POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

TRANSIZIONE DIGITALE E CIRCOLARE PER L'INNOVAZIONE LOCALE Il co-design interdisciplinare di una piattaforma per la condivisione di materiali e saperi

Original
TRANSIZIONE DIGITALE E CIRCOLARE PER L'INNOVAZIONE LOCALE Il co-design interdisciplinare di una piattaforma per la condivisione di materiali e saperi / Spinelli, M., Pereno, A.. - ELETTRONICO. - 1:(2025), pp. 250-263. (Design Plurale. Casi e modelli alternativi per l'innovazione Plural Design / Cases and alternative models for innovation Napoli (ITA) 26-27 giugno 2025) [10.6093/978-88-6887-385-1].

Availability:
This version is available at: 11583/3008040 since: 2026-02-27T14:03:25Z

Publisher:
FedOA - Federico II University Press

Published
DOI:10.6093/978-88-6887-385-1

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

26 November 2026

DIGITAL AND CIRCULAR TRANSITION FOR LOCAL INNOVATION

The interdisciplinary co-design of a platform for sharing materials and knowledge

interdisciplinarity, systemic design, circular economy, digital platforms, territorial ecosystems

TRANSIZIONE DIGITALE E CIRCOLARE PER L'INNOVAZIONE LOCALE

Il co-design interdisciplinare di una piattaforma per la condivisione di materiali e saperi

interdisciplinarietà, design sistemico, economia circolare, piattaforme digitali, ecosistemi territoriali

Martina Spinelli [1], Amina Pereno [1]

[1] Politecnico di Torino

martina.spinelli@polito.it, amina.pereno@polito.it

Abstract

Negli ultimi anni, il concetto di economia circolare è emerso come alternativa al modello economico lineare convenzionale, proponendo un approccio rigenerativo in cui i materiali residui vengono rivalutati. Tuttavia, l'attuazione completa di questo paradigma richiede non solo trasformazioni economiche e produttive, ma anche cambiamenti sociali e culturali. In questo contesto, la transizione digitale emerge come elemento cardine per accelerare questa trasformazione, nota come "transizione gemella". Questa transizione richiede il superamento della frammentazione settoriale e l'adozione di un approccio interdisciplinare per sviluppare soluzioni realmente trasformative.
A livello nazionale, una delle risposte più recenti è rappresentata dagli Ecosistemi di Innovazione previsti dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza. Il paper analizza l'esperienza di NODES (North Ovest Digitale e Sostenibile), un ecosistema che integra transizione ecologica e digitale, con obiettivo finale lo sviluppo di una piattaforma per facilitare lo scambio di conoscenze e materiali per la creazione di modelli circolari sostenibili a livello locale.
In questo scenario, il Design assume un ruolo cruciale come strumento di mediazione e facilitazione tra discipline diverse, contribuendo così alla creazione di un linguaggio comune tra le parti interessate. Attraverso l'utilizzo di metodologie di co-design, il Design facilita la traduzione di esigenze e competenze eterogenee in soluzioni condivise, migliorando così l'efficacia della progettazione di piattaforme digitali per la circolarità. La capacità del Design di interconnettere conoscenze tecniche, sociali ed economiche è quindi di importanza strategica nella costruzione di infrastrutture digitali in grado di supportare transizioni circolari e sostenibili.

In recent years, the concept of the circular economy has emerged as an alternative to the conventional linear economic model, proposing a regenerative approach in which residual materials are revalued. However, the comprehensive implementation of this paradigm necessitates not only economic and productive transformations, but also social and cultural changes. In this context, the digital transition emerges as a pivotal element in accelerating this transformation, known as the "twin transition." This transition necessitates the overcoming of sectoral fragmentation and the adoption of an interdisciplinary approach to develop solutions that are genuinely transformative.
At the national level, one of the most recent responses is represented by the Innovation Ecosystems provided for in the National Recovery and Resilience Plan. The paper analyzes the experience of NODES (North Ovest Digitale e Sostenibile), an ecosystem that integrates ecological and digital transition, with the ultimate goal of developing a platform to facilitate the exchange of knowledge and materials for the creation of sustainable circular models at the local level.
In this scenario, design assumes a pivotal function as a medium for mediation and facilitation among diverse disciplines, thereby fostering the establishment of a shared language among stakeholders. The application of co-design methodologies enables the translation of heterogeneous needs and skills into shared solutions, thereby enhancing the effectiveness of the design of digital platforms for circularity. The capacity for design to integrate technical, social, and economic knowledge is, therefore, of strategic importance in the development of digital infrastructures that can support circular and sustainable transitions.

Introduzione

Nell'ultimo decennio, l'economia circolare si è consolidata come paradigma alternativo al tradizionale modello economico lineare, basato su estrazione, consumo e smaltimento, proponendo una prospettiva rigenerativa in cui i residui non sono più considerati un problema, ma una risorsa con un potenziale significativo da valorizzare (Kirchherr et al., 2023). Sebbene sia nata come modello economico e produttivo, l'economia circolare richiede cambiamenti sociali e culturali radicali per essere attuata (Lieder & Rashid, 2016). A pochi anni dal primo Circular Economy Action Plan promosso dall'Unione Europea, Geissdoerf et al. (2017) evidenziavano come l'economia circolare fosse una condizione necessaria ma non sufficiente per dar vita ad un sistema sostenibile. Da questo punto di vista, la ricerca e la sperimentazione delle condizioni complementari che possano rendere realmente sostenibile un modello circolare è da subito apparsa fondamentale.

Recentemente, le politiche europee e nazionali hanno promosso il legame tra sostenibilità e digitalizzazione, rafforzando l'idea di una *twin transition*.(Rehman.S et.al, 2023) Questo duplice processo costituisce infatti una leva cruciale per trasformare i sistemi socioeconomici e affrontare alcune delle più pressanti sfide globali, tra cui l'esaurimento delle risorse, la produzione di rifiuti e il cambiamento climatico. L'Unione Europea, attraverso il suo secondo Circular Economy Action Plan (European Commission, 2020;) evidenzia l'importanza delle tecnologie digitali per accelerare questa transizione. Strumenti come l'analisi avanzata dei dati, l'Internet of Things (IoT) e le piattaforme digitali consentono di ottimizzare i flussi di materiali, migliorare l'integrazione delle filiere produttive e promuovere la collaborazione intersettoriale. (Soldatos, J. Et.al,2021).

Tuttavia, anche in questo caso, per sfruttare appieno questo potenziale, è necessario un cambio di paradigma sociale, culturale e organizzativo(che consenta di gestire la complessità di nuovi sistemi fisici-digitali superando la frammentazione settoriale che spesso pervade anche le nuove sperimentazioni circolari. Solo un approccio interdisciplinare e sistemico può rispondere alla complessità delle sfide attuali, integrando discipline diverse per creare soluzioni realmente trasformative. (Barbero, S. and Ferrulli, E. ,2023),

A livello nazionale, una delle risposte più recenti adottate nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza sono gli Ecosistemi dell'Innovazione, ovvero network territoriali di università e soggetti pubblici e privati che agiscono su aree

Introduction

Over the last decade, the circular economy has established itself as an alternative paradigm to the traditional linear economic model based on extraction, consumption and disposal, offering a regenerative perspective in which waste is no longer considered a problem but a resource with significant potential to be exploited (Kirchherr et al., 2023). Although it originated as an economic and production model, the circular economy requires radical social and cultural changes to be implemented (Lieder & Rashid, 2016). A few years after the first Circular Economy Action Plan promoted by the European Union, Geissdoerf et al. (2017) highlighted how the circular economy was a necessary but not sufficient condition for creating a sustainable system. From this point of view, research and experimentation into the complementary conditions that can make a circular model truly sustainable immediately appeared to be fundamental.

Recently, European and national policies have promoted the link between sustainability and digitalisation, reinforcing the idea of a twin transition (Rehman.S et.al, 2023). This dual process is in fact a crucial lever for transforming socio-economic systems and addressing some of the most pressing global challenges, including resource depletion, waste production and climate change. The European Union, through its second Circular Economy Action Plan (European Commission, 2020), highlights the importance of digital technologies in accelerating this transition. Tools such as advanced data analysis, the Internet of Things (IoT) and digital platforms enable the optimisation of material flows, improved integration of production chains and the promotion of cross-sector collaboration. (Soldatos, J. Et.al, 2021).

However, even in this case, to fully exploit this potential, a social, cultural and organisational paradigm shift is needed (one that allows the complexity of new physical-digital systems to be managed, overcoming the sectoral fragmentation that often pervades even new circular experiments). Only an interdisciplinary and systemic approach can respond to the complexity of today's challenges, integrating different disciplines to create truly transformative solutions. (Barbero, S. and Ferrulli, E., 2023).

At national level, one of the most recent responses adopted in the National Recovery and Resilience Plan is Innovation Ecosystems, i.e. territorial networks of universities and public and private entities that operate in areas of economic and technological specialisation consistent with the industrial and research vocations of the

di specializzazione economica e tecnologica coerenti con le vocazioni industriali e di ricerca del territorio di riferimento, promuovendo e rafforzando la collaborazione tra il sistema della ricerca, il sistema produttivo e le istituzioni locali. Il presente paper presenta l'esperienza dell'ecosistema NODES (Nord Ovest Digitale e Sostenibile) che rappresenta un esempio di sinergia virtuosa tra transizione ecologica e digitale, in cui il Design entra come una delle discipline trasversali che mirano a definire i processi complementari all'innovazione tecnologica, con l'obiettivo di facilitare lo scambio fisico e digitale di conoscenze e la creazione di modelli circolari realmente sostenibili per il territorio.

L'ecosistema di innovazione NODES

Nel contesto dei nuovi modelli di innovazione territoriale sostenibile, l'ecosistema NODES si distingue come un'iniziativa che unisce competenze accademiche, industriali e tecnologiche per promuovere un approccio plurale alla circolarità. La digitalizzazione, infatti, non è solo uno strumento tecnico, ma una forza abilitante capace di connettere settori e discipline, favorendo l'emergere di nuovi modelli di cooperazione e innovazione. L'incontro tra competenze multidisciplinari e strumenti digitali consente di sviluppare strategie di economia circolare che superino la settorialità tradizionale, sbloccando nuove opportunità di collaborazione.
All'interno dell'ecosistema NODES, il progetto pilota GRIP (Green Processes for Industrial Productions and Cost-Effective Effluents Valorisation) rappresenta una risposta concreta e innovativa alle sfide ambientali ed economiche della contemporaneità. Collocato nello "Spoke 2: Green Technologies and Sustainable Industries", GRIP mira a promuovere la transizione verso modelli produttivi circolari e sostenibili, concentrandosi sulla valorizzazione dei residui industriali e agricoli attraverso tecnologie all'avanguardia.
La struttura di GRIP si articola in otto Moduli di Ricerca (RM) (fig.1), ognuno dei quali affronta ambiti specifici, garantendo una copertura completa delle principali sfide legate alla gestione dei residui e alla loro valorizzazione. I settori analizzati includono quello minerario, edilizio, agroalimentare, plastico, energetico ed tessile. Ogni modulo è dedicato a sviluppare progetti e approcci innovativi per ridurre il ricorso alle discariche, recuperando valore dai residui e integrare soluzioni sostenibili nei processi industriali locali. I moduli spaziano dalla sperimentazione chimica su residui organici a inorganici alla gestione dei rifiuti

reference territory, promoting and strengthening collaboration between the research system, the production system and local institutions. This paper presents the experience of the NODES (Nord Ovest Digitale e Sostenibile, or Digital and Sustainable North-West) ecosystem, which is an example of virtuous synergy between ecological and digital transition, in which design is one of the cross-cutting disciplines that aim to define processes complementary to technological innovation, with the aim of facilitating the physical and digital exchange of knowledge and the creation of truly sustainable circular models for the territory.

NODES innovation ecosystem

In the context of new models of sustainable territorial innovation, the NODES ecosystem stands out as an initiative that combines academic, industrial and technological expertise to promote a pluralistic approach to circularity. Digitalisation, in fact, is not only a technical tool, but an enabling force capable of connecting sectors and disciplines, fostering the emergence of new models of cooperation and innovation. The combination of multidisciplinary expertise and digital tools makes it possible to develop circular economy strategies that transcend traditional sectoral boundaries, unlocking new opportunities for collaboration.
Within the NODES ecosystem, the GRIP (Green Processes for Industrial Productions and Cost-Effective Effluents Valorisation) pilot project represents a concrete and innovative response to the environmental and economic challenges of today. Located in "Spoke 2: Green Technologies and Sustainable Industries", GRIP aims to promote the transition to circular and sustainable production models, focusing on the valorisation of industrial and agricultural residues through cutting-edge technologies.
The GRIP structure is divided into eight Research Modules (RM) (fig.1), each of which addresses specific areas, ensuring comprehensive coverage of the main challenges related to waste management and recovery. The sectors analysed include mining, construction, agri-food, plastics, energy and textiles. Each module is dedicated to developing innovative projects and approaches to reduce landfill use, recover value from waste and integrate sustainable solutions into local industrial processes. The modules range from chemical experimentation on organic and inorganic waste to urban waste management and wastewater treatment, to advanced techniques for waste reuse. Sectoral verticality is functional to the management of technological complexity, but it brings with it the problem

urbani e il trattamento delle acque reflue, fino a tecniche avanzate per il riutilizzo di residui. La verticalità settoriale è funzionale alla gestione della complessità tecnologica, ma porta con sé il problema della frammentazione settoriale tipica delle strategie di economia circolare. Per questo motivo il progetto ha creato una sezione che opera da connettore per gli altri moduli, il RM6 "Framework System", che si distingue per l'adozione di un approccio sistemico e multidimensionale volto a integrare le ricerche sviluppate dagli altri moduli. L'RM6 si focalizza sulla simbiosi industriale, una strategia chiave per ottimizzare la gestione dei rifiuti attraverso la collaborazione intersettoriale. Questo approccio consente di reintegrare i residui nei cicli produttivi, trasformandoli in risorse per altri processi industriali con l'biettivo di ridurre l'impatto ambientale complessivo.
Le attività di RM6 comprendono un ampio spettro di azioni volte a garantire l'applicabilità delle soluzioni proposte. Tra queste, l'analisi delle politiche normative a livello europeo, nazionale e locale, al fine di individuare opportunità concrete di implementazione in conformità ai requisiti legislativi. Inoltre, fornisce supporto alle amministrazioni pubbliche nella formulazione di criteri ambientali minimi (CAM) per gli acquisti verdi, catalizzando così l'adozione di pratiche più sostenibili.
Un altro aspetto saliente riguarda la mappatura delle opportunità di simbiosi industriale all'interno del territorio designato. Questa attività fornisce alle aziende percorsi praticabili verso l'adozione dell'economia circolare, basati su un'analisi dettagliata delle filiere produttive e dei flussi di materiali.
Un aspetto cruciale per favorire la transizione è il cambiamento comportamentale (behavioural change), che richiede il coinvolgimento attivo di tutti gli attori coinvolti nella filiera, dal produttore al consumatore (Huttunen S. et al ,2021). In questo contesto, il contributo dei sociologi è fondamentale per comprendere e facilitare le dinamiche sociali legate all'adozione di nuove pratiche sostenibili e comprendere come superare le resistenze al cambiamento.
Il progetto prevede anche la creazione di una piattaforma digitale interattiva, che mira a raccogliere e diffondere le migliori pratiche, favorendo così il trasferimento di conoscenze e facilitando la collaborazione tra aziende e istituzioni. Infine, l'RM6 integra metodologie di valutazione del ciclo di vita (LCA) per valutare l'impatto ambientale delle soluzioni proposte, assicurando che siano realmente sostenibili.
All'interno di un ecosistema complesso e multidisciplinare, il design assume una funzione

of sectoral fragmentation typical of circular economy strategies. For this reason, the project has created a section that acts as a connector for the other modules, RM6 "Framework System", which is distinguished by its adoption of a systemic and multidimensional approach aimed at integrating the research developed by the other modules. RM6 focuses on industrial symbiosis, a key strategy for optimising waste management through cross-sector collaboration. This approach allows residues to be reintegrated into production cycles, transforming them into resources for other industrial processes with the aim of reducing the overall environmental impact.
RM6 activities include a wide range of actions aimed at ensuring the applicability of the proposed solutions. These include the analysis of regulatory policies at European, national and local level in order to identify concrete opportunities for implementation in accordance with legislative requirements. It also provides support to public administrations in formulating minimum environmental criteria (MECs) for green procurement, thus catalysing the adoption of more sustainable practices.
Another salient aspect concerns the mapping of industrial symbiosis opportunities within the designated territory. This activity provides companies with viable paths towards the adoption of the circular economy, based on a detailed analysis of production chains and material flows.
A crucial aspect in promoting the transition is behavioural change, which requires the active involvement of all actors in the supply chain, from producers to consumers (Huttunen S. et al., 2021). In this context, the contribution of sociologists is fundamental to understanding and facilitating the social dynamics linked to the adoption of new sustainable practices and understanding how to overcome resistance to change.
The project also involves the creation of an interactive digital platform, which aims to collect and disseminate best practices, thus promoting knowledge transfer and facilitating collaboration between companies and institutions. Finally, RM6 integrates life cycle assessment (LCA) methodologies to assess the environmental impact of the proposed solutions, ensuring that they are truly sustainable.
Within a complex and multidisciplinary ecosystem, design plays a strategic role in building a shared language capable of facilitating effective collaboration between diverse fields of knowledge. In this context, design becomes a tool for mediation between different skills,

strategica nel costruire un linguaggio condiviso capace di rendere efficace la collaborazione tra saperi eterogenei. In questo contesto, il design diventa strumento di mediazione tra le diverse competenze, traducendo la varietà di conoscenze in soluzioni operative attraverso lo sviluppo di una piattaforma digitale interattiva. Quest'ultima facilita la condivisione di dati e informazioni, stimola l'interazione tra attori appartenenti a settori differenti e contribuisce ad accelerare l'adozione di modelli produttivi sostenibili e integrati.
Oltre alla progettazione dell'interfaccia, il design contribuisce alla fruibilità dei dati attraverso un'efficace visualizzazione, consentendo agli utenti di comprendere rapidamente le informazioni essenziali. Parallelamente, il team di design ha proposto e guidato percorsi di co-creazione della piattaforma (Meath C. et al;2022) per collegare la disponibilità di saperi e competenze con le esigenze degli attori che rappresentano la rete dell'ecosistema: imprese, organizzazioni ed enti che costellano il territorio.
La pluralità di competenze coinvolte in GRIP è uno dei principali punti di forza del progetto. Sociologi, economisti, esperti in management, designer, ingegneri, giuristi e specialisti in valutazione del ciclo di vita lavorano insieme per affrontare le barriere normative, economiche e culturali che ostacolano la transizione verso la circolarità. Questo approccio interdisciplinare garantisce una visione integrata delle problematiche e consente di sviluppare soluzioni applicabili su larga scala. [fig.1]

Metodologia

La metodologia applicata ha seguito un approccio integrato, suddiviso in diverse fasi complementari. La ricerca è stata avviata con una revisione critica della letteratura e una mappatura dello stato dell'arte, al fine di comprendere il panorama teorico e operativo dell'economia circolare e della simbiosi industriale. In parallelo, è stata condotta un'analisi sistematica delle principali piattaforme digitali attualmente attive in questi ambiti, sia a livello nazionale che europeo, con l'obiettivo di individuare trend emergenti, attori chiave e funzionalità ricorrenti.
L'esplorazione ha incluso l'esame di risorse online, siti web, report e repository istituzionali, tra cui la piattaforma europea sull'economia circolare, che ha offerto numerosi casi studio rilevanti. L'indagine ha condotto alla costruzione di un inventario strutturato, che ha identificato 99 piattaforme esistenti e ha permesso di elaborare una tassonomia utile alla loro classificazione comparativa. A tal fine,

translating a variety of knowledge into operational solutions through the development of an interactive digital platform. The latter facilitates the sharing of data and information, stimulates interaction between actors from different sectors and helps to accelerate the adoption of sustainable and integrated production models.
In addition to interface design, design contributes to the usability of data through effective visualisation, enabling users to quickly understand essential information. At the same time, the design team proposed and guided co-creation paths for the platform (Meath C. et al; 2022) to connect the availability of knowledge and skills with the needs of the actors representing the ecosystem network: businesses, organisations and institutions scattered throughout the territory.
The diversity of expertise involved in GRIP is one of the project's main strengths. Sociologists, economists, management experts, designers, engineers, lawyers and life cycle assessment specialists work together to address the regulatory, economic and cultural barriers that hinder the transition to circularity. This interdisciplinary approach ensures an integrated view of the issues and enables the development of solutions that can be applied on a large scale. [fig.1]

Methodology

The methodology applied followed an integrated approach, divided into several complementary phases. The research began with a critical review of the literature and a mapping of the state of the art, in order to understand the theoretical and operational landscape of the circular economy and industrial symbiosis. In parallel, a systematic analysis was conducted of the main digital platforms currently active in these areas, both at national and European level, with the aim of identifying emerging trends, key players and recurring features.
The exploration included the examination of online resources, websites, reports and institutional repositories, including the European platform on the circular economy, which offered numerous relevant case studies. The investigation led to the construction of a structured inventory, which identified 99 existing platforms and allowed for the development of a taxonomy useful for their comparative classification. To this end, a database was developed that organises the platforms examined according to specific criteria, including: ownership structure, services offered (marketplace, consulting, measurement tools,

è stato sviluppato un database che organizza le piattaforme esaminate in base a criteri specifici, tra cui: assetto proprietario, servizi offerti (marketplace, consulenza, strumenti di misurazione, knowledge sharing), accessibilità delle informazioni, modelli di business adottati e principi dell'economia circolare applicati.
Attraverso un'analisi comparativa, è stato possibile identificare 30 best practice rappresentative, selezionate sia per l'efficacia delle funzionalità implementate sia per la capacità di coprire l'eterogeneità delle categorie emerse. I risultati ottenuti hanno fornito elementi progettuali cruciali per lo sviluppo della piattaforma, in particolare per garantire un'esperienza utente efficace e funzionale.
La fase di progettazione successiva ha previsto la definizione dell'architettura informativa e dell'alberatura dei contenuti, con l'obiettivo di organizzare logicamente le funzioni principali.
La progettazione dei wireframe è stata guidata dall'analisi delle soluzioni di interazione più efficaci riscontrate nei casi studio selezionati. Elementi chiave quali sistemi di filtraggio, tagging semantico, menu interattivi e una chiara segmentazione delle sezioni sono stati integrati al fine di ottimizzare la navigabilità.
La suddetta piattaforma è stata sviluppata su due livelli di accessibilità: una sezione pubblica destinata alla divulgazione e una sezione privata, riservata alle imprese registrate. In modo analogo, sono state progettate due tipologie di servizio: da un lato, un marketplace(fig.4) per lo scambio di risorse e sottoprodotti, con un'interfaccia semplificata modellata sui modelli più efficaci rilevati; dall'altro, una sezione dedicata alla valorizzazione delle competenze dei laboratori di ricerca coinvolti (fig.5), strutturata per rendere le informazioni facilmente consultabili.
Il prototipo (fig. 2), sviluppato secondo le modalità descritte, è stato successivamente impiegato come strumento di validazione e confronto in contesti multidisciplinari. Attraverso workshop e sessioni di consultazione con esperti provenienti da ambiti quali economia, diritto, sociologia e ingegneria, sono stati raccolti feedback qualitativi che hanno orientato i cicli successivi di sviluppo. Il processo ha seguito un approccio iterativo e collaborativo, permettendo di adattare progressivamente il design della piattaforma alle esigenze emerse nei contesti reali di utilizzo, garantendo al tempo stesso coerenza tecnica e rilevanza operativa.
[fig.2,fig.4,fig.5]

Risultati

Il progetto si è focalizzato su due obiettivi

knowledge sharing), accessibility of information, business models adopted and circular economy principles applied.
Through comparative analysis, it was possible to identify 30 representative best practices, selected both for the effectiveness of the features implemented and for their ability to cover the heterogeneity of the categories that emerged. The results obtained provided crucial design elements for the development of the platform, in particular to ensure an effective and functional user experience.
The next design phase involved defining the information architecture and content tree, with the aim of logically organising the main functions. The design of the wireframes was guided by an analysis of the most effective interaction solutions found in the selected case studies. Key elements such as filtering systems, semantic tagging, interactive menus and clear section segmentation were integrated in order to optimise navigability.
The aforementioned platform was developed with two levels of accessibility: a public section intended for dissemination and a private section reserved for registered companies. Similarly, two types of service were designed: on the one hand, a marketplace (fig. 4) for the exchange of resources and by-products, with a simplified interface modelled on the most effective models identified; on the other hand, a section dedicated to promoting the skills of the research laboratories involved (fig. 5), structured to make the information easily accessible.
The prototype (fig. 2), developed according to the methods described, was subsequently used as a validation and comparison tool in multidisciplinary contexts. Through workshops and consultation sessions with experts from fields such as economics, law, sociology and engineering, qualitative feedback was collected to guide subsequent development cycles. The process followed an iterative and collaborative approach, allowing the platform design to be progressively adapted to the needs that emerged in real-world contexts, while ensuring technical consistency and operational relevance.
[fig.2,fig.4,fig.5]

Results

The project focused on two main objectives: on the one hand, ensuring high usability; on the other, enhancing the diversity of the disciplines involved, highlighting the convergence between heterogeneous skills. The project aims to act as a bridge between different fields, promoting collaboration between actors with heterogeneous backgrounds and facilitating the

principali: da un lato, garantire un'elevata usabilità; dall'altro, valorizzare la diversità delle discipline coinvolte, evidenziando la convergenza tra competenze eterogenee. Il progetto si pone l'obiettivo di fungere da ponte tra ambiti differenti, promuovendo la collaborazione tra attori con background eterogenei e facilitando l'integrazione di saperi complementari.
Lo sviluppo della piattaforma è stato guidato da un processo di co-design suddiviso in quattro fasi principali, ciascuna delle quali aveva l'obiettivo di garantire conformità alle esigenze degli utenti e l'integrazione di competenze multidisciplinari.
Inizialmente, il team interdisciplinare a guida dello sviluppo piattaforma, in cui è incluso il design, l'economia e l'ingegneria informatica.ha condotto un'analisi di fattibilità per determinare le funzionalità realizzabili, stabilendo i vincoli tecnici e progettuali. L'attività in questione ha consentito di delineare un primo set di requisiti funzionali, basati sui risultati della ricerca desk applicata alle caratteristiche del contesto applicativo e sui bisogni preliminari degli stakeholder del territorio. È stato così possibile realizzare un primo mockup della piattaforma, orientato all'esperienza dell'utente finale. La seconda fase è stata presentare il prototipo e sottoporlo a test in un incontro dedicato alle piccole e medie imprese (PMI), che mediante l'utilizzo di strumenti di instant polling e il feedback diretto hanno potuto esprimere le loro considerazioni e bisogni. Le risposte raccolte hanno messo in luce la necessità di supporto, in particolare per quanto riguarda le competenze normative e la gestione degli incentivi economici associati all'adozione di pratiche sostenibili. Inoltre, è emerso che molte delle imprese coinvolte non avevano mai utilizzato strumenti digitali simili né erano a conoscenza del concetto di simbiosi industriale.
Prendendo considerazione dei risultati ottenuti, si è proceduto a implementare miglioramenti al mockup, introducendo funzionalità aggiuntive quali filtri di ricerca, un sistema di tagging semantico e interfacce utente interattive.
Il processo di progettazione ha seguito un approccio iterativo, con cicli successivi di test e ottimizzazione. Il feedback degli utenti ha svolto un ruolo fondamentale nel perfezionamento continuo del design e delle funzionalità, contribuendo a rendere la piattaforma più aderente alle esigenze reali degli utilizzatori finali.
Nella terza fase, è stato organizzato un evento con il team di ricercatori impegnato nel progetto GRIP, provenienti da diverse discipline accademiche, tra cui economia,

integration of complementary knowledge.
The development of the platform was guided by a co-design process divided into four main phases, each of which aimed to ensure compliance with user needs and the integration of multidisciplinary skills.
Initially, the interdisciplinary team leading the platform development, which includes design, economics and computer engineering, conducted a feasibility analysis to determine the achievable functionalities, establishing the technical and design constraints. This activity made it possible to outline an initial set of functional requirements, based on the results of desk research applied to the characteristics of the application context and the preliminary needs of local stakeholders. This made it possible to create an initial mock-up of the platform, focused on the end user experience. The second phase was to present the prototype and test it at a meeting dedicated to small and medium-sized enterprises (SMEs), which were able to express their considerations and needs through the use of instant polling tools and direct feedback. The responses collected highlighted the need for support, particularly with regard to regulatory expertise and the management of economic incentives associated with the adoption of sustainable practices. In addition, it emerged that many of the companies involved had never used similar digital tools nor were they aware of the concept of industrial symbiosis.
Taking into account the results obtained, improvements were made to the mock-up, introducing additional features such as search filters, a semantic tagging system and interactive user interfaces. The design process followed an iterative approach, with successive cycles of testing and optimisation. User feedback played a key role in the continuous refinement of the design and functionality, helping to make the platform more responsive to the real needs of end users.
In the third phase, an event was organised with the team of researchers involved in the GRIP project, coming from different academic disciplines, including economics, law and sociology. During the meeting, the experts had the opportunity to express their doubts, concerns and needs regarding the features and services offered by the platform in a structured manner, thanks to the use of qualitative tools such as feedback cards (Figure 6). This process encouraged interaction between different areas of expertise, contributing to the identification of operational strategies to effectively integrate them into the platform.
The fourth phase, currently underway, involves a

diritto e sociologia. Durante l'incontro, gli esperti hanno avuto l'opportunità di esprimere in modo strutturato dubbi, perplessità e necessità riguardanti le funzionalità e i servizi offerti dalla piattaforma, grazie all'utilizzo di strumenti qualitativi come le feedback cards [fig.6]. Questo processo ha favorito l'interazione tra competenze diverse, contribuendo all'identificazione di strategie operative per integrarle efficacemente nella piattaforma.

Conclusioni

L'esperienza del progetto GRIP nell'ambito dell'ecosistema NODES dimostra che la transizione verso modelli produttivi circolari richiede un approccio interdisciplinare e collaborativo, in grado di superare le barriere settoriali e promuovere l'integrazione tra competenze diversificate. Il design si è rivelato un elemento fondamentale nel tradurre conoscenze complesse in soluzioni digitali usabili, facilitando l'incontro tra esperti e imprese.

I risultati delle attività di co-design e testing hanno messo in luce la necessità per molte PMI di ricevere supporto nella comprensione delle normative e nell'accesso agli incentivi economici. La limitata familiarità con gli strumenti digitali e con il concetto di simbiosi industriale rappresenta un ulteriore ostacolo alla transizione sostenibile.

La piattaforma sviluppata è stata oggetto di miglioramenti progressivi, resi possibili dal coinvolgimento attivo degli utenti e dall'integrazione di contributi disciplinari eterogenei. La fase attuale, ancora in corso, prevede la sperimentazione pratica su un campione selezionato di aziende, al fine di validare le funzionalità e orientare ulteriori perfezionamenti. Un'importante direzione futura è rappresentata dall'adozione di strumenti tecnologici avanzati, come l'intelligenza artificiale, che possano non solo stimare i costi, ma anche supportare il processo decisionale in tempo reale, ottimizzare le risorse e simulare scenari evolutivi per la piattaforma.

D'altra parte, l'adozione di tecnologie avanzate, quali l'intelligenza artificiale, apre nuove prospettive per il potenziamento delle funzionalità della piattaforma, supportando processi decisionali complessi, l'ottimizzazione delle risorse e la simulazione di scenari evolutivi in ottica circolare.

Infine, permangono sfide sostanziali di natura sociale e relazionale, connesse alla persistenza di approcci disciplinari frammentati e alla difficoltà di stabilire collaborazioni realmente integrate. Per affrontare tali criticità, è fondamentale

testing cycle with a selected group of companies. The aim of the project is to validate the effectiveness of the implemented features by evaluating the platform in real-world contexts. [fig.6] This phase will provide insights to further refine the platform, verifying its effectiveness and identifying any potential issues to be resolved.

Conclusions

The experience of the GRIP project within the NODES ecosystem shows that the transition to circular production models requires an interdisciplinary and collaborative approach that can overcome sectoral barriers and promote the integration of diverse skills. Design has proven to be a key element in translating complex knowledge into usable digital solutions, facilitating the meeting between experts and businesses.

The results of the co-design and testing activities have highlighted the need for many SMEs to receive support in understanding regulations and accessing economic incentives. Limited familiarity with digital tools and the concept of industrial symbiosis is a further obstacle to sustainable transition.

The platform developed has undergone progressive improvements, made possible by the active involvement of users and the integration of diverse disciplinary contributions. The current phase, which is still ongoing, involves practical testing on a selected sample of companies in order to validate the functionality and guide further refinements. An important future direction is the adoption of advanced technological tools, such as artificial intelligence, which can not only estimate costs but also support real-time decision-making, optimise resources and simulate evolutionary scenarios for the platform.

On the other hand, the adoption of advanced technologies, such as artificial intelligence, opens up new prospects for enhancing the platform's functionality, supporting complex decision-making processes, optimising resources and simulating evolutionary scenarios from a circular perspective.

Finally, substantial social and relational challenges remain, linked to the persistence of fragmented disciplinary approaches and the difficulty of establishing truly integrated collaborations. To address these critical issues, it is essential to promote collaborative governance models and define support policies that facilitate structured interaction between different disciplines in research, with businesses and institutions.

promuovere modelli di governance collaborativa e definire politiche di sostegno che facilitino l'interazione strutturata tra le diverse discipline nella ricerca, con le imprese e le istituzioni. di IA.

Bibliografia | References

_Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048

_Kirchherr, J., Nadja Yang, N.-H., Schulze-Spüntrup, F., Heerink, M. J., & Hartley, K. (2023). Conceptualizing the Circular Economy (Revisited): An Analysis of 221 Definitions. *Conservation & Recycling*, 194, 107001. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107001

_Lieder, M., & Rashid, A. (2016). T*owards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042

_Cagno, E.; Neri, A.; Negri, M.; Bassani, C.A.; Lampertico, T. The Role of Digital Technologies in Operationalizing the Circular Economy Transition: A Systematic Literature Review. Appl. Sci. 2021, 11, 3328

_Meath, Cristyn & Karlovsek, Jurij & Navarrete, Claudia & Eales, Michael & Hastings, Patrick. (2022). Co-designing a multi-level platform for industry level transition to circular economy principles: A case study of the infrastructure CoLab. Journal of Cleaner Production. 347. 131080. 10.1016/j.jclepro.2022.131080.

_European Commission. (2020). Circular Economy Action Plan. For a cleaner and more competitive Europe. https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf

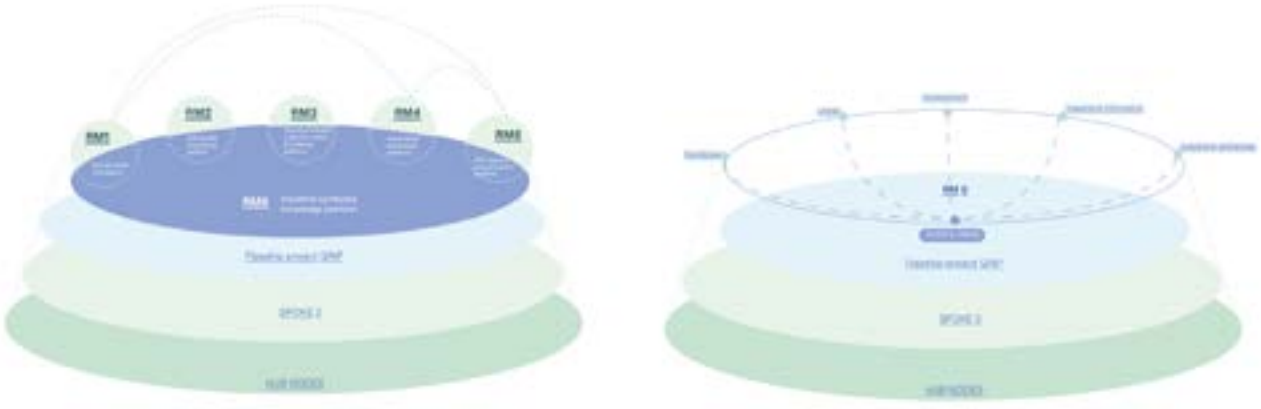
_Rehman, S. U., Giordino, D., Zhang, Q., & Alam, G. M. (2023). Twin transitions & industry 4.0: Unpacking the relationship between digital and green factors to determine green competitive advantage. *Technology in Society*, 73, 102227.

_Soldatos, J., Kefalakis, N., Despotopoulou, A. M., Bodin, U., Musumeci, A., Scandura, A., ... & Colledani, M. (2021). A digital platform for cross-sector collaborative value networks in the circular economy. *Procedia Manufacturing*, 54, 64-69.

_Barbero, S. and Ferrulli, E. (2023) "Ecological and digital transition. Systemic Design in SMEs open innovation processes", *AGATHÓN | International Journal of Architecture, Art and Design*, 13, pp. 269–280. doi: 10.19229/2464-9309/13232023.

_Huttunen, S., Kaljonen, M., Lonkila, A., Rantala, S., Rekola, A., & Paloniemi, R. (2021). Pluralising agency to understand behaviour change in sustainability transitions. *Energy research & social science*, 76, 102067.

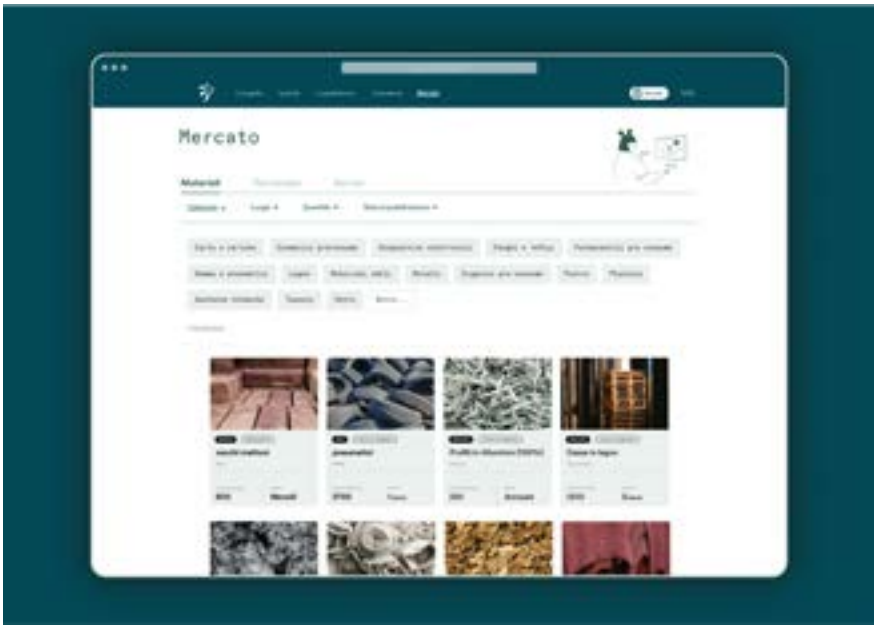
1



2



3





4



5

1_Organizzazione del progetto pilota GRIP (Green Processes for Industrial Productions and Cost-Effective Effluents Valorisation)
2_Landingpage della piattaforma
3_Pagina di scambio materiali
4_Pagina condivisione conoscenze
5_feedback cards

1_Organisation of the GRIP pilot project (Green Processes for Industrial Productions and Cost-Effective Effluents Valorisation)
2_Landingpage of the platform
3_Marketplace/material exchange page
4_Knowledge sharing page
5_feedback cards