

Design for Recyclability

IMASUS Training Module

Italiano

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Finanziato dall'Unione europea. Le opinioni espresse appartengono, tuttavia, al solo o ai soli autori e non riflettono necessariamente le opinioni dell'Unione europea o dell'Agenzia esecutiva europea per l'istruzione e la cultura (EACEA). Né l'Unione europea né l'EACEA possono esserne ritenute responsabili.

Il presente modulo formativo è stato realizzato da Lottozero Textile Laboratories nell'ambito del progetto IMASUS, cofinanziato dal programma Erasmus+ dell'Unione Europea.

Il contenuto di questo documento riflette esclusivamente il punto di vista dell'autore ed è di sua esclusiva responsabilità; non può essere considerato rappresentativo delle opinioni della Commissione europea né di altri organismi dell'Unione europea. La Commissione europea declina ogni responsabilità per l'uso che potrà essere fatto delle informazioni qui contenute.

Il riutilizzo del presente documento è consentito ai sensi della licenza Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0), a condizione che venga citato l'autore e che eventuali modifiche siano chiaramente indicate.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Esperta che ha contribuito:

Arianna Moroder

Autrice:

Lauren Berardi

Indice

| | |
|---|-----------|
| Chi siamo | 1 |
| Parte 1 –Modulo di apprendimento..... | 2 |
| 1.Introduzione alla progettazione per la riciclabilità | 3 |
| 1.1 Obiettivi di apprendimento..... | 3 |
| 1.2 Definizione e ambito | 3 |
| 1.3 L'urgenza della riciclabilità nella moda | 4 |
| 1.4 I designer come agenti di cambiamento | 5 |
| 1.5 Pensiero basato sul ciclo di vita e progettazione per lo smontaggio | 7 |
| 2. Contesto storico: riutilizzo e riciclaggio nella moda | 8 |
| 2.2 L'industria degli stracci e dei mungo | 8 |
| 3. Materiali e scienza delle fibre per la riciclabilità | 10 |
| Riciclaggio dei monomeri (ciclo più esterno) | 13 |
| 3.2 Riciclabilità per tipo di fibra | 13 |
| 3.3 Miscele, coloranti e finiture..... | 14 |
| 4. Principi di progettazione per la riciclabilità..... | 16 |
| 4.2 Progettazione per lo smontaggio | 16 |
| 5. Pratiche e standard industriali | 19 |
| 6. Design per la riciclabilità vs. altre strategie circolari | 21 |
| 7. Direzioni future e innovazione | 23 |
| Approfondimenti chiave | 26 |
| Sintesi | 27 |
| Riferimenti: | 28 |
| Parte 2 – Caso di Studio..... | 30 |
| 1. Introduzione..... | 31 |
| 2. Contesto: il patrimonio del riciclaggio tessile di Prato | 32 |
| 3. Design per la riciclabilità nei prodotti Rifò | 33 |
| 3.1 Scelte dei materiali: fibre rigenerate come elementi costitutivi | 33 |
| 3.2 Innovazioni nel colore e nella finitura | 34 |
| 3.3 Ciclo di vita del prodotto e sistema di ritiro | 34 |

| | |
|--|-----------|
| 4. Collaborazione e trasparenza | 36 |
| 4.1 Collaborazione e integrazione degli ecosistemi..... | 36 |
| 4.2 Tracciabilità e comunicazione dei materiali | 36 |
| Punti chiave per i designer | 37 |
| Riferimento | 37 |
| Parte 3 – Toolkit..... | 38 |
| Introduzione al Toolkit: tradurre la teoria in pratica | 39 |
| Metodologia passo dopo passo: applicare il design per la riciclabilità | 40 |
| Fase 1: Mappare il ciclo di vita | 40 |
| Fase 2: Selezionare i materiali appropriati..... | 40 |
| Fase 3: Semplificare la costruzione..... | 41 |
| Fase 4: Ottimizzare il colore e la finitura..... | 42 |
| Fase 5: Etichettare e comunicare in modo trasparente..... | 43 |
| Fase 6: Progettazione per la raccolta e la restituzione | 44 |
| Strumenti di valutazione e liste di controllo | 45 |
| Lista di controllo per la preparazione alla riciclabilità..... | 45 |
| Attività pratica: "Sfida di riprogettazione riciclabile" | 46 |

Chi siamo

IMASUS (Imagineering Sustainability) è un'iniziativa pionieristica che mira a trasformare il settore della moda in chiave sostenibile e ad affrontare le sfide poste dal cambiamento climatico. Il progetto nasce dalla collaborazione tra l'Istituto di Nanoscienze e Materiali dell'Aragona, i laboratori tessili Lottozero, lo studio di strategia creativa e formazione Munkun e la rete European Creative Hubs Network.

Nonostante la sua influenza, il settore della moda è tra i principali responsabili del degrado ambientale. IMASUS si propone di innescare un cambiamento nelle pratiche del settore, promuovendo approcci sostenibili come l'utilizzo di materiali biologici, il riciclo e l'adozione dei principi del design circolare. Il nostro obiettivo è favorire una trasformazione diffusa dei comportamenti e delle pratiche, contribuendo a costruire un futuro della moda più sostenibile, etico e creativo.

Il progetto integra ricerca accademica, competenze industriali ed esperienze di apprendimento pratico, con l'obiettivo di fornire ai professionisti della moda le conoscenze e gli strumenti necessari per operare in modo sostenibile. Attraverso workshop, strumenti digitali e approcci collaborativi, stiamo costruendo una comunità orientata all'innovazione e allo sviluppo di soluzioni concrete per l'industria della moda.

Parte 1 –Modulo di apprendimento

1. Introduzione alla progettazione per la riciclabilità

La progettazione per la riciclabilità affronta una delle sfide centrali della moda contemporanea: come garantire che i capi di abbigliamento possano rientrare in modo significativo nei sistemi di produzione al termine della loro fase di utilizzo. Con il continuo aumento dei rifiuti tessili e il predominio dell'estrazione di risorse vergini, la riciclabilità è diventata un pilastro fondamentale delle strategie di transizione circolare. Questa sezione chiarisce il concetto di riciclabilità, lo distingue da pratiche correlate come l'upcycling e delinea le implicazioni sistemiche, ambientali e di progettazione che lo rendono una priorità urgente nell'ambito della moda sostenibile.

1.1 Obiettivi di apprendimento

Al termine di questo modulo, gli studenti dovrebbero essere in grado di:

- Definire il design per la riciclabilità come approccio strategico nel fashion design
- Distinguere tra sistemi di riciclaggio meccanico, chimico e biologico
- Identificare le scelte di materiali e costruzione che favoriscono o ostacolano la riciclabilità
- Analizzare l'impatto delle miscele di fibre, delle rifiniture, dei rivestimenti e delle finiture sul recupero a fine vita
- Valutare i limiti e i compromessi del riciclaggio all'interno dei sistemi circolari
- Applicare i principi di riciclabilità nello sviluppo di un concetto di capo di abbigliamento

1.2 Definizione e ambito

Il riciclaggio dell'abbigliamento consiste nel scomporre i capi usati in materie prime che possono essere rielaborate in nuovi prodotti. Ciò differisce dall'upcycling, che trasforma i capi esistenti in nuovi articoli senza ridurli in fibre (Recovo, n.d.).

È importante distinguere tra materiali *riciclati* e *riciclabili*. Gli indumenti riciclati sono realizzati con materiali che sono già stati trasformati in forma grezza e riutilizzati per creare nuovi tessuti o prodotti. La riciclabilità, al contrario, si riferisce alla capacità di un prodotto o materiale di essere raccolto, smontato e reintrodotta nel ciclo di produzione senza una significativa perdita di qualità o funzionalità (Redress, n.d.).

La riciclabilità è determinata in gran parte in fase di progettazione. Le scelte relative alla composizione dei materiali, ai metodi di costruzione, alle rifiniture e all'etichettatura influenzano la possibilità di recuperare efficacemente un prodotto. Ostacoli quali miscele di fibre incompatibili, costruzioni complesse ed etichettatura incoerente continuano a limitare il recupero dei tessuti. Inoltre, essere riciclabile non garantisce di essere riciclato; il recupero effettivo dipende dalla tecnologia disponibile, dalle infrastrutture, dalla domanda del mercato e dalla partecipazione dei consumatori.

Il riciclaggio nella moda opera a diversi livelli (Baloyi et al., 2023):

Riciclaggio delle fibre: scomposizione meccanica dei tessuti in fibre (ad esempio, trasformando i tessuti di cotone usati in nuove fibre di cotone), che possono poi essere filate e rielaborate in prodotti tessili.

Riciclaggio dei polimeri: depolimerizzazione chimica delle fibre sintetiche come il PET o il nylon in monomeri, che possono poi essere filati nuovamente in nuovi materiali.

Riciclaggio dei componenti: riutilizzo di elementi di abbigliamento come bottoni, cerniere o rifiniture in nuovi prodotti.

Il riciclaggio a ciclo chiuso mantiene i materiali all'interno del settore tessile, mentre il riciclaggio a ciclo aperto li reindirizza verso altri settori industriali (Ellen MacArthur Foundation, 2017).

Progettare per la riciclabilità significa quindi creare capi di abbigliamento fin dall'inizio tenendo conto del loro recupero a fine vita. Ciò comporta decisioni deliberate sui materiali, la costruzione, l'etichettatura e la tracciabilità per garantire che i prodotti possano rientrare in modo significativo nei sistemi di produzione.

1.3 L'urgenza della riciclabilità nella moda

L'industria della moda è altamente intensiva in termini di risorse e genera rifiuti ed emissioni in ogni fase, dalla coltivazione delle materie prime allo smaltimento a fine vita. Ogni anno, a livello globale vengono prodotti circa 92 milioni di tonnellate di rifiuti tessili, equivalenti a un camion di indumenti smaltiti in discarica o inceneriti ogni secondo (Ellen MacArthur Foundation, 2023). Oltre l'80% dei tessuti esce dal sistema allo smaltimento senza alcuna forma di recupero.

Attualmente, meno dell'1% dei tessuti viene riciclato in nuovi capi di abbigliamento, mentre oltre il 97% delle fibre utilizzate proviene da risorse vergini (Ellen MacArthur Foundation, 2017). Queste cifre evidenziano lo squilibrio strutturale tra produzione e recupero e sottolineano la necessità di riprogettare i tessuti tenendo conto del recupero.

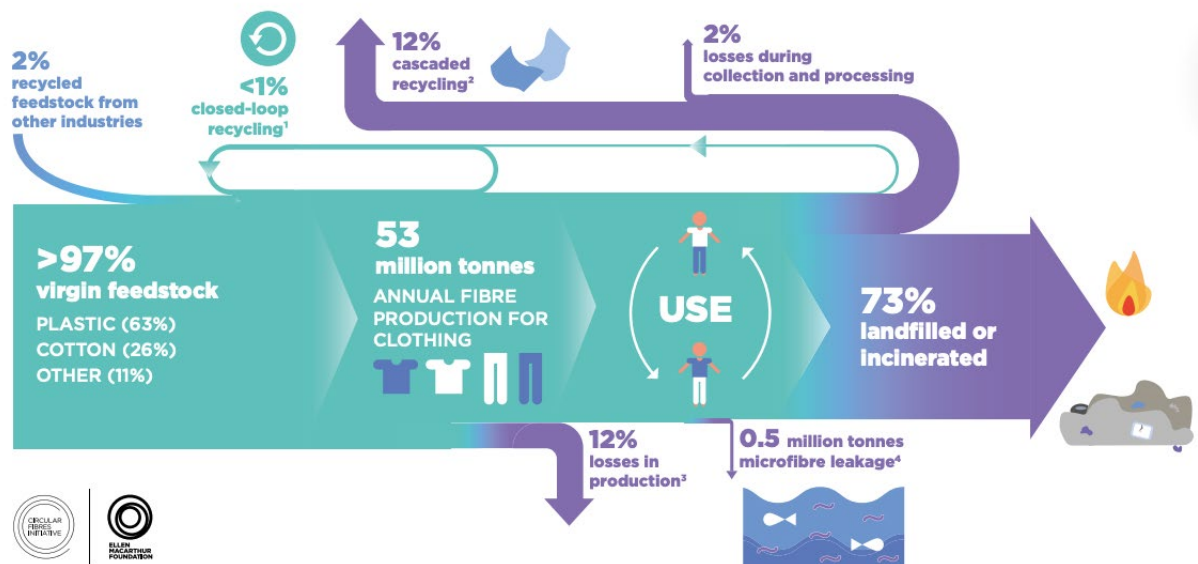


Figura 1. Flusso globale di materiali per l'abbigliamento nel 2015 (Ellen MacArthur Foundation, 2017) tratto da: <https://content.ellenmacarthurfoundation.org/m/7f818b40f06e1afd/original/Summary-of-findings-A-New-Textiles-Economy.pdf>

I modelli di business circolari (riparazione, rivendita, noleggio e rifacimento) potrebbero generare 700 miliardi di dollari entro il 2030, riducendo significativamente i rifiuti e le emissioni. I quadri normativi stanno accelerando questa transizione. La Strategia dell'UE per il tessile sostenibile e circolare (2022) impone che i prodotti tessili venduti nell'UE siano durevoli, riparabili e riciclabili entro il 2030. Le politiche di responsabilità estesa del produttore (EPR) impongono ai produttori di finanziare e gestire i sistemi di raccolta e riciclaggio a fine vita.

Sebbene il riciclaggio da tessuto a tessuto sia considerato un percorso fondamentale per ridurre l'impatto, esso rimane ancora in una fase iniziale. La maggior parte dei tessuti riciclati attualmente disponibili deriva da bottiglie in PET riciclate piuttosto che da sistemi fibra-fibra (Sandin, 2025). L'ampliamento del riciclaggio fibra-fibra è quindi identificato come una priorità nella strategia dell'UE.

Questi sviluppi segnalano un cambiamento sistemico, passando dalla produzione lineare e dall'obsolescenza programmata alla gestione dei materiali e alla responsabilità circolare.

1.4 I designer come agenti di cambiamento

I designer svolgono un ruolo fondamentale nella definizione dei sistemi circolari. La Commissione Europea (2020) stima che fino all'80% dell'impatto ambientale di un prodotto sia determinato durante la fase di progettazione, quando vengono prese le decisioni relative ai materiali, alla costruzione e ai percorsi di fine vita.

Progettare per la circolarità richiede *una riflessione sul fine vita*: anticipare come i materiali saranno recuperati, ritrattati e riciclati dopo la fase di utilizzo (Ellen MacArthur Foundation, 2023). Questo approccio si basa su:

- **Pensiero sistemico**: considerare i capi di abbigliamento come parte di reti interconnesse di produttori di fibre, fabbricanti, riciclatori, rivenditori e utenti.
- **Conoscenza dei materiali**: riconoscere come le proprietà delle fibre, le miscele, le finiture e le tecniche di costruzione influenzano la riciclabilità.
- **Collaborazione**: allineare le decisioni di progettazione con le capacità tecnologiche e le infrastrutture post-utilizzo.

Il diagramma a farfalla sviluppato dalla Ellen MacArthur Foundation illustra una gerarchia di strategie circolari. I cicli interni - manutenzione, riparazione e riutilizzo - mantengono il massimo valore dei materiali, mentre il riciclaggio rappresenta una fase di recupero successiva.

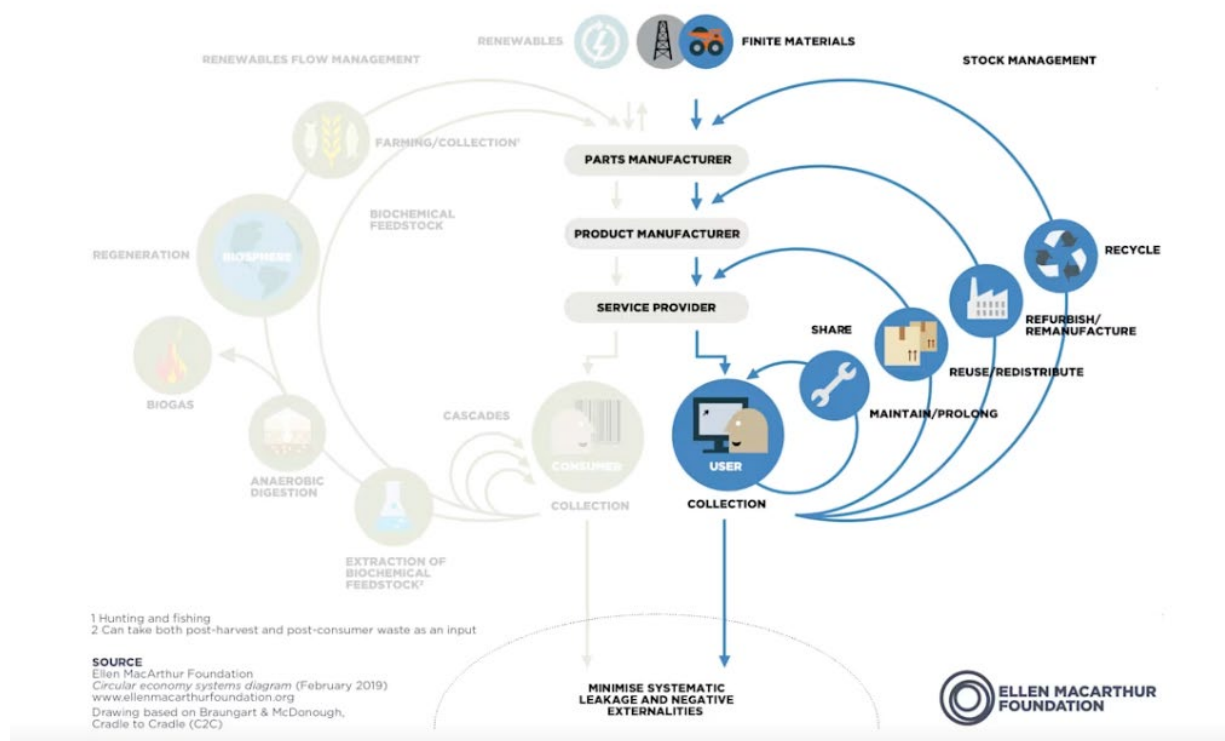


Figura 2. Il ciclo tecnico del diagramma a farfalla, tratto dal diagramma dei sistemi di economia circolare della Ellen MacArthur Foundation (febbraio 2019) recuperato da: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/articles/the-technical-cycle-of-the-butterfly-diagram>

Per il design della moda, ciò significa dare priorità alla durata e alla riparabilità, garantendo al contempo che la riciclabilità sia integrata fin dall'inizio. Nell'ambito dei sistemi EPR, i produttori, e sempre più spesso anche i consumatori, condividono la responsabilità di reimmettere i capi di abbigliamento in circolazione.

Una comunicazione chiara attraverso l'etichettatura, lo storytelling e i passaporti digitali dei prodotti (DPP) aiuta gli utenti a capire come mantenere i materiali all'interno del sistema.

In questo contesto, il design diventa una pratica sia tecnica che etica, guidando la transizione dal consumo lineare verso modelli rigenerativi.

1.5 Pensiero basato sul ciclo di vita e progettazione per lo smontaggio

Progettare per la riciclabilità richiede un approccio basato sul ciclo di vita: considerare come i capi di abbigliamento passano attraverso le fasi di utilizzo, cura, riparazione e infine recupero (Ellen MacArthur Foundation, 2017; Ellen MacArthur Foundation, 2023).

Una strategia chiave è **la progettazione per lo smontaggio**, che garantisce che i materiali possano essere separati in flussi puliti per il riciclaggio. Ciò richiede la semplificazione delle combinazioni di materiali e l'eliminazione delle costruzioni che impediscono la separazione (Redress, n.d.; Mindful Fashion New Zealand, n.d.).

Due principi guidano questo processo:

- **Efficienza dei materiali:** utilizzare le risorse in modo efficace, ridurre al minimo gli sprechi e ridurre le miscele di materiali incompatibili (Ellen MacArthur Foundation, 2023).
- **Design come attivismo:** integrare la responsabilità e la trasparenza nelle decisioni di progettazione per sfidare il paradigma "prendi-produci-spreca" (Ellen MacArthur Foundation, 2017).

Pianificando il riutilizzo, la redistribuzione, la rifabbricazione e la riparazione, i designer mantengono i capi di abbigliamento in circolazione all'interno di cicli di valore più elevato. Il riciclaggio dovrebbe rimanere l'ultimo passo, attivato solo quando non è più possibile un ulteriore utilizzo. Il pensiero basato sul ciclo di vita garantisce che i materiali non vadano persi in discarica, ma continuano a contribuire al valore all'interno dei sistemi circolari.

2. Contesto storico: riutilizzo e riciclaggio nella moda

Il riciclaggio dei tessuti è spesso presentato come un'innovazione contemporanea, ma le pratiche di recupero dei materiali hanno radici storiche profonde. Molto prima che la sostenibilità diventasse un concetto formalizzato, la necessità economica e la scarsità di materiali hanno portato allo sviluppo di sistemi di riparazione, riutilizzo e rigenerazione delle fibre.

2.1 Pratiche circolari preindustriali

Prima della rivoluzione industriale, i tessuti venivano prodotti attraverso processi lenti e laboriosi - filatura, tessitura e cucito a mano - che rendevano gli indumenti preziosi e raramente gettati via. Gli indumenti venivano regolarmente riparati, ridimensionati e riutilizzati, spesso passando di generazione in generazione. In molte famiglie, gli indumenti dei bambini venivano ricavati da quelli degli adulti e il tessuto avanzato veniva riutilizzato per accessori o articoli domestici (Blum, 2018).

Esistevano anche forme primitive di recupero dei tessuti. In tutta Europa, gli stracci e i ritagli di stoffa scartati venivano raccolti e venduti a industrie come quella cartaria o della produzione di fibre di bassa qualità. Questo primitivo commercio di stracci riduceva la dipendenza dalle nuove materie prime e rappresentava uno dei primi sistemi organizzati di circolazione dei materiali.

2.2 L'industria degli stracci e dei mungo

Nel XVIII e XIX secolo, il riutilizzo dei tessuti era diventato un'economia secondaria consolidata. In Gran Bretagna, i raccoglitori di stracci raccoglievano i tessuti domestici non più utilizzati e li vendevano ai commercianti, creando catene di approvvigionamento che sostenevano industrie come l'imbottitura dei materassi, la fabbricazione della carta e la prima rigenerazione dei tessuti.

Un esempio particolarmente influente emerse a Prato, in Italia, dove il riciclaggio dei tessuti ha plasmato l'identità locale per secoli. Prato divenne famosa per la sua industria della lana cardata (*cardato*), che rigenerava le fibre dai capi di abbigliamento in lana scartati e dagli scarti di sartoria. Una svolta importante avvenne a metà del XIX secolo, quando Giovanni Battista Mazzoni perfezionò i macchinari per la filatura e la cardatura, consentendo una triturazione e una rielaborazione efficiente dei rifiuti tessili.

Questa innovazione ha gettato le basi per l'ecosistema tessile contemporaneo di Prato, una rete interconnessa di piccole e medie imprese, ciascuna specializzata in una fase del processo di riciclaggio. Oggi, il distretto ricicla ogni anno oltre 100.000 tonnellate di tessuti post-consumo e scarti di produzione (Cardato Riciclato Pratese, 2023).

Nel frattempo, nello Yorkshire, in Gran Bretagna, si svilupparono i commerci dello shoddy e del mungo come primi sistemi industriali di riciclaggio delle fibre. A partire dal 1813 circa, i produttori sminuzzavano gli stracci e mescolavano le fibre con lana vergine per produrre il tessuto shoddy, un tessuto economico reso possibile dai progressi nella filatura e nella cardatura meccanizzate durante la rivoluzione industriale.

Insieme, questi sistemi dimostrano come la necessità, le conoscenze tecniche e la meccanizzazione abbiano prodotto alcuni dei primi esempi di riciclaggio da tessuto a tessuto.

2.3 Declino e rinascita

L'industrializzazione ha trasformato la produzione tessile, riducendo drasticamente i costi e aumentando la produzione. Man mano che gli indumenti diventavano più economici e facili da sostituire, le pratiche tradizionali di riparazione e riutilizzo sono andate scemando.

Durante la seconda guerra mondiale, la carenza di materiali ha temporaneamente riportato in auge la cultura della riparazione grazie a campagne come *Make Do and Mend*. Tuttavia, la crescita economica del dopoguerra e l'ascesa del fast fashion alla fine del XX secolo hanno accelerato la sovrapproduzione e normalizzato il consumo usa e getta. La globalizzazione della produzione, l'espansione delle fibre sintetiche e il calo dei prezzi hanno allontanato ulteriormente i consumatori dal valore materiale dell'abbigliamento.

Nel XXI secolo, questa traiettoria ha iniziato a cambiare. Le preoccupazioni ambientali, la scarsità di risorse e la crescente consapevolezza delle condizioni di lavoro hanno rinnovato l'interesse per l'uso prolungato e il recupero dei materiali. Una ricerca sui consumatori (Textile Exchange, 2023) indica una crescente domanda di capi durevoli, riparabili e riciclabili, mentre i quadri normativi, in particolare la strategia dell'UE per i tessili sostenibili e circolari e i programmi di responsabilità estesa del produttore (EPR), richiedono ai marchi di integrare sistemi di recupero lungo tutta la catena del valore (Commissione europea, 2022).

Questa rinnovata attenzione riecheggia le tradizioni precedenti di cura ed efficienza, ma ora è supportata dall'innovazione tecnologica e dalle infrastrutture di riciclaggio emergenti. Sistemi storici come il modello *cardato* di Prato illustrano come le competenze regionali di lunga data possano ispirare le strategie tessili circolari contemporanee.

Dalle prime reti di raccolta degli stracci alle fabbriche industriali di stracci e al distretto della lana cardata di Prato, il riutilizzo dei tessuti ha profonde radici storiche. Ciò che distingue il momento attuale è la portata della produzione globale e la capacità tecnologica di recuperare le fibre a livello industriale. La sezione successiva esamina le proprietà delle fibre, i vincoli dei materiali e i processi tecnologici che sono alla base del moderno riciclaggio da tessuto a tessuto.

3. Materiali e scienza delle fibre per la riciclabilità

Per comprendere la riciclabilità è necessario passare dal contesto storico alla scienza dei materiali. La capacità di un indumento di rientrare nei sistemi di produzione dipende dalla composizione delle fibre, dalla struttura chimica, dalla costruzione e dalla compatibilità con le tecnologie di riciclaggio esistenti. Questa sezione esamina il funzionamento dei processi di riciclaggio dei tessuti a livello di materiali, evidenziando i vincoli tecnici e le decisioni di progettazione che determinano la possibilità di recupero da fibra a fibra.

3.1 Comprendere i processi di riciclaggio dei tessuti

Il riciclaggio dei tessuti inizia molto prima che le fibre vengano scomposte. La fase di raccolta e smistamento è una delle più cruciali e impegnative del processo. Il successo del riciclaggio dipende dalla quantità, dalla purezza e dalla separabilità dei materiali recuperati.

A Prato, in Italia, lavoratori qualificati noti come *cenciaioli* continuano a selezionare i capi a mano, organizzandoli per tipo di fibra e colore per ottimizzare il riciclaggio meccanico. Questo sistema basato sulla precisione contribuisce alla reputazione di Prato per la lana rigenerata di alta qualità.

Un riciclaggio efficace richiede più della semplice raccolta. I designer influenzano la riciclabilità:

- Selezionando monomateriali o miscele di fibre compatibili più facili da lavorare
- Utilizzando metodi di costruzione che consentono lo smontaggio,
- Fornendo una documentazione accurata sui materiali e indicazioni sullo smaltimento (ad esempio, attraverso l'etichettatura o i passaporti digitali dei prodotti).

Una volta raccolti, i capi vengono solitamente sottoposti a riciclaggio meccanico o chimico. Secondo Recovo (2023), il processo generale di riciclaggio dei tessuti prevede sei fasi:

1. **Raccolta:** recupero degli indumenti usati attraverso donazioni, programmi di ritiro o programmi di riciclaggio.
2. **Selezione:** organizzazione in base al tipo di fibra, al colore e alla qualità.
3. **Triturazione:** riduzione meccanica dei tessuti in fibre.
4. **Pulizia:** rimozione di coloranti, finiture e contaminanti.
5. **Lavorazione** – Riconfezionamento o formazione di nuovi filati e tessuti.
6. **Produzione** – Creazione di nuovi prodotti tessili.

Come illustrato nella Figura 3, la conservazione del valore varia a seconda dei percorsi di riciclaggio, riflettendo la gerarchia presentata nel diagramma a farfalla (Figura 2). I cicli interni preservano maggiormente il valore dei materiali, mentre quelli esterni comportano una maggiore trasformazione strutturale.

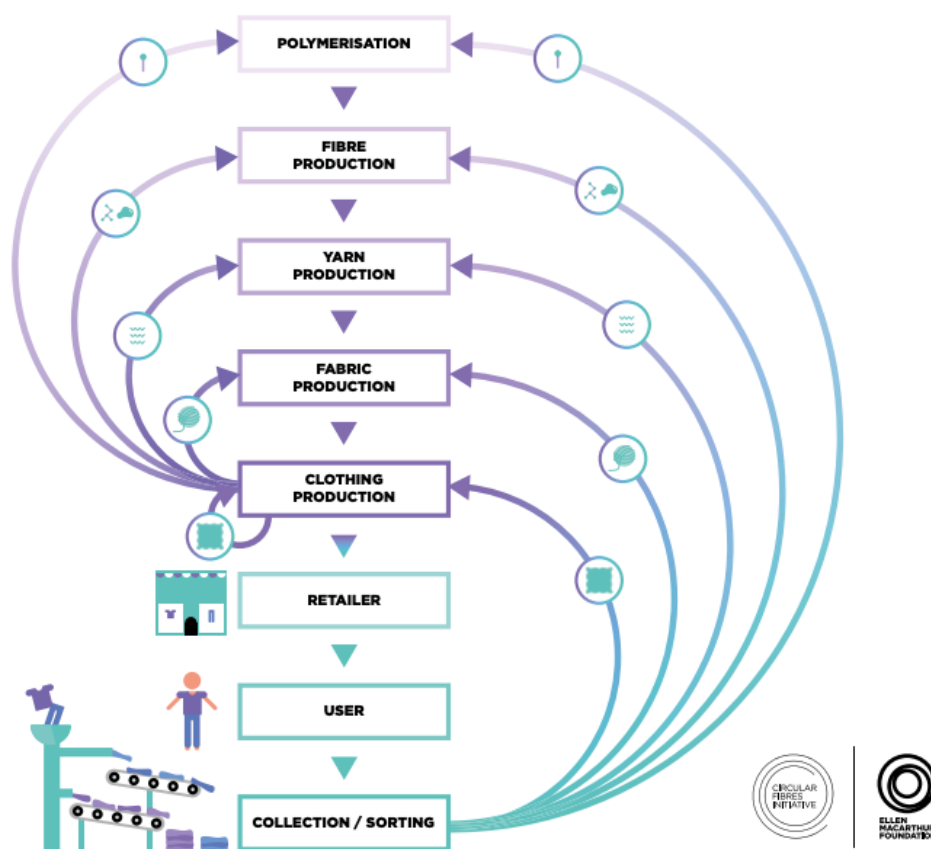


Figura 3. Cattura di valore del riciclaggio tessile a vari livelli (Ellen McArthur Foundation, 2017)

Riciclaggio dei tessuti (ciclo interno)

Il riciclaggio dei tessuti riutilizza pezzi tessili intatti – scarti di fabbrica, stock invenduti o grandi pannelli di indumenti – per creare nuovi prodotti. Richiede una tecnologia minima, ma rimane limitato in termini di scala, poiché i pezzi di tessuto sono spesso piccoli o non uniformi. Questo metodo è più comune nell'upcycling e nella produzione di piccoli lotti che nei sistemi industriali.

Riciclaggio dei filati (secondo ciclo)

Il riciclaggio dei filati recupera i filati dai capi di maglieria o dai tessuti intrecciati. Frequente nelle pratiche creative su piccola scala (ad esempio, lo sfilacciamento dei maglioni per rifarli a maglia), rimane un processo laborioso e limitato a specifiche strutture di indumenti.

Riciclaggio delle fibre (ciclo intermedio)

Il riciclaggio delle fibre, spesso denominato riciclaggio meccanico, è una delle forme più diffuse di recupero dei tessuti. Gli indumenti vengono selezionati in base al colore e alla composizione, sminuzzati, cardati per riportarli alla forma di fibre e poi ritessuti.

Il riciclaggio meccanico è ampiamente applicato alla lana, al cotone e al poliestere. Offre scalabilità e un consumo energetico relativamente basso rispetto ai processi chimici. Tuttavia, permangono limitazioni significative:

- Non è in grado di separare le fibre miste (ad esempio, miscele di cotone e poliestere).
- Non è in grado di rimuovere coloranti o finiture, compromettendo l'uniformità e la purezza del colore.
- Il processo di sminuzzatura accorcia le fibre, riducendone la resistenza e la morbidezza.

Per mantenere la qualità del tessuto, le fibre riciclate meccanicamente vengono spesso miscelate con fibre vergini come il cotone a fibra lunga o il poliestere. Sebbene ciò mantenga le prestazioni, introduce nuove materie prime nel sistema.

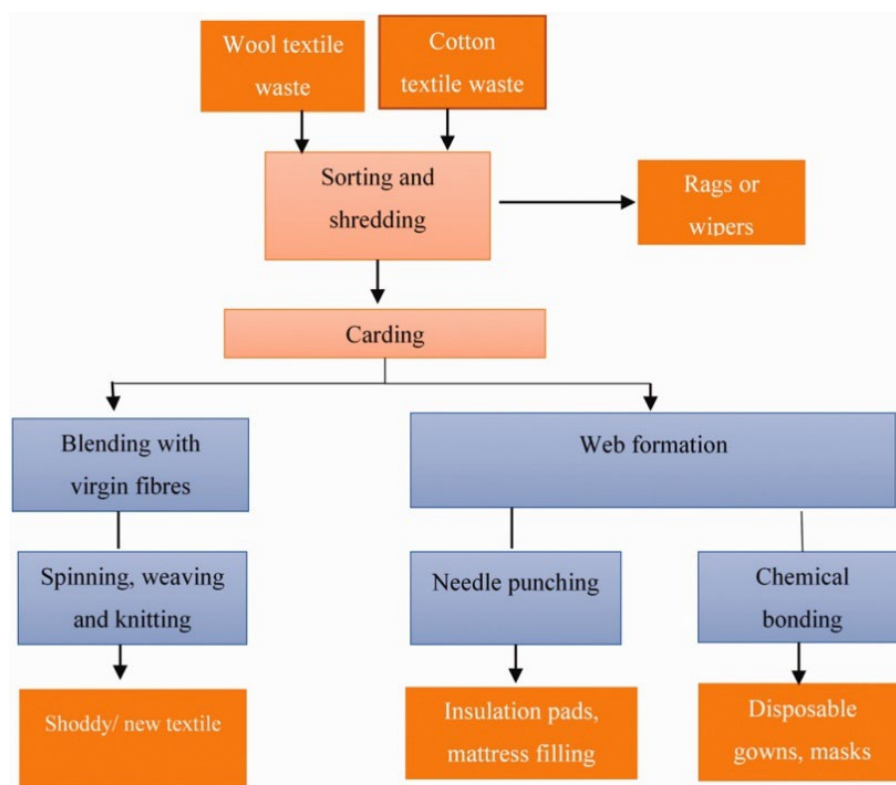


Immagine 1. Tecnologie di riciclaggio meccanico per fibre di origine naturale (Baloyi, 2023)

Riciclaggio dei polimeri (circuitto esterno)

Il riciclaggio chimico scompone le fibre a livello di polimeri o monomeri ed è applicabile ai sintetici (ad esempio PET, PA) e ad alcune cellulose (ad esempio cotone, viscosa).

Il riciclaggio dei polimeri distrugge la struttura delle fibre ma preserva la chimica dei polimeri. Esistono due percorsi principali:

- Riciclaggio meccanico dei polimeri: fusione ed estrusione di materiali sintetici monomateriali come il poliestere o il nylon.
- Riciclaggio chimico dei polimeri: dissoluzione dei tessuti con solventi per separare le fibre a base di cellulosa (ad esempio cotone, viscosa) dai sintetici (ad esempio PET, PA). La polpa di cellulosa e i polimeri sintetici recuperati possono essere ricostituiti in fibre equivalenti a quelle vergini, con la rimozione di coloranti e contaminanti.

Riciclaggio dei monomeri (ciclo più esterno)

Il riciclaggio dei monomeri scompone i polimeri nelle loro unità monomeriche di base, consentendo la creazione di fibre di qualità vergine. Rappresenta la forma più avanzata di circolarità fibra-fibra. Nonostante il suo potenziale, rimane costoso, chimicamente intensivo e limitato dai vincoli infrastrutturali (Ellen MacArthur Foundation, 2017).

Per aumentare efficacemente il riciclaggio dei tessuti, è necessario allineare i sistemi di progettazione e riciclaggio (Ellen MacArthur Foundation, 2017). I designer possono accelerare i progressi selezionando materiali riciclabili, riducendo le miscele incompatibili e implementando sistemi di etichettatura trasparenti che supportano una selezione accurata.

Quando i marchi si impegnano a utilizzare materie prime riciclate, generano una domanda di mercato che stimola gli investimenti e l'innovazione tecnologica all'interno delle industrie di riciclaggio. Le decisioni di progettazione prese all'inizio del ciclo di vita di un capo di abbigliamento influenzano quindi direttamente il suo potenziale di recupero.

3.2 Riciclabilità per tipo di fibra

È importante distinguere tra fibre biodegradabili e fibre riciclabili. Le fibre biodegradabili si decompongono naturalmente e ritornano nell'ecosistema, come si vede nelle fibre naturali quali cotone, seta, canapa, bambù e lana. I tessuti sintetici possono degradarsi in periodi prolungati, ma spesso contengono additivi chimici e non sono biodegradabili in modo vantaggioso per l'ambiente.

Le fibre naturali biodegradabili possono anche essere riciclate e conservate all'interno di sistemi circolari. In genere, le fibre naturali vengono riciclate meccanicamente, mentre le fibre sintetiche vengono sottoposte a riciclaggio chimico o termomeccanico (Close the Loop, 2025).

| Fibra | Meccanico | Chimico | Questioni chiave |
|------------|---------------|---|----------------------------------|
| Cotone | Sì | Sì (tramite dissoluzione della cellulosa) | Contaminazione da coloranti |
| Lana | Sì | Limitata | Perdita di lunghezza delle fibre |
| Poliestere | Sì (limitata) | Sì (depimerizzazione) | Miscele, finiture |
| Nylon | Sì | Sì | Costoso |
| Elastan | No | No | Contaminanti nelle miscele |

3.3 Miscele, coloranti e finiture

Le miscele di fibre rappresentano uno dei maggiori ostacoli al riciclaggio dei tessuti. Poiché ogni tipo di fibra ha proprietà chimiche e fisiche distinte, quali punto di fusione, lunghezza della fibra e comportamento di degradazione, i tessuti misti sono difficili o costosi da separare.

L'elastan (spandex) è un esempio particolarmente problematico. Anche solo al 2%, l'elastan può contaminare interi lotti di riciclaggio. I jeans in denim, spesso composti per il 97-99% da cotone ma contenenti piccole percentuali di elastan, sono quindi estremamente difficili da riciclare su larga scala.

Per affrontare questo problema, i ricercatori stanno sviluppando tecnologie di dissoluzione selettiva e separazione chimica in grado di isolare i tipi di fibre, come la separazione del cotone dal poliestere. Ad esempio, Circ utilizza un processo a base di acqua e sostanze chimiche per recuperare fino al 90% dei materiali originali. La cellulosa ad alta purezza che ne risulta può sostituire la pasta di legno nelle fibre rigenerate come il lyocell e la viscosa. Tuttavia, questi processi rimangono ad alta intensità energetica e costosi, limitandone la scalabilità.

I designer sono quindi incoraggiati a ridurre al minimo le miscele di fibre o a utilizzare miscele compatibili (ad esempio, materiali a base di poliestere) che possono essere lavorate insieme.

I coloranti, i rivestimenti e le finiture chimiche complicano ulteriormente la riciclabilità. Le sostanze applicate per il colore, la consistenza o le prestazioni spesso introducono contaminazione nei flussi di riciclaggio.

- **Coloranti e pigmenti:** i tessuti scuri o fortemente pigmentati sono difficili da ricolorare; la rimozione dei coloranti richiede un'ulteriore lavorazione.
- **Finiture e rivestimenti:** i trattamenti idrorepellenti, antimacchia, antirughe e ignifughi introducono resine, siliconi o composti PFAS che contaminano i processi di riciclaggio.
- **Finiture metalliche e plastificate:** fogli, glitter e rivestimenti in poliuretano sono estremamente difficili da separare dai tessuti di base.

Le innovazioni emergenti includono la tintura digitale e senza acqua, i pigmenti a base biologica e i sistemi di tintura riciclabili progettati per ridurre la contaminazione e migliorare il recupero delle fibre. Anche le fibre più leggere, non tinte o di colore naturale possono migliorare l'efficienza del riciclaggio riducendo la necessità di rimuovere il colore.

4. Principi di progettazione per la riciclabilità

Tradurre la scienza delle fibre in pratica richiede strategie di progettazione deliberate. La riciclabilità non si ottiene solo attraverso la selezione dei materiali, ma attraverso decisioni coordinate su costruzione, rifiniture, colore, finiture e sistemi informativi. Questa sezione delinea i principi fondamentali di progettazione che consentono ai capi di passare in modo efficiente attraverso le infrastrutture di riciclaggio, mantenendo il valore dei materiali.

4.1 Design monomateriale

La selezione e il riciclaggio sono significativamente più efficaci quando i capi di abbigliamento sono realizzati con tessuti monomaterici, ovvero costruiti con un unico tipo di fibra, come il 100% cotone o il 100% poliestere. La monomaterialità semplifica l'identificazione, la selezione e il ritrattamento, sia attraverso il riciclaggio meccanico che chimico. Al contrario, i materiali misti complicano il recupero, poiché la separazione dei tipi di fibre è laboriosa, tecnologicamente complessa e spesso economicamente irrealizzabile.

I designer scelgono spesso fibre miste per motivi legittimi legati alle prestazioni. Le miscele possono migliorare il comfort, la resistenza, l'elasticità o la drappeggiabilità. Ad esempio, l'aggiunta di elastan al denim di cotone migliora l'elasticità e la ritenzione della forma, mentre l'aggiunta di poliestere o acrilico alla lana aumenta la durata e la resistenza all'abrasione. La sfida consiste nel ottenere questi vantaggi funzionali senza compromettere la riciclabilità futura.

Ove possibile, i capi di abbigliamento dovrebbero essere realizzati con una sola fibra dominante o con materiali chimicamente compatibili che possono essere lavorati insieme. Quando le miscele sono inevitabili, la responsabilità si sposta verso l'etichettatura trasparente, la documentazione e la tracciabilità digitale, in modo che i riciclatori possano identificare correttamente le composizioni a fine vita.

4.2 Progettazione per lo smontaggio

La progettazione per lo smontaggio garantisce che i capi possano essere facilmente smontati a fine vita, consentendo il riciclaggio o il riutilizzo separato dei componenti. Se integrati fin dall'inizio, i principi di smontaggio riducono i costi di manodopera, minimizzano la contaminazione e favoriscono un recupero di maggior valore.

I progettisti possono facilitare lo smontaggio:

- Evitando adesivi e interfodere fuse che legano in modo permanente i materiali,
- Utilizzando elementi di fissaggio meccanici (bottoni a pressione, viti, lacci, canali cuciti) invece di giunzioni irreversibili,
- Standardizzando i metodi di fissaggio in modo che i capi possano essere smontati in modo prevedibile.

Queste strategie favoriscono anche la riparabilità. Le caratteristiche che consentono lo smontaggio per il riciclaggio spesso rendono gli indumenti più facili da riparare o modificare durante l'uso. In questo modo, la progettazione per lo smontaggio rafforza le strategie circolari durante l'intero ciclo di vita del prodotto.

4.3 Semplificazione dei componenti e delle rifiniture

La semplificazione dei materiali va oltre i tessuti e riguarda anche gli accessori, le rifiniture e i complementi. Cerniere, bottoni, fili, elastici, interfodere ed etichette influenzano tutti la riciclabilità.

L'uso di rifiniture compatibili, ad esempio cerniere in poliestere al 100% abbinate a capi in poliestere, consente di trattare i materiali insieme senza una separazione manuale approfondita. Il poliestere è particolarmente vantaggioso perché può essere ridotto chimicamente a monomeri e ricostruito in fibre di qualità vergine se utilizzato in modo coerente in tutto il capo.

Anche piccoli elementi possono interrompere i flussi di riciclaggio. Etichette e cartellini realizzati con substrati incompatibili complicano la lavorazione. Alternative più circolari includono:

- Stampa delle informazioni relative alla cura e alle fibre direttamente all'interno del capo,
- L'uso di etichette composte dalla stessa fibra del tessuto principale.

Prendendo in considerazione ogni singolo componente, i designer contribuiscono a garantire che i capi rimangano riciclabili dopo i cicli di riutilizzo, riparazione e rifabbricazione.

4.4 Considerazioni sul colore e sulla finitura

Il colore, i coloranti e i trattamenti di finitura influiscono in modo significativo sulla riciclabilità. Le sostanze applicate per scopi estetici o funzionali possono introdurre rischi di contaminazione o interferire con la decomposizione delle fibre (Baloyi et al., 2023; Egan et al., 2023).

Coloranti e pigmenti:

I tessuti scuri, molto saturi o multicolore spesso richiedono un'ulteriore lavorazione per neutralizzare il colore durante il riciclaggio. Poiché l'uniformità del colore è fondamentale per ottenere fibre riciclate di alta qualità, i tessuti molto tinti spesso finiscono in flussi di minor valore o vengono ricolorati in tonalità più scure.

Finiture e rivestimenti:

I trattamenti idrorepellenti, antimacchia, antirughe e ignifughi introducono resine, siliconi, cere o composti fluorurati (PFAS). Queste sostanze possono interferire con il riciclaggio meccanico o chimico e possono introdurre tossicità negli effluenti di riciclaggio.

Finiture metalliche e laminate:

Lamine, glitter, pigmenti metallici e laminazioni in poliuretano sono particolarmente problematici. Una volta applicati, sono estremamente difficili da rimuovere e possono rendere il tessuto di base non riciclabile.

Le innovazioni nelle tecnologie di tintura e finitura offrono alternative. La stampa digitale, la tintura senza acqua e i pigmenti a base biologica riducono l'uso di sostanze chimiche, mentre i sistemi di tintura riciclabili consentono di rimuovere più facilmente i colori durante il riciclaggio. La scelta di fibre non tinte, leggermente tinte o di colore naturale può migliorare ulteriormente il recupero a fine vita.

Per i designer, le decisioni relative al colore e alla finitura devono bilanciare l'estetica e le prestazioni con il potenziale di recupero a lungo termine. Dare priorità a trattamenti non tossici e facilmente rimovibili preserva l'integrità delle fibre per la futura rigenerazione.

4.5 Etichettatura e tracciabilità digitale

Un'etichettatura accurata e trasparente è essenziale per un riciclaggio efficace dei tessuti. Informazioni chiare sul contenuto delle fibre consentono agli impianti di identificare i materiali e determinare i percorsi di lavorazione appropriati.

Strumenti digitali come i passaporti digitali dei prodotti (DPP) migliorano questo processo incorporando i dati del ciclo di vita direttamente nei capi di abbigliamento. Utilizzando codici QR, tag NFC o chip RFID, i DPP possono memorizzare:

- Composizione dettagliata delle fibre,
- informazioni sulla produzione e sulla catena di approvvigionamento,
- istruzioni per la cura, la riparazione, il riutilizzo e il riciclaggio.

Tuttavia, gli identificatori digitali introducono alcune difficoltà pratiche. L'hardware RFID o NFC potrebbe dover essere rimosso prima del riciclaggio, aumentando la manodopera necessaria e complicando lo smontaggio. La stampa dei codici QR direttamente sui tessuti offre un'alternativa promettente, mantenendo la trasparenza senza introdurre materiali estranei.

Il regolamento ESPR dell'UE richiederà che i prodotti tessili immessi sul mercato dell'UE includano un passaporto digitale del prodotto (DPP) (EPRS, 2024). Ciò rafforzerà la tracciabilità, sosterrà i sistemi di riciclaggio standardizzati e fornirà ai consumatori informazioni sui materiali.

Migliorando l'accuratezza della selezione e la trasparenza dei dati, i DPP collegano progettazione, produzione, utilizzo e recupero, garantendo che gli indumenti non siano solo riciclabili in teoria, ma anche identificabili all'interno delle infrastrutture di riciclaggio reali.

5. Pratiche e standard industriali

La progettazione per la riciclabilità non opera in modo isolato, ma dipende dall'allineamento con gli standard industriali, i sistemi di certificazione e i quadri normativi. Man mano che la circolarità diventa parte integrante delle politiche e delle aspettative del mercato, la verifica da parte di terzi svolge un ruolo fondamentale nel garantire la trasparenza, la tracciabilità e l'integrità dei materiali.

5.1 Certificazione e standard

Nella transizione verso un'economia circolare della moda, le certificazioni e gli standard industriali verificano le dichiarazioni ambientali, consentono la tracciabilità e allineano la progettazione e la produzione alle pratiche di riciclabilità. Impegnandosi a rispettare standard riconosciuti, i marchi e i produttori dimostrano trasparenza, sostengono le infrastrutture di recupero dei materiali e costruiscono la fiducia dei consumatori, elementi essenziali in un settore in cui la circolarità richiede un'azione coordinata della catena di approvvigionamento.

Le seguenti certificazioni sono tra le più influenti nel settore tessile:

Global Recycled Standard (GRS)

Il Global Recycled Standard (GRS) è una certificazione volontaria completa del prodotto che verifica il contenuto riciclato nei tessuti, sia pre-consumo che post-consumo, monitorando la catena di custodia e stabilendo criteri ambientali e sociali per la produzione (Textile Exchange, n.d.). I prodotti certificati GRS devono contenere almeno il 20% di materiale riciclato e soddisfare severi requisiti di gestione chimica e trasparenza.

Per quanto riguarda la progettazione in funzione della riciclabilità, il GRS garantisce che le fibre riciclate provengano da fonti tracciabili e soddisfino standard di qualità definiti. Ciò rafforza la fiducia nelle scelte dei materiali a monte e riduce i rischi associati a contenuti riciclati etichettati in modo errato o non certificati.

Cradle to Cradle Certified® (C2C Certified®)

Cradle to Cradle Certified® valuta i tessuti in base a criteri che coprono l'intero ciclo di vita, tra cui la salubrità dei materiali, la progettazione circolare, la gestione dell'acqua e dell'energia e il potenziale di recupero (Cradle to Cradle Products Innovation Institute, n.d.). Il più recente quadro C2C Certified® Circularity è specificamente adattato all'abbigliamento e ai tessuti, ponendo l'accento sulla progettazione per lo smontaggio, la recuperabilità e la predisposizione del sistema.

Per i designer, C2C Certified® fornisce un quadro strutturato per la selezione di materiali e componenti sicuri e compatibili con i futuri percorsi di riciclaggio. Sposta l'attenzione dagli attributi di sostenibilità isolati alla progettazione integrata del prodotto.

OEKO-TEX® STeP (Produzione sostenibile di tessuti e pelle)

OEKO-TEX® STeP certifica gli impianti di produzione piuttosto che i prodotti finiti. Valuta i processi di produzione in termini di gestione delle sostanze chimiche, prestazioni ambientali, protezione dei lavoratori ed efficienza delle risorse (OEKO-TEX®, n.d.).

In termini di riciclabilità, la certificazione STeP contribuisce a garantire che le condizioni di produzione non compromettano il recupero futuro, ad esempio limitando le finiture chimiche pericolose o i sistemi di tintura incompatibili che potrebbero contaminare i flussi di riciclaggio. Supporta quindi l'allineamento tra le pratiche di produzione e gli obiettivi di progettazione circolare.

5.2 Applicazione nella pratica e implicazioni per il design

Quando i progettisti integrano materiali certificati e quadri di sostenibilità riconosciuti, emergono diverse implicazioni per la riciclabilità:

- **La certificazione GRS** supporta la selezione di fibre riciclate tracciabili e conformi dal punto di vista chimico, rafforzando l'integrità dei materiali nelle fasi di lavorazione future.
- **C2C Certified®** rafforza l'importanza di scegliere materiali, rifiniture e finiture progettati per un recupero e un ricircolo sicuri.
- **OEKO-TEX® STeP** garantisce che i processi di produzione non introducano sostanze che ostacolano il recupero a fine vita.

Collettivamente, queste certificazioni riducono i rischi di greenwashing, rafforzano la credibilità presso i consumatori e i partner industriali e supportano la conformità con i quadri normativi dell'UE in continua evoluzione che richiedono sempre più spesso la verifica da parte di terzi e la due diligence.

Integrando i criteri di certificazione nel brief di progettazione, i designer garantiscono l'allineamento con i requisiti normativi e creano una documentazione che può essere verificata in modo trasparente. Oltre alla conformità, gli standard offrono una roadmap strutturata per un'innovazione responsabile. Anziché limitare la creatività, forniscono un quadro di riferimento all'interno del quale è possibile implementare sistematicamente strategie di progettazione circolare.

6. Design per la riciclabilità vs. altre strategie circolari

La riciclabilità è una delle numerose strategie di progettazione circolare a disposizione dei designer di moda. Sebbene spesso presentata come la soluzione centrale al problema dei rifiuti tessili, essa opera all'interno di un ecosistema più ampio di approcci che affrontano le diverse fasi del ciclo di vita di un capo di abbigliamento. Comprendere come la riciclabilità sia correlata alla durata, alla riparabilità e alla biodegradabilità consente ai designer di prendere decisioni informate che bilanciano il recupero dei materiali con le prestazioni e la longevità.

6.1 Quadro comparative

Le strategie di progettazione circolare affrontano fasi distinte del ciclo di vita di un prodotto, ciascuna delle quali mira a preservare il valore dei materiali, ridurre gli sprechi e prolungare l'usabilità. Sebbene i loro obiettivi si sovrappongano, i loro metodi e le implicazioni relative al fine vita differiscono. La tabella seguente illustra le principali differenze tra le strategie comuni nel design di moda.

| Strategia | Focus | Esempio |
|------------------|-------------------------|---|
| Durata | Longevità | Cuciture di alta qualità, rinforzi |
| Riparabilità | Manutenzione | Cerniere modulari, parti sostituibili |
| Biodegradabilità | Decomposizione naturale | 100% cotone biologico, nessun materiale sintetico |
| Riciclabilità | Recupero dei materiali | Indumenti monomateriale |

Ogni strategia contribuisce in modo diverso alla circolarità. La durata prolunga il tempo di utilizzo dei capi. La riparabilità consente la manutenzione e il restauro. La biodegradabilità restituisce i materiali alla biosfera in condizioni adeguate. La riciclabilità si concentra sul recupero del valore dei materiali quando un ulteriore utilizzo non è più possibile.

6.2 Integrazione e compromessi

In pratica, le strategie circolari spesso si intersecano e talvolta entrano in conflitto. La durata e la riciclabilità, ad esempio, possono richiedere soluzioni materiali diverse. Una miscela di cotone e poliestere può migliorare la resistenza e il comfort, ma diventa difficile da riciclare a causa dell'incompatibilità dei tipi di fibre. Al contrario, un capo monomateriale semplifica il recupero, ma potrebbe non raggiungere le stesse prestazioni funzionali di una miscela.

L'obiettivo non è quello di dare priorità a una strategia a scapito delle altre, ma di identificare sinergie che consentano la coesistenza di più obiettivi circolari. Il diagramma a farfalla della Ellen MacArthur Foundation chiarisce questa gerarchia: i cicli interni (cura, manutenzione, durata, riparazione e riutilizzo) mantengono il massimo valore dei materiali, mentre il riciclaggio rappresenta una fase di recupero successiva.

Anche il capo più durevole alla fine raggiungerà un punto in cui il riciclaggio diventerà l'opzione più praticabile. Progettare tenendo presente questa fase finale garantisce che i materiali possano mantenere il loro valore oltre il loro ciclo di vita iniziale.

Un approccio multi-strategico offre il percorso più resiliente. Un capo di abbigliamento può essere:

- **Durevole**, grazie a una struttura rinforzata e a materiali di alta qualità;
- **Riparabile**, grazie a componenti modulari e metodi di assemblaggio accessibili;
- **Riciclabile**, grazie alla struttura monomateriale, alle finiture semplificate e al design predisposto per lo smontaggio.

Una soluzione possibile è sostituire le miscele di fibre con sistemi monomaterici stratificati, ciascuno selezionato per le sue prestazioni ma riciclabile individualmente. Questo approccio mantiene la durata nel tempo preservando la purezza dei materiali per il loro futuro recupero.

Quando i designer incorporano materiali innovativi (tessuti rivestiti, sintetici a base biologica, compositi performanti), devono valutare la riciclabilità fin dall'inizio. L'innovazione funzionale non deve compromettere l'integrità circolare. L'obiettivo a lungo termine è quello di integrare la riciclabilità in un quadro circolare integrato, consentendo agli indumenti di mantenere il loro valore attraverso più cicli di utilizzo, riparazione e rigenerazione dei materiali.

7. Direzioni future e innovazione

L'evoluzione della riciclabilità è strettamente legata ai progressi nella scienza dei materiali, nella biotecnologia e nelle infrastrutture digitali. Poiché i sistemi di riciclaggio tradizionali incontrano limiti tecnici ed economici, le innovazioni emergenti mirano ad aumentare la purezza dei materiali, consentire il recupero delle fibre miste e integrare la tracciabilità lungo tutto il ciclo di vita dei tessuti. Il futuro del design per la riciclabilità dipende quindi non solo da materiali migliori, ma anche da sistemi più intelligenti.

7.1 Innovazione tecnologica e dei materiali

Sintetici a base biologica

I sintetici a base biologica stanno emergendo come alternative alle fibre derivate dai combustibili fossili. Prodotti da materie prime rinnovabili come mais, canna da zucchero, alghe o fermentazione batterica, questi materiali sono progettati per replicare le prestazioni dei sintetici convenzionali come il poliestere o il nylon.

Alcune fibre di origine biologica sono anche progettate per essere biodegradabili, offrendo potenziali riduzioni dell'inquinamento da microplastiche e della dipendenza da processi di riciclaggio ad alto impiego di sostanze chimiche. Tuttavia, permangono alcune limitazioni in termini di prestazioni. Attualmente, l'acido polilattico (PLA) è l'unica fibra sintetica completamente a base biologica disponibile su scala commerciale. Sebbene il PLA sia biodegradabile in condizioni di compostaggio controllate, non soddisfa ancora i requisiti di durata, elasticità o gestione dell'umidità richiesti da molte applicazioni nel settore dell'abbigliamento (Joint Research Centre, 2024).

La ricerca sui polidrossialcanoati (PHA) e sul bio-PET potrebbe fornire alternative più performanti, consentendo potenzialmente la produzione di fibre sintetiche riciclabili, biodegradabili e funzionalmente paragonabili alle fibre a base di petrolio.

Riciclaggio enzimatico

Il riciclaggio enzimatico applica processi biologici al recupero dei materiali. Utilizzando enzimi naturali o ingegnerizzati, i polimeri possono essere scomposti attraverso la depolimerizzazione biologica, consentendo la separazione selettiva delle fibre miste (Egan et al., 2023).

Le miscele di cotone e poliestere, che rappresentano una percentuale significativa della produzione tessile globale, pongono sfide importanti per il riciclaggio convenzionale. I sistemi enzimatici possono degradare selettivamente la cellulosa lasciando intatto il poliestere, producendo flussi purificati che possono essere rigenerati in nuovi tessuti.

Man mano che il riciclaggio enzimatico si avvicina alla fase di implementazione su scala pilota, il suo potenziale per affrontare il problema dei rifiuti di fibre miste è notevole. Se scalato in modo efficace, potrebbe trasformare uno dei più persistenti ostacoli tecnici ai sistemi tessili circolari.

Riciclaggio meccanico a ciclo chiuso e selezione basata sull'intelligenza artificiale

Uno dei colli di bottiglia più significativi nel riciclaggio dei tessuti rimane l'accuratezza della selezione. Senza un'identificazione affidabile della composizione e della struttura delle fibre, grandi volumi di tessuti vengono riciclati in modo non ottimale o scartati.

I sistemi basati sull'intelligenza artificiale, come Fibersort e Trimclean di Valvan, affrontano questa sfida rilevando la composizione delle fibre, il colore, la trama, le cuciture, le decorazioni e i rivestimenti. Utilizzando:

- Spettroscopia nel vicino infrarosso,
- Immagini ad alta risoluzione,
- Algoritmi di apprendimento automatico.

Questi sistemi raggiungono una precisione di smistamento superiore ai metodi manuali. La maggiore purezza dei materiali aumenta sia la resa che la qualità delle fibre riciclate.

Integrando automazione e intelligenza artificiale, il riciclaggio a ciclo chiuso diventa più praticabile su larga scala, supportando l'infrastruttura necessaria per un'economia tessile tracciabile (Texpertise Network, 2024).

7.2 Sistemi digitali e tracciabilità

La digitalizzazione è sempre più centrale nei sistemi di moda circolari. Tecnologie come la blockchain, i passaporti digitali dei prodotti (DPP) e gli strumenti di progettazione assistita dall'intelligenza artificiale creano flussi di dati che collegano l'approvvigionamento delle materie prime al recupero a fine vita.

Blockchain e passaporti digitali dei prodotti

La blockchain fornisce un sistema sicuro e decentralizzato per documentare ogni fase del ciclo di vita di un capo di abbigliamento, dall'approvvigionamento delle fibre e la tintura all'assemblaggio, alla distribuzione e alla raccolta. Poiché i registri blockchain dell' e sono immutabili, supportano dichiarazioni verificabili all'interno di complesse catene di approvvigionamento globali.

I passaporti digitali dei prodotti rendono operative queste informazioni attraverso supporti dati scansionabili come codici QR, tag NFC o chip RFID incorporati nei capi di abbigliamento. I DPP possono contenere:

- Composizione delle fibre e finiture,
- Dati di produzione e tracciabilità della catena di approvvigionamento,
- Istruzioni per la riparazione e il riutilizzo,
- Istruzioni per il riciclaggio e lo smaltimento.

Per i riciclatori, i DPP consentono una rapida identificazione dei materiali. Per i consumatori e i marchi, aumentano la trasparenza durante tutto il ciclo di vita.

Strumenti di progettazione assistiti dall'intelligenza artificiale

Piattaforme digitali come CLO e Browzwear, insieme ai sistemi emergenti supportati dall'intelligenza artificiale, consentono di integrare direttamente nel processo di progettazione i parametri di sostenibilità. Questi strumenti possono modellare:

- Riciclabilità a livello di fibre,
- Le prestazioni dei tessuti,
- Impatto del ciclo di vita,
- impronta di carbonio e idrica,
- Compatibilità a fine vita.

Nei sistemi futuri, i dati DPP e blockchain potrebbero essere inseriti direttamente negli ambienti di progettazione, creando circuiti di feedback in cui i risultati del riciclaggio influenzano lo sviluppo di nuovi prodotti. Tale integrazione crea un'architettura digitale in cui i materiali sono tracciabili, recuperabili e continuamente ottimizzati per la circolarità.

Approfondimenti chiave

- La riciclabilità è determinata principalmente in fase di progettazione.
- La costruzione monomateriale migliora significativamente il potenziale di recupero.
- Le miscele di fibre, il contenuto di elastan e le finiture chimiche rimangono i principali ostacoli al riciclaggio.
- Il riciclaggio meccanico, dei polimeri e dei monomeri opera a diversi livelli di conservazione del valore.
- La progettazione per lo smontaggio riduce la contaminazione e la manodopera a fine vita.
- I sistemi di certificazione (GRS, C2C, OEKO-TEX® STeP) favoriscono la trasparenza e l'allineamento dei sistemi.
- La selezione basata sull'intelligenza artificiale e il riciclaggio enzimatico potrebbero trasformare il recupero dei tessuti misti.
- I passaporti digitali dei prodotti diventeranno fondamentali per i sistemi circolari tracciabili.
- La riciclabilità deve essere integrata con la durata e la riparabilità nell'ambito di un approccio multi-strategico.
- Una progettazione circolare efficace richiede conoscenza dei materiali, tracciabilità e pensiero sistemico.

Sintesi

Il sistema della moda sta passando da un modello lineare "prendi-produci-smaltisci" a strutture circolari incentrate su "progetta-usa-recupera-rinnova". Al centro di questa transizione c'è il designer, le cui decisioni influenzano non solo l'estetica e le prestazioni, ma anche il percorso ambientale di ogni capo di abbigliamento.

La ricerca indica che la maggior parte dell'impatto ambientale di un prodotto è determinato durante la fase di progettazione. Le scelte relative alla composizione delle fibre, alla costruzione, alle finiture, alla riparabilità e al potenziale di fine vita determinano i futuri percorsi di recupero.

La progettazione orientata alla riciclabilità non è quindi solo una questione tecnica, ma una pratica di lungimiranza e responsabilità. Richiede ai designer di anticipare come i capi saranno indossati, mantenuti e, infine, reintrodotti nei cicli dei materiali.

Tre pilastri fondamentali sostengono questo approccio:

- **La conoscenza dei materiali** consente una selezione informata delle fibre e delle finiture compatibili con le tecnologie di riciclaggio.
- **La tracciabilità dei prodotti**, supportata dall'etichettatura e da sistemi digitali come i DPP, garantisce che i capi possano essere identificati e trattati con precisione.
- **Il pensiero sistemico** colloca il design all'interno di un ecosistema più ampio di produttori, riciclatori, consumatori e responsabili politici.

La riciclabilità non dovrebbe essere trattata come una misura correttiva applicata dopo la produzione. Deve invece essere integrata all'inizio del processo creativo. Strategie come la costruzione monomateriale, la semplificazione delle rifiniture, la progettazione per lo smontaggio e l'etichettatura trasparente riflettono un principio più ampio: il design responsabile anticipa il rinnovamento.

Man mano che questi principi vengono integrati nella pratica, la moda si avvicina a un modello rigenerativo in cui i materiali circolano continuamente, gli sprechi sono ridotti al minimo e la creatività contribuisce alla resilienza ecologica.

Riferimenti:

- Astri Recycling. (n.d.). *Prato: Capitale del rigenerato*. Estratto il 28 ottobre 2025 da <https://astrirecycling.it/en/prato-capital-of-the-regenerated/>
- Baloyi RB, Gbadeyan OJ, Sithole B, Chunilall V. Recenti progressi nelle tecnologie di riciclaggio dei tessuti di scarto: una rassegna. *Textile Research Journal*. 2023;94(3-4):508-529. doi:[10.1177/00405175231210239](https://doi.org/10.1177/00405175231210239)
- Circle Economy. (n.d.). *La tecnologia chimica di Circ ricicla le fibre miste di poliestere e cotone preservandone l'integrità*. Estratto il 28 ottobre 2025 da <https://knowledge-hub.circle-economy.com/article/8966>
- Close the Loop. (n.d.). *Fine del ciclo di vita*. Estratto il 28 ottobre 2025 da <https://www.close-the-loop.be/en/phase/3/end-of-life#tab-26>
- Corertex. (n.d.). *Storia del distretto di Prato*. Estratto il 28 ottobre 2025 da <https://corertex.it/en/history-of-the-prato-discript/>
- Cradle to Cradle Products Innovation Institute. (n.d.). *Lo standard*. Estratto il 28 ottobre 2025 da <https://c2ccertified.org/the-standard>
- Egan, J., Wang, S., Shen, J., Baars, O., Moxley, G., & Salmon, S. (2023). Separazione enzimatica delle fibre tessili per il trattamento sostenibile dei rifiuti. *Risorse, ambiente e sostenibilità*, 13, 100118.
- Fondazione Ellen MacArthur. (2017). *Una nuova economia tessile: riprogettare il futuro della moda*.
- Fondazione Ellen MacArthur (2023). *Principi di progettazione circolare per l'abbigliamento*.
- Fondazione Ellen MacArthur. (2024). *Ampliare i confini della politica di responsabilità estesa del produttore per i tessili*.
- EPRS, Servizio di ricerca del Parlamento europeo. (2024, giugno). *Passaporto digitale dei prodotti per il settore tessile* (Studio PE 757.808). Parlamento europeo. Estratto da [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2024/757808/EPRS_STU\(2024\)757808_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2024/757808/EPRS_STU(2024)757808_EN.pdf)
- Commissione europea. (2022). *Strategia dell'UE per il tessile sostenibile e circolare*.

Centro comune di ricerca. (20 marzo 2024). *Sbloccare il potenziale dei tessuti a base biologica*. Commissione europea. Estratto il 28 ottobre 2025 da https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-explains/unlocking-potential-bio-based-textiles_en

Mindful Fashion New Zealand. (n.d.). *Strategia di progettazione circolare 4: Progettazione per la riciclabilità*. Estratto il 28 ottobre 2025 da <https://mindfulfashion.co.nz/circular-design-award/learn/circular-design-strategy-4-design-for-recyclability>

OEKO-TEX®. (n.d.). *OEKO-TEX® STeP*. Estratto il 28 ottobre 2025 da <https://www.oeko-tex.com/en/our-standards/oeko-tex-step>

Recovo. (n.d.). *Qual è la differenza tra riciclaggio e upcycling nella moda?* Estratto il 28 ottobre 2025 da <https://recovo.co/en/blog/article/what-is-the-difference-between-recycling-and-upcycling-in-fashion>

Redress. (n.d.). *Design per la riciclabilità*. Estratto il 28 ottobre 2025 da <https://www.redressdesignaward.com/academy/resources/guide/design-for-recyclability>

Texpertise Network. (6 maggio 2024). *Riciclaggio automatizzato dei tessuti: l'intelligenza artificiale per un futuro più sostenibile*. Messe Frankfurt. Estratto il 28 ottobre 2025 da <https://texpertisenetwork.messefrankfurt.com/frankfurt/en/news-stories/stories/automated-textile-recycling-ai.html>

Textile Exchange (2023). *Rapporto sul mercato delle fibre e dei materiali preferiti*.

Textile Exchange. (n.d.). *Recycled Claim Standard (RCS) e Global Recycled Standard (GRS)*. Estratto il 28 ottobre 2025 da <https://textileexchange.org/recycled-claim-global-recycled-standard/>

Textile Recycling Association. (n.d.). *Storia*. Estratto il 28 ottobre 2025 da <https://www.textilerecyclingassociation.org/about/history/>

The IK Foundation. (n.d.). *Abiti di seconda mano: il commercio degli stracci*. Estratto il 28 ottobre 2025 da <https://www.ikfoundation.org/itextilis/second-hand-clothes-the-rag-trade.html>

Parte 2 – Caso di Studio

Rifò Lab — Progettare per la riciclabilità
nell'ecosistema tessile circolare di Prato

1. Introduzione

Nel settore della moda, la produzione di rifiuti è uno dei principali problemi ambientali, con circa 92 milioni di tonnellate di rifiuti generati ogni anno. Secondo i dati della Ellen MacArthur Foundation (2017), meno dell'1% dei materiali tessili viene effettivamente reintrodotta nel ciclo produttivo sotto forma di nuove fibre. Questa limitazione è dovuta principalmente alla complessità dei capi di abbigliamento, che spesso sono composti da miscele di fibre diverse, trattamenti superficiali e coloranti che ostacolano la separazione e il riciclaggio dei materiali.

Fondata nel 2017 a Prato da Niccolò Cipriani e Clarissa Cecchi, Rifò nasce con l'obiettivo di rinnovare la tradizione tessile pratese attraverso la produzione di capi di abbigliamento e accessori realizzati con fibre rigenerate.

L'idea imprenditoriale ha preso forma dall'esperienza personale di Niccolò Cipriani. Durante un incarico con le Nazioni Unite in Vietnam, è entrato in contatto diretto con le conseguenze della sovrapproduzione nell'industria della moda: enormi quantità di capi invenduti destinati allo smaltimento. Questa consapevolezza ha fatto nascere il desiderio di creare un modello di produzione alternativo basato sulla circolarità e sulla valorizzazione delle risorse esistenti.

Nel 2020 l'azienda ha ottenuto la certificazione B Corp, un riconoscimento riservato alle aziende che integrano la responsabilità sociale e ambientale nei propri obiettivi. Oggi Rifò distribuisce i propri prodotti non solo attraverso i canali dell'e-commerce, ma anche in oltre 400 negozi a livello internazionale, affermandosi come un esempio di economia circolare nel settore tessile.

2. Contesto: il patrimonio del riciclaggio tessile di Prato

Il distretto tessile di Prato è uno dei più antichi esempi di economia circolare applicata all'industria della moda. Fin dal XIX secolo, l'area ha sviluppato un alto livello di specializzazione nel riciclaggio della lana e di altre fibre tessili attraverso il processo di cardatura rigenerata, che trasforma gli indumenti usati e gli scarti di produzione in nuovi filati.

Questa pratica riduce significativamente il consumo di acqua, energia e materie prime, offrendo un'alternativa sostenibile alla produzione di lana vergine.

Rifò è un interprete contemporaneo di questa tradizione, collaborando con aziende locali, cardatori e artigiani ancora attivi nel riciclaggio.

3. Design per la riciclabilità nei prodotti Rifò

3.1 Scelte dei materiali: fibre rigenerate come elementi costitutivi

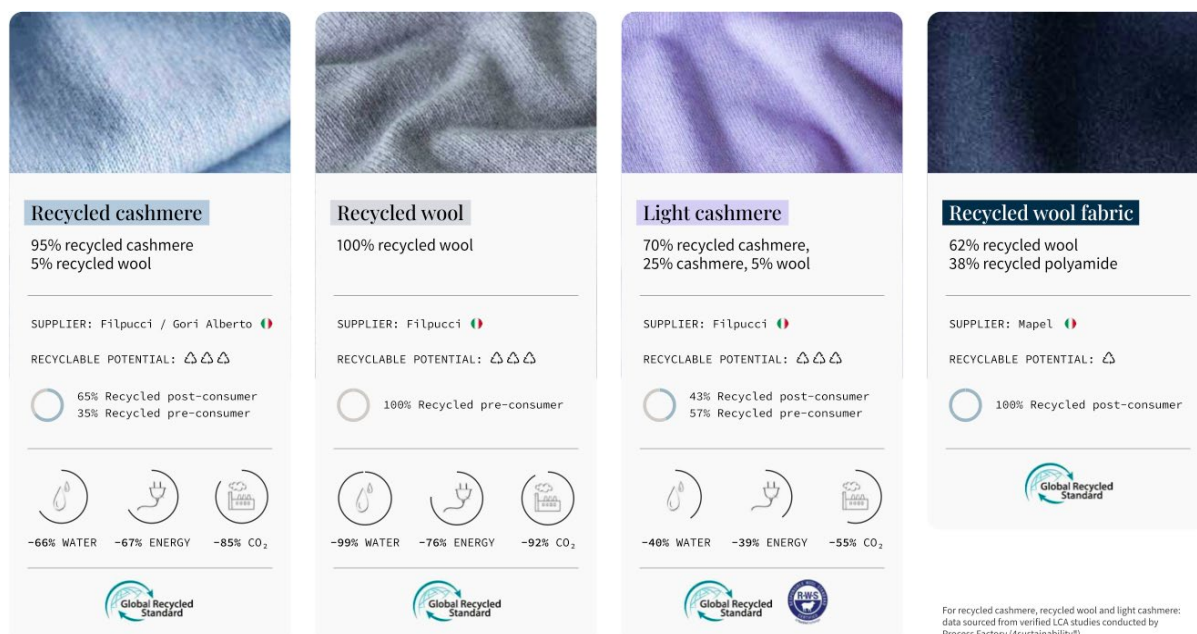
Rifò basa la sua produzione sull'uso di fibre rigenerate, selezionate per garantire qualità, tracciabilità e riciclabilità. I materiali principali includono:

- Lana rigenerata, proveniente da maglieria pre e post-consumo;
- Cashmere rigenerato, ottenuto attraverso processi di riciclaggio meccanico di scarti tessili accuratamente selezionati;
- Cotone rigenerato, derivato da residui di produzione e tessuti denim.

Ogni filato è progettato come materiale singolo o con una percentuale minima di miscelazione, al fine di preservarne la riciclabilità nei futuri cicli di vita.

Nel 2024, il 97% della produzione totale utilizza filati monomateriale, di cui solo il 3% costituito da fibre miste.

Il riciclaggio meccanico delle fibre corte conferisce ai tessuti una texture distintiva, che diventa parte integrante del linguaggio estetico e dell'identità sostenibile del marchio.



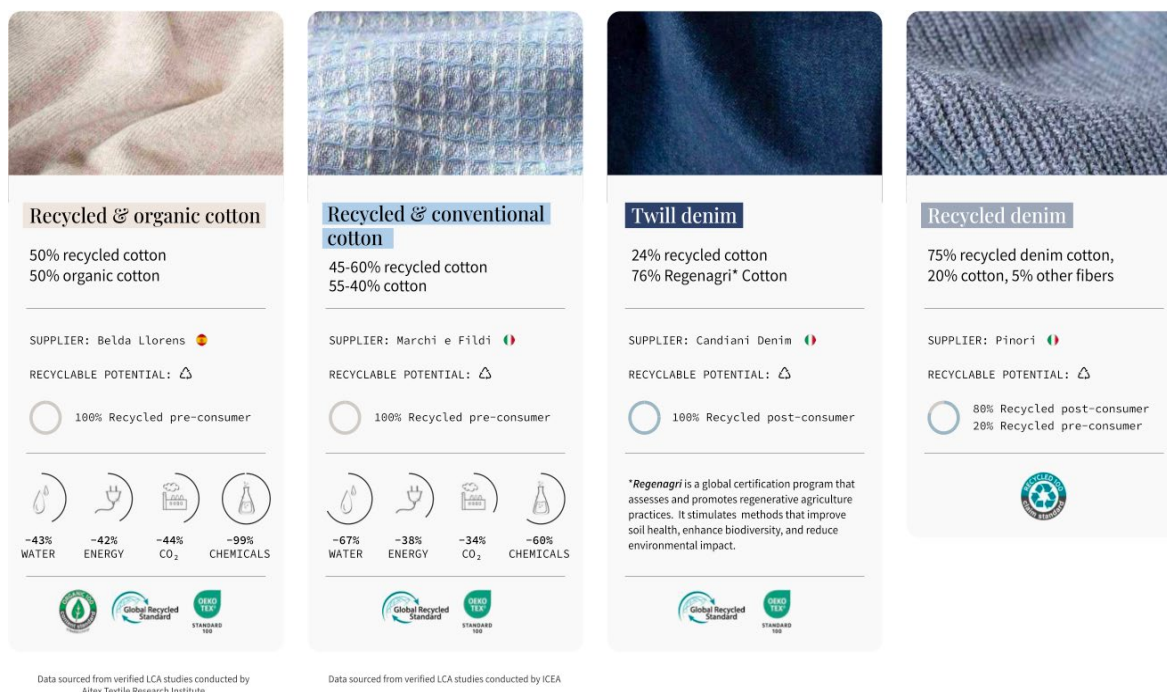


Immagine 1: Campioni di tessuto riciclato recuperati da https://cdn.shopify.com/s/files/1/0293/9627/1197/files/Sustainability_Report_2024_Rifo_circular_fashion_made_in_Italy-maggio-web.pdf?v=1748532366

3.2 Innovazioni nel colore e nella finitura

Rifò adotta un approccio innovativo alla colorazione dei materiali, basato sulla selezione cromatica dei rifiuti tessili pre-consumo piuttosto che sulla tradizionale ritintura chimica. I tessuti vengono selezionati in base alle loro tonalità originali prima del processo di riciclaggio, eliminando così la necessità di nuove fasi di tintura.

Questa scelta evita l'uso di coloranti sintetici e preserva la qualità strutturale delle fibre, che rimangono più adatte ai successivi cicli di riciclaggio.

3.3 Ciclo di vita del prodotto e sistema di ritiro

Rifò è un'iniziativa di economia circolare basata sulla collaborazione e sulla partecipazione attiva della comunità. Invita i cittadini a contribuire direttamente al processo di rigenerazione tessile consegnando i loro vecchi indumenti per trasformarli in nuovi filati sostenibili.

Lanciato nel 2019, il servizio di raccolta è stato progettato per offrire un'alternativa concreta ai rifiuti tessili, premiando chi restituisce i propri indumenti usati con un incentivo sotto forma di codice sconto. Oggi il sistema di ritiro si distingue per la sua trasparenza e accessibilità, operando sia online che attraverso punti fisici e accettando indumenti di qualsiasi marca realizzati in lana, cashmere e denim.

L'azienda seleziona solo maglioni realizzati in puro cashmere o lana al 100% e jeans realizzati con almeno il 95% di cotone. Questa scelta deriva dalla necessità di garantire che i materiali raccolti possano effettivamente essere riciclati, poiché le attuali tecnologie di riciclaggio sono efficaci solo con tessuti che sono quasi monomaterici nella loro composizione.



Immagine 2: Il processo di riciclaggio tessile di Rifo tratto da https://cdn.shopify.com/s/files/1/0293/9627/1197/files/Sustainability_Report_2024_Rifo_circular_fashion_made_in_Italy-maggio-web.pdf?v=1748532366

4. Collaborazione e trasparenza

4.1 Collaborazione e integrazione degli ecosistemi

Rifò adotta un modello produttivo basato sulla collaborazione con consorzi di riciclaggio locali, piccoli produttori e artigiani della zona, promuovendo la sostenibilità ambientale, economica e sociale. Fin dalla sua fondazione, Rifò ha scelto di concentrare le proprie attività nel distretto tessile di Prato, dove nel 2024 circa il 90% della produzione avveniva in un raggio di 30 km dalla sede dell'azienda. Questa strategia di filiera corta ci permette di:

- Ridurre al minimo l'impatto ambientale dei trasporti, riducendo le emissioni legate alla logistica;
- Sostenere l'economia locale, valorizzando il tessuto produttivo e artigianale del territorio;
- Ottimizzare i tempi di produzione, che in media vanno dalle tre alle cinque settimane dalla disponibilità dei filati
- Garantire la qualità e la tracciabilità attraverso rapporti diretti con i fornitori locali
- Preservare la tradizione tessile locale, contribuendo alla promozione del Made in Italy sostenibile.

Il modello Rifò dimostra come la vicinanza alla produzione, unita a una visione circolare della moda, possa generare valore condiviso e rappresentare un paradigma di economia rigenerativa applicata al settore tessile.

4.2 Tracciabilità e comunicazione dei materiali

L'etichetta del prodotto fornisce informazioni dettagliate sulla composizione delle fibre, l'origine dei materiali riciclati e l'area geografica di produzione.

Attraverso una comunicazione chiara e narrativa sui materiali utilizzati, il marchio promuove una maggiore consapevolezza dei consumatori sul potenziale di riciclabilità dei capi.

La tracciabilità dei prodotti gioca un ruolo fondamentale in termini di trasparenza e responsabilità sociale. Rifò attribuisce grande importanza a questi aspetti, puntando su una produzione a filiera corta, dove ogni fase, dal tessuto al prodotto finito, avviene vicino ai propri stabilimenti.

L'origine dei materiali è verificata attraverso fornitori certificati GRS (Global Recycle Standard), che garantiscono l'origine del cashmere rigenerato, mentre controlli regolari sul filato ne assicurano la purezza e la qualità. Questo approccio consente lo sviluppo di un processo produttivo trasparente, con un monitoraggio settimanale lungo tutta la filiera.

Punti chiave per i designer

Progettare con un'attenzione particolare alla riciclabilità non riguarda solo il prodotto finale, ma anche l'integrazione con i fornitori locali. Gli elementi chiave di questa strategia includono la qualità e la purezza delle fibre, l'armonia dei colori e la semplicità strutturale del design, che facilitano il recupero e il riutilizzo dei materiali.

La collaborazione lungo l'intera catena del valore, dai designer ai filatori ai riciclatori, è fondamentale per garantire che ogni prodotto possa essere efficacemente riciclato.

Riferimento

Rifò. (2024). *Rapporto di sostenibilità 2024: Moda circolare made in Italy*.

https://cdn.shopify.com/s/files/1/0293/9627/1197/files/Sustainability_Report_2024_Rifo_circular_fashion_made_in_Italy-maggio-web.pdf

Part 3 – The Toolkit:

Applying Design for Recyclability in Fashion

Introduzione al Toolkit: tradurre la teoria in pratica

Scopo

Questo toolkit è stato creato con l'obiettivo di tradurre i concetti teorici della progettazione per la riciclabilità in strumenti e metodi pratici che possano essere applicati nel processo creativo e produttivo. Il toolkit supporta i progettisti nel prendere decisioni relative alla scelta dei materiali, alle tecniche di costruzione e ai sistemi di etichettatura.

Risultati di apprendimento

Al completamento di questo toolkit, gli studenti saranno in grado di:

1. Identificare i materiali e i componenti adatti al riciclaggio fibra-fibra.
2. Applicare i principi del monomateriale e della progettazione per lo smontaggio al proprio lavoro.
3. Valutare il potenziale di riciclabilità dei capi di abbigliamento.
4. Realizzare un prototipo di un modello (o riprogettare un capo esistente) in linea con i principi della riciclabilità.

Secondo Mindful Fashion New Zealand (2025), quando progettano un capo di abbigliamento, i designer dovrebbero considerare:

1. Quali opzioni di riciclaggio sono disponibili nella propria città, regione, paese?
2. Quali caratteristiche deve avere o non avere il tuo prodotto per poter essere inserito in questi flussi di riciclaggio?
3. Come comunicherai all'utente i percorsi di riciclaggio per i quali hai progettato il tuo capo di abbigliamento?
4. Quali decisioni puoi prendere ora per consentire a chi indossa il capo di partecipare alla soluzione di riciclaggio?

Metodologia passo dopo passo: applicare il design per la riciclabilità

Fase 1: Mappare il ciclo di vita

Inizia visualizzando il ciclo di vita del capo: approvvigionamento dei materiali → produzione → utilizzo → fine vita.

Identifica dove è realisticamente possibile effettuare il riciclaggio nel tuo contesto (sistemi meccanici, chimici o ibridi).

| Fase del ciclo di vita | Processo attuale | Progettazione per la riciclabilità | Note / Partner coinvolti |
|----------------------------------|------------------|---|--------------------------|
| Approvvigionamento dei materiali | | Utilizzo di un unico materiale, fibra certificata | |
| Produzione del tessuto | | Garantire che i coloranti e le finiture siano riciclabili | |
| Costruzione dei capi | | Semplificare cuciture e finiture | |
| Fase di utilizzo | | Promuovere la durata e la riparabilità | |
| Raccolta/ritiro | | Collaborare con il riciclatore o il sistema del marchio | |
| Processo di riciclaggio | | Compatibile con il sistema meccanico/chimico | |

Fase 2: Selezionare i materiali appropriati

Scegliere fibre monomateriale o a bassa miscelazione compatibili con i flussi di riciclaggio:

- 100% cotone, 100% poliestere, 100% lana, 100% nylon.
- Evitare miscele come tessuti contenenti cotone-poliestere o elasthan.

Valutare i materiali utilizzando criteri di riciclabilità:

1. Questa fibra è riciclabile nei sistemi esistenti?
2. I coloranti o le finiture influiscono sulla riciclabilità?
3. Il fornitore è trasparente riguardo all'origine delle fibre?

| Tipo di fibra | Metodo di riciclaggio | Compatibilità con altre fibre | Problemi comuni | Migliori pratiche |
|---------------|-----------------------|--|-----------------------------------|--|
| Cotone | Meccanico/chimico | Scarsa con i sintetici | Contaminazione da coloranti | Utilizzare colori naturali o non tinti |
| Lana | Meccanico | Scarso con i sintetici | Accorciamento delle fibre | Utilizzare filati cardati a fibra singola |
| Poliestere | Chimico/meccanico | Compatibile con finiture in poliestere | Additivi, finiture | Utilizzare sistemi in poliestere monomateriale |
| Nylon | Chimico | Compatibile con finiture in nylon | Costi elevati, strutture limitate | Utilizzo per capi interi e finiture |
| Elastan | Nessuno | Incompatibile | Si degrada durante la lavorazione | Da evitare del tutto |

Fase 3: Semplificare la costruzione

Ridurre al minimo gli elementi realizzati con materiali diversi:

- Sostituire le cerniere metalliche con quelle in plastica (stesso polimero del tessuto principale).
- Utilizzare cuciture realizzate con fibre della stessa famiglia del materiale principale.
- Evitare le fodere incollate o fuse.

Lista di controllo per la progettazione in funzione dello smontaggio:

1. Le finiture sono rimovibili?
2. I componenti sono compatibili con il riciclaggio?
3. L'indumento può essere facilmente separato in parti monomateriale?

Obiettivo: consentire un facile smontaggio e riciclaggio riducendo al minimo i componenti in materiali misti.

Suggerimento: utilizzare filati, bottoni o rifiniture realizzati con la stessa famiglia di polimeri (ad esempio, filo di poliestere per tessuti in poliestere).

| Elemento dell'indumento | Materiale | Compatibile con la fibra principale? | Rimuovibile ? | Azione/suggerimento di riprogettazione |
|-------------------------|-----------|--------------------------------------|---------------|--|
| Tessuto principale | | | | |
| Filo da cucito | | | | |
| Cerniere/chiusure | | | | Sostituire con materiale compatibile |
| Etichette | | | | Stampa direttamente sul tessuto |
| Interfodera/incollaggio | | | | Sostituire con una struttura cucita |

Fase 4: Ottimizzare il colore e la finitura

- Se possibile, utilizzare materiali con selezione dei colori o non tinti.
- Preferire coloranti a base d'acqua o palette di colori naturali che non interferiscono con il recupero delle fibre.
- Evitare stampe laminate o rivestimenti metallici.

Obiettivo: scegliere finiture che preservino la purezza e la riciclabilità delle fibre.

Suggerimento: ove possibile, evitare tessuti sintetici tinti in profondità, poiché richiedono un ulteriore sbiancamento e si degradano maggiormente durante il riciclaggio.

| Aspetto | Scelta di design attuale | Impatto sulla riciclabilità | Opzione alternativa |
|-----------------|--|-----------------------------|---|
| Tipo di tintura | Reattivo, pigmentato o naturale | | Coloranti a base acquosa o naturali |
| Tipo di stampa | Plastisol/metallico/sublimazione | | Utilizzare stampa a base d'acqua o incisione laser |
| Finitura | Rivestimento, laminazione, trattamento | | Utilizzare finiture non trattate o riciclabili |
| Gamma di colori | Chiaro/scuro/naturale | | Fibre leggere o non tinte per la selezione dei colori |

Fase 5: Etichettare e comunicare in modo trasparente

- Includere etichette dettagliate sulla composizione delle fibre (evitare generiche "miscele di tessuti").
- Utilizzare codici QR o tag NFC per memorizzare le informazioni in formato digitale (in previsione del passaporto digitale dei prodotti dell'UE).
- Comunicare ai consumatori il potenziale di riciclabilità ("Questo capo è riciclabile al 100% nei sistemi meccanici").

Obiettivo: fornire informazioni chiare e standardizzate per garantire che il prodotto possa essere correttamente smistato e riciclato.

Suggerimento: crea il tuo "Passaporto dell'abbigliamento riciclabile" personalizzato che combini etichettatura e storytelling.

| | |
|-----------------------------|---|
| Nome del capo | [Inserire il nome del progetto] |
| Materiale principale | 100% lana riciclata |
| Finiture | Nessuna / compatibile |
| Potenziale di riciclabilità | Riciclaggio meccanico (recupero delle fibre di lana) |
| Istruzioni di fine vita | Restituzione al marchio / centro di riciclaggio tessile |
| Codice QR / Link digitale | [Inserire o progettare segnaposto] |

Fase 6: Progettazione per la raccolta e la restituzione

Immagina come verrà ritirato il capo dopo l'uso:

- Può essere inserito in un programma di raccolta del marchio?
- È abbastanza resistente da sopravvivere ai processi di smistamento e riciclaggio?

Obiettivo: chiudere il ciclo pianificando sistemi di recupero post-utilizzo.

Suggerimento: incoraggiare comportamenti di riparazione e restituzione attraverso incentivi o narrazioni.

| Fase | Partner/Canale | Azione/Processo | Considerazioni di progettazione |
|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|--|
| Vendita al dettaglio | Marchio/negozio | Incoraggiare i resi | Comunicazione tramite etichetta |
| Ritiro | Raccolta / contenitore di raccolta | Ordinamento per tipo di fibra | Codifica a colori |
| Riciclaggio | Impresa locale/riciclatore | Recupero delle fibre | Materiali compatibili |
| Rigenerazione | Produzione di filati | Riutilizzo delle fibre | Mantenimento della lunghezza delle fibre |
| Nuovo prodotto | Design/marchio | Riutilizzo del filato rigenerato | Narrazione a ciclo chiuso |

Strumenti di valutazione e liste di controllo

Lista di controllo per la preparazione alla riciclabilità

| Categoria | Domanda chiave | Sì / No | Note |
|-------------------------|--|---------|------|
| Materiale | Il tessuto principale è realizzato con un unico materiale? | | |
| Finiture | Le finiture sono realizzate con lo stesso materiale o con materiali compatibili? | | |
| Costruzione | Il capo può essere facilmente smontato? | | |
| Colore/Finitura | I coloranti e le finiture sono atossici e riciclabili? | | |
| Etichettatura | La composizione delle fibre è chiara e tracciabile? | | |
| Sistema di restituzione | Esiste un meccanismo di ritiro o raccolta? | | |

Sistema di punteggio:

5-6 "Sì" = Altamente riciclabile

3-4 "Sì" = Moderatamente riciclabile

1-2 "Sì" = Bassa riciclabilità, necessaria una riprogettazione

Strumento di valutazione visiva

Istruzioni: utilizzare questo strumento con schizzi o campioni di capi di abbigliamento.

| Categoria | Punteggio (1-5) | Commenti/Note sugli schizzi |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------------------|
| Purezza dei materiali | | |
| Semplicità di costruzione | | |
| Compatibilità delle finiture | | |
| Riciclabilità dei colori/finiture | | |
| Etichettatura e trasparenza | | |
| Potenziale di ritiro | | |

Attività pratica: "Sfida di riprogettazione riciclabile"

Obiettivo

Applicare i principi di progettazione per la riciclabilità valutando e riprogettando un capo di abbigliamento esistente.

Durata: 2-3 ore, adatta al lavoro individuale o in piccoli gruppi.

Materiali: un capo di abbigliamento esistente (preferibilmente un capo di fast fashion o in fibre miste).

Forbici, spilli, album da disegno, etichette di identificazione delle fibre, macchina fotografica.

Attività passo dopo passo

Parte 1 – Analisi

1. Selezionare un capo di abbigliamento.
2. Identifica ogni materiale (tessuto, filo, finitura).
3. Utilizza la lista di controllo della riciclabilità per valutare gli ostacoli legati al design.
4. Assegna un punteggio di riciclabilità (1-5).

Parte 2 – Riprogettazione

1. Reinventa il capo utilizzando materiali singoli o sostituti riciclabili.
2. Semplificare la struttura e sostituire gli accessori incompatibili.
3. Riprogettare il capo sotto forma di schizzo o annotare la foto originale.
4. Proporre un'etichettatura e un piano di fine vita (ad esempio, raccolta, riparazione, rifinitura).

Estensione facoltativa:

Se i materiali sono disponibili, gli studenti possono realizzare un prototipo di una sezione riprogettata (ad esempio, una manica in materiale unico o una chiusura riciclabile).

Spunti di riflessione

- Quali sono stati i maggiori ostacoli alla riciclabilità in termini di progettazione?
- In che modo la tua riprogettazione ha migliorato la riciclabilità?
- In che modo le infrastrutture industriali potrebbero supportare il tuo progetto?

imasus.eu

IIMASUS

Imagineering Sustainability

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



MUNKUN

LOTTOZERO



europa
creative
hubs
network