



Articolo di Ricerca | Research Article

Design e valorizzazione sostenibile di scarti e sottoprodotti agro-industriali per la circolarità del settore tessile |

Design and Sustainable Valorization of Agro-Industrial Waste and By-Products for the Circularity of the Textile Sector

Barbara Pizzicato

Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli, Via Roma n. 9, c.a.p. 81031, Aversa (CE) – Italia, barbara.pizzicato@unicampania.it. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8454-0191>

Ricevuto: 9 aprile 2024 | Accettato: 3 giugno 2024 | Pubblicato: 29 giugno 2024

DOI: 10.24310/p56-ijj1202419633

Resumen

Il dibattito teorico sul design si intreccia e viene alimentato dalle diverse teorie e approcci sviluppatasi a partire dalla seconda metà del Novecento in ambito economico e industriale, tra i quali si è affermato il concetto di Economia Circolare. Ciò che in un'economia lineare è normalmente considerato scarto o sottoprodotto, diventa ora risorsa di cui trattenere il valore. Nel dominio del design, ciò corrisponde a un progressivo allargamento della prospettiva dal livello del singolo prodotto al design del sistema complesso in cui esso è inserito e all'adozione di nuove strategie, tra cui la "chiusura del ciclo". In tal senso, il settore agroindustriale rappresenta un fertile terreno per l'innovazione sostenibile design-driven, anche a causa della significativa quantità di scarti generata ogni anno in tutte le fasi della filiera. La valorizzazione sostenibile di tali biomasse, infatti, rappresenta un feedstock alternativo per il recupero di sostanze e materiali ad alto valore, potenzialmente in grado di incrementare il livello di circolarità in diversi settori applicativi caratterizzati da un elevato consumo di risorse non rinnovabili, come quello tessile. Attraverso la selezione critica e l'analisi comparativa di tre casi studio, la ricerca si propone di definire il mutato ruolo del design nello scenario attuale e la natura delle interazioni tra il designer e gli altri attori rilevanti nella transizione verso modelli di produzione e consumo circolari, in particolare esplorando il tema della valorizzazione dei rifiuti e sottoprodotti agro-industriali per applicazioni nel settore tessile.

Parole Chiave: Design circolare; Valorizzazione dei rifiuti e dei sottoprodotti; Economia circolare; Settore tessile; Casi di studio; Ricerca nel Design

Abstract

The theoretical debate on design is intertwined with and fueled by the various theories and approaches that have developed since the second half of the twentieth century in the economic and industrial fields, among which the concept of the Circular Economy has emerged. In a linear economy, what is normally considered waste or by-product becomes a resource whose

value is to be retained. In the domain of design, this corresponds to a progressive broadening of perspective from the level of the individual product to the design of the complex system in which it is embedded and the adoption of new strategies, including “closing the loop.” In this sense, the agro-industrial sector represents fertile ground for sustainable, design-driven innovation, partly due to the significant amount of waste generated annually at all stages of the supply chain. The sustainable valorization of such biomass represents an alternative feedstock for the recovery of high-value substances and materials, potentially increasing the level of circularity in various application sectors characterized by high consumption of non-renewable resources, such as the textile sector. Through the critical selection and comparative analysis of three case studies, this research aims to define the changed role of design in the current scenario and the nature of interactions between the designer and other relevant actors in the transition towards circular production and consumption models, particularly exploring the theme of valorizing agro-industrial waste and by-products for applications in the textile sector.

Keywords: Circular Design; Waste and by-products valorization; Circular Economy; Textile Field; Case studies; Design research

Introduzione

Nel corso della seconda metà del Novecento, il dibattito teorico sul design per la sostenibilità si evolve attraverso un progressivo allargamento della prospettiva dal livello del singolo prodotto alle dimensioni “insular” e “systemic” (Adams et al., 2016) porta a considerare l’attributo “sostenibile” non più come una proprietà riferibile ai singoli elementi all’interno di un sistema, bensì come una proprietà dell’intero sistema e una condizione dinamica che richiede l’adozione di un pensiero organico e non lineare (system thinking) (Hjorth & Bagheri, 2006).

La transizione della disciplina del design attraverso differenti definizioni e terminologie rappresenta un progressivo ampliamento della prospettiva sulla teoria e sulla pratica del design, nonché il tentativo di interfacciarsi con la complessità che un approccio “sostenibile” al design implica (Madge, 1997). Tuttavia, secondo van Dam et al. (2019) la variegata terminologia elaborata dalla ricerca nel corso degli anni (e.g., “green design”, “ecodesign”, “design for sustainability”) presenta in molti casi concetti sovrapponibili e risulta controproducente poiché genera una frammentazione della conoscenza che porta a una dispersione dei risultati rilevanti. Viene proposto, invece, di collegare questi filoni di ricerca simili affinché la disciplina del design possa

consolidare la conoscenza e produrre avanzamenti rispetto alla sostenibilità e alla circolarità.

I concetti di system thinking e di circolarità sono mutuati dalle teorie sviluppatesi in ambito economico e industriale ed entrambi sono ben radicati nei sistemi economici già da diversi decenni, traendo a loro volta ispirazione da idee sul metabolismo umano e agricolo risalenti al XVIII secolo (Reike et al., 2017). Tuttavia, acquistano popolarità in tempi più recenti grazie all’affermazione su vasta scala del concetto di Economia Circolare (Ekins et al., 2019). Oggi, una delle definizioni maggiormente accettate di Economia Circolare è quella sviluppata dalla Ellen MacArthur Foundation:

«A circular economy is an industrial system that is restorative or regenerative by intention and design. [...] It replaces the ‘end-of-life’ concept with restoration, shifts towards the use of renewable energy, eliminates the use of toxic chemicals, which impair reuse, and aims for the elimination of waste through the superior design of materials, products, systems, and, within this, business models» (Ellen MacArthur Foundation, 2013)

L’Economia Circolare si pone come modello alternativo al paradigma dominante “take-make-dispose”, attraverso l’adozione di

cinque fondamentali principi: (1) Design out waste; (2) Build resilience through diversity; (3) Rely on energy from renewable sources; (4) Think in systems; (5) Waste is food (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Ekins et al. (2019) individuano i tre principali scopi della transizione verso un'economia circolare nel rallentamento del processo di esaurimento delle risorse naturali, nella riduzione dei danni ambientali causati dall'estrazione e la trasformazione dei materiali vergini e nella riduzione dell'inquinamento legato alla trasformazione, all'uso e alla dismissione dei materiali. Ciò è possibile attraverso l'adozione di nuovi modelli di business inseriti in una prospettiva sistemica sull'utilizzo delle risorse, al fine di rendere più efficiente l'utilizzo, incrementarne il valore complessivo ed estenderne il ciclo vita.

Nel dibattito teorico sul design, alcuni ricercatori si sono interrogati sul mutato ruolo del design nel contesto contemporaneo e hanno proposto di adottare il termine "Circular Design" per indicare un'area del design per la sostenibilità i cui obiettivi si intrecciano con quelli dell'Economia Circolare (e.g., Moreno et al., 2016; Medkova & Fifield, 2016; van Dam et al., 2019). Sebbene il Circular Design si basi su approcci consolidati, Asif et al. (2021) suggeriscono che esso differisca dalle pratiche del design per la sostenibilità e dall'ecodesign, che muovono perlopiù da una prospettiva di economia lineare. Secondo den Hollander et al. (2017), il ruolo del (circular) designer è quello di facilitare la transizione da un'economia lineare a un'economia circolare e prendere decisioni finalizzate a prevenire e invertire l'obsolescenza dei prodotti.

L'analisi della letteratura sul tema evidenzia un tentativo da parte della ricerca di sistematizzare principi, linee guida e strategie per il design circolare delle soluzioni che si inseriscono nel contesto dell'economia circolare. Diversi studi hanno cercato di sintetizzare il contributo del design alla transizione verso l'economia circolare attraverso un'identificazione

sistematica degli approcci di "Design for X" (DfX) (Aguiar et al., 2021; Sassanelli, 2019; den Hollander et al., 2017; Moreno et al., 2016; De los Rios e Charnley, 2016). Le varie strategie identificate in letteratura possono essere ricondotte a quattro fondamentali approcci dell'innovazione circolare: narrow, slow, close, regenerate (Konietzko et al., 2019). "Narrow" si riferisce alla riduzione dell'uso di risorse, sia in termini di materiali che di energia impiegati durante l'intero ciclo di vita dei prodotti; "slow" si riferisce all'obiettivo di prolungare il ciclo vita di prodotti, componenti e materiali; "close" significa mantenere il valore di ciò che normalmente è considerato rifiuto o sottoprodotto in un'economia lineare. "Regenerate" si riferisce alla minimizzazione dell'uso di sostanze tossiche e all'aumento dell'uso di materiali ed energia rinnovabili in un'economia circolare. A queste quattro strategie, Konietzko et al. (2019) hanno aggiunto la strategia "inform", per sottolineare l'importanza delle nuove tecnologie nel supportare l'economia circolare. Ciascuna delle quattro strategie può essere applicata attraverso tre dimensioni e scale di intervento (prodotto, business, ecosistema) (Konietzko et al., 2019).

Una tassonomia esaustiva che indaga la transizione dal design orientato alla sostenibilità (approcci DfX) al Circular Design, sintetizzando le strategie esistenti in nuove categorie, è fornita da Moreno et al. (2016). Basandosi sulla precedente tassonomia di De los Rios e Charnley (2016), le autrici mappano le strategie di design che supportano l'economia circolare. Queste sono articolate in: (a) design for resource conservation; (b) design for slowing resource loops; e (c) whole systems design, che a loro volta includono cinque strategie del design circolare: (a1) design for circular supplies; (a2) design for resource conservation; (b1) design for long life use of products; (b2) design for multiple cycles; and (c1) design for systems change.

Nel dominio del design, la strategia della "chiusura del ciclo" equivale a trattenere il valore di ciò che in un'economia lineare è normalmente considerato scarto o

sottoprodotto. Bocken et al. (2016) individua due strategie per farlo: la prima, solitamente a livello di prodotto, è “estendere il valore della risorsa”, ovvero raccogliere i materiali e le risorse scartate per trasformarle in nuove forme di valore, potenzialmente più appetibili per l’utente, riducendo al contempo i costi dei materiali e del prodotto finale; la seconda, a livello ecosistemico, è una soluzione process-oriented, che si basa sul trasformare gli output di un processo in feedstock per un altro processo o linea produttiva (industrial symbiosis).

Grandi volumi di rifiuti possono essere generati nei diversi livelli della catena del valore, dalla fase di estrazione delle risorse, alla fase di produzione (scarti di produzione) alla fase di consumo (rifiuti post-consumo). I percorsi di recupero delle risorse variano in base alla fase del ciclo vita in cui c’è necessità di recuperare il valore delle risorse e in base al tipo di scarto (Singh & Ordoñez, 2015). In generale materiali e prodotti possono essere recuperati per servire lo stesso scopo o nuove funzioni, all’interno della stessa value chain, in value chain differenti oppure per l’attivazione di value chain completamente nuove e/o innovative.

Sebbene in letteratura siano rintracciabili numerosi casi studio pratici di valorizzazione di scarti e sottoprodotti per la progettazione di prodotti e processi innovativi nei più disparati ambiti applicativi, mancano dei veri e propri riferimenti metodologici che possano guidare l’attività progettuale (Karana et al., 2013). A tal proposito, si rende necessaria la creazione di un collegamento tra ricerca accademica e pratica per l’attivazione di nuove sinergie nel contesto dell’economia circolare.

Nell’approccio del Design Sistemico la valorizzazione di scarti e sottoprodotti costituisce un tema fondamentale e viene affrontato attraverso una rinnovata attenzione alla dimensione locale. Gli output dei processi produttivi vengono sollevati dal loro status di rifiuti e considerati risorse per l’attivazione di nuovi processi produttivi e sistemi industriali che generano sviluppo economico e territoriale. In tale contesto, il

nuovo ruolo assunto dal designer è quello di delineare e programmare il flusso di materia che scorre da un sistema ad un altro in una metabolizzazione continua, organizzare ed ottimizzare tutte le parti all’interno di un ecosistema in modo che evolvano coerentemente le une con le altre, accompagnare e gestire, in tutte le fasi di sviluppo del progetto, il dialogo vicendevole tra i vari attori su questo nuovo terreno culturale (Bistagnino, 2011).

La metodologia del design sistemico parte da una “diagnosi olistica” (Holistic Diagnosis), caratterizzata da una fase di ricerca in letteratura e sul campo al fine di definire e mappare tutti i componenti che definiscono lo scenario, considerando sia il contesto circostante che il flusso di energia e materia che caratterizza il sistema. Attraverso questa raccolta di dati complessi, è possibile sottolineare le criticità e le potenzialità e raccogliere linee guida per la definizione di nuovi sistemi. Il progetto sistemico è basato sullo sviluppo di un sistema in cui sono progettate le relazioni tra processi e attori, i flussi di materia ed energia ottimizzati e gli output valorizzati come risorse (Battistoni et al., 2019). Il risultato è un sistema autopoietico, in grado di auto-organizzarsi e di ridefinirsi continuamente in base alle relazioni (l’organizzazione del sistema) che esistono tra gli elementi che li compongono (la struttura del sistema) e in base alle reciprocità che regolano il rapporto con l’ambiente circostante (Bistagnino, 2011).

Uno degli ambiti maggiormente esplorati dal Design Sistemico è il settore agroindustriale, che si presta particolarmente a questo tipo di approccio e che possiede grande potenziale nel contesto dell’Economia Circolare, anche per via della grande quantità di scarti prodotti dalla filiera (Fiore et al., 2020). Secondo i dati Eurostat, infatti, nel 2016 complessivamente gli sprechi agroalimentari prodotti nell’Unione Europea (UE28) ammontavano a 400 milioni di tonnellate, di cui la categoria più rilevante (circa il 22%) era rappresentata dagli scarti organici di origine animale e vegetale, pari a circa 87 milioni di tonnellate. Di questi

ultimi, la fase di produzione agricola è responsabile del 20% (17 milioni di tonnellate); la trasformazione industriale del 28% (24 milioni di tonnellate); la fase di consumo del 38% (33 milioni di tonnellate); i servizi rappresentano il restante 14%, con circa 13 milioni di tonnellate (Intesa San Paolo, 2016).

A tal proposito, è stato messo in luce il potenziale di valorizzazione delle biomasse (termine generale applicabile a tutti materiali di derivazione vegetale e animale) ottenute da rifiuti alimentari non edibili e rifiuti agricoli, come feedstock alternativo alle risorse non rinnovabili e potenziale risorsa per il recupero di sostanze e materiali ad alto valore. Possibili usi delle biomasse plant-based includono applicazioni tradizionali, come mangime per il bestiame e fertilizzanti, e altri usi, come la progettazione e produzione di innovativi prodotti bio-based (Sherwood, 2020). Ciò può contribuire all'instaurazione di una "bioeconomia circolare", che si basa sulla valorizzazione sostenibile ed efficiente delle biomasse in catene di produzione integrate e multi-output (ad esempio bioraffinerie), utilizzando anche residui e rifiuti e ottimizzando il valore della biomassa nel tempo tramite processi a cascata (Stegmann & Junginger, 2020).

All'interno di tale contesto, il presente studio si propone l'obiettivo di esplorare il ruolo e il contributo del design nell'attivazione dei processi di valorizzazione sostenibile di scarti e sottoprodotti della filiera agro-industriale, con particolare riferimento alle applicazioni nel settore tessile e attraverso l'adozione di un approccio interdisciplinare e collaborativo. Attraverso l'esplorazione di tale tematica, viene investigata l'intersezione tra il design, l'economia circolare e l'innovazione in campo tessile, e viene studiato il contributo del design nella transizione del settore verso un modello di produzione e consumo circolare, rispondendo ai seguenti obiettivi specifici: a) Inquadrare il panorama dell'innovazione sostenibile in campo tessile in riferimento allo specifico ambito della valorizzazione di scarti e sottoprodotti agro-industriali,

effettuando una mappatura delle principali aree di innovazione; b) Esplorare il contributo del design e le nuove competenze richieste alla figura del designer nel perseguimento delle strategie per la circolarità attraverso la selezione e l'analisi di casi studio applicativi; c) Esplorare il ruolo dell'interdisciplinarietà e la collaborazione tra ricerca di design, accademica e industriale sulla base dei casi studio selezionati.

Circularità del settore tessile

La potenziale valorizzazione delle biomasse ottenute da scarti e sottoprodotti agro-industriali rappresenta un feedstock alternativo e una potenziale fonte per il recupero di sostanze ad alto valore e materiali che possono essere applicati in altri settori. Al di là delle applicazioni tradizionali sintetizzate nelle "5F" (Koopmans & Koppejan, 1997), possibili usi includono il design e la produzione di materiali, prodotti e soluzioni innovativi attraverso un approccio di valorizzazione a cascata in grado di ottimizzare il valore della biomassa nel tempo, definendo scenari di utilizzo in altri settori produttivi caratterizzati da un elevato consumo di risorse non rinnovabili, come quello tessile, potenzialmente dal valore più elevato.

L'industria tessile globale è responsabile di un grave impatto ambientale lungo tutta la catena del valore, con ingenti emissioni di gas serra, un significativo consumo e inquinamento delle risorse idriche e una crescente produzione di rifiuti, con conseguenze negative sulla qualità degli ecosistemi e sulla salute umana (Quantis, 2018). Questo scenario è esacerbato dall'affermarsi di un modello di produzione e consumo caratterizzato da cicli di produzione veloci e dismissione precoce dei prodotti tessili, noto come "fast fashion". Il modello lineare del tipo "take-make-dispose" che caratterizza l'attuale industria tessile consuma notevoli quantità di risorse. Si stima che ogni anno il settore impieghi circa 98 milioni di tonnellate di risorse non rinnovabili (Ellen MacArthur Foundation, 2017) nelle diverse fasi della produzione.

A livello istituzionale, l'urgenza di trasformare in un'ottica sostenibile e circolare il settore tessile è stata recentemente affrontata attraverso la pubblicazione, nel marzo 2022, della Strategia dell'Unione Europea per i prodotti tessili sostenibili e circolari. Quest'ultima traccia un quadro comune per il settore tessile, mettendo a sistema normative già in atto con nuove iniziative e proposte di legge, con l'obiettivo di consolidare, entro il 2030, un ecosistema tessile circolare in cui l'incenerimento e il conferimento in discarica siano ridotti al minimo (Commissione Europea, 2022). Tra le azioni chiave annunciate vi è l'introduzione di requisiti obbligatori per la progettazione ecocompatibile in ambito tessile e calzaturiero, che avverrà entro il 2024 attraverso la normativa nota come Ecodesign for Sustainable Products Regulation con l'obiettivo di garantire che i prodotti tessili siano idonei alla circolarità, assicurando l'utilizzo di materie prime secondarie e limitando la presenza di sostanze chimiche pericolose (Commissione Europea, 2022). L'adozione dell'Ecodesign for Sustainable Products Regulation testimonia non solo il valore attribuito al processo di progettazione nel conseguimento della circolarità, ma anche il consolidamento di un approccio di prevenzione dell'impatto ambientale e degli scarti già a monte della supply chain, come opzione preferibile rispetto a un intervento a valle della catena orientato all'incremento della riciclabilità dei rifiuti tessili.

Nell'ottica di perseguire un'economia circolare e un approccio realmente sostenibile, il primo obiettivo da conseguire dovrebbe essere quello di ridurre quanto più possibile l'introduzione nella value chain di materie prime vergini. Ciò è possibile, in primo luogo, attraverso la massimizzazione dell'utilizzo dei tessili e l'estensione, per quanto possibile, della vita del materiale o del prodotto attraverso la riparazione o il riuso. In secondo luogo, ciò può avvenire rimpiazzando le risorse non rinnovabili con feedstock da materiali riciclati, rimettendo in circolo i materiali già disponibili senza intaccare nuove risorse, nel caso in cui questo possa essere fatto attraverso

processi ecosostenibili (Ellen MacArthur Foundation, 2017). Tuttavia, adottare questa strategia attualmente non è sufficiente per sopperire alla necessità di materiali vergini. Laddove non fossero disponibili materiali da feedstock riciclati, la scelta dovrebbe cadere su materiali ottenuti da feedstock rinnovabili prodotti secondo un'ottica circolare e rigenerativa. Inoltre, la transizione a processi di produzione che necessitino di minori input in termini di risorse, che siano efficienti dal punto di vista energetico e che si basino sulle energie rinnovabili e generino meno scarti può ulteriormente contribuire a ridurre il bisogno di input non rinnovabili (Laudes Foundation, 2021).

In tal senso, il recupero degli scarti agroindustriali come materie prime secondarie e nuovi input in grado di inserirsi nella filiera tessile rappresenta un'opportunità non ancora del tutto esplorata, a cui il design può contribuire in maniera sostanziale attraverso i suoi approcci, strumenti e visioni.

Questo approccio di "cross-fertilization" rappresenta una risposta alle sfide della modernità e alla necessità di innovazione, che vede il numero di settori coinvolti in costante crescita e le competenze richieste sempre più specializzate (Cappellieri, 2006). Conti (2012) definisce la cross-fertilization un fenomeno di interdisciplinarietà che riguarda la relazione e contiguità tra diverse aree del sapere umano e che interessa i confini e le zone di ricerca che si creano tra un'area disciplinare e un'altra. È proprio in questi "territori di confine" che si attivano dinamiche di trasferimento di conoscenza tra settori, facilitando la nascita di significativi processi di innovazione trasversale (Conti, 2012).

Nell'ambito del settore tessile, l'ultimo decennio ha visto lo sviluppo di numerosi materiali, prodotti e soluzioni basati sulla valorizzazione sostenibile di scarti e sottoprodotti agroindustriali. L'attuale panorama dell'innovazione è in rapida e continua evoluzione e fa leva su un'azione concertata di designer, ricerca accademica e industria (Laudes Foundation, 2021). In fig. 1 viene fornita una mappatura dello

stato dell'arte e illustrate le principali aree di innovazione sostenibile basate sulla valorizzazione di scarti e sottoprodotti agroindustriali, riconducibili alle seguenti tematiche:

- **Processi:** quest'area di innovazione include lo sviluppo di processi produttivi più efficienti dal punto di vista energetico e del consumo di risorse e con un minor impatto sugli ecosistemi. Include, inoltre, la messa a punto di tecnologie avanzate per il riciclaggio dei tessuti e la gestione dei rifiuti. Nell'ambito della valorizzazione dei rifiuti, in letteratura sono presenti svariati esempi di impiego di scarti e sottoprodotti agricoli per il trattamento delle acque reflue dei processi tessili, in particolare come adsorbenti per la rimozione dei residui di tintura dalle acque (e.g., Amalina et al., 2022; Al-Gheethi et al., 2022; Gül & Bayazit, 2020).
- **Materiali tessili:** per mitigare la domanda di materie prime vergini, il ricorso a fonti alternative e rinnovabili per la produzione di materiali come fibre, filati e tessuti rappresenta una valida strategia. Numerose soluzioni già disponibili sul mercato si basano sulla valorizzazione degli output agroindustriali come feedstock per l'ottenimento di fibre naturali, artificiali e sintetiche.
- **Prodotti per il trattamento dei tessuti:** include lo sviluppo di alternative maggiormente sostenibili ai prodotti per il pretrattamento, la tintura e il finissaggio dei tessuti, con l'obiettivo primario di ridurre o eliminare l'utilizzo di sostanze chimiche potenzialmente dannose per l'uomo e l'ambiente. Esempi di prodotti "bio-based" sono rappresentati da tinture naturali, biomordenti o prodotti per il conferimento di proprietà funzionali (e.g., idrorepellenza, antimacchia).

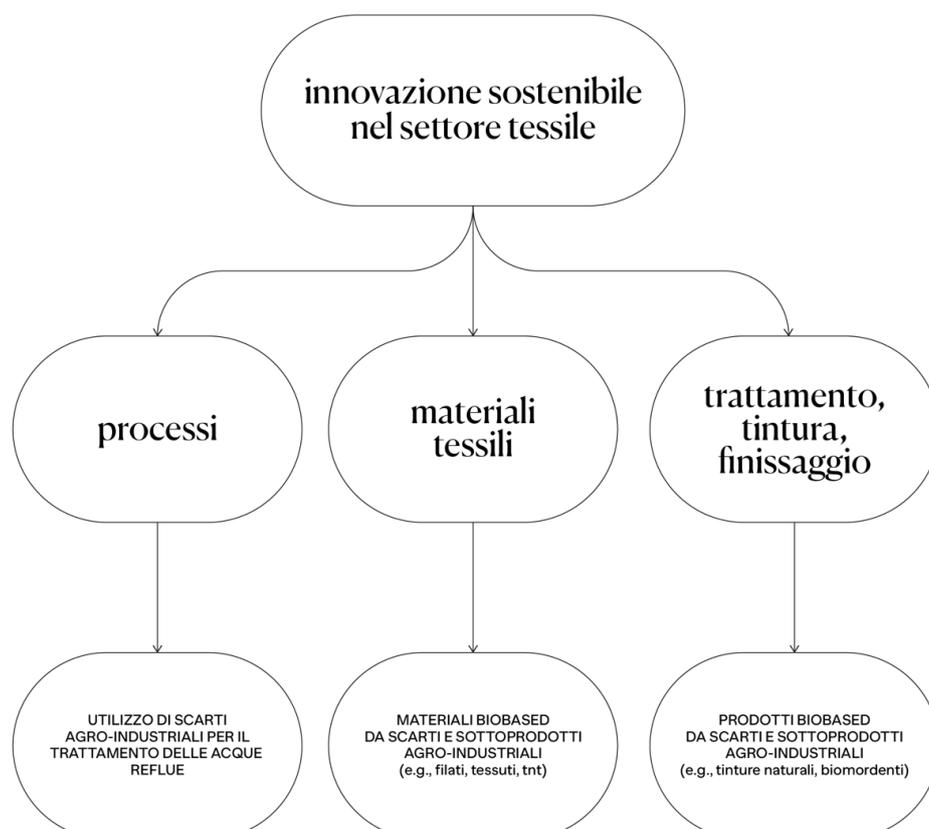


Figura 1. Innovazione sostenibile nel settore tessile attraverso la valorizzazione di scarti e sottoprodotti agro-industriali. Fonte: Elaborazione dell'autrice, 2024

Metodologia

All'interno del panorama dell'innovazione sostenibile tracciato, e con l'obiettivo di esplorare il ruolo e il contributo del design nell'attivazione dei processi di valorizzazione sostenibile di scarti e sottoprodotti della filiera agro-industriale, gestendo e indirizzando i flussi di risorse verso il settore tessile, l'utilizzo di casi studio è stato ritenuto utile a delineare considerazioni generali circa il contesto preso in esame (Eisenhardt, 1989). La selezione dei casi è stata condotta distinguendo due diversi contesti per la revisione della letteratura, ovvero un contesto accademico e uno pratico (Romani et al., 2021). Nel primo caso sono stati considerati database accademici, contributi in rivista e in volume; nel secondo caso, la ricerca è stata condotta tramite l'analisi di siti web e blog di design, includendo casi studio di successo implementati dall'industria.

La scelta dei criteri per la selezione dei casi studio è stata effettuata sulla base del framework teorico precedentemente delineato, includendo solo esempi di innovazione che mettessero a sistema il design, la valorizzazione di scarti agroindustriali e il settore tessile ed escludendo la valorizzazione di altri tipi di scarti (e.g., scarti tessili pre- o post-consumo). Sono stati presi in considerazione solo casi studio in cui la figura del designer fosse coinvolta nello sviluppo del progetto o della soluzione. Inoltre, al fine di presentare gli sviluppi più recenti dell'innovazione sostenibile in questa specifica area di ricerca, la selezione è stata limitata ai casi studio compresi fra il 2014 e il 2024.

In base a questi criteri, sono stati selezionati e approfonditi tre casi di valorizzazione ritenuti esemplificativi di tre approcci distinti: uno derivato dalla ricerca

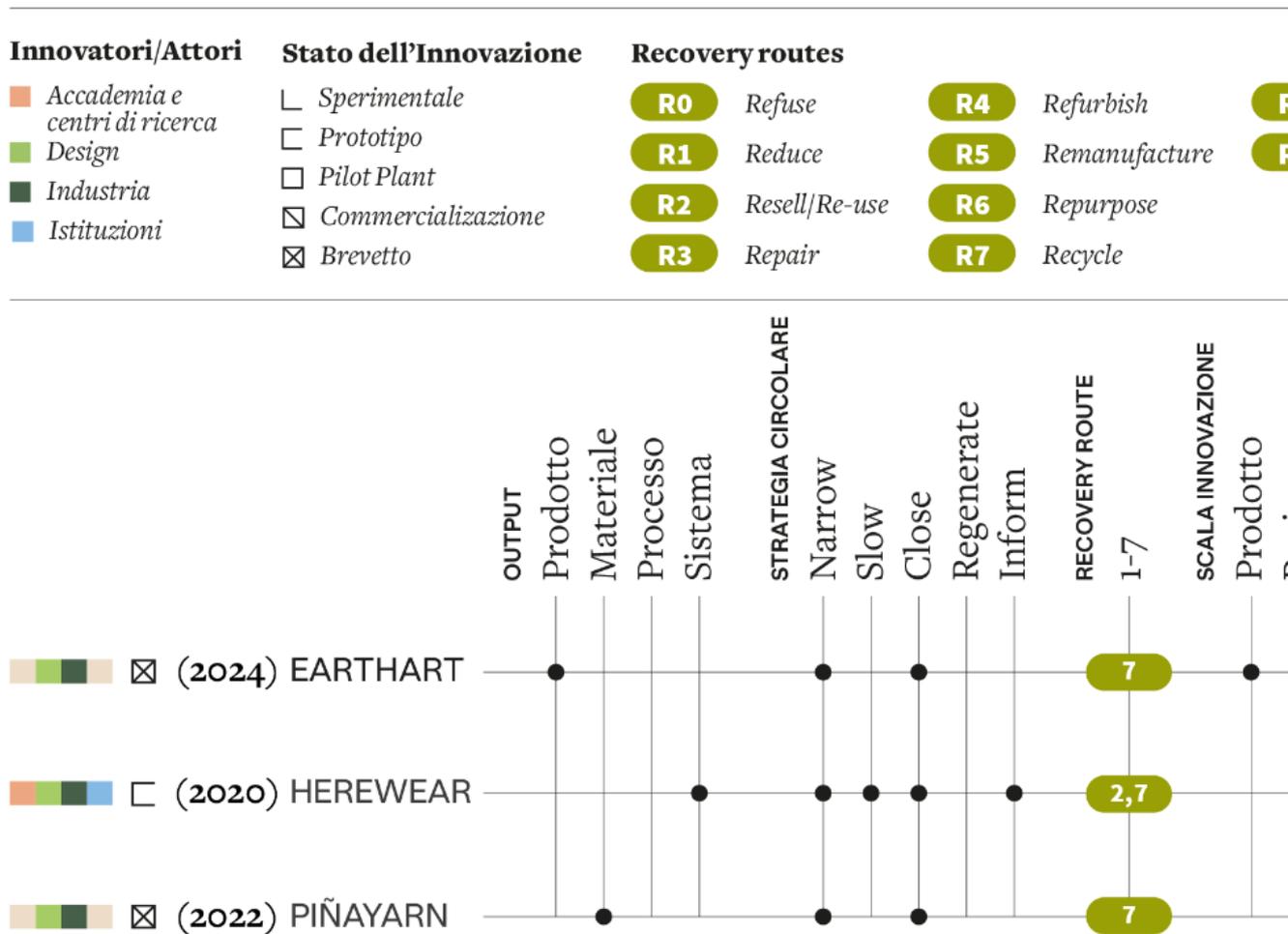


Figura 2. Innovazione sostenibile nel settore tessile attraverso la valorizzazione di scarti e sottoprodotti agro-industriali. Fonte: Elaborazione dell'autrice, 2024

industriale (EarthArt), uno proveniente dalla collaborazione fra centri di ricerca e ricerca accademica (Herewear) e uno prodotto dall'iniziativa imprenditoriale di una designer (Piñayarn).

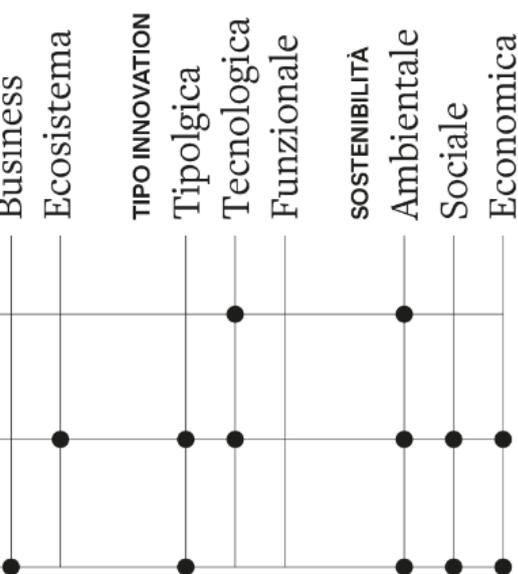
I tre casi studio sono stati dapprima inquadrati schematicamente, con indicazione dei principali stakeholders coinvolti - designer, centri di ricerca e accademia, aziende o cluster industriali, istituzioni. La natura dell'innovazione è stata studiata e collocata nelle tre tipologie "tecnologica", "tipologica" o "funzionale". Inoltre, è stato identificato lo stato dell'innovazione, indicando se il progetto si trova in fase sperimentale, di prototipo, pilota, di commercializzazione o se include una soluzione brevettata. Viene, inoltre, preso in esame l'aspetto della sostenibilità, declinata nelle tre dimensioni ambientale, sociale ed economica. L'analisi dell'output descrive il tipo di output ottenuto.

L'imperativo del tipo "R" adottato viene, inoltre, indicato adottando la gerarchia di gestione dei rifiuti suggerita da Reike et al. (2017).

Successivamente, i tre casi studio sono stati approfonditi mediante il metodo suggerito da De los Rios & Charnley (2016) e basato sul Multilevel Design Model (MDM) proposto da Joore and Brezet (2015). Tale modello è stato sviluppato come strumento di analisi del sistema-innovazione utile a determinare potenziali contributi del design sia per quanto riguarda i risultati tangibili che intangibili (De los Rios & Charnley, 2016). L'analisi viene condotta considerando le seguenti quattro dimensioni: "reflection" descrive le caratteristiche del contesto iniziale in cui è inserito il caso studio; "analysis" descrive gli obiettivi e i requisiti che supportano la transizione verso un modello circolare; "synthesis" elenca e descrive le soluzioni sviluppate attraverso il design; "experimentation" descrive come le soluzioni prodotte rispondono e contribuiscono all'implementazione dell'EC. Infine, per ciascun caso il ruolo del design è stato evidenziato e tradotto in abilità e competenze utilizzando le evidenze ottenute dai casi studio e incrociando i requisiti di design in ogni scenario con il framework teorico esistente rispetto alle strategie di Design for X (DfX) (De los Rios & Charnley, 2016).

R8 Recover energy

R9 Remine



Risultati: Analisi delle strategie per l'EC

La raccolta di casi studio effettuata nella presente ricerca non vuole rappresentare una raccolta sistematica ed esauriente di tutte le soluzioni sviluppate nell'ambito d'interesse considerato, ma una selezione critica di progetti di valorizzazione con applicazione tessile in cui il design ha svolto un ruolo chiave. I tre casi studio selezionati — EarthArt, Herewear e Piñayarn — sono presentati schematicamente nell'infografica in fig. 2 e successivamente analizzati secondo la metodologia precedentemente descritta [tab. 1-3].

EarthArt [fig. 3] è una famiglia di tessuti denim nata dalla partnership industriale tra Nature Coatings e Soorty Enterprises e caratterizzata dall'utilizzo di tintura bio-based ottenuta da scarti agroindustriali in luogo delle tinture sintetiche. L'impatto ambientale del denim è legato principalmente alla coltivazione intensiva di cotone tradizionale, che richiede grandi quantità di acqua, pesticidi e fertilizzanti, e al rilascio di microfibre nell'ecosistema. Infatti, nonostante il denim derivi da una fibra naturale, esso viene ampiamente trattato con sostanze chimiche quali tinture sintetiche e altri additivi utili a incrementare la durabilità e le prestazioni del tessuto, ed è pertanto definito da Athey et al. (2020) come "anthropogenically modified cellulose". In risposta a queste sfide, Soorty Enterprises si dedica alla produzione del denim con un forte orientamento all'innovazione sostenibile, anche attraverso

frequenti collaborazioni con altre realtà produttive e centri di ricerca, in un'ottica di riduzione dell'impatto ambientale dei processi produttivi attraverso l'integrazione dei principi del design circolare e la sperimentazione e l'utilizzo di tecnologie all'avanguardia. Il partner del progetto, Nature Coatings, si occupa di produrre coloranti e finiture tessili bio-based ottenuti da scarti. In particolare, il colorante BioBlack TX si basa sulla trasformazione di scarti di legno provenienti da foreste certificate Forest Steward Council (FSC) in pigmenti neri bio-based, con elevata solidità del colore e competitivi in termini di costo rispetto alle alternative sintetiche basate su risorse non rinnovabili. Inoltre, secondo la carbon footprint analysis condotta da Accend, BioBlack TX ha un'impronta di carbonio inferiore dell'85% rispetto alle alternative derivate dal petrolio (Nature Coatings, n.d.).



Figura 3. Denim EarthArt con tintura BioBlack TX. Source: Nature Coatings [@naturecoatings]. (2024, Gennaio 10). <https://www.instagram.com/p/C16kyHrofhu/?igsh=MTJhbDRyODlhY3A1MA=>

Table 1. System analysis of EarthArt. Fonte: Elaborazione dell'autrice, 2024

	REFLECTION Stato iniziale	ANALYSIS Requisiti e obiettivi	SYNTHESIS Sviluppo delle soluzioni	EXPERIMENTATION Implementazione dell'Economia Circolare
SOCIETAL SYSTEM Contextual Landscape	Il denim consuma il 35% della produzione mondiale di cotone, legato all'utilizzo di pesticidi, fertilizzanti ed elevato consumo d'acqua. L'utilizzo di tinture sintetiche contribuisce al grave impatto	Necessità di attivare una nuova filiera per il denim eliminando l'uso di coloranti sintetici e sostanze chimiche dannose per l'uomo e per l'ambiente	Collaborazione industriale per lo sviluppo di denim caratterizzati da tintura/finitura ottenute dalla valorizzazione di scarti agroindustriali	Generazione di benefici per l'ambiente e per gli attori coinvolti nella creazione di una value chain circolare
SOCIO TECHNICAL SYSTEM Innovazione sistemica e mercato	La trasformazione in chiave sostenibile del processo denim potrebbe non essere economicamente sostenibile e vantaggiosa dal punto di vista commerciale	Superamento degli ostacoli alla commercializzazione e sviluppo di un prodotto competitivo	Partnership tra diversi attori industriali per lo sviluppo collaborativo di un processo sostenibile per la produzione del denim: ottimizzazione dei costi e riduzione dei tempi di innovazione	Attivazione di un sistema circolare basato sulla riorganizzazione della filiera produttiva attraverso la collaborazione degli stakeholders
PRODUCT-SERVICE SYSTEM Business and process innovation	La fase di tintura e finitura rappresenta una delle fasi più impattanti in termini di consumo e inquinamento di acqua ed emissioni di gas serra	Sviluppo di un processo maggiormente sostenibile per la produzione del denim	Processo produttivo e di tintura con meno impatto in termini di acqua, energia e sostanze chimiche utilizzate. Possibilità di adattare BioBlack TX alla tecnica "warp dyeing", usata per l'indaco	Integrazione di feedstock bio-based nel processo produttivo del denim attraverso un approccio collaborativo con altri attori
PRODUCT-TECHNOLOGY Product innovation	Le fibre di denim non biodegradabili a causa dei coloranti e dei trattamenti effettuati	Sviluppo di un tessuto denim maggiormente sostenibile e privo di sostanze chimiche dannose	Sviluppo di una famiglia di denim con filati certificati e ottenuta con processo a basso impatto e l'utilizzo di tintura BioBlack TX, ottenuta da scarti legno da foreste certificate FSC, priva di PAH cancerogeni e con carbon footprint negativa	Utilizzo di scarti agroindustriali in un'ottica circolare per la trasformazione in chiave sostenibile del prodotto denim

Herewear mira alla creazione di un ecosistema a livello europeo per la produzione di tessuti circolari a partire da risorse bio-based. Il progetto di ricerca, avviato nel 2020, è stato finanziato dal programma europeo Horizon 2020 ed è portato avanti da un consorzio di attori comprendente centri di ricerca, università, aziende e realtà produttive.

Il progetto si fonda su tre pilastri: l'integrazione dei principi circolari nella catena produttiva tessile, l'utilizzo di fonti bio-based per la produzione di materiali tessili e il perseguimento della circolarità attraverso la valorizzazione della dimensione locale. Il contributo di Herewear copre l'intera filiera tessile [fig. 4] dalla produzione di filati a partire da scarti agro-industriali di diversa natura (biomasse agricole, algali e forestali) alla produzione del tessuto fino ad arrivare allo sviluppo di prototipi di capi di abbigliamento. Il processo

prevede lo sviluppo e la sperimentazione di tecnologie emergenti per la filatura a umido e per l'estrusione di cellulosa da flussi di rifiuti e poliesteri biocompatibili su scala semi-industriale. Inoltre, la produzione di filati e tessuti include lo sviluppo di tinture, finiture e tecniche di stampa bio-based. La fase di utilizzo e di dismissione sono investigate attraverso l'individuazione di soluzioni innovative nel campo della riparazione, del riuso e del riciclo. Il progetto prevede lo sviluppo di strumenti digitali e software rivolti a designer e aziende per favorire l'integrazione dei principi del design circolare nel processo produttivo. Il concetto di località è promosso come strumento per l'attivazione di un sistema circolare "open loop" e viene sviluppato attraverso la costruzione di una rete di attori locali fondata sulla capacità di costruire processi innovativi e progetti di sviluppo per il territorio (Herewear, n.d.).

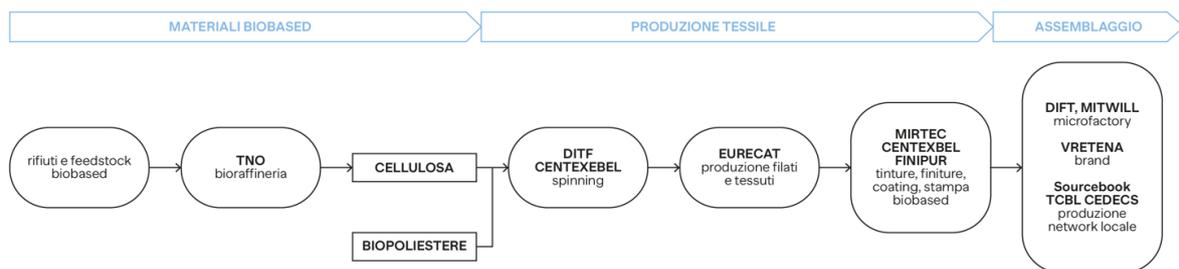


Figura 4. Rappresentazione della value chain proposta dal progetto Herewear.

Source: adattato da Herewear, (2020) <https://herewear.eu/>

Table 2. System analysis of Herewear. Fonte: Elaborazione dell'autrice, 2024

	REFLECTION Stato iniziale	ANALYSIS Requisiti e obiettivi	SYNTHESIS Sviluppo delle soluzioni	EXPERIMENTATION Implementazione dell'Economia Circolare
SOCIETAL SYSTEM Contextual Landscape	Frammentazione della catena del valore tessile come ostacolo alla circolarità	Riorganizzazione dell'intero ecosistema produttivo secondo i principi circolari	Utilizzo di un approccio sistemico per la creazione di sistemi locali "open loop" attraverso collaborazione fra stakeholders	Applicazione pratica dei principi circolari; promozione dello sviluppo territoriale con benefici per tutti gli attori
SOCIO TECHNICAL SYSTEM Innovazione sistemica e mercato	Barriere economiche e tecnologiche allo sviluppo di soluzioni commercializzabili	Sviluppo e immissione sul mercato di soluzioni sostenibili attraverso collaborazione tra diversi attori e interdisciplinarietà	Sviluppo network locali, realtà produttive collaborano per l'approvvigionamento di materie prime, l'ottimizzazione dei costi e la riduzione dei tempi di innovazione	Attivazione di un sistema circolare basato sulla riorganizzazione delle filiere produttive; importanza collaborazione stakeholders per la produzione di innovazione sostenibile
PRODUCT-SERVICE SYSTEM Business and process innovation	Ostacoli tecnologici all'integrazione degli scarti nella catena tessile o adattare tecnologie esistenti	Sviluppo di tecnologie per l'integrazione degli scarti nella catena tessile o adattamento tecnologie esistenti	Sperimentazione di nuovi processi produttivi basati su fonti bio-based e collaborazione con altri attori; sviluppo strumenti per designer e aziende per favorire l'integrazione di principi circolari nel processo	Promozione della collaborazione con altre realtà produttive e stakeholders in ottica sistemica. Importanza del design per l'applicazione dei principi circolari
PRODUCT-TECHNOLOGY Product innovation	Significativo consumo di risorse non rinnovabili e linearità della catena tessile	Sviluppo di materiali innovativi bio-based e circolari per una riduzione del carico ambientale	Intercettazione di flussi di scarto a livello locale e sviluppo di filati, tessuti e capi bio-based	Applicazione dei principi circolari all'intero ciclo vita del prodotto, incluso il fine vita

Piñayarn [fig. 5] è un filato prodotto dall'azienda Ananas Anam, fondata dalla designer tessile Carmen Hijosa. Il materiale è ottenuto dal recupero delle foglie di ananas, che rappresentano uno scarto della raccolta dell'ananas (*Ananas comosus*). Il processo di valorizzazione avviene nelle Filippine, contesto in cui la coltivazione dell'ananas riveste un'importanza fondamentale, generando ulteriori fonti di reddito per gli agricoltori e creando opportunità di lavoro nelle comunità rurali (Ananas-anam, 2024). Inoltre, il riutilizzo dei residui previene la scorretta gestione degli scarti, come la combustione delle foglie, pratica largamente utilizzata nel Sud Est asiatico (Laudes Foundation, 2021). Si stima che la produzione di Piñayarn consenta di evitare il rilascio di circa 6 kg di CO₂ per

ogni kg di filato prodotto (Ananas-anam, n.d.). Il processo di produzione della fibra non include l'utilizzo di sostanze chimiche e utilizza un pretrattamento enzimatico. Il restante processo è di tipo meccanico. La tecnologia dry-spinning utilizzata per ottenere il filato non richiede l'utilizzo di acqua e di sostanze chimiche. Il materiale risultante è definito "100% bio-based, biodegradabile e compostabile" e presenta buone caratteristiche meccaniche e prestazionali, con elevata resistenza a trazione, alta assorbenza e tingibilità. L'utilizzo del materiale in blend con altre fibre consente un ulteriore incremento delle performance. La tracciabilità del materiale è, inoltre, garantita attraverso un certificato di origine (Ananas-anam, n.d.).



Figura 5. Campione di tessuto in Piñayarn. Source: Piñayarn [@pinayarn]. (2024, Gennaio 12). <https://www.instagram.com/p/C16kyHRofhu/?igsh=MTJhbDRyODlhY3A1MA=>

Table 3. System analysis di Piñayarn. Fonte: Elaborazione dell'autrice, 2024

	REFLECTION Stato iniziale	ANALYSIS Requisiti e obiettivi	SYNTHESIS Sviluppo delle soluzioni	EXPERIMENTATION Implementazione dell'Economia Circolare
SOCIETAL SYSTEM Contextual Landscape	Impatti ambientali negativi causati da scorrette pratiche di gestione delle foglie ottenute dalla coltivazione dell'ananas nelle Filippine, considerate scarto	Individuazione di utilizzi alternativi per gli scarti della coltivazione dell'ananas, tenendo in considerazione l'ecosistema locale	Sviluppo di una nuova value chain per la produzione di un filato bio-based per applicazione tessile a partire dalle foglie residue. Attivazione di un sistema closed loop.	Gli scarti diventano input per l'attivazione di una nuova filiera. Coinvolgimento delle comunità locali nello sviluppo di un nuovo sistema closed loop, che si integra nel contesto locale culturale ed economico
SOCIO TECHNICAL SYSTEM Innovazione sistemica e mercato	Lo sviluppo di materiali a partire da scarti spesso richiede elevati investimenti e tempi di innovazione lunghi	Superamento degli ostacoli alla commercializzazione e ottimizzazione dei costi attraverso la creazione di un sistema di partnership	Sviluppo di partnership con agricoltori e produttori locali nelle Filippine e di un sistema sostenibile dal punto di vista ambientale ed economico con benefici per tutti gli attori	Esempio di attivazione di un sistema circolare basato sulle specificità del contesto locale, riproducibile e adattabile in altri contesti
PRODUCT-SERVICE SYSTEM Business and process innovation	La maggior parte dei materiali bio-based ottenuti da scarti presentano basse performance	Sviluppo di un materiale bio-based e circolare attraverso un processo a basso impatto ambientale, che abbia performance adeguate all'industria tessile	Processo efficiente con minori emissioni di CO2 rispetto ai filati tradizionali e "zero water technology" per il processo di filatura. Si adatta ai macchinari industriali per maglieria e tessitura. Utilizzo di blend per miglioramento performance.	Materiale competitivo dal punto di vista ambientale ed economico rispetto alle alternative meno sostenibili
PRODUCT-TECHNOLOGY Product innovation	Mercato dominato da materiali petroleum-based. Elevato utilizzo di risorse non rinnovabili e problema delle microplastiche	Sviluppo di materiali innovativi bio-based e circolari per una riduzione del carico ambientale	Sviluppo di un materiale bio-based con un approccio material-first. Biodegradabile e compostabile. Elevata resistenza a trazione, alta assorbenza e tingibilità. Prestazioni adatte a differenti applicazioni (footwear, apparel, accessori)	Promozione di un utilizzo efficiente delle risorse e del paradigma "da scarto a risorsa". Progettazione del fine vita del materiale in un'ottica circolare

Al fine di estendere i risultati al panorama generale dell'Economia Circolare, in tab. 4 sono stati confrontati i risultati dei tre casi studio presi in considerazione attraverso un'analisi cross-scale, secondo la metodologia individuata in letteratura

(De Los Rios & Charnley, 2016). Il ruolo del design e le strategie per la sostenibilità del tipo "DfX" sono stati definiti in base al framework teorico riscontrato in letteratura (De Los Rios & Charnley, 2016; Go et al., 2015; Holt & Barnes, 2010).

Table 4. Analisi cross-scale dei risultati. Fonte: Elaborazione dell'autrice, 2024

Caso studio	Business model	Ruolo del design	Strategie DfX
EarthArt	Circular supplies	<ul style="list-style-type: none"> *Implementare le performance del materiale *Definire applicazioni e scenari di utilizzo *Facilitare l'uso e la manutenzione *Promuovere la durabilità *Comunicare la sostenibilità e generare desiderio 	<ul style="list-style-type: none"> DfSupplyChain DfQuality DfMaintenance
Herewear	Circular supplies	<ul style="list-style-type: none"> *Riorganizzare a filiera e le relazioni sistemiche tra gli attori *Integrazione dei principi circolari *Promuovere il mantenimento del valore in fase d'uso e al fine vita * Sviluppo di prototipi 	<ul style="list-style-type: none"> DfSupplyChain DfQuality DfMaintenance DfRecycling DfReuse DfRemanufacturing
Piñayarn	Circular supplies	<ul style="list-style-type: none"> * Riorganizzare la filiera e le relazioni sistemiche tra gli attori * Definire applicazioni e scenari di utilizzo * Implementare le performance del materiale * Facilitare il riciclo * Comunicare la sostenibilità e generare desiderio 	<ul style="list-style-type: none"> DfSupplyChain DfQuality DfRecycling

Conclusioni

La ricerca si propone di esplorare il mutato ruolo del design nel contesto dell'economia circolare e l'interazione con gli altri attori rilevanti nella transizione verso modelli di produzione e consumo circolari, affrontando il tema del recupero di rifiuti e sottoprodotti agro-industriali per applicazioni nel settore tessile. A tal fine è stata condotta un'analisi comparativa di tre casi studio ritenuti rappresentativi di approcci diversi e in cui il design ha avuto un ruolo rilevante nel processo di valorizzazione: EarthArt, prodotto nato in ambito industriale; Herewear, progetto finanziato da fondi europei e portato avanti da un consorzio di centri di ricerca e università; e Piñayarn, prodotto di un'azienda nata dall'iniziativa di una textile designer.

Un primo dato rilevabile riguarda lo stato di avanzamento delle soluzioni – scala pilota nel caso di Herewear e soluzioni già in commercio nei restanti casi. Ciò riflette una tendenziale disparità tra ricerca accademica e industriale nella commercializzazione e nell'ampliamento delle soluzioni, che può essere attribuita a diversi fattori, tra cui gli obiettivi diversi – scoperta di nuove conoscenze e la comprensione dei meccanismi di base della ricerca accademica e applicazione pratica e sulla generazione di profitto nel caso della ricerca industriale (Mansfield, 1995). Inoltre, la ricerca accademica fa spesso affidamento su finanziamenti o sovvenzioni pubbliche, come nel caso del progetto Herewear, e può essere limitata e vincolata da specifici requisiti di ricerca, laddove la ricerca industriale ha accesso a risorse finanziarie più consistenti. Infine, la ricerca accademica può essere caratterizzata da tempi più lunghi e da una maggiore flessibilità nei programmi di sviluppo, mentre la ricerca industriale è spesso soggetta a pressioni commerciali e obiettivi a breve termine.

Per quanto riguarda il grado di innovazione, sebbene nel caso di EarthArt e Piñayarn essa riguardi soprattutto il prodotto, in tutti e tre i casi l'applicazione di una

visione olistica e sistemica ha consentito al designer di ampliare la prospettiva e di investigare problemi e scale di progetto più ampi. Nei tre casi analizzati l'adozione di una prospettiva più ampia in cui l'attenzione non è limitata all'analisi dell'utente e della sua esperienza ma indaga l'intero contesto in cui le persone vivono e consumano, come esso si evolve, e i nuovi significati che gli utenti attribuiscono alle cose, consente di parlare di un approccio «design-driven» all'innovazione (Verganti, 2009). In tal senso, l'innovazione è il prodotto di una ricerca collettiva in cui differenti attori, quali aziende, organizzazioni culturali, designer, fornitori di tecnologia, istituzioni, enti di ricerca e formazione, sono impegnati in un continuo e reciproco dialogo (Verganti, 2009).

L'analisi dei casi studio ha messo in evidenza che il contributo del design appare significativo a più livelli e si esplicita in modi diversi, come, ad esempio, nell'implementazione delle performance dei materiali e nella comunicazione della sostenibilità. Tuttavia, nel contesto dell'Economia Circolare, esso è principalmente riconducibile alla capacità di applicare un pensiero sistemico in grado di affrontare la complessità e «tenere insieme elementi apparentemente lontani» (Lotti et al., 2020). In particolare, nei casi studio investigati, ciò è avvenuto attraverso:

- La riorganizzazione della filiera produttiva e gestione della complessità: attraverso l'adozione di un approccio sistemico, il designer può organizzare ed ottimizzare tutte le parti all'interno di un ecosistema in modo che evolvano coerentemente le une con le altre, programmare il flusso di input e output che scorre da un sistema ad un altro, gestire il dialogo vicendevole e la collaborazione tra i vari attori in tutte le fasi di sviluppo della ricerca.
- L'implementazione delle strategie di valorizzazione: attraverso il confronto con gli stakeholders e le altre figure professionali coinvolte nel processo, comprende l'implementazione delle strategie di valorizzazione, ottimizzando il valore della biomassa e utilizzando i

dati provenienti dalla caratterizzazione dei residui per individuare i settori applicativi più idonei.

- L'integrazione dei principi circolari: include la selezione e l'impostazione dei criteri per la valutazione della circolarità e l'impatto ambientale dei processi di valorizzazione e l'utilizzo di strumenti e indicatori di circolarità.

I contributi individuati attraverso l'analisi dei casi studio riflettono la necessità per il designer di sviluppare nuove competenze in linea con le cinque competenze per la sostenibilità descritte da Weik et al. (2011). Queste includono la "System-thinking competence", ovvero la capacità di analizzare collettivamente sistemi complessi attraverso diversi domini (società, ambiente, economia, ecc.) e su diverse scale (dal locale al globale) (Wiek et al., 2011; Meadows, 2008; Ellen MacArthur, 2013); la "Anticipatory Competence", ossia la capacità di prevedere come il sistema e le interazioni tra gli attori evolveranno nel tempo per garantire il soddisfacimento dei requisiti di sostenibilità e circolarità predefiniti; la "Normative Competence", legata alla capacità di selezionare e stabilire criteri per valutare la circolarità e l'impatto ambientale delle scelte progettuali e di utilizzare strumenti e indicatori di circolarità (Sumter et al., 2019); la "Strategic Competence", che riflette una prospettiva più ampia di sostenibilità connessa alle capacità di pianificazione, organizzazione e decision-making; e infine la "Interpersonal Competence", che include competenze avanzate in comunicazione, negoziazione, collaborazione, leadership, pensiero pluralistico e competenza transculturale (Wiek et al., 2011) per facilitare la collaborazione tra gli stakeholder lungo l'intera catena del valore (Bistagnino, 2011).

A tal proposito, l'analisi dei casi studio ha dimostrato la validità di un approccio interdisciplinare e collaborativo che contempli un continuo interscambio tra il design e le altre figure professionali. La cooperazione sinergica tra gli stakeholders è stata individuata come strumento fondamentale sia per lo sviluppo delle

soluzioni sostenibili sia per il loro scale-up: le istituzioni, attraverso strategie e piani di azione efficaci; l'industria, attraverso l'implementazione di modelli di produzione e di business circolari; la ricerca accademica, fornendo supporto attraverso nuove tecnologie, strumenti, metodologie e approcci; i designer, come punto di giunzione tra l'accademia e l'industria, attraverso l'integrazione dei principi del design circolare nel processo di design e lo sviluppo di sistemi closed loop. Attraverso lo sviluppo di casi di studio pratici, il design può contribuire all'implementazione dell'economia circolare intervenendo a diversi livelli della filiera.

Il contributo rappresenta un punto di partenza per indagare il ruolo del designer nei processi di valorizzazione degli scarti agro-industriali, promuovendo l'esplorazione di nuove opportunità di applicazione nel settore tessile. Tuttavia, l'analisi della letteratura ha evidenziato una carenza di riferimenti metodologici per guidare l'attività progettuale. Possibili sviluppi della ricerca includono l'elaborazione di linee guida, best practices e tools in grado di fornire al designer una roadmap per l'implementazione efficace di strategie di valorizzazione sostenibile degli scarti agro-industriali.

Inoltre, la ricerca condotta sull'analisi del panorama dell'innovazione in campo tessile, in riferimento allo specifico ambito di studio, può costituire una base per l'esplorazione di nuove aree di innovazione, includendo nuove tipologie di scarto e nuove applicazioni in contesti ambientali, socioeconomici e culturali differenti.

Infine, l'importanza della collaborazione interdisciplinare tra attori diversi – quali designer, università, centri di ricerca e industrie – nella definizione delle strategie per la valorizzazione sostenibile degli scarti agro-industriali può essere ulteriormente indagata attraverso l'esplorazione di modelli di partnership e reti di innovazione che incoraggiano lo scambio di conoscenze e risorse tra diverse discipline e settori.

Finanziamenti

Questo contributo rientra nel progetto di ricerca "Processi e Tecnologie Innovative per la Circolarità nel Settore Tessile" condotto nell'ambito del corso di Dottorato in Ambiente, Design e Innovazione dell'Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli e finanziato dai fondi del programma "V:ALERE 2020 - Vanvitelli per la Ricerca".

References

- Adams, R., Jeanrenaud, S., Bessant, J., Denyer, D., & Overy, P. (2016). Sustainability-oriented innovation: A systematic review. *International Journal of Management Reviews*, 18(2), 180 e 205. <http://dx.doi.org/10.1111/ijmr.12068>.
- Al-Gheethi, A. A., Azhar, Q. M., Kumar, P. S., Yusuf, A. A., Al-Buriah, A. K., Mohamed, R. M. S. R., & Al-Shaibani, M. M. (2022). Sustainable approaches for removing Rhodamine B dye using agricultural waste adsorbents: A review. *Chemosphere*, 287, 132080.
- Amalina, F., Abd Razak, A. S., Krishnan, S., Zularisam, A. W., & Nasrullah, M. (2022). Dyes removal from textile wastewater by agricultural waste as an absorbent—a review. *Cleaner Waste Systems*, 3, 100051.
- Ananas Anam. (n.d.). Piñayarn®. Retrieved from: <https://www.ananas-anam.com/pinayarn/> [13 February 2024]
- Aguiar, M. F., Mesa, J. A., Jugend, D., Pinheiro, M. A. P., & Fiorini, P. D. C. (2022). Circular product design: Strategies, challenges and relationships with new product development. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 33(2), 300-329.
- Asif, F. M., Roci, M., Lieder, M., Rashid, A., Mihelič, A., & Kotnik, S. (2021). A methodological approach to design products for multiple lifecycles in the context of circular manufacturing systems. *Journal of Cleaner Production*, 296, 126534.
- Athey, S. N., Adams, J. K., Erdle, L. M., Jantunen, L. M., Helm, P. A., Finkelstein, S. A., & Diamond, M. L. (2020). The widespread environmental footprint of indigo denim microfibers from blue jeans. *Environmental Science & Technology Letters*, 7(11), 840-847
- Battistoni, C., Giraldo Nohra, C., & Barbero, S. (2019). A systemic design method to approach future complex scenarios and research towards sustainability: A holistic diagnosis tool. *Sustainability*, 11(16), 4458.
- Bistagnino, L. (2011). *Systemic design: designing the productive and environmental sustainability*. Bra: Slow Food Editore
- Bocken, N. M., De Pauw, I., Bakker, C., & Van Der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of industrial and production engineering*, 33(5), 308-320.
- Cappellieri, A. (2005). Dalla faccia di Platone alla cravatta di Marinella: storie, contesti e valori di lusso. In F. Celaschi, A. Cappellieri, A. Vasile (A cura di), *Lusso versus Design* (pp. 63- 94). Milano: Franco Angeli
- Ceschin, F., & Gaziulusoy, I. (2016). Evolution of design for sustainability: From product design to design for system innovations and transitions. *Design Studies*, 47, 118-163. <http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2016.09.002>
- Commissione Europea (2022). *EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_3635
- Conti, G. M. (2012). *Cross fertilization. Un approccio al progetto*. Milano: Bruno Mondadori
- De los Rios, I. C., & Charnley, F. J. (2017). Skills and capabilities for a sustainable and circular economy: The changing role of design. *Journal of cleaner production*, 160, 109-122.
- Den Hollander, M. C., Bakker, C. A., & Hultink, E. J. (2017). Product design in a circular economy: Development of a typology of key concepts and terms. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 517-525.
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of management review*, 14(4), 532-550.

Ekins, P., Domenech, T., Drummond, P., Bleischwitz, R., Hughes, N. and Lotti, L. (2019), *The Circular Economy: What, Why, How and Where*, Background paper for an OECD/EC Workshop on 5 July 2019 within the workshop series "Managing environmental and energy transitions for regions and cities", Paris. <https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/Ekins-2019-Circular-Economy-What-Why-How-Where.pdf>

Ellen MacArthur Foundation (2013). *Towards the circular economy (Vol. 1): an economic and business rationale for an accelerated transition*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>

Ellen MacArthur Foundation (2017), *A new textiles economy: Redesigning fashion's future*. Available at: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/A-New-Textiles-Economy_FullReport_Updated_1-12-17.pdf

Fiore, E., Stabellini, B., & Tamborrini, P. (2020). A systemic design approach applied to rice and wine value chains. The case of the innovaecofood project in piedmont (Italy). *Sustainability*, 12(21), 9272.

Go, T. F., Wahab, D. A., & Hishamuddin, H. (2015). Multiple generation life-cycles for product sustainability: the way forward. *Journal of cleaner production*, 95, 16-29

Gül, Ü. D., & Bayazit, G. (2020). Evaluation of the potential of agricultural waste products for the treatment of textile dye contaminated water. *Latin American Applied Research*, 50(1), 7-11

Herewear. (n.d.). *Empowering local, circular & bio-based textiles*. Retrieved from: <https://herewear.eu/> [21 February 2024]

Hjorth, P., & Bagheri, A. (2006). Navigating towards sustainable development: A system dynamics approach. *Futures*, 38(1), 74-92.

Holt, R., & Barnes, C. (2010). *Towards an integrated approach to "Design for X": an*

agenda for decision-based DFX research. *Research in engineering design*, 21, 123-136.

Intesa Sanpaolo. (2020). *Rapporto: La bioeconomia in Europa*. Retrieved from <https://group.intesasanpaolo.com/it/research/research-in-primo-piano/ricerche-tematiche/2020/6--rapporto-la-bioeconomia-in-europa> [12 March 2024]

Joore, P., & Brezet, H. (2015). A Multilevel Design Model: the mutual relationship between product-service system development and societal change processes. *Journal of Cleaner Production*, 97, 92-105.

Karana, E., Pedgley, O., & Rognoli, V. (Eds.). (2013). *Materials experience: Fundamentals of materials and design*. Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/C2012-0-02198-9>

Konietzko, J., Bocken, N., & Hultink, E. J. (2019). Online platforms and the circular economy. In *Innovation for sustainability: Business transformations towards a better world*, Cham: Palgrave Macmillan, 435-450. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97385-2_23

Koopmans, A., & Koppejan, J. (1997). *Agricultural and forest residues-generation, utilization and availability. Regional consultation on modern applications of biomass energy*, 6, 10.

Vivek Adhia, Mishra, A., Banerjee, D., Nambi Appadurai, A., Preethan, P., Khan, Y., de Wagenaar, D., Harmsen, P., Elbersen, B., van Eupen, M., Staritsky, I., Elbersen, W., & Keijsers, E. (2021). *Spinning future threads: the potential of agricultural residues as textile fibre feedstock*. <https://edepot.wur.nl/555522>

Lotti, G., Giorgi, D., Marseglia, M., Eleonora, T. (2020). *Circular Craft. New perspectives of making* (pp. 1-213). Firenze: dida PRESS.

Mansfield, E. (1995). *Academic research underlying industrial innovations: sources, characteristics, and financing*. *The review of Economics and Statistics*, 1, 55-65.

Madge, P. (1997). *Ecological design: A new critique*. *Design Issues*, 13(2), 44 e 54.

Meadows, D. H. (2008). *Thinking in systems: A primer*. Chelsea Green Publishing.

Medkova, K., & Fifield, B. (2016). Circular design-design for circular economy. *Lahti Cleantech Annual Review*, (February), 32-47.

Moreno, M., De los Rios, C., Rowe, Z., & Charnley, F. (2016). A conceptual framework for circular design. *Sustainability*, 8(9), 937.

Nature Coatings. (n.d.). *BioBlackTX*. Retrieved from: <https://www.naturecoatingsinc.com/bioblack-tx> [28 Febbraio 2024]

Measuring Fashion: Insights from the Environmental Impact of the Global Apparel and Footwear Industries. Full Report and Methodological Considerations. Quantis. 2018. Available online: https://quantis.com/wpcontent/uploads/2019/11/measuringfashion_globalimpactstudy_quantis_2018.pdf

Reike, D., Vermeulen, W. J., & Witjes, S. (2018). The circular economy: new or refurbished as CE 3.0?-exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. *Resources, conservation and recycling*, 135, 246-264.

Romani, A., Rognoli, V., & Levi, M. (2021). Design, materials, and extrusion-based additive manufacturing in circular economy contexts: from waste to new products. *Sustainability*, 13(13), 7269.

Sassanelli, C., Urbinati, A., Rosa, P., Chiaroni, D. and Terzi, S. (2020). Addressing circular economy through design for X approaches: a systematic literature review, *Computers in Industry*, 120, 103245.

Sherwood, J., Clark, J.H., Farmer, T.J., Herrero-Davila, L. and Moity, L. (2017). Recirculation: a new concept to drive innovation in sustainable product design for bio-based products, *Molecules*, 22, 48.

Singh, J. and Ordonez, I. (2016). Resource recovery from post-consumer waste: important lessons for the upcoming circular economy, *Journal of Cleaner Production*, 134, 342-353.

Stegmann, P., Londo, M., & Junginger, M. (2020). *The circular bioeconomy: Its*

elements and role in European bioeconomy clusters. *Resources, Conservation & Recycling X*, 6, 100029.

Sumter, D., de Koning, J., Bakker, C., & Balkenende, R. (2019). Design competencies for a circular economy. *Proceedings of the PLATE Product Lifetimes and the Environment*, Berlin, Germany, 18-20.

Van Dam, K., Simeone, L., Keskin, D., Baldassarre, B., Niero, M., & Morelli, N. (2019). Circular economy in industrial design research: a review. *Sustainability*, 12(24), 10279.

Verganti, R. (2009). *Design-driven innovation: changing the rules of competition by radically innovation what things mean*. Harvard: Harvard Business Press.

Vezzoli, C., Ceschin, F., Osanjo, L., M'Rithaa, M. K., Moalosi, R., Nakazibwe, V., & Diehl, J. C. (2018). *Designing sustainable energy for all: sustainable product-service system design applied to distributed renewable energy*. Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-70223-0>

Wiek, A., Withycombe, L., Redman, C., & Mills, S. B. (2011). Moving forward on competence in sustainability research and problem solving. *Environment*, 53(2), 3-13.

proyecta 56

An industrial design journal