisce le regole per la commercializzazione di prodotti e sistemi nel mercato europeo con l'obiettivo di assicurare che le informazioni relative alle loro prestazioni (caratteristiche essenziali dei prodotti) siano affidabili per essere correttamente usati per realizzare opere che rispondano ai requisiti di base. È all'interno di tale approccio, insieme alla definizione delle responsabilità delle parti, che si inserisce la valutazione europea degli ETICS.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Xu, H., Wang, H., Huo, Q., Qin, Y. & Zhou, H. (2023). Comparative study of Chinese, European and ISO external thermal insulation composite system (ETICS) standards and technical recommendations. *Journal of Building Engineering*, 68, 105687. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.105687>
- [2] EOTA (2021). *External Thermal Insulation Composite Systems with Renderings. Adopted European Assessment Document in accordance with Regulation (EU) No. 305/2011 (European Assessment Document n. 040083-00-0404 ). Annex II 7.* EOTA, OJ Publication.
- [3] Parlamento Europeo (2024). *Regolamento (UE) 2024/3110 del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 27 novembre 2024, che fissa norme armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e abroga il regolamento (UE) n.305/2011 (Testo rilevante ai fini del SEE).* Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, Serie L (IT) (n. 2024/3110 del 18 dicembre 2024). [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=OJ:L\\_202403110](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=OJ:L_202403110)



**Comunicazione, valorizzazione  
della ricerca e  
attività di public engagement**



## Laboratori dell'ITC-CNR: l'eccellenza sperimentale al servizio della ricerca, dell'industria e degli enti regolatori

### Giuseppina De Luca

*Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, deluca@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** laboratori ITC, accreditamento ISO/IEC 17025, ricerca applicata, trasferimento tecnologico, attività sperimentale sui prodotti da costruzione

Costruire, riqualificare, restaurare e rendere sostenibile il patrimonio edilizio nazionale richiede conoscenza scientifica solida, strumenti tecnici avanzati e la capacità di tradurre l'innovazione in soluzioni concrete. In questo quadro, l'ingegneria civile e ambientale non è solo una disciplina tecnica, ma un motore essenziale per lo sviluppo del Paese, capace di affrontare con rigore e visione le trasformazioni in atto nel mondo del costruito.

È proprio in questo scenario che l'Istituto per le Tecnologie della Costruzione (ITC) del CNR assume un ruolo centrale, configurandosi come nodo di riferimento nazionale per la sperimentazione e l'innovazione nel settore. Primo istituto del CNR dedicato espressamente al costruito, l'ITC ha saputo coniugare, fin dalla sua fondazione, il rigore della ricerca scientifica con la capacità di rispondere in modo concreto alle esigenze del mondo industriale, delle istituzioni e della società. La sua vocazione sperimentale è ciò che lo contraddistingue: l'ITC non si limita a produrre conoscenza, ma la mette alla prova sul campo, la misura, la certifica, la rende tangibile.

Questo capitolo raccoglie i contributi presentati per le giornate di ITC Construction Days 2025 dedicati alle attività sperimentali condotte presso i laboratori di ITC di San Giuliano Milanese; un'occasione per raccontare il valore della ricerca applicata attraverso le attività condotte nei laboratori dove ci si occupa di avanzamento scientifico, si supporta l'innovazione industriale e si sostengono i processi decisionali e normativi delle istituzioni. Le esperienze raccolte in queste pagine testimoniano il valore di una ricerca capace di incidere concretamente sul progresso scientifico e tecnologico, supportando il processo di conversione della ricerca scientifica nella pratica tecnica e industriale.

Con oltre 8000 m<sup>2</sup> di superficie e più di 300 attrezzature, i cinque laboratori di ricerca rappresentano il cuore pulsante dell'ITC di San Giuliano Milanese, contribuendo in

maniera significativa al riconoscimento dell'Istituto a livello nazionale e internazionale. Dotati di strumentazioni all'avanguardia e personale altamente qualificato, nei laboratori di ricerca ITC è possibile eseguire prove su ogni componente del sistema edilizio, dalla scala dei materiali da costruzione alla valutazione delle prestazioni di sistemi complessi, fino alla sperimentazione in scala reale su edifici pilota. Poche istituzioni in Europa possono vantare una tale estensione di capacità sperimentale: l'ITC è in grado di testare un nuovo legante cementizio, valutare le prestazioni termiche e acustiche di un involucro edilizio, verificare la risposta al fuoco o all'azione sismica di una facciata in scala 1:1 o addirittura implementare e testare una nuova tecnologia in un edificio sperimentale. La capacità di operare su scale differenti rappresenta un elemento di valore unico sia per il mondo scientifico che per il settore produttivo, poiché permette di riprodurre e misurare il comportamento dei prodotti da costruzione in condizioni controllate prima della loro applicazione sul campo.

In considerazione dell'importante ruolo di ente sperimentatore, per legittimare l'affidabilità e la riproducibilità dei risultati sperimentali, prerequisiti fondamentali della ricerca scientifica, l'ITC ha scelto di sottoporre i propri laboratori al processo di accreditamento secondo la norma internazionale ISO/IEC 17025.

L'accreditamento, rilasciato da Accredia, ente unico di accreditamento in Italia, ha confermato la straordinaria qualità e professionalità dei laboratori ITC. L'Istituto, infatti, è stato uno dei primi laboratori in Italia ad essere accreditato secondo la ISO/IEC 17025 con scopo di notifica ai sensi del Regolamento Europeo dei prodotti da costruzione n. 305/2011. Un risultato che attesta l'adozione di protocolli rigorosi, l'utilizzo di strumentazione tarata e l'applicazione di metodi validati, garantendo risultati affidabili, ripetibili e riconosciuti a livello internazionale. Tale scelta strategica consente, inoltre, all'ITC di dare evidenza che i dati forniti alla comunità scientifica siano affidabili e comparabili, valorizzando la qualità del proprio contributo alla ricerca e al supporto al sistema produttivo e normativo.

L'accreditamento ha inoltre permesso all'ITC di consolidare la propria reputazione anche a livello internazionale, diventando un elemento chiave per il riconoscimento della ricerca italiana sul costruito all'estero.

È bene chiarire che l'impatto delle attività di laboratorio dell'ITC si estende ben oltre la produzione di dati per pubblicazioni scientifiche. Questi laboratori svolgono un ruolo cardine in diversi ambiti applicativi, fungendo da hub tra il mondo della ricerca e quello produttivo e normativo. Un'azienda che decide di rivolgersi ad ITC significa che può

contare su risultati di prova affidabili, utilizzabili sia come base per le decisioni progettuali sia per certificare i propri prodotti. Inoltre, i risultati rilasciati dai laboratori ITC, grazie all'accordo Accredia-ILAC, hanno pieno valore internazionale e facilitano l'accesso delle imprese italiane ai mercati globali, rafforzandone la competitività.

Infine, va menzionato che l'ITC è un Organismo Notificato ai sensi del Regolamento europeo sui prodotti da costruzione 2024/3110 e le attività di prova e di ispezione che svolge, finalizzate all'ottenimento della marcatura CE per i prodotti immessi sul mercato dai fabbricanti, sono autorizzate dai Ministeri Notificanti del Governo italiano e riconosciute a livello europeo.

La collaborazione con le imprese non si limita alla certificazione: attraverso progetti di ricerca applicata, i laboratori ITC accompagnano le aziende nello sviluppo di tecnologie innovative, sostenibili, antisismiche e ad alta efficienza. Lo scambio tra ricerca e impresa è circolare, e rappresenta un modello virtuoso di trasferimento tecnologico.

Un ulteriore ambito operativo di impatto cruciale per il sistema-paese è quello normativo e di controllo del mercato. Il personale dei laboratori dell'ITC partecipa attivamente alla stesura di norme tecniche e di linee guida per le costruzioni, collaborando con enti regolatori come il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e i Vigili del Fuoco; non solo, i laboratori dell'ITC sono spesso impiegati per la verifica dei leganti idraulici importati dall'estero a supporto degli enti di controllo come l'Agenzia delle Dogane. I risultati delle campagne sperimentali forniscono quindi aggiornamenti normativi e supportano attività di sorveglianza sul mercato, contribuendo alla sicurezza del costruito e alla sostenibilità del patrimonio edilizio nazionale.

Tutto questo è possibile grazie all'impegno e alla competenza del personale tecnico-scientifico che opera quotidianamente nei laboratori dell'ITC. Ricercatori, tecnologi e tecnici qualificati che, con passione e senso di responsabilità, affrontano le sfide della sperimentazione e dell'innovazione, superando con determinazione anche gli ostacoli imposti da una burocrazia spesso complessa.

Lascio ora ai lettori il piacere di scoprire, attraverso i contributi raccolti in questo volume, la straordinaria capacità sperimentale dell'ITC. Mi auguro che queste pagine sappiano suscitare curiosità, stimolare nuove collaborazioni ed invitino il lettore a visitare i nostri laboratori, luoghi in cui la ricerca diventa sperimentazione pratica e il sapere si trasforma in progresso tecnologico condiviso.

## Laboratorio di Prestazioni Acustiche

**Chiara Scrosati<sup>1</sup>, Michele Depalma<sup>1</sup>, Francesco Bianco<sup>1</sup>, Ludovico Danza<sup>1</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {scrosati, depalma, bianco, danza}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** isolamento acustico, assorbimento acustico, rigidità dinamica, materiali

### **ABSTRACT**

Il laboratorio di prestazioni acustiche si occupa principalmente dello sviluppo e caratterizzazione di materiali innovativi sostenibili per la riqualificazione acustica degli edifici e delle aree urbane, tramite supporto tecnico- scientifico allo sviluppo di nuovi materiali, sistemi e componenti edili finalizzati a ridurre l'esposizione al rumore negli ambienti di vita interni ed esterni agli edifici [1]; definizione, progettazione e realizzazione di allestimenti di prova specifici per materiali innovativi e per caratteristiche delle sorgenti disturbanti (basse frequenze) [2]; pianificazione, prefattibilità e supporto alla progettazione e verifica, di interventi di bonifica acustica a scala di edificio e a scala urbana [3]. Anche gli aspetti legati alla classificazione acustica degli edifici sono affrontati sia a livello nazionale (collaborazione con Commissione Acustica dell'UNI, Associazione Italiana di Acustica e Ministero dell'Ambiente) sia a livello internazionale, con la partecipazione ai lavori normativi in ambito ISO e CEN.

Le attività di laboratorio e di sperimentazione sono principalmente di supporto ai progetti di ricerca dell'UdR SG2. Le strutture e strumentazioni del laboratorio di prestazioni acustiche includono: una camera riverberante per misure di coefficiente di assorbimento acustico [4]; due camere riverberanti accoppiate per misure di isolamento acustico [5, 6]; un tubo ad impedenza per misure di assorbimento acustico per incidenza normale; un martello strumentato per misure di rigidità dinamica dei materiali [7]; un apparato per la misura della resistività al flusso di materiali; sorgenti sonore sia direzionali che omnidirezionali; diversi microfoni e un sistema di misura acustico e vibrazionale multicanale universale; una cella di prova esterna a grandezza naturale per l'isolamento acustico di facciata del tetto [8, 9]; un edificio di prova a grandezza naturale per misure di facciata [10] anche per rumore da traffico reale; un impianto audio immersivo installato in un laboratorio a energia zero a grandezza

naturale (I-ZEB ) che assieme alle altre dotazioni (impianti tecnologici all'avanguardia di condizionamento e di illuminazione) permette di investigare l'influenza dalle esposizioni multi-dominio sulla risposta umana [11].

### Riferimenti bibliografici

- [1] Scamoni, F., Scrosati, C., Depalma, M. & Barozzi, B. (2022). Experimental evaluations of acoustic properties and long-term analysis of a novel indoor living wall. *Journal of Building Engineering*, 47, 103890. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103890>
- [2] Scrosati, C., Scamoni, F., Prato, A., Secchi, S., Fausti, P., Astolfi, A., Barbaresi, L., D'Alessandro, F., Di Bella, A., Schenone, C. & Zambon, G. (2016). Uncertainty of facade sound insulation by a Round Robin Test. Evaluations of low- frequency procedure and single numbers. *Building and Environment*, 105, 253-266. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.06.003>
- [3] Torchia F., Ricciardi P., Scrosati, C. & Scamoni, F. (2015). Improvement of Façades' Sound Insulation of Schools near the Bergamo - Orio al Serio International Airport: Case Study. *Building Acoustics* 22(2), 123-142. <https://doi.org/10.1260/1351-010X.22.2.12>
- [4] Scrosati, C., et al. (2020). Towards more reliable measurements of sound absorption coefficient in reverberation rooms: An Inter-Laboratory Test. *Applied Acoustics*, 165, 107298. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107298>
- [5] Scamoni, F., Piana, E. A. & Scrosati, C. (2017). Experimental evaluation of the sound absorption and insulation of an innovative coating through different testing methods. *Building Acoustics*, 24(3), 173-191. <https://doi.org/10.1177/1351010X20921038>
- [6] Scrosati, C., Pievatolo, A. & Garai, M. (2018). The uncertainty declaration of building acoustics measurements: How to select the uncertainty of reproducibility from inter-laboratory tests. *Acta Acustica united with Acustica*, 104(2), 295-303. <https://doi.org/10.3813/AAA.919172>
- [7] Scrosati C. Schiavi A., Pettoni Possenti V. & Barbaresi L. (2024). ETICS measurements and prediction – Verification and validation of a predictive model for the improvement of airborne sound insulation of thick external linings. In *Proceedings of 53rd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering* (Nantes, France, on 25-29 August 2024) (pp. 9305-9316). Institute of Noise Control Engineering.
- [8] Parati, L., Carrettini, A., Scrosati, C. & Scamoni, F. (2010). Wooden roof: evaluation of acoustic performances performed in laboratory, on an external test-cell, and on

real buildings. In *Proceedings of 20th ICA 2010* (Sydney, Australia, on 23-27 August 2010) (pp. 2691-2698). Toowong: Australian acoustical society.

- [9] Parati, L., Carrettini, A., Scrosati, C. & Scamoni, F. (2009). Acoustic performances of wooden roof: a comparison between laboratory and field measurement. In *Proceedings of Euronoise 2009* (Edinburgh, Scotland on 26-28 October 2009) (pp. 292-301). United Kingdom: Institute of Acoustics.
  
- [10] Scrosati, C., Scamoni, F., & Zambon, G. (2015). Uncertainty of façade sound insulation in buildings by a Round Robin Test. *Applied Acoustics*, 96, 27-38. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.03.002>
  
- [11] Danza, L., Barozzi, B., Bellazzi, A., Belussi, L., Devitofrancesco, A., Ghellere, M., Salamone, F., Scamoni, F. & Scrosati, C. (2020). A weighting procedure to analyse the Indoor Environmental Quality of a Zero-Energy Building. *Building and Environment*, 183, 107155. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107155>

## Laboratorio di Prestazioni Termiche

**Lorenzo Belussi<sup>1</sup>, Claudio Maffè<sup>1</sup>, Maria Cristina Pollastro<sup>1</sup>, Ludovico Danza<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {belussi, maffe, pollastro, danza}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** conduttività termica, trasmittanza/resistenza termica, durabilità e resistenza degli ETICS

### ABSTRACT

Il laboratorio di prestazioni termiche si occupa principalmente della caratterizzazione delle prestazioni termiche di materiali e componenti tradizionali ed innovativi per la riqualificazione energetica degli edifici, attraverso supporto tecnico-scientifico per lo sviluppo di nuovi materiali, componenti e sistemi edilizi. Le attività di laboratorio si dividono in: attività di certificazione delle prestazioni termiche di prodotti edilizi; attività di sperimentazione a supporto di progetti di ricerca dell'UdR SG2. Nella prima linea di attività rientrano le prove su commessa secondo metodi di prova standardizzati: conduttività e resistenza termica dei materiali [1-3]; trasmittanza e resistenza termica di componenti opachi [4] e trasparenti [5, 6]; comportamento igrotermico e resistenza agli impatti di ETICS [7]. Le attività della seconda linea si configurano come: sviluppo e ottimizzazione di metodi misura delle prestazioni termiche, supporto allo sviluppo di materiali e componenti innovativi e sostenibili (VIP, isolanti da recupero e scarto, ecc.), prove su materiali da costruzione in particolare condizioni ambientali, supporto all'attività di normazione. Il laboratorio di prestazioni termiche partecipa attivamente a round robin test e circuiti interlaboratorio nazionali ed internazionali.

Le strutture e strumentazioni del laboratorio di prestazioni termiche includono: due termoflussimetri per la misura della conduttività e resistenza termica dei materiali; una camera calda con anello di guardia per la misura della trasmittanza e resistenza termica di componenti opachi e trasparenti; due camere climatiche caldo-pioggia e caldo-freddo per la verifica del comportamento igrotermico degli ETICS. Oltre a queste facilities, il laboratorio ha in dotazione una serie di strumenti per la misura delle prestazioni dei componenti edilizi in living lab e in opera.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] CEN (2001). *Thermal performance of building materials and products - Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods - Dry and moist products of medium and low thermal resistance (EN 12664:2001)*. European Committee for Standardization.
  
- [2] CEN (2001). *Thermal performance of building materials and products - Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods - Products of high and medium thermal resistance (EN 12667:2001)*. European Committee for Standardization.
  
- [3] CEN (2001). *Thermal performance of building materials and products. Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods. Thick products of high and medium thermal resistance (EN 12939:2001)*. European Committee for Standardization.
  
- [4] CEN (1996). *Thermal insulation - Determination of steady-state thermal transmission properties - Calibrated and guarded hot box (EN ISO 8990:1996)*. European Committee for Standardization.
  
- [5] CEN (2010). *Thermal performance of windows and doors — Determination of thermal transmittance by the hot-box method (EN ISO 12567-1:2010)*. European Committee for Standardization.
  
- [6] CEN (2003). *Thermal performance of windows, doors and shutters - Determination of thermal transmittance by hot box method - Part 2: Frames (EN 12412-2:2003)*. European Committee for Standardization.
  
- [7] EOTA (2020). *External thermal insulation composite systems (ETICS) with renderings (EAD 040083-00-040:01-2019)*.

## Laboratorio di Materiali Edilizi: attività in ambito certificativo e di ricerca industriale

**Luca Schiavi<sup>1</sup>, Alessandro Bocchi<sup>1</sup>, Davide Corsaro<sup>1</sup>, Simona Grazioli<sup>1</sup>, Pietro Marras<sup>1</sup>, Bruno Paglia<sup>1</sup>, Riccardo Zanoni<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {schiavi, bocchi, corsaro, grazioli, marras, paglia, zanoni}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** sistemi di misura, cemento, materiali compositi, sistemi a cappotto, sistemi impermeabilizzanti

### **ABSTRACT**

L'attività del Laboratorio di Materiali Edilizi di ITC-CNR è focalizzata sullo sviluppo e implementazione di sistemi di prova e misura di caratteristiche chimico-fisico-meccaniche di differenti materiali e sistemi utilizzati in ambito edile (leganti idraulici, materiali polimerici, materiali compositi, sistemi per l'isolamento termico per esterni degli edifici etc.).

Tali attività vengono svolte in ambito certificativo nel quale il laboratorio opera sia come Notified Body ai sensi del Regolamento EU 305/2011 per la marcatura CE (cementi comuni secondo la EN 197-1:2011, cementi solfoalluminosi a rapido indurimento secondo EAD 150004-00-0301 [1], profili strutturali a base di compositi fibrorinforzati secondo EAD 260001-00-0303 [2], barre in composito per il rinforzo di elementi strutturali secondo EAD 260023-00-0301 [3]), sia come laboratorio di prova per il rilascio di ETA secondo differenti *European Assessment Document* (sistemi compositi con fibre metalliche secondo EAD 340210-00-0104 [4], sistemi di isolamento termico per esterni secondo EAD 04008-00-0404 [5], sistemi impermeabilizzanti posati allo stato liquido secondo EAD 030350-00-0402 [6], etc.).

Il laboratorio può inoltre condurre attività di ricerca industriale per lo sviluppo di sistemi di misura di proprietà speciali di materiali innovativi realizzando sistemi di prova dedicati e implementando programmi di prova specifici che non solo caratterizzano il materiale “al nuovo” ma anche permettono di valutare come tali caratteristiche variano nel tempo attraverso differenti campagne di invecchiamento (cicli meccanici, cicli termici, cicli di immersione in bagni chimici, etc.).

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] EOTA (2017). *Rapid hardening sulfate resistant calcium sulphoaluminate based cement* (EAD 150004-00-0301:05-2017) (EU) 2017/C 343/06. EOTA, OJ Publication.
- [2] EOTA (2018). *Structural sections made from fiber reinforced polymers (FRP/Glassfiber composites)* (EAD 260001-00-0303:04-2016) (EU) 2017/C 379/07. EOTA, OJ Publication.
- [3] EOTA (2019). *Carbon, glass, basalt and aramid fibre reinforced polymer bars as reinforcement of structural elements* (EAD 260023-00-0301:01-2019) (EU) 2024/1944. EOTA, OJ Publication.
- [4] EOTA (2018). *SRP (steel reinforced polymer) kit made of steel micro-wires, fiberglass mesh and epoxy adhesive* (EAD 340210-00-0104:11-2017) (EU) 2018/C 417/07. EOTA, OJ Publication.
- [5] EOTA (2020). *External thermal insulation composite system (ETICS) with renderings* (EAD 040083-00-0404:01-2019) (EU) 2020/1574. EOTA, OJ Publication.
- [6] EOTA (2020). *Liquid applied roof waterproofing kits* (EAD 030350-00-0402:08-2018). (EU) 2020/1574. EOTA, OJ Publication.

## Accreditamento dei Laboratori di Ricerca: limite alla ricerca o chiave per l'eccellenza?

**Antonio Bonati<sup>1</sup>, Giuseppina De Luca<sup>1</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {bonati, deluca}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** ISO/IEC 17025:2017, Laboratori di Ricerca Accreditati, Affidabilità dei risultati, Test Sperimentali, Protocolli di prova Internazionalmente Riconosciuti, Accredited HEI laboratories

### **ABSTRACT**

I laboratori universitari e quelli afferenti ai Centri di Ricerca, noti come Accredited Laboratories in Higher Education Institutions (HEI), hanno l'obiettivo di generare nuove conoscenze e di contribuire, attraverso l'attività sperimentale, all'avanzamento della comunità scientifica [1]. Inoltre, tali laboratori rivestono un'importanza strategica nella formazione di nuovi ricercatori, nel trasferimento tecnologico e nell'espletamento di attività di terza missione [2, 3].

Affinché le conoscenze prodotte siano riconosciute a livello internazionale è fondamentale che i risultati sperimentali siano affidabili e riproducibili. L'accreditamento dei laboratori rappresenta lo strumento più diretto ed efficace per attestare la loro capacità di generare dati scientificamente validi, favorendo così la collaborazione con altri Istituti di ricerca e aumentando la possibilità di poter accedere alla pubblicazione in riviste di alto impatto scientifico. Se in passato l'accreditamento era richiesto prevalentemente dal settore industriale e dalle istituzioni governative, oggi esso è diventato un requisito preferenziale per l'accesso ai finanziamenti di programmi internazionali, come quelli previsti nell'ambito di Horizon Europe [4].

In tale contesto, CNR-ITC ha intrapreso il percorso di accreditamento ai sensi dello Standard UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018 [5] dei laboratori situati a San Giuliano Milanese. Questo processo ha comportato il superamento di numerose sfide, tra cui quella più significativa: il passaggio dalla logica del "saper fare", tipica dell'ambito della ricerca, a "una sistematizzazione strutturata dei processi di prova" finalizzata a garantire la riproducibilità e l'affidabilità del risultato. L'attività di terza missione, in questo caso, ha messo in evidenza il forte legame e la sinergia vantaggiosa con le attività di ricerca.

Il presente studio evidenzia le motivazioni, la metodologia di lavoro e le ricadute dell'accreditamento sulle attività dell'Istituto.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Grochau, I. H., ten Caten, C. S. & de Camargo Forte, M. M. (2018). Motivations, benefits and challenges on ISO/IEC 17025 accreditation of higher education institution laboratories. *Accredit. Qual. Assur.*, 23(3), 183–188. <https://doi.org/10.1007/s00769-018-1317-9>
- [2] Bode, P. (1995). Perspective. Quality management and laboratory accreditation at a university: what can be learned from experience? *Analyst*, 120(5), 1527-1533. <https://doi.org/10.1039/AN9952001527>
- [3] Grochau, I. H., Ferreira, C. A., Ferreira, J. Z. & ten Caten, C. S. (2010). Implementation of a quality management system in university test laboratories: a brief review and new proposals. *Accredit. Qual. Assur.*, 15(12), 681-689. <https://doi.org/10.1007/s00769-010-0713-6>
- [4] Gawor, A., Kurek, E., Rusczyńska, A. & Bulska, E. (2021). Key issues related to the accreditation of academic laboratories. *Accredit. Qual. Assur.*, 26, 285-291. <https://doi.org/10.1007/s00769-021-01483-7>
- [5] UNI (2018). *Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura* (UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018). Ente Italiano di Normazione.

## Assicurazione della validità dei risultati dei laboratori leganti idraulici: Proficiency Test

**Alessandro Bocchi<sup>1</sup>, Andrea Bognanni<sup>1</sup>, Francesco Cremaschi<sup>1</sup>, Simona Grazioli<sup>1</sup>, Bruno Paglia<sup>1</sup>**

*1 Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, {bocchi, bognanni, cremaschi, grazioli, paglia}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** Proficiency Test, assicurazione di validità dei risultati, leganti idraulici, cementi, prove di laboratorio

### ABSTRACT

Le attività di prova svolte nel laboratorio CNR-ITC materiali edilizi, sezione leganti, sono in gran parte attività coperte da certificato di accreditamento [1]. Le prove, infatti, sono parte di un più complesso sistema certificativo conforme allo standard UNI CEI EN ISO/IEC 17065:2012 “Valutazione della conformità - Requisiti per organismi che certificano prodotti, processi e servizi” [2] e come tali devono soddisfare i requisiti della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018 “Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura” [3].

Nessuna attività di controllo e verifica condotta da parte di un ente terzo potrebbe mai essere accettata dai clienti come dalle autorità in ambito legislativo, se non fosse condotta in modo oggettivamente competente, imparziale, e basata su risultati affidabili. Il confronto interlaboratorio, ossia l’organizzazione, esecuzione e valutazioni di prove su oggetti simili da parte di più laboratori in conformità a condizioni prestabilite è uno dei modi indicati dalla 17025 per monitorare la validità dei risultati di prova.

Nel presente lavoro saranno descritte e analizzate le attività e i risultati di prove valutative interlaboratorio (Proficiency Testing – PT) condotte da CNR-ITC su cementi comuni. Le prove oggetto di verifica sono quelle previste nel processo di valutazione e verifica della costanza delle prestazioni dei cementi (EN 197-2 [4]) richiamate dalla norma armonizzata 197-1 [5].

L’organizzazione del PT fornisce ogni anno una specifica quantità di legante idraulico le cui caratteristiche chimico-meccaniche sono ignote ai partecipanti e sui quali gli stessi devono eseguire le prove e fornire i risultati all’Organizzatore. I risultati del PT sono espressi i termini di “z-score”; quanto più i valori dello “z” tendono a “zero” tanto più è dimostrata la capacità del laboratorio di fornire dei risultati affidabili e corretti.

I laboratori di CNR-ITC partecipano annualmente ai PT “UNICEMENTO” e “ATILH” per le seguenti prove: Resistenza alla compressione e alla flessione (EN 196-1:2016), tempo di inizio presa ed espansione (EN 196-3:2017), Calore di idratazione (EN 196-9:2009), setacciatura a getto d'aria (EN 196-6:2016), finezza metodo Blaine (EN 196-6:2016), perdita al fuoco, residuo insolubile, cloruri, solfati, contenuto di C<sub>3</sub>A nel Clinker (EN 196-2:2013), contenuto di cromo (VI) (EN 196-10:2016). Nell'ambito di questo lavoro, si riporta una sintesi dei principali risultati ottenuti da CNR-ITC negli ultimi 12 mesi che dimostrano le competenze del laboratorio.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Accredia (2022, 01 marzo). *Certificato di Accreditamento n. 01854 emesso a favore di ITC-CNR Via Lombardia, n.49, 20098 - San Giuliano Milanese (MI), Italiano*. Ente Italiano di Accreditamento.
- [2] UNI (2012). *Valutazione della conformità - Requisiti per organismi che certificano prodotti, processi e servizi (UNI CEI EN ISO/IEC 17065:2012)*. Ente Italiano di Normazione.
- [3] UNI (2018). *Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura (UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018)*. Ente Italiano di Normazione.
- [4] UNI (2020). *Cemento - Parte 2: Valutazione e verifica della costanza della prestazione (UNI EN 197-2:2020)*. Ente Italiano di Normazione.
- [5] UNI (2011). *Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni (UNI EN 197-1:2011)*. Ente Italiano di Normazione.

## Attività di Ispezione dell'Organismo Notificato per i prodotti da costruzione

**Daniele Beltramini<sup>1</sup>, Marcio Chinellato<sup>1</sup>, Francesco Cremaschi<sup>1</sup>, Moreno Gallo<sup>1</sup>,  
Giuseppina De Luca<sup>1</sup>, Antonio Bonati<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione,  
{beltramini, chinellato, cremaschi, gallo, deluca, bonati}@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** ispezione, attività di AVCP presso il fabbricante, organismo notificato, prodotti da costruzione

### **ABSTRACT**

Tra le numerose attività svolte dall'Istituto per le Tecnologie della Costruzione (CNR-ITC) rientra un servizio altamente specializzato a supporto delle imprese nazionali, in particolare di quelle di piccole e medie dimensioni, nella fase di innovazione di prodotto ovvero quella della certificazione del prodotto, che rappresenta un passaggio fondamentale e, in alcuni casi, necessario per consentire l'immissione sul mercato del prodotto.

La regolamentazione relativa all'immissione dei prodotti da costruzione nel mercato europeo è stata chiaramente definita da decenni, a partire dalla Direttiva Prodotti da Costruzione del 1989, successivamente sostituita dal CPR 305/2011, recentemente abrogato dal Regolamento (UE) 2024/3110 [1]. Il principale elemento di riconoscimento di questo processo è il contrassegno CE.

La certificazione può essere descritta come un processo volto a garantire che le prestazioni dichiarate e associate a un determinato prodotto siano effettivamente verificate e affidabili. Oltre alla determinazione delle prestazioni iniziali, spesso condotta su esemplari unici o prototipi, è fondamentale assicurare che tali caratteristiche siano mantenute o migliorate nei successivi prodotti immessi sul mercato. Sebbene questa responsabilità ricada sul fabbricante, la verifica può essere affidata a un organismo terzo altamente qualificato e riconosciuto a livello europeo, ossia l'organismo notificato.

Nell'ambito di tale quadro, CNR-ITC in qualità di organismo notificato n. 0970, svolge attività di prova e di ispezione. Nell'ambito di questo lavoro si descrivono le attività condotte dal Corpo ispettori di CNR-ITC. Vengono esaminati il numero di fabbricanti gestiti, i certificati emessi [2], le aree di prodotto coperte e i Documenti di Valutazione Europea (EAD) per i quali CNR-ITC è abilitato a operare come ente notificato [3]. Questi dati vengono confrontati con la disponibilità di organismi analoghi a livello nazionale ed europeo [4], nonché con le

risorse effettivamente necessarie per dimostrare la competenza richiesta per lo svolgimento di tali attività. Inoltre, sono analizzate le criticità riscontrate nell'eseguire attività di ispezione quando le specifiche tecniche di riferimento non forniscono delle indicazioni chiare e univoche sulle modalità/ frequenza dei controlli da eseguire da parte del Fabbricante. I risultati delle analisi evidenziano il ruolo di CNR-ITC quale O.N. a supporto dei Fabbricanti, favorendone lo sviluppo economico del paese anziché ostacolarlo.

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] Parlamento Europeo (2024). *Regolamento (UE) 2024/3110 del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 27 novembre 2024, che fissa norme armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e abroga il regolamento (UE) n.305/2011 (Testo rilevante ai fini del SEE)*. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, Serie L (IT) (n. 2024/3110 del 18 dicembre 2024.) [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=OJ:L\\_202403110](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=OJ:L_202403110)
- [2] ITC-CNR (s.d.). *Registro Certificati e Documenti Emessi di ITC-CNR (Organismo Notificato n.0970)*. <<http://registro.itc.cnr.it/certificati-TUTTI.php>> (ultimo accesso 10 febbraio 2025).
- [3] Elenco dei decreti Abilitazioni assegnate da: MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO – MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE – MINISTERO DELL'INTERNO
- [4] European Commission (s.d.) *NANDO (New Approach Notified and Designated Organisations) Information System*. (Database della Commissione Europea). <<https://webgate.ec.europa.eu/single-market-compliance-space/notified-bodies>> (ultimo accesso 10 febbraio 2025).

## Il Laboratorio Comportamento al Fuoco di CNR-ITC

**Vittorio Galimberti<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione, galimberti@itc.cnr.it*

**Parole chiave:** reazione al fuoco, prodotti, materiali, sistemi costruttivi

### **ABSTRACT**

Il laboratorio Comportamento al Fuoco di CNR-ITC si occupa della determinazione del comportamento di materiali e sistemi edilizi tradizionali o innovativi, quando messi a contatto con una sorgente di calore, con particolare attenzione alla reazione al fuoco degli stessi, valutando se si verifica un innesco, come si propaga l'incendio dei campioni testati ovvero il contributo all'incendio.

I test standard vengono condotti su campioni rappresentativi dei materiali o dei sistemi assoggettati a prove di reazione al fuoco, preparati secondo le specifiche tecniche indicate nelle norme di prodotto. I campioni prima di essere sottoposti a test devono essere assoggettati a periodi di condizionamento di durata differente in funzione della tipologia di materiali indicati dalle norme europee del settore [1].

Generalmente vengono condotti test standard su prodotti o sistemi noti ma nel caso di prodotti innovativi o di prototipi vengono condotti test orientativi, che consentono al produttore di migliorare eventualmente le prestazioni dei loro prodotti. Il laboratorio conduce inoltre test interlaboratorio al livello europeo “round robin”. [2].

Le attività di laboratorio e di sperimentazione sono principalmente di supporto ai progetti di ricerca dell'UdR SG1.

Le strutture e strumentazioni del laboratorio Comportamento al Fuoco includono:

Apparecchiatura per le prove di reazione al fuoco di prodotti “accendibilità” [3];  
Apparecchiatura per le prove di reazione al fuoco di sistemi “SBI” (Singol Burning Item) [4];  
Apparecchiatura per le prove di reazione al fuoco di pavimenti e rivestimenti [5];  
Apparecchiatura per la determinazione del PCS (Potere Calorifico Superiore) di materiali [6];  
Apparecchiatura per “prove di non combustibilità” di materiali [7].

Al fine di garantire il corretto funzionamento di tutte le apparecchiature e dei relativi sensori e per garantire la ripetibilità e affidabilità dei risultati vengono effettuate regolari operazioni di

manutenzione, verifica e tarature, nonché vengono annualmente condotte prove in doppio. Il Laboratorio Comportamento al Fuoco di CNR-ITC è accreditato da Accredia laboratorio prove di reazione al fuoco [8].

### **Riferimenti bibliografici**

- [1] UNI (2010). *Prove di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione – Procedimenti di condizionamento regole per la scelta dei substrati* (UNI EN 13238 2010). Ente Italiano di Normazione.
- [2] EC (2023). *Certifer - Eurocomparison 2023 Report - Inter-Laboratory Comparison on Railway Fire Behavior Tests* (EC\_6202\_0002\_1).
- [3] UNI (2020). *Prove di reazione al fuoco -Accendibilità dei prodotti sottoposti all'attacco diretto della fiamma – Parte 2: Prova con l'impiego di una singola fiamma* (UNI EN ISO 11925-2:2020). Ente Italiano di Normazione.
- [4] UNI (2022). *Prove di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione – Prodotti da costruzione, esclusi i pavimenti, esposti ad un attacco termico prodotto da un singolo oggetto di combustione* (UNI EN 13823:2022). Ente Italiano di Normazione.
- [5] UNI (2010). *Prove di reazione al fuoco dei pavimenti – Parte 1: Valutazione del comportamento al fuoco utilizzando una sorgente di calore radiante* (UNI EN ISO 9239-1:2010). Ente Italiano di Normazione.
- [6] UNI (2018). *Prove di reazione al fuoco dei prodotti – Determinazione del potere calorifico superiore* (UNI EN ISO 1716:2018). Ente Italiano di Normazione.
- [7] UNI (2020). *Prove di reazione al fuoco dei prodotti – Prova di non combustibilità* (UNI EN ISO 1182:2020). Ente Italiano di Normazione.
- [8] UNI (2018). *Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura* (UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018). Ente Italiano di Normazione.
- [9] Bonati, A., Franco, A. & Galimberti, V. (2017). *Fire behaviour of ETICS with organic insulation: the skin is all!*. In *FireSS – International Fire Safety Symposium Naples, Italy, 7th-9th June 2017* (pp. 65-72).



## Prima conferenza del CNR-ITC: ITC Construction days 2025

### Valeria Ancona

Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie della Costruzione,  
ancona@itc.cnr.it

**Parole chiave:** dibattito transdisciplinare, ambiente costruito, rigenerazione urbana ed ambientale

La comunità scientifica dell'Istituto per le Tecnologie della Costruzione (ITC) è composta da 41 ricercatori, 9 tecnologi, 29 tecnici, 8 amministrativi, 26 associati e circa 20 unità tra assegnisti, dottorandi e borsisti che rappresentano un ventaglio di conoscenze scientifiche e competenze tecniche estremamente multidisciplinare nel settore della ricerca nazionale ed internazionale sull'ambiente costruito, sulle costruzioni e sullo sviluppo sostenibile dell'ambiente e dei territori. L'organigramma dell'istituto, di recente definizione ed approvazione, articola le organizzazioni delle attività tecniche e scientifiche nelle seguenti unità di ricerca:

- Unità di Ricerca SG1 – *Materiali, componenti e tecnologie di nuova concezione per una costruzione sicura e di elevate prestazioni.*
- Unità di Ricerca SG2 – *Soluzioni e tecnologie sostenibili per l'efficienza energetica, la qualità ambientale e l'acustica di edifici e aree urbane.*
- Unità di Ricerca AQ – *Modelli digitali multiscalari e polifunzionali per la documentazione e salvaguardia delle aree interne.*
- Unità di Ricerca BA – *Transizione ecologica giusta per lo sviluppo sostenibile e resiliente dell'ambiente e dei territori.*
- Unità di Ricerca NA – *Tecnologie, strutture e materiali intelligenti per il monitoraggio, la sicurezza e la resilienza dell'ambiente costruito.*
- Unità di Ricerca PD1 – *Tecnologie per la sostenibilità ambientale nel settore HVAC&R e nella catena del freddo.*
- Unità di Ricerca PD2 – *Proprietà termofisiche e prestazioni di refrigeranti e nanofluidi.*
- Unità di ricerca intersede – *Patrimonio culturale e innovazione tecnologica per la sostenibilità dell'ambiente costruito e la rigenerazione urbana resiliente.*

L'organizzazione della prima conferenza di istituto "ITC Construction Days" intende promuovere l'integrazione tra le diverse competenze e favorire la programmazione di alcune

nuove linee di ricerca interdisciplinari. Inoltre, in linea con la vocazione e tradizione dell'ITC e in coerenza con il Piano di riorganizzazione e rilancio del CNR, attraverso la realizzazione di tale evento si vuole confermare e rafforzare il rapporto con il territorio sia con le Istituzioni e le pubbliche amministrazioni sia con tutti gli attori della filiera produttiva delle costruzioni. In particolare, l'organizzazione delle giornate di studio della conferenza è stata finalizzata sia ad incentivare lo sviluppo di ricerche innovative sull'ambiente costruito resiliente e sulla rigenerazione urbana sostenibile attraverso i modelli digitali e l'intelligenza artificiale, sia a favorire la valorizzazione della dimensione umanistica attraverso l'interazione con le scienze umane e sociali nell'ottica dello sviluppo sostenibile (ambientale, sociale, economico). Nell'ambito dei lavori della conferenza sarà possibile promuovere le progettualità internazionali improntate al raggiungimento della neutralità climatica dell'Europa entro il 2050, in linea con il Piano europeo per l'ambiente Green New Deal for Europe e quindi favorire il rafforzamento della proiezione internazionale dell'Istituto sia in termini di collaborazioni scientifiche sia nelle attività di disseminazione accademica. In ultimo, sarà possibile far emergere l'interazione con il sistema produttivo della filiera delle costruzioni allo scopo di identificare ed aggiornare le sfide emergenti per la ricerca, a livello nazionale e internazionale.

I temi proposti all'interno dei focus tematici della conferenza desiderano indirizzare gli studiosi ad affrontare un dibattito transdisciplinare che, attraverso i differenti punti di vista e gli ambiti specifici di ogni partecipante, affronti il tema delle costruzioni e di tutto il variegato processo legato all'ambiente costruito nelle sue molteplici sfaccettature e declinazioni, nonché della rigenerazione urbana e ambientale.

Attraverso la call for abstract sono stati raccolti 154 contributi scientifici distribuiti nei seguenti nove Topic:

1. Innovazione, materiali, soluzioni e tecnologie per le costruzioni e l'ambiente costruito.
2. Tecnologie per la sostenibilità ambientale, nel settore del condizionamento dell'aria e della refrigerazione.
3. Patrimonio culturale e innovazione tecnologica per la sostenibilità dell'ambiente costruito e la rigenerazione urbana resiliente.
4. Transizione ecologica giusta per lo sviluppo sostenibile e resiliente dell'ambiente e dei territori.

5. Tecnologie digitali per la conoscenza, la documentazione, rappresentazione, manutenzione, gestione e valorizzazione del costruito e del paesaggio antropizzato.
6. Soluzioni e tecnologie sostenibili per l'efficienza energetica, la qualità ambientale e l'acustica di edifici e aree urbane.
7. Vulnerabilità e valutazione del rischio dei sistemi edilizi, delle infrastrutture e dei territori.
8. Supporto tecnico scientifico allo sviluppo normativo e alla certificazione dei prodotti.
9. Comunicazione, valorizzazione della ricerca e attività di public engagement. Nelle prime due giornate (7 e 8 maggio) la conferenza ITC Construction Days sarà ospitata presso la sede storica di Assimpredil Ance (Associazione delle Imprese edili e complementari delle province di Milano, Lodi, Monza e Brianza) situata nel centro di Milano. In tale location sarà favorito il dialogo tra il mondo della ricerca sulle costruzioni ed il mondo produttivo che si avvierà in fase iniziale con la definizione delle "sfide" e attraverso il giusto equilibrio tra gli avanzamenti della ricerca, le esigenze delle imprese e le aspettative delle comunità si concluderà con la condivisione delle "soluzioni".

Nella giornata conclusiva (9 maggio) si svolgerà un open day presso la sede dell'ITC-CNR a San Giuliano Milanese (MI), in cui sarà possibile favorire la conoscenza del bagaglio di competenze del personale della sede milanese dell'istituto, fortemente coinvolto nelle attività tecnico-scientifiche finalizzate al supporto della definizione di nuovi quadri normativi e alle certificazioni dei prodotti del comparto delle costruzioni.

L'organizzazione della prima edizione della conferenza di istituto è stata possibile grazie alla visione del *Chair*, Massimo Clemente, volta a valorizzare le diverse competenze che sono già all'interno di ITC e al contempo a promuovere e favorire le iniziative di ricercatori e tecnologi finalizzate a collaborazioni interdisciplinari con gli altri enti di ricerca e con le università che possono essere particolarmente utili per l'ampliamento multi-scalare dell'oggetto di studio all'ambiente costruito.

Un ruolo fondamentale è stato svolto dal comitato scientifico composto da 36 ricercatori e tecnologi dell'istituto e 40 componenti esterni provenienti dalle più rilevanti realtà del mondo accademico e della ricerca e delle società nazionali dell'urbanistica, del restauro e dell'estimo (figura 1).

COMITATO SCIENTIFICO	
Angela BARBANTE, <i>Presidentessa Società Italiana degli Urbanisti</i>	Valeria ANCONA, <i>CNR – ITC</i>
Alessandra BATTISTI, <i>Università di Roma Sapienza</i>	Alice BELLAZZI, <i>CNR – ITC</i>
Massimo BRICOCOLI, <i>Direttore DASU Politecnico di Milano</i>	Lorenzo BELLUSSI, <i>CNR – ITC</i>
Emilio Fortunato CAMPANA, <i>Direttore Dipartimento CNR-DIETET</i>	Sergio BOBBO, <i>CNR – ITC</i>
Salvatore CAPASSO, <i>Direttore Dipartimento CNR-DSU</i>	Antonio BONATI, <i>CNR – ITC</i>
Stefano CAPOLONGO, <i>Direttore DABC del Politecnico di Milano</i>	Paolino CASSESE, <i>CNR-ITC</i>
Alessandro CASTAGNARO, <i>Università degli Studi di Napoli Federico II</i>	Corrado CASTAGNARO, <i>CNR – ITC</i>
Giordana CASTELLI, <i>Dipartimento CNR-DIETET</i>	Maddalena CIMMINO, <i>CNR-ITC</i>
Edoardo COSENZA, <i>Università degli Studi di Napoli Federico II</i>	Massimo CLEMENTE, <i>Direttore CNR – ITC</i>
Lucio D'ALESSANDRO, <i>Rettore Università degli Studi Suor Orsola Benincasa</i>	Orsola COPPOLA, <i>CNR – ITC</i>
Valeria D'AMBROSIO, <i>Università degli Studi di Napoli Federico II</i>	Ludovico DANZA, <i>CNR – ITC</i>
Filippo DE ROSSI, <i>Università degli Studi di Napoli Federico II</i>	Giuseppina DE LUCA, <i>CNR – ITC</i>
Giovanni FABBROCINO, <i>Università degli Studi del Molise</i>	Anna DEVITOFRANCESCO, <i>CNR-ITC</i>
Dora FOTI, <i>Politecnico di Bari</i>	Monica FABRIZIO, <i>CNR – ITC</i>
Andrea GIORDANO, <i>Direttore DICEA Università degli Studi di Padova</i>	Laura FEDELE, <i>CNR – ITC</i>
Fabio GRAZIOSI, <i>Università degli Studi dell'Aquila</i>	Giovanni FERRARINI, <i>CNR – ITC</i>
Matteo IGNACCOLO, <i>Direttore DICAR Università degli Studi di Catania</i>	Annalisa FRANCO, <i>CNR – ITC</i>
Mario LOSASSO, <i>Presidente della Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura</i>	Matteo GHELLERE, <i>CNR – ITC</i>
Bianca Gioia MARINO, <i>Università degli Studi di Napoli Federico II</i>	Eleonora GIOVENE DI GIRASOLE, <i>CNR – ITC</i>
Nicola MARTINELLI, <i>Politecnico di Bari</i>	Paola LASSANDRO, <i>CNR – ITC</i>
Francesco Domenico MOCCIA, <i>Segretario generale Istituto Nazionale di Urbanistica</i>	Antonella LERARIO, <i>CNR – ITC</i>
Emidio NIGRO, <i>Direttore DISI Università degli Studi di Napoli Federico II</i>	Antonio MANNELLA, <i>CNR – ITC</i>
Antonio OCCHIUZZI, <i>Università degli Studi di Napoli Parthenope</i>	Sergio MARINETTI, <i>CNR – ITC</i>
Alessandra OPPIO, <i>Presidentessa della Società Italiana di Estimo e Valutazione</i>	Adriana MARRA, <i>CNR – ITC</i>
Alberto PAVESE, <i>Università degli Studi di Pavia</i>	Silvia MINETTO, <i>CNR – ITC</i>
Francesco PETRACCHINI, <i>Direttore Dipartimento CNR-DTA</i>	Luisa MORFINI, <i>CNR-ITC</i>
Silvia PIARDI, <i>Professoressa Onoraria del Politecnico di Milano</i>	Laura PORRO, <i>CNR-ITC</i>
Renata PICONE, <i>Presidentessa Società Italiana per il Restauro dell'Architettura</i>	Carlo RAINIERI, <i>CNR – ITC</i>
Fulvia PINTO, <i>Politecnico di Milano</i>	Ilenia ROSATI, <i>CNR-ITC</i>
Andrea PROTA, <i>Presidente della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base, Università Federico II</i>	Francesco SALAMONE, <i>CNR – ITC</i>
Riccardo REALFONZO, <i>Direttore scientifico Consorzio Promos Ricerche</i>	Francesca SAVINI, <i>CNR – ITC</i>
Michelangelo RUSSO, <i>Università degli Studi di Napoli Federico II</i>	Luca SCHIAVI, <i>CNR – ITC</i>
Anna SAETTA, <i>Università IUAV di Venezia</i>	Chiara SCROSATI, <i>CNR – ITC</i>
Alberto SANNA, <i>Direttore Center for Advanced Technology in Health and Well Being, Ospedale San Raffaele</i>	Alberto STRINI, <i>CNR – ITC</i>
Marella SANTANGELO, <i>Direttrice DIARC Università degli Studi di Napoli Federico II</i>	Ilaria TRIZIO, <i>CNR – ITC</i>
Michela SPAGNUOLO, <i>Direttrice CNR-IMATI</i>	Vito Felice URICCHIO, <i>CNR – ITC</i>
Maurizio TIRA, <i>Università degli Studi di Brescia</i>	
Michele TALIA, <i>Presidente Istituto Nazionale di Urbanistica</i>	
Antonio Felice URICCHIO, <i>Presidente ANVUR</i>	
Ornella ZERLENGA, <i>Presidentessa Unione Italiana Disegno</i>	

Figura 1. Comitato scientifico ITC Construction Days 2025

Inoltre, il comitato organizzativo, costituito dai tre componenti della segreteria scientifica di ITC, ha contribuito alla definizione ed attuazione della programmazione della conferenza, ed un prezioso supporto è stato profuso dalla segreteria tecnico-scientifica e dalla segreteria organizzativa dell'evento, entrambe composte da sette unità di personale ITC (figura 2).

COMITATO ORGANIZZATIVO	SEGRETARIA TECNICO-SCIENTIFICA	SEGRETARIA TECNICO-AMMINISTRATIVA
Valeria ANCONA, <i>CNR – ITC</i>	Salvatore CAPORTORTO, <i>CNR – ITC</i>	Patrizia BARCHITTA, <i>CNR – ITC</i>
Giuseppina DE LUCA, <i>CNR – ITC</i>	Gianluca CIUCA, <i>CNR – ITC</i>	Roberta Wanda CAPOGROSSO, <i>CNR – ITC</i>
Ilaria TRIZIO, <i>CNR – ITC</i>	Benedetta ETTORRE, <i>CNR – ITC</i>	Simona DAGUANO, <i>CNR – ITC</i>
	Alessandro GIANNANGELI, <i>CNR – ITC</i>	Anna Lita LA ROCCA, <i>CNR – ITC</i>
	Claudio MAFFÈ, <i>CNR – ITC</i>	Tosca SOFFIENTINI, <i>CNR – ITC</i>
	Federica MICONI, <i>CNR – ITC</i>	Laura NIRONI, <i>CNR – ITC</i>
	Paolo MIRABELLI, <i>CNR – ITC</i>	Paola DESSY, <i>CNR – ITC</i>

Figura 2. Comitato organizzativo e Segreterie tecnico-scientifica e tecnico-amministrativa ITC Construction Days 2025.

## ITC Community

Barbara Acerbi, Maria Antonietta Aiello, Valeria Ancona, Ferdinando Balice, Emanuele Barca, Patrizia Barchitta, Concetta Baroniello, Benedetta Barozzi, Alice Bellazzi, Daniele Beltramini, Lorenzo Belussi, Enrico Bernardi, Francesco Bianco, Laura Bignami, Maria Silvia Binetti, Paolo Bison, Sergio Bobbo, Alessandro Bocchi, Andrea Gianluigi Bognanni, Antonio Bonati, Francesca Bosio, Renzo Canova, Roberta Wanda Capogrosso, Salvatore Capotorto, Paolo Cardillo, Nicola Caterino, Irene Casarin, Paolino Cassese, Corrado Castagnaro, Sara Cattaneo, Giovanni Cavanna, Francesca Ceroni, Rios Marcio Chinellato De Oliveira, Luigi Cieri, Maddalena Cimmino, Gianluca Ciuca, Massimo Clemente, Emanuela Coppola, Orsola Coppola, Alessio Cordisco, Davide Corsaro, Edoardo Cosenza, Francesco Cremaschi, Simona D'Aguanno, Ludovico Danza, Francesca Da Porto, Alessio De Corso, Giuseppina De Luca, Filippo de Rossi, Michele Depalma, Paola Dessy, Anna Devitofrancesco, Davide Oreste Di Pasquale, Giovanni Di Nicola, Chiara Di Vincenzo, Benedetta Ettore, Monica Fabrizio, Giovanni Fabbrocino, Francesco Fabris, Laura Fedele, Giovanni Ferrarini, Dora Foti, Annalisa Franco, Vittorio Galimberti, Moreno Gallo, Danilo Gargaro, Matteo Ghellere, Maria Giallella, Marco Giallonardo, Alessandro Giannangeli, Eleonora Giovene Di Girasole, Simona Grazioli, Anna Leonilda La Rocca, Paola Lassandro, Vittorio Leandro, Antonella Lerario, Giulia Lombardo, Giuseppe Maddaloni, Claudio Maffe', Gennaro Magliulo, Valeria Mammone, Antonio Mannella, Sergio Marinetti, Bianca Gioia Marino, Adriana Marra, Pietro Marras, Carmine Massarelli, Davide Menegazzo, Federica Miconi, Silvia Minetto, Paolo Mirabelli, Fabio Antonio Montagna, Luisa Morfini, Laura Francesca Roberta Nironi, Antonietta Maria Nisi, Antonio Occhiuzzi, Rossella Oliverio, Marco Padula, Bruno Paglia, Barbara Pagnin, Assunta Pelliccio, Gabriele Pisano, Maria Cristina Pollastro, Laura Porro, Carlo Rainieri, Michele Ranallo, Daniela Righetti, Ilenia Rosati, Antonio Rossetti, Stefano Rossi, Gianni Royer Carfagni, Francesco Salamone, Antonio Sandoli, Anna Saetta, Francesca Savini, Mauro Scattolini, Carlo Luca Schiavi, Chiara Scrosati, Tosca Soffientini, Alberto Strini, Maria Tenerelli, Pietro Tirloni, Ilaria Trizio, Vito Felice Uricchio, Riccardo Zanoni, Marta Ziccardi, Marina Zonno



