



# **W4TEX: Rafforzare la rappresentanza femminile nelle posizioni di responsabilità nel settore tessile**

NUMERO DEL PROGETTO: 2023-1-SE01-KA220-ADU-000154918

Durata del progetto: 01-11-2023 - 30-04-2026

## **UNITÀ 7 - MIGLIORAMENTO DELLA RACCOLTA E DEL RICICLAGGIO**

Autore: HB  
Collaboratori: HB

Data: 2025-03-14

Versione 2.0

## INDICE DEI CONTENUTI

<b>INTRODUZIONE AL MIGLIORAMENTO DELLA RACCOLTA E DEL RICICLO DEI TESSUTI.....</b>	<b>2</b>
<b>Contesto della sfida dei rifiuti tessili .....</b>	<b>2</b>
Economia circolare (CE) .....	2
Progettazione per la circolarità .....	3
Rifiuti pre- e post-consumo.....	4
<b>Stato attuale della raccolta e del riciclaggio nel settore tessile .....</b>	<b>4</b>
Regolamento sulla progettazione ecocompatibile dei prodotti sostenibili (ESPR) .....	5
La direttiva quadro sui rifiuti: il ruolo del riciclo tessile. ....	5
<b>STRATEGIE DI RACCOLTA DEI PRODOTTI TESSILI .....</b>	<b>7</b>
<b>Raccolta e selezione manuale .....</b>	<b>8</b>
Raccolta .....	8
Sfide e limiti della raccolta .....	8
Selezione .....	8
Sfide e limiti della cernita .....	9
<b>Raccolta e smistamento automatizzati .....</b>	<b>9</b>
Selezione .....	9
Requisiti aggiuntivi per il pre-riciclaggio .....	10
<b>STRATEGIE DI RICICLAGGIO DEI TESSUTI .....</b>	<b>11</b>
<b>Riciclo da tessuto a tessuto .....</b>	<b>11</b>
Le sfide attuali del riciclo da tessuto a tessuto .....	11
<b>Riciclo meccanico.....</b>	<b>12</b>
Descrizione .....	12
Sfide e limiti.....	13
<b>Riciclo chimico .....</b>	<b>13</b>
Descrizione/processo/requisiti/vantaggi .....	13
Sfide e limitazioni .....	14
<b>Altri metodi: riciclaggio termomeccanico e riciclaggio termochimico .....</b>	<b>14</b>
Riciclaggio termo-meccanico .....	14
Riciclaggio termochimico .....	14
<b>CONCLUSIONE.....</b>	<b>16</b>
<b>RIFERIMENTI .....</b>	<b>17</b>

# INTRODUZIONE A RACCOLTA E RICICLO DEI TESSUTI MIGLIORATI

## Il contesto della sfida dei rifiuti tessili

Il consumo di prodotti tessili è legato a molteplici questioni ambientali, una delle quali è il volume di prodotti tessili che vengono attualmente scartati e che potrebbero essere riutilizzati o riciclati. In Europa, il **tasso medio di consumo** è attualmente di **26 kg di prodotti tessili per persona all'anno**, mentre il **tasso medio di prodotti tessili scartati ogni anno è di circa 11 kg per persona** (Dahlbom, Aguilar Johansson, & Billstein, 2023).

Da un lato, la produzione tessile interna dell'UE è stata di quasi 1 milione di tonnellate nel 2018, con un volume aggiuntivo di importazioni di 5 milioni di tonnellate da Paesi come Cina, Bangladesh, Turchia e India, che sono i partner commerciali più comuni. **Ciò equivale a 6 milioni di tonnellate di prodotti tessili nell'UE.** D'altra parte, la raccolta stimata di rifiuti tessili nello stesso anno è stata di circa 1,6-3,5 milioni di tonnellate, che rappresentano un terzo della quantità totale di prodotti tessili immessi sul mercato (Dahlbom et al., 2023), il che **si traduce in due terzi dei prodotti tessili prodotti e importati che vengono messi in discarica, inceneriti o immagazzinati senza essere utilizzati.**

La Ellen MacArthur Foundation (2022) afferma che tra il 2000 e il 2015 **la produzione di abbigliamento è raddoppiata, e questa crescita è avvenuta parallelamente a una diminuzione del 36% del numero di volte in cui un indumento viene utilizzato prima di essere gettato nella spazzatura e diventare un rifiuto.** Un prodotto tessile o di abbigliamento raggiunge lo stato di rifiuto quando "il detentore se ne disfa o intende o deve disfarsene" (Dahlbom et al., 2023).

Si stima che i rifiuti generati annualmente dal settore dell'abbigliamento siano circa 92 milioni di tonnellate e che abbiano una responsabilità corrispondente fino al 6,7% delle emissioni globali di gas serra. In particolare, l'escalation del fast fashion ha generato un forte aumento della produzione di tessuti e fibre, che è passata a livello globale da 58 milioni di tonnellate nel 2000 a 113 tonnellate nel 2021, e si prevede che continuerà a crescere fino a raggiungere 149 milioni di tonnellate nel 2030. (Charnley, Cherrington, Mueller, Jain, Nelson, Wendland e Ventosa 2024).

## Economia circolare (CE)

Le questioni relative alla fine del ciclo di vita dei prodotti sono diventate sempre più rilevanti a causa dell'aumento dei volumi di produzione e di consumo di prodotti tessili, che si traduce in un aumento dei volumi di rifiuti tessili, nonché dei vincoli relativi all'estrazione di nuove risorse. Questi temi sono cruciali sia per i governi che per le imprese, che devono assumersi la responsabilità di , per le responsabilità ambientali ma anche per le potenziali opportunità economiche associate. I problemi relativi alla

gestione dei rifiuti e all'efficienza delle risorse tessili disponibili sono strettamente legati al concetto di economia circolare, che si **allontana dai modelli commerciali lineari convenzionali per promuovere strategie come la riduzione, il riutilizzo e il riciclo dei materiali** (Kant Hvass & Pedersen, 2019). In un'economia circolare di questo tipo, i prodotti tessili e dell'abbigliamento dovrebbero essere idealmente:

- Usati di più
- essere progettati per consentire il riciclaggio
- essere fabbricati con materiali sicuri e rinnovabili.

In linea con ciò, sarebbe necessario raccogliere e trattare i rifiuti tessili per produrre nuovi prodotti tessili (Charnley et al 2024).

Il riciclo dei tessuti all'interno di una CE è considerato cruciale per combattere l'impatto ambientale dell'industria della moda. La visione presentata dalla Ellen MacArthur Foundation (2017) è che la moda sia riparativa e rigenerativa per il suo design, fornendo benefici sociali e ambientali e valore per le imprese associate. Il sistema circolare consentirebbe inoltre di preservare il valore più elevato degli abiti prodotti durante la fase di utilizzo e quando rientrano nell'economia dopo la fase di utilizzo, eliminando il rischio di finire come rifiuti. Questo sistema circolare è descritto come un sistema che richiede quattro ambizioni per essere realizzato, i primi passi sono:

- Eliminare gradualmente le sostanze nocive,
- Incoraggiare un maggiore utilizzo dei prodotti,
- Miglioramento radicale dei processi di riciclaggio,
- un uso più efficiente delle risorse (Ellen MacArthur Foundation, 2017).

Sebbene il CE sia attualmente considerato un percorso cruciale per affrontare l'uso insostenibile delle risorse all'interno dell'industria tessile, il **ruolo cruciale del design per la riciclabilità è ancora largamente assente dalle** strategie e dagli approcci di sostenibilità **delle aziende di moda** (Charnley et. al, 2024).

## Design per la circolarità

Il ruolo cruciale del designer e della fase di sviluppo del prodotto è evidenziato dal fatto che **l'80% degli impatti ambientali dei prodotti tessili è determinato nella fase di progettazione/sviluppo del prodotto** (ECOS, 2021). Le decisioni prese in questa fase hanno un impatto sia sull'efficienza dell'uso delle risorse sia sui rifiuti prodotti, come già detto. È importante che i cambiamenti nel processo di progettazione e nei materiali tessili utilizzati siano necessari per garantire la possibilità di riciclaggio e consentire l'aumento dei processi di riciclaggio da tessuto a tessuto. I progettisti devono tenere conto di diversi aspetti quando progettano per consentire la circolarità, ma è fondamentale per consentire il riciclo. Per garantire l'efficienza del processo di riciclaggio, è importante che i progettisti abbiano applicato un **approccio di progettazione per la riciclabilità**. I progettisti devono considerare le scelte dei materiali, ad esempio monofibre o miscele con proprietà riciclabili, e altri aspetti come la costruzione del prodotto, le finiture, e la necessità di trattamenti superficiali. Attualmente, la riciclabilità viene affrontata raramente (o in modo insufficiente) nel

processo di progettazione, lasciando all'industria circa un terzo dei prodotti fabbricati non adatti al riciclo a ciclo chiuso (Charnley et al., 2024).

Inoltre, Charnely et al. (2024) presentano sei sfide attuali che rappresentano un ostacolo alla progettazione per la ciclabilità:

- Mancanza di conoscenze,
- I progettisti hanno un'influenza limitata sulle scelte dei materiali e sulla progettazione dei prodotti, a causa del bilanciamento di diversi fattori come il costo e la funzionalità,
- pressioni sui tempi di consegna,
- preferenza di determinate estetiche e funzioni da parte dei consumatori,
- Uso estensivo di fibre miste,
- lavorazioni chimiche estremamente intense.

Sono tutti aspetti che influiscono sulla riciclabilità del prodotto finale. Un ulteriore requisito che faciliterebbe la riciclabilità è una maggiore tracciabilità delle materie prime all'interno di catene di fornitura globali frammentate (Charnley et. al, 2024).

## Rifiuti pre- e post-consumo

I rifiuti tessili sono classificati in due tipi principali: **rifiuti pre-consumo** e **rifiuti post-consumo**. I rifiuti tessili pre-consumo riguardano i rifiuti generati nelle operazioni e nei processi nelle fasi di produzione, fabbricazione e distribuzione, e comprendono anche i prodotti invenduti. I rifiuti post-consumo sono definiti come i vari prodotti tessili scartati dai consumatori dopo la fase di utilizzo. Queste due categorie rappresentano flussi di rifiuti diversi (Dahlbom et al., 2023). **Questa unità si concentrerà principalmente sui rifiuti post-consumo**, poiché questo flusso di rifiuti è in crescita e deve affrontare sfide ancora maggiori rispetto ai rifiuti pre-consumo. Il volume crescente di tessuti post-consumo che vengono inceneriti o finiscono in discarica rimane una delle maggiori sfide per l'implementazione dell'economia circolare nell'industria della moda. Inoltre, questi rifiuti rappresentano una significativa perdita di valore, che potrebbe essere catturata reinserendo il mercato attraverso il riutilizzo o il riciclo (Kant Hvass & Pedersen, 2019).

## Stato attuale della raccolta e del riciclo nel settore tessile

**L'attuale livello di tessuti riciclati utilizzati per produrre nuovi abiti è ancora pari a circa l'1%** (Ellen MacArthur Foundation 2017). Circa il 70% degli abiti raccolti in Europa e negli Stati Uniti è riconosciuto come riutilizzabile, ma solo il 20% circa di questa quantità viene immesso nei mercati nazionali e rivenduto. La ragione individuata è l'attuale mancanza di domanda, che porta la quantità rimanente a essere venduta a commercianti di tessuti che spediscono gli articoli all'estero, dove al massimo il 70% può essere riutilizzato. Per quanto riguarda le rimanenze, due terzi vengono riciclati in prodotti di basso valore, mentre il resto viene smaltito in discarica o incenerito (Ellen MacArthur Foundation, 2017).

Le attuali capacità di smistamento all'interno dell'UE sono state identificate sulla base di uno studio di sette attori dello smistamento, che ha fornito una capacità totale per i tessuti post-consumo di circa 560 000 tonnellate nel periodo 2023-2025 (Dahlbom et al., 2023). Di questa capacità, 230.000 tonnellate si basano sullo smistamento automatico. Tuttavia, questi numeri devono essere considerati come una stima dei volumi, in particolare a causa della difficoltà di determinare la capacità effettiva degli attori che si dedicano alla selezione manuale. Questi volumi di smistamento devono essere confrontati con il numero stimato di prodotti tessili raccolti complessivamente nell'UE-27, che si aggira intorno a 1,6-2,5 milioni di tonnellate. Entro il 2030, secondo le previsioni di McKinsey (2022), circa 3,5 milioni di tonnellate saranno smistate con un processo di selezione manuale, in cui circa la metà dei prodotti potrà essere rivenduta e l'altra metà dovrà essere avviata al riciclo. All'interno di questa unità saranno trattati diversi processi di selezione e riciclaggio.

### **Regolamento sulla progettazione ecocompatibile dei prodotti sostenibili (ESPR)**

L'ESPR è un regolamento che mira ad aumentare la sostenibilità dei prodotti immessi nei mercati dell'UE attraverso miglioramenti quali una maggiore circolarità e riciclabilità dei prodotti. Questo a sua volta contribuirà a facilitare una migliore protezione del pianeta attraverso modelli di business più sostenibili e migliorerà inoltre l'economia dell'UE rafforzando la competitività e la resilienza. Nell'ESPR sarà definito un quadro di riferimento per i requisiti di progettazione ecocompatibile e la legge si concentrerà su aspetti quali "migliorare la durata, la riutilizzabilità, l'aggiornabilità e la riparabilità dei prodotti", "rendere i prodotti più facili da rifabbricare e riciclare" e "limitare la produzione di rifiuti", tra gli altri (Commissione europea 2024).

### **La direttiva quadro sui rifiuti: il ruolo del riciclo dei tessuti.**

Per ridurre e prevenire i rifiuti, l'UE ha presentato la "**Direttiva quadro sui rifiuti**", **che contiene una gerarchia dei rifiuti** (Fig. 1) da applicare per diminuire la quantità di rifiuti prodotti. La prima fase, quindi la priorità assoluta, è la prevenzione della produzione di rifiuti, la seconda è la preparazione dei prodotti per il riutilizzo, la terza è l'attivazione dei processi di riciclaggio, la quarta è il trattamento dei rifiuti come recupero, ad esempio per generare energia, e infine i rifiuti devono essere smaltiti (Parlamento europeo e Consiglio dell'Unione europea, 2008). La direttiva quadro sui rifiuti dell'UE ha richiesto specificamente che tutti i Paesi dell'Unione introducano bidoni separati per la raccolta dei rifiuti tessili a partire dal gennaio 2025. È di estrema importanza tenere presente che il primo passo/priorità nella gerarchia dei rifiuti è cruciale, **è necessario iniziare a minimizzare la creazione di rifiuti** riducendo la quantità di nuovi prodotti tessili prodotti e il tasso di consumo (Dahlbom et al., 2023). In seguito, il miglioramento delle strategie di raccolta, selezione e riciclaggio dei prodotti tessili è importante per implementare l'economia circolare.



Fig. 1 Gerarchia dei rifiuti, revisione della Direttiva quadro sui rifiuti 2008 (Parlamento europeo e Consiglio dell'Unione europea, 2008).

## RACCOLTA DEI TESSUTI STRATEGIE

I rifiuti post-consumo vengono gestiti principalmente in tre fasi, in termini di raccolta e selezione prima del processo di riciclaggio (Dahlbom et al., 2023).

- ⇒ In primo luogo il consumatore consegna il tessuto a un punto di raccolta, dove viene raccolto da un operatore di raccolta come un distributore, un rivenditore o un'organizzazione di beneficenza.
- ⇒ La seconda fase è lo smistamento iniziale, quando i tessuti vengono suddivisi manualmente in varie categorie a seconda della loro capacità di essere riutilizzati.
- ⇒ La terza e ultima fase è la seconda cernita, quella verso il riciclaggio. Questa selezione viene effettuata manualmente o automaticamente, a livello di composizione delle fibre.

Attualmente i volumi raccolti variano da Paese a Paese e da regione a regione, ma la media stimata dei prodotti tessili post-consumo raccolti è attualmente compresa tra il 30 e il 35% (Sandberg & Pal, 2024). Per ragioni di costo, una quota consistente viene esportata e smistata all'estero per la possibilità di realizzare le indispensabili economie di scala nel processo di smistamento.

I tassi di raccolta variano tra i diversi Paesi dell'UE, ma si stima che **solo un terzo dei tessili usati venga raccolto separatamente**, con circa 4 milioni di tonnellate di rifiuti tessili che non vengono raccolti separatamente e che attualmente finiscono nei rifiuti urbani misti (Eionet, 2021). Per questo motivo, il riutilizzo e il riciclo dei tessuti di alta qualità rappresenta un'opportunità significativa per l'industria tessile europea di ridurre le emissioni di gas serra (ibidem). Attualmente questo aspetto è in fase di rilancio e si stanno compiendo passi avanti verso la riduzione delle emissioni in questo modo, grazie all'**obbligo dei bidoni per la raccolta differenziata entro il 1° gennaio 2025**. In questo contesto, occorre considerare che se si vuole aumentare il volume dei prodotti tessili raccolti, questo deve essere collegato a una migliore capacità di selezione e a processi di riciclaggio con una capacità adeguata (Eionet, 2021).

**Una migliore differenziazione potrebbe contenere semplici istruzioni per separare la raccolta dei diversi prodotti tessili**, come bidoni separati per i tappeti, differenziazione per il riutilizzo, articoli non riutilizzabili ecc. Tuttavia, è necessario prendere in considerazione i costi logistici. **I costi logistici** della raccolta, della cernita e del riciclaggio dei prodotti tessili rappresentano spesso una sfida alla redditività economica del sistema e possono quindi ostacolare l'incentivo all'investimento. Queste pratiche potrebbero essere ottimizzate con lo sviluppo di strutture di smistamento comuni, condivise dai piccoli raccoglitori.

Per quanto riguarda il valore economico, è emerso che in un tipico sacco di tessuti donati il 10% con la migliore qualità fornisce oltre la metà del valore economico totale (Dahlbom et al., 2023).

## Raccolta e selezione manuale

### Raccolta

Insieme alla **raccolta di tessuti al banco presso i rivenditori o i negozi di seconda mano, gli enti di beneficenza e gli operatori commerciali sono stati i principali promotori del sistema di raccolta dei tessuti nell'UE**. Recentemente alcuni comuni hanno avviato iniziative per la raccolta dei prodotti tessili (Dahlbom et al., 2023) Pal e Sandberg (2024) aggiungono come attori della raccolta anche le aziende di rifiuti che sono un'iniziativa dei comuni e sono controllate o appaltate da questi ultimi.

La raccolta di indumenti post-consumo viene solitamente effettuata attraverso bidoni di raccolta in un luogo pubblico o come servizio in-store da parte del rivenditore stesso o di società di beneficenza e, occasionalmente, attraverso un servizio di ritiro a domicilio. Il servizio di ritiro a domicilio è associato a costi più elevati (Sandberg & Pal, 2024). Si prevede che il ruolo delle aziende di rifiuti aumenterà in linea con la nuova direttiva sui rifiuti dell'UE.

### Sfide e limiti della raccolta

La situazione attuale dell'industria mostra la raccolta di tessuti con un'attenzione primaria alla riutilizzabilità, senza la conoscenza, l'orientamento e la scalabilità del sito per gestire i rifiuti tessili rimanenti (Sandberg & Pal, 2024). Un'altra sfida identificata da Sandberg & Pal (2024) è il **problema principale dei costi di trasporto** legati agli attuali modelli di raccolta, mentre si affrontano **volumi di raccolta variabili, eterogeneità/diversità dei materiali e assorbimento dell'umidità**, ecc. Questi fattori illustrano le sfide per la raccolta dei tessuti rispetto, ad esempio, alla raccolta del vetro in volumi più elevati.

### Selezione

La cernita dei tessuti viene generalmente effettuata manualmente (Eionet, 2021). La selezione dei tessuti può essere suddivisa in due categorie principali a seconda dello scopo:

- Selezione per il riutilizzo,
- cernita per il riciclaggio (Sandberg & Pal, 2024).

Questo processo iniziale di smistamento degli oggetti raccolti è un processo manuale attualmente in atto nel Nord del mondo. Il processo di smistamento è condotto principalmente all'interno di organizzazioni caritatevoli e l'estrazione di valore è combinata con ulteriori scopi sociali, come la formazione al lavoro. Si tratta di una selezione che si concentra principalmente sul potenziale di riutilizzo. Lo smistamento manuale è un processo in cui i tessuti vengono **smistati a mano, compresa la lettura**

**delle etichette di manutenzione.** Il processo richiede personale altamente qualificato, in grado di smistare rapidamente i tessuti in base a categorie quali tipo, taglia, qualità e stile (Dahlbom et al., 2023). Attualmente gli impianti di smistamento possono contenere più di cento categorie per il riutilizzo dei prodotti tessili all'interno di diversi mercati e sono situati principalmente nei Paesi baltici e nell'Europa dell'Est a causa dei costi di manodopera più bassi.

Si prevede che la **cernita** manuale continuerà a essere la prima fase del processo di smaltimento dei rifiuti tessili, in quanto il valore economico del riutilizzo è più elevato e offre maggiori benefici ambientali (Dahlbom et al., 2023).

### Sfide e limiti della cernita

La cernita manuale, che attualmente è la pratica predominante, presenta problemi legati alla **bassa precisione di cernita e all'elevata incoerenza** (Sandberg & Pal, 2024). I limiti della cernita manuale sono la capacità, l'elevato numero di tipi di fibre diverse e l'adozione comune di tipi di fibre miste; inoltre, il problema dei contaminanti sotto forma di coloranti o rivestimenti comporta maggiori difficoltà nell'identificazione del materiale e nella cernita (Eionet, 2021). L'attenzione al riutilizzo con lo smistamento dei materiali indossabili e non indossabili di basso valore è attualmente il caso di un modello di business non redditizio. Il prezzo d'acquisto, il costo dello smistamento e i costi generali di trasporto rappresentano costi più elevati rispetto alle entrate attuali derivanti dalle vendite effettive, che vengono compensate dalle entrate derivanti dai flussi di capi di abbigliamento di valore più elevato, ma se questi capi di alto valore diminuiscono il modello non sarà sostenibile in futuro (Sandberg & Pal, 2024). La sfida rimane quella di ottenere pratiche di selezione adeguate con l'obiettivo di riciclare i prodotti tessili di , con particolare attenzione alle operazioni logistiche, che richiedono ulteriori sviluppi per migliorare la redditività economica.

## Raccolta e smistamento automatizzati

### Smistamento

Un vantaggio dello smistamento automatico è che consente un processo di smistamento più rapido e preciso rispetto allo smistamento manuale (Dahlbom et al., 2023). La tecnologia di smistamento automatico comprende uno strumento spettrometro per l'analisi della composizione del materiale attraverso le onde elettromagnetiche e l'interazione con la struttura chimica. Il risultato dell'analisi effettuata dallo spettrometro crea uno spettro che rappresenta la struttura chimica degli articoli. Questo metodo richiede una libreria di campioni che includa materiali puri e miscele. Lo spettrometro più comunemente utilizzato è la spettroscopia che impiega la tecnologia **della luce nel vicino infrarosso (NIR)** per identificare e differenziare i materiali (Dahlbom et al., 2023). La NIR, che può identificare diversi tipi di fibre, e la spettroscopia visibile (VIS), che può distinguere i colori, sono attualmente le tecnologie più utilizzate (Sandberg & Pal, 2024).

**La cernita automatica ha un vantaggio economico legato alla minore manipolazione manuale**, che consente di posizionarsi in paesi con salari elevati (Sandberg & Pal, 2024). Inoltre, lo smistamento automatico aggiunge un vantaggio di **maggior accuratezza**, in quanto il processo **è più affidabile** rispetto alla fiducia nelle etichette di cura durante lo smistamento manuale e i processi decisionali.

L'attuale disponibilità di operatori di smistamento automatico rimane scarsa su larga scala. La capacità delle tecniche di smistamento automatico è di smistare 900-1500 kg di tessuto all'ora (Dahlbom et al., 2023). Per ottenere un maggiore valore economico dal riciclo dei prodotti tessili, sono necessarie migliori tecnologie di riciclo, combinate con la necessità di tecnologie di smistamento in grado di suddividere i prodotti tessili per tipo di fibra e colore (Dahlbom et al., 2023).

### **Requisiti aggiuntivi prima del riciclo**

Nel processo di selezione per il riciclaggio, ci sono ulteriori requisiti di disassemblaggio, poiché i prodotti tessili di solito sono costituiti da parti dure, fodere e a volte rivestimenti o accoppiamenti o stampe che devono essere presi in considerazione. Questi processi possono essere eseguiti manualmente, ma hanno visto alcuni recenti sviluppi nelle tecnologie di automazione (Stubbe et. al, 2024).

# STRATEGIE DI RICICLAGGIO DEI TESSUTI

## Riciclo da tessuto a tessuto

**Sebbene il riutilizzo dei tessuti offra maggiori benefici ambientali rispetto al riciclaggio**, questa alternativa non è sempre praticabile. I prodotti possono essere troppo danneggiati o usurati e quindi il riciclaggio dei tessuti diventa l'opzione più adatta (Eionet, 2021).

L'approccio di creare nuovi prodotti tessili dai rifiuti tessili consente di ridurre l'impatto ambientale rispetto all'utilizzo di materiali vergini e offre l'opportunità di chiudere il ciclo all'interno dell'industria tessile. Questo approccio è un processo che verrà definito riciclo da tessuto a tessuto. **Il riciclaggio da tessuto a tessuto è un processo che comprende la raccolta dei rifiuti tessili e la loro trasformazione in nuovi tessuti o fibre da riutilizzare nell'abbigliamento e nella produzione tessile.**

McKinsey (2022) **identifica i quattro metodi di riciclaggio primari come meccanico, chimico, termomeccanico e termochimico**, definendo cioè il termico come due categorie.

L'attuale panorama dei processi di riciclo tessile sta cambiando e sta vivendo un rapido cambiamento verso la scalabilità (Sandberg & Pal, 2024). McKinsey (2022) suggerisce che il 70% dei rifiuti tessili raccolti in Europa ha il potenziale per essere riciclato in nuove fibre tessili. Ciò potrebbe ridurre l'impronta di carbonio fino al 90% di diverse fibre, insieme a una riduzione dell'uso di acqua, terra e sostanze chimiche (Dahlbom et al., 2023).

## Le sfide attuali del riciclo da tessuto a tessuto

I riciclatori del settore e le relative tecnologie richiedono frazioni di materiale più stabili e precise (Sandberg & Pal, 2024). Il riciclaggio da tessuto a tessuto deve ancora affrontare **limiti importanti per quanto riguarda la disponibilità della tecnologia e una domanda sufficiente di materiali.**

Sono state riscontrate sfide anche per quanto riguarda la scalabilità di questi processi di riciclo da tessuto a tessuto. Dal punto di vista logistico, è chiaro che sono necessari **investimenti** per sviluppare **infrastrutture** che contengano sia la **raccolta che i processi di selezione e riciclaggio**, per raggiungere il suggerimento precedentemente discusso del potenziale di riciclaggio del 70% dei rifiuti tessili in nuove fibre (Sandberg & Pal, 2024). Inoltre, le **tecnologie desiderate** devono essere migliorate per quanto riguarda la gestione di varie miscele di materiali e varietà di qualità delle materie prime fornite. Un ulteriore requisito per la scalabilità è una **maggiore tracciabilità** attraverso l'intera catena di fornitura, nonché la necessità di una collaborazione interorganizzativa con un maggiore coordinamento generale.

Una maggiore tracciabilità e trasparenza all'interno delle filiere tessili può facilitare la diminuzione delle incertezze sulle qualità dei prodotti e delle fibre. È stata inoltre individuata la sfida della mancanza di partnership tra marchi, produttori di fibre, riciclatori e autorità per condividere le conoscenze e lavorare in modo collaborativo per creare la circolarità (Eionet, 2021).

Si prevede che la quantità di rifiuti tessili raccolti aumenterà a causa della nuova richiesta di bidoni separati per la raccolta nel 2025; tuttavia, la quantità (frazione) che può essere riutilizzata sta diminuendo a causa del numero di indumenti riutilizzabili che si prevede rimarrà invariato (Dahlbom et al., 2023). I cassonetti separati sono un requisito per gli Stati membri dell'UE; ciò richiederà ulteriori misure politiche relative alle fasi successive, come la raccolta, la selezione e le infrastrutture di riciclaggio (Commissione Europea Revisione 2023). Il riciclo da tessuto a tessuto è attualmente disponibile per le monofibre e per un numero limitato di tessuti misti, mentre il riciclo di tessuti post-consumo su scala più ampia incontra ancora diversi ostacoli. La disponibilità di forniture adeguate di rifiuti tessili è limitata e il processo di rimozione delle rifiniture e di altri materiali simili non tessili rimane un problema (Charnley et. al 2024).

## Riciclaggio meccanico

### Descrizione

Il riciclaggio meccanico è un processo consolidato ed **efficace dal punto di vista dei costi** e ha **la capacità di trattare diversi rifiuti tessili** a varie scale (Charnley et. al, 2024). In questi processi di riciclo meccanico, è richiesta una lunghezza minima della fibra per raggiungere una qualità accettabile del filato in uscita. **Per questo motivo, le fibre riciclate vengono solitamente miscelate con materiali vergini per ottenere la lunghezza e la qualità richieste.** Le fibre naturali richiedono una frazione del 5-20% dell'input per diventare fibre filabili mentre una miscela con il poliestere. Il poliestere da solo richiede una frazione del 25-55%.

Il metodo di riciclaggio meccanico è un processo in cui i tessuti raccolti vengono:

1. Tagliati,
2. Sminuzzati
3. aperti a livello di fibre

Il processo di riciclaggio meccanico lascia inalterata la struttura chimica e ha il vantaggio di essere efficiente dal punto di vista dei costi (Sandberg & Pal, 2024). Tuttavia, prima del processo di riciclaggio, è necessario rimuovere i componenti hardware, come le guarnizioni (Dahlbom et al., 2023).

Il riciclaggio meccanico ha **il vantaggio di richiedere investimenti limitati** e lo spazio necessario per facilitare la pratica, di **consumare poche risorse** e di **poter trattare una grande varietà di materiali** (Stubbe, Stijn, Huysman, Tilkin, De Schrijver &

Vanneste, 2024). **Il riciclaggio meccanico è attualmente il metodo più affermato**; si tratta di un processo che prevede sia il riciclaggio a ciclo aperto, che produce principalmente prodotti riciclati come gli stracci, sia il riciclaggio a ciclo chiuso, che fornisce nuovi filati (Sandberg & Pal, 2024).

## Sfide e limitazioni

Le difficoltà del riciclo meccanico includono l'impossibilità di separare le fibre miste e la presenza di sostanze chimiche pericolose provenienti dai processi produttivi. Il riciclo meccanico presenta inoltre problemi di riproducibilità dovuti al **degrado della qualità delle fibre** in seguito alla riduzione della loro lunghezza (Charnley et al, 2024). Un altro aspetto negativo del riciclo meccanico è che la qualità della produzione è medio-bassa, a causa della ridotta lunghezza delle fibre (Sandberg & Pal, 2024). La riduzione della lunghezza delle fibre riciclate rispetto alle fibre vergini è di circa il 40% (Stubbe et al, 2024). **La qualità dell'output nel riciclo meccanico dipende in larga misura dalla qualità dell'input**, pertanto quando si trattano rifiuti post-consumo il riciclo meccanico dipende in larga misura dai processi di selezione precedenti.

## Riciclaggio chimico

### Descrizione

Il processo di riciclaggio chimico produce polimeri o monomeri attraverso la scomposizione delle fibre, fornendo risultati di qualità migliore rispetto al riciclaggio meccanico (Sandberg & Pal 2024). Può essere ulteriormente suddiviso in tre tecnologie:

- Riciclo di polimeri cellulosici,
- Riciclo di tessuti sintetici,
- *riciclo di miscele e monomeri di tessuti sintetici* (Stubbe et al., 2024).

**Il vantaggio del riciclo chimico è la capacità di purificare i rifiuti, per ottenere un polimero puro e incolore di qualità simile a quella dei materiali vergini**, con una migliore ripetibilità (Charnley et al, 2024). Il processo di riciclaggio chimico consiste in una tecnologia che trasforma i rifiuti tessili nei loro elementi chimici di base, attraverso la *depolimerizzazione* quando si tratta di fibre sintetiche o la *dissoluzione* quando si tratta di fibre cellulosiche. Il materiale raggiunge uno stato molecolare, viene poi ripolimerizzato e può essere nuovamente filato in nuove fibre (Dahlbom et al., 2023).

Il riciclaggio chimico ha conosciuto un rapido sviluppo negli ultimi anni per quanto riguarda i rifiuti tessili cellulosici sintetici e non. Il riciclo chimico dei materiali cellulosici è in fase di sviluppo e ha raggiunto una scala industriale, con diversi attori in grado di riciclare questo tipo di rifiuti post-consumo (Charnley et al, 2024). Di conseguenza, il riciclaggio chimico ha recentemente iniziato a essere commercializzato (Sandberg & Pal, 2024).

## Sfide e limiti

**I limiti principali delle tecnologie di riciclaggio chimico sono la richiesta di materiali di scarto non miscelati e non contaminati**, sebbene la tecnologia sia attualmente in fase di sviluppo per superare queste sfide (Charnley et al., 2024). Inoltre, il costo rimane ancora relativamente alto rispetto al processo di produzione di materiali vergini. A causa del rischio di materiali fortemente contaminati, il processo richiede ulteriori fasi di purificazione che a loro volta aumentano il costo della produzione. Il processo di riciclo chimico è inoltre ad alta intensità di risorse, sia per quanto riguarda l'energia che l'uso di sostanze chimiche. In conclusione, attualmente **il riciclo chimico incontra barriere tecnologiche, sistemiche ed economiche**. Tuttavia, esiste la possibilità di scalare commercialmente il riciclo chimico, date le giuste condizioni, il che consentirebbe di ridurre la domanda di fibre vergini (Charnley et al., 2024). Sandberg e Pal (2024) sottolineano inoltre il costo più elevato associato al riciclo chimico rispetto a quello meccanico. Inoltre, richiede un elevato consumo di energia e di acqua e necessita di una scala più ampia per garantire la redditività economica (Stubbe et al., 2024).

## Altri metodi - Riciclaggio termo-meccanico e Riciclaggio termo-chimico

Gli ultimi processi sono quelli termomeccanici e termochimici, che comprendono processi di fusione e gassificazione (Sandberg & Pal, 2024).

### Riciclaggio termomeccanico

Per i tessuti sintetici monofibra, il riciclaggio termomeccanico è un metodo adatto (Charnley et al., 2024). Il processo di riciclaggio termomeccanico si basa sulla capacità di rifondere i materiali termoplastici di scarto; è quindi il metodo commerciale consolidato per il riciclaggio delle bottiglie in PET, ma non viene applicato su larga scala per i tessuti. Pur essendo un processo efficiente ed economicamente vantaggioso, presenta delle limitazioni associate a problemi di viscosità e a severi requisiti per i materiali in ingresso (Stubbe et al., 2024). Il processo di riciclaggio termomeccanico, tuttavia, è limitato a causa della qualità ridotta e della ritenzione di colore e sostanze chimiche nel prodotto riciclato (Charnley et al., 2024).

### Riciclo termochimico

















Anche la tecnologia termochimica è una pratica in fase di sviluppo commerciale, che ha la capacità di separare e recuperare il poliestere di scarto di basso valore per produrre un prodotto simile al materiale vergine (Charnley et al., 2024). Il processo di riciclaggio termochimico scompone i materiali di scarto mediante l'uso del calore in monomeri o componenti. Ha il vantaggio di poter trattare materiali più complessi, come miscele e materiali non adatti ai metodi precedentemente menzionati, e di non essere sensibile ai contaminanti. Esiste tuttavia una tecnologia in scala commerciale applicata per il recupero di energia e la protezione del combustibile, anche se per

l'applicabilità nell'industria tessile sono necessari adattamenti di ulteriori fasi di pre-purificazione (Stubbe et al, 2024).

Sia i processi termomeccanici che quelli termochimici sono metodi attualmente limitati nella loro applicazione nel settore tessile (Sandberg & Pal, 2024).

Per un confronto tra le diverse tecnologie, si veda la tabella 1.

## Tecnologie di riciclo e loro fattori di impatto

	Riciclaggio meccanico	Riciclaggio chimico (sia (monomero) che polimero)	Riciclaggio termomeccanico	Riciclaggio termico-chimico
Consumo energetico				
Consumo idrico				
Uso di sostanze chimiche				
Costo di processo				
Capacità di tornare alla qualità originaria	Basso	Medio-Alto (Alto)	Medio	Alto
Capacità di gestire le contaminazioni	Basso	Medio (Alto)	Basso	Alto

**Tabella 1.** Valutazione delle diverse tecnologie di riciclo e dei relativi fattori ambientali (sulla base delle informazioni di Stubbe et al. (2024))

## CONCLUSIONE

**In linea con la *direttiva quadro sui rifiuti dell'UE*, il miglioramento della raccolta ha fatto un passo avanti, che può essere considerato un primo passo verso il raggiungimento del riciclaggio a circuito chiuso nell'industria tessile.** Anche il miglioramento della selezione è in fase di sviluppo per raggiungere il necessario upscaling e una maggiore efficienza del processo. Inoltre, l'industria ha bisogno di ulteriori miglioramenti e sviluppi nell'ambito delle pratiche di riciclo, per sviluppare una pratica più accurata, efficiente ed economica con la capacità di bilanciare l'offerta e l'efficienza dei costi. Ciò può sostenere il settore nel passaggio a un'industria tessile più circolare, con una maggiore valorizzazione delle risorse disponibili, un'efficienza delle risorse e un minore impatto ambientale complessivo.

**Anche se la raccolta dei tessuti ha registrato recenti miglioramenti, è necessario un ulteriore sviluppo e allineamento con le pratiche successive.** Le pratiche di riciclo attualmente dominanti e disponibili su larga scala nell'industria tessile sono il riciclo meccanico, che tuttavia presenta le attuali limitazioni di cui si è detto sul sito. La sfida generale per il settore tessile è l'allineamento dei tassi di raccolta con le capacità di selezione, che può essere visto come il prossimo passo cruciale del percorso di sviluppo. Tuttavia, poiché i tassi di raccolta sono legati alle quantità di prodotti tessili prodotti, che a loro volta sono legati al tasso di consumo, il consumo come fattore significativo non può essere trascurato in questa discussione.

Le sfide e i limiti discussi in questa unità dovrebbero essere considerati come aree chiave di miglioramento e ispirazione per l'innovazione e lo sviluppo futuri, che possono essere combinati con una maggiore tracciabilità e trasparenza nella catena di approvvigionamento tessile per migliorare l'efficienza delle pratiche di raccolta, selezione e riciclaggio. In generale, la collaborazione è cruciale con questi sviluppi per scalare le pratiche di riciclaggio.

Le pratiche di raccolta, selezione e riciclo all'interno del settore tessile sono in fase di sviluppo e stanno registrando rapidi progressi; tuttavia, come discusso, **restano da superare diverse barriere per sviluppare realmente la capacità di passare a un ecosistema tessile più circolare e a ciclo chiuso.** Le leggi e i regolamenti sviluppati presentati nell'unità rappresentano un ulteriore passo avanti verso il raggiungimento di questo obiettivo.

## RIFERIMENTI

Charnley, F., Cherrington, R., Mueller, F., Jain, A., Nelson, C., Wendland, S., & Ventosa, S. (2024). Conservare il valore del prodotto nei tessuti post-consumo: Come scalare un sistema a ciclo chiuso. *Risorse, Conservazione e Riciclaggio*, 205, 107542- . <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107542>

Dahlbom, M., Aguilar Johansson, I., & Billstein, T. (2023). Futuri sostenibili per l'abbigliamento - Mappatura degli attori tessili nella selezione e nel riciclo dei prodotti tessili in Europa. Da IVL svenska miljöinstitutet: <https://ivl.diva-portal.org/smash/get/diva2:1733211/FULLTEXT02.pdf>

ECOS. (2021). *Come l'ecodesign può rendere circolare il nostro tessile*. ECOS - Environmental Coalition on Standards. <https://ecostandard.org/wp-content/uploads/2021/04/ECOS-REPORT-HOW-ECODESIGN-CAN-MAKE-OUR-TEXTILES-CIRCULAR.pdf>.

Eionet. (2021). *La plastica nei prodotti tessili: Potenzialità per la circolarità e la riduzione degli impatti ambientali e climatici* (ETC/WMGE 2021/1). Centro tematico europeo sui rifiuti e i materiali in un'economia verde. <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-wmge/products/etc-wmge-reports/plastic-in-textiles-potentials-for-circularity-and-reduced-environmental-and-climate-impacts>

Fondazione Ellen MacArthur. (2017). Riprogettare il futuro della moda. Recuperato l'11 marzo 2025, da Ellen MacArthur Foundation: <https://ellenmacarthurfoundation.org/a-new-textiles-economy>.

Fondazione Ellen MacArthur. (2022). Ripensare i modelli di business per un'industria della moda fiorente. Recuperato l'11 marzo 2025, dalla Fondazione Ellen MacArthur: <https://ellenmacarthurfoundation.org/fashion-businessmodels/overview>.

Revisione della Commissione Europea. (2023). *Proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio che modifica la direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti* (COM/2023/420). [https://environment.ec.europa.eu/document/download/ca53d82e-a4d3-40b9-a713-93585058f47f\\_en?filename=Proposal%20for%20a%20DIRECTIVE%20OF%20THE%20EUROPEAN%20PARLIAMENT%20AND%20OF%20THE%20COUNCIL%20amending%20Directive%20200898EC%20on%20waste%20COM\\_2023\\_420.pdf](https://environment.ec.europa.eu/document/download/ca53d82e-a4d3-40b9-a713-93585058f47f_en?filename=Proposal%20for%20a%20DIRECTIVE%20OF%20THE%20EUROPEAN%20PARLIAMENT%20AND%20OF%20THE%20COUNCIL%20amending%20Directive%20200898EC%20on%20waste%20COM_2023_420.pdf)

Parlamento europeo e Consiglio dell'Unione europea. (2008). *Direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive*. Gazzetta ufficiale dell'Unione europea, L 312, 3-30. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098>

Commissione europea. (2024). *Regolamento sulla progettazione ecocompatibile dei prodotti sostenibili*. EU-Commission <https://commission.europa.eu/energy-climate->

[change- environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/ecodesign-sustainable-products-regulation\\_en](#)

Kant Hvass, K., & Pedersen, E. R. G. (2019). Verso l'economia circolare della moda: Esperienze dall'iniziativa di ritiro dei prodotti di un marchio. *Journal of Fashion Marketing and Management*, 23(3), 345-365. <https://doi.org/10.1108/JFMM-04-2018-0059>

McKinsey, 2022. Scaling textile recycling in Europe-turning waste into value, <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/scaling-textile-recycling-in-europe-turning-waste-into-value>.

Sandberg, E., & Pal, R. (2024). Esplorare le capacità della catena di fornitura nel riciclo da tessile a tessile - Uno studio europeo con intervista. *Cleaner Logistics and Supply chain*, 11, 100152. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2024.100152>

Stubbe, B., Stijn, V. V., Huysman, S., Tilkin, R., De Schrijver, I., & Vanneste, M. (2024). Libro bianco sulle tecnologie di riciclo delle fibre tessili. *Sostenibilità*, 16(2), 618. <https://doi.org/10.3390/su16020618>