

ARTICLE INFO

Received	14 March 2025
Revised	19 April 2025
Accepted	21 April 2025
Published	30 June 2025

MATERIALI PRO-SOCIALI

Modelli sostenibili alimentati da un'istruzione di qualità

PRO-SOCIAL MATERIALS

Sustainable models powered by quality education

Barbara Del Curto, Sara Valassina, Romina Santi

ABSTRACT

Una 'istruzione di qualità' è un motore fondamentale per ridurre le disuguaglianze sociali, ma le comunità vulnerabili spesso non hanno accesso a programmi di formazione che forniscano competenze rispetto ai temi di circolarità e sostenibilità. In tale ottica il paper illustra una ricerca che esplora un quadro educativo innovativo incentrato sullo sviluppo di materiali sostenibili a partire da sottoprodotti locali, favorendo una sinergia tra Università e territorio. Il progetto Bioloop Factory esemplifica questo approccio integrando metodologie di co-design, principi di economia circolare e coinvolgimento della comunità: attraverso processi partecipativi il progetto ha facilitato il trasferimento di conoscenze, ha dato nuove opportunità a comunità vulnerabili e ha supportato lo sviluppo di filiere produttive inclusive su piccola scala (microfilieri), dimostrandosi un modello replicabile per lo sviluppo sostenibile.

A 'quality education' is a fundamental engine for reducing social inequalities. However, vulnerable communities often do not have access to training programs that provide skills related to circularity and sustainability issues. In this light, the paper illustrates a research project that explores an innovative educational framework centred on developing sustainable materials starting from local by-products, fostering a connection between the University and the territory. The Bioloop Factory project exemplifies this approach by integrating co-design methodologies, principles of circular economy, and community engagement: through participatory processes, the project facilitated knowledge transfer, offered new opportunities to vulnerable communities, and supported the development of inclusive small-scale production chains (micro-supply chains), proving to be a replicable model for sustainable development.

KEYWORDS

educazione inclusiva, comunità fragili, materiali territoriali, microimprenditorialità locali, sinergia accademia-comunità

inclusive education, fragile communities, territorial materials, local micro-entrepreneurship, academia-community synergy

Barbara Del Curto, PhD in Materials Engineering, is a Full Professor of Design at the Politecnico di Milano (Italy). Her research activity focuses on the design of materials and surfaces, with particular attention to innovative and functional materials, nanotechnologies, and functional surface treatments. E-mail: barbara.delcurto@polimi.it

Sara Valassina, Interior and Landscape Designer, is a Research Fellow at the Department of Chemistry, Materials, and Chemical Engineering 'Giulio Natta' at the Politecnico di Milano (Italy). She is a member of the Making Materials team; her research focuses on creating a peri-urban material library and the design of co-design activities intended for the community and developed together with it. E-mail: sara.valassina@polimi.it

Romina Santi, PhD in Design, is a Researcher at the Department of Chemistry, Materials, and Chemical Engineering 'Giulio Natta' at the Politecnico di Milano (Italy). A member of the Making Materials team, her research focuses on materials for design with particular attention to sustainable development and the interaction between materials and sustainable behaviours. E-mail: romina.santi@polimi.it



In una realtà sempre più orientata verso lo sviluppo sostenibile, l'educazione alla sostenibilità risulta di cruciale importanza (ASviS, 2022); in quanto obiettivo globale e generalizzato, essa diventa essenziale per garantire un'educazione di qualità (SDG 4; UN, 2015) accessibile a tutti, compresi gli individui in condizioni di vulnerabilità sociale (Rapp and Corral-Granados, 2021), intesi come membri della comunità che si trovano in condizioni sfavorevoli di salute fisica, economica e/o sociale (Rukmana, 2024). A partire dalla definizione di sostenibilità fornita dal Bruntland Report (WCED, 1987) è stata introdotta la necessità di salvaguardare la dimensione sociale dei problemi ambientali, integrandola poi nel sistema Triple Bottom Line fondato su persone, pianeta e profitto (Elkington, 1997), definiti come 'i tre pilastri della sostenibilità', ambientale, sociale ed economica (Purvis, Mao and Robinson, 2019). Con l'adozione dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile sono stati integrati obiettivi che rispondono alle tre dimensioni, con successivi tentativi di darne una sistematizzazione, enfatizzando che non possa sussistere un'economia senza società, né una società senza biosfera.¹

In questo contesto l'educazione alla sostenibilità, nelle sue sfaccettature, deve essere considerata una pratica inclusiva che necessita di strategie condivise tra Accademia e territori e che, coinvolgendo diversi attori sociali in pratiche partecipative, può contribuire all'abbattimento di ostacoli presenti localmente (Russo, 2024). Le Istituzioni accademiche giocano un ruolo fondamentale nella promozione di uno sviluppo sostenibile che il Politecnico di Milano, attraverso il Piano Strategico di Sostenibilità 2023-2025, sostiene puntando su inclusione, innovazione e collaborazione con il territorio (Politecnico di Milano, n.d.).

L'iniziativa OffCampus, promossa da Polisocial del Politecnico di Milano, ha aperto quattro 'laboratori di innovazione sociale' in aree fragili della città: tra questi OffCampus Cascina Nosedo ospita il progetto Bioloop Factory (BLF), che punta a generare valore economico e sociale coinvolgendo la comunità locale e includendo persone vulnerabili in laboratori per sviluppare nuovi materiali e manufatti da sottoprodotti locali. La presente ricerca è promossa dall'iniziativa Polisocial Award, finanziata con i fondi del '5 per mille' IRPEF al Politecnico di Milano a sostegno dello sviluppo della ricerca scientifica ad alto impatto sociale.

Il presente contributo ripercorre metodi e strumenti utilizzati nei processi formativi del progetto BLF al fine di trasferire competenze concrete e applicabili alle realtà socioeconomiche locali. Dopo una introduzione al design di materiali indirizzato a un nuovo modello di formazione, verranno presentati casi studio, metodi e strategie impiegati all'interno di BLF. Basandosi su sinergie tra Accademia e territorio, l'obiettivo è formare la comunità locale allo sviluppo di nuovi materiali contribuendo alla riduzione delle disparità e promuovendo iniziative di economia circolare coerenti con l'SDG 4.

Design di materiali e percorsi formativi collaborativi per istituire modelli inclusivi di economia circolare locale | Sebbene in letteratura non esista ancora una definizione univoca e pienamente condivisa di 'materiali sostenibili' (Allione et alii, 2012; Ashby, 2012, 2022; Italia et alii, 2023) e di 'materiali per lo sviluppo sostenibile' (Bontempi et alii, 2021; Santi et alii, 2022), è possibile individuare alcuni ele-

menti chiave che caratterizzano il loro valore in termini di sostenibilità. Considerare l'intero ciclo di vita del materiale, dalla fase di progettazione alla produzione, dall'uso alla dismissione, enfatizzando la necessità di adottare strategie innovative e circolari (Bocken et alii, 2016; Allwood, Cullen and Carruth, 2012) sposta l'attenzione non solo sulla selezione di risorse a basso impatto ambientale, ma anche sull'efficienza dei processi, sulla riduzione degli scarti e sulla capacità del materiale di integrarsi in sistemi produttivi sostenibili e inclusivi che valorizzino tradizioni artigianali territoriali, attribuendo così ai materiali un significativo valore sociale (Kandachar, 2014). I nuovi materiali possono rappresentare quindi strumenti per promuovere l'economia circolare generando microeconomie e favorendo l'inclusione sociale (Korhonen, Honkasalo and Seppälä, 2018; Papile, Santi and Del Curto, 2024).

In questa prospettiva la ricerca accademica può avere un ruolo cruciale nella definizione e pianificazione di strategie formative che permettano di promuovere modelli di economia circolare a livello iperlocale (Bruzzeze, 2024), muovendo proprio dal trasferimento di metodi di sviluppo di materiali a partire da risorse locali e puntando a generare sistemi socio-tecnici locali resilienti (Barbero and Ferulli, 2023). Coinvolgere attivamente i cittadini in un processo attivo e consapevole di autoproduzione (Diez, 2012) può consentire l'attivazione di un dialogo tra Università e comunità in grado di instaurare nuove forme di collaborazione con associazioni, cooperative sociali e altri numerosi attori locali (Manzini 2015; Manzini and D'Alena, 2024). Inoltre comprendere l'importanza del coinvolgimento di quanti più attori possibili nei processi progettuali permette di individuare le reali necessità e raggiungere in modo collaborativo i risultati attesi (Zannoni et alii, 2024).

Tra queste strategie formative la combinazione di pratiche tipiche del Material-driven Design (Karana et alii, 2015) con un approccio collaborativo e partecipativo tipico del co-design (Szarka et alii, 2023), veicolato da designer esperti, può essere in grado di radicarsi più facilmente sul territorio responsabilizzando gli stakeholders coinvolti (Veselova and Gaziulusoy, 2022) e facilitando così l'istituzione di nuove potenziali microfilieri che si autosostengono nel tempo.

Il progetto BLF, concentrandosi sullo sviluppo di nuovi materiali a partire da sottoprodotti territoriali, si propone di coinvolgere realtà fragili presenti sul territorio in una serie di attività formativo-educative basate sulla co-progettazione di prodotti a supporto di nuove microimprenditorialità.

Casi studio: Materiali Pro-Sociali | I casi studio che si riportano di seguito fanno parte del database di BLF che raccoglie circa 130 casi, catalogati all'interno di tre macrocategorie: 1) materiali derivati da scarti disponibili localmente, mappati nel raggio di 1 Km da Cascina Nosedo; 2) casi studio caratterizzati da un impatto sociale evidente; 3) l'intersezione delle precedenti categorie che comprendono materiali sviluppati a partire da scarti locali e caratterizzati da ricadute applicative rilevanti a livello sociale.

L'obiettivo principale è ispirare lo sviluppo di microimprenditorialità locali, sensibilizzando al contempo la comunità sul vasto potenziale offerto dai materiali di scarto presenti sul territorio; di seguito vengono presentati a titolo esplicativo tre casi studio, uno per ciascuna delle categorie sopraelencate.

Il primo caso analizzato è SMUSH Materials², una start-up nata all'interno del Politecnico di Milano con l'obiettivo di ridurre l'impiego di materie plastiche nel settore degli imballaggi protettivi. A tal fine la start-up ha sviluppato un materiale naturale innovativo a base di micelio, coltivato su un substrato composto da scarti agricoli. La crescita del materiale avviene all'interno di stampi che ne definiscono la forma finale, successivamente stabilizzata attraverso un trattamento termico. Questo processo consente di ottenere un materiale completamente biodegradabile, rappresentando un esempio virtuoso di filiera corta capace di valorizzare eccedenze locali ovvero gli scarti agricoli.

Un secondo esempio rilevante è rappresentato da Rifò³, un'azienda con sede a Prato impegnata nella produzione di nuovi tessuti rigenerati a partire dalla raccolta di abiti usati, realizzati con fibre riciclate e nuovamente riciclabili. Attraverso il progetto 'Nei Nostri Panni' Rifò ha avviato un percorso formativo per cenciaioli e filatori, coinvolgendo persone provenienti dai percorsi di accoglienza per migranti presenti sul territorio. L'iniziativa coniuga la tutela delle competenze artigianali locali con la promozione dell'inclusione sociale, costituendo un esempio significativo di filiera inclusiva, attenta sia alla sostenibilità ambientale che all'equità sociale.

Il terzo caso, che rappresenta una sintesi dei due precedenti, è CoffeeFrom⁴, un materiale innovativo ottenuto dal recupero e dalla valorizzazione dei fondi di caffè esausti derivanti dagli esercizi di ristorazione. Il risultato è un composito termoplastico compatibile con i principali processi produttivi tipici delle plastiche convenzionali. L'obiettivo è duplice: da un lato favorire processi circolari attraverso l'uso di materiali di scarto; dall'altro generare un impatto sociale positivo attraverso il coinvolgimento di soggetti fragili e la collaborazione con imprese e organizzazioni a vocazione sociale.

Metodologia e fasi del modello operativo | Il progetto BLF si articola in tre fasi: analisi preliminare interna al gruppo di ricerca; trasferimento e formazione con la comunità locale e i partner, oggetto del presente contributo; ottimizzazione e monitoraggio per valutare l'impatto sul territorio (Fig. 1). Durante le fasi preliminari è stato analizzato e mappato il territorio, sono stati rintracciati i bisogni e le risorse che esso aveva a disposizione e sviluppati materiali compositi a partire da scarti reperiti localmente tramite processi di produzione low-tech e 'ricette' facilmente replicabili in ottica di trasferimento (Arioli, 2024; Schembri, 2024).

I materiali sviluppati da risorse locali, ovvero paglia di grano e di riso, sono stati quindi indagati rispetto alle loro potenzialità applicative per la valorizzazione del territorio. In linea con gli obiettivi di progetto, i materiali e le loro applicazioni sono stati sviluppati per essere trasferiti a una rete di realtà territoriali⁵ (microfiliera) attraverso un percorso formativo al fine di renderne autonome le produzioni e il sostentamento. L'avvio della fase formativa ha visto l'articolazione di momenti incentrati sul co-design delle soluzioni applicative, sulla definizione di microfilieri costituite dalle sinergie tra i partner e sul trasferimento tecnologico delle metodologie di sviluppo dei materiali e prodotti.

La fase di co-progettazione delle applicazioni è attuata attraverso workshop finalizzati all'identificazione di prodotti potenzialmente realizzabili sul territorio, capaci di rispondere a esigenze locali con-

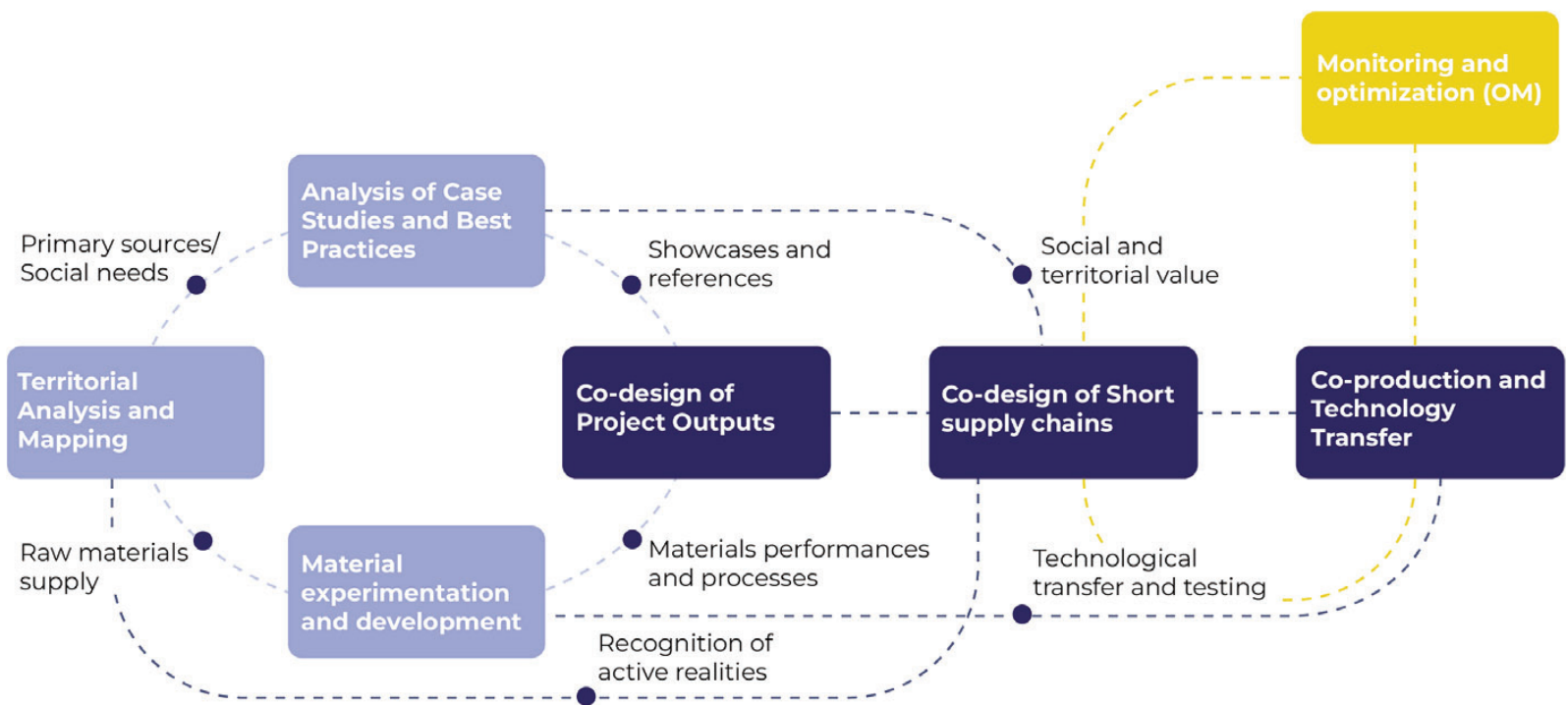


Fig. 1 | Implemented model (credit: R. Santi, 2025).

crete. La sessione è preceduta da un momento formativo frontale, arricchito dall'intervento di realtà riprese dai casi studio raccolti come testimonianza per offrire spunti di ispirazione. Successivamente l'attività è strutturata attraverso un tool di supporto: un canvas suddiviso in cinque settori – scarto, forma del materiale, attori / beneficiari, valore e applicazione – messo a disposizione dei partecipanti per una compilazione collaborativa.

Identificate le opportunità e selezionati i prodotti da concretizzarsi, è stata affrontata la co-progettazione di microfiliera: questa fase è stata attuata attraverso workshop finalizzati alla definizione di tutti gli attori necessari per istituire una catena produttiva efficace: fornitori di sottoprodotti locali, aziende che mettono a disposizione attrezzature per la lavorazione, partner sociali impegnati nel coinvolgimento di manodopera, utilizzatori finali e reti di distribuzione del prodotto. L'attività è supportata da schede operative appositamente progettate per facilitare l'ideazione e la strutturazione della filiera attraverso una serie di punti chiave (Fig. 2).

Una volta identificata la rete di attori coinvolti nella fase di produzione del materiale e dei prodotti sono stati organizzati momenti formativi per il trasferimento di metodologie e processi. Durante la fase di produzione / lavorazione sono state coinvolte associazioni per la reintegrazione sociale di persone vulnerabili, che sono divenute i destinatari delle attività di formazione. Le attività pratico-formative tenute presso Cascina Nosedo sono articolate in tre fasi: presentazione della ricerca e della 'ricetta' del materiale, svolgimento pratico con istruzioni dettagliate e confronto finale per raccogliere feedback e migliorare i processi.

Parallelamente alla formazione, un'attività continua di ottimizzazione e monitoraggio mira a perfezionare processi e filiere, garantendone sostenibilità e replicabilità. Dopo un primo affiancamento tecnico, vengono elaborate linee guida e attivati strumenti di misurazione per valutare la scalabilità delle microfiliera.

Risultati: prodotti e microfiliera | Il confronto svolto durante le attività di co-design con gli Enti territoriali ha permesso, partendo dai materiali risultanti dalle fasi preliminari, di orientare la co-progettazione verso prodotti caratterizzati da un valore sociale diffuso, la cui produzione e utilizzo potessero favorire il coinvolgimento attivo di categorie fragili (Fig. 3). Tra le numerose idee pervenute sono state selezionate tre soluzioni progettuali per i materiali a base di paglia di grano e di riso: un packaging riutilizzabile per uova a supporto di iniziative solidali (Fig. 4), un imballaggio protettivo per la spedizione di miele in vasetti di vetro autoprodotti all'interno di una rete di donne protette (Fig. 5) e dischi paciamanti per un progetto di riforestazione urbana da parte di soggetti fragili e anziani (Fig. 6).

La successiva attività di co-progettazione (Fig. 7) si è spostata sulla strutturazione di microfiliera di valore e ha consentito di delineare in modo chiaro tutte le fasi del processo produttivo e di mappare gli attori coinvolti, con particolare attenzione ai benefici generati. In particolare sono state coinvolte alcune aziende agricole operanti all'interno del Parco Agricolo Sud, individuate come potenziali fornitori dei materiali di scarto, associazioni impegnate nel supporto di categorie fragili, come persone con disabilità o giovani in condizioni di svantaggio che hanno collaborato per coinvolgere i propri utenti nella realizzazione dei manufatti, e associazioni che rappresentano gli utilizzatori finali, contribuendo alla definizione e chiusura delle microfiliera in modo collaborativo e inclusivo. Le Figure 8 e 9 descrivono le microfiliera progettate relativamente ai tre manufatti: attraverso questa progettualità è stato possibile identificare gli attori responsabili di ogni fase e le diverse necessità formative.

Le attività di workshop per il trasferimento di metodologie e processi per la realizzazione dei tre output selezionati sono state condotte al fine di rendere le associazioni partner autonome nello sviluppo dei materiali, rafforzando così il ruolo di ciascun attore all'interno di una micro-filiera inclusiva. Dieci

persone per ognuna delle due sessioni si sono susseguite nell'attività tramite il lavoro in postazioni operative, ognuna dedicata a una specifica fase del processo di produzione (Figg. 10-14). In questo modo le operazioni di ottenimento dei materiali e la loro formatura sono state suddivise in semplici passaggi con facilitazione all'apprendimento della 'ricetta' del materiale.

A seguito delle attività formative gli attori di ogni microfiliera sono stati ulteriormente riuniti per una fase di discussione collettiva, in cui potesse essere equamente distribuita la generazione di valore sociale ed economico, in vista di un futuro auto-sostentamento. Le diverse produzioni, attualmente in fase pilota e sostenute economicamente da BLF, hanno introdotto nuove pratiche circolari all'interno di associazioni che, pur disponendo di laboratori di auto-produzione e falegnameria già attivi, manifestavano la necessità di nuovi stimoli orientati alla circolarità delle risorse.

Discussione | I risultati ottenuti evidenziano il valore e le potenzialità del modello adottato, che si distingue per il tentativo di strutturare microfiliera locali (nel raggio di 1 Km da Cascina Nosedo) ispirate ai principi di un'economia circolare inclusiva, generando impatti positivi a livello sociale, economico e ambientale. La replicabilità e la trasferibilità di questo approccio appaiono promettenti, soprattutto in contesti caratterizzati dalla disponibilità di risorse locali e dalla necessità di promuovere attività di inclusione sociale.

La fase di ricerca preliminare, fondamentale per l'applicazione del modello, deve essere approcciata meticolosamente per identificare le risorse disponibili, le competenze locali e i potenziali partner. La scalabilità del processo produttivo rimane una questione critica che richiede valutazioni specifiche della capacità infrastrutturale, della formazione di personale non specializzato e della gestione logistica necessaria a sostenere un potenziale aumento della produzione, soprattutto se si prevede un modello

di auto-sostentamento da parte delle associazioni, a valle del progetto. Questi fattori evidenziano l'importanza di una strategia personalizzata per adattarsi ai diversi contesti territoriali, considerando la variabilità delle risorse disponibili e delle condizioni socioeconomiche di partenza.

La formazione, svolta attraverso workshop dedicati, ha permesso di coinvolgere la comunità locale e gli Enti attivi nella valorizzazione territoriale in un percorso di acquisizione di competenze pratiche legate alla produzione di manufatti a partire da materiali bio-compositi da risorse di scarto locali.

Nonostante i risultati mostrino potenzialità significative lo studio presenta alcune limitazioni che meritano attenzione: in primo luogo lo studio è stato condotto in un contesto territoriale specifico – l'area periurbana di Cascina Nosedo – caratterizzata da una rete sociale attiva e da una particolare composizione socio-economica: ciò rappresenta un elemento di forza per il radicamento locale, ma ne limita la trasferibilità ad altri contesti con caratteristiche differenti. Infine il progetto si trova ancora in una fase iniziale e sperimentale e non dispone al momento di un sistema consolidato di monitoraggio degli impatti a medio-lungo termine. Tali aspetti suggeriscono la necessità di ulteriori sviluppi futuri, sia sul piano della ricerca scientifica che dell'implementazione operativa, per consolidare e validare il modello in chiave comparativa e multilivello.

Conclusioni | Attraverso un approccio strutturato il progetto è riuscito a sviluppare prodotti da materiali bio-compositi innovativi a partire da scarti agricoli locali, traducendoli in output tangibili e specifici per il contesto, avviati alla produzione e diffusione da parte di una microfiliera di attori locali caratterizzati dal supporto socioeducativo di persone fragili. Un aspetto chiave del progetto è stata la formazione

del personale non specializzato, che ha ricevuto competenze tecniche essenziali per la produzione e la lavorazione dei materiali e per la progettazione e la messa in produzione di nuovi prodotti. Sul piano dell'innovazione sociale e del design partecipativo, il progetto conferma la centralità delle metodologie collaborative nel promuovere soluzioni coerenti con i bisogni reali dei territori. Il design viene qui inteso come strumento abilitante, capace di facilitare il dialogo tra comunità, istituzioni e università, creando spazi di apprendimento condiviso e infrastrutture sociali.

Oltre alla formazione diretta, il progetto ha contribuito a diffondere pratiche sostenibili, valorizzando l'upcycling e il riutilizzo di scarti agricoli locali come risorse per la produzione. Questo approccio educativo ha rafforzato la consapevolezza ambientale e le capacità di problem-solving della comunità, in linea con la visione dell'SDG 4, che promuove un'istruzione equa e inclusiva. In quest'ottica gli sviluppi futuri del progetto potrebbero concentrarsi sul consolidamento delle microfiliere locali, creando negli spazi dell'OffCampus percorsi formativi strutturati in collaborazione con Istituzioni educative e Università. Replicando il modello in nuovi contesti sarà possibile validarne il metodo e avviare il coinvolgimento di nuovi stakeholder, tra cui enti pubblici e imprese. A fronte di questi sviluppi, risulta fondamentale consolidare strumenti di misurazione dell'impatto sociale, economico e ambientale, per avviare processi di scalabilità e adattamento territoriale a nuovi contesti.

In reality increasingly oriented toward sustainable development, education for sustainability proves to be of crucial importance (ASviS, 2022); as a global

and widespread objective, it becomes essential to ensure quality education (SDG 4; UN, 2015) accessible to all, including individuals in conditions of social vulnerability (Rapp and Corral-Granados, 2021), understood as members of the community who are in unfavourable conditions of physical, economic, and/or social health (Rukmana, 2024). Starting from the definition of sustainability provided by the Brundtland Report (WCED, 1987), the need was introduced to safeguard the social dimension from environmental problems, later integrating it into the Triple Bottom Line system based on people, planet, and profit (Elkington, 1997), which were then defined as 'the three pillars of sustainability': environmental, social, and economic (Purvis, Mao and Robinson, 2019). With the adoption of the 2030 Agenda for Sustainable Development, objectives responding to the three dimensions were integrated, with subsequent attempts at systematisation, emphasising that there can be no economy without society or the biosphere.¹

In this context, education for sustainability, in its many facets, must be considered an inclusive practice that requires shared strategies between Academia and territories, and involving various social actors in participatory practices can contribute to overcoming locally existing obstacles (Russo, 2024). Academic institutions play a fundamental role in promoting sustainable development, which the Politecnico di Milano supports through its 2023–2025 Strategic Sustainability Plan, focusing on inclusion, innovation, and collaboration with the territory (Politecnico di Milano, n.d.).

The OffCampus initiative, promoted by Polisoal of the Politecnico di Milano, has opened four 'social innovation laboratories' in fragile areas of the city. OffCampus Cascina Nosedo hosts the Bioloop Factory (BLF) project, which aims to generate eco-



Fig. 2 | Operational sheets for structuring micro-supply chains (credit: S. Valassina, 2024).

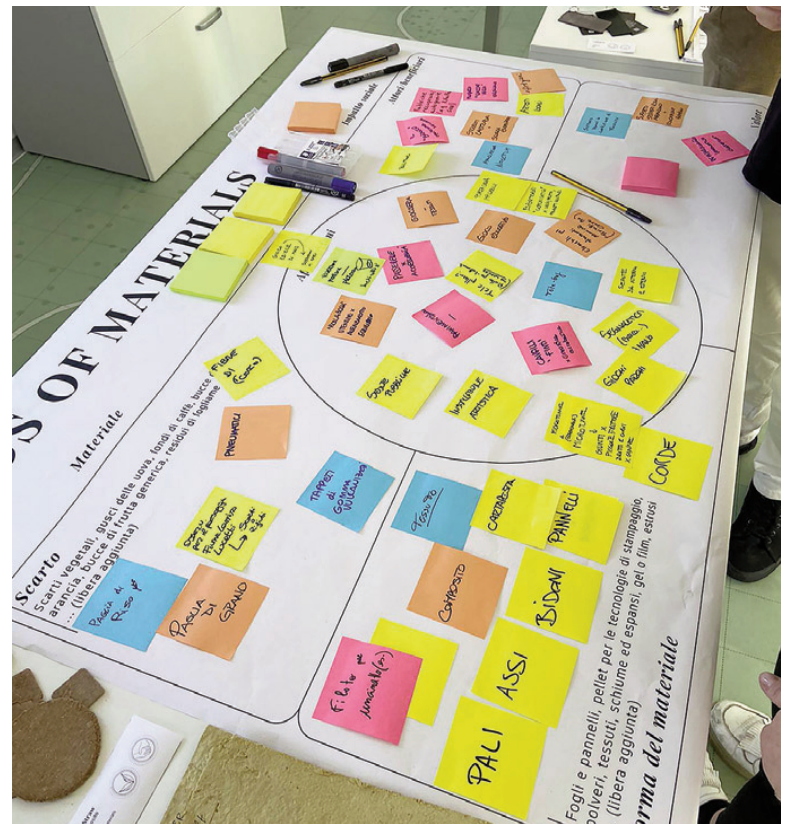


Fig. 3 | Co-design of application outputs (credit: S. Valassina, 2024).

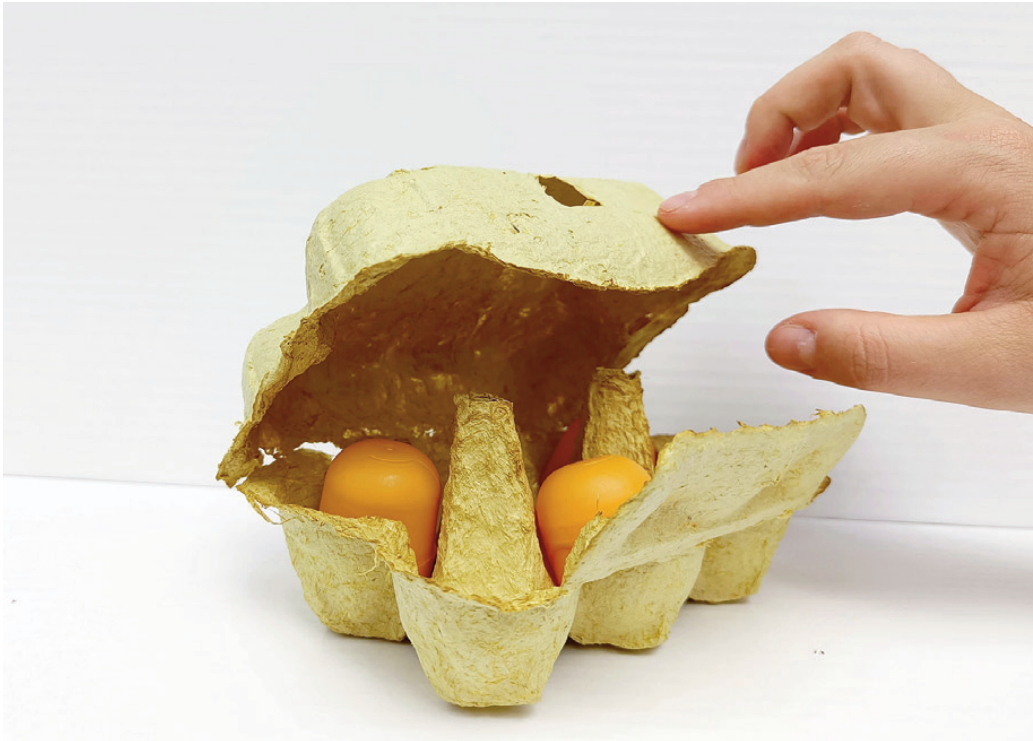


Fig. 4 | Reusable egg packaging (credit: M. Schembri, 2024).

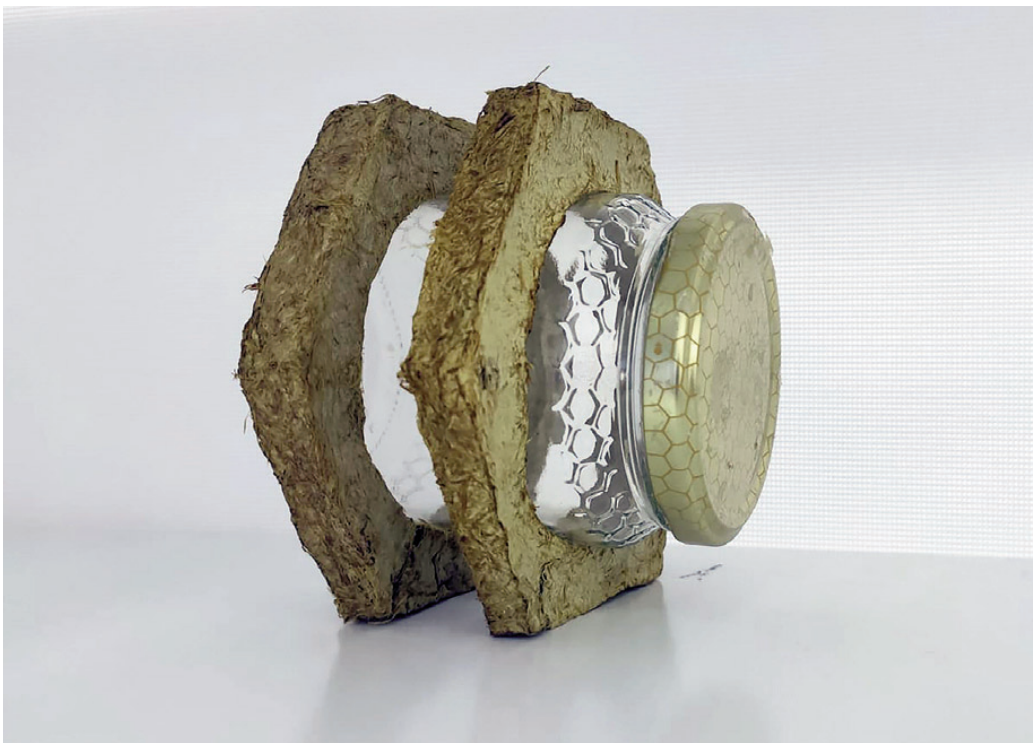


Fig. 5 | Packaging for honey jar (credit: M. Schembri, 2024).

nomic and social value by involving the local community and including vulnerable individuals in laboratories to develop new materials and artefacts from local by-products. This research is promoted by the Polisocial Award initiative, funded by the '5 per mille IRPEF' contributions to support the development of high social impact scientific research at the Politecnico di Milano.

This paper traces the methods and tools used in the BLF project's training processes to transfer practical and applicable skills to local socio-economic realities. After an introduction to material design addressed to a new education model, case studies, methods, and strategies employed within BLF will be presented. Based on connections between Academia and territory, the objective is to train the

local community to develop new materials, reduce disparities and promote circular economy initiatives aligned with SDG 4.

Material design and collaborative educational paths to establish inclusive models of local circular economy

Although in the literature, there is still no unequivocal and fully shared definition of 'sustainable materials' (Allione et alii, 2012; Ashby, 2012, 2022; Italia et alii, 2023) and 'materials for sustainable development' (Bontempi et alii, 2021; Santi et alii, 2022), it is possible to identify some key elements that characterise their value in terms of sustainability. Considering the entire life cycle of the material, from the design phase to production, from use to disposal – emphasising the need to adopt in-

novative and circular strategies (Bocken et alii, 2016; Allwood, Cullen and Carruth, 2012) – shifts the attention not only to the selection of low environmental impact resources but also to the efficiency of processes, the reduction of waste, and the material's ability to integrate into sustainable and inclusive production systems that enhance local artisanal traditions, thus attributing a significant social value to materials (Kandachar, 2014). New materials can, therefore, represent tools to promote the circular economy by generating micro-economies and fostering social inclusion (Korhonen, Honkasalo and Seppälä, 2018; Papile, Santi and Del Curto, 2024).

From this perspective, academic research can play a crucial role in defining and planning educational strategies that promote models of circular

economy at the hyperlocal level (Bruzzese, 2024), precisely by transferring material development methods starting from local resources and aiming to generate resilient local socio-technical systems (Barbero and Ferulli, 2023). Actively involving citizens in an active and conscious self-production process (Diez, 2012) can enable the establishment of a dialogue between the University and the community capable of creating new forms of collaboration with associations, social cooperatives, and many other local actors (Manzini 2015; Manzini and D'Alena, 2024). Moreover, understanding the importance of involving as many actors as possible in design processes makes it possible to identify real needs and collaboratively achieve the expected results (Zannoni et alii, 2024).

Among these educational strategies, the combination of practices typical of Material-driven Design (Karana et alii, 2015) with a collaborative and participatory approach typical of co-design (Szarka et alii, 2023), facilitated by expert designers, can more easily take root in the territory, making stakeholders more responsible (Veselova and Gaziulusoy, 2022) and thus facilitating the establishment of new potential micro-supply chains that are self-sustaining over time.

The BLF project, focusing on developing new materials starting from territorial by-products, aims to involve fragile realities present in the territory in a series of educational and training activities based on the co-design of products to support new forms of micro-entrepreneurship.

Case studies: Pro-Social Materials | The case studies reported below are part of the BLF database, which collects about 130 cases, catalogued within three macro-categories: 1) materials derived from wasted sources available locally, mapped within a 1 km radius from Cascina Nosedo; 2) case studies characterised by an evident social impact; 3) the intersection of the previous two categories, comprising materials developed from local available sources and characterised by relevant social application impacts.

The main objective is to inspire the development of local micro-entrepreneurship, while simultaneously raising community awareness of the vast potential offered by waste materials present in the territory. Below, three case studies, one for each category mentioned above, are presented as explanatory examples.

The first case analysed is SMUSH Materials², a start-up born within the Politecnico di Milano with the objective of reducing the use of plastic materials in the protective packaging sector. To this end, the start-up has developed an innovative natural material based on mycelium, cultivated on a substrate composed of agricultural waste. The material grows inside moulds that define its final shape, which is stabilised through a heat treatment. This process allows the production of a fully biodegradable material, representing a virtuous example of a short supply chain capable of enhancing local agricultural waste.

A second relevant example is Rifò³, a company based in Prato engaged in producing new regenerated textiles from the collection of used clothes, made with recycled and recyclable fibres. Through the project 'Nei Nostri Panni' (lit. 'In Our Shoes'), Rifò has launched a training path for ragpickers and spinners, involving people coming from migrant re-

ception programs present in the area. The initiative combines the preservation of local artisanal skills with the promotion of social inclusion, constituting a significant example of an inclusive supply chain attentive to environmental sustainability and social equity.

The third case, which represents a synthesis of the two previous examples, is CoffeeFrom⁴, an innovative material obtained from the recovery and valorisation of exhausted coffee grounds from catering businesses. The result is a thermoplastic composite compatible with the main production processes typical of conventional plastics. The objective is twofold: on the one hand, to encourage circular processes through waste materials; on the other, to generate a positive social impact through the involvement of vulnerable individuals and collaboration with socially oriented enterprises and organisations.

Methodology and phases of the operational model | The BLF project is structured into three phases: preliminary internal analysis by the research group; transfer and training with the local community and partners, which is the subject of the pre-

sent contribution; optimisation and monitoring to assess the impact on the territory (Fig. 1). During the preliminary phases, the territory was analysed and mapped, the needs and resources available were identified, and composite materials were developed starting from locally sourced waste through low-tech production processes and easily replicable 'recipes' designed for transfer (Arioli, 2024; Schembri, 2024).

The materials developed from local resources, namely wheat and rice straw, were then investigated regarding their potential applications for enhancing the territory. In line with the project's objectives, the materials and their applications were developed to be transferred to a network of territorial entities⁵ (micro-supply chain) through a training course to make the production and its sustainability autonomous. The training phase began with moments focused on the co-design of applicative solutions, the definition of micro-supply chains established through synergies between partners, and the technological transfer of material and product development methodologies. The co-design phase of the applications was implemented through workshops aimed at identifying products potentially realisable in the territory and capable of responding to concrete lo-



Fig. 6 | Mulching disks (credit: M. Arioli, 2024).

cal needs. The session was preceded by a frontal training moment, enriched by interventions from entities drawn from the collected case studies as testimonies to inspire. Subsequently, the activity was structured using a support tool: a canvas divided into five sectors – waste, material shape, actors / beneficiaries, value, and application – made available to participants for collaborative compilation.

Once the opportunities were identified and the products selected, the co-design of micro-supply chains was undertaken: this phase was implemented through workshops aimed at defining all the actors necessary to establish an effective production chain: suppliers of local by-products, companies providing equipment for processing, social partners engaged in involving the workforce, final users, and product distribution networks. Specially designed operational sheets supported the activity to facilitate the design and structuring of the supply chain through a series of key points (Fig. 2).

Once the network of actors involved in the material and product production phase was identified, training sessions were organised to transfer methodologies and processes. During the production / processing phase, associations for the social reintegration of vulnerable individuals were involved, and they became the recipients of the training ac-

tivities. The practical training activities at Cascina Nosedo were structured into three phases: presentation of the research and the material 'recipe', practical execution with detailed instructions, and final feedback session to collect comments and improve the processes.

Parallel to the training, continuous optimisation and monitoring aim to refine processes and supply chains, ensuring their sustainability and replicability. After an initial technical support period, guidelines are developed, and measurement tools are activated to assess the scalability of the micro-supply chains.

Results: products and micro-supply chains | The dialogue carried out during the co-design activities with the local entities made it possible, starting from the materials resulting from the preliminary phases, to orient the co-design toward products characterised by a widespread social value, whose production and use could favour the active involvement of fragile categories (Fig. 3). Among the numerous ideas received, three design solutions for the wheat and rice straw-based materials were selected: a reusable egg packaging to support solidarity initiatives involving fragile and elderly individuals (Fig. 4), protective packaging for the shipment of honey

in self-produced glass jars within a network of protected women (Fig. 5) and mulching disks for an urban reforestation project carried out by the local community (Fig. 6).

The subsequent co-design activity (Fig. 7) focused on structuring value micro-supply chains. It allowed for a clear outline of all production process phases and mapping the actors involved, with particular attention to the generated benefits. In particular, several agricultural companies operating within the Parco Agricolo Sud were involved, identified as potential suppliers of waste materials, along with associations supporting fragile categories such as people with disabilities or disadvantaged youth, who collaborated to involve their users in the manufacture of the products, and associations representing the final users, thus contributing to the collaborative and inclusive definition and closure of the micro-supply chains. Figures 8 and 9 describe the micro-supply chains designed for the three artefacts: through this project, it was possible to identify the actors responsible for each phase and the different training needs.

The workshop activities for the transfer of methodologies and processes for the realisation of the three selected outputs were conducted to make the partner associations autonomous in the development of materials, thus strengthening the role of each actor within an inclusive micro-supply chain. Ten people for each session took turns in the activity through work at operational stations, each dedicated to a specific phase of the production process (Fig. 10-14). In this way, obtaining and shaping the materials were divided into simple steps, facilitating learning the material 'recipe'.

Following the training activities, the actors of each micro-supply chain were gathered again for a collective discussion phase, where the generation of social and economic value could be equitably distributed given future self-sustenance. The different productions, currently in the pilot phase and economically supported by BLF, have introduced new circular practices within associations that, although already equipped with active self-production and carpentry workshops, expressed the need for new stimuli oriented toward resource circularity.

Discussion | The results obtained highlight the value and potential of the model adopted, which stands out for its attempt to structure local micro-supply chains (within a 1 km radius from Cascina Nosedo) inspired by the principles of an inclusive circular economy, generating positive impacts at the social, economic, and environmental levels. The replicability and transferability of this approach appear promising, especially in contexts characterised by the availability of local resources and the need to promote social inclusion activities.

The preliminary research phase, crucial for applying the model, must be approached meticulously to identify available resources, local skills, and po-



Fig. 7 | Co-design of micro-supply chains (credit: S. Valassina, 2024).

Next page

Fig. 8 | Micro-supply chain for mulching disks (credit: S. Valassina, 2025).

Fig. 9 | Micro-supply chain for packaging (credit: S. Valassina, 2025).

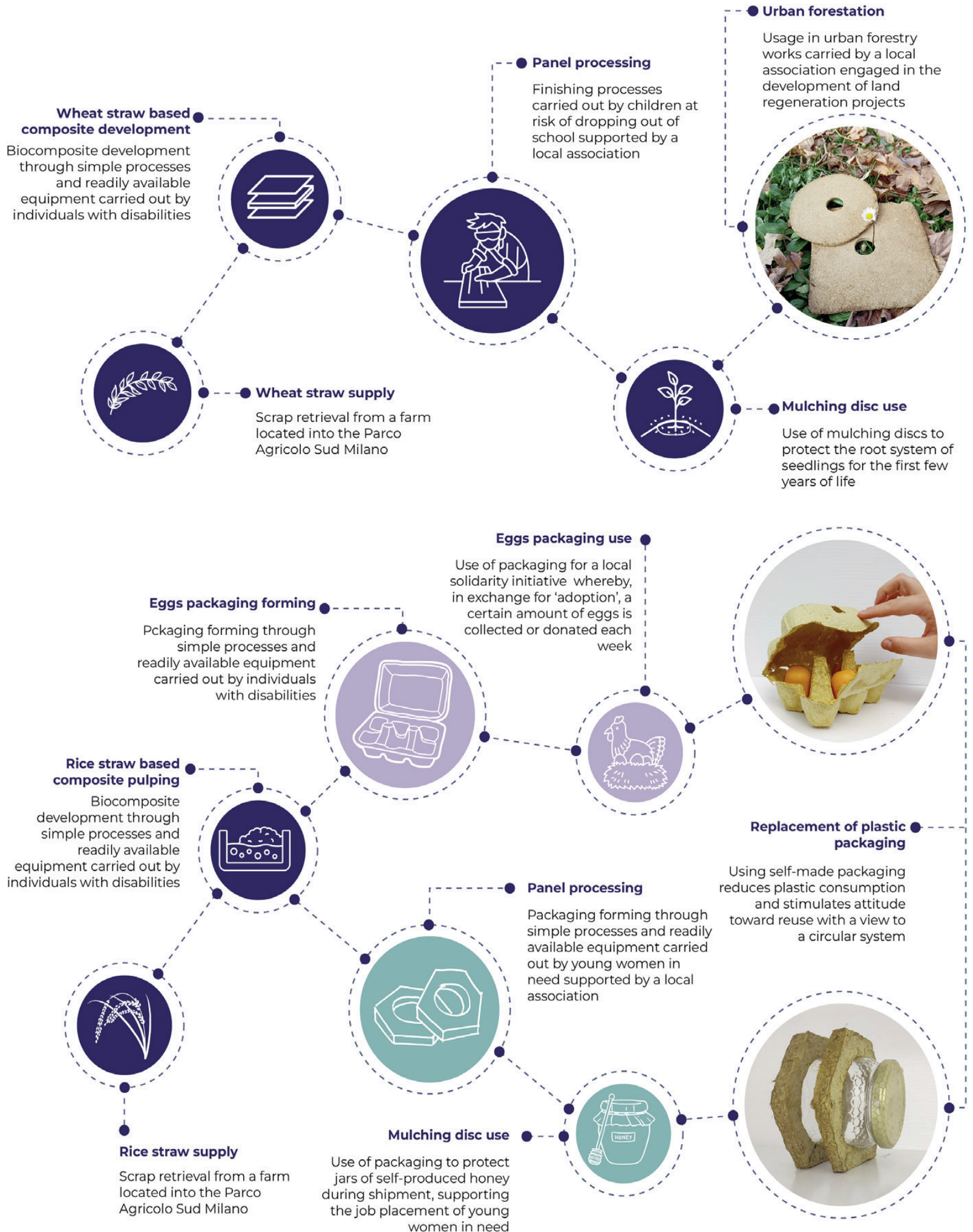




Fig. 10 | Laboratory setup at OffCampus Cascina Nosedo (credit: S. Valassina, 2024).

Figg. 11-14 | Technological transfer during practical training activities (credits: S. Valassina, 2024).

tential partners. Moreover, the scalability of the production process remains a critical issue, requiring specific assessments of infrastructural capacity, the training of non-specialised personnel, and the logistical management necessary to support a potential increase in production, primarily if a model of self-sustenance by the associations is envisioned after the end of the project. These factors highlight the importance of a personalised strategy to adapt to different territorial contexts, considering the variability of available resources and the initial socio-economic conditions.

Through dedicated workshops, the training enabled the local community and organisations active in territorial enhancement to acquire practical skills for producing artefacts from bio-composite materials derived from local waste resources.

Despite the results showing significant potential, the study presents some limitations that deserve

attention. Firstly, the study was conducted in a specific territorial context, the peri-urban area of Cascina Nosedo, characterised by an active social network and a particular socio-economic composition: this represents a strength for local rooting but limits its transferability to other contexts with different characteristics. Finally, the project is still in an initial and experimental phase and does not have a consolidated system for monitoring medium- to long-term impacts. These aspects suggest further scientific research and operational implementation developments to consolidate and validate the model from a comparative and multi-level perspective.

Conclusions | Through a structured approach, the project succeeded in developing products from innovative bio-composite materials starting from local agricultural waste, translating them into tangible and specific outputs for the context, initiated for pro-

duction and distribution by a micro-supply chain of local actors characterised by the socio-educational support of vulnerable people. A key aspect of the project was training non-specialised personnel, who received essential technical skills for producing and processing materials and designing and manufacturing new products. On the level of social innovation and participatory design, the project confirms the centrality of collaborative methodologies in promoting solutions consistent with the real needs of territories. In this case, design tools were applied to facilitate dialogue between communities, institutions, and universities, creating spaces for shared learning and social infrastructures.

Beyond direct training, the project contributed to the spread of sustainable practices, enhancing upcycling and the reuse of local agricultural waste as resources for production. This educational approach strengthened environmental awareness and

the problem-solving skills of the community, consistent with the vision of SDG 4, which promotes equitable and inclusive education. In this perspective, future developments of the project could focus on consolidating the local micro-supply chains and creating structured training paths within the OffCam-

pus spaces in collaboration with educational institutions and universities. By replicating the model in new contexts, it will be possible to validate the method and initiate the involvement of new stakeholders, including public entities and companies. Given these developments, it becomes fundamental to

consolidate impact measurement tools, social, economic, and environmental, to initiate scalability and territorial adaptation processes to new contexts.

Acknowledgements

This paper is not only the result of a shared reflection by the Authors but also the outcome of a collective planning of the training events.

Notes

1) For more information about the EAT Food Forum (2016), consult the webpage: stockholmresilience.org/research/research-news/2016-06-14-the-sdgs-wedding-cake.html [Accessed 17 April 2025].

2) For more information about SMUSH Materials, consult the webpage: smushmaterials.com [Accessed 17 April 2025].

3) For more information about Rifò, consult the webpage: rifo-lab.com [Accessed 17 April 2025].

4) For more information about CoffeeFrom, consult the webpage: coffeefrom.it [Accessed 17 April 2025].

5) For more information about the Corvetto Network, consult the webpage: casaperlapacemilano.it/sviluppo-comunita/la-rete-corvetto/ [Accessed 17 April 2025].

References

- Allione, C., De Giorgi, C., Lerma, B. and Petrucci, L. (2012), "From ecodesign products guidelines to materials guidelines for a sustainable product – Qualitative and quantitative multicriteria environmental profile of a material", in *Energy*, vol. 39, issue 2, pp. 90-99. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.energy.2011.08.055 [Accessed 17 April 2025].
- Allwood, J. M., Cullen, J. M. and Carruth, M. A. (2012), *Sustainable materials – With both eyes open – Future buildings, vehicles, products and equipment – Made efficiently and made with less material*, UIT Cambridge Limited, Cambridge.
- Arioli, M. (2024), *NOStraw – Exploiting agricultural waste from Parco Sud Milano for social redevelopment within Nosedo Off-Campus*, Mater Thesis in Design and Engineering, Supervisor Prof. Del Curto, B., Co-Supervisors Marinelli, A. and Papile, F., Politecnico di Milano. [Online] Available at: hdl.handle.net/10589/218603 [Accessed 17 April 2025].
- Ashby, M. F. (2022), *Materials and sustainable development*, Butterworth-Heinemann, Amsterdam.
- Ashby, M. F. (2012), *Materials and the Environment – Eco-informed Material Choice*, Butterworth-Heinemann, Waltham.
- ASviS (2022), *Educazione allo sviluppo sostenibile e alla cittadinanza globale – Target 4.7*. [Online] Available at: asvis.it/public/asvis2/files/Pubblicazioni/QuadernoASviS_EducazioneSviluppoSostenibile_ott2022.pdf [Accessed 17 April 2025].
- Barbero, S. and Ferrulli E. (2023), "Transizione ecologica e digitale – Il Design Sistemico nei processi di innovazione aperta delle PMI | Ecological and digital transition – Systemic Design in SMEs open innovation processes", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 269-280. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13232023 [Accessed 17 April 2025].
- Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C. and van der Grinten, B. (2016), "Product design and business model strategies for a circular economy", in *Journal of Industrial and Production Engineering*, vol. 33, issue 5, pp. 308-320. [Online] Available at: doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124 [Accessed 17 April 2025].
- Bontempi, E., Sorrentino, G. P., Zanoletti, A., Alessandri, I., Depero, L. E. and Caneschi, A. (2021), "Sustainable Materials and their Contribution to the Sustainable Development Goals (SDGs) – A Critical Review Based on an Italian Example", in *Molecules*, vol. 26, issue 5, article 1407, pp. 1-26. [Online] Available at: doi.org/10.3390/molecules26051407 [Accessed 17 April 2025].
- Bruzzese, A. (2024), "Municipi a Milano – Ruoli, opportunità e limiti nello scambio tra istituzioni iperlocali e cittadinanza", in *Tracce Urbane | Rivista Italiana Transdisciplinare di Studi Urbani*, vol. 12, issue 16, pp. 230-250. [Online] Available at: doi.org/10.13133/2532-6562/18866 [Accessed 17 April 2025].
- Diez, T. (2012), "Personal fabrication – Fab Labs as Platforms for Citizen-Based Innovation, from Microcontrollers to Cities", in *Nexus Network Journal | Architecture and Mathematics*, vol. 14, issue 3, pp. 457-468. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s00004-012-0131-7 [Accessed 17 April 2025].
- Elkington, J. (1997), *Cannibals with Forks – The Triple Bottom Line of 21st Century Business*, Capstone Publishing, Oxford.
- Italia, M., Papile, F., Santi, R. and Del Curto, B. (2023), "Sustainable Material Selection Framework – Taxonomy and Systematisation of Design Approaches to Sustainable Material Selection", in *Sustainability*, vol. 15, issue 24, article 16689, pp. 1-22. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su152416689 [Accessed 17 April 2025].
- Kandachar, P. (2014), "Chapter 7 – Materials and social sustainability", in Karana, E., Pedgley, O. and Rognoli, V. (eds), *Materials Experience – Fundamentals of Material and Design*, Butterworth-Heinemann, Oxford, pp. 91-103. [Online] Available at: doi.org/10.1016/B978-0-08-099359-1.00007-2 [Accessed 17 April 2025].
- Karana, E., Barati, B., Rognoli, V. and Zeeuw van der Laan, A. (2015), "Material Driven Design (MDD) – A Method to Design for Material Experiences", in *International Journal of Design*, vol. 9, issue 2, pp. 35-54. [Online] Available at: ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/view/1965 [Accessed 17 April 2025].
- Korhonen, J., Honkasalo, A. and Seppälä, J. (2018), "Circular economy – The concept and its limitations", in *Ecological Economics*, vol. 143, pp. 37-46. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041 [Accessed 17 April 2025].
- Manzini, E. (2015), *Design, When Everybody Designs – An Introduction to Design for Social Innovation*, MIT Press, Cambridge (MA).
- Manzini, E. and D'Alena, M. (2024), *Fare Assieme – Una nuova generazione di servizi pubblici collaborativi*, Egea, Milano.
- Papile, F., Santi, R. and Del Curto, B. (2024), "Urban Material Gardens – Materiali che parlano del territorio", in Di Bucchanico, G. and Marano, A. (eds), *Design per la Diversità | Conferenza SID 2023 – Atti della conferenza annuale della società italiana di design, Pescara, Italy, June 12-13, 2023*, Società Italiana di Design, Milano, pp. 208-217.
- Politecnico di Milano (n.d.), *Piano Strategico di Sostenibilità*. [Online] Available at: polimi.it/il-politecnico/chiamo/documenti-strategici/piano-strategico-di-sostenibilita [Accessed 17 April 2025].
- Purvis, B., Mao, Y. and Robinson, D. (2019), "Three pillars of sustainability – In search of conceptual origins", in

Sustainability Science, vol. 14, pp. 681-695. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s11625-018-0627-5 [Accessed 17 April 2025].

Rapp, A. C. and Corral-Granados, A. (2021), "Understanding inclusive education – A theoretical contribution from system theory and the constructionist perspective", in *International Journal of Inclusive Education*, vol. 28, issue 4, pp. 423-439. [Online] Available at: doi.org/10.1080/13603116.2021.1946725 [Accessed 17 April 2025].

Rukmana, D. (2024), "Vulnerable Populations", in Maggino, F. (ed.), *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research – Second Edition*, Springer, Cham, pp. 7573-7576. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-031-17299-1_3184 [Accessed 17 April 2025].

Russo, C. (2024), "Il valore della progettazione partecipativa per una nuova scuola generativa di territori inclusivi", in *La scuola (e gli altri luoghi di educazione e formazione) sono di tutte e tutti?*, vol. 21, issue 44, pp. 126-137. [Online] Available at: doi.org/10.19241/ill.v21i44.860 [Accessed 17 April 2025].

Santi, R., Sossini, L., Italia, M., D'Ambrosio, S., Zurlo, F. and Del Curto, B. (2022), "Materials for SDGs – A Synergy Towards Sustainable Development", in *Diid | Disegno Industriale Industrial Design*, vol. 76, pp. 102-113. [Online] Available at: doi.org/10.30682/diid7622i [Accessed 17 April 2025].

Schembri, M. (2024), *Strawlife – New materials from agricultural waste for social reintegration and development*, Mater Thesis in Design and Engineering, Supervisor Del Curto, B., Co-Supervisors Marinelli, A. and Papile, F., Politecnico di Milano. [Online] Available at: hdl.handle.net/10589/218743 [Accessed 17 April 2025].

Szarka, N., García Laverde, L., Thrän, D., Kiyko, O., Ilkiv, M., Moravčíková, D., Cudlínová, E., Lapka, M., Hatvani, N., Koós, Á., Luks, A. and Martín Jimenez, I. (2023), "Stakeholder Engagement in the Co-Design of Regional Bioeconomy Strategies", in *Sustainability*, vol. 15, issue 8, article 6967, pp. 1-37. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su15086967 [Accessed 17 April 2025].

UN – United Nations (2015), *Transforming Our World – The 2030 Agenda for Sustainable Development*. [Online] Available at: sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication [Accessed 17 April 2025].

Veselova, E. and Gazilulsoy, I. (2022), "Bioinclusive Collaborative and Participatory Design – A Conceptual Framework and a Research Agenda", in *Design and Culture | The Journal of the Design Studies Forum*, vol. 14, issue 2, pp. 149-183. [Online] Available at: doi.org/10.1080/17547075.2021.2019455 [Accessed 17 April 2025].

WCED – World Commission on Environment and Development (1987), *Report of the World Commission on Environment and Development – Our Common Future*. [Online] Available at: sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf [Accessed 17 April 2025].

Zannoni, M., Succini, L., Rosato, L. and Pasini, V. (2024), "Transitional industrial designer – La responsabilità di progettisti e imprese per una transizione sostenibile | Transitional industrial designer – The responsibility of designers and companies for a sustainable transition", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 15, pp. 332-343. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/15282024 [Accessed 17 April 2025].