



La memoria dei materiali

a cura di GRAZIELLA BERNARDO

UNIVERSITÀ

tabedizioni

La memoria dei materiali

a cura di Graziella Bernardo

prefazione di Antonella Guida

UNIVERSITÀ

The research was carried out within Action 1: Digital Heritage Passport for green tailor-made products based on traditional lime, Pilot Project 4.2.1: Materials, Architecture and Design: Open Knowledge and Innovative Digital Tools for Cultural Heritage. This is part of the Research and Innovation Program Tech4You – Technologies for Climate Change Adaptation and Quality of Life Improvement, SPOKE 4 – Technologies for Resilient and Accessible Cultural and Natural Heritage, Goal 2, National Recovery and Resilience Plan – PNRR, funded by the European Union – NextGenerationEU. Identification code: ECSoxxxxxx09 – CUP C43C22000400006.

tab edizioni

© 2025 Gruppo editoriale Tab s.r.l.
viale Manzoni 24/c
00185 Roma
www.tabedizioni.it

Prima edizione dicembre 2025
ISBN versione cartacea 979-12-5669-292-7
ISBN versione digitale open access
(licenza CC BY-NC-ND 4.0) 979-12-5669-299-6

Indice

- p. 7 Prefazione di Antonella Guida
11 Introduzione
- 15 Capitolo 1
Energia, cultura e digitalizzazione nel progetto del costruito contemporaneo
1.1. La materia come struttura di temporalità, stratificazioni e identità, 15
1.2. Energia incorporata e carbonio incorporato: la parte sommersa dell'impatto del costruito, 16
1.3. Il Passaporto Digitale di Prodotto: la digitalizzazione della memoria materica e l'emergere di una nuova trasparenza, 18
1.4. Custodire e rigenerare: i Building Heritage Materials Passport nei borghi lucani, 20
1.5. Progettare con la memoria dei materiali, 25
1.6. Nanomateriali tailor-made a base calce per la neutralità climatica e la conservazione del patrimonio culturale, 28
Riferimenti bibliografici, 32
- 35 Capitolo 2
Co-creazione e sperimentazione del Passaporto Digitale di Prodotto nella progettazione architettonica sostenibile
2.1. L'Open Living Lab come strumento didattico e di ricerca, 35
2.2. Quadro teorico e normativo, 36
2.3. La metodologia della sperimentazione didattica e di ricerca, 41
2.4. Esiti del Living Lab: integrazione tra Sistema Costruttivo e Passaporto Digitale di Prodotto, 43
2.5. Conclusioni, 49
Riferimenti bibliografici, 50

p. 53 Capitolo 3

Towards Continuum Building Design. Designing through Time: Circularity, Memory, Innovation

“Terra Resource”: urban chamber for Matera, 62

Heavier than life: rethinking design in an era of excess, 66

From raw earth to form, 70

Cork Shield, 74

Canapanel Frame, 78

Place-based sustainable architecture, 82

Materials as resources in motion: reversible design, 86

Wind responsibility: an incomplete transition, 90

Residual energy, 94

Prefazione

Il volume *La memoria dei materiali* si inserisce in un percorso di ricerca e formazione che negli ultimi anni ha assunto un ruolo centrale nel settore scientifico-disciplinare dell'architettura tecnica presso l'Università degli Studi della Basilicata. In un momento storico in cui il progetto è chiamato a confrontarsi con emergenze climatiche, mutamenti sociali, trasformazioni del patrimonio costruito e innovazioni tecnologiche radicali, diventa essenziale ripensare il ruolo dei materiali non soltanto come componenti tecnici, ma come veri e propri vettori di conoscenza, storia, energia e identità. Questo libro nasce da tale necessità: restituire alla materia la profondità del suo significato, evidenziarne la dimensione temporale e culturale, e al tempo stesso interpretarla attraverso strumenti digitali avanzati capaci di accompagnare la transizione ecologica e digitale del settore delle costruzioni.

L'Università della Basilicata, in qualità di istituzione radicata nel territorio e aperta alle sfide globali, ha consolidato nel tempo una missione che integra formazione, ricerca applicata e terza missione. Tale integrazione si manifesta pienamente nelle attività che convergono in questo volume: percorsi didattici evoluti, sperimentazioni laboratoriali, progetti interdisciplinari e azioni di co-creazione con gli studenti della laurea magistrale a ciclo unico in architettura e i dottorandi del corso Cities and Landscapes: Architecture, Archaeology, Cultural Heritage, History and Resources del Dipartimento per l'innovazione umanistica, scientifica e sociale (DiUSS). L'approccio dell'Open Living Lab, adottato e consolidato nel nostro Dipartimento, rappresenta un modello di apprendimento e ricerca che valorizza la dimensione partecipativa, il confronto con il reale, la sperimentazione sul campo e la documentazione rigorosa dei processi. In esso, la memoria dei materiali diventa una lente interpretativa

attraverso cui leggere il costruito e, contemporaneamente, uno strumento operativo che guida le scelte progettuali.

Il libro presenta i materiali come entità vive, attraversate da temporalità complesse e interconnesse. La materia, infatti, conserva tracce di provenienza, modalità di trasformazione, saperi artigiani, tecniche costruttive, prestazioni fisiche ed energetiche che incidono direttamente sulla qualità dell'ambiente costruito e sulla possibilità di costruire architetture sostenibili e durevoli. Il tema della memoria, declinato in senso tecnico, storico, ambientale e performativo, permette di comprendere come le prestazioni di un edificio e la sua relazione con il contesto siano indissolubilmente legate alla consapevolezza dei materiali che lo compongono.

In questa prospettiva, il volume si distingue per la capacità di integrare la componente teorico-critica con quella sperimentale e digitale. Particolare rilievo assume l'utilizzo del Digital Product Passport (DPP) per i materiali da costruzione, introdotto nei percorsi formativi e nelle sperimentazioni dell'Open Living Lab e sviluppato in conformità alle più recenti normative europee – dall'Ecodesign for Sustainable Products Regulation al nuovo Construction Products Regulation. Il DPP consente di tracciare, monitorare e documentare l'intero ciclo di vita di materiali e componenti, restituendo una conoscenza quantitativa e qualitativa indispensabile per progettare con logiche di economia circolare, riduzione degli impatti ambientali e gestione informata del carbonio incorporato.

Accanto al DPP, assume un valore strategico il Building Heritage Materials Passport (BHMP), sviluppato per il patrimonio costruito della Basilicata. Tale strumento rende possibile una lettura avanzata dei materiali tradizionali, integrando memoria costruttiva, compatibilità materica, tracciabilità e potenzialità di rigenerazione. La Basilicata, per la ricchezza e la complessità del suo patrimonio edilizio, si rivela un laboratorio ideale per sperimentare modelli replicabili di gestione digitale e sostenibile dei materiali, capaci di coniugare tradizione e innovazione.

L'intero lavoro documentato in questo volume è stato sviluppato nell'ambito dell'Azione 1 “Digital Heritage Passport for green tailor-made products based on traditional lime” del Progetto Pilota 4.2.1 “Materials, Architecture and Design: Open Knowledge and Innovative Digital Tools for Cultural Heritage”. Il progetto si colloca nel Programma di Ricerca e Innovazione Tech4You – Technologies

for Climate Change Adaptation and Quality of Life Improvement dello SPOKE 4 – Technologies for Resilient and Accessible Cultural and Natural Heritage, Goal 2, parte del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), finanziato dall'Unione Europea – NextGenerationEU. È in questo quadro strategico che il volume trova la sua naturale collocazione, contribuendo agli obiettivi del progetto attraverso una sistematizzazione scientifica dei risultati ottenuti, delle sperimentazioni condotte e dei modelli innovativi messi in campo.

Particolarmente significativa è la capacità del libro di documentare la dimensione creativa e progettuale sviluppata dagli studenti e dai dottorandi attraverso l'Open Living Lab: sistemi modulari e disassemblabili, finiture in calce tradizionale personalizzate, pannelli dinamici, arredi sperimentali e componenti architettonici tracciati mediante passaporti digitali. La Towards Continuum Building Design. Designing through Time: Circularity, Memory, Innovation, ospitata al campus di Matera nel 2025, rappresenta la restituzione pubblica di tali percorsi, offrendo una visione chiara di come la memoria dei materiali possa essere reinterpretata in chiave resiliente, circolare e innovativa.

In definitiva, La memoria dei materiali non è soltanto un libro, ma un dispositivo: uno strumento che unisce ricerca applicata, formazione avanzata e innovazione digitale; un ponte tra teoria e pratica; un contributo metodologico che rafforza la centralità dei materiali nella progettazione architettonica contemporanea. Esso testimonia come l'Università della Basilicata, attraverso il lavoro integrato dei suoi docenti, ricercatori e studenti, sia oggi un polo di riferimento per l'innovazione nel campo dei materiali, dell'architettura tecnica e della gestione sostenibile del patrimonio costruito.

Questo volume rappresenta dunque un passo ulteriore nella costruzione di una cultura progettuale capace di dialogare con la storia e, al tempo stesso, di anticipare il futuro; una cultura in cui la memoria dei materiali diventa chiave di lettura, strumento operativo e risorsa per formare professionisti in grado di guidare le trasformazioni del nostro paesaggio costruito in modo responsabile, consapevole e profondamente radicato nel territorio.

Antonella Guida

Introduzione

L'architettura contemporanea si trova oggi a un bivio cruciale: conciliare innovazione tecnologica e sostenibilità ambientale senza perdere il legame profondo con la memoria dei materiali. Ogni elemento che compone un edificio porta con sé tracce storiche, comportamenti fisici e chimici, ma anche quantità significative di energia incorporata e di gas a effetto serra, accumulati lungo l'intero ciclo di produzione e trasformazione. In questa prospettiva, i materiali non sono solo componenti strutturali: sono depositi di memoria, energia e carbonio, la cui gestione consapevole costituisce un elemento centrale nella progettazione di edifici sostenibili, resilienti e integrati con il contesto.

Tra tutti i materiali, le finiture a base di calce tradizionale occupano un ruolo strategico. Non si tratta solo di rivestimenti estetici, ma di veri e propri intermediari tra costruito e ambiente naturale, capaci di regolare il comfort termico e igrometrico, influenzare la qualità dell'aria interna e modulare l'esperienza sensoriale degli spazi. La calce, materiale antico e versatile, viene oggi reinterpretata in chiave contemporanea: le formulazioni personalizzate permettono di ottenere finiture con proprietà specifiche di traspirabilità, durabilità, compatibilità ambientale ed estetica, capaci di dialogare armonicamente con l'edificio e con il territorio circostante. Le superfici in calce diventano così strumenti progettuali essenziali, in grado di coniugare funzionalità, estetica e sostenibilità in un unico gesto progettuale.

La scelta consapevole delle finiture a calce tradizionale rappresenta anche un cambio di paradigma progettuale. L'architettura non è più concepita come un oggetto statico e definitivo, ma come un organismo dinamico, parte di un sistema complesso aperto ai cicli di vita dei materiali, alla manutenzione, alla rigenerazione e all'adattamento. In questo contesto, le finiture in calce non

sono semplici rivestimenti, ma componenti attive del progetto, capaci di ottimizzare l'uso di energia e carbonio incorporato, ridurre gli impatti ambientali e contribuire al comfort e alla qualità percettiva degli spazi.

Il libro esplora questi temi attraverso un approccio che intreccia teoria, sperimentazione pratica e strumenti digitali avanzati, mostrando come la progettazione contemporanea possa integrare conoscenze tecnologiche avanzate, analisi scientifiche e sensibilità culturale. In particolare, l'esperienza dell'Open Living Lab, condotta presso il corso di materiali per l'architettura della laurea magistrale in architettura dell'Università degli Studi della Basilicata, ha permesso di sperimentare l'applicazione del Passaporto Digitale dei Materiali da Costruzione. Tale strumento, conforme all'Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR, Regolamento UE 2024/1781) e al Construction Products Regulation (CPR, Regolamento UE 2024/3110), consente di gestire digitalmente informazioni relative al ciclo di vita dei materiali, alla tracciabilità, alla durabilità, alla manutenzione, al riuso e al riciclo, supportando scelte progettuali coerenti con i principi dell'economia circolare.

L'attività ha coinvolto studenti e dottorandi in un percorso di co-creazione e sperimentazione progettuale, sviluppando sistemi modulari e disassemblabili, pannelli dinamici, arredi urbani e altri componenti sperimentali. I progetti sono stati documentati attraverso Passaporti Digitali articolati in flowchart, tabelle e schede tecniche, che hanno reso visibile e immediatamente consultabile l'intero ciclo di vita dei materiali e dei componenti. L'esperienza ha dimostrato come il DPP possa diventare un dispositivo didattico e progettuale, capace di unire innovazione tecnologica, consapevolezza ambientale e trasparenza dei dati.

In questo contesto, l'esperienza sviluppata in Basilicata ha consentito di sperimentare anche il Building Heritage Materials Passport (BHMP), strumento digitale avanzato pensato per tracciare e gestire il ciclo di vita dei materiali nel patrimonio costruito, con particolare attenzione alla sostenibilità e alla compatibilità con gli edifici storici. L'utilizzo del BHMP nei contesti materani e lucani ha permesso di documentare in modo sistematico le caratteristiche dei materiali tradizionali, come la calce e gli intonaci storici dei Sassi, integrando memoria storica, competenze artigianali locali e innovazioni tecnologiche. Questo approccio favorisce non solo la protezione e la valorizzazione del patrimonio edilizio della Basilicata, ma rappresenta anche un modello re-

plicabile per la gestione consapevole dei materiali in progetti contemporanei, promuovendo una progettazione circolare e sostenibile che dialoga con il territorio e la sua storia. Il volume include inoltre il catalogo della mostra “Towards Continuum Building Design. Designing through Time: Circularity, Memory, Innovation”, ospitata presso il campus universitario di Matera nel giugno 2025. La mostra presenta progetti sviluppati dagli studenti che esplorano approcci circolari al design, alla gestione di materiali e alle pratiche costruttive, evidenziando come la memoria materiale possa essere rigenerata attraverso modalità progettuali innovative.

Infine, il libro propone una riflessione sul futuro della progettazione architettonica ecosostenibile: l'integrazione di strumenti digitali come il DPP con materiali green tailor-made a base calce può aprire nuove strade verso una progettazione circolare, verso una gestione consapevole dei dati ambientali e verso la formazione di professionisti in grado di guidare la transizione ecologica e digitale del costruito.



Antico mascherone in pietra con fermo per cavalli nel centro storico di Armento (Potenza). Componente architettonico e simbolo apotropaico rappresentativo del patrimonio culturale locale.

Capitolo 1

Energia, cultura e digitalizzazione nel progetto del costruito contemporaneo

1.1. La materia come struttura di temporalità, stratificazioni e identità

Ogni materiale da costruzione è un organismo complesso, depositario di saperi e di energie accumulate, dove si intrecciano storia geologica, pratiche costruttive, trasformazioni culturali e relazioni ecologiche. Non si tratta di un semplice strumento tecnico: la materia custodisce cicli produttivi, gesti manuali, decisioni progettuali e valori culturali che attraversano generazioni. La materia, in questo senso, è custode di molteplici livelli di temporalità: dalla genesi geologica e minerale dei materiali, alle pratiche di estrazione e lavorazione, fino alle trasformazioni culturali determinate dal contesto sociale e territoriale in cui viene impiegata. Ogni elemento costruttivo agisce così come un archivio vivente, capace di trasmettere informazioni sulle tecnologie disponibili, sulle scelte progettuali e sulle strategie di manutenzione, diventando un ponte tra memoria storica e sostenibilità futura (Sargolini, 2015).

Nella tradizione costruttiva europea e mediterranea, i materiali definivano l'identità dei luoghi e delle comunità, modellando paesaggi culturali attraverso un equilibrio tra disponibilità delle risorse, competenze artigiane e adattamento al clima locale. Pietra, legno, laterizio, terra cruda e fibre vegetali non erano meri strumenti funzionali, ma elementi di un sistema socio-tecnico circolare, basato su riuso, riparazione e trasmissione orale del sapere. Ogni scelta materica, ogni gesto di lavorazione e assemblaggio, incorporava conoscenza sulle caratteristiche del sito, sulle condizioni ambientali e sui limiti tecnologici dell'epoca, costituendo così pratiche di memoria incorporata (Ashby & Johnson, 2014; Braun, 2017).

Il Novecento ha progressivamente trasformato il materiale in prodotto industriale standardizzato, spesso privo di radicamento territoriale e narrazione culturale. Tuttavia, anche nei materiali moderni permane una memoria invisibile, energetica ed ecologica: ogni mattone, pannello o conglomerato incorpora energia, risorse e processi produttivi che continuano a influenzare la sostenibilità dell'edificio (Minunno *et al.*, 2021; Allwood *et al.*, 2022). Riconoscere questa memoria significa leggere il materiale non solo per le sue proprietà fisiche e meccaniche, ma come deposito di conoscenze e relazioni, in grado di guidare scelte progettuali responsabili e strategie di economia circolare. Il progetto contemporaneo, in questo contesto, deve saper dialogare con la storia dei materiali, valorizzandone stratificazioni e identità, e considerare la materia come continuum di conoscenze, in cui passato, presente e futuro si intrecciano. La sfida è recuperare la capacità dei materiali di raccontare storie: non solo di resistere fisicamente nel tempo, ma di trasmettere informazioni su cultura, tecniche costruttive, gesti artigiani e relazioni sociali, trasformando ogni edificio in un archivio vivo della memoria collettiva (Fioravanti, 2020; McLeod, 2018).

1.2. Energia incorporata e carbonio incorporato: la parte sommersa dell'impatto del costruito

Per decenni, la sostenibilità in architettura è stata valutata principalmente attraverso l'energia operativa dell'edificio, ossia i consumi legati a riscaldamento, raffrescamento, ventilazione e illuminazione. Sebbene questa prospettiva sia fondamentale, essa rappresenta solo la punta dell'iceberg del reale impatto ambientale del settore delle costruzioni. La maggior parte delle emissioni di gas serra e dei consumi energetici è già “incorporata” nei materiali utilizzati, ben prima che l'edificio entri in funzione. Il concetto di energia incorporata (embodied energy) e carbonio incorporato (embodied carbon) si riferisce all'energia e alle emissioni di CO₂ legate a tutte le fasi del ciclo di vita del materiale, incluse:

- l'estrazione delle risorse;
- la loro lavorazione e trasformazione in componenti edilizi;
- il trasporto e la logistica;

- l'installazione e la messa in opera;
- la manutenzione e il rinnovo;
- lo smontaggio, il riciclo o il fine vita (Hammond & Jones, 2011; Minunno *et al.*, 2021).

Studi recenti evidenziano che negli edifici ad alte prestazioni energetiche, come quelli a consumo quasi zero, il carbonio incorporato rappresenta già oggi la quota dominante dell'impronta climatica complessiva, arrivando a costituire fino al 50-70% delle emissioni totali nell'arco di vita di 50 anni dell'edificio (Allwood *et al.*, 2022; Dixit *et al.*, 2012). Ciò implica che una progettazione realmente sostenibile deve considerare i materiali non solo in termini di prestazioni funzionali e durabilità, ma come depositi di energia e carbonio, la cui gestione anticipata può ridurre significativamente l'impatto climatico. La scelta consapevole dei materiali, dei sistemi costruttivi e delle tecniche di assemblaggio può avere effetti importanti sulla riduzione del carbonio incorporato. Ad esempio, l'utilizzo di leganti naturali come la calce, malte a basso contenuto di cemento, mattoni cotti in forni a bassa temperatura o aggregati riciclati consente di diminuire le emissioni derivanti dalla produzione industriale. Inoltre, la possibilità di riuso e riciclo dei materiali, prevista già in fase progettuale, riduce la necessità di nuove estrazioni e la produzione di rifiuti (Ibrahim *et al.*, 2024; Bribián *et al.*, 2011). Ciò implica una trasformazione radicale del paradigma progettuale: le scelte materiche non possono più essere valutate unicamente in funzione della durabilità o della prestazione termo-igrometrica, ma devono essere lette come scelte ambientali e climatiche. Ogni materiale porta con sé un debito energetico, una vulnerabilità ecologica e un potenziale di circolarità che devono essere considerati parte integrante della progettazione. (Pomponi & Crawford, 2023; Cabeza *et al.*, 2014). Riconoscere l'importanza dell'incorporato significa passare da una visione prestazionale a una visione metabolica dell'ambiente costruito, dove edifici e materiali vengono letti come nodi di un ecosistema più ampio, in cui la riduzione degli impatti non può più essere rimandata al futuro ma deve essere incorporata già nelle fasi iniziali del processo edilizio. Considerare energia e carbonio incorporati non è solo un obbligo ambientale, ma anche un modo per restituire memoria ecologica alla materia, riconoscendo le connessioni tra processi produttivi, consumo di risorse, patrimonio culturale e futuro sostenibile del costruito.

1.3. Il Passaporto Digitale di Prodotto: la digitalizzazione della memoria materica e l'emergere di una nuova trasparenza

Il recente quadro europeo definito dall'ESPR – Ecodesign for Sustainable Products Regulation (2024) e dal nuovo CPR – Construction Products Regulation (2024) introduce un cambiamento epocale: il Passaporto Digitale di Prodotto (Digital Product Passport, DPP). Non si tratta di uno strumento amministrativo, ma di un dispositivo epistemico che modifica la natura stessa del materiale da costruzione.

Il Passaporto Digitale rende ogni materiale tracciabile lungo tutto il suo ciclo di vita, conservando informazioni su:

- composizione chimica e origine delle risorse;
- energia incorporata e carbonio incorporato;
- processi produttivi;
- sostanze pericolose;
- durabilità, manutenzione e riparabilità;
- potenzialità di riuso, riciclo e recupero;
- modalità di smontaggio;
- certificazioni ambientali;
- compatibilità con strategie di economia circolare.

Questa infrastruttura informativa trasforma la materia in un sistema dotato di identità digitale permanente: un materiale non è più solo un componente, ma un pacchetto di informazioni, un “documento vivente” che accompagna l’edificio nel tempo. Ciò modifica profondamente la cultura del progetto. Il Passaporto Digitale di Prodotto (DPP) rappresenta oggi uno strumento fondamentale non solo per la sostenibilità dei materiali da costruzione contemporanei, ma anche per la tutela e la valorizzazione dei materiali storici e del patrimonio costruito. Il DPP permette di tracciare l’intero ciclo di vita di ogni componente, documentandone la composizione, la provenienza, la lavorazione, l’energia e il carbonio incorporati, le proprietà meccaniche e chimiche, e le modalità di manutenzione e disassemblaggio. Applicato ai materiali storici, il DPP va oltre la mera registrazione di dati fisici: diventa una memoria digitale del sapere costruttivo, capace di raccogliere informazioni su tecniche tradizionali.

nali, gesti artigiani, sequenze operative, varianti locali, e persino testimonianze orali. In questo modo, ogni materiale diventa un archivio vivente, la cui storia non si esaurisce nella costruzione iniziale, ma si arricchisce attraverso interventi di manutenzione, recupero e riuso. Il potenziale innovativo del DPP per il patrimonio costruito si manifesta soprattutto nella possibilità di upcycling dei materiali. Grazie alla conoscenza digitale approfondita delle caratteristiche e del valore intrinseco dei materiali, è possibile progettare interventi che ne preservino le qualità originarie, adattandoli a nuove funzioni senza perdere la loro identità storica. Un blocco di pietra, un intonaco o una malta storica non sono più solo un residuo da smaltire, ma diventano risorsa preziosa da reintegrare nel tessuto edilizio, creando una storia materiale senza fine, fatta di stratificazioni di significato, saperi e memorie accumulate nel tempo. Inoltre, il DPP consente di collegare la dimensione ambientale a quella culturale. La tracciabilità del carbonio incorporato e dell'energia necessaria per la produzione e il trasporto dei materiali storici rende possibile valutare interventi di conservazione o riuso non solo dal punto di vista tecnico, ma anche in termini di impatto ambientale. Allo stesso tempo, la conservazione dei saperi artigiani e delle procedure tradizionali rafforza la continuità culturale, trasformando ogni intervento in un'occasione per trasmettere conoscenza e valore simbolico. In questo senso, il DPP non è semplicemente un registro digitale, ma uno strumento epistemico, capace di integrare passato, presente e futuro dei materiali. Ogni elemento portato a nuova vita diventa parte di una narrazione complessa e stratificata, in cui memoria, sostenibilità e innovazione coesistono. Il patrimonio costruito non è quindi un insieme statico, ma un organismo in evoluzione, dove la materia stessa racconta storie di resilienza, adattamento e trasformazione. In questo senso, il DPP rappresenta una piattaforma in grado di connettere materiale e immateriale, proteggendo non solo il bene costruito ma il sapere che lo ha generato. In linea con la Convenzione UNESCO del 2003 sul patrimonio culturale immateriale, esso diventa un veicolo per preservare ciò che storicamente era trasmesso per via diretta, attraverso l'apprendistato e la pratica quotidiana. Il digitale, dunque, non sostituisce la tradizione, ma la prolunga nel tempo, garantendole continuità, visibilità e possibilità di essere reinterpretata criticamente nel progetto contemporaneo.

1.4. Custodire e rigenerare: i Building Heritage Materials Passport nei borghi lucani

I Building Heritage Materials Passport (BHMPs) rappresentano un cambiamento epocale nella gestione dei materiali storici e nella conservazione del patrimonio costruito, fondendo memoria culturale, sostenibilità ambientale e strumenti digitali avanzati (figura 1.1). Diversamente dai tradizionali strumenti di catalogazione, i BHMP trasformano ogni materiale o componente edilizio in un archivio digitale vivo, capace di registrare composizione chimica, proprietà tecniche, stato di conservazione, durabilità, potenzialità di riuso e valori simbolici. Ciò che spesso appare come rudere o scarto diventa così una risorsa preziosa, inserita in cicli continui di utilizzo, manutenzione, deconstruction e upcycling, generando una storia dei materiali che supera la vita dell'edificio originario.

La Basilicata, antica Lucania, costituisce un contesto di straordinario interesse per lo sviluppo di questo nuovo strumento digitale. Crocevia di culture e civiltà mediterranee, la regione custodisce un patrimonio costruito unico, dai Sassi di Matera ai borghi appenninici, disseminato tra montagne, colline e vallate fluviali. Oggi molte aree interne soffrono di isolamento e spopolamento, con edifici storici ridotti a ruderi e conoscenze costruttive tradizionali a rischio di oblio (figure 1.2-1.5). Tuttavia, proprio in questo scenario di fragilità emerge il potenziale dei BHMPs: ogni mattone, travatura o frammento di mu-

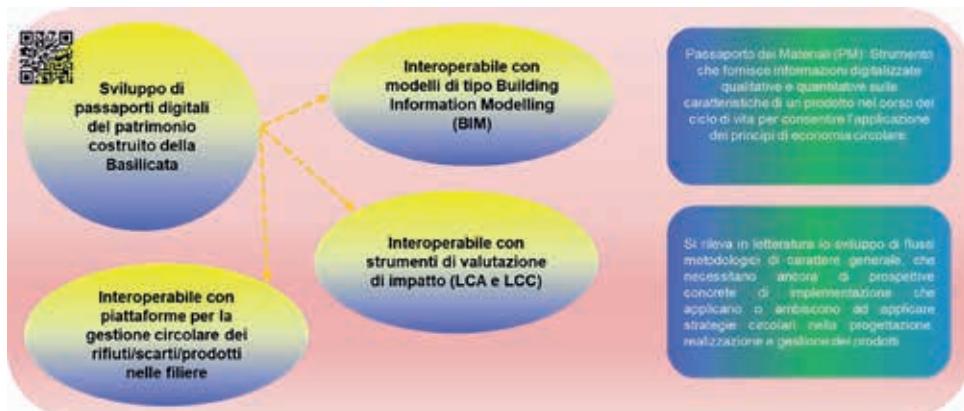


Figura 1.1. Lo sviluppo dei Building Heritage Materials Passports per il patrimonio costruito della Basilicata.



Figura 1.2. Crolli di costruzioni in muratura nel centro storico di Trivigno (Potenza).



Figura 1.3. Crolli di intere parti di costruzioni nel centro storico di Gallicchio (Potenza).



Figura 1.4. Costruzioni in pietra a rischio crollo nell'antico borgo Casale di Armento (Potenza).



Figura 1.5. Vista panoramica dei Sassi di Matera con la Chiesa della Madonna dell'Idris in primo piano e, in basso a destra, un tratto urbano di Via Muro dove sono visibili murature in conci di calcarenite gravemente compromesse e in fase di collasso.

ratura può essere digitalizzato, documentato e restituito al circuito dell'uso, collegando memoria storica e progettazione circolare in un continuum produttivo. I Living Labs diventano strumenti essenziali di ricerca e di innovazione territoriale. Trasformano il territorio in laboratori aperti in cui comunità locali, ricercatori e progettisti collaborano attivamente per mappare i materiali, documentare le tecniche costruttive tradizionali e trasmettere i saperi artigiani (figura 1.6). Sul campo, l'esperienza diretta ha permesso di riscoprire murature in blocchi di terra cruda rinforzata con paglia, mattoni cotti in fornaci artigianali, malte a calce e procedure di montaggio ormai dimenticate. Ogni elemento registrato nei BHMPs diventa patrimonio materiale e immateriale, nodo di conoscenza tecnica e culturale pronto per essere riutilizzato senza perdere la propria identità storica (figura 1.7). Grazie a questa integrazione tra digitale, partecipazione e conoscenza del territorio, anche i ruderi più degradati si trasformano in punti di partenza per la rigenerazione dei luoghi e delle comunità. Edifici e materiali abbandonati diventano "banche digitali di materiali", permettendo strategie di design for deconstruction, upcycling e riuso selettivo, valorizzando competenze artigiane e saperi locali. La Basilicata



Figura 1.6. *Living lab materiali e tecnologie costruttive del patrimonio culturale: nuovi scenari di valorizzazione per comunità resilienti 21-24 maggio 2024 Rabatana di Tursi in cooperazione tra l'Università degli Studi della Basilicata, il Politecnico di Bari e il Comune di Tursi.*

emerge così come un laboratorio vivo di continuum building design, dove la progettazione non termina con la costruzione, ma continua nel tempo attraverso manutenzione, deconstruction e riuso dei materiali. Ogni frammento di muratura, travatura o copertura racconta la resilienza delle comunità, i gesti degli artigiani e le scelte del territorio, trasformando memoria, innovazione e sostenibilità in un ciclo perpetuo di rinascita dei materiali e dei luoghi.

1.5. Progettare con la memoria dei materiali

La convergenza tra memoria materiale, metriche ambientali incorporate, digitalizzazione e patrimonio immateriale non costituisce un semplice aggiornamento tecnico, ma un vero cambio di paradigma nella cultura del progetto. L'architettura non può più essere considerata solo configurazione spaziale o risposta funzionale, ma deve essere interpretata come una pratica complessa che opera simultaneamente su tre dimensioni: la realtà fisica della materia, la realtà climatica dei suoi impatti, e la realtà culturale dei suoi saperi. Progettare con la memoria dei materiali significa riconoscere che ogni elemento costruttivo non è solo un “pezzo utile”, ma un archivio materico vivo, carico di storie, energie e saperi. Non si tratta soltanto di recuperare dati tecnici, ma di integrare nel pro-

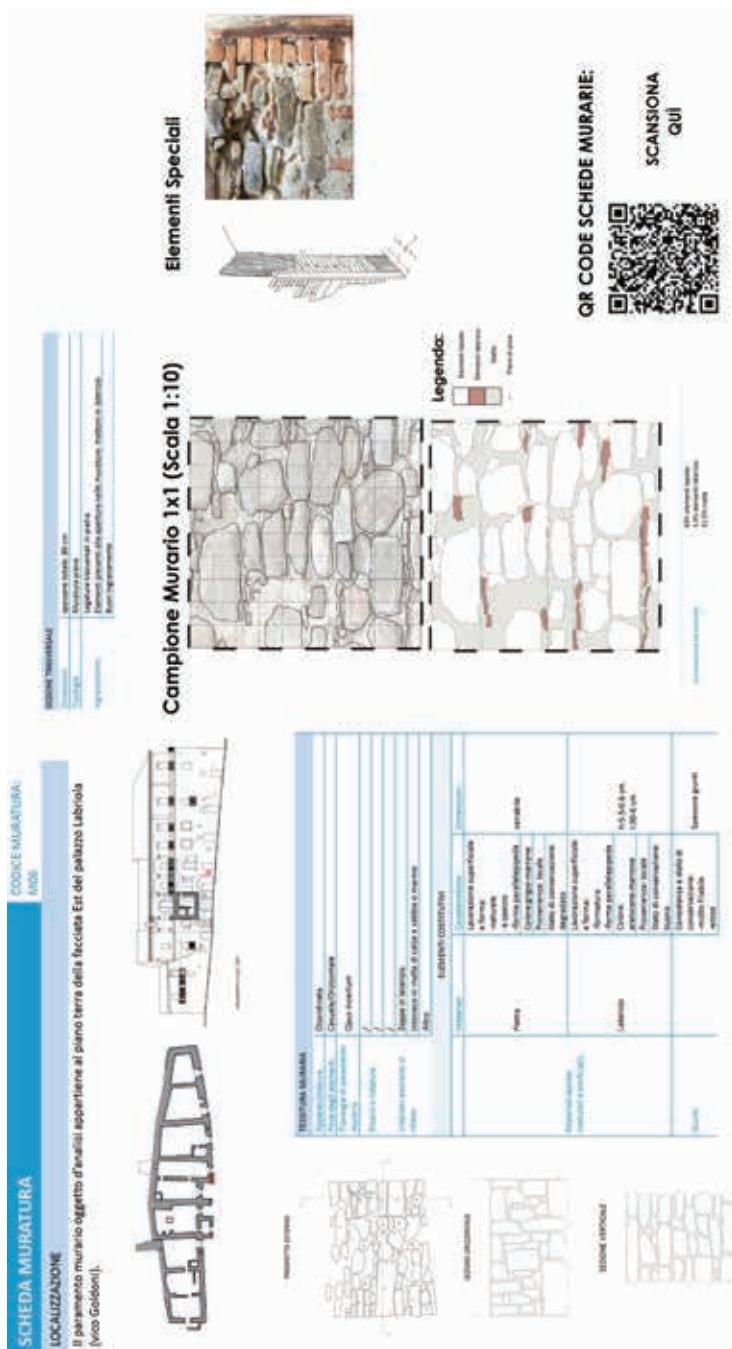


Figura 1.7. Esempio di BHMPs di murature storiche. Palazzo Labriola. Rabatana di Tursi.

getto una consapevolezza profonda delle origini, delle tecniche e delle relazioni culturali che hanno dato forma a quei materiali. In questo modo, il gesto progettuale diventa una pratica di continuità: non si ignora il passato, ma lo si ascolta, lo si interpreta, lo si riusa, lo si rigenera. In questo approccio, il Digital Product Passport (DPP) riveste un ruolo cruciale. Grazie alla sua capacità di tracciare la storia completa di un materiale – dalla provenienza delle materie prime alle fasi di produzione, all'uso in opera, fino al possibile riuso o smontaggio – il DPP trasforma il materiale in un soggetto attivo. Non è più un'entità anonimizzata, ma un “oggetto conoscitivo” che porta con sé dati su composizione, durabilità, potenzialità di circolarità e tracciabilità (Honig *et al.*, 2024). In ambito costruito, questo significa non solo stimolare il riuso, ma anche valorizzare la memoria tecnica: le tecniche tradizionali, i gesti degli artigiani, le varianti locali, le strategie di manutenzione possono essere digitalizzate e mantenute vive.

Questo rende possibile l'upcycling dei materiali storici: componenti edilizi che altrimenti sarebbero dismessi possono essere reinterpretati, rimontati, trasformati in nuovi elementi, continuando a raccontare una storia. La memoria non si esaurisce con il loro primo uso, ma si arricchisce con ogni ciclo di vita. Un intonaco, una malta, un blocco di pietra possono tornare a vivere in nuove forme, pur mantenendo il valore culturale originale e trasmettendo i saperi artigiani che li hanno prodotti.

Oltre alla dimensione tecnica, c'è poi una forte componente culturale e sensoriale. La texture, il colore, la porosità e la risposta igrometrica di un materiale non sono solo caratteristiche funzionali, ma tracce di un tempo, di condizioni climatiche, di tecniche di lavorazione. Progettare con la memoria significa saper leggere questi segni e valorizzarli: non cancellarli per uniformità, ma usarli per costruire un dialogo con il territorio e con le generazioni che hanno realizzato quei manufatti.

Inoltre, la memoria dei materiali è strettamente legata alla comunità: il materiale ha una storia fatta di relazioni tra artigiani, committenti, utenti, territorio. Progettare con questa consapevolezza significa rispettare e sostenere quelle relazioni, preservare il patrimonio immateriale (saperi, linguaggi, gesti) e creare un tessuto dove la sostenibilità non è solo ecologica, ma anche sociale e culturale.

Infine, progettare con la memoria rappresenta anche un atto etico, è una forma di responsabilità verso le generazioni passate e future. È un modo per accumulare valore non solo in metri quadri, ma in saperi, storie e identità.

In questo senso, l'architettura diventa una sorta di biblioteca materica, in cui ogni edificio, ogni superficie, ogni giuntura portano con sé un racconto che può evolversi, rigenerarsi, trasformarsi continuamente. Il progetto diventa così un gesto politico nel senso più alto del termine: un atto che governa risorse, relazioni, memorie e futuri. La memoria della materia non è nostalgia, ma consapevolezza: è il fondamento di un costruire che non vuole consumare il tempo, ma abitarlo.

1.6. Nanomateriali tailor-made a base calce per la neutralità climatica e la conservazione del patrimonio culturale

Negli ultimi decenni, l'architettura contemporanea ha registrato un crescente interesse verso materiali naturali, a basso impatto ambientale e altamente performanti, con particolare attenzione ai leganti a base calce. La calce, storicamente impiegata come legante primario negli intonaci e nelle malte, è oggi riconosciuta non solo per le sue proprietà meccaniche e chimiche, ma anche per il contributo alla riduzione del carbonio incorporato e alla neutralità climatica degli edifici. A differenza del cemento Portland, la produzione della calce, specialmente secondo le ricette tradizionali come quella vitruviana, richiede un minor dispendio energetico e, grazie al processo naturale di carbonatazione, permette il sequestro di anidride carbonica lungo l'intero ciclo di vita del materiale, riducendo significativamente l'impronta ambientale complessiva dell'edificio (Scrivener *et al.*, 2018).

La calce prodotta secondo le antiche ricette, attraverso cottura controllata in forni tradizionali alimentati a legna e stagionatura prolungata in fosse, sviluppa una microstruttura fine e nanostrutturata caratterizzata da idrossido di calcio con dimensioni dell'ordine dei nanometri. Questa struttura aumenta la superficie specifica e la reattività del legante, favorendo un legame chimico-fisico più efficiente con aggregati naturali o artificiali, incrementando durabilità, resistenza meccanica e prestazioni igrometriche. Le calci industriali, prodotte su larga scala con cotture più rapide e meno controllate, mostrano spesso una minore omogeneità microstrutturale e un comportamento igrometrico meno performante, evidenziando l'importanza della tradizione nella qualità del legante.

I materiali a base calce presentano caratteristiche fisico-chimiche uniche che ne definiscono le prestazioni nel tempo. La matrice porosa consente il passaggio controllato del vapore acqueo e la regolazione naturale dell'umidità interna, mentre le reazioni di carbonatazione consolidano la struttura, aumentando resistenza meccanica e durabilità. L'integrazione di aggregati naturali, materiali a attività pozzolanica e scarti di produzione locali permette di modulare le proprietà finali del materiale in funzione delle esigenze climatiche, strutturali e prestazionali, ottimizzando la durabilità, riducendo il carbonio incorporato e migliorando il comfort interno (Navarro-Mendoza *et al.*, 2023; Mahmoud *et al.*, 2024; Laveglia *et al.*, 2024).

La progettazione contemporanea ha aperto la possibilità di sviluppare formulazioni tailor-made, adattabili alle caratteristiche specifiche dei siti e dei substrati, combinando conoscenze tradizionali con innovazioni tecnologiche. Tra queste, l'integrazione di materiali avanzati come grafene, nanomateriali e additivi a struttura controllata consente di potenziare ulteriormente le proprietà meccaniche, la durabilità e la gestione dell'umidità, creando intonaci e malte altamente performanti, sostenibili e a basso impatto ambientale (Faria *et al.*, 2017; Faria *et al.*, 2021; Pivák *et al.*, 2024). Negli ultimi anni, la ricerca sui materiali da costruzione ha indagato la possibilità di integrare leganti tradizionali, come la calce idrata, con nanomateriali innovativi, in particolare grafene e derivati, per migliorare le prestazioni meccaniche, la durabilità e la funzionalità igrometrica. Laggiunta di grafene, opportunamente disperso nella matrice di calce, incrementa la resistenza a compressione e flessione grazie alla formazione di legami più efficaci tra cristalli di idrossido di calcio e aggregati, riducendo la formazione di microfessurazioni e aumentando la coesione interna del materiale (Faria *et al.*, 2017; Pivák *et al.*, 2024; Sharma *et al.*, 2021).

Oltre al miglioramento meccanico, i materiali a base calce modificati con nanostrutture presentano maggiore impermeabilità controllata e capacità di regolazione igrometrica, mantenendo la traspirabilità tipica della calce tradizionale. L'interazione tra le superfici nanostrutturate del grafene e la matrice calcareo-idraulica favorisce fenomeni di nucleazione accelerata della carbonatazione, aumentando il sequestro di CO₂ e riducendo il carbonio incorporato lungo l'intero ciclo di vita del materiale. Questo consente di sviluppare formulazioni sostenibili, tailor-made, capaci di combinare prestazioni elevate, ridotto impatto ambientale e compatibilità con substrati storici o naturali.

Le applicazioni di calce-nanomateriale spaziano dai rivestimenti ad alta durabilità agli intonaci e alle malte con funzione termo-igrometrica ottimizzata, fino a soluzioni innovative per il rinforzo strutturale di edifici storici. L'integrazione di grafene o altri nanomateriali ad attività catalitica o pozzolana rappresenta una frontiera promettente per lo sviluppo di materiali green che uniscono memoria. Negli ultimi decenni, l'architettura contemporanea ha registrato un crescente interesse verso materiali naturali, a basso impatto ambientale e altamente performanti, con particolare attenzione ai leganti a base calce. La calce, storicamente impiegata come legante primario negli intonaci e nelle malte, è oggi riconosciuta non solo per le sue proprietà meccaniche e chimiche, ma anche per il contributo alla riduzione del carbonio incorporato e alla neutralità climatica degli edifici. A differenza del cemento Portland, la produzione della calce, specialmente secondo le ricette tradizionali come quella vitruviana, richiede un minor dispendio energetico e, grazie al processo naturale di carbonatazione, permette il sequestro di anidride carbonica lungo l'intero ciclo di vita del materiale, riducendo significativamente l'impronta ambientale complessiva dell'edificio (Scrivener, John & Gartner, 2018).

La calce prodotta secondo le antiche ricette, attraverso cottura controllata in forni tradizionali alimentati a legna e stagionatura prolungata in fosse, sviluppa una microstruttura fine e nanostrutturata caratterizzata da idrossido di calcio con dimensioni dell'ordine dei nanometri. Tale struttura aumenta la superficie specifica e la reattività del legante, favorendo un legame chimico-fisico più efficiente con aggregati naturali o artificiali e incrementando durabilità, resistenza meccanica e prestazioni igrometriche (Rodríguez-Navarro, Elert & Ševčík, 2016; Rodríguez-Navarro, Ilić, Ruiz-Agudo & Elert, 2023). Al contrario, le calci industriali, prodotte su larga scala con cotture più rapide e meno controllate, mostrano spesso una minore omogeneità microstrutturale e un comportamento igrometrico meno performante, evidenziando l'importanza della tradizione nella qualità del legante.

I materiali a base calce presentano caratteristiche fisico-chimiche uniche che ne definiscono le prestazioni nel tempo. La matrice porosa consente il passaggio controllato del vapore acqueo e la regolazione naturale dell'umidità interna, mentre le reazioni di carbonatazione consolidano la struttura, aumentando resistenza meccanica e durabilità. L'integrazione di aggregati naturali, materiali a attività pozzolanica e scarti di produzione locali per-

mette di modulare le proprietà finali del materiale in funzione delle esigenze climatiche, strutturali e prestazionali, ottimizzando la durabilità, riducendo il carbonio incorporato e migliorando il comfort interno (Tittarelli, 2015; Laveglia *et al.*, 2020).

La progettazione contemporanea ha aperto la possibilità di sviluppare formulazioni tailor-made, adattabili alle caratteristiche specifiche dei siti e dei substrati, combinando conoscenze tradizionali con innovazioni tecnologiche. Tra queste, l'integrazione di materiali avanzati come grafene, nanomateriali e additivi a struttura controllata consente di potenziare ulteriormente le proprietà meccaniche, la durabilità e la gestione dell'umidità, creando intonaci e malte altamente performanti, sostenibili e a basso impatto ambientale (Faria *et al.*, 2017; Pivák *et al.*, 2024). Laggiunta di grafene, opportunamente disperso nella matrice di calce, incrementa la resistenza a compressione e flessione grazie alla formazione di legami più efficaci tra cristalli di idrossido di calcio e aggregati, riducendo la formazione di microfessurazioni e aumentando la coesione interna del materiale.

Oltre al miglioramento meccanico, i materiali a base calce modificati con nanostrutture presentano maggiore impermeabilità controllata e capacità di regolazione igrometrica, mantenendo la traspirabilità tipica della calce tradizionale. L'interazione tra le superfici nanostrutturate del grafene e la matrice calcareo-idraulica favorisce fenomeni di nucleazione accelerata della carbonatazione, aumentando il sequestro di CO₂ e riducendo il carbonio incorporato lungo l'intero ciclo di vita del materiale. Questo consente di sviluppare formulazioni sostenibili, tailor-made, capaci di combinare prestazioni elevate, ridotto impatto ambientale e compatibilità con substrati storici o naturali.

Le applicazioni di calce-nanomateriale spaziano dai rivestimenti ad alta durabilità agli intonaci e alle malte con funzione termo-igrometrica ottimizzata, fino a soluzioni innovative per il rinforzo strutturale di edifici storici. L'integrazione di grafene o altri nanomateriali ad attività catalitica o pozzolana rappresenta una frontiera promettente per lo sviluppo di materiali green che uniscono memoria storica, sostenibilità e prestazioni avanzate, in linea con le esigenze della progettazione architettonica contemporanea (Faria *et al.*, 2017; Faria *et al.*, 2021; Pivák *et al.*, 2024).

Oltre alla funzionalità tecnica, gli intonaci e le finiture a base calce svolgono un ruolo estetico e culturale di primaria importanza. Essi costituiscono un'interfaccia tra costruzione e ambiente, definendo colore, texture e qualità

superficiale, veicolando memoria, identità e valore sensoriale. Le superfici in calce modulano le interazioni tra edificio e microclima interno, limitano fenomeni di condensazione e degrado e contribuiscono a edifici resilienti e a basso consumo energetico, ponendo le basi per una architettura sostenibile e consapevole.

L'uso della calce e dei materiali green tailor-made non è semplicemente una scelta tecnica o estetica: essi rappresentano un ponte tra passato e futuro, memoria storica e innovazione tecnologica. Intonaci e finiture diventano strumenti progettuali capaci di integrare valori culturali, prestazioni ambientali e funzionalità architettoniche, offrendo soluzioni resilienti e sostenibili per edifici contemporanei. La calce, grazie alle sue proprietà fisiche, alla flessibilità delle formulazioni e alla possibilità di digitalizzare la conoscenza tecnica, costituisce un elemento chiave per un approccio progettuale responsabile, capace di valorizzare le risorse locali, ridurre impatti ambientali e preservare il patrimonio materiale e immateriale delle tecniche costruttive.

Riferimenti bibliografici

- Allwood J.M., Cullen J.M., Carruth M.A., Cooper D.R., McBrien M., Milford R.L. & Patel A.C.H. (2022), *Material efficiency: A white paper*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Bribián I.Z., Capilla A.V. & Usón A.A. (2011), *Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential*, in «Building and Environment», 46(5), pp. 1133-1140, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.12.002>.
- Cabeza L.F. et al. (2014), *Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review*, in «Renewable and Sustainable Energy Reviews», 29, pp. 394-416, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.037>.
- Crawford R.H. (2011), *Life cycle assessment in the built environment*, Routledge, London-New York.
- Dixit M.K., Fernández-Solís J.L., Lavy S. & Culp C.H. (2012), *Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review*, in «Energy and Buildings», 42(8), pp. 1238-1247, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.02.016>.
- European Commission (2024), *Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR)*, https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/ecodesign_en.

- European Commission (2024), *Construction Products Regulation (CPR)*, https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/construction-products_en.
- Faria R., Cioffi R. & Santamaría F. (2021), *Nanomaterials for heritage conservation: Enhancing lime-based mortars*, in «Journal of Cultural Heritage», 52, pp. 101-112.
- Faria P., Duarte P., Barbosa D., Ferreira I. (2017), *New composite of natural hydraulic lime mortar with graphene oxide*, in «Construction and Building Materials», 156, pp. 1150-1157, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.09.072>; 2).
- Finamore M., Oltean-Dumbrava C. (2025), *Emerging Trends in the Circular Economy: Multi-dimensional Perspective in the Building Sector*, in «Circular Economy and Sustainability», 5, pp. 3017-3052, <https://doi.org/10.1007/s43615-024-00485-0>.
- Hammond G. & Jones C. (2011), *Inventory of Carbon & Energy (ICE)*, Sustainable Energy Research Team, University of Bath.
- Honic M., Magalhães P.M. & Van den Bosch P. (2024), *Data templates, material passports, and digital product passports*, in C. De Wolf et al. (Eds), *A circular built environment in the digital age*, Springer, Cham, pp. 79-98, <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/88304>.
- Ibrahim M., Harkouss F., Biwole P., Fardoun F., Ouldboukhitine S. (2024), *Building retrofitting towards net zero energy: A review*, in «Energy and Buildings», 322, 114707, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114707>.
- Illán García I., MuñozEscoí F.D., Arjona Aroca J. & Fernández-Bravo F.J. (2024), *Digital product passport management with decentralised identifiers and verifiable credentials*, in «arXiv», <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.15758>.
- Koppelaar R.H.E.M., Pamidi S., Hajósi E., Herreras L., Leroy P., Jung H.-Y., ... Fontana A. (2023), *A digital product passport for critical raw materials reuse and recycling*, in «Sustainability», 15(2), 1405, <https://doi.org/10.3390/su15021405>.
- Laveglia A., Ukrainczyk N., De Belie N., Koenders E. (2024), *Cradle-to-grave environmental and economic sustainability of lime-based plasters manufactured with upcycled materials*, in «Journal of Cleaner Production», 452, 142088. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142088>.
- Mahmoud H.H., Kamel A.M.A., Ali M.F. (2024), *Developing Low Cost Eco-friendly Restoration Mortars for Historic Lime-based Stucco and Building Materials*, in «Periodica Polytechnica Civil Engineering», 68(2), pp. 657-668, <https://doi.org/10.3311/PPci.23440>.
- Minunno R., O'Grady T., Morrison G.M., Gruner R.L. (2021), *Investigating the embodied energy and carbon of buildings: A systematic literature review and meta-analysis of life cycle assessments*, in «Renewable and Sustainable Energy Reviews», 143, 110935, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110935>.
- Navarro-Mendoza E., Alonso-Guzman E.M., Sanchez-Calvillo A. et al. (2023), *Physical and Mechanical Characterization of Lime Pastes and Mortars for Use in Restoration*, in «Heritage», 6(3), 2582-2600, <https://doi.org/10.3390/heritage6030136>.

- Pivák A., Pavlíková M., Záleská M., Pavlík Z. (2024), *Development and characterization of lime based mortars modified with graphene nanoplatelets*, in «Materials», 17(20), 5022, <https://doi.org/10.3390/ma17205022>.
- Pomponi F. & Crawford R.H. (2023), *Embodied carbon in the built environment: Advancing methods and policies*, Elsevier, Amsterdam.
- Rodríguez-Navarro C., Elert K. & Ševčík R. (2016), *Amorphous and crystalline calcium carbonate phases during carbonation of nanolimes: Implications in heritage conservation*, in «CrystEngComm», 18, pp. 6594-6602, DOI: 10.1039/C6CE01202G.
- Rodríguez-Navarro C., Ilić T., Ruiz-Agudo E. & Elert K. (2023), *Carbonation mechanisms and kinetics of lime-based binders: An overview*, in «Cement and Concrete Research», 173, 107301, <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2023.107301>.
- Scrivener K.L., John V.M. & Gartner E. (2018), *Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO₂ cement-based materials industry*, in «Cement and Concrete Research», 114, pp. 2-26, <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.03.015>.
- UNESCO (2003), *Convention for the safeguarding of the intangible cultural heritage*, <https://ich.unesco.org>.
- Zanuso M. (1971), *La cultura della tecnica*, Einaudi, Torino.

Capitolo 2

Co-creazione e sperimentazione del Passaporto Digitale di Prodotto nella progettazione architettonica sostenibile

2.1. L'Open Living Lab come strumento didattico e di ricerca

La progettazione architettonica sostenibile richiede oggi ambienti formativi capaci di integrare conoscenze teoriche, sperimentazione progettuale e processi collaborativi orientati all'innovazione. In questa prospettiva, l'Open Living Lab (OLL) si configura come un dispositivo didattico avanzato che promuove modalità di apprendimento basate sulla co-progettazione, sulla creatività e sulla costruzione condivisa di soluzioni. La sua struttura aperta trasforma l'attività didattica in un contesto dinamico, in cui studenti e giovani ricercatori sono incoraggiati a generare idee, testare configurazioni alternative e sviluppare competenze critiche nell'affrontare problemi reali con strumenti progettuali e tecnologici contemporanei.

L'OLL assume così il ruolo di catalizzatore di processi generativi, favorendo un confronto continuo tra attori diversi e sostenendo l'elaborazione di conoscenze complesse orientate alla transizione ecologica e digitale del costruito. All'interno di questo framework operativo si colloca l'esperienza presentata nel presente contributo, strutturata come un Open Living Lab finalizzato a sperimentare l'applicazione del Passaporto Digitale dei Materiali da Costruzione nella progettazione architettonica di sistemi modulari, facilmente assemblabili e disassemblabili secondo i nuovi paradigmi del design circolare.

Svolta tra il 2 e il 18 aprile 2025 nell'ambito del corso di materiali per l'architettura della laurea magistrale in architettura dell'Università degli Studi della Basilicata, l'attività ha coinvolto gli studenti del corso e i dottorandi del dottorato di ricerca Cities and Landscapes: Architecture, Archaeology, Cultural Heritage, History and Resources, favorendo un'interazione diretta

tra livelli formativi differenti. Il caso studio ha assunto come riferimento un mattone pieno di dimensioni $25 \times 11,5 \times 6$ cm, sperimentato in combinazione con materiali e tecniche costruttive eterogenee per indagare configurazioni orientate alla decostruzione, al riuso e alla tracciabilità dei componenti, secondo i principi dell'ecodesign delineati dal Regolamento (UE) 2024/1781 – ESPR, nonché dagli orientamenti per la sostenibilità, la digitalizzazione e la qualità del settore delle costruzioni stabiliti dal nuovo Regolamento (UE) 2024/3110 – CPR.

L'impostazione metodologica dell'OLL, basata su processi di co-creazione, iterazione progettuale e apprendimento cooperativo, ha consentito ai partecipanti di sviluppare competenze avanzate nell'interpretazione del ciclo di vita dei materiali, nella valutazione prestazionale dei sistemi costruttivi e nella gestione dei dati digitali per la sostenibilità. Otto gruppi di lavoro hanno elaborato sistemi costruttivi sperimentali corredati da specifici Passaporti Digitali dei Materiali, rappresentati attraverso flowchart, tabelle comparative e schede tecniche strutturate.

2.2. Quadro teorico e normativo

La sostenibilità costituisce da tempo una questione centrale nel dibattito scientifico e politico internazionale, ma negli ultimi anni la sua urgenza è divenuta crescente, spingendo i Paesi industrializzati a definire strategie articolate per affrontarne le implicazioni ambientali, economiche e sociali. In Europa, tale orientamento ha acquisito una dimensione decisiva con il lancio, nel 2019, del Green Deal europeo: un quadro d'azione organico volto alla conservazione delle risorse naturali, alla tutela della salute pubblica e alla guida della transizione verso un'economia efficiente nell'uso dei materiali, digitalmente potenziata ed energeticamente neutra, con l'obiettivo di raggiungere la neutralità climatica entro il 2050. Un passaggio fondamentale che sostiene questa trasformazione è l'abbandono del modello economico lineare a favore di un paradigma circolare, nel quale i materiali vengono reimmessi nei cicli produttivi attraverso riuso, riciclo o rigenerazione, contribuendo così alla riduzione delle pratiche estrattive e dell'impatto ambientale associato.

Il concetto di circolarità si inserisce nel più ampio cambiamento imposto

dalla doppia transizione verde e digitale: la dimensione ecologica promuove modelli di produzione più sostenibili, mentre quella digitale abilita nuove forme di tracciabilità del ciclo di vita dei prodotti e una connettività avanzata tra gli stakeholder della filiera (European Commission, 2020; 2021). Una delle risposte normative più significative a tali sfide è rappresentata dall'Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR, Regolamento UE 2024/1781), che definisce requisiti progettuali orizzontali per i prodotti sostenibili e introduce parametri riguardanti durabilità, riparabilità, riutilizzo, rigenerazione, riciclabilità, consumo energetico, uso di sostanze pericolose, recupero dei materiali, imballaggi e impronte ambientali, comprese quelle di carbonio e dei materiali, oltre alle emissioni e alla produzione di rifiuti.

Elemento cardine del Regolamento è il Digital Product Passport (DPP), concepito come infrastruttura digitale per la raccolta, l'organizzazione e la comunicazione di dati sulla sostenibilità del prodotto, spesso sintetizzati attraverso classi prestazionali (Office of the European Union, 2024a). Con l'entrata in vigore dell'ESPR, il DPP diventa obbligatorio per quasi tutte le categorie di prodotti immessi sul mercato europeo e sarà consultabile digitalmente — con differenti livelli di accesso — da consumatori, produttori, autorità competenti e operatori della filiera. Il DPP svolge dunque un ruolo strategico: oltre a garantire trasparenza e tracciabilità, contrasta l'obsolescenza prematura dei prodotti e favorisce la diffusione di modelli industriali basati sulla circolarità (Psaromatis & May, 2024a; Vougaridis, Lagkas, Angelopoulos, Boulogiorgos, Argyriou & Sarigiannidis, 2024; Zhang & Seuring, 2024).

Successivamente all'adozione dell'ESPR, che fornisce requisiti orizzontali applicabili a tutte le categorie merceologiche, è stato pubblicato il Regolamento (UE) 2024/3110 – Construction Products Regulation (CPR), specificamente dedicato ai materiali e ai prodotti per le costruzioni. Il settore edile rappresenta infatti uno dei principali responsabili dell'impatto ambientale globale, sia per l'elevato consumo di risorse sia per le emissioni associate all'intero ciclo di vita dei materiali. In questo contesto, l'implementazione dei Passaporti Digitali dei Materiali da Costruzione assume un valore strategico, poiché consente di sistematizzare informazioni dettagliate sulla composizione, sui processi produttivi, sulle prestazioni, sulle istruzioni d'uso e di sicurezza, oltre che sui protocolli di assemblaggio, disassemblaggio, recupero e riciclo, nonché sugli impatti energetici ed emissivi generati lungo il ciclo di vita (Office of the Euro-

pean Union, 2024b). Tali strumenti contribuiscono in modo decisivo a orientare il settore verso pratiche più sostenibili, tracciabili e circolari.

Il DPP, inteso come strumento metodologico e operativo, non solo supporta una progettazione orientata a durabilità, riparabilità e riuso (Psarommatis & May, 2024b), ma consente di connettere tutti gli stakeholder della filiera attraverso una gestione intelligente, interoperabile e partecipata dei dati. In questo quadro si inserisce il modello Give&Take, sviluppato nell'ambito del Passaporto Digitale, che abilita uno scambio bidirezionale di informazioni tra le diverse fasi del ciclo di vita del prodotto — Produttiva, Operativa e Circolare — e tra gli attori coinvolti. I dati vengono organizzati in categorie “Give”, fornite dagli operatori che li generano, e categorie “Take”, rese disponibili agli altri soggetti in funzione dei criteri di accesso (Bernardo, Dall'Arche & Manicone, 2025).

Lo schema informativo del modello Give&Take è stato sviluppato definendo un data repository (figura 2.2), costruito in conformità ai requisiti del CPR e dell'ESPR, e finalizzato a raccogliere tutte le informazioni essenziali da includere nel Passaporto Digitale per i Materiali da Costruzione. Il repository è articolato in diverse sezioni e macrocategorie: le tre fasi del ciclo di vita del prodotto, una sezione dedicata ai requisiti minimi di ecodesign, sei categorie di stakeholder e dieci famiglie di macro-dati.

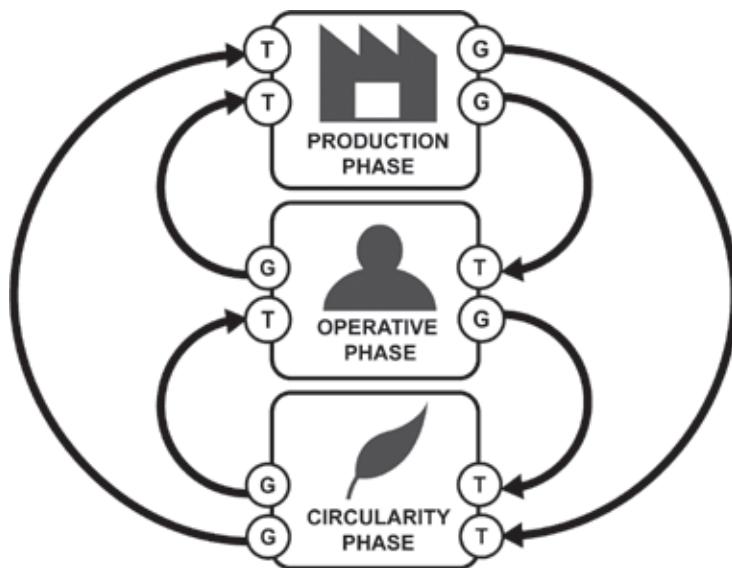


Figura 2.1. Give-and-Take Model.

Il DPP, così strutturato, consente di registrare le informazioni generate lungo l'intero ciclo di vita del prodotto, dai dati identificativi alla documentazione di conformità, dalle istruzioni d'uso e di "fine vita" alle prestazioni ambientali. Questa organizzazione garantisce tracciabilità, trasparenza e aggiornabilità dei dati, supportando una gestione integrata e interoperabile delle informazioni tra tutti gli attori della filiera.

Lo schema operativo (figura 2.3) illustra la logica funzionale del modello. Le informazioni originarie, prodotte nella fase Produttiva, costituiscono la base immutabile del DPP e vengono riportate nella colonna Give, mentre nelle fasi Operativa e Circolare tali dati compaiono come Take, con la possibilità, ove previsto, di essere integrati dagli stakeholder competenti.

Il repository si configura così come un dispositivo dinamico di scambio informativo: gli utenti possono verificare e aggiornare le prestazioni effettive, ad esempio quelle relative agli impatti climatici, restituendole ai produttori, i quali possono a loro volta migliorare il prodotto e la qualità dei dati forniti. Questo flusso circolare, supervisionato dal provider del DPP, consente di ac-

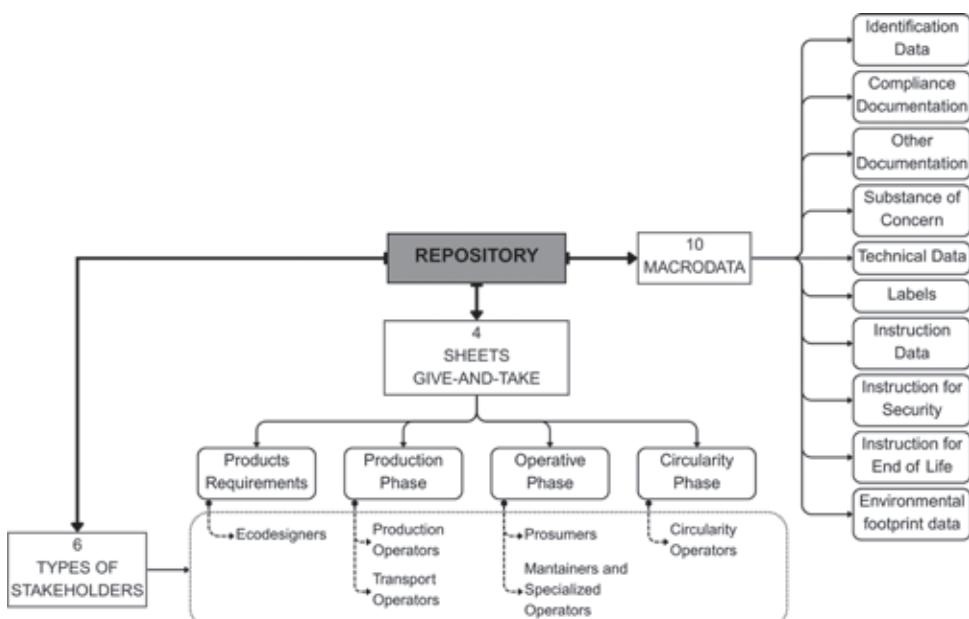


Figura 2.2. Flowchart of the Give-and-Take Repository.

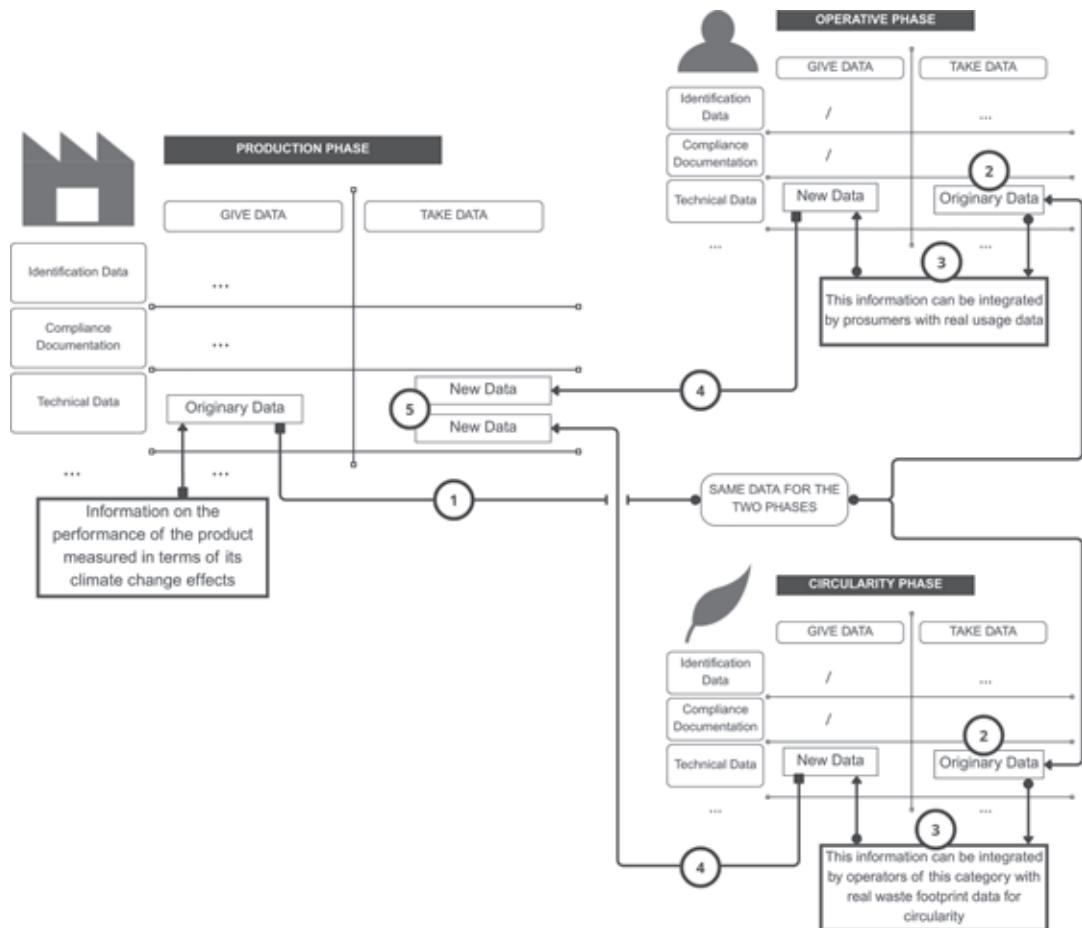


Figura 2.3. *Give-and-Take Data Sheet functioning example.*

quisire feedback qualificati sulle operazioni di manutenzione, uso, trasporto e stoccaggio, aspetti determinanti per la sostenibilità complessiva del prodotto.

In questo modo, partendo da una matrice comune regolamentata dai criteri dell'ESPR e del CPR per la costruzione del DPP, le informazioni vengono progressivamente implementate ed elaborate lungo le diverse fasi, creando dinamicità e circolarità informativa tra tutti gli utenti del sistema.

2.3. La metodologia della sperimentazione didattica e di ricerca

L'intero percorso metodologico è stato articolato in tre fasi principali, concepite per integrare conoscenze teoriche, capacità progettuali e pratiche collaborative.

Fase 1 – Formazione e introduzione ai framework normativi

In questa fase didattica, gli studenti sono stati introdotti ai principi dell'ecodesign e alle caratteristiche del Digital Product Passport, evidenziandone il ruolo strategico come strumento per la transizione ecologica e digitale. Sono stati forniti esempi progettuali orientati alla sostenibilità dei materiali e al ciclo di vita dei prodotti, accompagnati da un flowchart di riferimento (figura 2.4) che sintetizza le informazioni minime da includere nel DPP secondo i requisiti del CPR. Questa fase ha permesso di comprendere il DPP come strumento operativo, capace di garantire tracciabilità, circolarità e gestione collaborativa dei dati.

Fase 2 – Progettazione dei sistemi costruttivi

Gli studenti, organizzati in gruppi, hanno ideato sistemi costruttivi modulari progettati per favorire la decostruzione selettiva, il riuso e il riciclo dei componenti. L'attività ha incentivato la sperimentazione di combinazioni costruttive innovative e l'applicazione pratica dei concetti teorici appresi, promuovendo la collaborazione tra studenti e dottorandi e lo scambio di soluzioni progettuali orientate alla sostenibilità.

Fase 3 – Costruzione del Passaporto Digitale di Prodotto

Nell'ultima fase, è stato definito il DPP associato al sistema costruttivo ideato, raccogliendo e strutturando dati relativi a produzione, proprietà e caratteristiche dei materiali, nonché informazioni sul sistema progettato. Particolare attenzione è stata riservata agli aspetti di sostenibilità ambientale, comprendendo installazione, manutenzione, decostruzione, riciclo e riuso dei materiali e dei componenti. Il DPP è stato concepito come un dispositivo dinamico, in

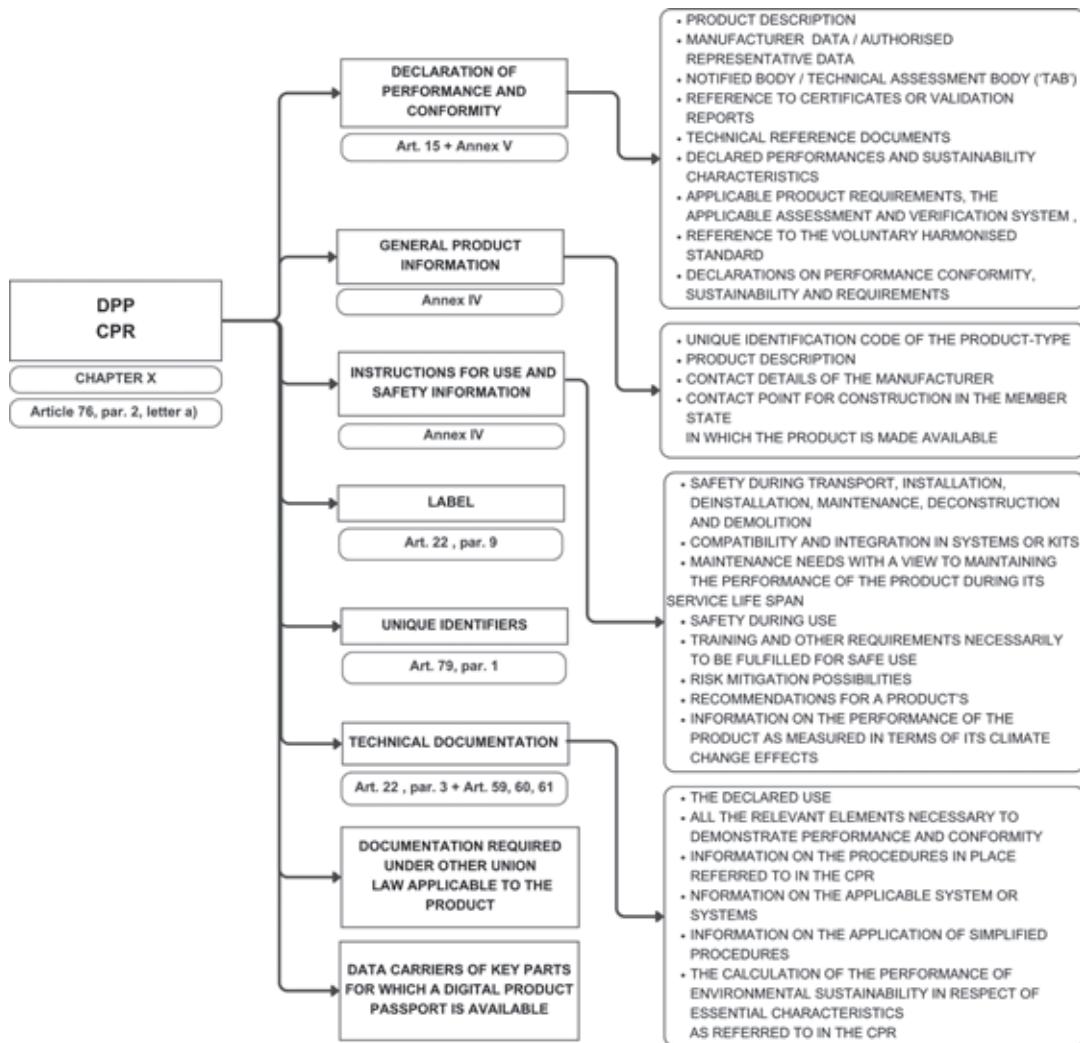


Figura 2.4. CPR's flowchart of DPP's mandatory information.

grado di garantire tracciabilità, aggiornabilità e interoperabilità dei dati lungo l'intero ciclo di vita del prodotto.

L'approccio metodologico adottato nel Living Lab ha integrato apprendimento teorico e sperimentazione pratica, valorizzando la creatività progettuale, la cooperazione tra i partecipanti e la comprensione operativa dei requisiti

normativi. Tale percorso ha contribuito a sviluppare competenze essenziali per la progettazione architettonica sostenibile, in linea con i principi della transizione ecologica e digitale.

2.4. Esiti del Living Lab: integrazione tra Sistema Costruttivo e Passaporto Digitale di Prodotto

L'esperienza del Living Lab ha prodotto otto progetti sperimentali, ciascuno dei quali interpreta in modo originale i temi proposti, esplorando differenti modalità di integrazione tra sistema costruttivo e Passaporto Digitale di Prodotto (DPP). Ogni gruppo ha studiato le potenzialità del mattone UNI, combinandolo con altri materiali e soluzioni tecnologiche, con l'obiettivo di favorire il riuso, la decostruzione selettiva e la tracciabilità dei componenti.

Parallelamente, ogni proposta è stata accompagnata dalla definizione di un concept di DPP, concepito come strumento di documentazione e comunicazione delle prestazioni di sostenibilità, nonché delle strategie di manutenzione, riciclo e riutilizzo del sistema costruttivo. Le elaborazioni del Passaporto sono state rappresentate mediante tabelle Excel e diagrammi di flusso, organizzando le informazioni in modo chiaro e strutturato.

I progetti sviluppati costituiscono un insieme di sperimentazioni che mettono in relazione il design del sistema costruttivo con le logiche di circolarità e di gestione informativa dei materiali, contribuendo a delineare possibili scenari applicativi del DPP in ambito edilizio.

Una delle proposte progettuali più significative ha impiegato il mattone UNI nella realizzazione di pannelli frangisole mobili per la composizione di facciate e di divisorì interni (figura 2.5). Il sistema è concepito per il montaggio a secco, ed è costituito da un telaio metallico contenente barre in acciaio che supportano e consentono l'infilaggio dei mattoni, opportunamente forati alle estremità. Tale configurazione rende il sistema facilmente assemblabile e smontabile, con tutti i componenti riciclabili.

Per quanto riguarda il Passaporto Digitale, questo è stato sviluppato partendo dalla flowchart di riferimento e adattato in base alle riflessioni progettuali emerse durante l'elaborazione del sistema. Il DPP è stato articolato in sottocategorie per ciascun componente e materiale, evidenziando la relazione

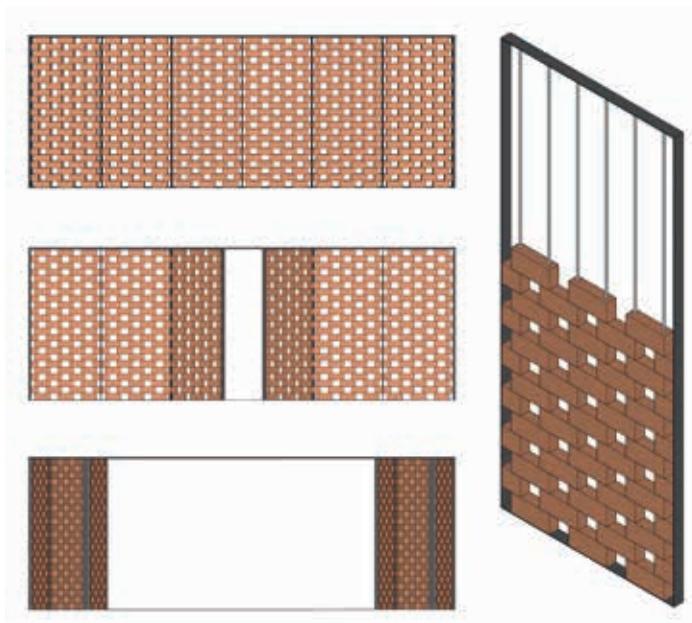


Figura 2.5. Progetto e stralcio di DPP sotto forma di flow chart a cura di Alessandra Lotito, Felicia Sarcinella, Maria Carmela Ciaglia.

diretta tra ogni parte del sistema e la sua incidenza sulle prestazioni complessive. Sono state inserite informazioni relative alla vita utile media, alla composizione dei materiali, e alle strategie di riciclo, presentate sotto forma di esempi e raccomandazioni operative.

In questo modo, il Living Lab ha permesso di sperimentare concretamente l'interazione tra progettazione sostenibile e gestione digitale dei dati, mostrando come il DPP possa supportare decisioni progettuali più consapevoli e orientate alla circolarità dei sistemi costruttivi.

Un ulteriore sistema di interesse progettuale consiste in un pannello modulare di dimensioni variabili, realizzato mediante la giustapposizione di mattoni e vuoti, incorniciati da una struttura in acciaio (figure 2.6-2.7). Il modulo progettato emula la funzione di un singolo mattone, permettendo l'assemblaggio con elementi analoghi per la costituzione di una facciata continua, garantendo flessibilità compositiva e modularità.

Il pannello è inoltre dotato di cerniere operative, che ne consentono la rotazione, introducendo un dinamismo funzionale della facciata e modulando l'illuminazione naturale negli ambienti interni. Tale configurazione integra

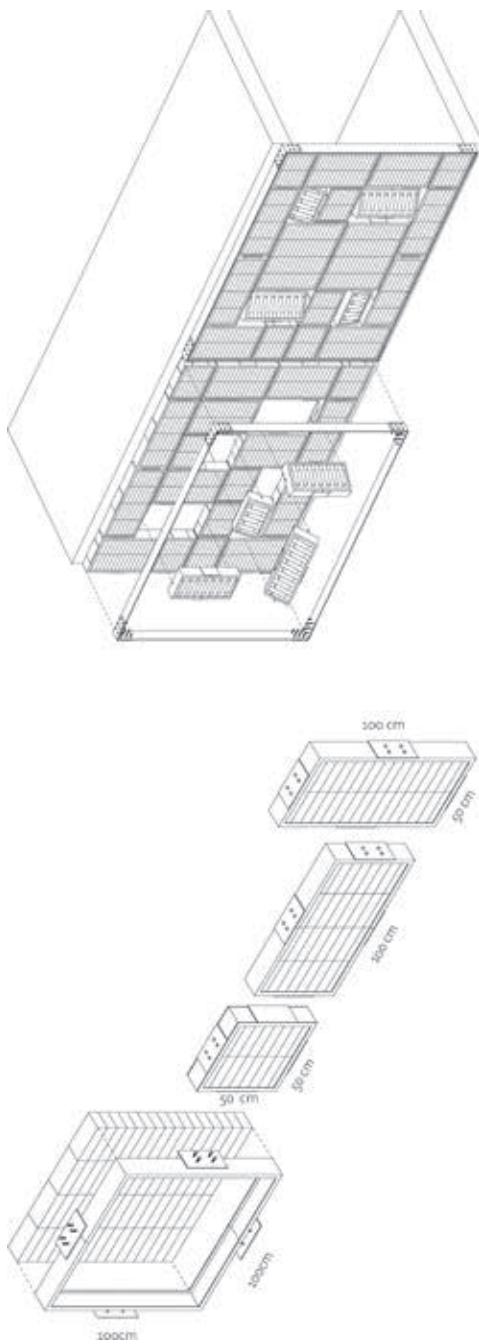


Figura 2.6. Progetto a cura di Carmen Ligani, Cristian Ciccardi, Fabio Parisi, Maria Teresa Ferrarese, Nicola Grimaldi, Teresa Palladino.



Figura 2.7. Progetto di componenti in mattoni per facciata a cura di Carmen Ligrani, Cristian Ciccardi, Fabio Parisi, Maria Teresa Ferrarese, Nicola Grimaldi, Teresa Palladino.

principi di adattabilità e performance ambientale, favorendo il controllo della luce e della ventilazione passiva.

Per questo sistema, il Passaporto Digitale di Prodotto (DPP) è stato sviluppato secondo una logica di archiviazione strutturata, mediante tabelle e schede tecniche che documentano in modo dettagliato materiali, proprietà fisico-meccaniche, caratteristiche prestazionali e potenzialità di riuso e riciclo dei componenti. La strutturazione delle informazioni all'interno del DPP garantisce tracciabilità, trasparenza e consultabilità lungo l'intero ciclo di vita del prodotto, rendendo lo strumento operativo sia per la gestione della sostenibilità sia per la pianificazione delle fasi di manutenzione e decostruzione.

Un'altra proposta progettuale ha riguardato la configurazione di un elemento di arredo urbano realizzato mediante l'assemblaggio tradizionale dei mattoni con malta cementizia (figura 2.8). Il Passaporto Digitale di Prodotto (DPP)

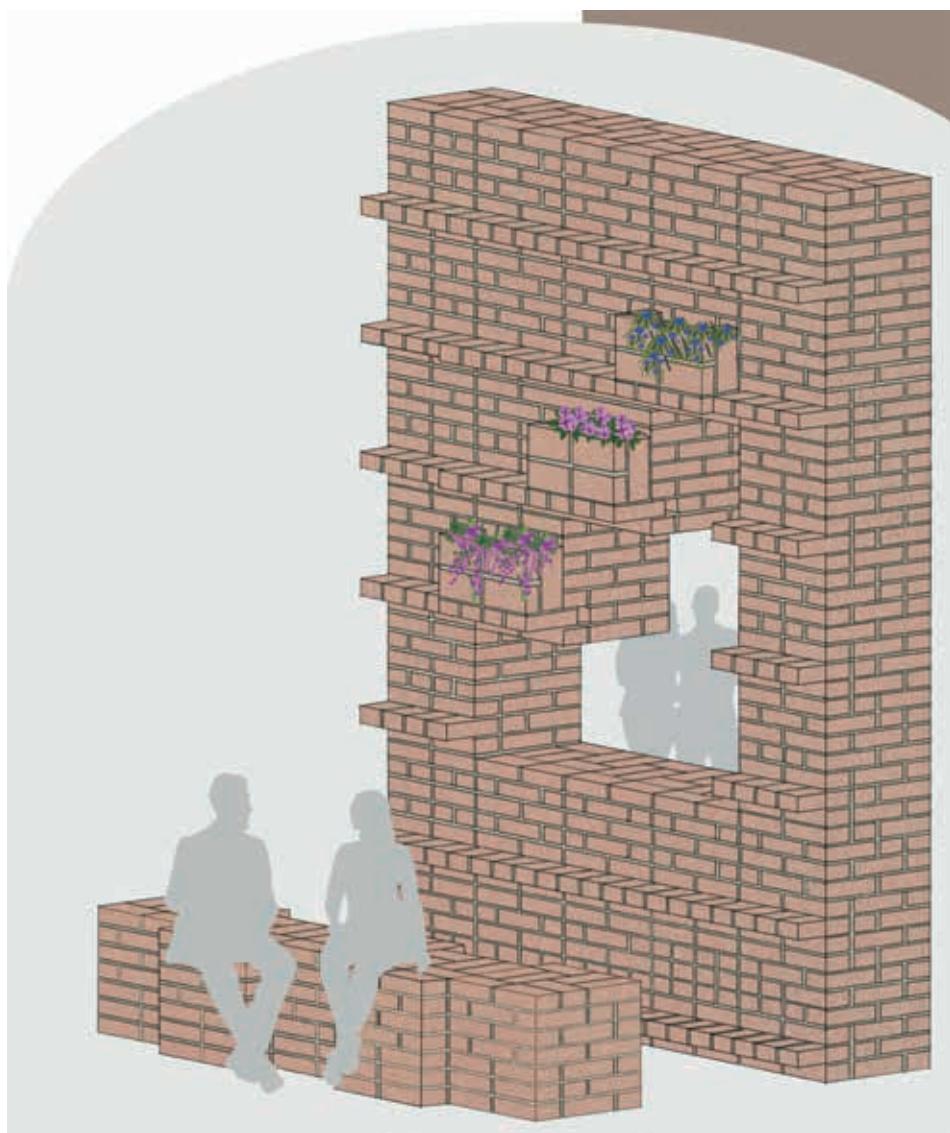


Figura 2.8. Progetto e DPP sotto forma di flow chart a cura di De Bonis Massimiliano Pio, Figliuolo Ylenia, Gagliardi Margherita, Lupo Alessandra, Malvasi Francesco.

è stato sviluppato partendo dalla flowchart di riferimento, opportunamente declinata in sottocategorie specifiche in funzione dei materiali impiegati. Il repository è stato successivamente popolato con dati e informazioni dettagliate, integrando un archivio digitale di documentazione tecnica e normativa correlata.

Le informazioni registrate includono la vita utile prevista dell'elemento, i dati relativi al processo produttivo, le caratteristiche tecnico-prestazionali dei materiali utilizzati e indicazioni operative per manutenzione, disassemblaggio, riciclo e riuso. Tali informazioni sono state organizzate in modo sistematico, mediante esempi e linee guida, al fine di garantire tracciabilità, aggiornabilità e interoperabilità dei dati lungo l'intero ciclo di vita del prodotto. Questo approccio consente di valutare in maniera integrata le prestazioni dell'elemento e di supportare decisioni progettuali e gestionali coerenti con i principi della sostenibilità e della circolarità dei materiali.

Dall'analisi dei progetti sviluppati nel Living Lab è emerso un duplice esito. Da un lato, l'esperienza ha condotto gli studenti verso una nuova consapevolezza progettuale, basata sulla comprensione dell'impatto ambientale e sociale delle scelte materiche e costruttive nel settore edilizio. Dall'altro, il percorso ha assunto una valenza di ricerca applicata, in cui la sperimentazione con il Passaporto Digitale di Prodotto (DPP) ha permesso di approfondire le interrelazioni tra innovazione tecnologica, sostenibilità e progettazione architettonica.

La complessità e l'interconnessione dei dati gestiti dal DPP hanno stimolato gli studenti a sviluppare una sorta di bilancio di sostenibilità per ciascun componente progettato, promuovendo una valutazione critica dell'intero ciclo di vita del prodotto. Questo approccio ha evidenziato concretamente l'importanza di concepire elementi a basso impatto ambientale, caratterizzati da facilità di smontaggio, riutilizzabilità, riciclabilità e semplicità di manutenzione.

La compilazione dei passaporti si è configurata, pertanto, non solo come un esercizio tecnico-operativo, ma come una riflessione progettuale approfondita, favorendo l'assunzione di responsabilità ambientale coerente con i principi dell'economia circolare.

Tra le diverse modalità sperimentate dai gruppi, i DPP più efficaci sono risultati quelli elaborati mediante flowchart, poiché questo strumento ha garantito maggiore chiarezza sia visiva sia concettuale. Le flowchart hanno facilitato la lettura e la compilazione dei dati, offrendo una visione complessiva

immediata del sistema informativo e delle relazioni tra le categorie di contenuti. Inoltre, hanno consentito un confronto costante tra le caratteristiche dei prodotti e i macrogruppi funzionali di appartenenza.

In generale, tutti i progetti hanno integrato criteri di sostenibilità, sebbene non sempre sia stato possibile realizzare un DPP completamente esaustivo. I risultati più significativi sono stati ottenuti dai gruppi che hanno sviluppato passaporti completi e dettagliati, includendo non solo la descrizione del progetto e dei materiali, ma anche informazioni su compatibilità, sicurezza, istruzioni di montaggio, manutenzione, smontaggio, riciclo e usi impropri.

In tali casi, il Digital Product Passport si è configurato come un vero e proprio strumento progettuale, capace di coniugare la dimensione tecnica con quella educativa, rafforzando il suo ruolo di mediatore tra innovazione tecnologica e consapevolezza ambientale.

2.5. Conclusioni

L'esperienza del Living Lab ha evidenziato come il Passaporto Digitale dei Materiali da Costruzione (DPP), sviluppato in conformità con l'Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR, Regolamento UE 2024/1781) e il Construction Products Regulation (CPR, Regolamento UE 2024/3110), possa configurarsi come uno strumento integrato per la progettazione architettonica sostenibile. I progetti sviluppati hanno dimostrato che l'adozione del DPP consente di gestire in maniera sistematica e tracciabile informazioni sui materiali e sui componenti, facilitando la progettazione di elementi smontabili, riutilizzabili e riciclabili.

Oltre alla sua valenza operativa, il DPP ha mostrato un significativo valore formativo: favorisce una progettazione consapevole, stimola l'analisi critica delle scelte materiche e costruttive e incoraggia l'adozione di soluzioni innovative coerenti con i principi dell'economia circolare. L'integrazione delle informazioni richieste dall'ESPR e dal CPR ha permesso agli studenti di comprendere concretamente le interconnessioni tra prestazioni tecniche, sostenibilità ambientale e tracciabilità dei materiali, evidenziando il ruolo strategico del passaporto digitale come strumento di supporto alla progettazione e alla gestione dei dati.

Tra gli sviluppi futuri, il DPP potrebbe essere potenziato per supportare simulazioni predittive dei comportamenti ambientali e prestazionali dei materiali, integrando strumenti BIM e algoritmi di intelligenza artificiale per una gestione dinamica dei dati lungo l'intero ciclo di vita dei prodotti. Inoltre, la sperimentazione didattica potrebbe essere estesa a progetti interdisciplinari, coinvolgendo architettura, ingegneria e gestione dei materiali, al fine di consolidare pratiche di progettazione circolare e favorire la transizione digitale del settore delle costruzioni.

In sintesi, l'esperienza del Living Lab conferma che il Passaporto Digitale dei Materiali da Costruzione, allineato alle normative ESPR e CPR, rappresenta uno strumento strategico per coniugare innovazione tecnologica, sostenibilità e formazione avanzata, offrendo opportunità concrete per lo sviluppo di progettazioni architettoniche resilienti, flessibili e circolari.

Riferimenti bibliografici

- Bernardo G., Dall'Arche D. & Manicone A. (2025), *Circular data flowchart for sustainable ecodesign*, in Albatici R., Dalprà M., Gatti M.P., Maracchini G. & Torresin S. (Eds), *Envisioning the futures – Designing and building for people and the environment. Colloqui.ATe 2025. Lecture Notes in Civil Engineering*, Springer, Cham, https://doi.org/10.1007/978-3-032-06993-1_7.
- European Commission: Directorate-General for Environment (2020), *Circular economy action plan: International aspects*, Publications Office of the European Union, <https://data.europa.eu/doi/10.2779/085517>.
- European Commission: Directorate-General for Communication (2021), *European green deal – Delivering on our targets*, Publications Office of the European Union, <https://data.europa.eu/doi/10.2775/373022>.
- Office of the European Union (2024a), *Regulation (EU) 2024/1781 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for sustainable products, amending Directive (EU) 2020/1828 and Regulation (EU) 2023/1542 and repealing Directive 2009/125/EC (Text with EEA relevance)*, <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1781/oj>.
- Office of the European Union (2024b), *Regulation (EU) 2024/3110 of the European Parliament and of the Council of 27 November 2024 laying down harmonised rules for the marketing of construction products and repealing Regulation (EU) No 305/2011*, <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/3110/oj/eng>.

- Psarommatis F. & May G. (2024a), *Digital product passport: A pathway to circularity and sustainability in modern manufacturing*, in «Sustainability», 16(1), <https://doi.org/10.3390/su16010396>.
- Psarommatis F. & May G. (2024b), *Digital product passport: A pathway to circularity and sustainability in modern manufacturing*, in «Sustainability», 16(1), <https://doi.org/10.3390/su16010396>.
- Voulgaridis K., Lagkas T., Angelopoulos C.M., Boulogiorgos A.A.A., Argyriou V. & Sarigiannidis P. (2024), *Digital product passports as enablers of digital circular economy: A framework based on technological perspective*, in «Telecommunication Systems», 85(4), pp. 699-715, <https://doi.org/10.1007/s11235-024-01104-x>.
- Zhang A. & Seuring S. (2024), *Digital product passport for sustainable and circular supply chain management: A structured review of use cases*, in «International Journal of Logistics Research and Applications», 27(12), pp. 2513-2540, <https://doi.org/10.1080/13675567.2024.2374256>.

I paragrafi 2.2, 2.3 e 2.4 hanno come autori Graziella Bernardo, Daiana Dall'Arche, Angelarosa Manicone, Cristina Rinaldi. Contributi degli autori: ideazione, G.B.; metodologia, G.B.; sperimentazione, G.B., A.M., D.D. e C.R.; risorse, G.B.; stesura – preparazione della bozza originale, G.B., A.M., D.D. e C.R.; scrittura – revisione e modifica, G.B.; visualizzazione, G.B.; supervisione, G.B.; amministrazione del progetto, G.B.; acquisizione dei finanziamenti, G.B. Tutti gli autori hanno letto e approvato la versione pubblicata del manoscritto.

Capitolo 3

Towards Continuum Building Design

Designing through Time: Circularity, Memory, Innovation

The exhibition “Towards Continuum Building Design. Designing through Time: Circularity, Memory, Innovation”, hosted at the University Campus of Matera, via Lanera 20 – Building B, from 23 to 27 June 2025, arises as a critical and experimental expression of a profound shift occurring in the culture of design. Its development is closely connected to the activities of Action 1 of Pilot Project 4.2.1 – Materials, Architecture and Design: Open Knowledge and Innovative Digital Tools for Cultural Heritage, SPOKE 4 – Technologies for Resilient and Accessible Cultural and Natural Heritage, part of the Tech4You program – Technologies for Climate Change Adaptation and Quality of Life Improvement, funded by the National Recovery and Resilience Plan – PNRR, NextGenerationEU (Project Code ECSoooooooo9 – CUP C43C22000400006).

The exhibition does not merely present educational results or isolated experiments: it functions as a reflective device that consciously and systematically stages a radical transformation in the way we think, teach, and practice architectural design. This change is not only operational or technological, but epistemic: it concerns the very foundations of design, its temporality, its objectives, the tools it employs, and the responsibilities it entails.

For over a century, architectural design has been conceived as an act of formal and functional definition, a process culminating in construction and then fading over the extended time of use. In this linear model, the building was considered primarily as a technical object, the product of a punctual process, constructed to last but rarely conceived to be transformed, regenerated, disassembled, or reintegrated into the material cycles of which it is part. The climate, environmental, and energy crises have revealed the unsustainability of this model, showing how the construction-use-disposal linearity is incapable of meeting the needs of an increasingly fragile planet and societies that require lightweight, flexible, adaptive infrastructures.

It is in this scenario that the notion of Continuum Building Design is placed, which does not propose a simple evolution but a true paradigm shift. This perspective arises from a circular vision of architecture, in which materials, components, construction systems, and management strategies are rethought in relation to life cycles, environmental impacts, and the potential for maintenance, repair, reuse, and reintegration. The continuum is not a poetic metaphor, but an operational principle that redefines the very nature of the building: it is no longer a finished object, but an open organism, which lives through processes, exchanges, adaptations, transformations, and regeneration.

At the center of this vision are materials, understood not only as technical elements but as carriers of stories, physical behaviors, potentialities, and limits. The transformation of design starts here: from considering each material not as neutral content, but as a component of an ecological and cultural system of relationships. Material selection is no longer a technically neutral act: it is the first form of sustainable design. It determines the amount of embodied energy in the building, its thermo-hygrometric behavior, degradation processes over time, ease of maintenance, potential for disassembly and reuse, compatibility with regenerative and recycling cycles, carbon footprint, and traceability along the entire supply chain.

The exhibition addresses this transition by presenting a curated selection of works developed by students from the Materials for Architecture course of the single-cycle master's degree in architecture. The selection is not intended to be representative, but critical: it highlights projects that successfully translated the complexity of circular models into experimental forms, offering a plural vision of the trajectories through which architecture can become a system continuous with the cycles of matter and energy. The exhibited works demonstrate how the future of architecture does not depend on a single material or an isolated technical solution, but on the capacity to consider materials as part of a design ecology.

The experimental dimension of the Living Lab allowed students to explore circularity not as an abstract concept, but as a set of concrete design strategies: design for disassembly, evolutionary modularity, reversibility of joints, predictive maintenance management, digital monitoring processes, life-cycle simulations, material regeneration models, and climate adaptation scenarios. Each design choice was verified through scientific tools: LCA analysis, parametric digital models, performance matrices, thermo-hygrometric checks, durability assessments, and material flow diagrams. The project thus took shape as a testing ground where theory and technique are not separate entities, but parts of a unified critical process.

The outcomes collected in the exhibition testify that the transition to a circular economy requires a profound transformation in how we conceive the role of the architect. Introducing “sustainable” materials or energy efficiency strategies alone is not sufficient: a systemic approach is necessary, in which the designer becomes a mediator of material cycles, an interpreter of the building’s temporality, a director of the interactions between the built environment and its context. The architect becomes a figure capable of connecting the cultural dimension of materials with their technical performance, their industrial history, and their potential for regeneration. In this perspective, sustainability is not an added attribute to the project, but an integrated form of knowledge.

The exhibition also highlights the need to develop advanced digital tools to accompany this paradigm shift. Material traceability, information interoperability, and the integration of BIM, LCA, and predictive models become essential tools for designing buildings that can be monitored, updated, disassembled, and regenerated. Within the SPOKE 4 framework, the digital dimension is not seen as mere support for design, but as an enabling condition for the conscious management of processes related to the life cycles of the built environment.

The entire exhibition pathway is conceived to construct a technical-scientific narrative guiding the visitor through the fundamental conceptual stages of the ongoing transition: questioning the linear design model; discovering materials as ecological actors; defining the building as an adaptive organism; emphasizing life cycles; highlighting the importance of scheduled maintenance and disassembly; the necessity of digitalizing the entire process to make it transparent and verifiable; and the cultural responsibility of the designer in an era marked by climate change.

The strength of the exhibition lies not only in its content, but in the way the elements are interwoven: in the connections between theoretical models, technical data, material experiments, and design visions. The curatorial path constructs a narrative in which each student project is not an individual outcome, but part of a broader cultural ecosystem that recombines disciplinary knowledge, technical skills, and institutional missions. The exhibition thus assumes political as well as scientific significance, showing how design can actively contribute to transforming the way we produce, use, and regenerate the built environment.

In its concluding message, “Towards Continuum Building Design” asserts that the architecture of the future must be conceived as a system of complex relationships in which environmental, cultural, and technical dimensions are integrated into a single

evolutionary vision. The building is not a finished object, but a temporal device that lives through cycles of care, adaptation, and transformation. Materials are not static elements, but dynamic components that define environmental quality and durability. Design is not an isolated moment, but a continuous process accompanying the building throughout its life.

Ultimately, the exhibition does not propose definitive solutions, but opens scenarios: it shows possibilities, indicates directions, and constructs a new lexicon for reading and producing the built environment. It invites designers, students, administrators, and inhabitants to recognize that sustainability is not a condition to achieve, but a practice to exercise; it is not a completed goal, but a continuous process; it is not a property of materials, but a way of thinking about, selecting, and using them over time.

L'esposizione “Towards Continuum Building Design. Designing through Time: Circularity, Memory, Innovation”, ospitata presso il campus universitario di Matera, via Lanera 20 – edificio B, dal 23 al 27 giugno 2025, nasce come espressione critica e sperimentale di un cambiamento profondo in atto nella cultura del progetto. Il suo sviluppo è strettamente connesso alle attività dell'Azione 1 del Progetto Pilota 4.2.1 – Materials, Architecture and Design: Open Knowledge and Innovative Digital Tools for Cultural Heritage, SPOKE 4 – Technologies for resilient and accessible cultural and natural heritage, parte del programma Tech4You – Technologies for climate change adaptation and quality of life improvement, finanziato dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – PNRR, NextGenerationEU (Codice ECSoxxxxxx09 – CUP C43C22000400006).

L'esposizione non si limita a presentare risultati didattici o sperimentazioni isolate: essa assume la forma di un dispositivo di riflessione che mette in scena, in modo consapevole e argomentato, una trasformazione radicale del modo in cui pensiamo, insegniamo e praticchiamo la progettazione architettonica. Il cambiamento non è solo operativo o tecnologico, ma epistemico: riguarda i fondamenti stessi del progetto, la sua temporalità, i suoi obiettivi, gli strumenti di cui si serve e le responsabilità che comporta.

Per oltre un secolo, il progetto architettonico è stato concepito come un atto di definizione formale e funzionale, un processo che culminava nella costruzione per poi dissolversi nel tempo lungo dell'uso. In questo modello lineare, l'edificio era considerato principalmente come un oggetto tecnico, pro-

dotto di un processo puntuale, costruito per durare ma raramente pensato per essere trasformato, rigenerato, smontato o reimesso nei cicli materiali di cui è parte. La crisi climatica, ambientale ed energetica ha mostrato l'insostenibilità di tale modello, rivelando come la linearità costruzione-uso-dismissione sia incapace di rispondere alle esigenze di un pianeta sempre più fragile e di società che richiedono infrastrutture leggere, flessibili, adattive.

È in questo scenario che si colloca la nozione di Continuum Building Design, che non propone una semplice evoluzione ma un vero cambio di paradigma. Tale prospettiva nasce da una visione circolare dell'architettura, in cui materiali, componenti, sistemi costruttivi e strategie di gestione vengono ripensati in relazione ai cicli di vita, agli impatti ambientali, alla possibilità di manutenzione, riparazione, riuso e reimpiego. Il continuum non è una metafora poetica, ma un principio operativo che ridefinisce la natura stessa dell'edificio: esso non è più un oggetto finito, ma un organismo aperto, che vive attraverso processi, scambi, adattamenti, trasformazioni, rigenerazioni.

Al centro di questa visione stanno i materiali, intesi non solo come elementi tecnici ma come portatori di storie, di comportamenti fisici, di potenzialità e di limiti. La trasformazione del progetto parte da qui: dal dover considerare ogni materiale non come contenuto neutro, ma come componente di un sistema di relazioni ecologiche e culturali. La scelta del materiale non è più un atto tecnicamente neutrale: è la prima forma di progetto sostenibile. Essa determina la quantità di energia incorporata nell'edificio, il suo comportamento termo-igrometrico, i processi di degrado nel tempo, la facilità di manutenzione, la possibilità di smontaggio e reimpiego, la compatibilità con cicli di rigenerazione e di riciclo, l'impronta di carbonio e la tracciabilità lungo l'intera filiera.

La mostra problematizza questo passaggio presentando una selezione curata dei lavori sviluppati dagli studenti del corso di materiali per l'architettura della laurea magistrale a ciclo unico in architettura. La selezione non ha un intento rappresentativo, ma critico: essa mette in evidenza i progetti che hanno saputo tradurre in forma sperimentale la complessità dei modelli circolari, restituendo una visione plurale delle traiettorie attraverso cui l'architettura può divenire un sistema in continuità con i cicli della materia e dell'energia. I lavori esposti mostrano come il futuro dell'architettura non dipenda da un singolo materiale o da una soluzione tecnica isolata, ma dalla capacità di pensare ai materiali come parte di una ecologia progettuale.

La dimensione sperimentale del Living Lab ha permesso agli studenti di esplorare la circolarità non come un concetto astratto, ma come un insieme di strategie progettuali concrete: progettazione per il disassemblaggio, modularità evolutiva, reversibilità dei giunti, gestione predittiva della manutenzione, processi di monitoraggio digitale, simulazioni di cicli di vita, modelli di rigenerazione materica e scenari di adattamento climatico. Ogni scelta progettuale è stata verificata attraverso strumenti scientifici: analisi LCA, modelli digitali parametrici, matrici di prestazione, verifiche termo-igrometriche, valutazioni di durabilità, diagrammi di flussi materiali. Il progetto si è così configurato come un campo di prova in cui teoria e tecnica non sono entità separate ma parti di un unico processo critico.

Gli esiti raccolti nell'esposizione testimoniano come il passaggio all'economia circolare richieda una profonda trasformazione delle modalità con cui concepiamo il ruolo dell'architetto. Non basta introdurre materiali "sostenibili" o strategie di efficienza energetica: è necessario un approccio sistematico, in cui il progettista diventi mediatore di cicli materiali, interprete della temporalità dell'edificio, regista dei processi di interazione tra costruito e ambiente. L'architetto diventa figura capace di connettere la dimensione culturale dei materiali con la loro performance tecnica, la loro storia industriale, la loro possibilità di rigenerazione. In questa prospettiva, la sostenibilità non è un attributo aggiunto al progetto, ma una forma di conoscenza integrata.

L'esposizione rende evidente anche la necessità di costruire strumenti digitali avanzati per accompagnare questo cambio di paradigma. La tracciabilità dei materiali, l'interoperabilità informativa, l'integrazione tra BIM, LCA e modelli previsionali diventano strumenti indispensabili per progettare edifici che possano essere monitorati, aggiornati, smontati e rigenerati. Nell'ambito dello SPOKE 4, la dimensione digitale non è vista come un semplice supporto alla progettazione, ma come condizione abilitante per una gestione consapevole dei processi legati ai cicli di vita del costruito.

L'intero percorso espositivo è pensato per costruire una narrazione tecnico-scientifica che accompagni il visitatore attraverso i passaggi concettuali fondamentali della transizione in corso: la messa in discussione del modello lineare del progetto; la scoperta dei materiali come attori ecologici; la definizione dell'edificio come organismo adattivo; la centralità dei cicli di vita; l'importanza della manutenzione programmata e del disassemblaggio; la neces-

sità di digitalizzare l'intero processo per renderlo trasparente e verificabile; la responsabilità culturale del progettista in un'epoca segnata dal cambiamento climatico.

La forza della mostra non risiede solo nei contenuti esposti, ma nel modo in cui essi vengono intrecciati: nelle connessioni tra modelli teorici, dati tecnici, sperimentazioni materiali e visioni progettuali. Il percorso curatoriale costruisce una narrazione in cui ogni progetto studentesco non è un esito individuale, ma parte di un ecosistema culturale più ampio, che ricombina saperi disciplinari, competenze tecniche e missioni istituzionali. L'esposizione assume così un valore politico oltre che scientifico, poiché mostra come il progetto possa contribuire a trasformare realmente il modo in cui produciamo, utilizziamo e rigeneriamo il costruito.

Nel suo messaggio conclusivo, “Towards Continuum Building Design” afferma che l’architettura del futuro deve essere pensata come un sistema di relazioni complesse, in cui la dimensione ambientale, quella culturale e quella tecnica vengono integrate in un'unica visione evolutiva. L'edificio non è un oggetto concluso, ma un dispositivo temporale che vive attraverso cicli di cura, adattamenti e trasformazioni. I materiali non sono elementi statici, ma componenti dinamici che definiscono la qualità ambientale e la durabilità dell'architettura. Il progetto non è un momento isolato, ma un processo continuo che accompagna l'edificio lungo tutta la sua vita.

In definitiva, la mostra non propone soluzioni definitive, ma apre scenari: mostra possibilità, indica direzioni, costruisce un lessico nuovo per leggere e produrre il costruito. Essa invita chi progetta, chi studia, chi amministra e chi abita a riconoscere che la sostenibilità non è una condizione da raggiungere, ma una pratica da esercitare; non è un obiettivo concluso, ma un processo continuo; non è una proprietà dei materiali, ma un modo di pensarli, sceglierli e utilizzarli attraverso il tempo.

*Per una migliore consultazione delle seguenti tavole
è possibile inquadrare il codice QR.*



TOWARDS CONTINUUM BUILDING DESIGN

Designing Through Time: Circularity, Memory, Innovation

24-27 june 2025

University Campus, Building B – Via Lanera, 20 - Matera, Basilicata University



A New Paradigm for Architecture

The exhibition **Towards Continuum Building Design** stems from a pressing design and cultural need: rethinking how we conceive, build, and transform architecture over time. In an era of climate change and environmental and social instability, we must move beyond traditional models to embrace a systemic, continuous approach that adds value throughout the entire lifecycle of the built environment.

Building materials and structures are no longer neutral objects but carriers of meaning, history, and responsibility. Knowing them, maintaining, transforming, dismantling, regenerating: the project becomes an open, circular, and adaptive process that interacts with the territory and society.

An Exhibition-Laboratory

Born from a **participatory Living Lab** with students from the **Materials for Architecture course** (LM-4), the exhibition presents projects that explore:

- Sustainability and circularity
- Reversibility and maintenance
- Reuse and critical knowledge

It offers an educational experience based on active learning, theoretical research, and design experimentation.

Towards Continuum Building Design is more than an exhibition: it is a platform for dialogue and a collective call to rethink architecture as a lasting, ethical, and responsible process.



“Terra Resource”: urban chamber for Matera

Cristian Ciccardi, cristian.ciccardi@studenti.unibas.it

Materials for Architecture, Five-year Master’s Degree in Architecture, Academic Year 2024/2025

Department of Humanistic, Scientific and Social Innovation, DIUSS

Basilicata University

University Campus, via Lanera, 20 – 75100 Matera

Keywords: raw earth, 3d printing, hypogea architecture, parametric design, reversibility.

Abstract: The Terra Resource project arises from the urgent need to rethink construction processes, beginning with materials and the landscape itself. It envisions an architecture that is simultaneously circular, sustainable, and deeply connected to its context. Conceived as an experimental “urban chamber,” it is a semi-underground dwelling module excavated from the ground and constructed using the very raw earth extracted from the site. This material is transformed into a functional architectural medium through advanced 3D printing technology. The approach is rooted in subtraction rather than addition, returning to the earth what was once taken from it.

The design combines the hypogea heritage of the Sassi di Matera with the innovative potential of digital fabrication, generating architecture that intertwines memory, innovation, and environmental responsibility. The process begins with a detailed soil analysis and the selection of its main components — clay, silt, and sand — to achieve optimal printability. Natural binders, such as straw or rice husks, are incorporated to enhance cohesion, elasticity, and durability. Once mixed with water and sieved, the resulting mortar is ready for on-site 3D printing, layer by layer, using a modular printer. Parametric design enables precise optimization of form, mass distribution, ventilation, and climatic response, minimizing material use while maximizing performance.

After printing, the structure dries naturally in open air, without industrial treatments or high energy consumption. Non-printable elements, including fixtures, systems, and finishes, are integrated later through reversible and low-impact solutions. The approach is entirely circular and reversible: raw earth is a local, renewa-

ble, and untreated material that requires no firing, produces no permanent waste, and can be reintegrated into the natural cycle or returned to the soil at the end of its life. Its thermal and hygroscopic properties ensure indoor comfort, breathability, and natural regulation of humidity. 3D printing reduces construction time, on-site labor, and exposure to atmospheric agents, while allowing free, organic, and climatically efficient forms. Terra Resource exemplifies adaptive, systemic architecture: it demonstrates how simple materials, reprocessed through contemporary tools, can generate value throughout the full life cycle of the built environment. This is architecture emerging from emptiness, shaped within the earth, and, if necessary, dissolving without leaving a trace, a profound statement on sustainability, memory, and the careful integration of human interventions within the natural world.

Il progetto Terra Resource nasce dall'urgenza di ripensare i processi costruttivi partendo dai materiali e dal paesaggio stesso. Esso propone un'architettura al contempo circolare, sostenibile e profondamente radicata nel contesto. Concepito come una "camera urbana" sperimentale, il progetto consiste in un modulo abitativo semi-ipogeo, scavato nel terreno e realizzato con la terra cruda estratta direttamente dal sito. Questo materiale viene trasformato in mezzo architettonico funzionale attraverso tecnologie avanzate di stampa 3D. L'approccio si fonda sulla sottrazione piuttosto che sull'aggiunta, restituendo alla terra ciò che da essa era stato prelevato. Il progetto integra il patrimonio ipogeo dei Sassi di Matera con le potenzialità della fabbricazione digitale, generando un'architettura che intreccia memoria, innovazione e responsabilità ambientale. Il processo inizia con un'analisi dettagliata del terreno e la selezione dei suoi componenti principali – argilla, limo e sabbia – per garantire la miglior stampabilità. Leganti naturali, come paglia o pula di riso, vengono aggiunti per aumentare coesione, elasticità e durabilità. Una volta miscelata con acqua e setacciata, la malta è pronta per la stampa 3D in situ, strato su strato, tramite stampante modulare. Il design parametrico permette di ottimizzare forma, distribuzione delle masse, ventilazione e risposta climatica, riducendo l'uso di materiali e migliorando le prestazioni. Dopo la stampa, la struttura si asciuga naturalmente all'aria aperta, senza trattamenti industriali né elevati consumi energetici. Elementi non stampabili, come impianti e finiture, vengono integrati successivamente con soluzioni reversibili e a basso impatto. L'approccio

è completamente circolare e reversibile: la terra cruda è un materiale locale, rinnovabile e non trattato, che non richiede cottura, non produce rifiuti permanenti e può essere reintegrata nel ciclo naturale o restituita al suolo a fine vita. Le sue proprietà termiche e igroscopiche garantiscono comfort interno, traspirabilità e regolazione naturale dell'umidità. La stampa 3D riduce tempi di costruzione, fasi in cantiere ed esposizione agli agenti atmosferici, permettendo al contempo forme libere, organiche ed efficienti climaticamente. Terra Resource rappresenta un esempio concreto di architettura adattiva e sistematica: dimostra come materiali semplici, reinterpretati attraverso strumenti contemporanei, possano generare valore lungo l'intero ciclo di vita dell'ambiente costruito. È un'architettura che emerge dal vuoto, si modella nella terra e, se necessario, può dissolversi senza lasciare traccia, una riflessione profonda su sostenibilità, memoria e integrazione attenta dell'uomo nel mondo naturale.

1st EXIBITION TOWARDS CONTINUUM BUILDING DESIGN

Earth as a resource: Urban Chamber for Matera

Cristian Ciccardi | cristian.ciccardi@studenti.unibas.it

Materials for Architecture, Open Living Lab , Academic Year 2024/2025 – Master Degree in Architecture
23-27 June 2025 , University Campus , Building B – Via Lanera, 20 - Matera , Basilicata University



1. Building with the Earth: Memory, Innovation and Circularity

At a time when architecture is urgently called upon to respond to the environmental, social and cultural challenges of our time, it becomes essential to rethink not only the way we build, but also the materials we use. Tradition and innovation must intertwine to shape an architecture that is sustainable, adaptive and deeply rooted in its context.

This panel presents an experimental living model: an "urban chamber" excavated in the ground and built with the same earth extracted from the site, transformed into an architectural material thanks to 3D printing technology. The project combines the underground heritage of the Sassi di Matera with the possibilities offered by contemporary construction techniques, generating a work in balance between memory and future, between nature and artifice.

The aim is to demonstrate how a primordial material such as raw earth can become, through the conscious use of resources and circular design, the basis for a more just, durable and landscape-sensitive architecture. A constructive gesture that returns to the soil what comes from it, building a dialogue between man, earth and time.

3. Realisation Process



1. Soil selection and analysis

The main material is raw earth taken from the site of construction itself. The earth is analysed in the laboratory to check its mechanical and compositional properties, such as the content of clay, silt and sand. To obtain a mouldable mixture, natural binders (such as straw and rice husks) are added to the earth to improve workability and strength.



2. Preparing the material

The earth is sieved and mixed with water and natural additives, creating a moist, plastic mortar suitable for printing; this mixture is then adapted to be compatible with the 3D printer, ensuring adhesion between layers and uniform drying.



3. 3D printing of the building

The structure is printed with a modular 3D printer capable of constructing full-scale buildings. The printing is done layer by layer, following a parametric design that guarantees: structural solidity, thermal insulation and natural ventilation, minimum use of material. The entire building envelope is printed on site.

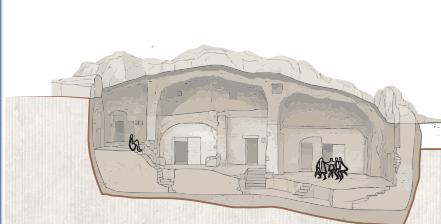


4. Drying and finishing

After printing, the raw earth is left to dry naturally in the air; no ovens or industrial processes are used: this minimises the environmental impact. Any elements that cannot be printed (e.g. fixtures, electrical systems) are installed at a later date, always with an eye on eco-friendliness.

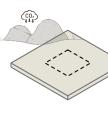
5.Urban Room: From Traditional Architecture

by Subtraction to Circular Innovation in 3D-printed Raw Earth

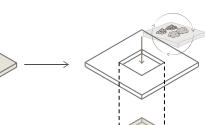


2. The Excavation: Raw Material Extraction and Space Creation

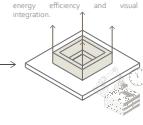
1 The starting point is excavation in situ. This primary act, which evokes the traditional mining of gold and silver, has a dual function. On the one hand, it generates the necessary space for the future semi-underground "urban chamber"; on the other hand, it harmoniously integrates with the landscape and explores the potential of the ground. In this case, however, less is the key innovation: the extraction of the raw material: the soil itself.



2 Unlike traditional construction methods that generate waste, the soil does not pollute the environment, but the fundamental resource of the project. This material, consisting of clay, silt, sand and gravel, is carefully selected and processed. The soil acts as a natural binder, while the other components provide stability and strength.



3 The processed material is fed into a robotic 3D printer which, layer by layer, builds the walls of the new architecture. This methodology makes it possible to realize complex structures and complex shapes with precision and speed, reproducing the enveloping forms of the Sassi buildings. The resulting building, like the traditional houses of Matera, is designed to be semi-underground, with one part resting on the ground and one part emerging, maximizing energy efficiency and visual integration.



4. Towards Circular and Sustainable Architecture

Local and renewable raw material
Raw earth is taken directly from the site of construction, reducing transportation and thus CO₂ emissions. It is an abundant and natural resource, renewable over time through erosion and geological processes. It does not need to be baked (as with bricks and cement), so it does not require combustion emissions.

Recycling and end-of-life
Unlike cement or fired brick, which require specialised equipment, raw earth can be recycled, rehydrated and reused, or can return to nature as soil, without producing polluting waste.

Comfort and energy saving
Raw earth has insulating thermal properties: it keeps cool in the summer and warm in the winter, absorbs and releases moisture. This reduces the need for heating and air conditioning systems, lowering energy consumption.

Low-impact life cycle
During construction, raw earth requires little energy: 3D printers are energy-efficient, and the use of machinery and industrial processes, producing waste or scraps can be fed back into the production cycle by simply remaking them.

Durability and recyclability
A raw earth building can last a long time. If it is well designed, at the end of its life, the building can be demolished without pollution: the earth can be returned to the ground and used again, or it can be reused to construct another building.

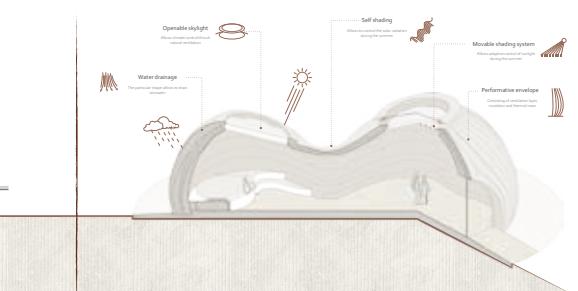
Speed of construction
3D printing applied to earth construction reduces construction time compared to traditional construction methods; it also contributes to less exposure of the constructions to the weather and faster availability of the building. In addition, there is a reduction in work phases.

Adaptability and flexibility
3D printing adapts complex and organic shapes to be realized. By using a parametric design, it is possible to obtain shapes that would be difficult or costly with traditional methods; this flexibility can also optimize the building's response to the local climate.

Material circulation and reuse
The concept of circularity is intrinsic to the use of raw earth as a building material. It is a natural technique at the forefront of the circular economy in construction; the material used is natural and reusable.

Health and well-being benefits
Natural materials such as unfired earth are invaluable and help regulate indoor humidity, improving air quality and reducing energy consumption. They are free of toxic chemicals (VOC - volatile organic compounds), creating a healthier indoor environment for occupants.

Reduced Environmental Impact
The use of 3D printing with raw earth leads to a significant reduction in the ecological footprint of the entire building life cycle: there are low carbon emissions and lower resource consumption.



PP 4.2.1 MATERIALS, ARCHITECTURE AND DESIGN: OPEN KNOWLEDGE AND INNOVATIVE DIGITAL TOOLS FOR CULTURAL HERITAGE - ACTION 1 - DIGITAL HERITAGE PASSPORT FOR GREEN TAYLOR-MADE PRODUCTS BASED ON TRADITIONAL LIME



Heavier than life: rethinking design in an era of excess

Rosalba Creanza, rosalba.creanza@studenti.unibas.it

Materials for Architecture, Five-year Master's Degree in Architecture, Academic Year 2024/2025

Department of Humanistic, Scientific and Social Innovation, DIUSS

Basilicata University

University Campus, via Lanera, 20 – 75100 Matera

Keywords: upcycling, regeneration, lightness, matter, care.

Abstract: In 2020, for the first time in human history, the total mass of artificial materials – such as concrete, metals, plastic, and asphalt – surpassed the total mass of all living biomass on Earth. This turning point signals not only the excessive production and consumption of resources, but also an imbalanced relationship between humans and the planet, between construction and regeneration. The visual representation proposed in the manifesto stages this imbalance: the human figure appears crushed by the growing weight of artificial materials, while the lightness of biomass – including plants, animals, fungi, and microorganisms – becomes increasingly thin. This visual contrast invites reflection on polarities that are ever more urgent today: production versus care, accumulation versus adaptability, weight versus lightness. The material culture of design can no longer be guided solely by technical innovation or novelty, but must question the origin, destiny, and meaning of the materials it employs. Reuse and recycling are no longer optional – they are necessary tools, not as compromise, but as a conscious design choice. It is in this context that the concept of upcycling becomes particularly relevant: the creative and transformative reuse of waste. Unlike simple recycling, which often involves a loss of quality in the material, upcycling enhances what is already present, regenerating it into something more valuable, useful, or meaningful. Upcycling requires attentiveness to the resources already available, and a willingness to care for the world instead of imposing further weight upon it. In this perspective, lightness is not the absence of matter, but rather the ability of matter to relate respectfully to its surroundings. To build with lightness means to reduce environmental impact, but also to increase the quality of lived space and time. It means designing with reversibility, maintenance, and multispecies coexistence in

mind. The manifesto is therefore not only a denunciation of the current state of things, but also a proposal: an invitation to imagine a design practice rooted in care, respect, and regeneration. A practice in which every material – even the humblest or forgotten – can be rediscovered and reintegrated into a broader life cycle. Where creativity is no longer tied to the production of novelty, but to the ability to see value where others see only waste. Only in this way can we truly lighten our presence on Earth, making space for life instead of covering it.

Nel 2020, per la prima volta nella storia dell'umanità, la massa totale dei materiali artificiali – come cemento, metalli, plastiche, asfalto – ha superato la massa complessiva di tutta la biomassa vivente sulla Terra. Questo evento senza precedenti segnala non solo una produzione e un consumo eccessivi di risorse, ma anche un rapporto fondamentalmente squilibrato tra l'uomo e il pianeta, tra costruzione e rigenerazione. La rappresentazione visiva proposta dal manifesto mette in scena questo squilibrio in modo evidente: la figura umana appare schiacciata dal peso crescente dei materiali artificiali, mentre la leggerezza della biomassa — piante, animali, funghi e microrganismi — diventa sempre più fragile e sottile. Questo contrasto invita a riflettere su polarità oggi sempre più urgenti: produzione versus cura, accumulo versus adattabilità, peso versus leggerezza. La cultura materiale del progetto non può più essere guidata esclusivamente dall'innovazione tecnica o dalla novità; deve interrogarsi sull'origine, il destino e il significato dei materiali che utilizza. Riutilizzo e riciclo non sono più strategie opzionali: sono strumenti essenziali, non compromessi, ma scelte progettuali consapevoli. In questo contesto, il concetto di upcycling diventa particolarmente rilevante: il riuso creativo e trasformativo dei rifiuti. A differenza del semplice riciclo, che spesso comporta una perdita di qualità del materiale, l'upcycling valorizza ciò che già esiste, rigenerandolo in qualcosa di più utile, prezioso o significativo. L'upcycling richiede attenzione alle risorse già disponibili e la volontà di prendersi cura del mondo, invece di aggiungervi ulteriore peso. In questa prospettiva, la leggerezza non è assenza di materia, ma capacità della materia di relazionarsi rispettosamente con l'ambiente circostante. Costruire con leggerezza significa ridurre l'impatto ambientale e, allo stesso tempo, aumentare la qualità dello spazio e del tempo vissuto. Significa progettare con reversibilità, manutenzione e convivenza multietnica in mente. Il manifesto si configura dunque non solo come denuncia dello stato attuale

delle cose, ma anche come proposta: un invito a immaginare una pratica progettuale radicata nella cura, nel rispetto e nella rigenerazione. Una pratica in cui ogni materiale, anche il più semplice o dimenticato, possa essere riscoperto e reintegrato in un ciclo di vita più ampio in cui la creatività non è più legata alla produzione di novità, ma alla capacità di riconoscere valore dove altri vedono solo rifiuto. Solo così l'umanità potrà davvero alleggerire la propria presenza sulla Terra, facendo spazio alla vita invece di coprirla.

1st EXIBITION TOWARDS CONTINUUM BUILDING DESIGN

HEAVIER THAN LIFE

RETHINKING DESIGN IN AN ERA OF EXCESS

Rosalba Creanza, rosalba.creanza@studenti.unibas.it

Materials for Architecture, Open Living Lab , Academic Year 2024/2025 – Master Degree in Architecture
23-27 June 2025 , University Campus , Building B – Via Lanera, 20 - Matera , Basilicata University



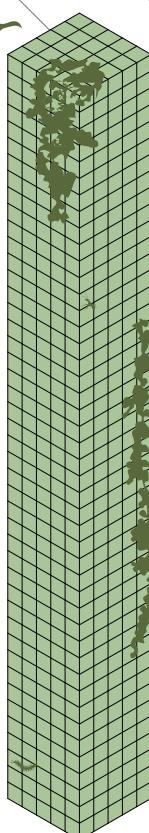
The world is not getting bigger, but the human population continues to grow, consuming ever more resources and altering the environment we rely on.

The amount of mass produced by humans, or anthropogenic mass, has for the first time exceeded the dry weight (excluding water and fluids) of all life on Earth, including humans, animals, plants, fungi, and microorganisms.

1154 Gt
That is the amount of mass that the human population has created.
Data from Obersteiner et al., published in Nature, 2020.

GLOBAL BIOMASS

Biomass is the total mass of living matter belonging to biological organisms on the entire planet, including humans, animals, plants, fungi and microorganisms.



549 Gt
CONCRETE
Concrete is the most common building material and the second most used substance in the world, after water.

92 Gt
BRICKS
Approximately 1500 billion bricks are produced each year.

386 Gt
AGGREGATES
Some examples are sand, gravel, crushed stone and slag. Aggregates are the most mined materials in the world.

39 Gt
METALS
Iron is the most commonly used metal.

65 Gt
ASPHALT
Asphalt is a semi-solid form of petroleum mixed with aggregates to form roads.

23 Gt
OTHER
Some examples are wood, glass, plastic. On Earth's surface, human-made mass now outweighs all animals twice over.

ANTHROPOGENIC MASS

Anthropogenic mass is defined as the mass embodied in inanimate objects or structures made by humans. So we are talking about constructions that have not yet been demolished or decommissioned.



1154 Gt

(1154 Gt)

(1154 Gt

From raw earth to form

Massimiliano Teodosio Pio De Bonis, massimilianoteodosiopio.debonistudenti.unibas.it

Materials for Architecture, Five-year Master's Degree in Architecture, Academic Year 2024/2025

Department of Humanistic, Scientific and Social Innovation, DIUSS

Basilicata University

University Campus, via Lanera, 20 – 75100 Matera

Keywords: raw earth, sustainable architecture, floor slab, reversible design, traditional materials.

Abstract: From Earth to Form is a project that investigates the architectural and environmental potential of raw earth, focusing on two key elements: load-bearing walls constructed from compacted earth and an experimental floor composed of timber and earth. The concept was developed at the entrance of the Serra di Vaglio archaeological site, where the Casa dei Pithoi is located, on the outskirts of Potenza, Southern Italy. The intervention introduces a light, reversible, and respectful architectural presence adjacent to ancient ruins, carefully avoiding interference with the archaeological remains. The design draws inspiration from traditional earth-building techniques and the use of locally sourced materials, merging historical knowledge with contemporary experimentation. Raw earth was selected for its low embodied energy, natural moisture-regulating properties, and full recyclability, while also acknowledging its inherent vulnerabilities, such as sensitivity to water and erosion. To address these challenges, the project references the Ricola Herb Centre by Herzog & de Meuron (2013/2014), which employs minimal stabilization using trass lime mortar and incorporates protective strategies, including elevated foundations and drainage systems. These solutions are reinterpreted and adapted to enhance durability while maintaining a low environmental impact. The experimental floor expands the application of raw earth to horizontal surfaces, investigating its compatibility with timber and its structural performance under load, broadening the potential of earth as contemporary architectural material. The project adopts a cradle-to-cradle approach, tracking the full life

cycle of all materials and prioritizing the use of local earth mixtures, carefully formulated through granulometric analysis. The site was deliberately chosen for its location in Basilicata, a region rich in cultural and landscape heritage. Alongside well-known areas such as Matera, Metaponto, and Acerenza, Serra di Vaglio represents an invaluable archaeological context. From Earth to Form aims to preserve and enhance this heritage through lightweight, reversible, and environmentally responsible architecture, demonstrating how ancient materials can inspire innovative, sustainable design strategies that respect both the past and the ecological needs of the present.

From Earth to Form è un progetto che esplora il potenziale architettonico e ambientale della terra cruda, concentrandosi su due elementi principali: pareti portanti realizzate in terra compressa e un pavimento sperimentale composto da legno e terra. Il concept è stato sviluppato all'ingresso del sito archeologico della Serra di Vaglio, dove si trova la Casa dei Pithoi, alla periferia di Potenza, nel Sud Italia.

L'intervento introduce una presenza architettonica leggera, reversibile e rispettosa accanto alle antiche rovine, evitando qualsiasi interferenza con i resti archeologici. Il progetto si ispira alle tecniche tradizionali di costruzione in terra e all'utilizzo di materiali locali, combinando la conoscenza storica con la sperimentazione contemporanea. La terra cruda è stata scelta per il suo basso consumo energetico incorporato, le proprietà naturali di regolazione dell'umidità e la piena riciclabilità, pur considerando le vulnerabilità intrinseche del materiale, come la sensibilità all'acqua e all'erosione. Per affrontare queste sfide, il progetto prende come riferimento il Ricola Herb Centre di Herzog & de Meuron (2013/2014), che utilizza una stabilizzazione minima mediante malta di calce e trass e strategie protettive come fondazioni sopraelevate e sistemi di drenaggio. Queste soluzioni sono reinterpretate e adattate per migliorare la durabilità mantenendo un basso impatto ambientale. Il pavimento sperimentale estende l'applicazione della terra cruda alle superfici orizzontali, indagandone la compatibilità con il legno e le prestazioni strutturali sotto carico, ampliando il potenziale della terra come materiale architettonico contemporaneo. Il progetto segue un approccio cradle-to-cradle, tracciando l'intero ciclo di vita dei materiali e privilegiando l'utilizzo di miscele di terra locali, sviluppate attraverso analisi granulometriche mirate. Il sito è stato scelto per la sua

posizione in Basilicata, regione ricca di patrimonio culturale e paesaggistico. Accanto a luoghi noti come Matera, Metaponto e Acerenza, Serra di Vaglio rappresenta un contesto archeologico di grande valore. From Earth to Form si propone di preservare e valorizzare questo patrimonio attraverso un'architettura leggera, reversibile e sostenibile, dimostrando come i materiali antichi possano ispirare strategie progettuali innovative e rispettose sia del passato sia delle esigenze ecologiche del presente.

1st EXIBITION TOWARDS CONTINUUM BUILDING DESIGN

FROM EARTH TO FORM



Massimiliano Teodosio Pio De Bonis – massimiliano.teodosiopio.debonis@studenti.unibas.it
Materials for Architecture, Open Living Lab , Academic Year 2024/2025 – Master Degree in Architecture
23-27 June 2025 , University Campus , Building B - Via Lanera, 20 - Matera , Basilicata University

TRADITION

BASILICATA ANTICA

Identification of study site



SERRA DI VAGLIO An archaeological site located in the municipality of Bernalda. It is situated at 1300 metres above sea level, along the Basento Valley.

The first phase of the settlement dates back to the 8th century BC, featuring clusters of huts separated by burial areas. Within the site, a reconstruction of a building using traditional techniques and materials has been carried out.

On stone foundations from the 5th century BC, a wall elevation was constructed using clay mixed with straw, employing the **pise rammed earth** technique.

Also present is the House of the Pitillo, dating back to the 5th century BC.

The reconstruction process includes a mixing basin for the clay and straw mixture, and the application of the mixture using wooden formwork.

CONSTRUCTION PHASES - RECONSTRUCTION OF THE HOUSE OF THE PITILLO



Source: D. Di Stefano, S. Sartori

CURRENT STATE of the House of the Pitillo



HYPOTHETICAL RECONSTRUCTION



RAW EARTH

SUSTAINABILITY

Why choose raw earth?

Why choose raw earth in construction?

- It helps control humidity by naturally absorbing and releasing moisture
- It keeps indoor temperatures more stable thanks to its mass
- It saves energy
- It reduces the environmental impact of building
- It can always be recycled and reused
- It lowers the cost of materials



Rammed earth construction uses compacted soil or aggregates like clay, lime, sand, or gravel in formworks to build floors, walls, and structural elements.

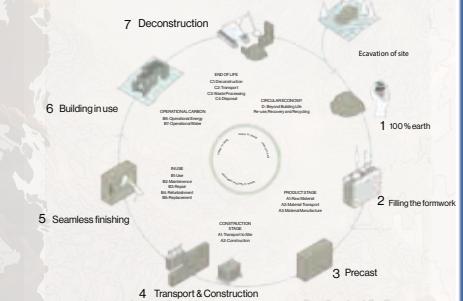
Degradation and Types

Raw earth is characterized by high porosity, which can play a crucial role both in its physical-mechanical properties and in its durability.

Water on the internal surface of the soil particles has the greatest effect, as it can penetrate the soil and disrupt the bonds between particles, reducing strength. If the contact with water is prolonged, raw earth quickly loses its consistency, collapsing under its own weight. It is essential to study in advance the water sensitivity of clay minerals and of the earth itself, of which the water absorption can reach up to 20%.

The persistent presence of water on surfaces also promotes biotic activity (such as the growth of algae, mosses, lichens, grasses, and plants), which can lead to further deterioration.

Other common issues with raw earth, often due to poor application, include moisture buildup, swelling of finishing surfaces, detachment, and loss of material cohesion.



INNOVATION

Design Proposal: Wooden and Raw Earth Structure (Design by Massimiliano De Bonis)
ArcheoInfo: Archaeological Excavation Information Center – Serra di Vaglio



Construction phases in raw earth

Soil Preparation

Medium-fine soil
• 5-25% clay - cohesive
• 40-60% silt and fibers
• Water added to increase stability

With fine-grained particles (5-10%)

• Improves durability and water resistance

• Strengthens the structure

Best for exposed walls, high humidity, prefabrication

Forming:

• Wooden panels + laminated timber frame (e.g. 30 cm thick)

• Hollow blocks + concrete structure

Compaction:

• Earthramming (10-35 tines)

• Compacted manually or mechanically

Drying & Curing:

• Enclosed project at full height

• Slow drying, protected from sun/rain

• Curing several weeks



Material Properties

• Density

• Compressive Strength

• Thermal Conductivity

• Flexibility

• Breathability

Value

1800-2000 kg/m³

1-4 MPa (natural)

0.72 W/mK

Very high

Excellent (combustible)

Very high (i=5-10)

Hybrid Structural Floor System: Wood and Raw Earth

An innovative and sustainable solution combining laminated timber beams (GL24n) with modular compressed raw earth blocks (BSB-200-150 mm, 33 kg).

Raw Earth Block:

Medium-fine soil, mainly clayey

Two stabilization methods:

• Natural (comet-fried) with mechanical compaction of soil.

• Geotextile reinforcement (geogrid) for increased strength.

Compressive strength 2.5-3.5 MPa (natural), 4.5-6.0 MPa (stabilized).

Fire Resistance: REI90 classification

Sustainability:

Natural and certifiable (recycled soil and PEFC/FSC wood).

Cost reduction by up to 70% compared to reinforced concrete slabs.

Structural Performance:

Laminated beams with high strength and stability.

(static modulus 10,000-15,000 MPa) for controlled deformation under load.



Cork Shield

Leonardo Antonio Carmine Faliero, leonardoantoniocarmine.faliero@studenti.unibas.it

Materials for Architecture, Five-year Master's Degree in Architecture, Academic Year 2024/2025

Department of Humanistic, Scientific and Social Innovation, DIUSS

Basilicata University

University Campus, via Lanera, 20 – 75100 Matera

Keywords: cultural heritage, cork oak, renewable resource, bio-material, fire-resistance.

Abstract: Cork, derived from *Quercus suber*, embodies a millennia-old symbiosis between nature and human civilization. Present on Earth for over sixty million years, it has accompanied the evolution of human ingenuity — from sealing Mesopotamian amphorae to enhancing today's thermal insulation systems. Its history, both stratified and resilient, tells a story of versatility and sustainability. Today, in the form of expanded cork panels, this material finds renewed relevance in environmentally responsible architecture. The bark, harvested cyclically without harming the tree, is ground and subjected to a thermal expansion process that activates the release of suberin and lignin, natural compounds that serve as binders, allowing the granules to aggregate without synthetic adhesives. The resulting panels are lightweight, breathable, fire-resistant, durable, free of chemical additives, and fully recyclable. Their closed-cell, air-filled structure provides excellent thermal and acoustic performance. The cork supply chain, concentrated mainly in the Mediterranean basin, also promotes social sustainability by preserving traditional craftsmanship and ensuring dignified working conditions. Cork oak forests play a vital ecological role: each hectare can absorb up to fifteen tons of CO₂ per year and serves as a natural barrier against the spread of wildfires. Remarkably, cork bark is naturally self-extinguishing, meaning it does not propagate flames, thus contributing to territorial resilience. In Basilicata, where wildfires are a recurrent threat, the cork oak endures in both the landscape and local culture: in the town of Lavello, *u suberu* refers not only to the tree itself but also to a traditional carnival mask, embodying a deep connection between humans, trees, and the land. In this way, cork

becomes both narrative and substance, an intersection of nature, science, ecology, and memory. This ethos also underpins the course Materials for Architecture, where technical knowledge is paired with an open, collaborative methodology. The goal is not merely to identify the most innovative solutions, but to recognize the enduring value of materials offered by nature, reinterpreting ancient resources through the lens of contemporary architectural needs. Design freedom emerges from informed awareness: to choose is to know, and to know is to interpret matter in all its forms and temporalities. In an era of profound transformation, architecture redefines itself through collaboration, aligning with the systems of the natural world and artificial intelligence.

Il sughero, ricavato dalla *Quercus suber*, incarna una simbiosi millenaria tra natura e civiltà umana. Presente sulla Terra da oltre sessanta milioni di anni, ha accompagnato l'evoluzione dell'ingegno umano – dalla sigillatura delle anfore mesopotamiche fino al miglioramento dei moderni sistemi di isolamento termico. La sua storia, stratificata e resiliente, racconta una vicenda di versatilità e sostenibilità. Oggi, sotto forma di pannelli di sughero espanso, questo materiale ritrova una rilevanza nuova nell'architettura responsabile dal punto di vista ambientale. La corteccia, raccolta ciclicamente senza danneggiare l'albero, viene macinata e sottoposta a un processo di espansione termica che attiva il rilascio di suberina e lignina, composti naturali che fungono da leganti, permettendo ai granuli di aggregarsi senza l'uso di adesivi sintetici. I pannelli risultanti sono leggeri, traspiranti, ignifughi, durevoli, privi di additivi chimici e completamente riciclabili. La loro struttura a celle chiuse, riempite d'aria, conferisce eccellenti prestazioni termiche e acustiche. La filiera del sughero, concentrata principalmente nel bacino del Mediterraneo, promuove anche la sostenibilità sociale, preservando l'artigianato tradizionale e garantendo condizioni di lavoro dignitose. Le foreste di sughera svolgono un ruolo ecologico fondamentale: ogni ettaro può assorbire fino a quindici tonnellate di CO₂ all'anno e funge da barriera naturale contro la propagazione degli incendi. Notevolmente, la corteccia di sughero è naturalmente autoestinguente, ossia non propaga le fiamme, contribuendo così alla resilienza del territorio.

In Basilicata, dove gli incendi boschivi rappresentano una minaccia ricorrente, la sughera perdura sia nel paesaggio sia nella cultura locale: nel comune di Lavello, *u suberu* indica non solo l'albero, ma anche una maschera tradizio-

nale del carnevale, incarnando un legame profondo tra esseri umani, alberi e territorio. In questo modo, il sughero diventa insieme narrazione e sostanza, un'intersezione tra natura, scienza, ecologia e memoria. Questa visione ispira anche il corso di materiali per l'architettura, dove la conoscenza tecnica si combina con una metodologia aperta e collaborativa. L'obiettivo non è soltanto individuare le soluzioni più innovative, ma riconoscere il valore duraturo dei materiali offerti dalla natura, reinterpretando risorse antiche attraverso le esigenze dell'architettura contemporanea. La libertà progettuale nasce dalla consapevolezza informata: scegliere significa conoscere, e conoscere significa interpretare la materia in tutte le sue forme e temporalità. In un'epoca di profonde trasformazioni, l'architettura si ridefinisce attraverso la collaborazione, allineandosi ai sistemi del mondo naturale e dell'intelligenza artificiale.

1st EXIBITION TOWARDS CONTINUUM BUILDING DESIGN



Leonardo Antonio Carmine Faliero - leonardoantoniocarmine.faliero@unibas.studenti.it

Materials for Architecture, Open Living Lab, Academic Year 2024/2025 - Master Degree in Architecture

23-27 June 2025, University Campus, Building B - Via Lanera, 20 - Matera, Basilicata University

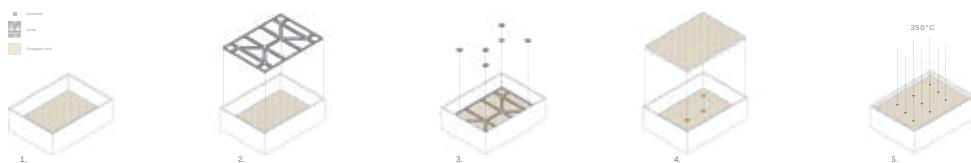
1. Introduction and historical background

Cork, a natural material obtained from the *Quercus suber*, has accompanied humanity since the earliest civilizations thanks to its insulating, water-repellent, and durable properties. Its use is documented as far back as six thousand years ago in Mesopotamia and Egypt, and it continued in Roman times, where it was employed in the production of footwear and roofing. In the 16th century, it found a significant architectural application in the Convento dos Capuchos in Portugal, where it was used to cover walls and furnishings. Today, cork is still widely used across various sectors, including the aerospace industry.



2. Characteristics and production

Cork's continued use over time highlights its versatility, especially in the building sector, where it remains valued for its insulating properties, particularly in thermal cladding and flooring. Often enhanced with natural pigments, it also serves an aesthetic function. Fully recyclable, cork supports a circular economy based on durability and regeneration. Its production is concentrated in the Mediterranean region - Portugal, Spain, and North Africa - where cork oak forests play a key ecological role by absorbing up to fifteen tons of CO₂ per hectare each year and acting as natural firebreaks.



3. Methodology and application

The panel is designed for easy application, eliminating the need for adhesives or mortars. Thanks to its low processing temperatures (250-350°C), it can be shaped into a wide variety of forms using a negative mold, achieving striking aesthetic results. At the end of its life cycle, since it contains no binders or additives, the panel can be easily repurposed: once the metal parts are removed, it can be shredded and reused as sound-insulating filler in construction, for impact-resistant flooring, and other applications. Just as bark wraps around the tree to protect it from drought and fire, the panel plays a similar protective, natural role in architecture.



P4.2.1 MATERIALS, ARCHITECTURE AND DESIGN: OPEN
KNOWLEDGE AND INNOVATIVE DIGITAL TOOLS FOR CULTURAL
HERITAGE, ACTIVITIES, MENTORSHIP, PARTNERSHIP FOR GREEN
TAYLORED-MADE PRODUCTS BASED ON TRADITIONAL LIME



Canapanel Frame

Carmen Ligrani, carmen.ligrani@unibas.it

Materials for Architecture, Five-year Master's Degree in Architecture, Academic Year 2024/2025

Department of Humanistic, Scientific and Social Innovation, DIUSS

Basilicata University

University Campus, via Lanera, 20 – 75100 Matera

Keywords: hemp-lime panels, modular construction, circular design, reversibility, local materials.

Abstract: Canapanel Frame represents an innovative approach to architectural design that integrates sustainability, local resources, and principles of reversibility and modularity, with the potential for drafting a Digital Product Passport (DPP) for the system. The system consists of prefabricated wall modules made from hemp and traditional lime panels, dry-fitted within a load-bearing structure crafted from locally sourced chestnut wood. Every component is designed according to principles of assembly and disassembly without demolition, enabling the upcycling of materials through recovery, reuse, and reintegration into the construction cycle. At the core of the system is industrial hemp, a rapidly renewable plant that can be cultivated in the Lucanian territory. Its low environmental impact, fast growth, and soil-regenerating properties make it an ideal resource for sustainable architecture. Combined with lime, another locally traditional material, the system produces breathable ($\mu = 3.9$), insulation (0.038 W/m·K), and fully biodegradable panels. Each 1x1 meter panel is dry fitted into the wooden frame without the use of adhesives or permanent fixings. The solid chestnut wood frame is assembled using interlocking joints (tenon and mortise), inspired by traditional carpentry, ensuring full structural reversibility. This dry assembly allows rapid installation and dismantling on site, minimizing waste and maximizing flexibility. Initially conceived for temporary or mobile applications, such as exhibitions, trade fair installations, ephemeral architecture, or interior partitions in large open spaces, Canapanel Frame can also be adapted to light and permanent architectural solutions in both urban and rural contexts. Its design fully embodies contemporary principles of circularity, adaptability, and environmental responsibility. It respects maintenance,

reversibility, and modifiability over time, enabling spaces to evolve without invasive interventions or additional construction waste. By reinterpreting ancient and local materials like lime and hemp through modern techniques and modular logic, Canapanel Frame reconnects architectural practice with the cultural and ecological identity of the territory. Lime contributes to carbon sequestration as it absorbs CO₂ from the air through carbonation, gradually transforming into calcium carbonate during hardening. The modular prefabrication system, combined with the traceability and separability of each component, ensures replicability, scalability, and high sustainability of the construction process. Overall, this approach promotes a flexible design philosophy that is simultaneously contemporary, environmentally responsible, and deeply rooted in local heritage, demonstrating how architecture can integrate innovation with ecological and cultural continuity.

Canapanel Frame rappresenta un approccio innovativo al progetto architettonico che integra sostenibilità, risorse locali e principi di reversibilità e modularità, con la possibilità di redigere il Digital Product Passport (DPP) del sistema. Il sistema è costituito da moduli prefabbricati per pareti realizzati con pannelli in canapa e calce tradizionale, montati a secco all'interno di una struttura portante in legno di castagno locale. Ogni componente è progettato secondo i principi di assemblaggio e smontaggio senza demolizione, consentendo l'upcycling dei materiali tramite recupero, riuso e reintegrazione nel ciclo edilizio. Al centro del sistema troviamo la canapa industriale, pianta a rapida crescita coltivabile nel territorio lucano, caratterizzata da basso impatto ambientale e capacità rigenerativa del suolo, ideale per un'architettura sostenibile. Combinata con la calce, materiale tradizionale locale, la soluzione produce pannelli traspiranti ($\mu = 3,9$), isolanti (0,038 W/m·K) e completamente biodegradabili. Ogni pannello, di 1x1 metro, è montato a secco nella struttura lignea senza l'uso di colle o fissaggi permanenti. La struttura portante in legno massiccio di castagno è assemblata mediante giunti a incastro (tenone e mortasa), ispirati alla carpenteria tradizionale, garantendo piena reversibilità strutturale. Questo sistema a secco consente un'installazione rapida e uno smontaggio altrettanto veloce, riducendo al minimo i rifiuti e massimizzando la flessibilità. Inizialmente concepito per applicazioni temporanee o mobili, come esposizioni, stand fieristici, architettura effimera o pareti interne di grandi spazi aperti, Canapanel Frame può essere adattato anche a soluzioni

architettoniche leggere e permanenti, in contesti urbani e rurali. Il progetto abbraccia pienamente i principi contemporanei di circolarità, adattabilità e responsabilità ambientale. Rispetta manutenzione, reversibilità e modificabilità nel tempo, consentendo agli spazi di evolvere senza interventi invasivi né produzione di rifiuti edilizi. Reinterpretando materiali antichi e locali come calce e canapa attraverso tecniche moderne e logica modulare, Canapanel Frame riconnette la pratica architettonica con l'identità culturale ed ecologica del territorio. La calce contribuisce alla cattura della CO₂ dall'aria attraverso il processo di carbonatazione, trasformandosi gradualmente carbonato di calcio durante la fase di indurimento. Il sistema prefabbricato modulare, unito alla tracciabilità e separabilità di ogni componente, garantisce replicabilità, scalabilità e sostenibilità elevata dell'intero processo costruttivo. Complessivamente, questo approccio promuove una filosofia progettuale flessibile, contemporanea, responsabile e profondamente radicata nel patrimonio locale, dimostrando come l'architettura possa coniugare innovazione, continuità ecologica e culturale.

1st EXIBITION TOWARDS CONTINUUM BUILDING DESIGN

'CANAPANEL FRAME'



Carmen Ligrai 64337 - carmen.ligrai@studenti.unibas.it

Materials for Architecture, Open Living Lab , Academic Year 2024/2025 – Master Degree in Architecture
23-27 June 2025 , University Campus , Building B – Via Lanera, 20 - Matera , Basilicata University

CANAPANEL FRAME

Prefabricated modular walls in hemp, traditional lime and wood for a circular and reversible architecture

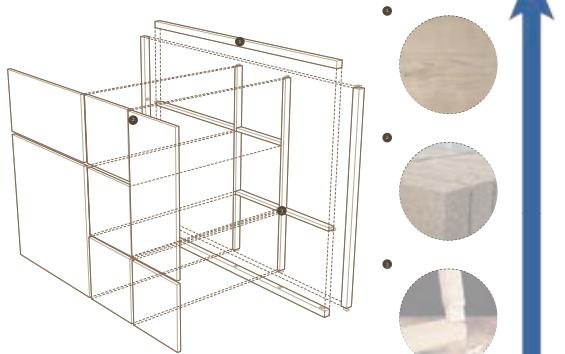


| SYSTEM GOAL:

Modular, sustainable and reversible construction system, designed for temporary and adaptable architecture, made with natural and local materials.

| COMPOSITION OF THE ELEMENT:

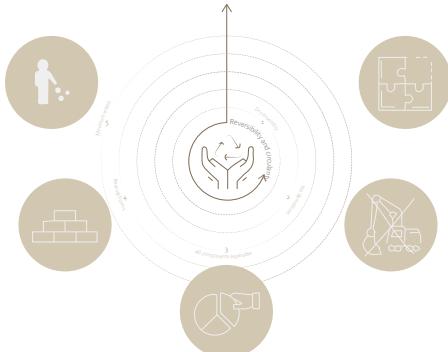
- Chestnut wood frame (with interlocking joints);
- Panels that follow a 1x1 m module (with its multiples) in traditional hemp and lime;
- Dry assembly with mortise and tenon joint.



| MATERIALS USED:

MATERIAL	ORIGIN / FUNCTION	CHARACTERISTICS
Hemp	Locally growable in Basilicata, renewable resource	Biodegradable material, with excellent thermal and acoustic insulating properties; breathable, helps regulate internal humidity
Traditional lime	Traditional material of the territory, used for centuries, capable of containing CO ₂	Antibacterial, breathable, long-lasting; improves indoor air quality and combines perfectly with hemp
Chestnut wood	Local origin, dry worked with interlocking joints	Solid and structural, reversible and removable without glue or screws; allows dry assembly and reuse of the frame

| CIRCULARITY DIAGRAM:



| APPLICATIONS:

- Exhibitions and displays.
Canapanel Frame is ideal for museum installations, temporary exhibitions and exhibition spaces, thanks to its structural lightness, speed of assembly and the total absence of massive work. The system can be used in modular and narrative settings that can be dismantled, remodeled and reused for new setups, respecting the tight deadlines of cultural events and reducing the waste typical of "disposable" in the set-up. Furthermore, the material and sustainable nature of the system allows to strengthen the ecological identity of exhibitions with an environmental or social theme.



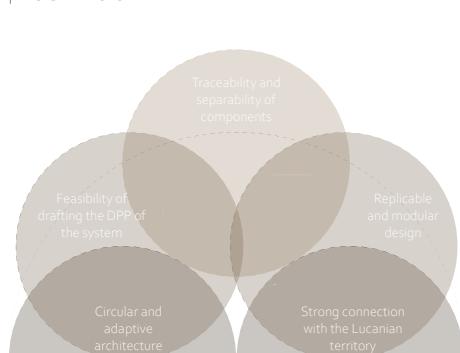
- Fairs and temporary pavilions.
In the context of trade fairs and temporary events, where mobility, reuse and speed of installation are determining factors, Canapanel Frame represents a cutting-edge solution. The system is ideal for temporary structures such as kiosks, stands, exhibition pavilions, etc., with the possibility of creating walls or closed environments with a warm and natural aesthetic. Once the event is over, the system can be completely recovered, transported and reused elsewhere, without leaving traces or producing waste. This makes it particularly suitable for temporary fairs and pavilions.



- Flexible interior spaces.
In addition to temporary uses, Canapanel Frame is also suitable for the creation of light-weight and permanent structures, both in urban settings (public micro-architecture, social spaces, kiosks, outdoor classrooms) and rural settings (agricultural shelters, landscape architecture). The modularity of the system makes it particularly suitable for delicate or protected environmental contexts. In internal or marginal areas, it can become a replicable model for a new low-impact circular building, capable of generating economic value through the short supply chain of materials.



| DESIGN VALUES:



PP 4.2.1 MATERIALS, ARCHITECTURE AND DESIGN: OPEN KNOWLEDGE AND INNOVATIVE DIGITAL TOOLS FOR CULTURAL HERITAGE - ACTION 4: DIGITAL HERITAGE PASSPORT FOR GREEN TAYLOR-MADE PRODUCTS BASED ON TRADITIONAL LIME



Place-based sustainable architecture

Francesco Malvasi, francesco.malvasi@studenti.unibas.it

Materials for Architecture, Five-year Master's Degree in Architecture, Academic Year 2024/2025

Department of Humanistic, Scientific and Social Innovation, DIUSS

Basilicata University

University Campus, via Lanera, 20 – 75100 Matera

Keywords: vernacular architecture, giant reed, resilient buildings, place-based approach, bio-architecture.

Abstract: This work investigates the constructive potential of the giant reed (*Arundo donax L.*, 1753), historically used in the roofs of *cannizzate*, a traditional type of peasant housing found in Bernalda and along the Basento Valley in Southern Italy (Matera). These pitched roofs consist of a *cannicchio* (reed) mantle supported by wooden beams and joists, topped with terracotta tiles. Deeply embedded in the vernacular architectural heritage, the use of giant reed today is marginal, despite its wide-ranging applications in bio-architecture and sustainable design. By tracing the connection between building materials and their natural, human, economic, and social contexts, this paper emphasizes the ecological and cultural significance of giant reed. It plays a crucial role in maintaining the balance of local ecosystems while supporting traditional practices and knowledge systems that have evolved alongside natural resources over centuries. Recovering these vernacular construction methods and integrating them into contemporary environmental systems enables both the preservation of cultural heritage and experimentation with innovative, sustainable design strategies across different territorial contexts. The giant reed possesses a unique combination of properties that make it highly suitable for construction: hygroscopicity, water and air tightness, acoustic insulation, resistance to insects and rodents, fire safety, ease of workmanship, reversibility, and minimal impact on both human health and the environment. Being free of harmful substances, it ensures safety for construction workers handling semi-finished products. Moreover, once removed from roofs or insulation boards, the reed can be composted into natural fertilizer, used as mulch in agriculture, or utilized as biomass fuel to generate thermal or electrical energy. As a perennial species,

giant reed is highly economical to cultivate, eliminating the annual costs of tilling and sowing. Environmentally, it contributes to the mitigation of climate change by reducing anthropogenic CO₂ emissions, a major greenhouse gas. Place-based sustainable building strategies, therefore, harness local resources and both tangible and intangible heritage, offering an exemplary model for rethinking the use of natural materials in construction. This approach becomes increasingly critical as the timeframes for achieving the Sustainable Development Goals outlined in the 2030 Agenda continue to shrink, underscoring the urgency of integrating ecological, social, and cultural dimensions into contemporary architectural practice.

Il presente lavoro analizza il potenziale costruttivo della canna gigante (*Arundo donax L.*, 1753), storicamente impiegata nelle coperture delle cannizzate, un tipo di abitazione contadina presente a Bernalda e lungo la Valle del Basento, in Basilicata (Matera). Questi tetti spioventi sono costituiti da un manto di canniccio sostenuto da travi e travetti in legno e coperto da tegole in terracotta. Profondamente radicato nel patrimonio dell'architettura vernacolare, l'uso della canna gigante oggi è marginale, nonostante le ampie possibilità applicative in bioarchitettura e design sostenibile. Tracciando il legame tra materiali da costruzione e i loro contesti naturali, umani, economici e sociali, il lavoro evidenzia il ruolo ecologico e culturale della canna gigante. Essa contribuisce in maniera fondamentale al mantenimento dell'equilibrio degli ecosistemi locali e al sostegno di pratiche e conoscenze tradizionali sviluppatesi nel tempo intorno alle risorse naturali. Recuperare tali metodologie costruttive vernacolari e integrarle nei sistemi ambientali contemporanei consente sia di preservare il patrimonio culturale sia di sperimentare strategie progettuali sostenibili e innovative in diversi contesti territoriali. La canna gigante possiede caratteristiche uniche che ne rendono l'impiego estremamente interessante: igroscopicità, impermeabilità all'acqua e all'aria, isolamento acustico, resistenza a insetti e roditori, sicurezza antincendio, facilità di lavorazione, reversibilità e impatto minimo su ambiente e salute umana. Essendo priva di sostanze nocive, garantisce la sicurezza dei lavoratori anche durante la manipolazione dei semilavorati. Inoltre, una volta rimossa da coperture o pannelli isolanti, la canna può essere compostata come fertilizzante naturale, impiegata come pacciamatura in agricoltura o utilizzata come biomassa per produrre energia termica o elettrica. Essendo una specie perenne, la canna gigante è particolarmente economica da

coltivare, eliminando i costi annuali di aratura e semina. Dal punto di vista ambientale, contribuisce alla riduzione delle emissioni antropiche di CO₂, uno dei principali gas serra responsabili dei cambiamenti climatici. Le strategie costruttive sostenibili basate sul territorio sfruttano quindi risorse locali e il patrimonio tangibile e intangibile del luogo, offrendo un modello esemplare per ripensare l'impiego dei materiali naturali nel settore delle costruzioni. Questo approccio assume un'importanza crescente, considerando i tempi sempre più stretti per il raggiungimento degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile definiti nell'Agenda 2030, sottolineando l'urgenza di integrare dimensioni ecologiche, sociali e culturali nella pratica architettonica contemporanea.

1st EXIBITION TOWARDS CONTINUUM BUILDING DESIGN

PLACE-BASED SUSTAINABLE ARCHITECTURE

Name: Francesco Surname: Malvasi Email: francesco.malvasi@studenti.unibas.it

Materials for Architecture, Open Living Lab, Academic Year 2024/2025 – Master Degree in Architecture
23-27 June 2025, University Campus, Building B – Via Lanera, 20 - Matera, Basilicata University



GENIUS LOCI



Housing unit in the historic centre of Bernalda (Southern Italy, Matera): Cascada. [...] the most common type was the 'Cannizzale', with a gabled roof consisting of a layer of wattle supported by wooden beams and joists, similar to the type of farmhouses found in the Basento river area [...].



© Francesco Malvasi, 2025

© Francesco Malvasi, 2025

© Francesco Malvasi, 2025

AXONOMETRIC VIEW



ROOF DESIGN



1. Ventilated roof
Terracotta roof tiles
Ventilation strips
Compressed straw fibre insulation board
Wooden planking
Wooden roof beam
Insulating board
Wooden beam

2. Tuff ashlar masonry
Metal flashing
Steel mesh plate
Waterproofing sheathing layer
Aluminate mortar
Terracotta paving
Rainwater collection channel

USE OF BIOMASS

Production of briquettes to be used as pellets for fuel for machines, knowing the specific value of energy equal to 4.72 kWh/kg

Reed is a woody material consisting of lignin.



PP 4.2.1 MATERIALS, ARCHITECTURE AND DESIGN: OPEN KNOWLEDGE AND INNOVATIVE DIGITAL TOOLS FOR CULTURAL HERITAGE - ACTION 1: DIGITAL HERITAGE PASSPORT FOR GREEN TAYLOR-MADE PRODUCTS BASED ON TRADITIONAL LIME



Ensuring comfortable living conditions
Production of lightweight, flexible and reversible elements
CO₂ capture and sequestration
Reducing the energy embodied in building components
Promoting economic sustainability
Protecting biodiversity
Use of local raw materials
Recovery and enhancement of construction techniques

ORGANIC TEXTURES



NATURAL TREATMENTS

Cooked Linseed Oil
Action: waterproofing, nourishing, protective
Application: brush or spray, in several coats

With beeswax: heat the oil and melt 5–10% wax into it.
Effect: revives colour; protects against moisture and UV rays

Surface carbonisation
Smoke contains phenolic and substances that:
Protect against insects and mould
Make the material more resistant

Natural drying and curing

Cut in winter; when sap content is lowest.
Dry in the sun for 2–3 months, in the open air and away from rain.
Effect: reduces risk of rot and fungal attack.

PHYTOPURIFICATION

Remediation of contaminated agro-industrial or livestock sites

Absorption of nitrogen, phosphorus and heavy metals
Possibility of reusing treated water for irrigation

BOTANICAL DATA SHEET			
Binomial name:	Arundo donax L., 1753	Family:	Poaceae
Common name:	Common reed, domestic reed, river reed, gentle reed	Genus:	Arundo
Growth habit:	Erect, bushy	Species:	A. donax
Land:	Moist, Tolerant of clayey, sandy and saline soils.		
Root system:	Rhizomatous, spreading from 80 to 140 cm Height: 4.8 m. Ø 1.4 cm		
Temperature:	-15 °C (min). Climate: Temperate and warm		
Distribution:	Native to Western Asia, Mediterranean, Americas, Australia		
Growth:	Very fast, 4.5 cm/day in spring/summer		
Flowers:	In cymes, yellowish purple. Blooming: August–September		
Leaf:	Long, lanceolate, green-grey rough to the touch. Positioned alternately along the hollow stems.		
Fruit:	Canescens (dry fruits)	Exhibition:	Full sun · Partial shade
Multiplication:	Agamica (rhizome division)	Longevity:	Perennial



Arundo donax L., 1753

QUALITIES

- Hygroscopicity
- Breathability
- Resistance to moisture and decay
- Does not exert pressure on walls
- Reversibility
- Resistance to pollutants, drought and salinity
- Healthiness of the building envelope
- Resistance to attack by rodents and mould
- Fire resistance thanks to high silica content
- Dry installation
- Workability
- Development of an extensive root system, ideal for stabilizing the soil and hosting purifying microorganisms.

EXPERIMENTAL DATA

Thermal conductivity $\lambda = 0.056 \text{ W/mK}$ (moderate)

Density $\rho = 190 \text{ kg/m}^3$ (high)

Specific heat $c = 2 \text{ J/g/K}$ (high)

Vapour diffusion resistance factor $\mu = 5$ (low)

Source: Ton M. Schede delle qualità nell'uso di materiali naturali. MD Journal Cesena, Ferrara, 2023



NEARLY ZERO-ENERGY BUILDINGS

By 2030, achieve the sustainable management and efficient use of natural resources.



Source: UN Agenda 2030 for Sustainable Development



Materials as resources in motion: reversible design

Martina Marinelli, martina.ninivaggi@studenti.unibas.it

Materials for Architecture, Five-year Master's Degree in Architecture, Academic Year 2024/2025

Department of Humanistic, Scientific and Social Innovation, DIUSS

Basilicata University

University Campus, via Lanera, 20 – 75100 Matera

Keywords: circularity, reversibility, material consciousness, adaptability, resource recovery.

Abstract: In a time of escalating climate emergencies and resource depletion, the construction industry still operates largely within a linear and extractive model. Despite increasing awareness of planetary limits, the built environment remains one of the most resource – and emission-intensive sectors globally. Buildings and construction account for 37% of global CO₂ emissions (UNEP, 2022), mainly due to energy-intensive material production and operational energy use. Construction and demolition waste (CDW) represents over one third of global solid waste. In Europe, only 38% of CDW is recycled — often downcycled rather than reintegrated into new buildings. The sector consumes more than 50% of all raw materials extracted annually, accelerating biodiversity loss, habitat destruction, and water pollution. Most conventional building materials — such as concrete, steel, and bricks — are irreversible in nature: difficult to dismantle or reuse, locking resources into a one-way path of extraction, use, and disposal. These facts highlight the urgency of shifting from a linear, waste-generating model to a circular, adaptive, and regenerative approach. This transition is not merely technical or environmental – it is cultural and design-based. It requires rethinking how we conceive, construct, and eventually deconstruct buildings. We must cultivate a new material consciousness: one where materials are active agents of transformation and care, not passive, disposable inputs. This means designing buildings as material banks, enabling future disassembly and reuse; prioritizing longevity, reversibility, and low-impact materials. In this way, architecture becomes part of the solution to climate change, rather than a contributor to it. Reversible design embodies this paradigm shift. It proposes a move away from permanence toward temporal ad-

aptability, resource recovery, and systemic resilience. It conceives buildings and components so they can be disassembled, repaired, or reused with minimal waste and energy. This approach is not only technical, but also ethical and cultural. It acknowledges buildings as evolving systems that must remain flexible and repairable, while responding to environmental, economic and social changes over time. It is a key component of a circular economy in architecture, where materials are no longer seen as expendable, but as resources in motion. Cocciopesto – a traditional lime-based material made of hydrated lime, ceramic scraps, and aggregates – illustrates a first approach to this method. Used since Roman times for floors and coatings, it combines mechanical resistance, water repellency, and durability. As historical and local material, it aligns with contemporary goals of circularity and resilience. Cocciopesto is more than a solution – it is a mindset: it teaches us to build with memory, care, and future transformation in mind.

In un'epoca segnata da emergenze climatiche in aumento e da un progressivo esaurimento delle risorse, l'industria delle costruzioni continua a operare prevalentemente secondo un modello lineare ed estrattivo. Nonostante la crescente consapevolezza dei limiti planetari, l'ambiente costruito resta uno dei settori più intensivi in termini di consumo di risorse ed emissioni a livello globale. Gli edifici e le attività di costruzione sono responsabili di circa il 37% delle emissioni mondiali di CO₂ (UNEP, 2022), principalmente a causa della produzione di materiali ad alto consumo energetico e dell'energia operativa necessaria al loro funzionamento. I rifiuti da costruzione e demolizione (C&D) rappresentano oltre un terzo dei rifiuti solidi globali. In Europa, solo il 38% di questi rifiuti viene riciclato, e spesso i materiali sono destinati a discarica o utilizzati come materiali di riempimento, invece di essere reintegrati in nuove costruzioni. Il settore consuma oltre la metà delle materie prime estratte ogni anno, accelerando la perdita di biodiversità, la distruzione degli habitat e l'inquinamento delle acque. La maggior parte dei materiali da costruzione convenzionali, come calcestruzzo, acciaio e mattoni, è di fatto irreversibile: difficile da smontare o riutilizzare, vincolando le risorse a un ciclo unidirezionale di estrazione, uso e smaltimento. Questi dati evidenziano l'urgenza di passare da un modello lineare e produttore di rifiuti a un approccio circolare, adattivo e rigenerativo. Questa transizione non è solo tecnica o ambientale, ma profondamente culturale e progettuale. Richiede di ripensare il modo stesso

in cui concepiamo, realizziamo e, infine, dismettiamo gli edifici. È necessaria una nuova consapevolezza dei materiali, che siano riconosciuti come agenti attivi di trasformazione e cura, e non semplici input usa e getta. Gli edifici devono essere concepiti come “banca di materiali”, favorendo smontaggio e riuso futuri e privilegiando durabilità, reversibilità e materiali a basso impatto. Il design reversibile incarna questo cambio di paradigma. Si distacca dall’idea di permanenza per abbracciare l’adattabilità temporale, il recupero delle risorse e la resilienza sistemica. Concepisce edifici e componenti in modo che possano essere smontati, riparati o riutilizzati con scarti e consumi energetici minimi. Questo approccio non è solo tecnico, ma anche etico e culturale: considera l’edificio come sistema evolutivo, flessibile e riparabile, capace di rispondere ai cambiamenti ambientali, economici e sociali nel tempo. In un’economia circolare dell’architettura, i materiali non sono più beni esauribili, ma risorse in movimento continuo. Il cocciopesto — materiale tradizionale a base di calce idrata, scarti ceramici e aggregati — rappresenta un esempio concreto di questo metodo. Utilizzato fin dall’epoca romana per pavimenti e rivestimenti, combina resistenza meccanica, idrorepellenza e durabilità. Materiale storico e locale, il cocciopesto si allinea ai principi contemporanei di circolarità e resilienza. Non è solo una soluzione costruttiva: è una vera e propria filosofia progettuale, che insegna a costruire con memoria, cura e attenzione alla trasformazione futura.

1st EXHIBITION TOWARDS CONTINUUM BUILDING DESIGN

MATERIALS AS RESOURCES IN MOTION: REVERSIBLE DESIGN

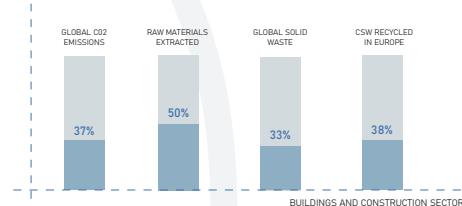
Martina Marinelli, martina.marinelli@studenti.unibas.it

Materials for Architecture, Open Living Lab , Academic Year 2024/2025 – Master Degree in Architecture

23-27 June 2025 , University Campus , Building B – Via Lanera, 20 - Matera , Basilicata University



WHY WE MUST RETHINK BUILDING DESIGN?



LINER MODEL

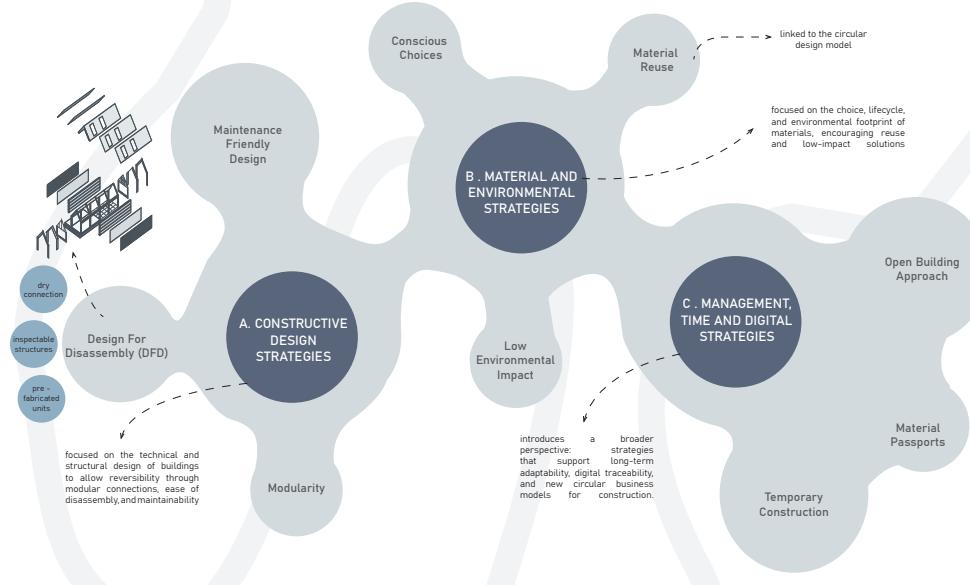


CHANGE OF PARADIGM

CIRCULAR MODEL



REVERSIBLE DESIGN: PRINCIPLES AND STRATEGIES

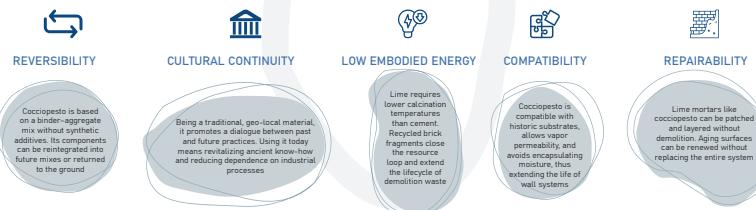


A LESSON FROM THE PAST: COCIOPESTO

Coccopesto is an ancient lime-based composite made of hydrated lime, pozzolanic ceramic fragments, and aggregates. It has been used since Roman times for flooring, wall coatings, and cistern linings. It is known for its mechanical resistance, water repellency, and longevity.

As a material, coccopesto embodies the principles of reversible and resilient architecture.

It is not only a technical solution, but also a philosophical one: it teaches us to build with time, memory, and resilience, not only in materials. It shows how traditional materials can serve contemporary goals of circularity, resilience, and sustainability.



PP 4.2.1 MATERIALS, ARCHITECTURE AND DESIGN: OPEN KNOWLEDGE AND INNOVATIVE DIGITAL TOOLS FOR CULTURAL HERITAGE - ACTION 1: DIGITAL HERITAGE PASSPORT FOR GREEN TAYLOR-MADE PRODUCTS BASED ON TRADITIONAL LIME



Wind responsibility: an incomplete transition

Martina Ninivaggi, martina.ninviaggi@studenti.unibas.it

Materials for Architecture, Five-year Master's Degree in Architecture, Academic Year 2024/2025

Department of Humanistic, Scientific and Social Innovation, DIUSS

Basilicata University

University Campus, via Lanera, 20 – 75100 Matera

Keywords: sustainability, clean energy, waste, ecologic transition, responsibility.

Abstract: The concept of eco-sustainability represents a systemic paradigm that seeks to meet present needs while safeguarding natural resources and environmental equilibrium for future generations. Within this framework, wind energy has emerged as one of the fastest-growing renewable sources worldwide, celebrated for its potential to reduce carbon emissions and support the energy transition. However, the predominantly optimistic narrative surrounding wind energy, often used to attract investment and build social consensus, tends to obscure significant environmental, social, and ethical challenges, raising questions about its true sustainability. Although wind turbines produce no direct emissions during operation, their full lifecycle – from material extraction and manufacturing to installation, maintenance, and decommissioning – generates substantial environmental impacts. The blades, made of non-recyclable composite materials, have an estimated lifespan of 20 to 25 years and become complex waste streams that are difficult to manage. Increasingly, these materials are relegated to permanent landfills, sometimes called “shovel cemeteries, partially undermining the ecological objectives of wind energy. Other components of the plant are not always reusable either, and the installation of wind farms often contributes to land consumption, massive use of concrete, landscape alteration, and interference with local ecosystems. From a socio-economic perspective, the growth of wind power is frequently accompanied by a concentration of benefits in the hands of a few economic actors, often private, who plan land use according to speculative logics, akin to a strategic game that disregards local communities and the cultural, environmental, and aesthetic value of transformed landscapes. These dynamics raise fundamental ethical questions: What level of knowledge and awareness do we truly possess regarding sustainabil-

ty? Are we prepared to transcend short-term profit motives and direct our choices toward the common good? It emerges a shared and transversal responsibility: we are called to rethink the eco-sustainable model in a critical way, promoting a truly sustainable transition based on transparency, environmental justice and intergenerational responsibility. Investing in recyclable materials, low-impact technologies, circular design and participatory governance is not only a technical necessity but an ethical imperative to build a fair and sustainable energy future.

Il concetto di eco-sostenibilità rappresenta un paradigma sistematico che mira a soddisfare i bisogni del presente tutelando le risorse naturali e l'equilibrio ambientale per le generazioni future. In questo contesto, l'energia eolica si è affermata come una delle fonti rinnovabili a più rapida crescita a livello globale, celebrata per il suo potenziale di ridurre le emissioni di carbonio e sostenere la transizione energetica. Tuttavia, la narrativa prevalentemente ottimistica sull'energia eolica, spesso impiegata per attrarre investimenti e costruire consenso sociale, tende a oscurare rilevanti questioni ambientali, sociali ed etiche, sollevando dubbi sulla reale sostenibilità del settore. Nonostante le turbine eoliche non producano emissioni dirette durante il funzionamento, l'intero ciclo di vita – dall'estrazione dei materiali e dalla produzione, fino all'installazione, alla manutenzione e al decommissioning – genera impatti ambientali significativi. Le pale, realizzate con materiali compositi non riciclabili, hanno una vita utile stimata tra i 20 e i 25 anni e, una volta dismesse, diventano rifiuti complessi da gestire. Un numero crescente di questi materiali finisce in discariche permanenti, talvolta definite “cimiteri delle pale”, vanificando in parte gli obiettivi ecologici dell'energia eolica. Anche gli altri componenti degli impianti non sono sempre riutilizzabili, e l'installazione di parchi eolici comporta consumo di suolo, uso massiccio di cemento, alterazioni del paesaggio e interferenze con gli ecosistemi locali. Dal punto di vista socio-economico, l'espansione dell'energia eolica è spesso accompagnata da una concentrazione dei benefici nelle mani di pochi attori economici, spesso privati, che pianificano l'uso del territorio secondo logiche speculative, come in un gioco strategico che ignora le comunità locali e il valore culturale, ambientale ed estetico dei paesaggi trasformati. Tali dinamiche sollevano interrogativi etici fondamentali: quale livello di conoscenza e consapevolezza possediamo realmente sulla sostenibilità? Siamo pronti a superare la logica del profitto immediato e orien-

tare le nostre scelte verso il bene comune? Si delinea così una responsabilità condivisa e trasversale: è necessario ripensare criticamente il modello eco-sostenibile e promuovere una transizione energetica davvero sostenibile, basata su trasparenza, giustizia ambientale e equità intergenerazionale. Investire in materiali riciclabili, tecnologie a basso impatto, strategie di design circolare e governance partecipativa non è solo una necessità tecnica, ma un imperativo etico. Costruire un futuro energetico equo e sostenibile richiede, in ultima analisi, l'integrazione della consapevolezza ecologica, della responsabilità socio-economica e della lungimiranza etica in ogni fase della pianificazione e dell'attuazione energetica.

1st EXIBITION TOWARDS CONTINUUM BUILDING DESIGN

WIND RESPONSIBILITY: AN INCOMPLETE TRANSITION

Martina Ninivaggi, martina.ninivaggi@studenti.unibas.it

Materials for Architecture, Open Living Lab , Academic Year 2024/2025 – Master Degree in Architecture
23-27 June 2025 , University Campus , Building B – Via Lanera, 20 - Matera , Basilicata University



ECO-SUSTAINABLE

describes something that is compatible with the preservation of the environment and its resources, allowing a development that meets current needs without compromising those of future generations.

[1] - Renewable "Eco-sustainability, why is it important for our environment?"



Eco-sustainable actions related to the production of clean electricity also translate into WIND FARMS, defined as among the most promising and economically sustainable strategies. The wind is exploited as an inexhaustible source of energy, which pushes the blades capable of transforming kinetic energy into mechanical energy.

[2] - ENEI "All the advantages of wind energy"



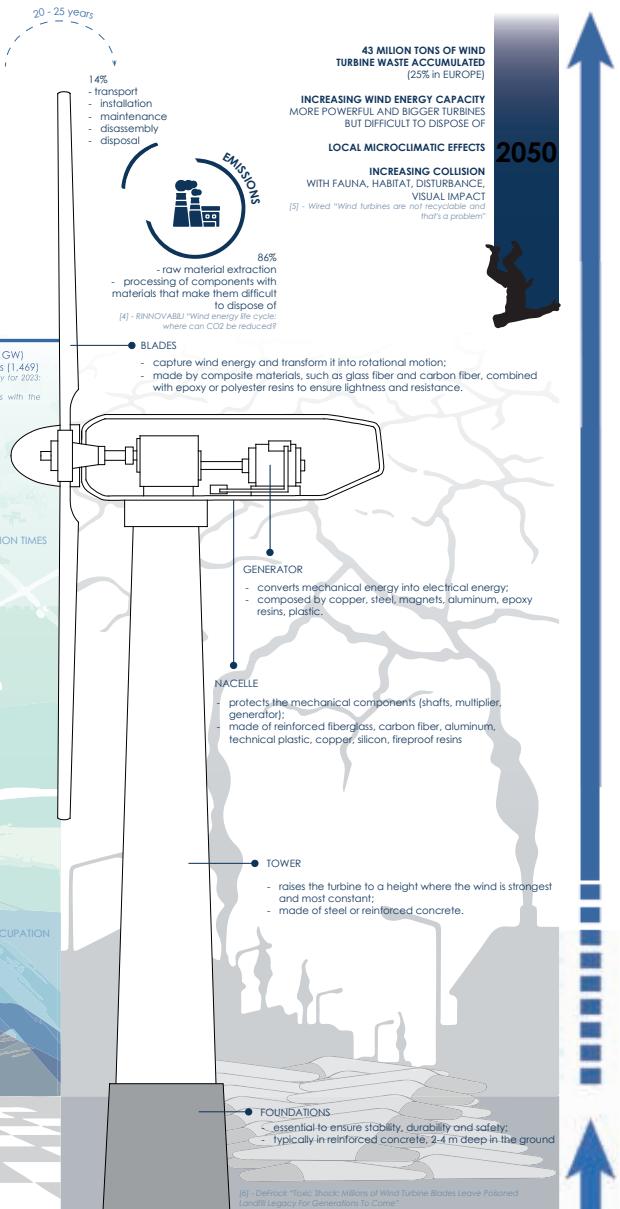
2024: + 32% compared to 2023

The third major source of renewable energy

3rd place

23.4 Twh of Electricity generated
= 7.6 % of national demands
= 9% of total production.

Puglia = record for installed power (3.1 GW)
Basilicata = record for number of plants (1,469)
[3] - QUALENERGIA - "Wind power numbers in Italy for 2023: record year for wind energy in Italy" - RINNOVABILI - "Wind energy in Italy: the regions with the highest installed capacity"



PP 4.2.1 MATERIALS, ARCHITECTURE AND DESIGN: OPEN KNOWLEDGE AND INNOVATIVE DIGITAL TOOLS FOR CULTURAL HERITAGE - ACTION 1: DIGITAL HERITAGE PASSPORT FOR GREEN TAYLOR-MADE PRODUCTS BASED ON TRADITIONAL LINE



Residual energy

Grazia Segreto, grazia.segreto@studenti.unibas.it

Materials for Architecture, Five-year Master's Degree in Architecture, Academic Year 2024/2025

Department of Humanistic, Scientific and Social Innovation, DIUSS

Basilicata University

University Campus, via Lanera, 20 – 75100 Matera

Keywords: traceability, end-of-waste, regeneration, continuum, performability.

Abstract: In a historical moment marked by climate emergencies and resource scarcity, architecture can no longer rely on a linear “produce-build-dispose” model. It must instead evolve toward a logic of continuity, adaptability, and regeneration. Within this framework, the reuse of photovoltaic panels in architectural systems represents a tangible opportunity to transform environmental challenges into design strategies. Composed primarily of glass, aluminum, silicon, copper, silver, and various polymers, photovoltaic panels become a reservoir of valuable materials that can re-enter the production cycle, reducing the exploitation of primary resources and significantly lowering CO₂ emissions. Once reintegrated into the building organism, these components can acquire new identities: regenerated glass can operate as a façade layer or insulating shield; recovered aluminum can serve as structural or load-bearing elements; reconditioned photovoltaic cells can be reinstalled as functional modules contributing to the building’s energy system; and reclaimed silicon can be employed within hybrid applications using emerging technologies. Yet, this process is not without challenges. Reusing or recycling panels involves technical, regulatory, and performance-related issues: variability in electrical output, end-of-waste certification for glass and secondary materials, long-term durability, and the aesthetic integration of heterogeneous elements. Moreover, mechanical and chemical recycling remain energy-intensive and costly operations requiring specialized facilities, often inaccessible at the scale of an individual project. For this reason, the design approach must embrace not only technical parameters – efficiency, durability, mechanical resistance – but also traceability, aesthetics, and symbolic value. In this perspective, materials become carriers of memory and environmental awareness. Alongside the reintroduction of active solar components, performative

building logic enables architecture to behave as an adaptive device: mobile photovoltaic screens, energy-active façade systems, temporary or modular structures, and interior envelopes capable of reacting to environmental and functional needs. Digital tools for monitoring, certification, and material passports ensure transparency and reliability, essential qualities in an evolving regulatory and market context. Reintegrating used photovoltaic panels is therefore more than a technical operation: it is a cultural stance. It supports an open, flexible, regenerative architecture able to evolve with its time while honoring resources and future generations. It points toward a habitat where form, function, ethics, and sustainability converge within a continuous and dynamic design process.

In un momento storico segnato da emergenze climatiche e scarsità di risorse, l'architettura non può più basarsi su un modello lineare “produrre-costruire-smaltire”. Deve invece trasformarsi secondo una logica di continuità, adattabilità e rigenerazione. In questo scenario, il riuso dei pannelli fotovoltaici nei sistemi edilizi rappresenta un'opportunità concreta per tradurre le sfide ambientali in strategie progettuali. Composti principalmente da vetro, alluminio, silicio, rame, argento e polimeri, i pannelli fotovoltaici diventano una riserva di materiali preziosi da reimettere nella catena produttiva, riducendo l'utilizzo di risorse primarie e abbattendo le emissioni di CO₂. Reintegrati nell'organismo architettonico, questi componenti possono assumere nuove funzioni: il vetro rigenerato può diventare pelle di facciata o schermo isolante; l'alluminio recuperato può fungere da elemento strutturale o portante; le celle fotovoltaiche ricondizionate possono essere reinstallate come moduli attivi all'interno del sistema energetico dell'edificio; il silicio recuperato può essere utilizzato in applicazioni ibride e tecnologie emergenti. Tuttavia, questo processo presenta criticità tecniche, normative e prestazionali: variabilità delle performance elettriche, necessità di certificazioni end-of-waste, requisiti di durabilità nel lungo periodo e integrazione estetica di elementi eterogenei. Inoltre, i processi di riciclo meccanico e chimico restano costosi ed energivori, e richiedono impianti specializzati non sempre disponibili alla scala del singolo intervento. Per questo, il progetto deve considerare non solo parametri tecnici – efficienza, durabilità, resistenza – ma anche tracciabilità, qualità estetica e valore simbolico. Il materiale diventa così portatore di memoria e consapevolezza ambientale. Accanto alla reintroduzione di componenti solari attivi, un ap-

proccio performativo consente all'edificio di comportarsi come un dispositivo adattivo: schermi fotovoltaici mobili, superfici di facciata “energeticamente attive”, strutture temporanee o modulari, involucri interni capaci di reagire alle condizioni ambientali. Strumenti digitali per monitoraggio, certificazione e “material passport” garantiscono trasparenza e affidabilità, qualità essenziali in un contesto normativo e di mercato in evoluzione. La reintegrazione dei pannelli fotovoltaici usati è dunque più di una strategia tecnica: è un orientamento culturale. Promuove un'architettura aperta, flessibile e rigenerativa, capace di evolvere con il proprio tempo nel rispetto delle risorse e delle generazioni future. Indica la via verso un habitat in cui forma, funzione, etica e sostenibilità convergono in un continuum progettuale dinamico.

1st EXIBITION TOWARDS CONTINUUM BUILDING DESIGN

'RESIDUAL ENERGY'



Grazia Segreto, grazia.segreto@studenti.unibas.it

Materials for Architecture, Open Living Lab , Academic Year 2024/2025 – Master Degree in Architecture

23-27 June 2025 , University Campus , Building B – Via Lanera, 20 - Matera , Basilicata University

THE MECHANICAL TREATMENT

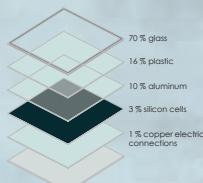
The aluminum is peeled, connection cables and the junction box are removed; the melt of glass, plastic and solar cells is processed in a machine that scrapes away the glass; the remaining panel is then shredded and subjected to a much finer sieve that separates the PET and EVA plastic, the silicon powders and the copper connectors.

OTHER PROCESSES

In cases where the panels have been damaged by fire, arrow collapse, or are made of amorphous silicon because they fall into the category of hazardous waste. These are very expensive processes but fortunately they are less than 10% of the total.

WHAT CAN BE OBTAINED

TEMPERED GLASS: can be employed for protective sheets for greenhouses, canopies and fences. The glass can also be melted and regenerated to produce new glass; ALUMINUM: can be used for lightweight frame construction. It can also be cast in industry for new aluminum components; SILICON: can be purified and used in new panels; COPPER: can be reused for wires, coils, motors; SILVER: can be employed in electronics as it is a special conductor.



If it is possible to recover:
0.1 KG OF ELECTRICAL BOARDS
0.2 KG OF VARIOUS METALS
1.7 KG OF PLASTICS
2.8 KG OF SILICON
2.9 KG OF ALUMINUM
13.8 KG OF GLASS

STANDARDIZED
ECONOMICALLY SUSTAINABLE
ENVIRONMENTALLY SUSTAINABLE
FLEXIBLE

HIGH VALUE: complete valorization of all materials
LOW VALUE: partial recovery of components

RECYCLING OF PHOTOVOLTAIC MODULES

RE-USE

RAW MATERIALS

PRODUCTION PROCESS OF PHOTOVOLTAIC MODULES

INSTALLATION OF MODULES

COLLECTION OF END-OF-LIFE PHOTOVOLTAIC MODULES

PRODUCING GREEN ENERGY

REMOVAL PHASES:

Case Study of the Field: assessment of conditions, dimensions and complexity to plan a safe and efficient removal;
Dismantling, transport and disposal;
Demolition of Structures and Volumetric Reduction of Poles;
Removal of Cables, Inverters and Electrical Panels for Disposal;
Restoration and Leveling of the Ground with Excavator.

DISINSTALLATION OF END-OF-LIFE MODULES

USE OF PHOTOVOLTAIC MODULES TO 25 YEARS

If at the end of their life cycle they end up in landfill, all the materials used to build solar panels would be lost. Photovoltaic panels are produced to reduce CO₂ emissions and then the carbon footprint increases because instead of being recycled, they are sent to landfills and never reused. Once decommissioned, however, photovoltaic panels release cadmium, lead, indium, molybdenum and tellurium into the environment. Although emitted in small quantities, the environmental impact is inevitably destined to increase over the years.

Ingegneria civile e architettura

della stessa autrice nel catalogo tab

con Arianna Mazza, *Designing with Invisible Hands. Digital Product Passports and AI in the New Made in Italy*, 979-12-5669-163-0 (ISBN edizione digitale 979-12-5669-164-7)

dello stesso argomento nel catalogo tab

Olivia Longo, *Soglie urbane. Alla ricerca di un'architettura biofilica postfigurativa*, 978-88-9295-342-0 (ISBN edizione digitale 978-88-9295-567-7)



La memoria dei materiali
a cura di Graziella Bernardo
prefazione di Antonella Guida

direttore editoriale: Mario Scagnetti
editor: Marcella Manelfi
redazione: Giuliano Ferrara
progetto grafico: Sara Pilloni

