



**POLITECNICO DI TORINO**

**Corso di Laurea Magistrale  
in Architettura per il Progetto Sostenibile**

**Tesi di Laurea Magistrale**

**SOTTOPRODOTTI E RIFIUTI DELL'INDUSTRIA TESSILE.  
Formulazione di scenari di reimpiego in architettura.**

**Relatore**

**prof. Giordano Roberto**

**Correlatore**

**prof. ssa Montacchini Elena**

**arch. Tedesco Silvia**

**Studente**

**Valeria Osella**

**232359**

**Luglio 2018**

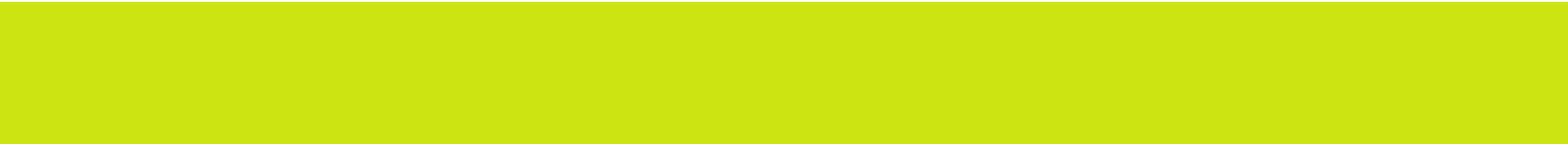


---

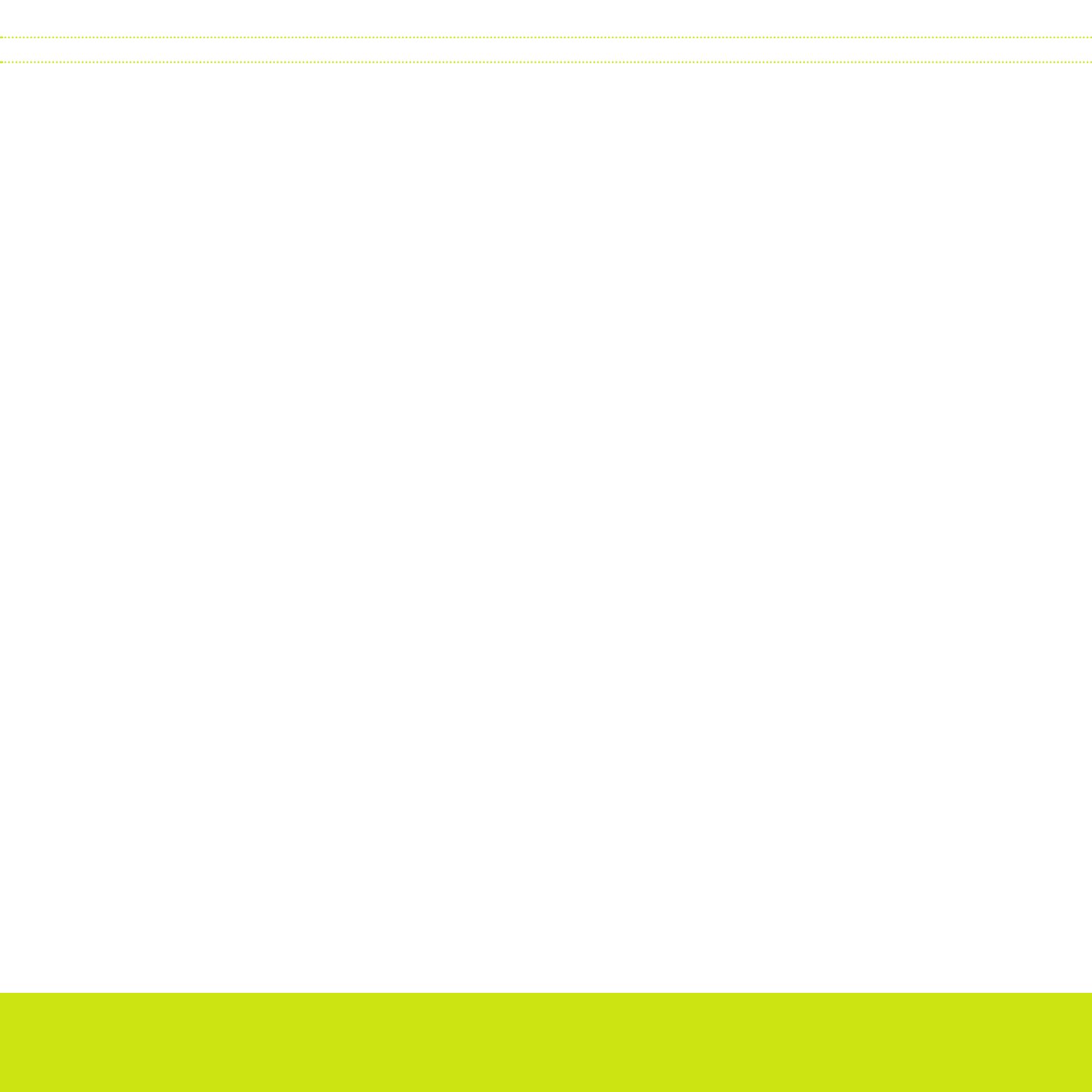
---

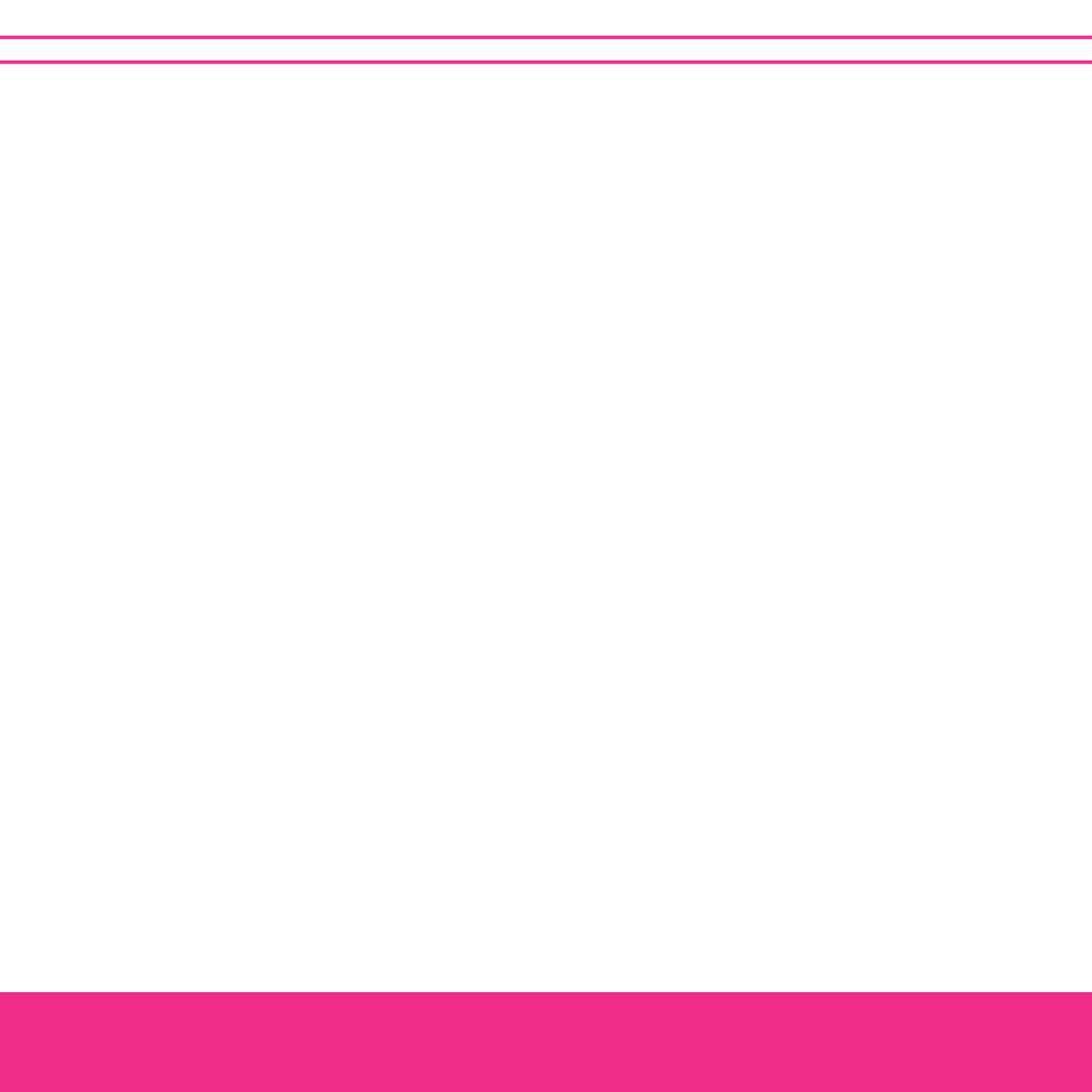
*“E' buffo come da bambini si pensi che il tempo non  
passerà mai; poi, dal momento in cui si raggiungono i  
vent'anni passa svelto come il rapido per Memphis. Io credo  
che succeda a tutti: la vita ti scivola addosso. Di sicuro  
è successo a me. Un giorno ero una bambina e il giorno  
dopo ero una donna adulta, con il petto e i peli non dico  
dove. E nel frattempo non mi ero accorta di nulla.  
Ma io non sono mai stata brava a scuola..”*

*Sig. Virginia Treatgood*











---

# Parte Prima

---

## HIGHLIGHTS

p. 1

## L'ECONOMIA CIRCOLARE E IL RUOLO DEL CONSUMATORE

p. 6

## LE STRATEGIE DI SVILUPPO E LE MODALITÀ DI INTERVENTO

p. 15

## GLI STUDI DI SETTORE

p. 21

## L'ECONOMIA CIRCOLARE NEL SETTORE TESSILE

p. 25

## I CONSUMI DI TESSILE IN EUROPA E IN ITALIA

p. 38

## IL SETTORE MODA: L'IMPRONTA ECOLOGICA

p. 45

## LA NORMATIVA EUROPEA E ITALIANA SUI RIFIUTI

p. 38

## LA NORMATIVA SUI RIFIUTI E GLI SCARTI TESSILI

p. 56

---

## **IL FINE VITA DEGLI SCARTI (RIFIUTI) TESSILI**

p. 64

### **La classificazione**

p. 65

### **La gestione**

p. 72

---

## **LE CATEGORIE DI IMPATTO**

p. 78

### **L'IMPATTO AMBIENTALE**

p. 81

#### **L'impatto ambientale del COTONE**

p. 82

#### **L'impatto ambientale della LANA**

p. 86

#### **L'impatto ambientale della SETA**

p. 91

#### **L'impatto ambientale della PELLE**

p. 94

#### **L'impatto ambientale delle FIBRE SINTETICHE**

p. 94

---

### **L'IMPATTO ECONOMICO**

p. 102

---

### **L'IMPATTO SOCIALE**

p. 107

---



# Parte Seconda

---

## **LE FIBRE**

### **Definizione e classificazione**

p. 114

### **Caratteristiche chimico fisiche**

p. 116

### **Le proprietà**

p. 119

---

## **LE FIBRE TESSILI DA FONTE RINNOVABILE**

p. 123

### **FIBRE DI ORIGINE NATURALE VEGETALE**

p. 124

#### **II COTONE**

p. 126

#### **II LINO**

p. 132

---

### **FIBRE DI ORIGINE NATURALE ANIMALE**

p. 135

#### **La LANA**

p. 136

**La SETA**

**p. 144**

**La PELLE**

**p. 149**

**I BIOPOLIMERI**

**p. 155**

---

## **LE FIBRE TESSILI DA FONTE NON RINNOVABILE**

**p. 157**

**FIBRE A BASE ORGANICA**

**p. 158**

**La POLIAMMIDE e il POLIESTERE**

**p. 161**

**Le FIBRE ARTIFICIALI**

**p. 164**

---

**FIBRE A BASE INORGANICA**

**p. 166**

**La FIBRA DI VETRO**

**p. 167**

**La FIBRA DI CARBONIO**

**p. 169**



---

# Parte Terza

---

## **INTRODUZIONE**

p. 114

## **LA STORIA**

p. 176

## **L'ANALISI DI SCENARIO**

p. 197

## **I MATERIALI**

p. 199

## **LE PROPRIETÀ**

p. 203

---

## **LE CORRELAZIONI TRA PROPRIETÀ**

p. 218

### **Conducibilità termica e densità**

p. 220

### **Assorbimento acustico e densità**

p. 233



## **GLI SCENARI DI PROGETTO**

p. 236

### **SCENARIO A**

p. 238

#### **Modalità 1: Pannello semi rigido**

p. 239

#### **Modalità 2: Pannello morbido**

p. 245

#### **Modalità 3: Insufflaggio**

p. 250

### **SCENARIO B**

p. 238

#### **Modalità 1: Pannello vibrante**

p. 239

## **CONSIDERAZIONI FINALI**

p. 261

## **BIBLIOGRAFIA**

p. 267



---

---

## HIGHLIGHTS

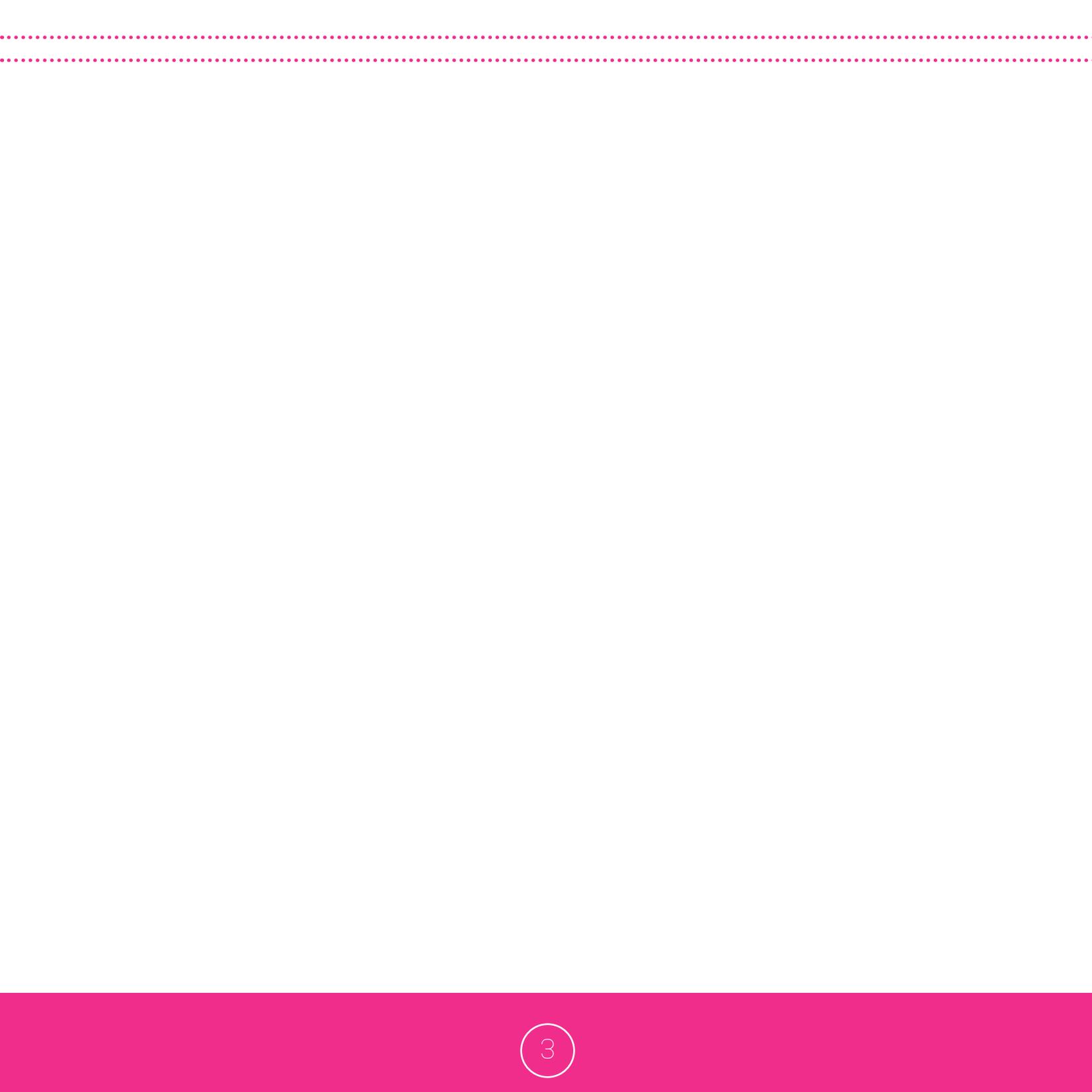
Il tema trattato all'interno di questa tesi vede nella *Circular Economy* un punto di partenza per l'analisi e lo studio delle fibre di origine tessile e la loro possibile applicazione all'interno di componenti edilizi nel campo dell'architettura.

Ad oggi la *Circular Economy* rappresenta un mito ormai sfatato dalla volontà e dall'atteggiamento delle imprese votate alla sostenibilità nei processi di produzione, attuando giorno per giorno i passi che le norme, italiane ed europee, e la società impongono. Nell'ambito del settore tessile la *Circular Economy* ha influenzato la moda, definita fast-fashion, in maniera positiva, imponendo come sfida la ricerca continua di innovazione senza rinunciare alla creatività e alla qualità del capo di abbigliamento. L'applicazione di un atteggiamento attento alla sostenibilità si traduce nell'analisi dei rifiuti prodotti dall'impero della moda e dell'industria tessile e il loro possibile reimpiego all'interno dello stesso settore o in altri. In accordo con il processo di valorizzazione dei rifiuti e alle regole della sostenibilità ambientale è stato possibile catalogare gli scarti, provenienti dall'industria tessile e non, sotto forma di sottoprodotti in grado di poter assumere nuovi usi e nuova vita utile. La ricerca si prefigge l'obiettivo di trovare, alla luce del percorso di

---

laurea, un possibile reimpiego nel campo dei materiali per l'edilizia indagando quale di questi rifiuti possa assumere una nuova collocazione in un mondo che gira in senso circolare.

La metodologia adottata si basa sull'analisi della Circular Economy e delle normative, nazionali e internazionali, sulla regolamentazione dei rifiuti, per svilupparsi poi nella creazione di una banca dati nella quale è stato possibile catalogare e individuare le fibre tessili e le proprietà intrinseche. L'obiettivo specifico prefissato è la formulazione di possibili scenari di reimpiego della frazione tessile nel campo dell'architettura, seguendo un processo che procede per esclusione delle proprietà che intercorrono tra i due settori, tenendo conto dei requisiti che entrambi richiedono. Una volta individuato l'obiettivo sono state effettuate delle prove a livello di comparazione tra proprietà grazie all'ausilio del programma Cambridge Engineering Selector (CES) che ha permesso di ragionare sul comportamento della frazione tessile (lana, pelle e poliestere) rispetto ai materiali utilizzati oggi in edilizia. Sulla base dell'analisi dei grafici CES sono stati formulati due scenari principali che consistono nella realizzazione di pannello isolante termico acustico, secondo tre modalità distinte, e la progettazione di un pannello vibrante.





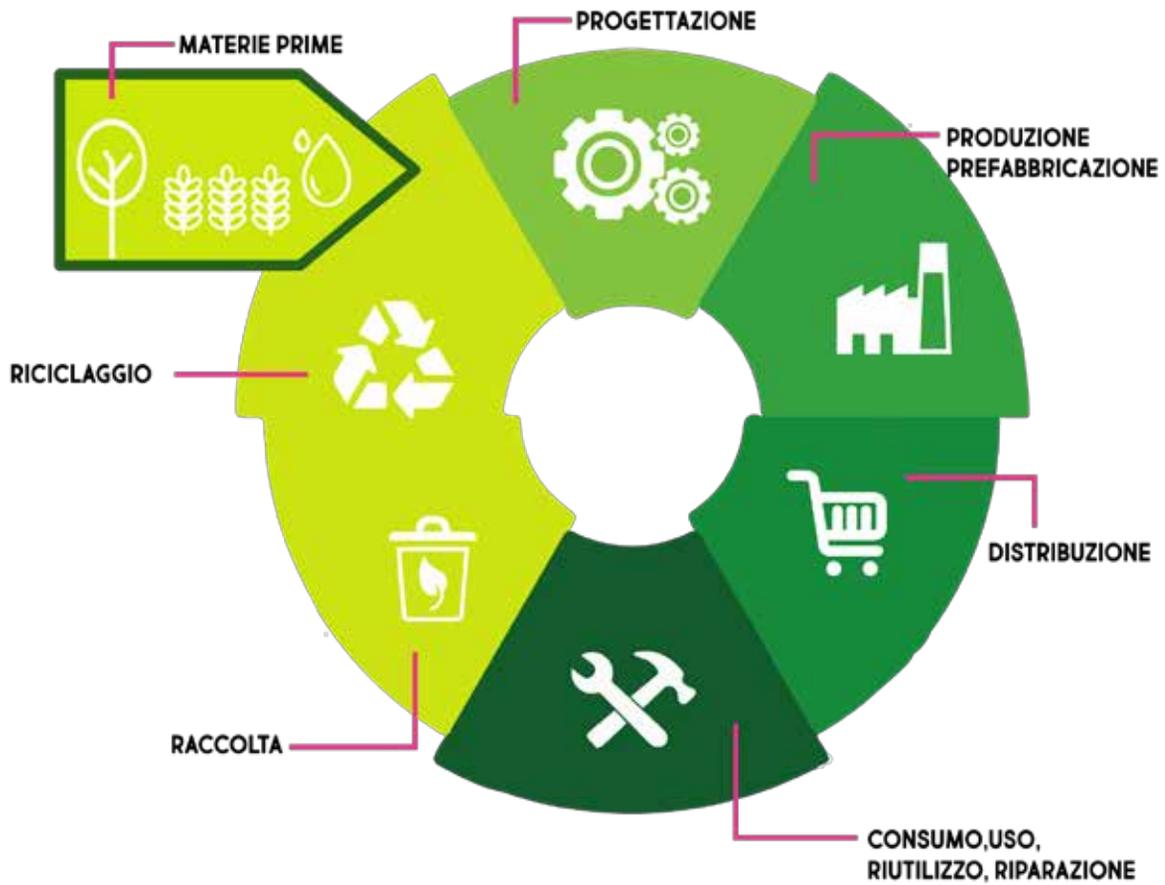




## L'ECONOMIA CIRCOLARE E IL RUOLO DEL CONSUMATORE

Per comprendere a fondo l'importanza di una nuova realtà economica di tipo circolare, è necessario indagare su quali siano gli aspetti che la contraddistinguono e cosa comporti il cambiamento in senso ciclico.

Di seguito viene definito ciò che si intende per economia circolare, come si sviluppa, cosa prevede e cosa dovrebbe comportare nel caso in cui venisse adottata a livello nazionale.



**FONTE:**  
elaborazione personale su dati forniti dal rapporto del Parlamento Europeo 2015.

Seconda la definizione fornita dal programma delle Nazioni Unite per l'ambiente (UNEP) nel report del 2010, l'**Economia Circolare o Green Economy** *"can be defined as one that results in improved human well-being and social equity, while significantly reducing environmental risks and ecological scarcities. A Green Economy is characterized by substantially increased investments in economic sectors that build on and enhance the earth's natural capital or reduce ecological scarcities and environmental risks. These sectors include renewable energy, low-carbon transport, energy-efficient buildings, clean technologies, improved waste management, improved freshwater provision, sustainable agriculture, forestry and fisheries. These investments are driven by, or supported by, national policy reforms and development of international policy and market infrastructure"*<sup>1</sup>.

La fondazione Ellen McArthur fornisce un'ulteriore definizione che afferma che l'Economia Circolare è *"un'economia pensata per potersi rigenerare da sola. Infatti, nell'economia circolare i flussi di materiali sono di due tipi: quelli biologici, in grado di essere reintegrati nella biosfera, e quelli tecnici, destinati a essere rivaloriz-*

---

<sup>1</sup> UNEP Report 2010.

zati senza entrare nella biosfera”<sup>2</sup>. L'economia circolare prevede sostanzialmente la riduzione dello spreco e di beni di consumo, quindi la diretta diminuzione dell'impatto ambientale e della produzione di rifiuti. Come altri settori produttivi, anche quello tessile e dell'abbigliamento si confrontano con il tema della sostenibilità e della Green Economy, in tutte quelle che possono essere le criticità e potenzialità che questa attività prevede.

Secondo l'economista statunitense Paul Krugman, l'economia circolare rappresenta una sfida per costruire *“un'altra economia”*<sup>3</sup>, che riesca a garantire il superamento dell'attuale situazione negativa inserendo, nell'ambito di questa sfida, un attore inedito rappresentato dalle imprese, che hanno il compito di creare nuovi valori oltre a quello economico già esistente. La nuova economia è responsabile e ha in sé nuove pratiche e modelli produttivi di forte impatto rigenerativo, proprio perché intorno all'azienda ruotano personaggi differenti e con un impatto sociale fondamentale per muovere i passi verso questa nuova realtà.

---

<sup>2</sup> Definizione fornita dalle ricerche di Ellen McArthur Foundation, la quale si occupa di sensibilizzazione su temi prettamente ambientali. La fondazione lavora con aziende, governi e mondo accademico per costruire un quadro per un'economia che sia rigenerativa in base alla progettazione. (<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy>)

<sup>3</sup> Quaderno Italiano di Economia Circolare, realizzato da AISEC, ALTIS e Bureau Veritas Italia, maggio 2017.

Unitamente al discorso di economia circolare è inevitabile introdurre il tema della sostenibilità, non solo quella ambientale, direttamente collegata alle aziende per l'utilizzo di risorse ed emissioni in ambiente, ma anche quella sociale, fondamentale per la riuscita del cambiamento. Non a caso questi settori sono solo due dei quattro pilastri della sostenibilità, enunciati prima dal Rapporto Bruntland del 1987 e ulteriormente esplicitati dall'UNESCO nel 2001, quando oltre all'equilibrio di economia, ecologia ed equità sociale, è stato aggiunto il quarto pilastro: la diversità culturale.

In questo panorama di cambiamento di rotta per l'economia viene messo in discussione anche il rapporto tra datore di lavoro e lavoratore, tra impresa produttrice e acquirente-cliente, tra impresa che consuma materie prime e le reimmette in circolo attraverso il riciclo e il territorio-comunità che beneficia di queste prassi. Tutti gli attori coinvolti possono beneficiare del profitto che si trarrebbe dall'investimento sulla sostenibilità e la sopravvivenza dell'intero eco-sistema ambientale e sociale. Un esempio che chiarisce la posizione delle aziende riguarda il trattamento di alcuni rifiuti; all'interno di molte imprese gli scarti della produzione non vengono smaltiti in discarica, ma vengono subito riciclati all'interno dell'azienda stessa. La conseguenza diretta di questa pratica si

---

---

nota in modo immediato sui costi, poiché la diminuzione dei rifiuti in discarica è correlata ad una diminuzione degli oneri di smaltimento a carico degli enti locali e, in generale, della collettività stessa. La compresenza di interessi contrapposti è necessaria per mantenere in equilibrio almeno tre ambiti della sostenibilità: la sostenibilità ambientale, economica e sociale; se solo uno di questi venisse meno fallirebbe l'intero sistema.

Il tradizionale modello di economia lineare è stato messo da parte per passare ad un'economia ciclica, che identifica non solo nuovi sistemi di produzione, ma dona una vita utile più estesa a beni, materiali e risorse, anche oltre l'uso dell'utente e il conseguente smaltimento in discarica.

Principalmente ciò che ha dato la spinta iniziale al cambiamento è stata la mancanza, all'interno del sistema economico globale dell'economia lineare, di una sostenibilità nei processi produttivi; la scarsità di risorse naturali, un'attenzione maggiore all'ambiente e le difficoltà riguardanti lo smaltimento dei rifiuti sono tra le principali cause che hanno spinto verso la ricerca di nuove soluzioni vantaggiose all'ambiente e all'impresa. Nonostante la ricerca abbia già fatto dei passi avanti e l'innovazione dei processi abbia incrementato l'utilizzo di risorse rinnovabili o più ecologiche, rima-

---

ne da discutere il problema di come rendere sostenibile nel tempo un modello produttivo, incentrato sullo sfruttamento di risorse vergini e non, con la conseguenza inevitabile di produrre rifiuti e doverli smaltire, ovvero quello che facciamo noi ad oggi. Gli studi compiuti mostrano come l'attuale modello di produzione e consumo comporti un utilizzo sconsiderato di risorse, notevolmente superiore alla capacità rigenerativa del pianeta, riducendo così le possibilità di crescita per le generazioni future. Come ribadisce la definizione di sostenibilità fornita dal Rapporto Bruntland nel 1987 (e successive integrazioni) "la sostenibilità richiede un equilibrio fra il soddisfacimento delle esigenze presenti e la possibilità delle future generazioni di sopperire alle proprie".

Proprio in questo contesto si inserisce il concetto di economia circolare, che promuove un approccio diverso improntato su due fronti principali: l'utilizzo sia delle risorse a monte del processo produttivo, che degli scarti e dei rifiuti a valle dello stesso.

Sostanzialmente si tratta di un nuovo sistema complesso che non si propone solo di pianificare le opportunità di recupero e/o riduzione di scarti e rifiuti fin dalle prime fasi di vita del prodotto, ma piuttosto di ripensare in fase di progettazione iniziale i prodotti e processi in modo da massimizzare le opportunità di recupero

in tutte le fasi del processo produttivo. In questo senso l'economia circolare denota un passaggio da un approccio reattivo, volto cioè a trovare un utilizzo alternativo una volta che il rifiuto e lo scarto sono stati generati e immessi in ambiente, ad un approccio anticipatorio, dove prodotti e processi sono pensati in modo tale da evitare o ridurre la generazione di scarti e rifiuti, oppure di prevedere possibili scenari di impieghi alternativi successivi all'utilizzo. Per questa ragione la Commissione Europea stima che l'adozione di modelli produttivi circolari garantirebbe al sistema economico un risparmio di 600 miliardi di euro e la creazione di circa 170.000 posti di lavoro nel solo settore della gestione dei rifiuti entro il 2015 <sup>4</sup>.

Il cambiamento verso una nuova realtà economica e industriale ha influenzato non solo le aziende ma anche il consumatore diretto, poiché l'approccio a questa nuova economia influenza gli acquisti di ognuno di noi. Si assiste a uno spostamento delle preferenze del consumatore: se prima si prestava attenzione all'oggetto in sé, senza pensare da dove provenisse o con che materiali fosse fatto, ora le preferenze sono cambiate e i parametri legati a fattori

---

<sup>4</sup> Rapporto della Commissione Europea, 2014.

---

di produzione intrinseci, indiretti e quindi non immediatamente percepibili, diventano un parametro di scelta. La tracciabilità del processo produttivo, dalla materia prima al prodotto finale, è tra le principali leve d'acquisto; il consumatore vuole conoscere la provenienza del bene, chi lo ha prodotto, dove e cosa è stato utilizzato per produrlo.

La prima industria che ha generato l'inizio del consumo responsabile è quella agroalimentare, legato in primis ad aspetti di sicurezza e alla quantità di alimenti. Di lì in poi c'è stata una crescita esponenziale in altri settori merceologici. Il consumatore ha il potere di sopravvivenza o fine vita di una data produzione o l'erogazione di un dato servizio, inoltre risulta l'attore principale nella corretta raccolta differenziata dei rifiuti.

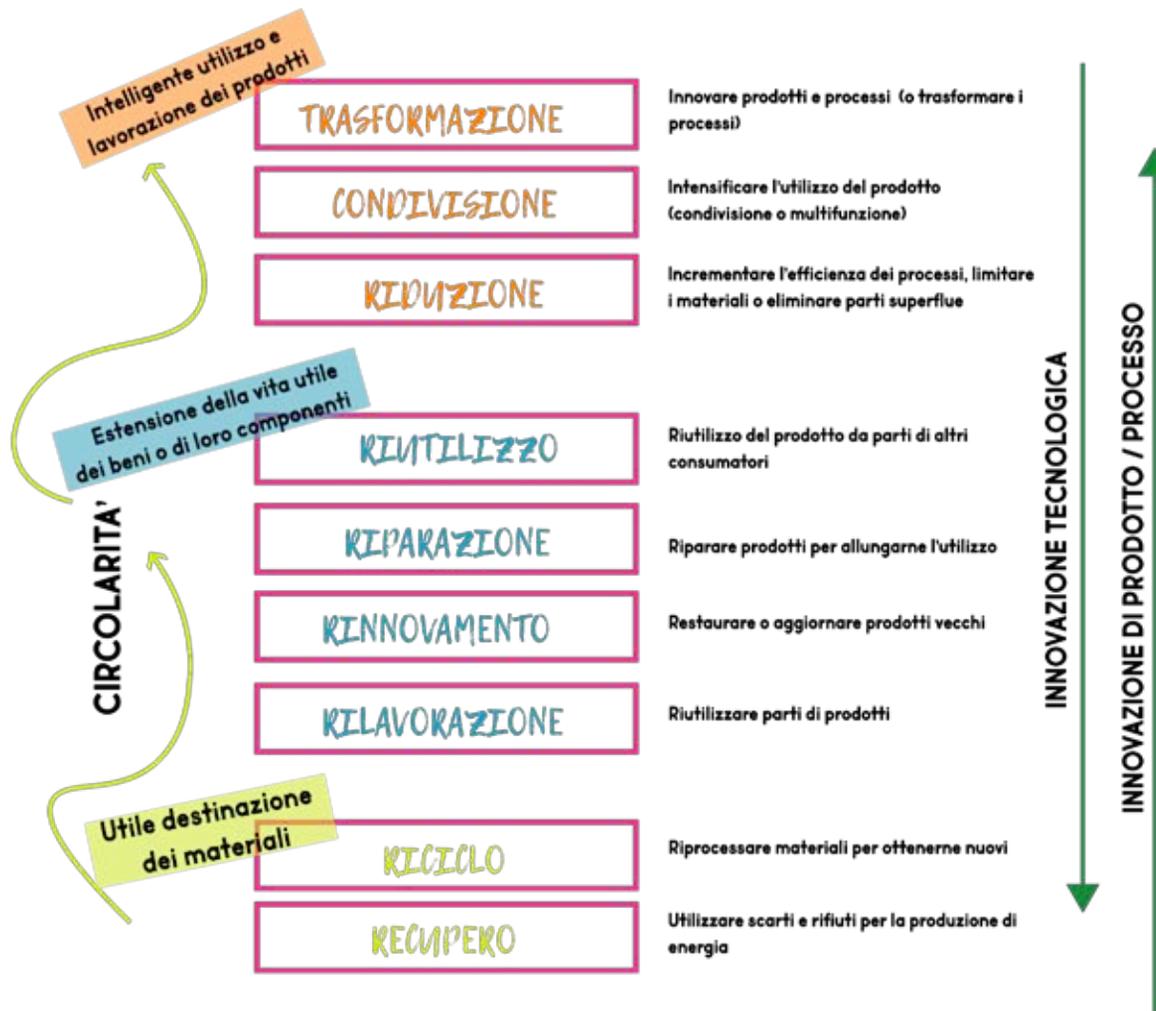


## LE STRATEGIE DI SVILUPPO E LE MODALITÀ DI INTERVENTO

Secondo studi recenti effettuati dal professore Josè Potting<sup>5</sup> (et Al.) sono state individuate e studiate tre strategie, suddivise a loro volta in nove modalità di intervento ordinate in base al grado di circolarità e di innovazione che consentono di ottenere, e che oltre a definire i principi dell'economia circolare ne favoriscano lo sviluppo.

---

<sup>5</sup> Studio pubblicato: Ferri L.M., Massara T., Riva M., Rizzuto E., Strasserra C., *Quaderno Italiano di Economia Circolare*, Milano, maggio 2017, pagine 7-8.



**FONTE:**  
elaborazione personale su dati forniti da Potting et Al 2017.

---

---

La prima strategia, partendo dal grado più basso di circolarità, definisce l'**utile destinazione dei materiali**, e implica che le risorse recuperate rimangano utilizzabili solo per uno o due cicli produttivi. Rientrano in questa strategia le attività votate alla generazione di energia, quali ad esempio l'incenerimento dei rifiuti organici. Questa sezione comprende tutte quelle modalità di lavoro che permettono di estrarre valore da prodotti e materiali non più utilizzabili per lo scopo originario e quindi destinati allo smaltimento.

La seconda strategia include soluzioni volte a favorire l'**estensione della vita utile dei beni e dei loro componenti** e propone di pensare a prodotti, o parti di essi, che possano essere utilizzate più volte. In questa strategia il grado di circolarità è ad un livello superiore, grazie al fatto che tutte le attività comprese riducono la quantità di cicli produttivi utilizzati e aumentano il numero di cicli produttivi possibili prima di giungere allo smaltimento o riciclo dei materiali che compongono il prodotto. Sono compresi le iniziative dedicate al recupero di prodotti da utilizzare come componenti di altri prodotti o da convertire in altri usi. In questa strategia l'innovazione è fondamentale, specialmente in relazione allo sviluppo di sistemi di recupero dei prodotti usati più efficienti e nuove modalità di vendi-

ta più orientate al coinvolgimento attivo del cliente/consumatore<sup>6</sup>. La terza e ultima strategia comprende le **attività aventi l'obiettivo di promuovere l'intelligente utilizzo e lavorazione dei prodotti** ed è orientata verso la capacità di rivedere le principali caratteristiche dei prodotti, per minimizzare l'utilizzo delle materie prime, e ridurre gli scarti e i rifiuti derivanti dalla realizzazione e dal consumo di beni e servizi. Tra le attività riconducibili a questa strategia si possono individuare l'impegno al miglioramento dell'efficienza dei processi di produzione e consumo, la riduzione di parti o componenti non essenziali per l'utilizzo del bene, la condivisione o lo scambio di prodotti per favorire un utilizzo più frequente o intenso e, infine, l'introduzione di prodotti radicalmente diversi da quelli esistenti. Per mettere in atto le tre strategie e le relative attività appena discusse, è richiesto lo sviluppo di alcune capacità utili per supportare e gestire il passaggio da lineare a circolare, ponendo l'attenzione a massimizzare i benefici e riducendo al minimo i rischi connessi a questo processo di trasformazione e cambiamento. Esistono alcune riflessioni che sottolineano quale sia il comportamento da assumere da parte delle aziende. In primo luogo l'a-

---

<sup>6</sup> Ellen Macarthur Foundation, 2012.

zienda deve saper guardare oltre alle proprie attività tradizionali, costruendo relazioni in due sensi: la prima è con altri soggetti operanti in altri settori durante l'intero ciclo di vita del prodotto, la seconda è con i diretti clienti, i consumatori, che sono in grado di fornire modalità alternative di utilizzo dei beni e servizi. In secondo luogo, l'avvio di questi nuovi processi circolari richiede un adeguamento e una maggiore capacità di gestire informazioni e conoscenze: in questo senso, la collaborazione e lo scambio di funzioni è fondamentale per gestire la complessità legata alla costruzione di processi produttivi in grado di progettare, fin dalle prime fasi, soluzioni alternative di gestione e utilizzo di scarti, rifiuti o prodotti a fine vita.

Altri due concetti risultano fondamentali per il cambiamento verso una nuova circolarità, la prima è "*pensare a sistema*"<sup>7</sup>, che si riferisce all'abilità di capire come le varie parti si relazionino e interagiscano, al fine di creare sistemi più flessibili e adattabili tra loro anche in momenti successivi la vita utile del prodotto. La seconda, e forse più importante e impattante riguarda il modo di pensare:

---

<sup>7</sup> Ellen Macarthur Foundation, 2012.

---

ad oggi è necessario *“pensare a cascata”* <sup>8</sup>, avendo la capacità di progettare prodotti facendo sì che la maggior parte di materiali e componenti che lo costituiscono si trasformino, al termine del ciclo di vita, in una risorsa utile per altri processi produttivi.

---

<sup>8</sup> Ellen Macarthur Foundation, 2012.



## GLI STUDI DI SETTORE

Sono stati effettuati alcuni studi<sup>9</sup> su iniziativa dell'Università Cattolica di Milano, sponsorizzata alla fine del 2016 da Bureau Veritas Italia, i quali si sono prefissati l'obiettivo di indagare quale fosse la propensione delle aziende italiane in merito all'economia circolare.

---

<sup>9</sup> Ferri L.M., Massara T., Riva M., Rizzuto E., Strasserra C., *Quaderno Italiano di Economia Circolare*, Milano, maggio 2017.



FONTE:  
 elaborazione personale su dati forniti dal rapporto del Parlamento Europeo 2015.

---

I risultati hanno riportato che non solo le aziende sono a conoscenza di questo concetto, ma lo reputano fondamentale per uno sviluppo futuro. I dati raccolti infatti risultano positivi, in quanto molte delle strategie sopra citate sono già in funzione, infatti molte aziende, il 91% per l'esattezza, sono pronte a rinnovarsi, a prestare maggiore attenzione ai propri comportamenti e cercare di sviluppare innovazioni in grado di allineare gli obiettivi economici e di sostenibilità. Nonostante le prime percentuali siano positive e manifestino la volontà di rinnovamento, è necessario sottolineare l'esistenza del gap tra la consapevolezza di uno sviluppo futuro connesso all'economia circolare e l'attuazione nella cultura organizzativa per poter avviare il processo di trasformazione. Probabilmente questo atteggiamento deriva da una scarsa sensibilizzazione, dalla carenza di incentivi che possano convincere e condurre le aziende a modificare i propri processi, oltre che a impedimenti di natura legislativa.

In generale le best practices che le aziende devono assumere in relazione all'economia circolare, sono principalmente quelle che riguardano il riciclo di alcuni materiali di scarto, l'attenzione all'impatto ambientale e ai consumi di acqua ed energia. Per quanto ci si attenga all'utilizzo responsabile delle risorse naturali è impor-

---

tante definire delle politiche che hanno come obiettivo l'efficienza nell'uso delle risorse in un'ottica di sostenibilità di lunga durata. La percentuale di aziende (su un numero di intervistati proposti dallo studio) che dichiara di utilizzare energia proveniente da fonti rinnovabili è solo il 35% contro il 60% che utilizza fonti non rinnovabili. La soluzione collettiva è inevitabile a questo atteggiamento è puntare all'efficienza energetica, che fornisce la possibilità di ridurre i costi legati all'energia e contemporaneamente diminuisce le emissioni portando benefici economici, ambientali e di rispetto degli impegni in ambito internazionale.

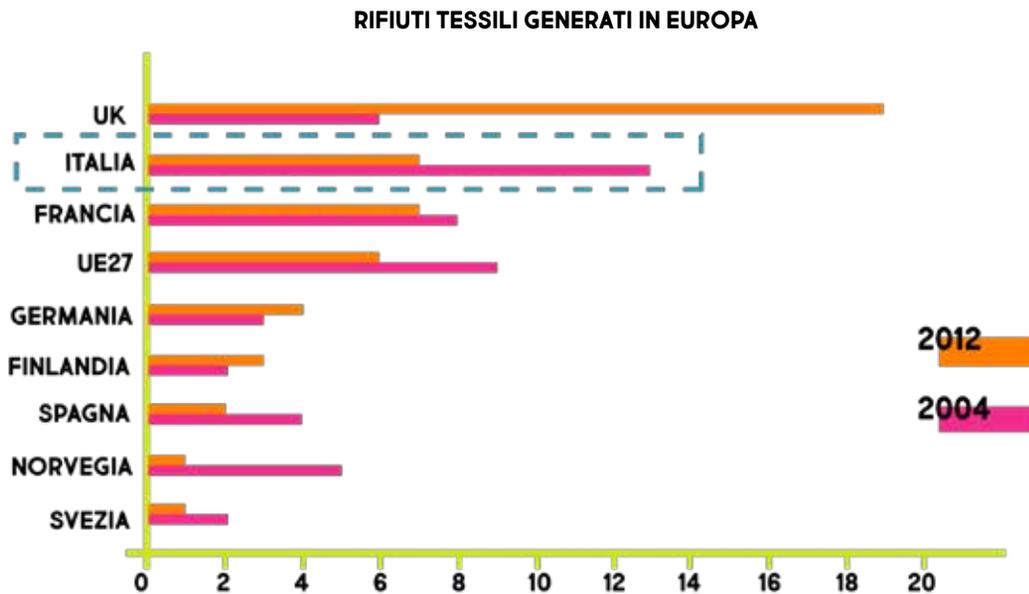
Il tema dell'economia circolare risulta quindi ancora recente e poco percepito in Italia rispetto agli altri paesi dell'Unione Europea, ma non per questo è da considerarsi al di fuori di alcune pratiche che, seppure in piccola parte, provvedono e si impegnano nell'ambito della sostenibilità ambientale. Risulta problematico soprattutto per le aziende che devono continuamente confrontarsi con una legislazione ancora non esplicitamente chiara su questi temi.



## L'ECONOMIA CIRCOLARE NEL SETTORE TESSILE

Per quanto riguarda il settore tessile il modello adottato, sulla scia dell'economia circolare, corrisponde a quello adottato dalla maggior parte delle aziende in Italia. Grazie, o per meglio dire, a causa di una mancata legislazione chiara ed esaustiva, le aziende si sono adoperate per definire al meglio e rincorrere questo nuovo atteggiamento, ancora in via di definizione.

I dati raccolti da diversi enti, come Eurostat<sup>10</sup>, evidenziano come in tutte le fasi, dalla produzione al riciclaggio, l'azienda produca scarti e cascami, ovvero rifiuti da smaltire. Per definire in modo esauriente quale sia la vita dei rifiuti che vengono prodotti, è necessario analizzare quali sono i dati raccolti, che a una prima occhiata mostrano come ci sia stato un effettivo miglioramento, un salto verso la nuova realtà dell'economia circolare nel settore tessile.



**FONTE:**  
elaborazione personale su dati forniti da Intesa San Paolo e EUROSTAT 2012

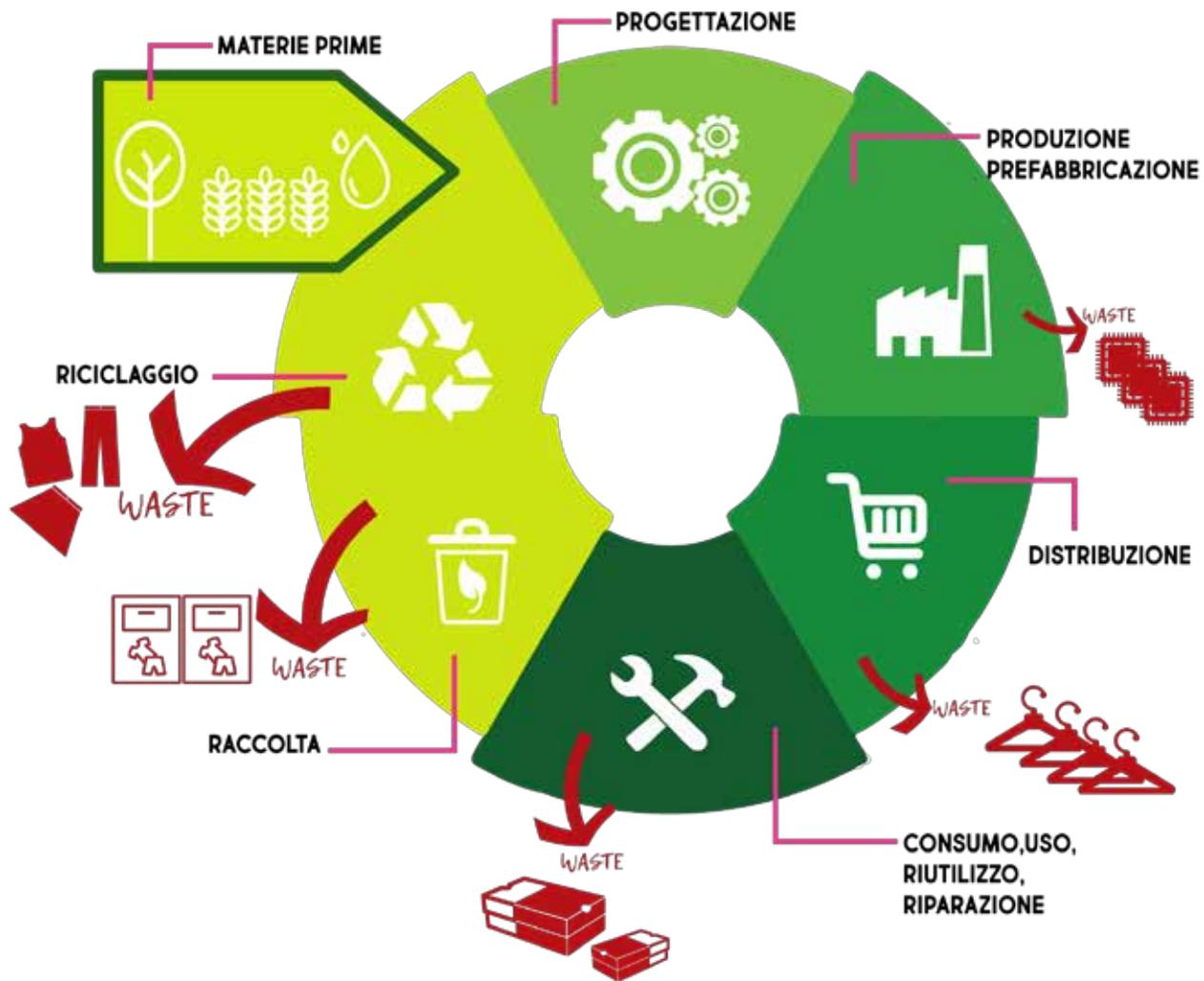
<sup>10</sup> Elaborazione di Intesa San Paolo su dati Eurostat, 2013.

I dati si riferiscono ai chilogrammi pro capite di rifiuti tessili generati in Europa negli anni dal 2004 al 2012. Il grafico sopra riportato sottolinea come **l'Italia abbia dimezzato i rifiuti generati nel corso di otto anni**, mantenendo comunque un ampio margine di miglioramento sulla scia dei paesi come la Svezia, la Norvegia e la Spagna che hanno diminuito in maniera drastica gli sprechi. Analizzando la **totalità dei rifiuti generati in Europa** nell'anno 2012<sup>11</sup>, la situazione è preoccupante: i rifiuti tessili sono **3.110.000 di tonnellate** totali, di cui il Regno Unito si posiziona al primo posto come produttore d'eccellenza, seguito dalla Francia e dall'Italia con 396.400 tonnellate di soli rifiuti tessili.

Analizzando ulteriormente i dati, si misura l'impegno che alcune imprese, a partire da quelle più piccole della Concia Toscana ai grandi brand come *Calzedonia*, *Intimissimi* e *Levis*, hanno intrapreso in questo senso. Esaminando il processo produttivo di un bene, partendo dall'approvvigionamento delle materie prime fino al consumo e utilizzo dei prodotti finiti si possono fornire esempi e dati a favore di questo nuovo atteggiamento, che piano piano riuscirà a connotare le basi dell'economia circolare in Italia.

---

<sup>11</sup>Elaborazione di Intesa San Paolo su dati Eurostat, 2013.



**FONTE:**  
 elab. personale su dati forniti dal rapporto del Parlamento Europeo 2015.

Indagando quali siano i probabili passaggi all'interno di un sistema produttivo si possono esplicitare i consumi e le dissipazioni prodotte ad ogni step della catena produttiva.

Il primo passaggio prevede l'**APPROVVIGIONAMENTO DELLE MATERIE PRIME** e per definirne i caratteri dispendiosi è stato necessario prendere in considerazione l'atteggiamento di un Distretto Conciario Toscano<sup>12</sup>. Il distretto è composto da circa 600 aziende che concorrono a creare il 35% di produzione nazionale di pelle e il 98% della produzione del cuoio. Lo studio è riferito al periodo tra il 2010 e il 2013 e ricava la variazione dei consumi di materie prime e materiali ausiliari.

#### CONSUMO DI MATERIE PRIME E MATERIALI AUSILIARI

<b>PELLE - indicatori</b>	<b>2010</b>	<b>2013</b>	<b>var %</b>
<b>Consumo pelle grezza (kg/m<sup>2</sup>)</b>	5,37	6,77	26,07
<b>Consumo prodotti chimici (kg/m<sup>2</sup>)</b>	2,43	2,34	-3,70
<b>Consumo imballaggi (kg/m<sup>2</sup>)</b>	0,059	0,057	-3,39

<sup>12</sup> Elaborazione GEO-IEFE Bocconi su dati della Camera di Commercio di Prato.

<b>CUOIO - indicatori</b>	<b>2010</b>	<b>2013</b>	<b>var %</b>
<b>Consumo pelle grezza (kg/m<sup>2</sup>)</b>	1,49	1,63	9,40
<b>Consumo prodotti chimici (kg/m<sup>2</sup>)</b>	1,33	1,23	-32,79
<b>Consumo imballaggi (kg/m<sup>2</sup>)</b>	0,035	0,035	-7,89

#### INDICATORI RELATIVI AI CONSUMI ENERGETICI

<b>PELLE - indicatori</b>	<b>2010</b>	<b>2013</b>	<b>var %</b>
<b>Energia elettrica (kwh/m<sup>2</sup>)</b>	3,12	3,58	14,74
<b>Metano (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)</b>	0,62	0,58	41,94
<b>Gasolio (l/m<sup>2</sup>)</b>	0,056	0,015	-73,21
<b>Consumi totali (tep/m<sup>2</sup>)</b>	0,0013	0,0012	-7,69

<b>CUOIO - indicatori</b>	<b>2010</b>	<b>2013</b>	<b>var %</b>
<b>Consumo pelle grezza (kg/m<sup>2</sup>)</b>	0,84	0,7	-16,67
<b>Consumo prodotti chimici (kg/m<sup>2</sup>)</b>	0,13	0,12	-15,38
<b>Consumo imballaggi (kg/m<sup>2</sup>)</b>	/	/	/
<b>Consumo imballaggi (kg/m<sup>2</sup>)</b>	0,00032	0,0003	-6,25

Fonte: Elaborazione  
GEO-IEFE Bocconi  
su dati della Came-  
ra di Commercio di  
prato - Ergo Spinoff  
Sant'Anna

Secondo i dati raccolti, esiste un miglioramento che riguarda la sostenibilità sia a monte, nei processi di approvvigionamento, che a valle per quello che riguarda il consumo e il diretto utilizzo. Due sono gli indicatori che marcano la conferma; uno riguarda il consumo di prodotti chimici durante i processi di concia, il secondo riguarda il consumo di gasolio e, in entrambi i casi, esistono conseguenze a cascata che contribuiscono all'inquinamento delle acque di scarico che intaccano direttamente l'impatto ambientale. In generale si valutano delle diminuzioni anche riguardo il consumo di materie prime, come la pelle grezza, e di energia elettrica e metano.

Il secondo passaggio riguarda la **PROGETTAZIONE** e il **DESIGN** dei prodotti. Viene preso in considerazione uno studio di settore su quanta materia prima seconda (MPS) è utilizzata nel settore moda nel distretto di Prato in Toscana<sup>13</sup>, all'interno del quale si registra un consumo di materia prima seconda per la lana meccanica, anche noto come cardato rigenerato. In questo caso è stato rilevato che la percentuale di MPS utilizzata è il 75% del materiale che compone il prodotto.

---

<sup>13</sup> Elaborazione GEO-IEFE Bocconi su dati della Camera di Commercio di Prato.

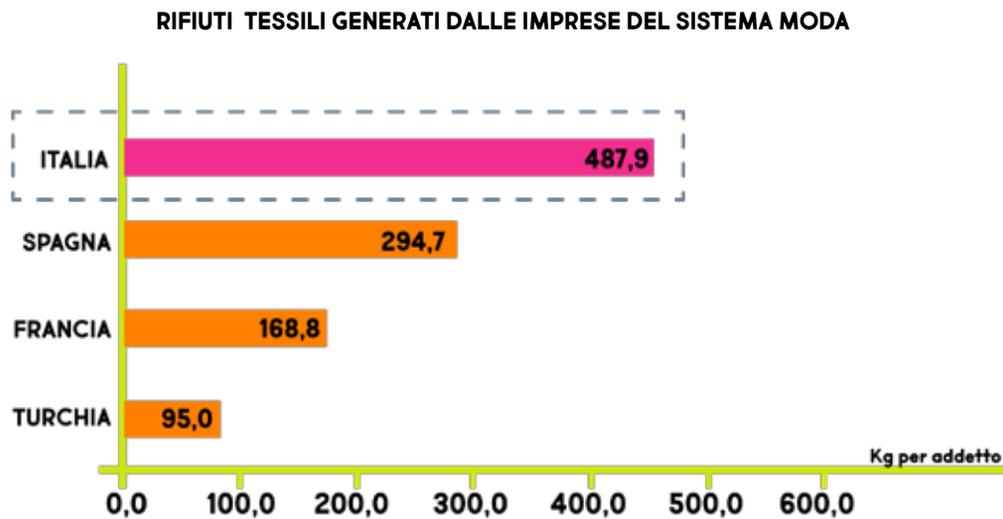
% di MPS		
1 m <sup>2</sup> di tessuto (= 0,253 Kg)		
<b>LANA RIGENERATA (riciclato)</b>	0,19 Kg per 1 m <sup>2</sup> di tessuto	<b>75,1%</b>
<b>POLIESTERE (vergine)</b>	0,19 Kg per 1 m <sup>2</sup> di tessuto	<b>24,9%</b>



Fonte:

Elaborazione GEO-IEFE Bocconi su dati della Camera di Commercio di prato - Ergo Spinoff Sant'Anna

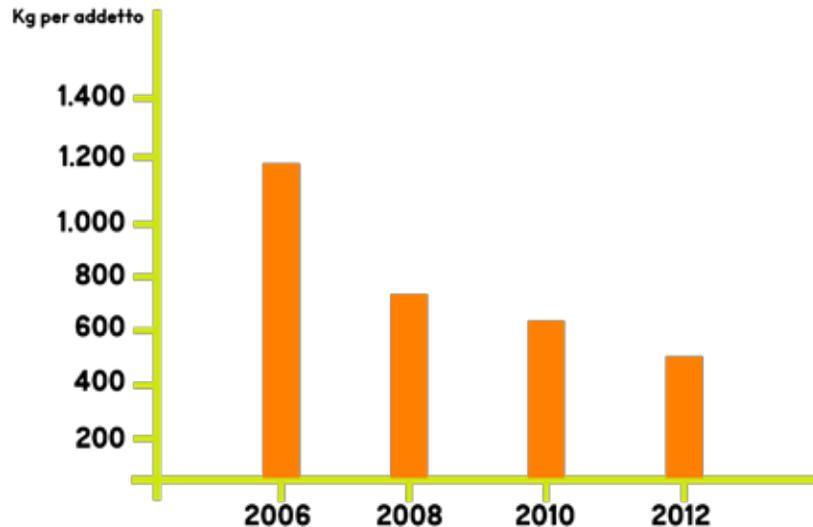
Il terzo passaggio riguarda la **PRODUZIONE**. Analizzando nello specifico i processi produttivi del sistema moda italiano è bene sottolineare come ci sia stato un passo avanti, per quello che riguarda i rifiuti, a livello nazionale. Il grafico riportato dimostra una diminuzione di sfridi e cascami tessili di 700 chilogrammi per addetto, registrata nel periodo compreso tra il 2006 e il 2012<sup>14</sup>.



**FONTE:**  
elab. personale su dati forniti da Intesa San Paolo e EUROSTAT 2012

<sup>14</sup> Elaborazione Intesa San Paolo su dati Eurostat, 2012.

## RIFIUTI TESSILI GENERATI DALLE IMPRESE ITALIANE DEL SISTEMA MODA



FONTE:

elab. personale su dati forniti da Intesa San Paolo e EUROSTAT 2012

Un'ulteriore analisi dei rifiuti stessi, dimostra che, in Italia la produzione di rifiuti chimici è prassi regolare nel settore tessile poiché durante la produzione industriale i tessuti vengono trattati con prodotti e agenti chimici che concorrono a inquinare le acque di scarico. Nel 2012 i rifiuti chimici in Italia erano circa 900 chilogrammi per addetto, contro i 100 chilogrammi delle più virtuose Francia e Spagna.

Il quarto passaggio riguarda il **CONSUMO** e l'**UTILIZZO** dei prodotti, all'interno del quale il protagonista principale è il consumatore/

cliente. Questo settore è quello in cui anche il consumatore può agire per ridurre gli sprechi e i consumi, poiché ha la possibilità di donare nuova vita ai capi di abbigliamento in disuso; non solo in Italia, la prassi di raccogliere capi usati attraverso donazioni o raccolte occasionali è una rete consolidata che funziona, ma l'impedimento maggiore è lo smaltimento in discarica e di conseguenza la produzione di rifiuti che potrebbero essere riciclati o riutilizzati. Ultimamente nel settore moda ha assunto notevole importanza il tema del riciclo, infatti brand come *Levis*, *Calzedonia* e *Patagonia*, puntano sul coinvolgimento del cliente nella raccolta dei loro capi non più utilizzati.

Studi effettuati<sup>15</sup> da *Calzedonia* e *Intimissimi* riportano che **dal 2011 ad oggi** sono stati **riciclati 573.300 kg di vestiti usati**. Attraverso varie campagne effettuate durante l'anno, i capi vengono raccolti selezionati e riciclati per poterne fare materiali isolante per l'edilizia, imbottitura per borse e giocattoli, materiale per auto e carta pregiata. A sua volta **H&M** ha lanciato, **dal 2013**, un **programma di raccolta abiti in tutti i suoi punti vendita**, per incoraggiare i consumatori a rendere i capi una volta giunto al fine vita o semplicemente non viene più usato. Inoltre la **I:CO**<sup>16</sup>, azienda che si occupa dello smistamento degli abiti raccolti, ha pubblicato

una lista di destinazioni possibili degli abiti:

- 40-60% dei vestiti viene venduto come capo di seconda mano;
- 5-10% viene riutilizzato in termini di tessuti e stoffe per altri prodotti;
- 30-40% vengono convertiti in nuove fibre tessili;
- utilizzati per la produzione di energia;

Gli ultimi passaggi in linea sono la **RACCOLTA** e il **RECUPERO**, un argomento che denota una certa rilevanza all'interno della rete della raccolta differenziata. I rifiuti tessili vengono identificati come rifiuti urbani certificati con i codici CER (Catalogo Europeo dei Rifiuti) 2001 10 per l'abbigliamento e 2001 11 per i prodotti tessili. Alcuni dati di riepilogo, ottenuti tramite la fonte CONAU in merito ai volumi di raccolta differenziata di abiti e accessori usati, riportano che:

- Il consumo di abiti e accessori in Italia è circa di **14 kg/persona annui**;
- la raccolta differenziata di abiti e accessori usati in Italia arriva a **4 kg/persona annui**;
- la raccolta differenziata di abiti e accessori usati in Italia è in media pari a circa **2,2 kg/persona annui** (inferiore della media UE ma in crescita);

---

<sup>16</sup> <https://www.ico-spirit.com/en/company>

---

---

Tale raccolta differenziata è destinata:

- per il **68%** al **RIUTILIZZO**;
- per il **29%** al **RICICLO**;
- per il **3%** allo **SMALTIMENTO**;

In Italia sono ancora molti i passi da compiere per parlare di una vera e propria economia circolare, sia a livello legislativo che di atteggiamento della comunità, ma in generale ci sono le basi e la volontà per poter migliorare su ogni fronte e in ogni fase sopra descritta.



## I CONSUMI DI TESSUTI IN EUROPA E IN ITALIA

Per definire quale sia la condizione ad oggi in Italia è necessario indagare quali obiettivi si vogliono raggiungere in termini di riduzione degli sprechi, sia di materiale che di energia.

Tre sono le vie che all'interno del settore tessile italiano si cerca di percorrere: prolungare il fine vita dei prodotti tessili, riutilizzare il prodotto tessile come materia prima seconda (MPS) per altri cicli produttivi, e in fine indirizzare il materiale di scarto in processi di recupero di materia ed anche di energia.

---

---

Di conseguenza è necessario distinguere i due ambiti nei quali questa ricerca si sviluppa, ma che dipendono indissolubilmente l'uno dall'altro: il primo è il settore riguardante la moda nel vero senso della parola, il settore dove i materiali e le stoffe vengono uniti per creare capi di abbigliamento e accessori; il secondo, che dipende dal primo, si occupa di raccogliere il materiale tessile, rifiuti e i cascami, e ricercare una possibile soluzione secondo la quale possano essere riutilizzati nuovamente.

In Italia la principale difficoltà si riscontra nella varietà di materiali di cui si parla, quali indumenti usati, accessori di abbigliamento, prodotti tessili domestici, tessili per l'arredo; oltre ai prodotti nel fine vita sopra elencati, bisogna aggiungere i rifiuti provenienti dai processi produttivi di settore ed è per questo le quantità possono essere solo stimate. Prima di applicare una gerarchia netta, è necessario identificare la provenienza del materiale tessile; sia nella moda che nell'edilizia vengono utilizzati cascami tessili post industriali, ossia **pre - consumo**, e capi di abbigliamento, classificati come rifiuti **post - consumo**.

La differenza sostanziale è rintracciabile nel loro ciclo di vita che di conseguenza identifica il trattamento a fine vita. Nella prima

---

categoria, un contenitore dei rifiuti tessili post-industriali, rientrano i cascami tessili provenienti dalla produzione di filati e tessuti, dai processi di confezionamento dei capi di abbigliamento che non possiedono una vera e propria vita al di fuori del processo di produzione, in quanto rimangono alle aziende che le accumulano come scarti. La seconda riguarda i capi di abbigliamento, passati di moda o non utilizzati, che si producono come conseguenza della prima tipologia appena descritta. Sono questi i rifiuti post-consumo, che rappresentano gli scarti domestici.

Dopo aver chiarito da dove proviene il materiale di cui tratta questa ricerca, l'obiettivo è quello di indagare quanto l'impatto dei due settori individuati, quello della moda e quello dell'edilizia, sia rilevante al fine di definire un'unica direzione metodologica.

La stima del consumo e di produzione dei rifiuti tessili a livello europeo è stata effettuata da *Environmental Improvement Potential of Textiles* (IMPRO Textiles) pubblicato dalla Commissione Europea a inizio del 2014. La ricerca ha quantificato il consumo dei prodotti tessili in Europa sulla base di dati Eurostat, convertendo in peso i valori di mercato espressi in numero di pezzi o valore. Un primo risultato mostra il **consumo medio pro-capite in Europa di prodotti tessili nel 2011**, prendendo in considerazione una serie

di **capi di abbigliamento** che vengono utilizzati come giacche, vestiti e pantaloni, arrivando così a un peso di **13,5 kg per abitante**, contro i **5,6 kg/ab di tessile ad uso domestico** (lenzuola, asciugamani, tovaglie). In Italia si è utilizzata una stima del consumo di prodotti tessili e della produzione di rifiuti sulla base delle quantità di consumo calcolate nel 2012 e nel 2010. In base al database Prodcop di Eurostat, sommando l'import/export al valore della quantità prodotta la stima prevede nel **2012**, tenendo in considerazione una sottostima naturale, un consumo di tessile pari a **1,07 milioni di tonnellate**, delle quali 790 mila di abbigliamento. In termini di produzione pro-capite annua (kg/ab l'anno), l'immesso al consumo è di circa 17-21 kg, di cui 13-15 kg di abbigliamento. Si tratta di valori sostanzialmente allineati, anche se poco superiori alla media stabilita a livello europeo, coerentemente con una più alta spesa pro capite in abbigliamento e calzature dell'Italia, nel 2010 la più alta d'Europa e del 60% superiore alla media europea. La spesa maggiore è riconducibile anche a un livello qualitativo superiore (*Made in Italy*) e ad una diversa composizione degli acquisti anche per effetto del clima.

Il calcolo dei rifiuti tessili richiede di valutare sia le eventuali perdite di peso durante l'utilizzo, sia la formazione di stock (accumulo di

vestiti e scarpe a uso domestico). Non vengono considerati in questo calcolo il riutilizzo di vestiti e altri prodotti effettuati attraverso scambi e cessioni di “seconda mano”, poiché in questa fase i tessuti non sono ancora diventati rifiuti.

Definendo quali siano i principali ambiti in cui questa ricerca si sviluppa, è oltremodo necessario definire quale sia il passaggio da capo di abbigliamento a rifiuto e come un rifiuto possa avere una seconda vita. Il principale operatore della raccolta di abiti usati a livello urbano, *Humana*<sup>17</sup>, fornisce i dati giuda proiettandoli

#### PRODUZIONE E IMMESSO AL CONSUMO DI ABBIGLIAMENTO, CALZATURE E ALTRI TESSILI (2012)

	Valore consumi (€)	Produzione nazionale (t)	Import (t)	Export (t)	Imnesso al consumo (t)	Kg/ab
<b>Abbigliamento</b>	8.253.502	8.253.502	666.390	-378.928	792.674	13
<b>Calzature</b>	3.517.692	3.517.692	145.941	-98.420	130.627	2,1
<b>Tessile domestico</b>	1.442.297	1.442.297	86.173	-27.465	142.585	2,3
<b>TOTALE</b>	<b>13.213.491</b>	<b>672.196</b>	<b>898.504</b>	<b>-504.814</b>	<b>1.065.887</b>	<b>17,3</b>

FONTE:

elab. personale su dati forniti da Environmental Potential of Textiles (IMPRO Textiles), JRC 2014 dallo studio di ASSOSI-STEMA servizi s.r.l.

<sup>17</sup> <http://raccoltavestiti.humanaitalia.org>

## RACCOLTA DIFFERENZIATA URBANA E RICICLO DEI RIFIUTI TESSILI (2012)

	t/a	%
	99.862	
<b>RIUTILIZZO</b>	67.906	68 %
<b>RICICLO INDUSTRIALE</b>	28.960	29 %
<b>SMALTIMENTO</b>	2.996	3 %

### FONTE:

elab. personale su dati forniti da Environmental Potential of Textiles (IMPRO Textiles), JRC 2014 dallo studio di ASSOSISTEMA servizi s.r.l.

su scala nazionale per stimare una ripartizione del flusso di abiti. Nonostante si tratti di un dato fondamentale, risulta sottostimato in quanto non considera almeno altri tre flussi di rifiuti tessili raccolti:

- rifiuti tessili raccolti privatamente (associazioni caritatevoli, operatori privati);
- rifiuti tessili da lavanderie;
- rifiuti provenienti da attività commerciali;

Queste tipologie di non possono essere quantificate in modo preciso, ma possono essere dedotte approssimativamente dal saldo tra consumi consumi interni e abiti usati ed esportazioni

nette (export - import). Sulla base di questi dati e considerazioni, e rapportando i dati dal 2013 potremmo assumere i seguenti flussi relativi ai rifiuti tessili.

Allo stato attuale la destinazione dei rifiuti tessili è caratterizzata dal **riutilizzo (68%)**, prevalentemente esterno (52%) e dal **riciclo (29%)**, prevalentemente interno (19%).

**STIMA DELLA RACCOLTA, RIUTILIZZO E RICICLO DEI RIFIUTI TESSILI  
POST CONSUMO IN ITALIA (2013)**

	t/a
<b>RD urbana</b>	110.911
<b>RD altra</b>	15.911
<b>TOTALE raccolta interna</b>	<b>126.822</b>
<b>Riutilizzo mercato interno</b>	20.000
<b>Riciclo mercato interno</b>	23.487
<b>Riutilizzo estero</b>	66.239
<b>Rriciclo estero</b>	13.300
<b>Smaltimento interno</b>	3.805
<b>TOTALE destino raccolta diff.</b>	<b>126.822</b>

**FONTE:** elab. personale su dati forniti da Environmental Potential of Textiles (IMPRO Textiles), JRC 2014 dallo studio di ASSOSISTEMA servizi s.r.l.



## IL SETTORE MODA: L'IMPRONTA ECOLOGICA

Il settore della moda e dell'abbigliamento riguarda tutta la filiera tessile, dalla produzione e la lavorazione delle fibre naturali fino al prodotto finito. È necessario quindi declinarne le caratteristiche economiche, sociali e ambientali che ne derivano.

---

Secondo alcuni dati della Commissione europea, l'industria del riciclo sta assumendo sempre più una rilevanza strategica nel campo per la riduzione dell'impiego di risorse naturali e per migliorare l'efficienza energetica. Infatti, in Europa, il **settore del riuso** produce un fatturato di **24 miliardi di Euro** grazie a 60 mila imprese che impiegano mezzo milione di addetti per le lavorazioni.

**L'Unione Europea ospita circa il 50% delle industrie che nel mondo lavorano a partire dai rifiuti.**

Nello specifico il settore della moda produce ogni anno tonnellate di scarti che finiscono in discarica e che potrebbero essere nuovamente inserite nel ciclo produttivo, nonostante esistano numerosi studi e progetti che tentano di mettere a punto sistemi per ottimizzare le possibilità di riuso e riciclo pre - consumo. L'ultimo Rapporto dell'Istituto per la Protezione e la Ricerca Ambientale<sup>18</sup> (ISPRA) sui rifiuti speciali, stima che il **37,4%** dei rifiuti non pericolosi dell'industria manifatturiera **provenga dal tessile dell'abbigliamento e dell'industria conciaria.**

Nella moda una visione di tipo circolare, a discapito di una lineare, in grado di superare l'attuale crisi del modello produttivo, va in una

---

<sup>18</sup> ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani, 2017.

---

---

direzione di ampliamento delle potenzialità legate al riciclo e riuso. Rispondere alle esigenze di sostenibilità potrebbe rappresentare per il sistema moda italiano un'opportunità, non solo in termini di qualità ambientale e dei processi produttivi, ma anche in termini di tutela della qualità del prodotto italiano. Un chiaro esempio è il *Made in Italy* che si caratterizza per produzioni di fascia medio alta che riescono a resistere alla concorrenza basandosi su prodotti ad alto valore aggiunto. Nel caso italiano, va sottolineato l'impegno delle medie piccole imprese, verso un'innovazione sostenibile, a cui si accompagna spesso un'opportunità di sviluppo di qualità e di rinnovo del sistema. Ovviamente, l'utilizzo di determinate materie prime e il riutilizzo e riciclo in un sistema circolare si pone come obiettivo la riduzione se non l'assenza di rifiuti, prefissandoli come la base per un sistema moda sostenibile.



## LA NORMATIVA EUROPEA E ITALIANA SUI RIFIUTI

Per avere un quadro normativo esaustivo, è necessario indagare quali siano le direttive che hanno condotto la ricerca ad un'attenta analisi di quelle che sono le linee guida da seguire.

L'attuale normativa vigente in Italia che riguarda il tema rifiuti è il **Decreto Legislativo 205/2010** recepito dalla regolamentazione dell'Unione Europea 2008/98/CE del Parlamento europeo e del consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive riguardanti la precedente normativa, il Codice Ambiente (2006/152) in vigore dal 2013. Nell'ambito delle ricerche e delle nuove realtà di economia circolare, la Commissione europea ha pubblicato, il 2 dicembre 2015, un pacchetto riguardante questa nuova economia intitolato ***L'anello mancante – un Piano d'azione europeo per l'economia circolare*** contenente delle proposte di revisione delle principali Direttive sui rifiuti. Subito dopo la proposta si sono susseguiti i tradizionali iter previsti per l'adozione delle Direttive europee, fino al marzo 2017 quando si è votato in Parlamento il Progetto di relazione, presentato dall'Onorevole Simona Bonafè, e la successiva approvazione a giugno 2017. Si è proseguiti con il periodo di negoziazione tra i rappresentanti della Commissione, del Consiglio e del Parlamento e, nella notte tra il 17/18 dicembre 2017, si è arrivati a un accordo sui testi sulle nuove norme in materia di rifiuti. I testi sono da considerarsi ormai definiti, in attesa dell'approvazione da parte del Consiglio e del Parlamento europea prima della loro pubblicazio-

ne. Di seguito si riportano le principali punti dell'accordo raggiunto e quali siano le nuove definizioni importanti per lo sviluppo di questa nuova economia.

La definizione di **RIFIUTO** assunto dal nostro ordinamento afferma che un rifiuto è *“una qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o abbia l'obbligo di disfarsi”*. Secondo l'art. 184 del D.lgs. 205 del 2010, i rifiuti vengono classificati in base all'origine (urbani o speciali) e in base alla loro pericolosità (rifiuti pericolosi e non pericolosi). Per il materiale tessile trattato in questa ricerca il codice di riferimento è 04, che comprende i rifiuti della lavorazione di pelli e pellicce, nonché dell'industria tessile<sup>19</sup>. Nell'attuale normativa vigente vi è la mancanza di definizione di **RIFIUTO URBANO**, definita dall'accordo a tre del dicembre 2017 della Direttiva Quadro sui Rifiuti, che ne esplicita e definisce i rifiuti urbani come *“i rifiuti domestici indifferenziati e da raccolta differenziata, i rifiuti indifferenziati e da raccolta differenziata provenienti da altre fonti equiparabili ai rifiuti domestici per natura e quantità e i rifiuti risultanti dalla pulizia dei mercati e dalla nettezza urbana”*. Nella proposta di revisione vengono inoltre inserite nuove definizioni

---

<sup>19</sup> La classificazione dei rifiuti tessili è elencata nell'ALLEGATO D del Decreto Legislativo 205 del 2010, pag. 52 – 53

che in quella vigente normativa mancano; una tra queste è quella di **MATERIAL RECOVERY** o **RECUPERO DI MATERIALE**, che isola il recupero di energia dalle altre forme di recupero e esclude che la cessazione della qualifica di rifiuto di materiale classificato come combustibile (es. CSS<sup>20</sup>) possa essere conteggiato per raggiungere obiettivi di riciclo dei rifiuti. Si tratta di una distinzione ormai obbligatoria poiché non include tutte quelle modalità di recupero intermedio (materiali o sostanze) il cui fine ultimo è la conversione in energia. La nuova definizione afferma che il **MATERIAL RECOVERY** riguarda qualsiasi operazione di recupero, tranne il recupero di energia e il ritrattamento di materiali che devono essere utilizzati come combustibili o altri mezzi per generare energia. Comprende la preparazione per il riutilizzo, il riciclaggio e il riempimento. Una seconda nuova definizione è quella dell'**Extended Producer Responsibility Scheme (EPR)** ovvero uno schema di responsabilità estesa del produttore come una serie di norme che assicurano che i produttori di un determinato prodotto abbiano la responsa-

---

<sup>20</sup> Secondo il Decreto Legislativo 205 del 2010 combustibile solido secondario (CSS): il combustibile solido prodotto da rifiuti che rispetta le caratteristiche di classificazione e di specificazione individuate dalle norme tecniche UNI CEN/TS 15359 e successive modifiche ed integrazioni; fatta salva l'applicazione dell'articolo 184-ter, il combustibile solido secondario, è classificato come rifiuto speciale;

---

bilità, non solo organizzativa ma anche finanziaria, della gestione dei rifiuti derivante dal prodotto stesso. Questa definizione pone un problema che ne rappresenta una conseguenza inevitabile: i costi. Infatti occorre definire le modalità di calcolo dei costi, soprattutto per quella tipologia di rifiuti la cui raccolta è operata dai comuni e che quindi i costi di servizio variano a seconda della città. In ultimo il costo deve tener conto di numerose variabili, come la riparabilità, riutilizzabilità riciclabilità di un prodotto.

Un ulteriore passo verso la *Circular Economy* è assicurato da un elenco che contiene una lista di misure e strumenti economici che gli Stati membri devono mettere in atto per perseguire questo scopo, esempi come la tassa su discariche incenerimento, una fiscalità agevolata e misure a sostegno dell'espansione del riutilizzo. Gli strumenti economico/finanziari che gli Stati membri devono adottare riguarda il sostegno alla gerarchia dei rifiuti, all'impegno dei singoli per un bene comune, per promuovere le azioni di riutilizzo, riciclaggio e allo stesso tempo rendere più onerose le opere di smaltimento e recupero energetico. Un aspetto da sottolineare è che la lista di misure non è imperativa ma solo indicativa. In Italia esistono ancora misure e sostegni economici per il recupero

---

---

energetico, mentre non risulta ancora disincentivante l'ecotassa, la tassa imposta a chi concorre all'inquinamento ambientale.

Nell'ambito di questa ricerca è doveroso citare e definire a cosa, con il termine **SOTTOPRODOTTO**, ci si riferisce. Secondo la normativa vigente il termine sottoprodotto, enunciato all'art. 5, afferma che *"è un sottoprodotto e non un rifiuto ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera a), qualsiasi sostanza od oggetto che soddisfa tutte le seguenti condizioni:*

- a) la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;*
- b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;*
- c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;*
- d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la*

*salute umana”.*

In particolare l'Italia è intervenuta, riguardo la questione del sottoprodotto, con il decreto 264/2016 “w”. Il documento afferma che i sottoprodotti sono scarti di produzione ma che possono essere gestiti non come rifiuti, bensì come beni a patto che soddisfino i requisiti della normativa di cui sopra. Infatti, se mancasse uno dei requisiti richiesti a livello legale, lo scarto di produzione è assoggettato ai criteri della disciplina in materia di rifiuti. Il Decreto Ministeriale n.264/2016 è entrato in vigore lo scorso 2 marzo 2017, come previsto dall'articolo 184-bis, comma 2, del D.Lgs 152/2006.

Sebbene si siano compiuti dei passi avanti, rimangono comunque dei problemi di tipo e interpretativo e applicativo, poiché permane ancora l'idea che i sottoprodotti siano dei non-rifiuti e questo comporta che prevalgano delle interpretazioni e delle restrizioni che di fatto impongono le medesime condizioni gestionali dei rifiuti.

l'Italia si è imposta da molto tempo l'impegno verso la raccolta differenziata, in cui attori principali sono i rifiuti urbani. Nel nostro paese la strada che si è intrapresa è quella di definire un **obiettivo quantitativo minimo da raggiungere**, e non di definire quali frazio-

ni merceologiche si devono raccogliere. Ad oggi l'obiettivo da raggiungere è il **65% del peso dei rifiuti urbani prodotti nello stesso anno**, un obiettivo non lontano dagli standard raggiunti fino ad adesso con 52,5%, ma con grandi distinzioni tra le Regioni del nord (64,2%), del centro (48,6%) e del sud (37,6%). Ammettendo che l'impegno delle Regioni, nella raccolta differenziata, sia simultaneo ci si aspetta di arrivare al **67%** a livello nazionale **nel 2022**. L'obiettivo posto non risulta lontano dagli schemi a livello nazionale, poiché l'impostazione adottata nel nostro paese impone già di intercettare le frazioni merceologiche (vetro, carta, vetro, plastica, rifiuti organici e oli) e separarle. I problemi in questo caso si sviluppano a livello di macro zone, ovvero la disparità e il divario tra le regioni è evidente e incide sulle piccole realtà in cui l'obiettivo comune è disatteso, sia in termini quantitativi che qualitativi. Con l'entrata in vigore dell'accordo approvato a dicembre 2017, le piccole realtà avranno un'attenzione particolare per organizzare al meglio la raccolta differenziata.

Nell'ambito della raccolta differenziata e delle frazioni merceologiche è bene rimarcare come, grazie all'accordo a tre di dicembre, dal 2023 sarà obbligatoria la raccolta differenziata anche per la frazione dei rifiuti tessili.



## LA NORMATIVA SUI RIFIUTI E GLI SCARTI TESSILI

Per caratterizzare al meglio il settore tessile, e della moda in generale, risulta necessario chiarire come questo ambito sia regolamentato nello specifico.

---

---

La tassonomia utilizzata in Italia riguardante le frazioni tessili di scarto dell'industria tessile è quella fornita dal CER, il Codice Europeo dei Rifiuti, articolato in:

- rifiuti dell'industria tessile;
- rifiuti da materiali compositi (fibre impregnate e elastomeri);
- materiale organico proveniente da prodotti naturali (ad es. grasso, cera);
- rifiuti provenienti da operazioni di finitura contenenti solventi organici;
- tinture contenenti sostanze pericolose;

A titolo di chiarimento utilizzerò nel corso di questa ricerca il termine sottoprodotto o materia prima seconda (MPS) o cascame (e sinonimi) per definire gli sfridi di origine tessile, poiché nonostante il CER li definisca rifiuti, sono a tutti gli effetti, legali e non, dei sottoprodotti dell'industria tessile.

In Italia i rifiuti tessili di origine urbana sono regolamentati dalla normativa in materia di rifiuti contenuta nella parte IV del Decreto legislativo 152/2006 (e s.m.i.). Ai fini della classificazione alla frazione tessile della raccolta differenziata, sono attribuiti i seguenti codici CER:

- CER 200110 – Abbigliamento

- CER 200111 – Prodotti Tessili

Va specificato inoltre che la frazione tessile, come il legno e le frazioni cellulosiche e organiche, costituiscono i cosiddetti “rifiuti biodegradabili”, relativamente ai quali un precedente Decreto Legislativo (36/2003) ha introdotto specifici obiettivi di riduzione dello smaltimento in discarica.

#### QUANTITATIVO RIFIUTI TESSILI RACCOLTI IN ITALIA (KT) - 2009/2016

	2015			2016			kt
	NORD	CENTRO	SUD	NORD	CENTRO	SUD	
Rifiuti TESSILI	68,2	28,7	32,2	74,3	23,7	35,3	kt

**FONTE:**

**elaborazione personale su dati ITALIA DEL RICICLO 2017 e ISPRA, Rapporto rifiuti 2017**

---

---

La tipologia di sottoprodotto tessile viene spesso inserita in circuiti di beneficenza oppure termina il suo ciclo di vita negli impianti di recupero tessile o in discarica.

L'attività di raccolta differenziata degli abiti usati e prodotti tessili viene svolta a livello comunale da enti addetti con periodicità programmata utilizzando appositi contenitori posizionati sul territorio comunale e presso le isole ecologiche. Il regolare svolgimento di questo servizio è garantito da alcuni standard minimi forniti e concordati da due enti: ANCI, Associazione Nazionale dei Comuni Italiani, e CONAU, Consorzio Nazionale Accessori e Abiti usati.

Il Consorzio Nazionale Abiti e Accessori Usati (CONAU) nasce nel 2008 grazie a un gruppo di soci fondatori con l'obiettivo di recuperare il tessile in tutte le sue sfaccettature. Il lavoro svolto da questo ente è imperniato su due obiettivi: aumentare la trasparenza nel settore tessile e incentivare un aumento di volumi di raccolta differenziata della frazione tessile.

In questo senso è necessario sottolineare l'importanza del protocollo d'intesa stipulato da ANCI e CONAU il 7 marzo 2012, il quale ha lo scopo non solo di sostenere lo sviluppo della **raccolta differenziata** dei cascami tessili e degli abiti usati in Italia, ma anche quello di apportare vantaggi in termini ambientali, economici

e sociali. È prevista quindi la riduzione dei costi sostenuti dai comuni per la relativa gestione e cooperazione per il raggiungimento degli obiettivi di raccolta e recupero. Si parla invece di **raccolta occasionale**, pur non essendo regolamentata dalla normativa 152/2006, quella tipologia di raccolta volta e realizzata da Enti o Associazioni con finalità benefiche. In questo caso i materiali raccolti sono ceduti all'Ente/Associazione che ha la facoltà di commercializzarli assicurandone il recupero.

La mobilitazione di enti come ANCI e CONAU è scaturita da una mancanza di regolarità dei settori tessili in Italia a confronto con gli altri paesi dell'Unione Europea. Secondo i dati riportati<sup>21</sup> **il consumo medio di abbigliamento e accessori in Europa è di 10 kg pro capite l'anno**, con significative disuguaglianze tra i paesi che ne fanno parte. L'associazione CONAU riporta che il **consumo medio per l'Italia di 14 kg pro capite l'anno**, risultando quindi uno dei paesi con il più elevato consumo tessile in Europa. Analizzando la **frazione tessile raccolta**<sup>22</sup>, secondo la differenziazione, sono **133,3 Kt**, con un incremento del **3,3% rispetto al 2015**.

---

<sup>21</sup> Italia del Riciclo 2018.

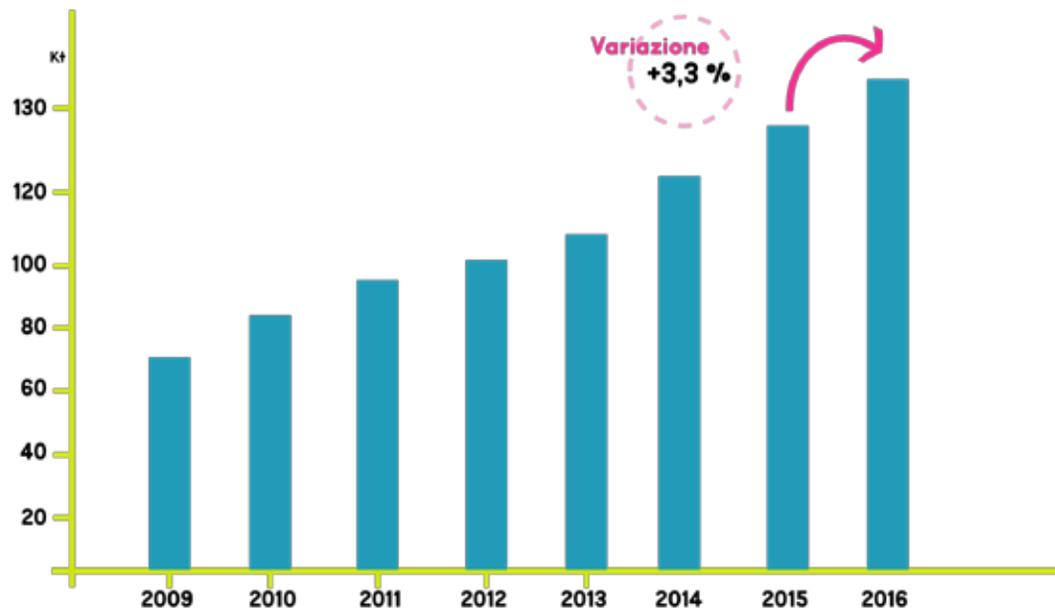
<sup>22</sup> ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani 2016.

Nonostante si sia registrato un aumento costante negli anni, il risultato atteso è basso rispetto agli altri paesi europei. Il paese più virtuoso in questo senso è sicuramente **la Germania**, poiché raccoglie il maggior numero di tonnellate di frazione tessile a livello europeo con quasi **10 kg pro capite** potenziati in canali di riuso e riciclo. L'olanda e il Belgio si aggirano intorno a obiettivi più raggiungibili con 4 e 5 kg pro capite l'anno. In **Italia**, ad oggi, la situazione è preoccupante perché la media nazionale **nel 2013** risultava essere di **1,8 kg/abitante**, con un incremento di quasi il 10% rispetto al 2012. Gli ultimi dati riportati da ISPRA vedono un ulteriore incremento di 2 kg pro capite l'anno, ancora purtroppo al di sotto della media degli altri paesi europei. All'interno delle *Linee guida per l'affidamento del servizio di raccolta differenziata della frazione tessile-abbigliamento*, pubblicata da ANCI-CONAU, è sottolineato come il potenziale medio a livello nazionale potrebbe aumentare, affidandosi alle linee guida, fino a 4 kg pro capite l'anno, un risultato assai favorevole e comune con l'Europa. Un risultato che, secondo ANCI e CONAU, garantirebbe un risparmio nel costo di smaltimento dei rifiuti urbani pari a 36 milioni di euro. In aggiunta, il recupero delle materie prime, oltre a rappresentare un fattore economico strategico per l'approvvigionamento delle

materie seconde e per i settori produttivi, si presenta come alleato per la riduzione dell'impatto ambientale delle attività industriali.

#### QUANTITATIVO RIFIUTI TESSILI RACCOLTI IN ITALIA (KT) - 2009/2016

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Rifiuti TESSILI	71,5	80,3	96,7	101,1	110,9	124,3	129	133,3	kt



FONTE:

elaborazione personale su dati CONAU e ISPRA Rapporto rifiuti 2017

Analizzando attentamente la gestione dei rifiuti e degli scarti secondo la normativa italiana e europea, si evince che il **flusso dei materiali tessili** (compresi quelli che compongono i consumi finali di abbigliamento e di tessile per arredamento) **che entrato nel consumo di moda nei 28 paesi membri dell'UE**, è di circa **10 milioni di tonnellate annue**, a cui vengono aggiunti i **1,7 milioni di tonnellate di materiali che entrano nel consumo di calzature**. Se si assume, per semplicità di calcolo, che lo stock rimanga invariato, si arriva a un flusso di **materiali che raggiungo il fine vita ogni anno di 11,7 milioni di tonnellate, a cui vanno aggiunti 1,2 milioni di tonnellate di scarti di materiali riciclabili** da parte dell'industria europea, **di cui 0,8 milioni di tonnellate sono materiali tessili o di pelle<sup>23</sup>**.

Nel complesso si può stimare il volume di materiali generati dal mercato europeo della moda e candidati al riciclo circa 13 milioni di tonnellate. Diventa però complicato definire statistiche precise, aggiornate e ufficiali sulla raccolta e destinazione dei rifiuti dell'industria della moda. Tuttavia grazie a diverse fonti e incrociando numerosi dati si può stimare che **1/5 dei 13 milioni di tonnellate di rifiuti sia complessivamente raccolto per essere avviato al riciclo o al riuso.**

---

<sup>23</sup> Dati elaborati su base Eurostat.



## IL FINE VITA DEGLI SCARTI (RIFIUTI) TESSILI

Per delineare una classificazione dei rifiuti esaustiva è possibile usufruire della scala, o gerarchia, di preferibilità rappresentata in modo esaustivo con lo schema a triangolo rovesciato proposto dalla *US Environmental Protection Agency* (EPA) per i rifiuti non pericolosi.

## LA CLASSIFICAZIONE

La gerarchia proposta dall'ente d'oltreoceano si rispecchia nell'articolo 4 della Direttiva europea 2008/98/CE sulla gestione dei rifiuti. Lo schema proposto stabilisce un preciso ordine di priorità dalla riduzione dei rifiuti prodotti fino allo smaltimento in discarica. La scala delle opzioni va dalla soluzione meno preferibile a quella più preferibile, ed è così composta:



**FONTE:**

**elaborazione personale su base US Environmental Protection Agency (EPA)**

Nello specifico la **RIDUZIONE** del volume dei rifiuti prodotti è la situazione più auspicabile in entrambi i testi (direttiva 2008/98/CE e rapporto EPA), si può realizzare attraverso numerose azioni di re-design dei prodotti stessi, l'introduzione dei criteri dell'economia circolare e l'ottimizzazione degli imballaggi. Il **RIUTILIZZO/RIUSO** dei prodotti e dei materiali una volta giunti al loro fine vita, con la trasformazione in nuovi prodotti e destinazione d'uso. Il **RICICLO** rappresenta l'ottimizzazione e l'organizzazione di una filiera del tale, partendo dalla base della raccolta differenziata. Il **RECUPERO ENERGETICO** di tutti quei rifiuti che sono considerati non riutilizzabili e riciclabili.

Il principio di gerarchia introdotto dalla direttiva europea prevede che i paesi membri mettano a punto delle soluzioni di monitoraggio e controllo in materia di rifiuti. Due sono le strade da prendere in considerazione ad oggi: la prima, che interessa direttamente il breve periodo, ed è quella di agire in modo complementare su tutti i fronti, dalla soluzione più preferibile a quella meno, per migliorarne la sostenibilità; la seconda prevede un passo avanti, quindi nel lungo periodo è preferibile se non auspicabile prediligere alcune strategie (quelle con maggiore grado di preferibilità) a discapito di altre.

---

---

In generale si può identificare un primo obiettivo comune, infatti tra la gerarchia dell'EPA e quella della direttiva europea la più importante azione per affrontare la questione dei rifiuti è non produrli. Tuttavia nasce spontanea la riflessione su quale sia la sostanziale differenza tra le due formulazioni.

Analizzando il testo della direttiva si possono identificare due principali azioni riguardanti la prevenzione e la riduzione dei rifiuti prodotti, che nel testo si dividono nei successivi due punti. Il primo punto prevedeva, entro la fine del 2011, la redazione di una relazione intermedia sull'evoluzione della produzione dei rifiuti e al contempo definire una politica di progettazione ecologica dei prodotti che riduca sia la produzione di rifiuti che la produzione di sostanze nocive in essi, favorendo tecnologie incentrate sui prodotti sostenibili, riutilizzabili e riciclabili. Il secondo punto prevedeva, sempre secondo le tempistiche sopra citate, la formulazione un piano d'azione per ulteriori misure di sostegno a livello europeo volte, in particolare, a modificare gli attuali modelli di consumo. Ad oggi si può affermare che, nonostante i tempi siano lunghi e la burocrazia complicata, si sono compiuti gli obiettivi preposti con la normativa europea, anche grazie alle ultime Direttive presentate a dicembre 2017 con l'*Accordo a tre*.

Nel caso dell'EPA il testo presente sul sito dell'agenzia relativo alle politiche di riduzione e prevenzione dei rifiuti è il seguente: *"Source reduction, also known as waste prevention, means reducing waste at the source, and is the most environmentally preferred strategy. It can take many different forms, including reusing or donating items, buying in bulk, reducing packaging, redesigning products and reducing toxicity. Surces reduction also is important in manufacturing. Lightweighting of packaging, reuse and remanufacturing are all becoming more popular buisness trends. Purchasing products that incorporate these features supports sources reduction"*<sup>24</sup>. Un estratto significativo è esaustivo, che contempla le basi per una riduzione concreta dei rifiuti.

Alla luce delle formulazioni e di quali siano le principali azioni della direttiva e dell'EPA sorge necessaria l'analisi e la comparazione delle due versioni.

Partendo dal primo punto della direttiva si evince che, seppure in misura diversa, rispecchia per la maggior parte il testo dell'EPA, infatti il concetto risulta chiaro: la prevenzione del rifiuto si realizza

---

<sup>24</sup> Definizione fornita dal rapporto dell'EPA.

attraverso il re-design sia dei manufatti, progettati in modo da facilitare la divisione successiva dei materiali che li compongono, per un recupero agevolato e meno costoso del packaging da ridurre all'essenziale. In entrambe le formulazioni è importante il ruolo, dal punto di vista del riciclo, della prevenzione dalle sostanze tossiche e pericolose. Si tratta di obiettivi non facili da raggiungere nel campo in cui il design dei prodotti è dominato principalmente dalla dimensione estetica e simbolica di una vita passeggera dei prodotti, la cui progettazione si sviluppa in modo frenetico e su tempi brevi. Non risulta però un obiettivo impossibile da raggiungere, soprattutto se si attuano delle modifiche in almeno tre campi: attuare una ridefinizione dei metodi e degli strumenti di progettazione delle collezioni che può avvenire solo con la formazione di nuovi designer, e quindi non applicabile a tempi brevi; l'introduzione di nuovi metodi e parametri che consentano di valutare in tempi brevi, a parità di valore estetico e simbolico di un materiale, quello con minor impatto ambientale e con un alto valore di potenziale di riuso e riciclabilità; e, in ultimo, un impegno dei fornitori dei materiali, dei tessuti e degli accessori a fornire in modo chiaro e trasparente le informazioni indicate sopra.

La differenza tra le formulazioni della direttiva europea e quella

dell'EPA si riscontra nel secondo punto della direttiva, dove si raccomandano misure “*volte a modificare gli attuali modelli di consumo*”, una definizione che per il settore moda comporterebbe la rinuncia ad alcune delle sue caratteristiche fondamentali. Nascono spontanee le riflessioni: Quali sono infatti i modelli di consumo da modificare nel settore della moda? Se questa definizione include, per esempio la sobrietà, si dovrebbero immaginare dei provvedimenti che incentivino una moda sobria? Oppure, se il modello di consumo da modificare riguarda la riduzione dello spreco prodotto dalla frequente sostituzione dei prodotti, ancora materialmente funzionali causata dall'alternarsi dei cicli della moda, si dovrebbe disincentivare il rapido susseguirsi delle mode? Tutti questi sono quesiti che portano a situazione estreme, ma è tutt'altro che remoto il rischio che la formulazione di questa direttiva rifletta una considerazione della moda stessa come elemento frivolo e contro i principi di sostenibilità. La formulazione fornita dall'EPA in materia di modelli di consumo da incentivare è molto più circoscritta, in quanto si limita a elencare una serie di specifiche dimensioni dei comportamenti di consumo, “*reusing or donating items*”, che richiamano in modo chiaro ai principi della *Sharing Economy* ma non sono in aperto conflitto con la natura della moda.

---

---

Una questione complessa è quella riguardante la gestione dei rifiuti, che risulta difficoltosa e articolata. Ad oggi si parla del modello della Fast Fashion o, in altre parole, la moda *“usa e getta”*. Un punto di vista che rivendica l’incompatibilità tra Fast Fashion e la sostenibilità è quello di Greenpeace, che descrive il *“mito del riuso e del riciclo”* (*The myth of re-use and recycle*) e afferma che questi ultimi risultano essere solo una soluzione temporanea. I passi avanti della moda in tema di sostenibilità, realizzatisi nell’ultimo decennio per la maggior parte grazie al merito di organizzazioni ambientaliste come Greenpeace, suggeriscono che non necessariamente vi sia un’incompatibilità tra la natura della moda, orientata allo spreco e alla sostituzione di capi ancora pienamente funzionanti, e la conservazione delle risorse e dell’ambiente. Si tratta principalmente di ridurre e soprattutto eliminare gli sprechi di risorse e la produzione di rifiuti. Il riuso e il riciclo esistono nella filiera della moda e non ne limitano l’uso o la creatività.

## LA GESTIONE

Analizzando nel particolare quale sia il percorso che i capi arrivati al fine vita compiono è utile per definire tre circuiti<sup>25</sup> che possono essere intrapresi.

Il primo passo da compiere per effettuare il riciclo post - consumo dei capi di abbigliamento è la raccolta. Il capo di abbigliamento arrivato a fine vita può essere:

- raccolto da un'organizzazione a fini caritatevoli o umanitari;
- riportato al negozio nell'ambito di iniziative di *takeback*;
- conferito a una raccolta di abiti usati attraverso diversi canali, dai cassonetti alle raccolte organizzate da vari enti.

In questo tipo di circuito fa eccezione la pratica dello scambio diretto all'interno della rete di amicizie e conoscenze. Quindi nello scambio diretto il capo rientra di nuovo nell'ambito del consumo, mentre negli altri casi, una volta effettuata la raccolta e stipati i diversi capi nel centro di raccolta, è possibile percorrere due diverse strade: una parte dei capi viene selezionata e avviata alla preparazione per il riuso, un'altra parte viene avviata e organizzata per il riciclo. Nella pratica corrente si verifica a questo punto una

---

<sup>25</sup>Fonte sustainability-lab.net.

terza opzione: una parte dei capi può essere ritenuta non idonea al riuso o al riciclo e viene inviata subito all'impianto di termovalorizzazione.

I circuiti che previsti sono:

**IL CIRCUITO DEL RIUSO.** La parte destinata a questo ambito subisce in prima battuta trattamenti di igienizzazione e ricondizionamento subito dopo la raccolta. Per questi ultimi c'è una corsia preferenziale che va direttamente a finire nella vendita dell'usato, rientrando quindi nel canale del consumo, oppure attraverso canali di vendite specializzate nell'usato o attraverso iniziative caritatevoli e umanitarie. Un esempio di Organizzazione Non Governativa (ONG) che operano a questo livello sono *Oxfam*, fondata nel 1942, la *Salvation Army*, fondata nell'ottocento, o *Humana* con base in Svizzera e organizzazioni affiliate in 31 paesi. Un aspetto importante è che nell'ambito del circuito del riuso una parte consistente di questi capi viene esportata all'estero come abiti usati, 52% del raccolto in Italia, tra il 60% e 70% negli altri paesi europei<sup>26</sup> dando luogo a flussi di commercio notevoli. Tuttavia una

---

<sup>26</sup> European Commission, 2014 e Assosistema, 2015.

volta che i capi arrivano a destinazione nel paese estero la loro destinazione è incerta, non si sa se vengano reimmessi nel ciclo produttivo, come fibre e materie prime, o se vengano effettivamente utilizzati come abiti usati. Analizzando i dati<sup>27</sup> si evince che quantitativamente l'export italiano rappresenta la metà di quello britannico e un terzo di quello tedesco.

**IL CIRCUITO DEL RICICLO POST-CONSUMO.** In questo circuito il primo intervento che viene effettuato è di tipo manuale. Il primo passaggio è lo smontaggio dei capi, vengono divise le parti metalliche come le zip dai bottoni e da tutte le guarnizioni, scuciti e trasformati in stracci. Successivamente la cernita prosegue, sempre manualmente, separando e suddividendo gli stracci per composizione fibrosa e struttura, in base ai colori vengono quindi separati e divisi in lotti ben precisi. Gli stracci a questo punto sono sfilacciati da un'apposita macchina garnettatrice, che si occupa di sfilacciare i tessuti tramite un cilindro di metallo rotante fornito di denti e trasforma il materiale in fibra rigenerata riportandolo allo stato simile a quello del fiocco di materia prima vergine. Ovia-

---

<sup>27</sup> Assosistema Italia, 2015.

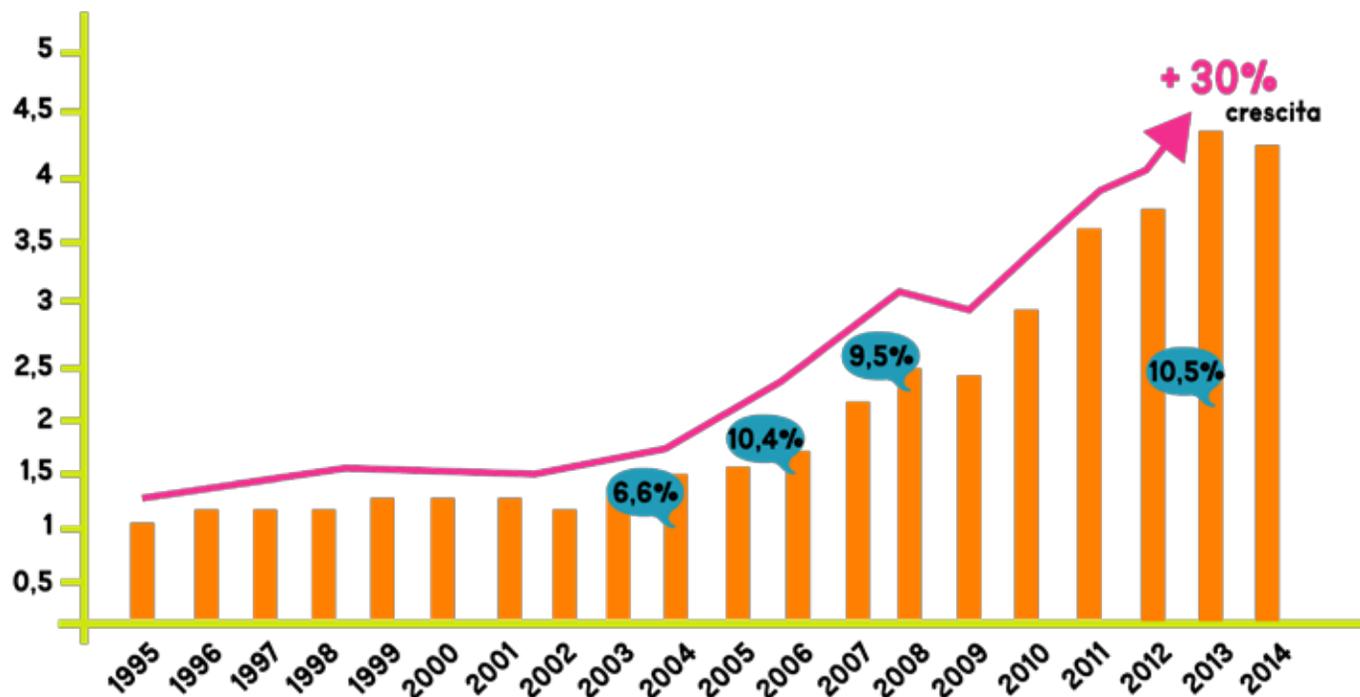
---

---

mente tutte le problematiche riguardanti il colore sono corrette e risolte tramite operazioni di sovra tintura. La fibra rigenerata può così essere venduta per essere filata nuovamente.

**IL CIRCUITO DEL RICICLO POST – INDUSTRIALE.** Questo circuito presenta un processo molto più semplice, perché la raccolta avviene presso le imprese che hanno l'obbligo di smaltire questi rifiuti. Dato che risulta costoso un conferimento in discarica da parte delle aziende, la scelta più conveniente è la cessione presso società specializzate nel riciclo. Risulta chiaro quindi che la quota di materiale inviata al riciclo è molto più elevata rispetto a quella del riciclo di abiti usati. I materiali generalmente comprendono cascami della filatura, blocchi derivati da lavaggio e follatura, scarti di tessitura e scampoli di tessuti. Rispetto ai materiali già confezionati questo tipo di materiali è più uniforme e omogeneo. Anche se la raccolta è facilitata non mancano le difficoltà di separazione dei materiali che sono legati in fibra intima con altri materiali, quindi difficili da trattare.

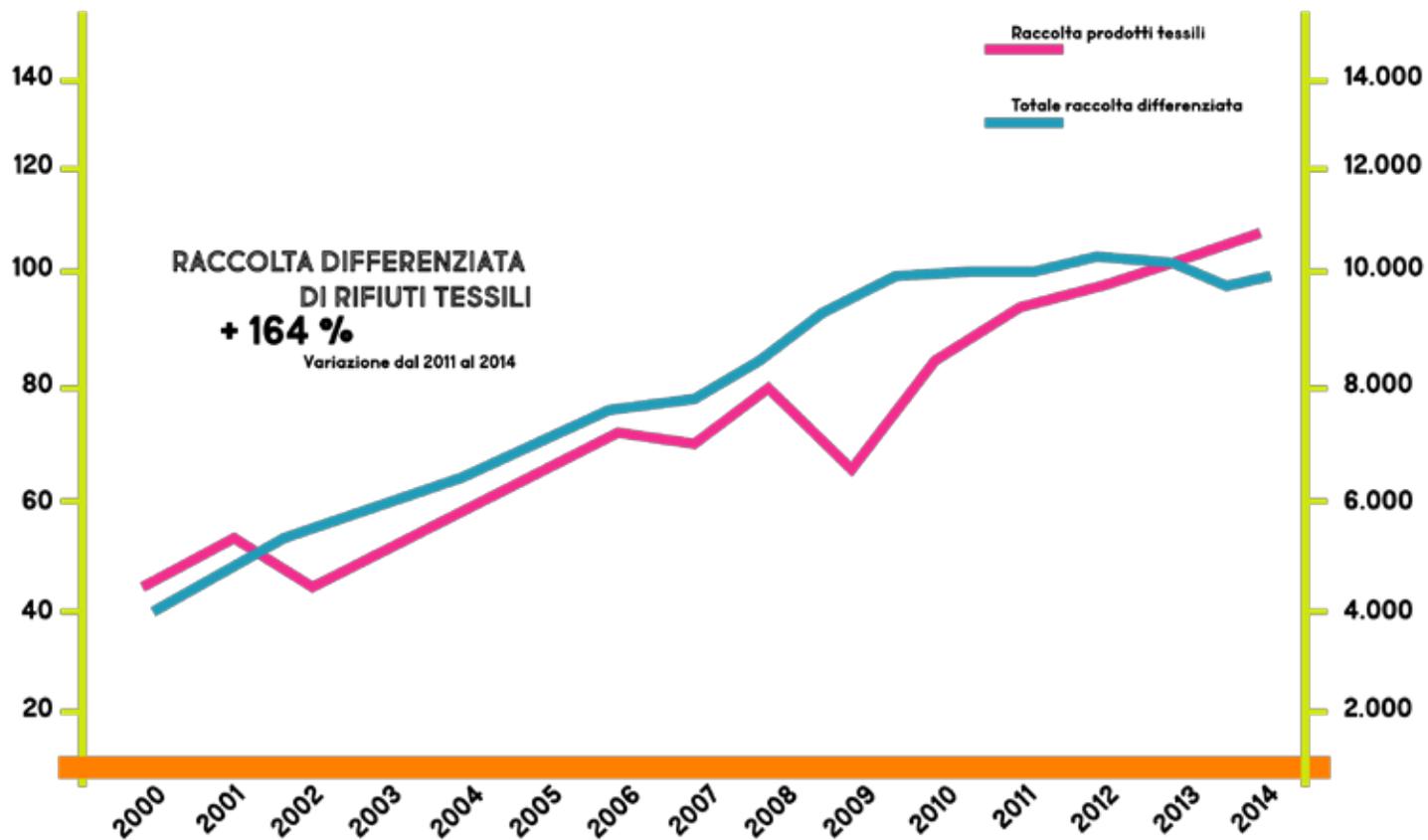
VALORE E CRESCITA ANNUALE DEL COMMERCIO MONDIALE DI ABITI USATI  
(MILIONI DI TONNELLATE)



FORNITORE:

elab. personale su dati forniti da NOMATERIALI DELL'ECONOMIA CIRCOLARE - MODA reperiti da fonte  
UN Comtrade

I RIFIUTI DELLA MODA:  
LA RACCOLTA DEI CAPI DI ABBIGLIAMENTO A FINE VITA IN ITALIA 2001-2014 (MIGLIAIA DI TONNELLATE)



FONTE:  
elab. personale su dati forniti da NOMATERIALI DELL'ECONOMIA CIRCOLARE - MODA reperiti da fonte  
UN Comtrade



## LE CATEGORIE DI IMPATTO

Nel settore moda gli impatti sono notevolmente alti, non solo ambientali ma anche economici e sociali.

Nell'analizzare quale ricaduta abbia a livello economico è necessario capire come la vita di un capo di abbigliamento influenzi non solo l'ambiente ma anche il settore sociale, in un'economia che fa difficoltà a diventare circolare.

La vita di un capo di abbigliamento è caratterizzata da un modello **CRADLE TO GRAVE** (dalla culla alla tomba) nel quale i capi di abbigliamento usati e non più utili vengono conferiti in discarica. Sono state sviluppate due pratiche principali che ritardano il conferimento in discarica e sono il **DOWNCYCLING** e l'**UPCYCLING**. La prima prevede un processo di riciclo definito “verso il basso”, durante il quale i prodotti vengono riciclati e trasformati in materiali di minore valore e/o qualità; l'upcycling rappresenta un livello maggiore, ovvero un prodotto viene trasformato in un altro prodotto, con qualità e valore più elevati rispetto al prodotto iniziale. Diventa così automatico capire come l'impatto di queste tendenze possa intaccare l'ambiente moda, attraverso un possibile riuso o riciclo creativo. Si assiste quindi a un passaggio da un modello **CRADLE TO GRAVE** a uno **CRADLE TO CRADLE**, che prevede la gestione di un capo di abbigliamento definito “ad anello chiuso”, scaturito da un processo di tipo circolare che nasce dalla fibra e muore nella fibra. Il modello **CRADLE TO CRADLE** è stato elaborato nel 2002 da William McDonough e Michael Braungart nella loro pubblicazione *Dalla culla alla culla: come conciliare la tutela dell'ambiente, equità sociale e sviluppo*, in cui viene concettualizzato un mondo nel quale tutti i rifiuti possono diventare alimento per nuovi cicli

---

di vita, proprio come accade in natura. Naturalmente per attuare un processo di questo genere è necessario adattare alla natura i modelli dell'industria, un'operazione che al momento risulta impossibile. In generale l'industria deve porre l'accento e valorizzare gli ecosistemi e i cicli biologici, mantenendo i cicli produttivi in una sorta di "*metabolismo tecnologico*", all'interno del quale tutti i materiali post - consumo devono tornare all'industria per essere reimpiegati nei processi produttivi.

---

---

## IMPATTO AMBIENTALE

Alla produzione, all'uso e allo smaltimento di prodotti tessili sono associati diversi impatti ambientali. Questi dipendono dalla tipologia di fibre di cui sono composti, dal tipo di rifiniture che possiedono, dalle tinture utilizzate, da come vengono usati e dalla gestione che ne consegue in termini di lavaggi, stirature, asciugature e, al termine della loro vita utile, da come vengono dismessi. I principali impatti ambientali della produzione sono diversificati a seconda del tipo di fibra: i dati relativi alla produzione del cotone indicano questa fibra come quella che produce un impatto maggiore, considerando non solo la fase di produzione, ma anche la fase d'uso, l'energia consumata per il lavaggio, l'asciugatura, la stiratura e l'acqua utilizzata.

Le fibre vengono divise secondo la loro provenienza e per quanto riguarda le fibre naturali vegetali e animali di seguito sono riportati tre esempi con i relativi impatti.

## Impatto ambientale del COTONE

Dalla valutazione dell'impatto ambientale della fibra di cotone risulta<sup>28</sup> che le produzioni di cotone negli Stati Uniti, in Cina e in India determinino un carico di CO<sub>2</sub> equivalente di 1,8 tonnellate ogni tonnellata di fibra prodotta. Analizzando nel particolare l'1,8 tonnellate di CO<sub>2</sub> si evince che, il 31% è attribuibile all'uso del prodotto, il 28% alle attività di trasformazione, considerando 55 lavaggi e stirature, il 12% è il peso della coltivazione, il restante 29% rappresenta i trasporti, il packaging e la vendita.

È necessario tener presente che, nella valutazione dell'impatto ambientale, il cotone è una fibra di origine cellulosica e che quindi gli scarti di produzione e i prodotti a fine vita sono biodegradabili.

**IL CONSUMO DI ACQUA.** Valutando il consumo di acqua durante la produzione e la crescita della pianta, si desume che, durante i sei mesi di crescita, la pianta comporta forti consumi idrici, per **un chilogrammo di fibra** sono necessari **dai 3 ai 7 m<sup>3</sup>**

---

<sup>28</sup> Dati ottenuti da Cotton Incorporated, 2012 (<http://cottontoday.cottoninc.com/wp-content/uploads/2016/08/LCI-LCA-Handout.pdf>).

<sup>29</sup> FAO-ICAC, 2015 ([www.icac.org/getattachment/Home-International-Cotton-Advisory-Committee-ICAC/measuring-sustainability-cotton-farming-full-english.pdf](http://www.icac.org/getattachment/Home-International-Cotton-Advisory-Committee-ICAC/measuring-sustainability-cotton-farming-full-english.pdf)).

**di acqua**<sup>29</sup> che nella valutazione di un ciclo di vita di un prodotto finito di aggiungono ai consumi utilizzati nei processi produttivi. Inoltre, le **operazioni di perfezionamento** e tintura richiedono per un chilogrammo di filato circa **200 l di acqua**.

**I CONSUMI ENERGETICI E LE EMISSIONI.** Il 20% del costo del filato è dovuto ai costi energetici sostenuti durante la produzione. Le emissioni vengono circoscritte nelle fasi di nobilitazione con gli scarichi dei bagni di tintura e di finissaggio conferiti ai processi di depurazione nei paesi occidentali, mentre nelle aree ecologicamente non tutelate vengono riversate nei corsi d'acqua<sup>30</sup>.

**SOSTANZE CHIMICHE PERICOLOSE.** Le piantagioni di cotone ricevono il 6,2% del totale dei pesticidi utilizzati in agricoltura<sup>31</sup>, un dato preoccupante nonostante sia in evidente diminuzione rispetto al 11% del 1999. Durante la coltivazione, la fibra subisce trattamenti chimici considerevoli: vengono utilizzati fertilizzanti, diserbanti, pesticidi che non solo contaminano l'ambiente circo-

---

<sup>30</sup> Greenpeace, 2016. Time out for fast fashion.

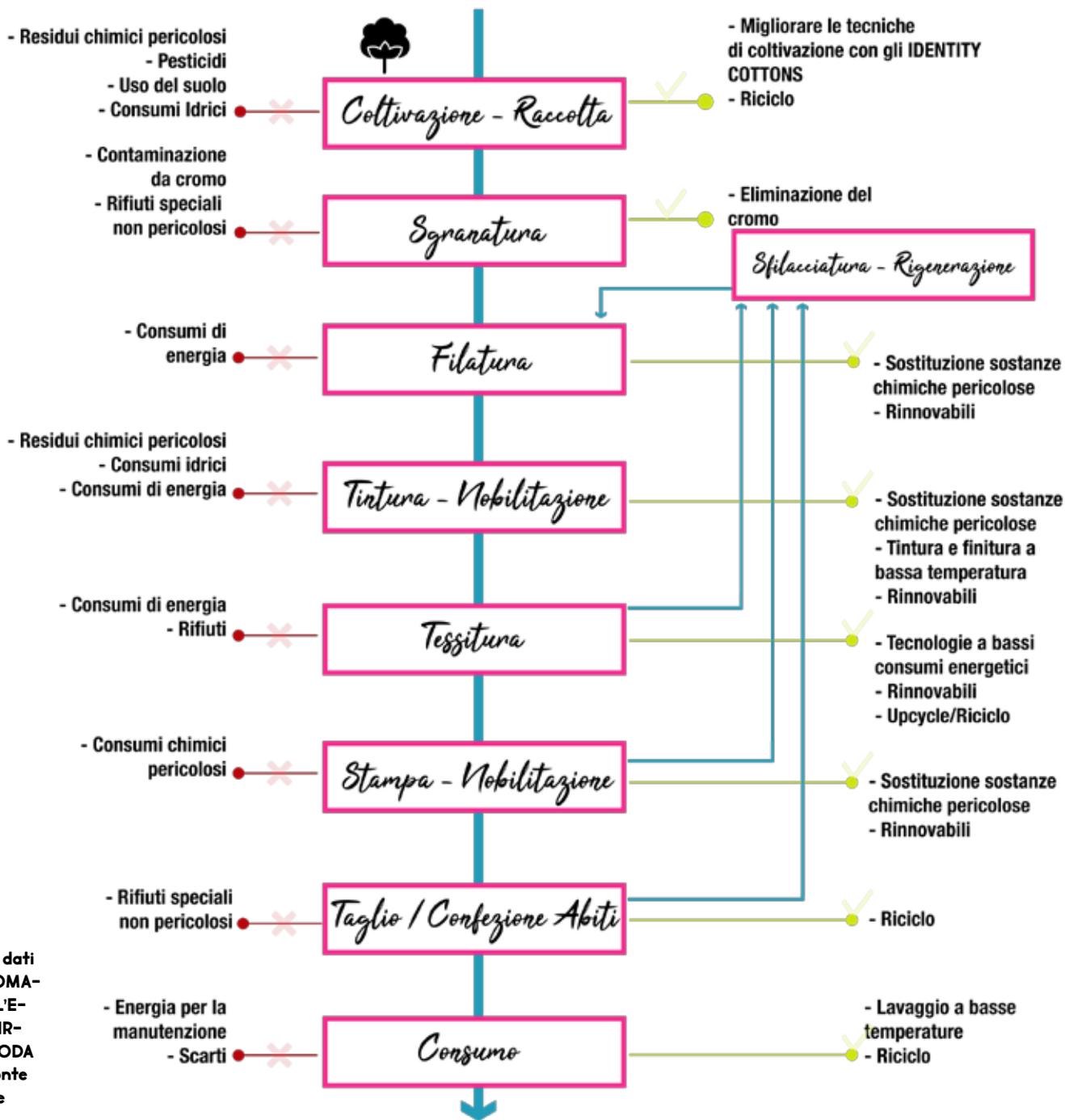
<sup>31</sup> FAO-ICAC, 2015. ([www.icac.org/getattachment/Home-International-Cotton-Advisory-Committee-ICAC/measuring-sustainability-cotton-farming-full-english.pdf](http://www.icac.org/getattachment/Home-International-Cotton-Advisory-Committee-ICAC/measuring-sustainability-cotton-farming-full-english.pdf)).

---

stante (aria, acqua e terreno) ma permangono in parte sulla fibra. Uno studio effettuato da *Textile Exchange* nel 2014 ha messo a confronto le piantagioni di cotone biologico e quelle di cotone convenzionale, evidenziando come la coltivazione senza l'utilizzo di prodotti chimici consenta una riduzione dei gas climalteranti e delle emissioni responsabili dall'acidificazione e dell'eutrofizzazione, oltre che dei consumi idrici. Malgrado il sostegno di numerosi brand, il cotone biologico resta una quota marginale della produzione della fibra (0,5%).

**Fattori di impatto ambientale** ✘

✔ **Fattori di sostenibilità**



FONTE: elab.  
 personale su dati  
 forniti da NOMA-  
 TERIALI DELL'E-  
 CONOMIA CIR-  
 COLARE - MODA  
 reperiti da fonte  
 UN Comtrade

## *Impatto ambientale della LANA*

Il secondo esempio di studio dell'impatto ambientale è quello che riguarda la lavorazione della lana. Anche se mantiene un carico ambientale inferiore a quello generato dai bovini da carne e da latte, l'allevamento dei piccoli ruminanti concorre a delinearne uno proprio.

Analizzando dal principio quali possono essere gli impatti ambientali di un allevamento di ovini si desume che, l'utilizzo di ampie aree di pascolo sottratte ad altre colture negli allevamenti stanziali, il consumo di acqua, erba e foraggio e le emissioni, concorrono a definire alcuni aspetti fondamentali. L'azoto prodotto dagli ovini, sotto forma di feci e urine, contribuisce all'effetto serra mediante la produzione di ammoniaca e ossidi di azoto che possono contaminare le acque di falda e quelle superficiali.

**IL CONSUMO DI ACQUA.** Il consumo di acqua utilizzato per il lavaggio della lana sucida è volto all'eliminazione delle impurità dal

vello dell'animale, quali il terriccio, foglie, escrementi, una frazione organica insolubile prodotta dalle ghiandole sebacee e sudoripare dell'ovino. I primi lavaggi vengono effettuati con sola acqua per consentire il recupero della lanolina, una miscela di composti organici, costituente il grasso di lana depurato, usata in farmacia e per la preparazione di cosmetici e pomate, successivamente invece la lana viene lavata con detergenti e agenti chimici. Il lavaggio prevede una quantità di circa **8,6 a 17 m<sup>3</sup> di acqua per tonnellata di lana sucida**, un valore che aumenta sensibilmente nelle fasi tintoriali e nei finissaggi **da 20 a 122 metri cubi di acqua per tonnellata di lana trattata**.

**I CONSUMI ENERGETICI E LE EMISSIONI.** Nelle fasi di preparazione, filatura, tessitura e nobilitazione della lana, si stima un consumo medio tra 15 e 19 MWh per tonnellata di prodotto. Sostanze chimiche pericolose. L'eco tossicità è legata principalmente alle operazioni di lavaggio della lana sucida, ma si intensifica con l'uso di ectoparassitidici<sup>32</sup> nelle greggi di allevamento.

---

<sup>32</sup> Un ectoparassitidico è un farmaco antiparassitario utilizzato nel trattamento di infestazioni da Parassiti. Questi farmaci sono utilizzati per uccidere i parassiti che vivono sulla superficie del corpo. Definizione fornita da Wikipedia.

---

Il consumo medio di formulati chimici e ausiliari vanno **da 180 a 300 chilogrammi per tonnellata di tessuto** e coloranti da 45 a 54 chilogrammi per tonnellata di tessuto.

**GLI SCARTI.** Lo scarto di lana viene classificato in Italia come rifiuto speciale ed è molto spesso oggetto di progetti creativi per il riutilizzo, come riporta il GreenWolf nel 2013 la lana è stata utilizzata come fertilizzante. Secondo i dati recenti ogni anno in Europa sono prodotte più di **200.000 tonnellate di lana sucida**, delle quali **18-20.000 tonnellate solo in Italia**.

**LE FIBRE NOBILI.** Le fibre nobili sono fibre – come il cachemire, la vigogna, il mohair, l'alpaca, il cammello, l'angora e lo yak – più pregiate e utilizzate nella produzione di alta gamma. I materiali più conosciuti derivano da luoghi diversi della terra, dagli altopiani mongoli agli alti pascoli peruviani e andini, caratterizzati da diverse condizioni climatiche e sociali particolari che concorrono a renderle così speciali. A causa dell'intensificarsi della domanda di questa materia prima di lusso, si è registrato un aumento del numero di questi animali negli allevamenti con il risultato di aver compromesso il delicato equilibrio naturale delle aree coinvolte,

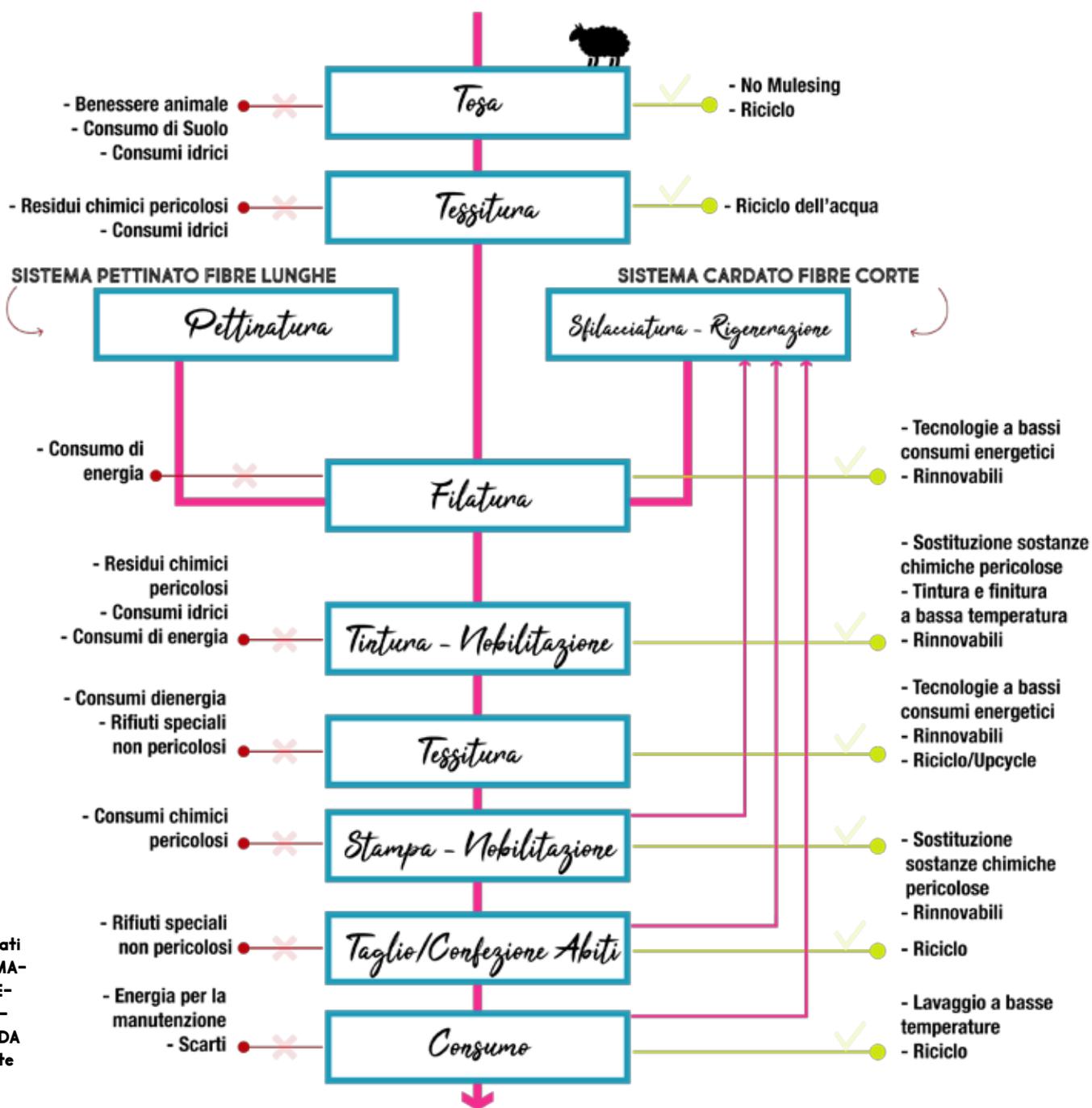
---

---

trasformate in pascoli. Un esempio tangibile è quello della Mongolia, dove il numero di capre è aumentato di 10 volte, un fenomeno che alcuni ritengono l'inizio delle desertificazioni.

**Fattori di impatto ambientale** ✘

✔ **Fattori di sostenibilità**



FONTE: elab. personale su dati forniti da NOMATERIALI DELL'ECONOMIA CIRCOLARE - MODA reperiti da fonte UN Comtrade

---

---

## Impatto ambientale della SETA

Un ultimo esempio riguarda la seta, fibra coltivata in tutto il mondo, dalla Cina, all' Uzbekistan e Brasile. I dati forniti dall' International Sericultural Commission nel 2016 hanno stimato che sono state e vengono tutt'ora prodotte **200.000 tonnellate di fibra all'anno** con un andamento sempre crescente, soprattutto negli ultimi anni. L'Italia nella seconda metà del novecento ha abbandonato la sericoltura, ad eccezione del distretto di Como, famoso per la tessitura e la stampa della seta.

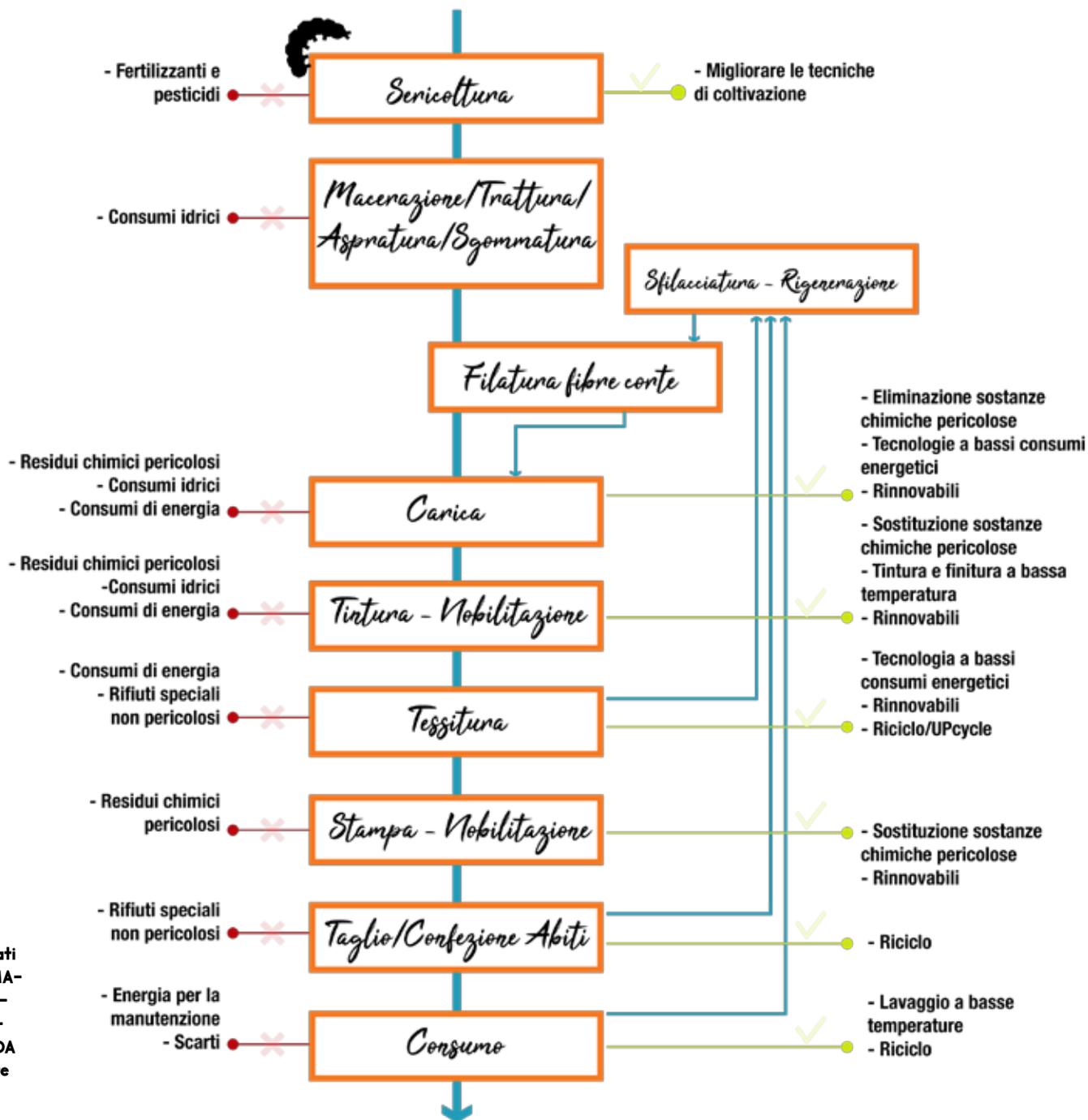
Per ciò che concerne l'analisi dell'impatto ambientale, bisogna partire dal presupposto che la seta nasce ed è prodotta dai bruchi sericigeni che emettono un filamento per costruirsi il bozzolo che usano per proteggere la crisalide. La coltivazione è connessa alla crescita dei fiori di gelso che forniscono il nutrimento ai bruchi durante la crescita e contribuiscono soprattutto al mantenimento della biodiversità locale, in quanto sono i responsabili della trasformazione della CO<sub>2</sub> in ossigeno.

---

I consumi che pesano sull'impatto ambientale non sono solo quelli idrici, energetici e detergenti nella fase di produzione e crescita, ma sono soprattutto quelli presenti nella fase tintoriale, in cui oltre ai consumi idrici si aggiunge il massiccio impiego di coloranti e ausiliari di processo e le emissioni.

**Fattori di impatto ambientale** ✕

✓ **Fattori di sostenibilità**



FONTE: elab. personale su dati forniti da NOMA-TERIALI DELL'ECONOMIA CIRCOLARE - MODA reperiti da fonte UN Comtrade

## Impatto ambientale della PELLE

In ultimo è doveroso citare e indagare quale sia l'impatto ambientale prodotto dalla pelle, un tipo di fibra di origine animale utilizzata soprattutto nel mondo della moda. Occorre puntualizzare che non esistono dati certi in questa analisi, poiché il database italiano e l'analisi compiuta dall'UNIC Italia<sup>33</sup>, ha in sé delle incertezze per quello che riguarda le prime fasi, come l'allevamento. Il rapporto di sostenibilità fornito, riporta i principali impatti che la lavorazione della pelle prevede; infatti, la trasformazione dallo stato grezzo/semilavorato al prodotto finito prevede oltre all'impiego della "materia prima pelle", l'utilizzo delle risorse idriche, delle sostanze chimiche e delle fonti energetiche.

**IL CONSUMO DI ACQUA.** In conseria, la maggior parte dei processi avviene in bagni acquosi. Risulta quindi chiaro che la

---

<sup>33</sup> Unione Nazionale Industria Conciaria (UNIC) Conceria Italiana, *Racconti della pelle italiana. Rapporto di sostenibilità 2017.*, Milano 2017.

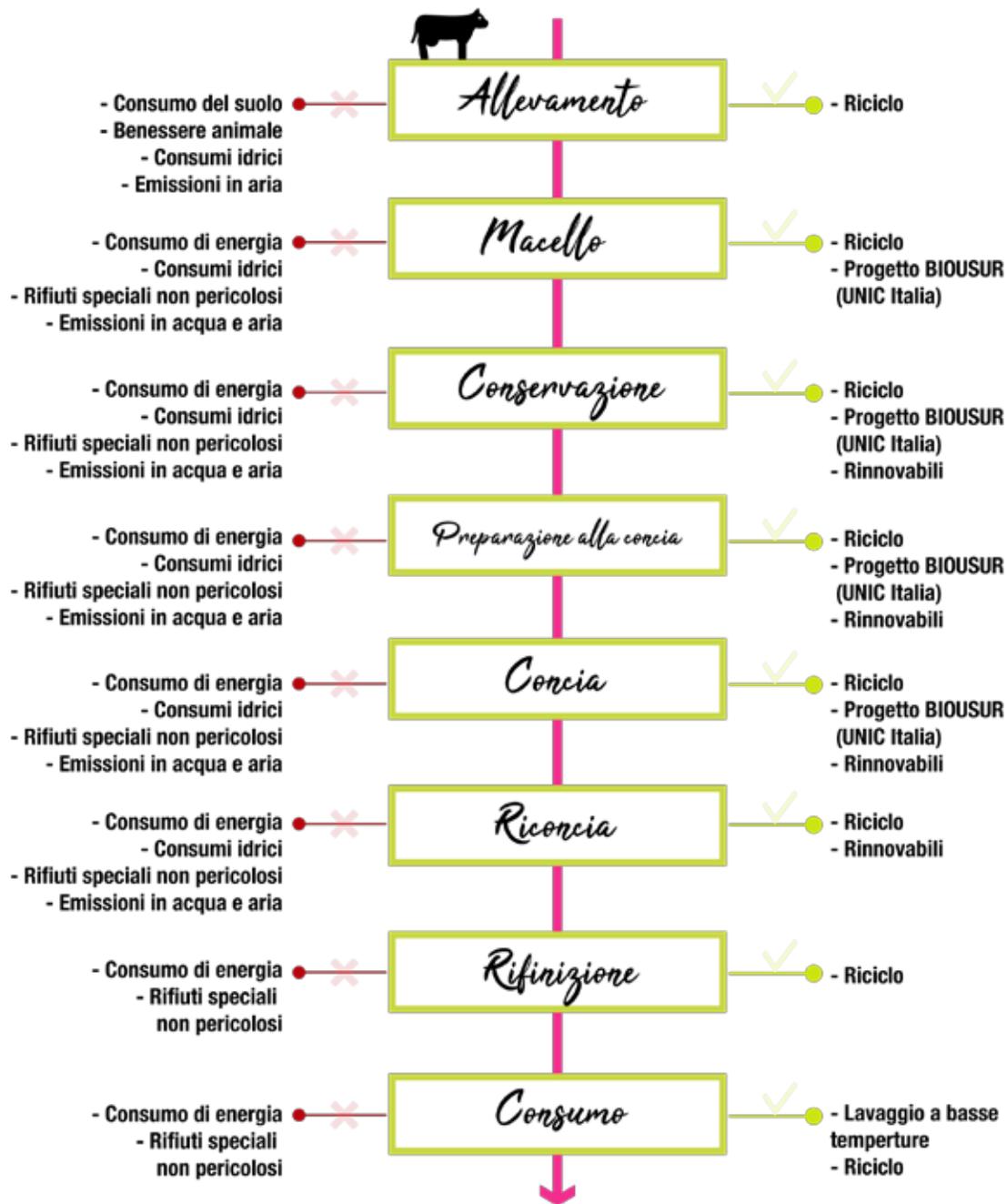
gestione della risorsa idrica rappresenta la più onerosa voce di costo del bilancio ambientale. I dati raccolti evidenziano una notevole diminuzione di utilizzo della risorsa, infatti **l'acqua per unità di produzione** del 2003 raggiunge il picco massimo con **135 l/m<sup>2</sup> di pelle**, contro i **115 l/m<sup>2</sup> del 2010 e i 104 nel 2016**. Nonostante la diminuzione in questi quindici anni, l'acqua rimane un fattore critico per questo prodotto, sia ambientale che economico.

**I CONSUMI ENERGETICI E LE EMISSIONI.** Le lavorazioni della concia prevedono l'uso di due tipologie di energia: energia elettrica, per il funzionamento dei macchinari, e l'energia termica, necessaria per le operazioni di essiccamento e per riscaldare l'acqua. Mentre l'energia elettrica è raccolta prevalentemente dalla rete, quella termica è ricavata dalla combustione del gas naturale e, in parte dai altri combustibili fossili. Le emissioni sono un aspetto da tenere sotto controllo in ogni ambito, per quanto riguarda la produzione conciaria il grado di emissioni dipende non solo dai processi di trasformazione del pellame, ma anche dalla tipologia dell'articolo che deve essere lavorato. Un esempio è l'emissione di VOC (Composti Organici Volatili) che dipende ed è influenzata dalla destinazione d'uso del pellame.

**SOSTANZE CHIMICHE PERICOLOSE.** L'utilizzo di prodotti chimici è concentrato per la maggior parte nei bagni acquosi. Le sostanze disciolte nell'acqua concorrono a rendere il pellame imputrescibile e durevole nel tempo. Gli agenti chimici vengono dispersi in ambiente, anche se è diventata una passi positiva il fatto che in alcune aziende sono stati messi a punto alcuni settori controllati in cui vengono disposti impianti cogenerativi e di depurazione per il trattamento delle acque reflue. Secondo i dati forniti **l'utilizzo dei prodotti chimici è diminuito** dal 2009, con 2,60 Kg/m<sup>2</sup>, **al 2016 con 1,89 Kg/m<sup>2</sup>.**

**Fattori di impatto ambientale** ✘

✔ **Fattori di sostenibilità**



## *Impatto ambientale delle fibre sintetiche*

Un secondo filone di impatto ambientale è formato dalla famiglia delle fibre sintetiche. Questa tipologia rientra nel gruppo delle fibre definite man-made, ovvero un gruppo di fibre la cui composizione chimica è modificata durante la produzione, e a seconda della materia prima che viene utilizzata come base viene classificato in: organica e inorganica. Le fibre sintetiche a base organica provengono da materie prime non rinnovabili, vale a dire si tratta di polimeri di sintesi provenienti da materiale fossile.

Valutando concretamente quale sia l'impatto ambientale di questa categoria si deduce quali siano i diversi effetti che le fibre sintetiche producono in ogni ambito fino ad ora analizzati.

**LA DIPENDENZA DAI MATERIALI FOSSILI.** Stimando un **75% di petrolio estratto e destinato per la produzione di energia** per i trasporti e per la produzione elettrica, la quota destinata a utilizzi più vari e smistata nelle diverse industrie è del 25%, dei quali sola-

mente l'**1% entra nelle industrie man-made come materia prima**<sup>34</sup>.

Nonostante la limitata quantità che entra nell'industria tessile, e di conseguenza il limitato impatto ambientale di una percentuale così bassa, non viene tuttavia sottovalutata in merito alla scarsità della disponibilità di questa materia prima. Una soluzione che può essere adottata è quella di sperimentare nuove soluzioni di riciclo dei polimeri *bio-based*, derivati da polimeri naturali.

**IL CONSUMO ENERGETICO E LE EMISSIONI IN ATMOSFERA.** I consumi energetici risultano elevati rispetto alle fibre naturali, infatti paragonando l'energia utilizzata per la produzione di filati di cotone è evidente che vi è un aumento da tre a dieci volte dell'utilizzo di energia per le fibre sintetiche, a seconda della coltivazione e delle fibre sintetiche utilizzate. Per quanto riguarda le emissioni in atmosfera, risultano più elevate quelle che si riferiscono alla produzione di fibre sintetiche, in quanto la produzione di CO<sub>2</sub> è circa il 20% in più di quelle prodotte dalla produzione del cotone, nel caso più favorevole e fino a quattro volte nel caso più sfavorevole.

---

<sup>34</sup> CIRFS 10 aprile 2017  
(<https://www.cirfs.org/Sustainability/SustainabilityElements/NonrenewableRawMaterial.aspx>).

**IL CONSUMO DI RISORSE IDRICHE.** Prendendo in considerazione ancora una volta la fibra di cotone e i consumi ad essa associati si ricava che l'impronta idrica delle fibre sintetiche è di molto minore a quella del cotone; **servono da 60 a 120 litri di acqua per chilogrammo di fibra<sup>35</sup>**, rispetto ai 10.000 litri di acqua che servono solo per la coltivazione e la lavorazione delle fibre naturali più diffuse.

**LE SOSTANZE CHIMICHE PERICOLOSE.** Molti derivati dal petrolio che costituiscono la base per le fibre sintetiche, risultano rischiose per la salute, non tanto per il consumatore ma soprattutto per i rilasci nell'ambiente durante le operazioni di trasformazione e produzione della fibra stessa, non sono presenti sul prodotto finito. Il rischio comprende il rilascio di sostanze tossiche causati principalmente da una legge obsoleta che pecca nei controlli e dalle tecnologie inadeguate.

---

<sup>35</sup> Review of data on Embodied Water in Clothing Summary Report (WRAP,2012).

# news about **NYLON**

*it all started with a stocking*

... a shorter, better, longer-wearing stocking than women had ever dreamed of!

Today you're choosing blue nylon hose as fashion-right, costume-length colors - sheer, resistant, and promptly strong for their weight.

You're looking at his more in sweaters, parties, slips, lace gloves - you're reaching for nylon's strength and elasticity in countless industrial uses.

Du Pont makes the nylon fibers used in the products shown. The manufacturers of these products use nylon because nylon products can have these outstanding properties:

- ✓ STRENGTH
- ✓ LIGHTNESS
- ✓ ELASTICITY
- ✓ TOUGHNESS
- ✓ LONG WEAR
- ✓ EASY WASHING
- ✓ FAST DRYING
- ✓ FLAME RESISTANCE
- ✓ RESISTANCE TO MOTHS AND PERSPIRATION
- ✓ CAN BE "SET" TO HOLD SHAPE

**DU PONT**

REG. U.S. PAT. OFF.

BETTER THINGS FOR BETTER LIVING  
... THROUGH CHEMISTRY

**TO MANUFACTURERS:** Are there textile fibers in your product? Then you'll want to read "Nylon Textile Fibers in Industry." Write for this important book now!

**NEW! FREE** book for women, teachers, students— "About Du Pont Nylon." Write to Nylon Division, E. I. du Pont de Nemours & Co. (Inc.), Wilmington 98, Del.

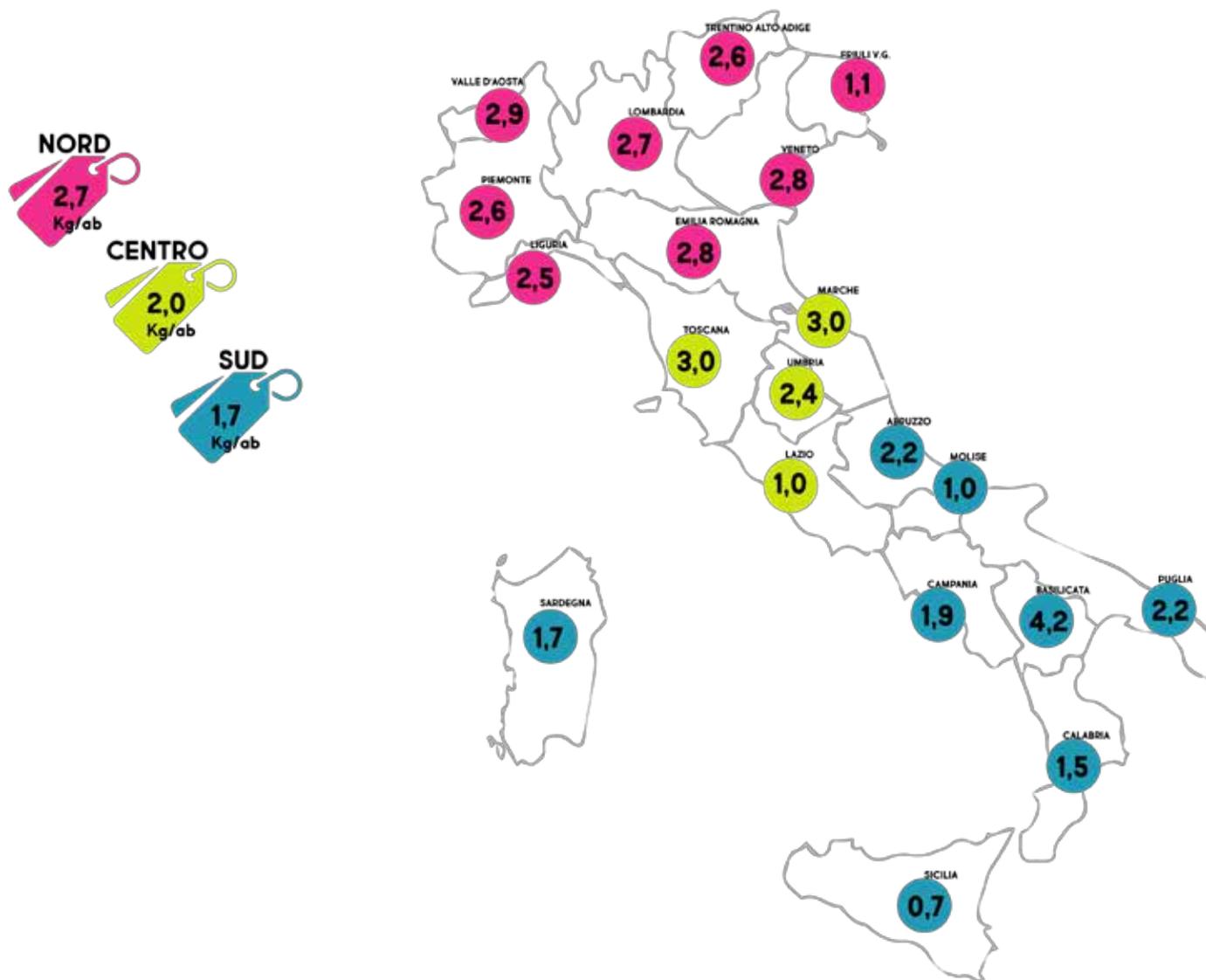
## IMPATTO ECONOMICO

La percentuale di raccolta della frazione tessile, seppure sia aumentata negli ultimi anni, risulta ancora distante dai livelli e obiettivi raggiunti da altri paesi dell'Unione Europea.

Di seguito viene riportata la tabella fornita da dati di CONAU e ISPRA, successivamente rielaborati da *Ares 2.0*.

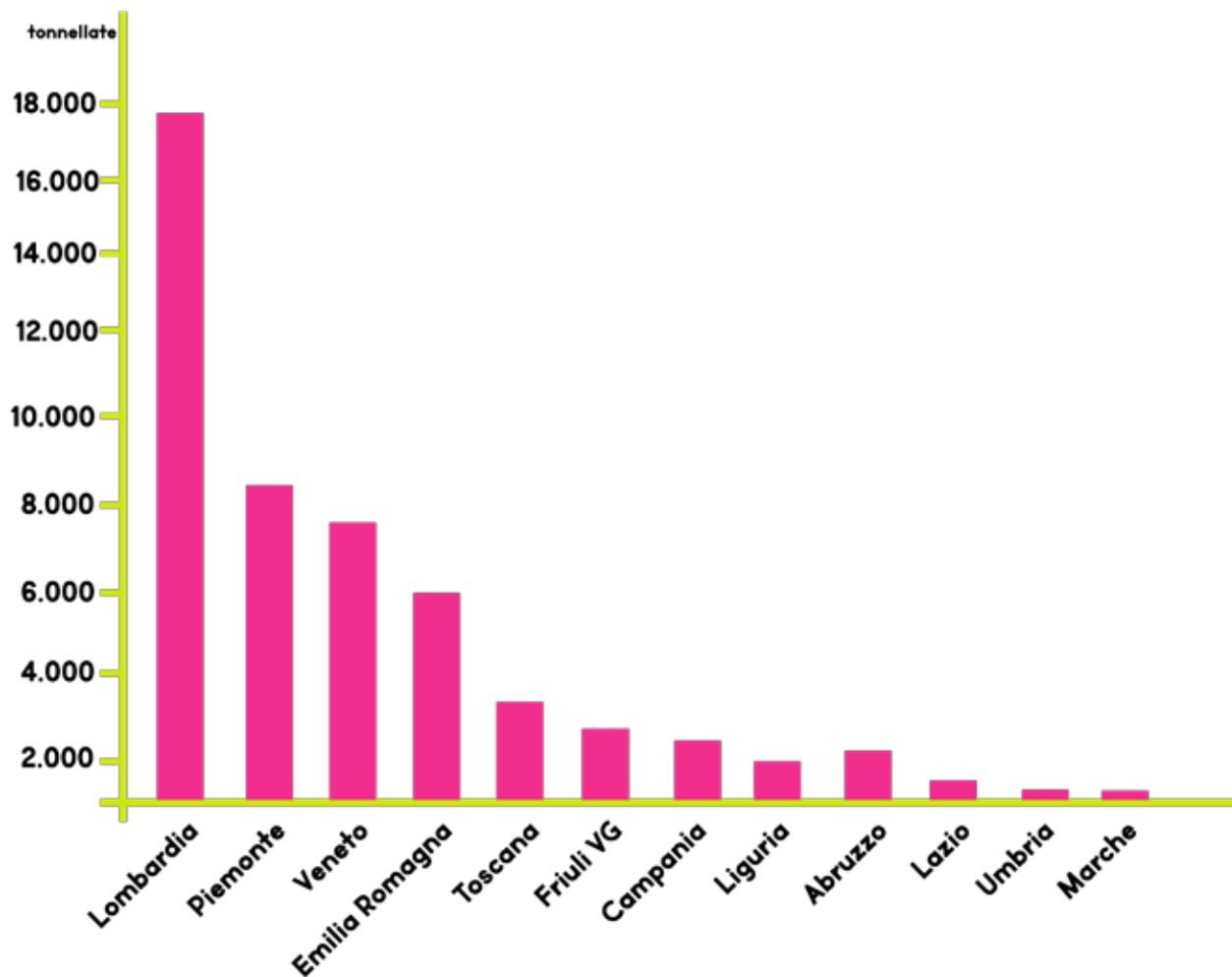
I dati che vengono analizzati si riferiscono alla produzione nazionale di rifiuti urbani con la raccolta differenziata totale la raccolta specifica della frazione tessile. Deve essere tenuto in considerazione di alcuni gap che il sistema di raccolta italiano possiede, come il fatto che CONAU non detiene il primato di raccolta e non gestisce la totalità della raccolta differenziata della frazione tessile. Nell'analisi della raccolta per regioni, si può notare come siano quelle del nord a trainare la raccolta, con la **Valle d'Aosta** al primo posto (**2,9 Kg/ab**), mentre al sud l'intercettazione per il successivo riciclaggio dei rifiuti di materiale tessile è basso, ad esclusione di un atteggiamento positivo della **Basilicata** con **4,2 Kg/ab**.

## RACCOLTA DIFFERENZIATA PRO CAPITE ALLA FRAZIONE TESSILE SU SCALA NAZIONALE



FONTE: elaborazione personale su dati ITALIA DEL RICICLO 2017 e ISPRA, Rapporto rifiuti 2017

QUANTITATIVO FRAZIONE TESSILE GESTITO DA CONAU SUDDIVISO PER REGIONI PRINCIPALI - 2011



FONTE:  
elaborazione personale su elaborazione originale ARES 2.0 da CONAU

---

---

A livello economico i dati non possono essere certi e definitivi, in quanto storicamente il riciclaggio dei prodotti tessili è stato trainato da un modello basato sulla donazione e sulla beneficenza, supportato da grandi organizzazioni non-profit in grado di raccogliere capi di abbigliamento usati e utilizzarli per alimentare i propri programmi di beneficenza. Questo atteggiamento ha evitato per un lungo periodo il conferimento in discarica di migliaia di tonnellate di prodotti tessili, ma subordinando allo stesso tempo l'idea di riciclaggio industriale a una causa umanitaria, facendo venir meno l'idea del fine vita dei prodotti quali risorse sostenibile dal punto di vista economico e ambientale.

Negli ultimi anni, i consumatori possiedono sempre più l'intenzione di essere consapevoli circa l'impatto ambientale di ciò che acquistano, e quindi il conseguente risparmio economico, per interessarsi il più possibile al riciclaggio, recupero e riuso dei propri abiti a discapito dell'idea del conferimento in discarica.

Alla base di questo crescente interesse per il riciclaggio e recupero del tessile, c'è un'altrettanta crescente consapevolezza dei benefici ambientali, sociali ed economici.

Alcuni ambiti di impatto sono:

- riduzione del conferimento in discarica, produce effetti be-

---

nefici all'ambiente;

- minore depauperamento delle risorse naturali vergini;
- riduzione inquinamento atmosferico, risparmio di energia;
- contenimento dello spreco delle risorse idriche, necessarie al lavaggio di alcune fibre come la lana grezza;
- riduzione dell'impiego di sostanze chimiche, come coloranti;
- risparmio economico, dal momento che i materiali che vengono acquistati sono quelli necessari alle proprie esigenze;

All'interno di questo scenario, molte aziende della moda hanno scelto di includere nelle proprie collezioni fibre, tessuti e abiti riciclati, contribuendo alla proposizione di nuovi stili che vanno a sovrapporsi ai vecchi, mutando l'atteggiamento nelle propensioni al consumo e investendo nella qualità piuttosto che in quantità al momento dell'acquisto. L'elenco delle case di moda che hanno scelto di assumere questo atteggiamento è vario, tra i quali si possono trovare *Armani Jeans*, *Marks & Spencer* e *Patagonia*.

---

---

## IMPATTO SOCIALE

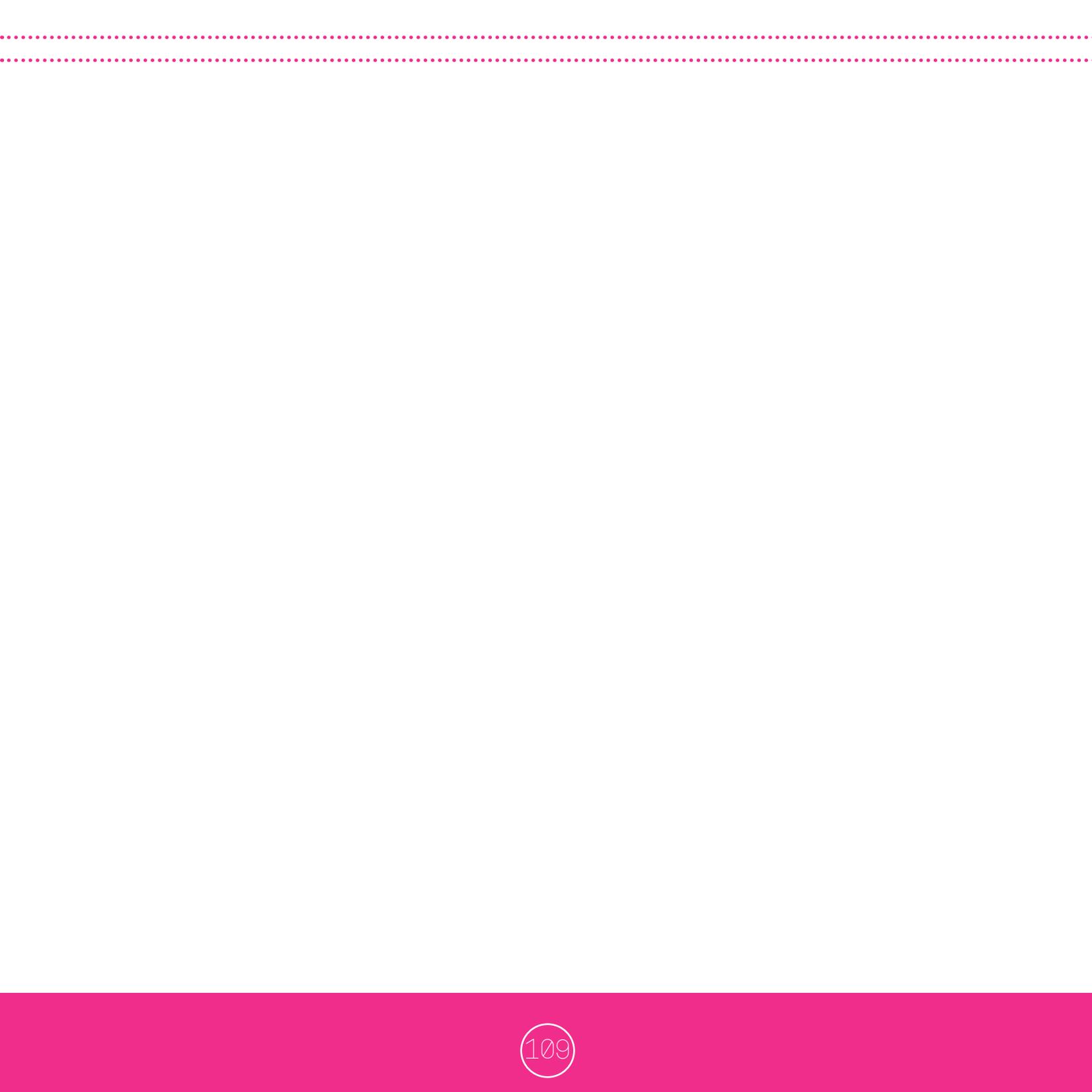
Il divario tra la raccolta differenziata a livello urbano e quella casalinga obbliga il sistema ad analizzare queste due vie, che hanno un obiettivo convergente, ma che divergono nel processo di organizzazione. Stabilito che la raccolta differenziata urbana è uno strumento per monitorare i progressi in questo campo, la raccolta di tipo casalingo si prefigge di fornire un secondo uso, una seconda vita al capo di abbigliamento in questione, ad un livello base, ovvero lo riutilizzo per altri scopi e usi. Molto spesso molte aziende adottano la pratica del riuso e del riciclo casalingo, ovvero utilizzando gli scarti a proprio vantaggio.

Viene quindi a formarsi il settore del riuso artigianale, caratterizzato da tutti gli ideali di riciclaggio e sostenibilità, ma che si proietta in un'ottica sociale, creativa e didattica. Molti marchi famosi forniscono e alimentano questo campo, all'interno del quale gli scarti, i rifiuti e gli abiti usati prendono nuova vita. Ciò che distingue questo settore dai grandi marchi delle case di moda, è che

viene dichiarata un'ulteriore consapevolezza, attraverso la quale le persone hanno la possibilità di imparare, inventare e progettare. Molti sono gli esempi, tra i quali spicca **MADE IN CARCERE**<sup>36</sup>, associazione nata nel 2007 con lo scopo di riciclare vecchi capi di abbigliamento per creare nuovi accessori; **FASHION IN** nata nel 2012 ha avuto come protagonista lo scarto tessile che studenti di varie scuole hanno trasformato in composizioni creative. In entrambi i casi si tratta di protagonisti diversi, con età e posizioni sociali diverse, ma uniti nel concepire e mettere in atto progetti di sostenibilità. I materiali tessili sono stati donati da aziende quali **Meltin pot**, **Costume National** e altri marchi di rilievo nell'abbigliamento italiano.

---

<sup>36</sup> <https://www.storemadeincarcere.it>



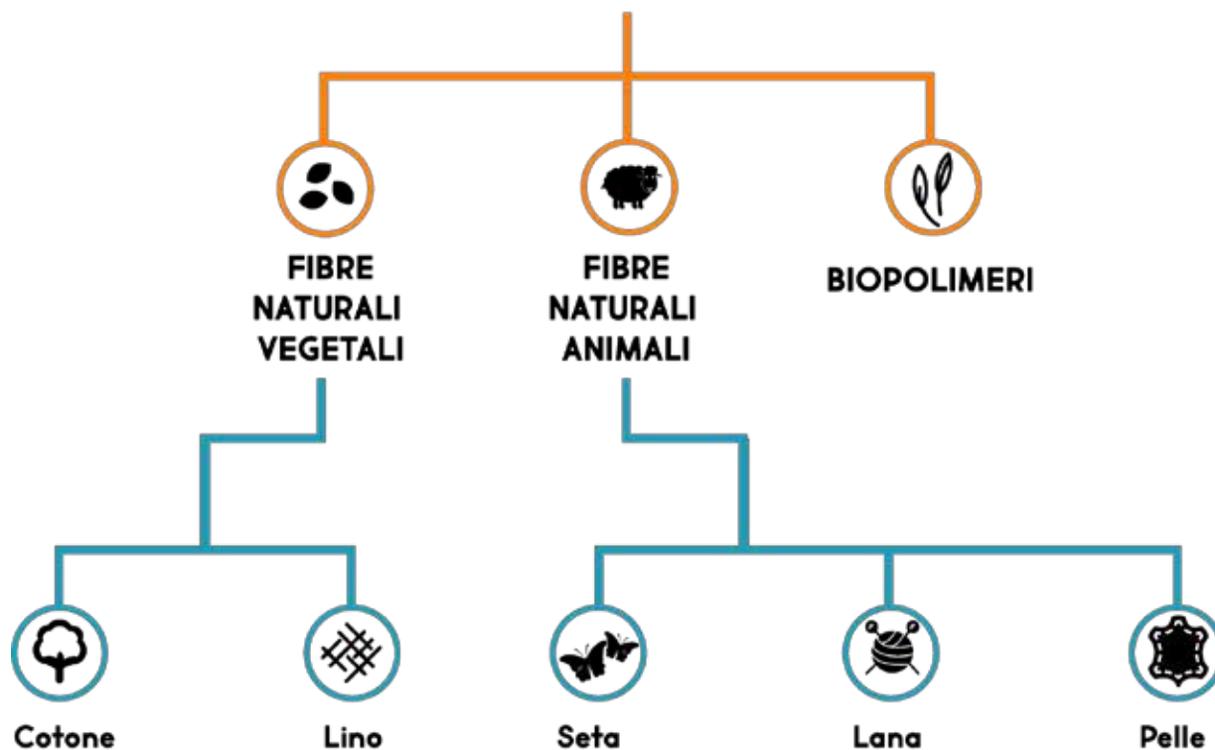




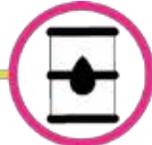
# FIBRE TESSILI



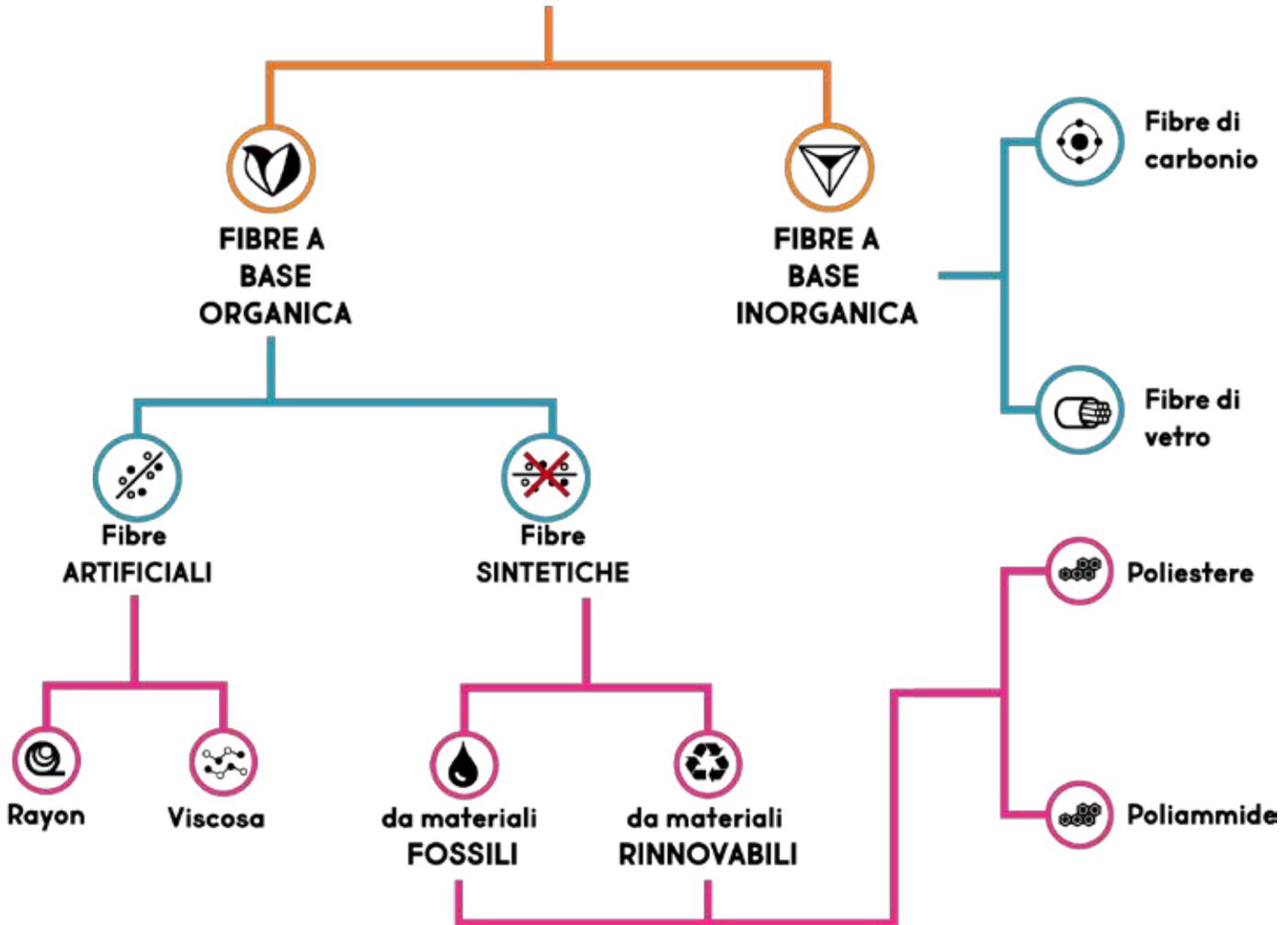
## FIBRE DA FONTE RINNOVABILE



FONTE: elab. personale su dati forniti da NOMATERIALI DELL'ECONOMIA CIRCOLARE - MODA reperiti da fonte UN Comtrade



## FIBRE DA FONTE NON RINNOVABILE





## LE FIBRE DEFINIZIONE E CLASSIFICAZIONE

Per delineare un quadro completo del panorama italiano è necessario definire in partenza come le fibre vengono definite e classificate secondo la normativa.

Per definizione, secondo la Norma UNI 5955/86 e nel D.L. 22/05/1999 n.194, (attuazione della direttiva 95/74/CE una **FI-BRA TESSILE** è *“un elemento caratterizzato da flessibilità, finezza ed elevato rapporto tra lunghezza e dimensioni trasversali e da un orientamento preferenziale delle molecole in direzione longitudinale”*.

La struttura di ogni fibra è caratterizzata da:

- una propria natura chimica appartenente a un sistema polimerico;
- delle specifiche proprietà fisiche;
- una specifica forma e morfologia;

Le fibre tessili sono materiali con origine e natura eterogenea che filate e intrecciate tra loro concorrono a formare un filo continuo che genera un tessuto. Una delle peculiarità fondamentali è quella di avere una dimensione longitudinale prevalente rispetto a quella trasversale, possedere una finezza, una flessibilità, una tenacità ed un'elasticità che rende le fibre adatte ad essere filate. In aggiunta le fibre devono possedere determinate caratteristiche, quali la resistenza al calore, all'azione di solventi in fase di lavaggio, la resistenza ad alterazioni dovute all'usura e quelle dovute alla deformazione fisica.

Per una questione prettamente pratica e con l'intenzione di chiarire al meglio quale sia la classificazione è necessario prendere in considerazione due visioni separate:

Il primo tipo di classificazione riportato dalla letteratura è quello

---

<sup>37</sup> Classificazione fornita da: Ferraris S., Guenza F., Laurenti M.C., Magni A., Ricchetti M., Saccavini A., *Neomateriali nell'economia circolare. Moda.*, Milano, Edizione Ambiente. Libri in materia rinnovabile, aprile 2017.

che prevede la divisione basilare in due grandi gruppi: fibre tessili naturali e tecnofibre (o fibre artificiali). La differenza sostanziale è dovuta all'origine delle fibre che, in un caso, provengono da elementi naturali, dall'altro vengono prodotte in laboratorio basandosi su elementi artificiali.

Il secondo caso di classificazione<sup>37</sup>, più esaustivo in termini di provenienza, è quello che cataloga le fibre tessili secondo la rinnovabilità o meno delle materie prime di provenienza. Presumibilmente in termini di chiarezza adatterò nella ricerca la classificazione secondo la rinnovabilità, che si confà maggiormente all'obiettivo finale.

## **CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE**

Analizzando la composizione interna di una fibra tessile, qualsiasi sia l'origine e la natura, si evince che sono formate da polimeri organici. Per definizione i polimeri sono macromolecole, che possono essere naturali o sintetiche, formate dalla ripetizione di unità strutturali più piccole, chiamate monomeri.

I monomeri a loro volta, si legano tramite legami, detti covalenti,

---

formando lunghe catene polimeriche. Il numero di unità strutturali che formano le catene polimeriche, i monomeri, viene indicato dal grado di polimerizzazione che varia in funzione della tipologia di fibra utilizzata. La caratterizzazione e la definizione dei monomeri che formano le fibre è complessa e articolata, in quanto questa tipologia di macromolecola possiede caratteristiche fondamentali che concorrono a definire il suo comportamento sotto forma di fibra.

Prima di tutto è necessario sottolineare che la diversità dei monomeri ne determina una classificazione, infatti se i monomeri che formano la catena polimerica sono tutti uguali, si definisce il polimero come omopolimero, nel caso in cui i monomeri risultassero eterogenei, viene denominato copolimero. Un'ulteriore estensione che caratterizza le catene polimeriche è quella della funzionalità dei monomeri componenti; in altre parole esistono tre tipologie di catene con un numero di funzionalità diverse l'una dall'altra, si dividono in: polimeri lineari, all'interno dei quali i monomeri sono bifunzionali, polimeri ramificati, dove i monomeri sono bifunzionali con inserite alcune unità trifunzionali alle quali si agganciano catene più corte, e infine i polimeri tridimensionali, caratterizzati da una maglia irregolare di monomeri e unità tri e polifunzionali.

Le fibre tessili sono costituite da polimeri lineari o poco ramificati, in quanto le catene polimeriche si legano tra loro attraverso dei legami deboli, detti legami trasversali. Proprio la formazione di questi legami è favorita, e allo stesso tempo favorisce, l'allineamento di queste catene che hanno come obiettivo la formazione di zone altamente strutturate e simmetriche all'interno della fibra, chiamate cristalliti. Nelle fibre i cristalliti, sono collocati in zone poco strutturate e simmetriche, in quanto si dispongono in modo disordinato, tanto da definire tali zone come amorfe che influenzano il tessuto ad esempio al momento della colorazione, in quanto essendo molto deboli e solubili sono le prime che reagiscono al colorante. Il grado di cristallinità nelle fibre tessili determina caratteristiche come la tenacità, la resistenza agli agenti chimici e la flessibilità che risultano fondamentali in alcuni passaggi della produzione di determinati capi. Una fibra per essere impiegata come tessile deve avere il giusto grado di cristallinità, perché nel caso in cui fosse troppo elevato ne renderebbe difficile la tingibilità e soprattutto la lavorabilità.

## LE PROPRIETÀ

Le proprietà insite delle fibre tessili si dividono in tre gruppi: le proprietà chimico-fisiche, meccaniche e tecnologiche. Ogni categoria racchiude in sé le peculiarità di cui una fibra deve disporre per essere utilizzata come tale.

Le principali caratteristiche chimico-fisiche sono:

- La **lunghezza di fibra**: viene misurata in millimetri (mm) e perché sia adatta ad essere filata deve avere una lunghezza adeguata di 5 millimetri.
- L'**igroscopicità** indica la capacità di assorbire acqua della fibra.
- La **finezza** è espressa in micron e in termini tecnici si indica con il Titolo (tex), una grandezza che esprime la massa di un filo con una lunghezza determinata.
- L'**inalterabilità** rappresenta la capacità di resistere alle muffe e alle sostanze chimiche.
- La **lucentezza** di una fibra dipende in modo naturale e fisiologico dalla riflessione e rifrazione della luce sulla fibra stessa, di norma vale la legge che più una fibra è levigata e con superfici uniformi, più è lucente.
- L'ultima caratteristica è la **“mano”**, ovvero quell'insieme di

qualità definite organolettiche, come la soffici ta, la morbidezza e la luminosita. Una fibra viene definita di “mano sostenuta” se si presenta rigida e poco soffice al tatto, viceversa quelle di “mano lenta” sono soffici e delicate.

Le **PROPRIET  MECCANICHE** riguardano l'insieme di caratteristiche che rispondono alle sollecitazioni a cui il materiale   soggetto. Le propriet  che una fibra tessile deve possedere sono:

- La **resistenza al calore**: ovvero la capacit  di resistere a certe temperature senza subire alterazioni. Le fibre tessili naturali in questo senso non bruciano ma si decompongono, siano esse vegetali o animali; Viceversa le fibre man-made assorbono il calore piano piano e surriscaldandosi modificano la loro struttura interna in corrispondenza di temperature precise.
- La **resistenza alla rottura**: indica il carico che un filo deve sopportare fino a giungere a rottura.
- La **resistenza all'usura**: indica la buona capacit  di una fibra di sopportare il logoramento. Per quanto riguarda i tessuti indica la capacit  di essere utilizzato pi  volte nel corso della sua vita utile.

- La **feltrabilità**: tipica dei filati di lana poiché indica un filato con scaglie orientate tutte in un'unica direzione, simili alle tegole di un tetto, risultando così scorrevole al tatto. Nel caso in cui si verificasse la condizione per la quale alcune scaglie si orientino nel verso opposto (per effetto del calore, dell'umidità o agenti chimici aggressivi) e le fibre non riuscissero più a scorrere liberamente poiché una volta aggrovigliate provocano l'infeltrimento del filato.
- La **resistenza all'allungamento**: indica la capacità di resistere alla sollecitazione della trazione. Nel caso delle fibre ne esistono alcune in grado di mantenere una sorta di rigidità, come la juta. In caso contrario un'ulteriore caratteristica è l'elasticità che rappresenta la capacità della fibra di lasciarsi deformare in modo reversibile.

In ultimo le **PROPRIETÀ TECNOLOGICHE** riguardano l'insieme di attitudini che rendono particolare e utile una determinata fibra rispetto ad un'altra. Le caratteristiche tecnologiche sono principalmente due e sono:

- La **lavorabilità**: indica la capacità di assumere nuove forme.

- **L'attitudine alla tintura:** indica la capacità di assorbire colore e di mantenerlo nel tempo. Per i capi di abbigliamento infatti risulta fondamentale questa caratteristica per ottenere il prodotto finito desiderato.

Le proprietà appena descritte concorrono a definire il comportamento delle fibre nei tessuti e il loro futuro utilizzo, proprio per il fatto di possedere una o più di queste caratteristiche.



## FIBRE TESSILI DA FONTE RINNOVABILE

Le fibre derivanti da fonte rinnovabili si distinguono in:

- **Fibre naturali vegetali**, che comprendono il cotone, lino, canapa, juta e molti altri;
- **Fibre naturali animali** come la lana, la seta e i peli in generale (pelle);
- **I Biopolimeri** comprendono l'insieme di materiali derivanti da fonte naturale e successivamente trasformati nell'industria chimica. Questa tipologia di fibre è ottenuta tramite trasformazione di materiali cellulosici o proteici provenienti da opportune colture, oppure in piccola percentuale provengono da scarti di altre filiere produttive come il settore dell'industria agroalimentare. Un esempio di biopolimero sono la viscosa e il tencel.

Nonostante il mercato delle fibre sintetiche proveniente da materiale fossile mantenga un certo primato, **le fibre provenienti da fonte rinnovabile** mantiene, nel mercato globale della moda, una percentuale del **30% sui materiali utilizzati**.

# FIBRE DI ORIGINE NATURALE VEGETALE

## Definizione, composizione e classificazione

Le fibre di origine naturale vegetale appartengono al gruppo delle fibre tessili naturali, in quanto sono fibre che **possono essere ricavate da materiali esistenti in natura**. In particolare modo le fibre tessili vegetali possiedono caratteristiche morfologiche, ovvero forma e carattere, differenti e talvolta scostanti da pianta a pianta. Vengono impiegate nel settore dell'abbigliamento e dell'arredamento dando luogo a una produzione, in termini quantitativi, rilevante.

Le fibre vegetali sono costituite da un componente essenziale, la cellulosa. La cellulosa è un composto polimerico formato da unità ripetenti cicliche, di dimensione più piccola, derivanti dal glucosio, condensate tra loro a formare lunghe catene con un numero di unità variabile a seconda della pianta da cui provengono.

Le fibre vegetali vengono **classificate in**:

- a **seconda delle parti della pianta da cui si ricavano**: infatti alcuni vengono ricavati dal seme, come il cotone, oppure dal fusto della pianta, come ad esempio la iuta, la canapa e il lino. Inoltre si possono anche utilizzare i frutti, come il cocco,

---

---

e la foglia, per produrre l'abacà o sisal.

- a **seconda della lunghezza delle fibre**: la distinzione avviene tra fibre lunghe, tipiche dei fili di seta e fibre artificiali o sintetiche, al contrario il lino, la canapa, il cotone e la lana sono fibre corte. Le fibre di origine vegetale possiedono alcune caratteristiche che ne connotano il comportamento in casi specifici, quali l'umidità e il calore; essendo costituiti da cellulosa (carbonio, idrogeno e ossigeno) e da alcuni materiali secondari come la pectina e la lignina, è necessario che durante la lavorazione vengano eliminate. Possiedono una buona conducibilità del calore, quindi non riparano dal freddo, ma sono caratterizzate da un'eccellente resistenza termica, il che permette di resistere al bollore e alle alte temperature. Le fibre vegetali hanno una buona igroscopicità e, di conseguenza, una buona affinità con i coloranti. La sensibilità rilevante nei confronti dei batteri e delle muffe, che decompongono la cellulosa e ne attaccano gli strati più interni, le rendono facilmente attaccabili. Possiedono buone proprietà fisiologiche, ma una bassissima resistenza fiamme, infatti bruciano facilmente.

## Il cotone

Il cotone rappresenta **la più diffusa e utilizzata delle fibre naturali**, considerata anche la maggiore coltura agricola non alimentare al mondo.

Il cotone viene coltivato in una fascia compresa tra i 40° di latitudine Nord e i 30° di latitudine Sud con una produzione di circa 19 milioni di tonnellate di fibra su un'estensione di trenta milioni di ettari. I più grandi produttori di cotone sono, in ordine di produzione, Cina, al primo posto con 4 milioni di tonnellate, gli Stati Uniti con circa 3 milioni, l'India, il Pakistan e l'Uzbekistan, infatti l'insieme di questi paesi produttori produce l'80% dei volumi di cotone mondiale. L'elevato e frequente utilizzo del cotone è dovuto alle sue caratteristiche pratiche, come la "mano" morbida e l'elevata capacità di assorbire acqua e umidità che la rendono una fibra adatta a diversi usi, non solo nell'abbigliamento ma anche negli articoli della casa, come lenzuola e tovaglie.

Il cotone è prodotto dalle piante Malvacee e, contrariamente a quello che si può pensare, non viene prodotto da una sola specie, ma da numerose tipologie della specie *Gossypium*. La specie maggiormente utilizzata dall'industria tessile è il *G. Hirsutum* e il *G. Barbadosense*, entrambe originarie del Centro America. Solitamente si tratta di erbe annuali o arbusti con grandi foglie e fiori bianchi, gialli e rosei che una volta completata la maturazione restituisce un frutto che si apre in segmenti, mostrando i semi sericei avvolti da fitti peli con una lunghezza che varia dai 15 ai 55 mm. I peli rappresentano la materia tessile, mentre la peluria più minuta, 2-4 mm presente sul seme è utilizzata per il casame. La piena maturazione avviene dopo 5-7 settimane dalla fioritura quando, i semi, si mostreranno come batuffoli di ovatta, definita comunemente bambagia. Durante questa fase, che dura pochi giorni, la fibra si dissecca, si appiattisce e si attorciglia su se stessa, creando così le torsioni naturali caratteristiche della fibra del cotone matura. Molto spesso può capitare che a causa degli agenti atmosferici, delle condizioni del clima sfavorevole, a causa di malattie o affezioni parassitarie, può succedere che la pianta non porti a compimento la maturazione, producendo così le fibre di cotone immature o morte .

---

L'analisi morfologica del cotone grezzo evidenzia come questo sia formato per il 40% dalla fibra e dal seme. Le fibre del cotone sono costituite essenzialmente da lunghi polimeri di cellulosa che contengono catene molecolari con un'elevata cristallinità, infatti analizzando la fibra di cotone al microscopio si può notare come la struttura della fibra sia suddivisa in diverse parti. Partendo dall'esterno troviamo:

- la cuticola, una membrana sottilissima (0,05 micron) di natura non cellulosica;
- una parete primaria, che ospita fibrille fini che si intersecano tra loro;
- una parete secondaria, caratterizzato da fibrille disposte secondo spirali;
- un lumen, ovvero una parte più interna che ospita sostanze cellulosiche si natura proteiche con una funzione di condensare gli zuccheri prodotti dalla fotosintesi in molecole di cellulosa;

La fibra del cotone viene classificata secondo alcuni parametri di riferimento standard che ne ripartono la lunghezza, la tenacità, la maturità (caratteri fisici naturali), la pulizia, la preparazione e l'omo-

geneità. In particolare:

- **La lunghezza** che è misurata in millimetri e di solito le fibre variano dai 10 ai 60 mm. Si tratta di una caratteristica fondamentale perché da essa dipende la grossezza del filato ottenibile, ovvero maggiore è la lunghezza, minore sarà lo spessore migliore sarà la qualità e il pregio del filato. In base alla lunghezza i cotonei possono essere classificati in: cotone a fibra corta (10 – 18 mm), cotone a fibra media (18 – 28 mm) e cotone a fibra lunga (da 28 mm in su);
- **La finezza** rappresenta una caratteristica rilevante in quanto da essa dipende il numero di fibre contenute nella sezione di un filato e, di conseguenza, la resistenza del filato stesso. Anche per la finezza esistono delle sottocategorie quali: cotone fine, medio e grosso, con una finezza che varia da 15 a 35 micron;
- **La tenacità** che dipende in modo proporzionale dalla finezza e dal grado di maturità della fibra, infatti è massima nei cotonei grossi e minima in quelli fini;
- **L'elasticità** che rappresenta l'allungamento a rottura ed è piuttosto basso, questo grazie alla maturità della fibra, all'umidità che essa contiene e dalla fertilità del terreno;

- **La maturità** di una fibra si percepisce con la prova del tocco del filato, infatti se si stringe in una mano un cotone immaturo è facile che questo mantenga le pieghe a lungo anche quando non vi è più applicata una sollecitazione;
- **La pulizia**, ovvero la presenza o meno di impurità, quali frammenti di foglie secche, capsule, terra e sabbia, che molto spesso le macchine pultrici non riescono a rimuovere, facendo diminuire così il valore del prodotto finale.

**FONTE:**  
<https://unskinnyboppy.com/2011/10/in-them-old-cotton-fields-back-home/>



## Il lino

La fibra di lino è coltivata in tutta l'Europa, in Africa settentrionale, in India, nell'America settentrionale e meridionale.

Il lino fa parte dell'insieme di piante di origine vegetale che **provengono dal fusto o dal libro della pianta stessa**. Per definizione il libro di una pianta o un albero è un insieme di cellule morte, la corteccia, e cellule vive, i tubi cribrosi, che nelle piante si trovano immediatamente sotto la corteccia.

**La fibra** vera e propria **si ricava dai vasi liberiani** o tubi cribrosi, ovvero elementi **disposti in fasci concentrici all'interno della corteccia dell'albero**. I vasi sono formati da cellule costituite di cellulosa poco lignificata, infatti per ottenere la fibra bisogna liberare i vasi dalla loro parte legnosa.

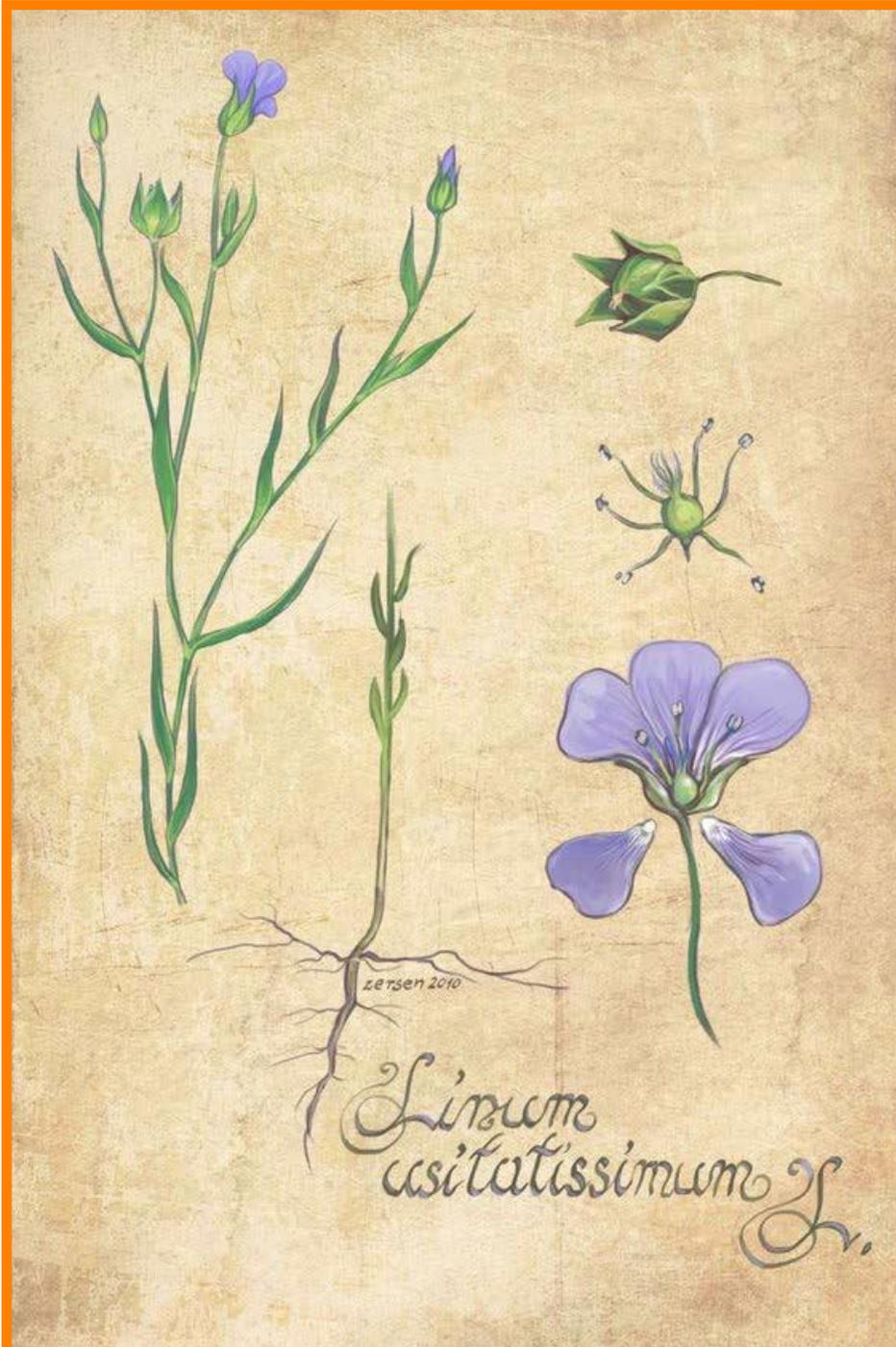
Per definizione il lino è una pianta annuale di cultura antichissima, che si ricava da piante della famiglia delle Linacee. L'esistenza di molte specie fa sì che la più conosciuta e quella più coltivata a scopo industriale sia chiamato *Linum Usitatissimum*, ovvero il lino comunemente usato, caratterizzata da un fusto eretto di altezza 70-100 centimetri circa.

---

---

La fibra di lino è composta per il 70-80% da cellulosa, mentre la parte restante è formata da acqua, lignina, cere, grassi e sostanze pectiche.

Essendo la fibra più resistente di origine vegetale, è caratterizzato da una tenacità che aumenta con l'aumentare del grado di umidità che di solito va dal 20 al 25 % di assorbimento. Per quanto riguarda l'allungamento a rottura è del 2-3%, risulta quindi una fibra poco elastica di conseguenza i tessuti e gli abiti tendono a sgualcirsi facilmente rendendo necessaria la stiratura per riprendere la piega. La fibra possiede però un'ottima conducibilità termica, risulta quindi adatto alla confezione di abiti e indumenti estivi. Analizzando da vicino si vince che molte caratteristiche ricordano quelle del cotone, come il comportamento agli agenti chimici e alla manutenzione nella vita utile del tessuto.



**FONTE:**  
**Linum usitatissimum L. (Flax, Linen) | Botanical Illustration**

## FIBRE DI ORIGINE NATURALE ANIMALE

### Definizione, composizione e classificazione

Le fibre tessili di origine animale vengono definite tali, come dice la parola stessa, dalla loro provenienza animale, differenziandosi per tipologia e dimensioni che variano da quella del baco da seta a quella della pecora. Si tratta principalmente di fibre derivanti dal vello che ricopre ovini, caprini, i camelidi e animali destinati al macello.

Per quanto riguarda la composizione interna le fibre sono formate essenzialmente da sostanze proteiche, ovvero macromolecole composte da carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto e, in alcuni casi, da piccole quantità di zolfo. La sequenza e il tipo di macromolecole ne determinano la struttura della fibra, che incide sulla qualità e le caratteristiche conferendole un aspetto filamentoso alla vista al microscopio.

Le fibre tessili di origine animale possono essere:

- **FIBRE DA BULBO PILIFERO:** derivanti dal vello o pelo degli animali da tosa, con una struttura fisica simile alla cheratina, la sostanza presente nel capello.
- **FIBRE DA SECREZIONE DA INSETTO** (lepidottero): ricavate ad esempio dal baco da seta.

## La lana

**La lana è una fibra tessile ottenuta dalla tosatura del manto lanoso, chiamato vello, che ricopre ovini** (pecora comune, merinos, shetland), leporidi (coniglio d'angora) **e camelidi** (lama, alpaca, vighigna).

Le caratteristiche della lana dipendono innanzi tutto dalla razza dell'ovino, dalle condizioni di allevamento, dall'alimentazione, dall'età dell'animale e dalla zona del vello. Sono di importanza fondamentale la lunghezza e il diametro della fibra, poiché da queste caratteristiche ne deriva l'ulteriore classificazione in lane grossolane, lane ordinarie e lane fini. In generale la lana possiede determinate caratteristiche che ne definiscono il comportamento: La lana possiede una buona resistenza al fuoco, infatti se viene bruciata sprigiona un caratteristico odore che ricorda un osso bruciato e come risultato della combustione assume una forma a grani che polverizzabili al tatto. Le fibre di lana possiedono un'igroscopicità rilevante, in quanto assorbono umidità fino al 30% del loro peso senza subire alterazioni o deformazioni, asciugando

---

---

lentamente. La luce del sole tende a ingiallirle, rendendole deboli, ma ne migliora la qualità nei filati fini donando la tipica arricciatura; non solo la termocoibenza viene migliorata, consentendo l'isolamento sia dal caldo che dal freddo, ma ne aumenta la resistenza all'usura e agli attacchi di muffe e batteri.

La lana è usata per la produzione di filati per maglieria e tessitura, per questo esistono varie tipologie di filati di lana più o meno pregiati. Tra questi spiccano:

- la lana merino, prodotta dalla razza Merina, che possiede grande pregio e qualità ed è utilizzata per l'abbigliamento;
- il cachemire, prodotto da una razza particolare proveniente dal Tibet;
- il mohair (o lana d'angora) prodotto da un particolare coniglio;

**Il paese produttore** della maggior parte della lana (circa un quarto della produzione mondiale) **è l'Australia**, accompagnata dalla Cina, Nuova Zelanda, Iran, Argentina e Regno Unito che rappresentano un volume annuo tra le cinquanta mila e le cento mila tonnellate. Circa la metà della lana sucida (appena tosata e sporca) dopo aver ricevuto le prime fasi di lavorazione, viene esportata nei grandi centri dell'industria per essere filata e tessuta. Per

---

quanto riguarda il nostro paese, esiste una piccola produzione sostenuta anche dalla Regione Piemonte e altri enti territoriali, utilizzata per la produzione di plaid, cappotti e tappeti.

La lana rappresenta un materiale versatile e adeguato a diversi usi, utile soprattutto nei climi freddi per la sua capacità di assorbire acqua e umidità e trattenere il calore. Questa tipologia di fibra viene usata nell'abbigliamento, ma anche nelle pavimentazioni e nell'arredo di casa e nell'edilizia come materiale di coibentazione termica e insonorizzazione. Purtroppo ad oggi la produzione mondiale della lana è in calo rispetto alle 1.176 tonnellate del 2015, un fenomeno scatenato da diversi fattori tra i quali la concorrenza sul mercato internazionale con le fibre man-made che, seppur caratterizzate da una qualità minore rispetto alla fibra di lana, hanno un riscontro favorevole nel mondo della moda.

A livello interno la lana è composta per l'85% di proteine che appartengono alla famiglia della cheratina, il 12% da altre proteine e 1-2% da lanolina, una sostanza grassa secreta dall'epidermide dell'animale, dalla quale ha origine il colore giallognolo della fibra. In termini morfologici è bene distinguere la fibra in tre parti fondamentali concentriche, in quanto solo analizzandone la composi-

zione interna si determina e comprende il suo comportamento. Il primo strato che si incontra partendo dall'esterno è la cuticola, una membrana che riveste la fibra; osservando al microscopio la struttura interna si nota che la cuticola è caratterizzata da scaglie posizionate in sequenza verso la punta, ricoperte da una sottile pellicola impermeabilizzante, chiamata epicuticola. Per capire meglio la sovrapposizione delle scaglie si può pensare alla disposizione delle tegole su un tetto. Proprio questo tipo di struttura rende possibile il fenomeno di infeltrimento della lana, poiché sottoposta all'azione del calore, sfregamento e umidità le scaglie si sollevano si intrecciano tra loro in modo saldo. La qualità della cuticola incide anche sul grado di forza della fibra, sulla diversa igroscopicità dovuta alla pellicola esterna, sulla capacità di assorbire le tinte, e infine sulla resistenza alle sollecitazioni meccaniche, attribuibili alle disposizioni in scaglie. Il secondo strato che si incontra è il cortice, parte interna della fibra dove sono posizionate le cellule filamentose ed elicoidali formate da cheratina, ritorte tra loro e compattate in strutture più grandi dette microfibrille. La struttura elicoidale non ha solo il compito di mantenere l'elasticità della fibra, ma anche di equilibrare il grado di resilienza, ovvero la caratteristica di mantenere la forma e non formare grinze sul tes-

---

suto. Un'ulteriore analisi mostra che il cortice è diviso in due parti, il Para cortice e l'orto cortice. Il Para cortice rappresenta la sezione che ospita microfibrille più ordinate e coese, ovvero la parte meno penetrabile dai coloranti; l'orto cortice ospita le microfibrille amalgamate in modo irregolare, che gonfiandosi reagiscono meglio alle tinture. Il terzo e ultimo strato è il midollo, una semplice cavità vuota e porosa.

Le **fasi di lavorazione della lana** possono essere suddivise in tre passaggi che vengono riassunti in: lavorazione della lana, filatura delle fibre (lunghe e corte) e fasi finali. Ognuno di questi passaggi racchiude fasi indispensabili per ottenere il prodotto finito, in questo caso verranno elencate le più importanti.

Durante la lavorazione della lana il primo e basilare passaggio è rappresentato dalla tosatura, che avviene una volta all'anno in primavera, oppure una seconda (in autunno) dove si otterranno fibre corte e la lana viene definita lana bistosa. Gli animali sui quali si effettua la tosatura sono ovini, bovini, camelidi e se proviene da animali vivi viene detta lana vergine, al contrario si definisce lana bistosa. Successivamente si passa alla cernita delle fibre ottenute attraverso la tosatura sulla base della zona di provenienza del

---

---

vello, infatti dalle spalle e dai fianchi dell'animale si ottengono le fibre più lunghe, sottili ed elastiche, e rappresenta la zona dove le fibre hanno una qualità migliore. Viceversa le zampe, il ventre e la schiena ospitano le fibre più corte, ruvide e poco resistenti. Dopo aver diviso le fibre secondo la lunghezza si arriva alla fase del lavaggio durante la quale vengono eliminate le impurità dalla lana, come il grasso, la terra e gli escrementi.

Per la filatura vengono divise le fibre corte (60-70 mm) da quelle lunghe, poiché le diverse tipologie implicano un diverso trattamento e soprattutto una diversa filatura. Per le fibre più corte si utilizza un procedimento chiamato cardatura, ovvero le fibre vengono districate e orientate lungo un'unica direzione prevalente; in questa tipologia la fibra permette di ottenere un prodotto, detto lana cardata, con le fibre incrociate tra di loro con una maggiore coesione, più caldo e soffice ma anche meno resistente e quindi destinato a abbigliamento di minor pregio, maglieria e tappeti. Il procedimento di filatura delle fibre lunghe è di gran lunga più complesso, poiché è finalizzato alla produzione di filati più fini e per tessuti di moda di alta qualità, leggeri e morbidi al tatto e con un grado di traspirabilità abbastanza elevato. Alla cardatura viene sostituita la pettinatura delle fibre, ovvero vengono scartate le fibre

---

morte e più corte e le impurità ancora presenti, per poi essere filate e stirate. Il prodotto che ne risulta è quello della lana pettinata. Le fasi finali di lavorazione prevedono la roccatura, attraverso la quale vengono trasferiti i filati in una confezione cilindrica, la sribatura e in fine il vaporissaggio che prevede una stabilizzazione delle fibre ritorte.

**FONTE:**  
**<https://www.flickr.com/photos/shal-lowend24401/2951338099/>**



## La seta

La seta è una fibra antica, prodotta per la prima volta in Cina intorno al 2600 a.C. Alcuni studi riportano il ritrovamento di reperti secondo i quali nel Neolitico, in Cina, questa tipologia di fibra era considerata ad alta resistenza. Durante il corso del tempo la seta ha acquistato notevole importanza nella produzione di materiali tessili di particolare pregio, principalmente per la sua morbidezza e lucentezza dei filati.

La produzione di seta è di 202.000 tonnellate di fibra, con un incremento negli ultimi anni. I maggiori produttori di seta nel mondo sono, secondo la International Sericultural Commission, Cina, India, Uzbekistan e Brasile.

La seta è una fibra tessile naturale di origine animale che si ottiene dalle secrezioni della bava del baco da seta, il *Bombix mori*. Il baco da seta è un insetto che si nutre esclusivamente di foglie di gelso ed è prassi comune, nelle coltivazioni con una temperatura regolare di 24°, programmare la deposizione delle uova così che in primavera (aprile-maggio) i bachi nascano in tempo per nutrirsi

---

---

delle foglie. Subito dopo essere nati i bachi crescono velocemente per circa un mese, passando attraverso quattro fasi di muta; al termine di questo periodo si dice che i bachi "salgano al bosco", ovvero si posizionano sui ramoscelli appositamente preparati su cui formano il bozzolo, chiudendosi all'interno. Terminata la fase di schiusa, il bozzolo viene prelevato e trattato per poter estrarne il filo, successivamente avvolto in strati concentrici che molto spesso raggiunge un chilometro di lunghezza. Alcuni bozzoli vengono lasciati schiudersi sui ramoscelli, così che il bruco all'interno possa passare dallo stato di bruco, a quello di crisalide e in fine quello di farfalla. La vita media di una farfalla è di una settimana, giusto il tempo per depositare nuove uova. I bozzoli, per poter essere filabili, non devono essere sfarfallati e quindi è necessario eliminare la traccia dell'insetto attraverso trattamenti con acqua ad alte temperature oppure attraverso forni. Successivamente i bozzoli vengono immersi in acqua ad alta temperatura con lo scopo di ammorbidire la proteina presente del filo, detta sericina, così che il filo possa essere dipanato. Per creare un filo utile alla filatura è necessario unire quattro o più bavelle (filo singolo estratto dal bozzolo) utilizzando come collante la sericina rammollita, così facendo il filo ricavato viene lavorato attraverso la trattatura.

---

Il prodotto così ottenuto è chiamato seta greggia, un filo ruvido e opaco difficile da tingere, da cui si possono ottenere due ulteriori sottoprodotti: la seta definita cruda, ovvero semplicemente sottoposta a un primo lavaggio, la seta semicotta, e la seta cotta da cui la sericina è stata completamente eliminata. Attraverso questi processi la seta perde un quarto del suo peso e alla fine possiede una lunghezza di fibra di circa 600 – 700 m.

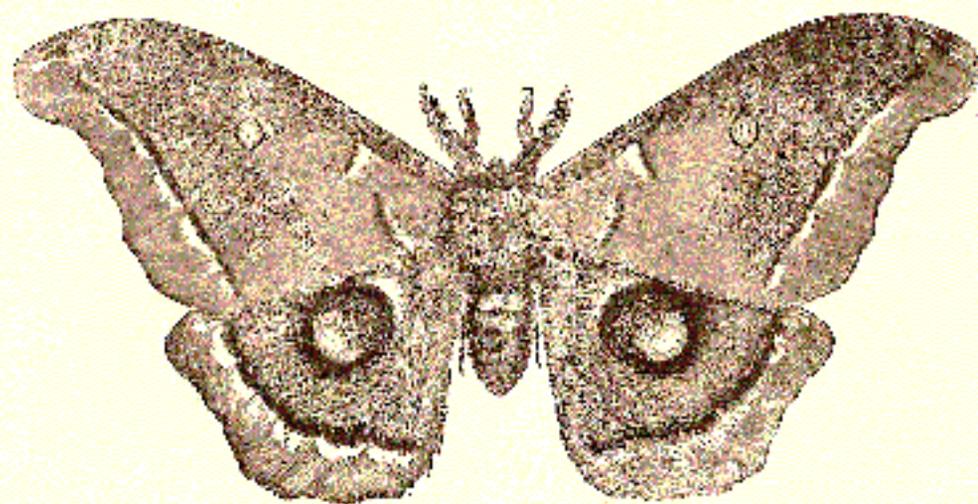
Analizzando la composizione fisica della la seta grezza si può notare che è una fibra costituita per il 70-80% da fibroina e per il resto dalla sericina, che le conferisce opacità e rigidità. La fibroina è una proteina fibrosa formata per la maggior parte da amminoacidi, quali la glicina e l'alanina, e contiene una piccola percentuale di zolfo. Le catene polipeptidiche della fibroina si dispongono in una struttura detta "a foglietto beta" , con i residui amminoacidi tutti posizionati da un lato e le catene disposte in modo antiparallelo.

La seta possiede una serie di caratteristiche che la rendono così appetibile e utilizzata. Tra le sue peculiarità infatti si elencano la buona tenacità ottenuta grazie alla sua struttura cristallina, un'ottima capacità di deformarsi in modo elastico, una buona resistenza

---

---

al fuoco, mentre il livello di morbidezza è simile a quella della fibra cotone. È una fibra igroscopica, ovvero una fibra che possiede la capacità di assorbire acqua dall'ambiente circostante ed è in grado di assorbirne fino al 30% del suo peso, grazie alla presenza della sericina, una proteina in grado di assorbire maggiore quantità nonostante sia in percentuale minore della fibroina. Inoltre, grazie all'aggiunta di sali minerali, dopo l'operazione di sgommatura (un passaggio che rende più pesante la fibra) l'igroscopicità è notevolmente migliorata. Questa tipologia di fibra non conduce né calore né energia elettrica e per l'appunto viene scelta per le peculiarità sopra elencate. La seta risulta sensibile agli acidi concentrati, ma è più resistente della lana agli attacchi basici. La presenza dell'acido solforico di media concentrazione permette la contrazione della seta fino al 50% senza danneggiarla, facendola incresparsi, il filato così ottenuto è chiamato Crespo di seta.



MALE OF THE AMERICAN SILK WORM.  
AND A FEMALE. [NEW HAMPSHIRE.]

---

---

## La pelle

La vera pelle è un prodotto di origine animale ed oltre il 90% delle pelli utilizzate nel settore moda proviene da animali destinati all'uso alimentare. L'industria che gestisce la lavorazione delle pelli è definita industria conciaria e prende il nome dall'arte della concia. La concia di per sé è l'arte, nata nella preistoria e divenuta successivamente mestiere durante il medioevo, che mira a rendere la pelle e il cuoio un prodotto gradevole al tatto e alla vista, non che versatile e durevole nel tempo. Con il passare tempo la concia si è imposta nel settore della moda e dell'abbigliamento, non solo ma con l'aiuto delle nuove tecnologie si è arrivati a risultati che permettono al Made in Italy di essere un prodotto di grande pregio nel mercato mondiale. L'industria conciaria italiana si classifica come una delle eccellenze manifatturiere più apprezzate al mondo, infatti rappresenta il 17% dell'industria mondiale. La maggior parte della produzione conciaria è controllata dall'associazione UNIC (Unione Nazionale Industria Conciaria) opera dal 1946 a tutela delle aziende italiane ad essa associate.

Le caratteristiche e le proprietà della pelle sono molteplici, non a caso la pelle e il cuoio sono prodotti di grande igienicità e praticità. La buona resistenza all'usura e all'acqua permette ai prodotti in pelle di reggere nel tempo. Inoltre grazie ai trattamenti di concia è possibile rendere il materiale impermeabile e ottenere un grado di traspirazione adeguato ai diversi utilizzi. La pelle, come la lana, brucia lentamente e possiede una buona resistenza agli agenti chimici.

La maggior parte degli animali lavorati nell'industria conciaria sono l'agnello, la capra, il vitello, il maiale e il montone.

Il procedimento adottato per la concia delle pelli ha diversi passaggi, che risultano fondamentali per ottenere un prodotto finito durevole e di qualità. I vari passaggi che deve compiere la pelle sono suddivisi in:

**OPERAZIONI MECCANICHE DI RIVIERA**, che comprendono:

- La **conservazione della pelle** è il primo passaggio, poiché una volta separata dall'animale è necessario farla marcire;
- Il **rinverdimento**, ovvero il momento che in cui viene reintegrata l'acqua nella pelle per riportare i valori di umidità simili a quelli che ha quando ricopre l'animale;
- La **depilazione e calcinazione**, dove la prima prevede la se-

parazione del pelo dall'epidermide attraverso l'azione chimica e la seconda prepara i pellami a ricevere sostanze concianti; Operazioni di preparazione alla concia che prevedono:

- La **decalcinazione**, atta a mantenere un Ph abbastanza basso; la macerazione della pelle che facilita l'estensione delle fibre, e poi lo sgrassaggio.
- Il **piclaggio**, che abbassa ulteriormente il pH da 7 a 4 (circa), permette ai pellami di essere conservati anche per lunghi periodi poiché blocca definitivamente la macerazione.
- Si procede quindi con la **concia** vera e propria che serve a conferire alla pelle resistenza meccanica, all'umidità, alla temperatura e agli agenti chimici. Le sostanze che vengono utilizzate durante la concia sono: cromo, tannini, alluminio, zirconio ecc.

#### **OPERAZIONI DI RICONCIA:**

- Si parte dalla **pressatura**, ovvero le pelli vengono inserite in cilindri che hanno lo scopo di appiattire, uniformare e ridurre il contenuto d'acqua assorbito dalle pelli;
- Procedendo poi possono essere trattati con **scarnitura a umido**, che serve a dividere la pelle in più strati;
- La **riconcia** serve a donare il grado desiderato di morbi-

dezza, resistenza, pastosità, struttura e resistenza al sudore. Essa viene effettuata in un bottale dove vengono inseriti ulteriori sostanze concianti e riempienti;

- Successivamente si passa alla **tintura**. I colori che vengono usati per la tintura delle pelli prendono il nome di lacche, che si distinguono successivamente in materie coloranti naturali e artificiali, a seconda della diversità;
- L'ultima operazione di riconcia prevede **l'ingrasso dei pellami**, ovvero ha lo scopo di donare morbidezza, pienezza e idrofobicità alla pelle. Vengono utilizzati per questa lavorazione, oli grassi di origine animale, vegetale o sintetica.

Lavorazioni meccaniche a secco, che prevedono:

- **L'asciugaggio dei pellami**, ovvero attraverso sistemi atti ad asciugare il materiale, come la messa a vento o sottovuoto, si riduce il contenuto d'acqua impregnata.
- **La palissonatura** è un'operazione utilizzata soprattutto per i pellami destinati all'uso guanteria o abbigliamento. Attraverso la palissonatura è possibile ammorbidire la pelle in tutti i suoi punti.

La pelle viene trattata con operazioni di rifinizione, ovvero tutte quelle azioni svolte a caratterizzare con precisione le proprietà

---

merceologiche della pelle, come il grado di brillantezza, la solidità, l'elasticità, la resistenza allo sporco, all'acqua ecc. L'ultimo passo della lavorazione della pelle sono la rifilatura, la misurazione e l'imballaggio, pronta per essere commercializzata



**FONTE:**  
<http://www.floox.in>

# I biopolimeri

Con il termine Biopolimeri si intende una famiglia di materiali che si ottiene, attraverso processi chimici, per la polimerizzazione di materiali di origine vegetale o proteica.

I biopolimeri fanno la loro comparsa sul commercio all'inizio del nuovo millennio con il nome di Tencel, Modal e Ingeo, ma la loro esistenza è assai più duratura. Le prime tracce di fibre a "*imitazione della natura*" risalgono alla metà dell'ottocento quando l'epidemia di pebrina<sup>38</sup> aveva messo in allarme la manifattura tessile europea, soprattutto il commercio della seta. Con la scoperta della Nitrocellulosa<sup>39</sup> nel 1887 nasce la prima seta artificiale. Durante i primi decenni del novecento i biopolimeri assumono notevole importanza e si fanno strada attraverso i cambiamenti sociali di quel tempo.

---

<sup>38</sup> La PEBRINA è una malattia del baco da seta, che si sviluppò in forma epidemica prima in Francia, poi in Italia nella seconda metà del 19° sec.; in seguito si diffuse in ogni paese sericolo del mondo causando danni rilevanti. È provocata dalle spore del protozoo ciliato *Nosema bombycis* (Mixozoo Microsporide Nosematide), ingerite dal baco con le foglie; le spore invadono tutti i tessuti, anche gli ovari e le uova, attraverso le quali la p. può trasmettersi alle larve. Sulle larve infette talvolta si notano macchie simili a pepe (provenz. pebre) macinato, donde il nome.  
Fonte: [www.treccani.it](http://www.treccani.it)

<sup>39</sup> La nitrocellulosa è stata scoperta da Christian Friedrich Schonbein, immergendo la cellulosa in una miscela di acido sulfurico e nitrico. Il composto, immerso successivamente in alcol, diventa un materiale di base per film, filamenti e vernici.

---

I biopolimeri possono essere di quattro tipologie diverse:

- **Bio-based:** derivati in tutto o in parte da bio massa;
- **Biodegradabili:** Degradabili in determinate condizioni ambientali o stimolate da azioni chimiche;
- **Compostabili:** capaci di essere assorbiti dall'ambiente;
- **Non biodegradabili;**

La forte accelerazione della diffusione dei biopolimeri è dovuta alle scoperte di Cargill Dow che scopre nuove applicazioni e nuove modalità di produzione dell'acido polilattico (PLA) da mais e barbabietola. La nuova plastica bio si afferma nel packaging in sostituzione della plastica tradizionale per le caratteristiche di compostabilità e biodegradabilità.

Ad oggi la crescita dei biopolimeri è rallentata, dopo il boom del +10% tra il 2012 e il 2015 a causa del prezzo basso del petrolio.



## FIBRE TESSILI DA FONTE NON RINNOVABILE

Con oltre 70 milioni tonnellate di fibre prodotte all'anno, le fibre man-made sono le più commercializzate e utilizzate nel mondo del tessile. Il boom di queste fibre è stato negli anni Novanta, quando il poliestere ha battuto la regina delle fibre, il cotone. Le fibre man-made sono così chiamate a causa della loro provenienza artificiale, infatti la composizione chimica di queste fibre è modificata in modo permanente durante il processo produttivo. Le fibre man-made si possono classificare secondo il grado di rinnovabilità in fibre organiche sintetiche e artificiali. La differenza tra le due tipologie è prettamente la loro composizione, infatti per la produzione delle fibre sintetiche vengono utilizzati dei polimeri di sintesi utilizzando materie prime di origine fossile, mentre le fibre artificiali o viscose sono composte da polimeri naturali, principalmente da cellulosa. Per completezza nella ricerca sono state introdotte le fibre man-made inorganiche, si parla infatti delle fibre di carbonio e di vetro che nella moda non vengono praticamente utilizzate, ma che trovano terreno fertile per i tessuti tecnici e nella realizzazione di prodotti dell'edilizia.

## FIBRE A BASE ORGANICA

L'introduzione delle fibre, prima artificiali e poi sintetiche, risale alla seconda metà dell'ottocento, per poi essere brevettate ufficialmente in Francia e in Inghilterra alla fine degli anni ottanta e l'inizio degli anni novanta del novecento.

I polimeri naturali sono formati da macromolecole lineari formate da lunghe catene filiformi, scoperte nel 1953 dal chimico tedesco Hermann Staudinger, che riprodotte in laboratorio e unite a molecole più semplici a base di petrolio hanno reso possibile lo sviluppo industriale. Il primo materiale sintetico commercializzato è la Poliammide 6.6 (PA6.6), comunemente chiamato Nylon, scoperto da Wallace Hume Carothers, un chimico americano nei laboratori della DuPont. Subito dopo l'entrata in commercio, questo materiale viene destinato alla produzione di calzetteria e intimo femminile, riscontrando un grande successo grazie al buon recupero elastico che ne consente la vestibilità e soprattutto il prezzo contenuto. Tra il 1941 e il 1942 vengono sviluppate le fibre di Poliestere e la fibra acrilica, ad opera di Jhon R. Whinfield e James T. Dickinson, ma solo nel dopo guerra verranno prodotte a livello industriale. Alla fine degli anni cinquanta la DuPont introduce un nuovo materiale, l'elastam, conosciuto comunemente con il

---

---

nome di Lycra, destinato ad avere un grande successo in termini di comfort e resistenza, non solo nei tessuti tecnici ma anche nei capi di alta moda. In questo panorama di scoperte americane e tedesche, l'Italia resta ai margini della ricerca sulle fibre sintetiche puntando tutto sulle fibre artificiali, nel 1963 il chimico Giulio Natta scopre la fibra propilenica, realizzata dall'industria Montecatini, destinata ad essere commercializzata per la produzione di tessuti tecnici.

Per quanto riguarda la produzione e il consumo delle fibre sintetiche, si rileva una rapida espansione dagli anni quaranta agli anni sessanta del novecento, passando da una produzione di 5.000 tonnellate a una di 702.000, subendo però un brusco rallentamento subito dopo. Negli ultimi decenni però la fibra sintetica continua a crescere, spostando la produzione dai paesi industrializzati a quelli sottosviluppati in l'Asia. Nel 2012 la Cina diventa il primo produttore mondiale di fibre sintetiche, con il 66% del mercato globale, mentre la produzione europea e americana è passata da un 58% al 12%.

Lo sviluppo e l'espansione di queste fibre è reso possibile dalle caratteristiche tecniche di questo materiale, come la tenacità, la facilità di manutenzione nel corso della vita utile, l'elevata resi-

---

stenza agli agenti atmosferici, agli attacchi chimici e alla luce, e in ultimo la considerevole idrorepellenza. Inoltre la produzione di capi di abbigliamento è standardizzabile e non comportano difficoltà tecniche, tanto che le fibre man-made occupano un ruolo fondamentale nei capi di abbigliamento sportivo e tecnico, negli accessori e anche nell'alta moda. Nell'ambito edile vengono utilizzati come geotessili, dispositivi di protezione e in generale ovunque sia richiesta resistenza e prestazione, unita ad un basso costo produttivo.

---

---

## La poliammide e il poliestere

Il Nylon Day, termine con il quale viene definita l'entrata nel mercato tessile della poliammide 6.6, è stato celebrato il 15 maggio 1940, quando le celebri calze hanno fatto la loro comparsa sul mercato internazionale cambiando la vita di milioni di consumatrici e la moda in genere.

La poliammide è una fibra tessile di origine fossile, si ricava e si produce, come il poliestere, da materie prime di origine fossile trasformate chimicamente in laboratorio tramite l'industria petrolchimica. Il nome poliammide 6.6 indica il numero di atomi di carbonio delle due molecole costituenti l'unità ripetitiva del polimero.

I processi produttivi necessari alla creazione della poliammide sono processi di polimerizzazione delle poliammidi finalizzati a ottenere dei materiali plastici, chiamato chip o pellet di polimero. Il chip viene fuso e pressato in sottili ugelli da cui esce sotto forma di filamento continuo che si solidifica grazie a processi di raffreddamento.

---

damento con corrente di aria calda in ambiente condizionato. Trattandosi di un processo semplice, per ottenere dei filamenti colorati basta immettere direttamente nel chip il pigmento prima di essere estruso.

Il poliestere è composto per l'85% da acido tereftalico che compone le macromolecole lineari del materiale. La polimerizzazione avviene grazie alla reazione di questo acido con l'etilene presente nel petrolio. La trasformazione necessita di alte temperature che consentono di ottenere, tramite policondensazione, il tereftalato di polietilene (PET) che si presenta sotto forma di chips pronte ad essere filate ed estruse.

Successivamente i filati vengono avvolti su bobine, pronti per le operazioni di stiro e di testurizzazione che hanno lo scopo di fornire al filato tensione e volume.

La poliammide e il poliestere ad oggi sono le fibre più utilizzate nel settore tessile, ma il consistente carico energetico che richiede la produzione delle fibre, le emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera, l'uso di sostanze chimiche pericolose per l'ambiente e la salute, rendono queste fibre le prime candidate per trovare soluzioni tecnologiche innovative che abbiano cura e attenzione all'ambiente e che rendano i processi produttivi sostenibili.

---

---

Il poliestere è utilizzato per confezionare capi impermeabili, oppure unito a fibre diverse per confezionare abiti (misto lana) e per le camicie (misto cotone). È caratterizzato da una buona resistenza e scarsa capacità di assorbimento, inoltre è soggetto a pilling con l'usura e l'utilizzo. In generale le proprietà delle fibre poliammidiche sono: forte resistenza e tenacità, ottimo recupero dalle deformazioni da piegamento, sensibilità alle radiazioni solari e dalle alte temperature con conseguente ingiallimento.

# Le fibre artificiali

Le fibre definite artificiali sono **ottenute dalla trasformazione di materie prime naturali di origine organica**, infatti partendo da proteine vegetali o animali si possono produrre fibre come il rayon, che deriva dalla trasformazione chimica della cellulosa del legno, oppure il Lanital, che deriva direttamente dalla caseina del latte.

La filatura delle fibre chimiche, in generale risulta pressoché identica per le fibre sintetiche e artificiali; infatti si inizia con la trasformazione del polimero dallo stato solido a quello liquido-viscoso, successivamente il polimero viene spinto attraverso una filiera forata, attraverso la quale acquista una dimensione determina la larghezza del foro: tanto più i fori sono piccoli, tanto più il polimero verrà estruso con un polimero ridotto. In fine il polimero viene solidificato e forma le singole fibre, dette anche filamenti o bave. Nel processo di produzione delle fibre chimiche esistono due sistemi di filatura:

- **Filatura mediante solvente a umido:** la filiera si trova immersa in una vasca contenente un bagno acquoso, il polimero

---

---

viene fatto solubilizzare in solventi che lo rendono liquido-viscoso e fatto passare in questa vasca così che le fibre si solidifichino;

- **Filatura mediante solvente a secco:** il polimero in uscita dalla filiera viene a contatto con un flusso d'aria calda che fa evaporare il solvente consolida la fibra;
- **La filatura mediante fusione:** prevede la fusione del polimero attraverso il calore e in uscita dalla filiera viene a contatto con l'aria fredda che solidifica e consolida la fibra.

Il filo viene in fine raccolto dalla bobinatrice, che ha il compito di raccoglierlo su alcuni supporti. Come per le fibre sintetiche anche le fibre artificiali subiscono l'operazione di stiro, necessaria a definire l'orientamento delle catene molecolari presenti all'interno.

## FIBRE A BASE INORGANICA

Le fibre a base inorganica sono l'**insieme di fibre di origine minerale** e si definiscono tali poiché provengono dal regno dei minerali, come il gruppo dei silicati, fillosilicati e inosilicati, da cui provengono il carbonio, i fili metallici e la lana di vetro.

La composizione delle fibre minerali è propria a seconda della tipologia del minerale dal quale provengono, infatti ognuna possiede caratteristiche e peculiarità differenti.

I principali usi delle fibre inorganiche si collocano nell'industria delle materie plastiche, negli elettrodomestici, nei tessuti per l'isolamento elettrico, termico e acustico in edilizia.

# La fibra di vetro

La fibra di vetro è **utilizzata per la produzione di materiali compositi**, ovvero materiali strutturali avanzati in cui i diversi componenti sono integrati tra loro **per produrre un materiale di caratteristiche superiori da un punto di vista fisico, meccanico, chimico ed estetico**.

La lana di vetro è un silicato amorfo ottenuto dal vetro e risulta un materiale versatile, utilizzato soprattutto in edilizia e nei silenziatori dei veicoli a motore endotermico. Viene prodotto portando a fusione, ad una temperatura compresa tra i 1300 e i 1500 °C, una miscela di vetro e sabbia che successivamente viene trasformata in fibre, con l'aggiunta di un legante che ne aumenta la coesione delle fibre stesse.

La struttura macroscopica e lanuginosa fa sì che questo materiale possieda delle caratteristiche performanti su vari aspetti, come l'ottimo isolamento termico e acustico, come materiale fonoassorbente e inoltre possiede una buona resistenza alle fiamme.

Per capire al meglio il comportamento delle fibre di vetro è necessario effettuare un paragone: se prendiamo in considerazione

---

un vetro monolitico, si evince che la sua fragilità è alta solo se il materiale vetro si presenta sotto forma di lastra, nel momento in cui questo materiale si presenta sotto forma di filo e quindi come fibra, con un diametro inferiore al decimo di millimetro, la sua resistenza meccanica e resilienza sono notevolmente migliorate, poiché proprio la struttura amorfa del vetro ne determina la fragilità. Le fibre di vetro sono largamente utilizzate nella produzione dei compositi strutturali in campo aerospaziale, nautico, automobilistico, associati a matrici diverse, ad esempio poliammide o epossidiche, ma comunque resine sintetiche. Tramite questo materiale si possono ottenere, grazie ad operazioni di lavorazione come la fusione e la colatura, fibre apposite in uscita dalla filiera.

---

---

## La fibra di carbonio

La fibra di carbonio **fa la sua comparsa** nel panorama mondiale con Thomas Edison **nel 1879** come filamento incandescente nei suoi esperimenti per la produzione della prima lampadina, sostituito in seguito con il tungsteno.

Il materiale è stato studiato e immesso in commercio nel 1960 da dottor Roger Bacon, prodotto principalmente per la Royal Aircraft del Regno Unito, attraverso un procedimento studiato da William Watt. Infatti le fibre di carbonio nascono per utilizzi in ambito militare e aeronautico, solo in seguito hanno iniziato ad essere impiegate come fibre in campo automobilistico e oggettistica per il tempo libero.

Le fibre di carbonio possono essere di due tipologie: la prima è chiamata Carbone PAN (Poliacrilonitrile) deriva dalla trasformazione delle fibre organiche, come il rayon, mentre la seconda denominata Carbone-PITCH è prodotta dalla distillazione di catrame o petrolio, quindi da fonti non rinnovabili.







## INTRODUZIONE

In accordo ai temi generali della sostenibilità ambientale e, più nello specifico, di quelli connessi alla valorizzazione di scarti e rifiuti in nuovi processi di produzione, il lavoro di ricerca in questa fase si è concentrato sull'analisi delle prestazioni offerte dai rifiuti tessili sulla valutazione e sulla fattibilità di un loro reimpiego nel settore dell'edilizia, dell'arredo e del design.

---

---

Alla luce dell'indagine eseguita nella prima e nella seconda parte, risulta che il tema del riuso e riciclo dei rifiuti tessile si configura come un ambito poco studiato ma di grande capacità e potenzialità.

La storia dell'architettura tessile, soprattutto nel panorama italiano, è breve. Per definizione le fibre tessili entrano a far parte del mondo dell'architettura dall'epoca romana, come coperture versatili e temporanee, fino alle moderne tensostrutture o membrane progettate su misura per gli edifici comprese nel linguaggio compositivo specifico di progetto.

Con il passare del tempo, la materia tessile entra di diritto nel linguaggio tecnologico dell'architettura, ovvero in quel settore che si occupa del progetto degli strumenti di gestione, recupero e manutenzione dell'ambiente naturale e del costruito, con riferimenti al settore tecnologico delle opere di architettura con lo scopo di avere un approccio prestazionale dei manufatti e dei beni architettonici. Ad oggi la componente tessile dell'architettura italiana è pressoché limitata, sebbene lo sviluppo nel corso degli anni '80, fornito dalla traduzione di un rapporto americano pubblicato nel

1985<sup>40</sup>, abbia permesso la proliferazione di riflessioni riguardanti le tensostrutture a membrana. A livello di letteratura l'architettura tessile è a una fase embrionale, nella quale, professionisti del settore, come Alessandra Zanelli, si occupano della catalogazione, ricerca e sperimentazione delle nascenti architetture. Le ultime ricerche e pubblicazioni definiscono alcuni passi avanti in termini di costruito, basti pensare al *S(P)EEDKITS & Smart Packaging*<sup>41</sup> progettato nel 2008 dal Politecnico di Milano, in particolare dal cluster di ricerca multidisciplinare, formato con lo scopo di permettere lo scambio di conoscenze tra i ricercatori e gli esperti tessili con lo scopo di provvedere a fornire abitazioni in casi di emergenza e alla successiva ricostruzione.

Ulteriori studi dell'Università della Normandia<sup>42</sup>, hanno dimostrato la volontà stabilire delle regole semplici per ottimizzare la struttura del rinforzo del tessuto vegetale per applicazioni composite

---

<sup>40</sup> Capasso A., *Strutture tessili per l'architettura*, Napoli, CUEN (Cooperativa Universitaria Editrice Napoletana), 1991, presente nell'introduzione.

<sup>41</sup> S(P)EEDKITS & Smart Packaging è un progetto di ricerca co-finanziato dall'Unione Europea che si concentra sulle attività in corso da parte del Politecnico di Milano (POLIMI) in ambito di tecnologia dell'architettura. Il pacchetto si compone di un kit di pronto intervento e ricostruzione in situazioni di emergenza per le persone con mancata dimora temporanea. A. Zanelli, G. Buyle, G. Giabardo, S. Viscuso, S(P)EEDKITS & Smart Packaging. Nuove applicazioni tessili per ridefinire la risposta alle emergenze, in "Firenze Universiti Press" (<http://www.fupress.com/techn>), agosto 2014.

<sup>41</sup> Z.E. Cherif, C. Poilane, A. Vivet, B. Ben Doudou, J. Chen, *About optimal architecture of plant fibre textile composite for mechanical and sorption properties*, in "Science Direct", gennaio 2016.

---

---

strutturali (assorbimento e aspetti meccanici), unendo la fibra di cotone, estrapolata dal denim, ad una matrice polimerica utilizzata principalmente come legante. La conclusione dell'esperimento ha riportato che il composito ottenuto è idoneo per carichi non lontani dalla sua resistenza a trazione, ma che può migliorare in termini meccanici.

Questi sono solo due degli esempi di sperimentazione compiuti e che si stanno sviluppando tutt'ora, in Italia e all'estero. Si può però affermare che il tessile e le fibre stesse entrano nel mondo dell'architettura anche come parti di componenti utili allo sviluppo del comfort abitativo, in particolare come involucro esterno o nel campo dell'isolamento termo - acustico.



## LA STORIA

Per facilitare la comprensione del sistema tessile in architettura è bene delineare un excursus su quanto questo materiale abbia, e ha tutt'ora, influenzato la progettazione e la costruzione di sistemi tessili nel campo dell'architettura e del semplice costruire per trovare riparo.

Grazie all'ausilio del portale<sup>43</sup> creato dal Politecnico di Milano, ad opera di Alessandra Zanelli e altri ricercatori, è possibile delineare le fasi fondamentali dell'architettura tessile.

---

<sup>43</sup> Il sito on-line è *Architettura tessile.polimi.it*. Si tratta di un portale didattico fornito dal Politecnico di Milano nel quale vengono raccolte le opere architettoniche tessili e le origini in ordine cronologico.

---

---

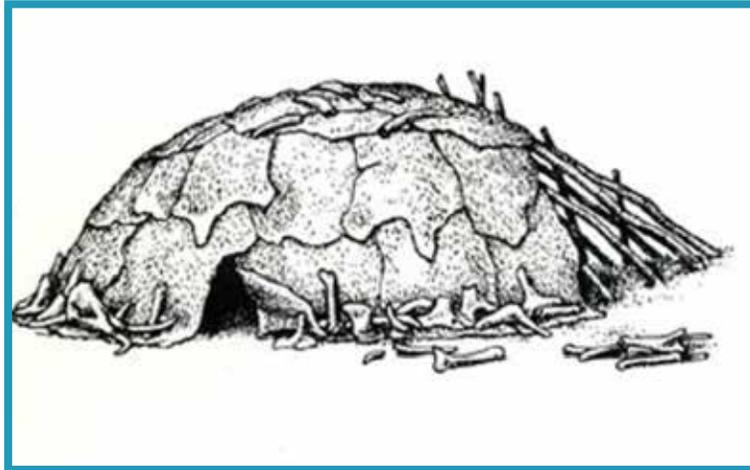
## Le origini

40.000 - 300 a.C.

Il primo reperto che esprime l'idea di architettura in senso abitativo, di riparo e rifugio per l'uomo, risale al 44.000 a.C. e si tratta di una tenda ritrovata in Moldavia. All'interno della tenda è stata trovata la presenza di carbone, utile al riscaldamento, in quanto le popolazioni nomadi sostavano in inverno nelle vallate attraversate dai venti glaciali. La tenda era costruita con materiali facilmente reperibili e prettamente naturali, come ossa e pelli di animali, foglie, legni e paglia ed è la massima rappresentazione di leggerezza, flessibilità e adattabilità peculiari di una cultura nomade. La struttura in generale era composta dalle dome, una struttura di sostegno, in legno successivamente ricoperte di paglia e pelli, che assumere la funzione di vero e proprio tamponamento si utilizzavano le ossa di mammut per affiancarle.

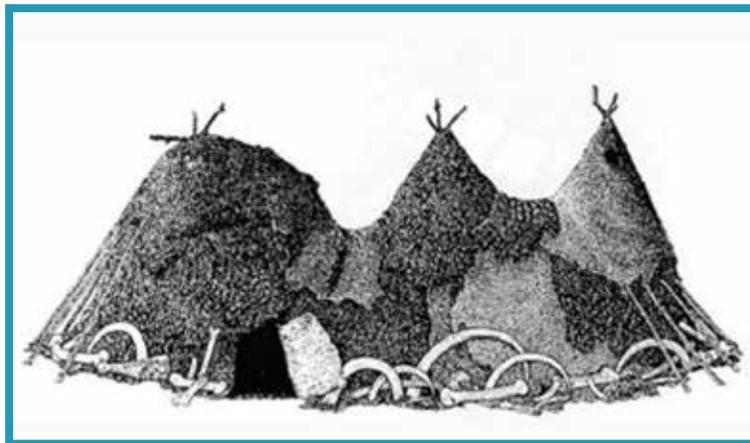
In concomitanza con lo sviluppo delle prime tende adibite per riparo, le fibre di lino, canapa e cotone si fanno strada a partire dal 700 a.C. entrando quindi di diritto nelle fibre utilizzate per fabbricare tessuti utili alle strutture a tenda.

**Rifugio del periodo glaciale costruito su un'antica terrazza fluviale 40.000 a.C.**



**FORNTE:**  
[http://www.architet-turatessile.polimi.it/membrane\\_scocche/percorsi/1\\_origini/3edilizio-ts/40000ac\\_rifugio\\_primitivo/40000\\_tenda\\_primitiva.html](http://www.architet-turatessile.polimi.it/membrane_scocche/percorsi/1_origini/3edilizio-ts/40000ac_rifugio_primitivo/40000_tenda_primitiva.html)

**Ricostruzione di una tenda primitiva Ucraina - 28.000 a.C.**



**FORNTE:**  
[http://www.architet-turatessile.polimi.it/membrane\\_scocche/percorsi/1\\_origini/3edilizio-ts/40000ac\\_rifugio\\_primitivo/40000\\_tenda\\_primitiva.html](http://www.architet-turatessile.polimi.it/membrane_scocche/percorsi/1_origini/3edilizio-ts/40000ac_rifugio_primitivo/40000_tenda_primitiva.html)

Nell'antico Egitto l'utilizzo delle tende è documentato dagli annali e da alcuni bassorilievi risalenti alla dinastia di Ramses II. Se ne riscontrano alcune tracce durante il regno di Tuthmosis II (1501-1447 a.C.), durante il quale questa tipologia di soluzione si consolida nella società egiziana come riparo durante i viaggi e le battaglie. Ma, i veri e propri accampamenti di tende sono quelli che Ramses II adibì ad abitazione durante la conquista della Palestina (1282 a.C.) raffigurata in un bassorilievo ritrovato presso Tebe. La struttura ricurva raffigurata lascia immaginare una struttura costituita da canne e foglie di palma, mentre i materiali usati per la realizzazione del rivestimento non sono ancora noti.

**Battaglia presso la città di Zapur (1282 a.C.) i figli di Ramses II sono raffigurati davanti a lle tende**



**FONTE:**  
[http://www.architet-  
turatessile.polimi.it/  
membrane\\_scocche/  
percorsi/1\\_origini/3edili-  
zio\\_ts/1285ac\\_tenda\\_egizia-  
na/1285ac\\_tenda\\_egiziana.  
html](http://www.architet-<br/>turatessile.polimi.it/<br/>membrane_scocche/<br/>percorsi/1_origini/3edili-<br/>zio_ts/1285ac_tenda_egizia-<br/>na/1285ac_tenda_egiziana.<br/>html)

In Mesopotamia si è registrata, nel 858 a.C., la presenza di numerose popolazioni nomadi e seminomadi. Vivendo di pastorizia e erano costretti a spostarsi periodicamente nella regione, la tenda era la tipologia più conosciuta e consolidata fin dai tempi più remoti. Le antiche tende mesopotamiche erano di due tipologie principali: la tenda reale e la tenda tradizionale. La tenda reale aveva una forma complessa e molto lavorata nella struttura e negli ornamenti proprio a causa della sua funzione, offrire un riparo regale. La seconda tipologia era formata da materiale disponibile in loco ed era destinata ai soldati semplici. La era sostenuta da pali ramificati in legno e rivestita molto spesso da foglie

**Bassorilievo raffigurante il campo fortificato del re Sargon, BM N.124909.**



**FONTE:**

[http://www.architet-turatessile.polimi.it/membrane\\_scocche/percorsi/1\\_origini/3edilizio\\_ts/858ac\\_tenda\\_assira/858ac\\_tenda\\_assira.html](http://www.architet-turatessile.polimi.it/membrane_scocche/percorsi/1_origini/3edilizio_ts/858ac_tenda_assira/858ac_tenda_assira.html)

---

---

## L'età pre industriale

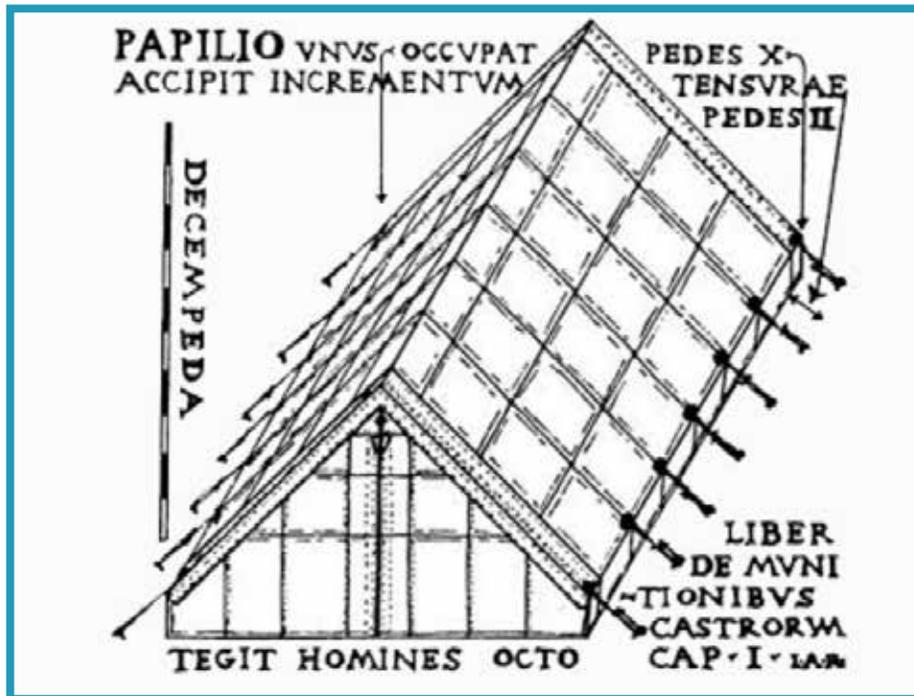
300 a.C. - 1700 d.C.

Durante l'epoca Romana si registrano due distinte tipologie di utilizzo del tessile come riparo.

Il primo impiego riguarda la parte prettamente militare che vedeva nel sistema a tenda l'abitazione temporanea, di forma diversa a seconda del grado militare degli ospitanti. Le tende variavano e potevano essere di tre forme diverse: partendo dai soldati avevano la tenda più piccola fino ai comandanti e i consoli che possedevano un un giaciglio più confortevole.

La chiave di unione di queste tipologie era però il materiale utilizzato per il rivestimento, pelli di vitello tagliate in moduli precisi, e la struttura che si complicava o si semplificava seconda dell'ospite.

## Ricostruzione della tenda papilio.



FONTE:

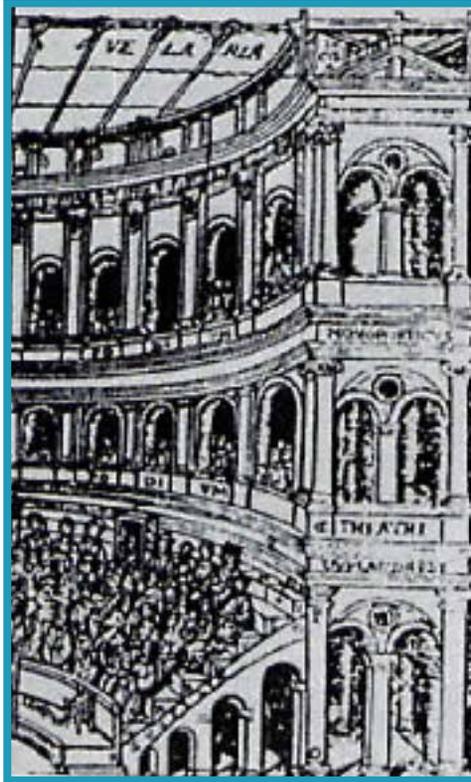
[http://www.architetturatessile.polimi.it/membrane\\_scocche/percorsi/2\\_preindustriale/3edilizio\\_ts/71dc\\_tenda\\_romana/71dc\\_tenda\\_romana.htm](http://www.architetturatessile.polimi.it/membrane_scocche/percorsi/2_preindustriale/3edilizio_ts/71dc_tenda_romana/71dc_tenda_romana.htm)

---

---

Il secondo utilizzo del tessile è rintracciabile nella progettazione dei *Velarium* romani (80 d.C.), un termine coniato da Vitruvio per definire le coperture che venivano realizzate utilizzando le vele navali dismesse. Proprio grazie all'esperienza navale che i romani poterono sperimentare l'idea di una partizione trasformabile (apri e chiudi) a discapito di una copertura di carattere permanente. I *Velaria* venivano impiegati per ombreggiare principalmente gli anfiteatri e i teatri ma, in epoca più tarda, venivano collocati per le vie di Roma come segno di ricchezza della città. Le vele erano composte da fibre di lino o di cotone ed erano sostenute da cavi cerati per facilitare lo scorrimento, mentre le funi erano adibite alla messa in tensione della vela, proprio come su un'imbarcazione.

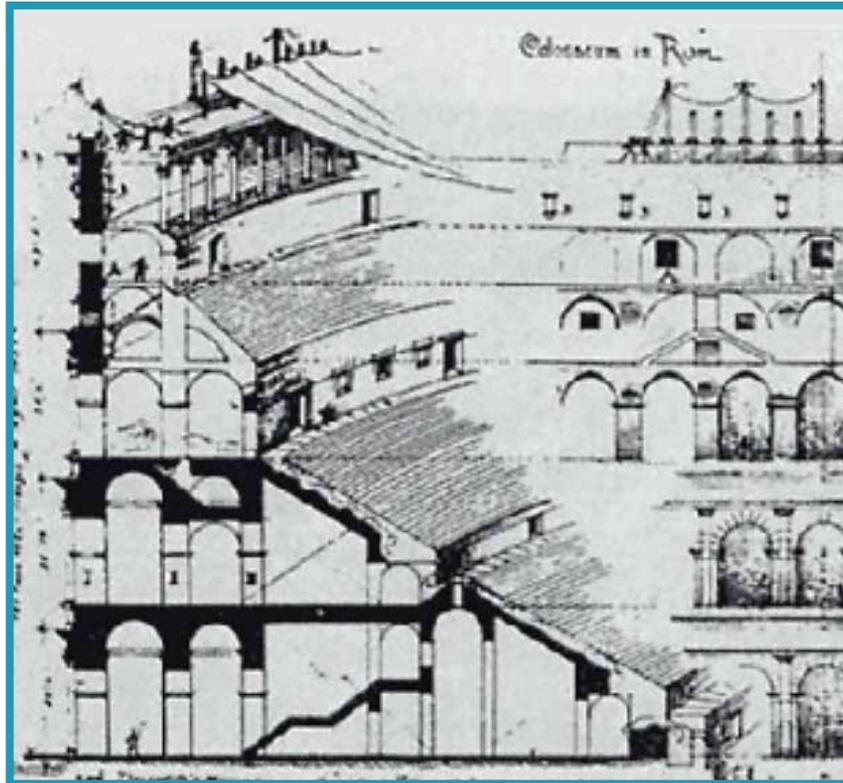
**Cesare Cesariano, 1521, teatro classico di Vitruvio.**



FONTE:

[http://www.architetturatessile.polimi.it/membrane\\_scocche/percorsi/2\\_preindustriale/3edilizio-ts/80ac\\_velarium\\_romano/80dc\\_velarium\\_romano.html](http://www.architetturatessile.polimi.it/membrane_scocche/percorsi/2_preindustriale/3edilizio-ts/80ac_velarium_romano/80dc_velarium_romano.html)

**Ricostruzione del Velarium dell'anfiteatro Flavio,  
Durm, 1905.**



FONTE:

[http://www.architetturatessile.polimi.it/membrane\\_scocche/percorsi/2\\_preindustriale/3edilizio-ts/80ac\\_velarium\\_romano/80dc\\_velarium\\_romano.html](http://www.architetturatessile.polimi.it/membrane_scocche/percorsi/2_preindustriale/3edilizio-ts/80ac_velarium_romano/80dc_velarium_romano.html)

Un altro popolo fedele alla tenda, intesa come unica casa e dotata di ogni comfort, è quello Ottomano. La popolazione ottomana rappresenta la più alta testimonianza di cultura nomade e, proprio per questo motivo spostarsi con una tenda che rappresentasse una vera e propria dimora era d'obbligo. Le tende ottomane prendono il nome di *Otak* e come per gli accampamenti romani, anche in quelli ottomani esisteva una rigida gerarchia che definiva la dimensione delle tende. L'attenzione della civiltà ottomana alla varietà di ripari è testimoniata anche dalla presenza di veri e propri elementi architettonici, come la copertura a cupola, i porticati e le gallerie. Le tende dedicate al Vizir erano adornate con drappi di seta, velluto e broccato, sorrette da una struttura a pali simile a quella della struttura principale.

Le popolazioni nomadi delle steppe, quali Mongoli, Kazakhi e Khirghisti, hanno concepito un particolare tipo di rifugio per seguire le proprie greggi e le mandrie. L'origine della tenda a base cilindrica, chiamata *Ger*, è antichissima. La tenda rappresentava e rappresenta tutt'ora l'abitazione tipica di queste popolazioni che la spostano a seconda della vicinanza o meno dei pascoli. La morfologia della parola *Yurta* è prettamente occidentale, in quan-

to il nome Yurta nella lingua originaria mongola significa territorio, patria dei nomadi, e non tenda, sono stati infatti i russi che con l'occupazione iniziarono a utilizzare la parola *Yurta* per indicare le tende mongole. (Per comodità di linguaggio in questa ricerca continueremo a chiamarla Yurta). La *Yurta* è una tenda rotonda di diametro di sei o otto metri, con una struttura di pali in legno e ricoperta di feltro<sup>45</sup>. L'estrema facilità e reversibilità di questa tenda la rende favorevole agli spostamenti, coadiuvata dalla forma cilindrica che permette la sopravvivenza alle tempeste più brutali. La resistenza è assicurata dalla struttura primaria, composta da stecche di salice, unite da una corda per assicurare la robustezza e per far sì che la chiusura non converga verso l'esterno con il peso della copertura. La struttura del tetto è formata da pali di abete di pochi centimetri di diametro, disposti a raggera per assicurare la forma conica, e uniti da una corona di legno alla sommità. Il rivestimento esterno è costituito da un panno di lana non tessuto, che isola dal freddo. Il tessuto viene anche utilizzato per rivestire la terra, intervallato da uno strato di erbe secche al fine di avere un maggior isolamento termico e resistenza al passaggio dell'umidità.

---

<sup>45</sup> Il feltro è una stoffa realizzata in pelo di animale, prodotto tramite l'infeltrimento delle fibre di lana cardata di pecora.

## Vista esterna di una tenda Yurta



FONTE:  
[http://www.architet-turatessile.polimi.it/membrane\\_scocche/percorsi/2\\_preindustriale/3edilizio\\_ts/1700dc\\_yurta\\_mongolo/1700dc\\_yur-ta\\_mongolo.html](http://www.architet-turatessile.polimi.it/membrane_scocche/percorsi/2_preindustriale/3edilizio_ts/1700dc_yurta_mongolo/1700dc_yur-ta_mongolo.html)

---

---

## Materiali naturali

Nonostante le continue scoperte a livello architettonico, le tende come dimora continuano a persistere in tutte le popolazioni nomadi. Anche per i nativi americani delle grandi pianure degli Stati Uniti la tenda è la dimora prescelta.

La tenda tipica degli indiani d'America a fine 1700 è il Tipì. Il *Tipì* è una tipologia di tenda conica, costituita da una struttura in legno di betulla e da un rivestimento di pelli animali. L'origine della parola *Tipì* è antica e nella lingua degli indiani d'America significa tenda o dimora. La forma è prettamente conica, con un diametro di base di 2-3 metri ed un'altezza poco superiore; la struttura è formata da pali ricavati dalle betulle, fissati a terra e uniti all'estremità superiore con una corda, mentre il rivestimento è composto da diversi strati di pelli animali.

In generale il sistema della tenda è stato utilizzato anche da altre popolazioni, come per le tende arabe, indiane e mongole, che vedevano in questa struttura la soluzione più confortevole e reversibile.

## Montaggio di una tenda Tipi.



FONTE:

[http://www.architetturatessile.polimi.it/membrane\\_scocche/percorsi/3\\_mat\\_naturali/3edilizio\\_ts/1800\\_tipi\\_indiano/1800dc\\_tipi\\_indiano.html](http://www.architetturatessile.polimi.it/membrane_scocche/percorsi/3_mat_naturali/3edilizio_ts/1800_tipi_indiano/1800dc_tipi_indiano.html)

---

---

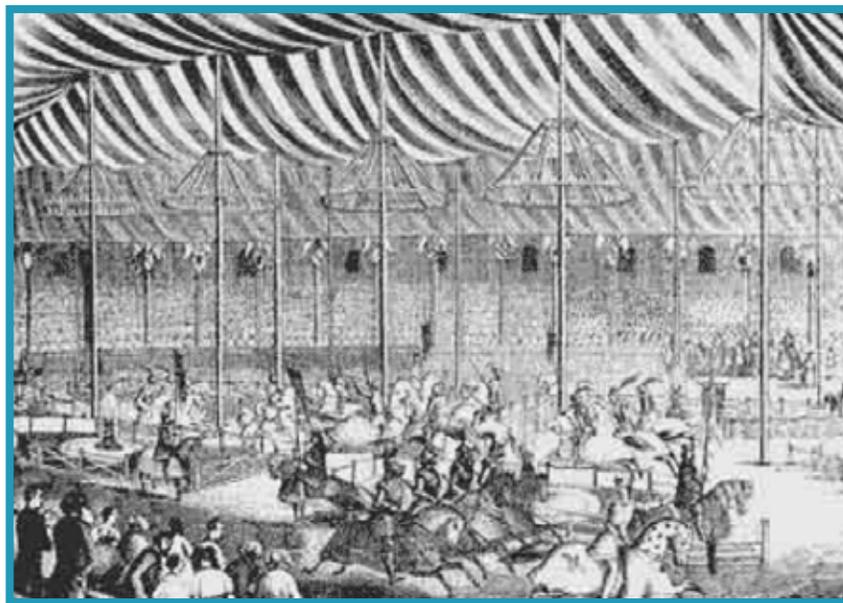
Con la fine del 1700 e l'inizio del 1800 si assiste, nel mondo moderno, alla scoperta e la nascita delle plastiche, attraverso la trasformazione delle materie chimiche organiche di origine naturale. La tipologia di materia non ha ancora nessun riscontro nell'architettura tessile, ma nel settore dell'abbigliamento inizia ad avere un grande successo.

# Materiali artificiali

1840 - 1920

Nella metà dell'ottocento, a New York, Henry Franconi aprì il suo ippodromo. Non è il primo in ordine temporale, poiché già a Parigi era stato costruito un ippodromo per gli spettacoli equestri. La differenza fondamentale consiste nell'involucro come chiusura, infatti, mentre a Parigi Luois Dejean aveva optato per una copertura di legno, a New York si sceglie una copertura in tessuto di cotone. La copertura era formata da una tela di cotone a strisce

## Interno dell'ippodromo Marconi, New York, 1853

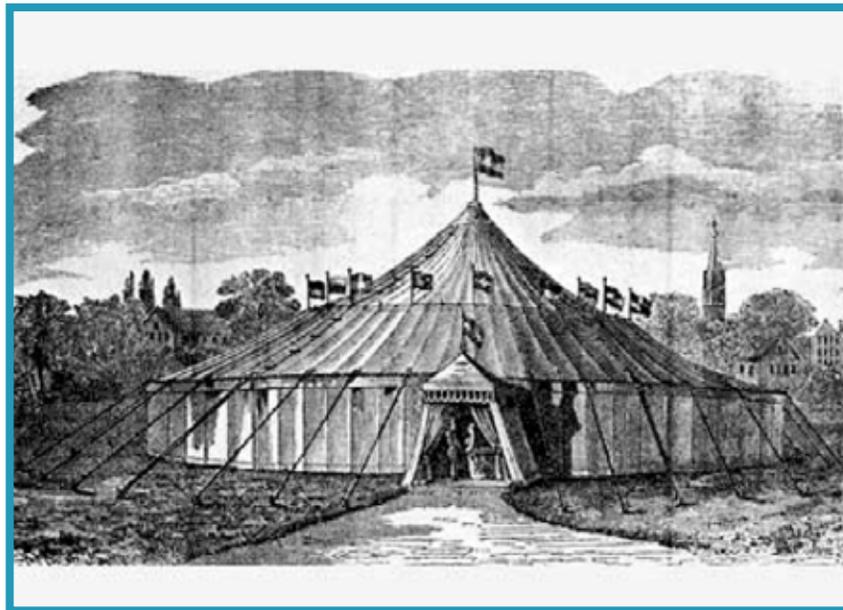


**FONTE:**  
[http://www.architetturatessile.polimi.it/membrane\\_scocche/percorsi/4\\_mat\\_artificiali/3edilizio\\_ts/1853\\_ippodromo\\_franconi/1853\\_ippodromo\\_franconi.html](http://www.architetturatessile.polimi.it/membrane_scocche/percorsi/4_mat_artificiali/3edilizio_ts/1853_ippodromo_franconi/1853_ippodromo_franconi.html)

bianche e verdi e copriva l'intera area dell'ippodromo di 8000 mq. La struttura era formata da pilastri di legno sulla quale venne appoggiata la tela, così da sembrare abbondante e morbida.

Sulla scia dell'ippodromo Franconi, nascono in Europa numerosi circhi contraddistinti dalla medesima tipologia strutturale: una struttura a pilastri in legno e una tela posta come copertura. Esempi di questo atteggiamento sono il Circo Stromeyer in Germania e il Circo Krone in Ucraina.

### **Chateau-parapluie, catalogo L. Stromeyer, 1853**



**FONTE:**  
[http://www.architetturatessile.polimi.it/membrane\\_scocche/percorsi/4\\_mat\\_artificiali/3ediliziot\\_s/1853\\_ippodromo\\_franconi/1853\\_ippodromo\\_franconi.html](http://www.architetturatessile.polimi.it/membrane_scocche/percorsi/4_mat_artificiali/3ediliziot_s/1853_ippodromo_franconi/1853_ippodromo_franconi.html)

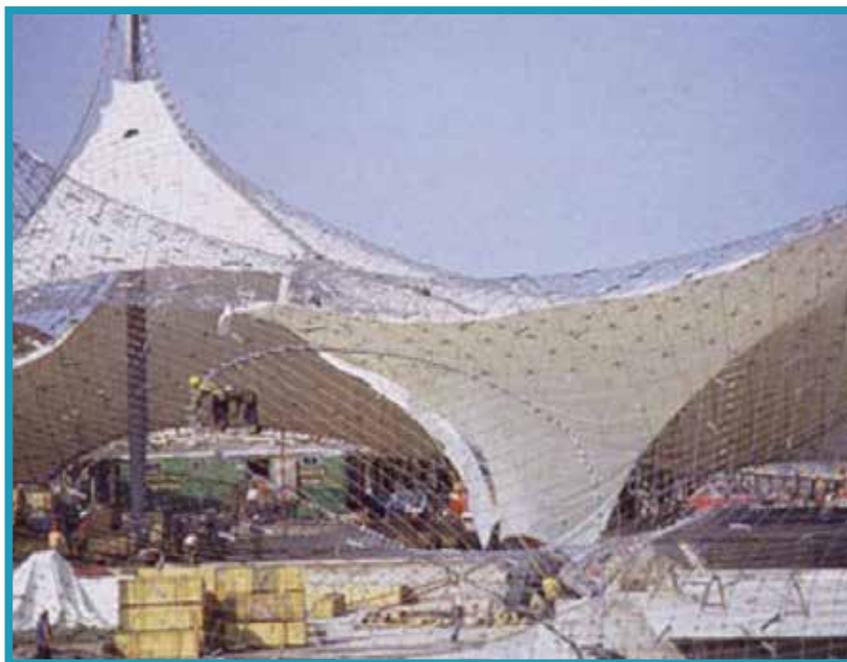
Durante la prima parte del novecento, e per metà della seconda, non si può parlare di una vera e propria architettura tessile, ma sono numerosi gli architetti e gli ingegneri che hanno provato e tentato di introdurre un linguaggio tessile in architettura. Alcuni fra questi protagonisti della nascente architettura tessile di metà novecento troviamo Frei Otto, architetto tedesco operativo negli anni '60, che con le sue tensostrutture in materiale plastico portò ufficialmente il tessile nell'architettura moderna.

**Fotografie della membrana esterna: particolare dell'occhio.**



**FONTE:**  
[http://www.architet-  
turatessile.polimi.it/  
membrane\\_scocche/  
percorsi/6\\_mat\\_sinte-  
si/3edilizio\\_tens/1967\\_  
german\\_pavillion/1967\\_  
german\\_pavillion.html](http://www.architet-<br/>turatessile.polimi.it/<br/>membrane_scocche/<br/>percorsi/6_mat_sinte-<br/>si/3edilizio_tens/1967_<br/>german_pavillion/1967_<br/>german_pavillion.html)

**Fotografie della membrana esterna: particolare dell'occhio.**

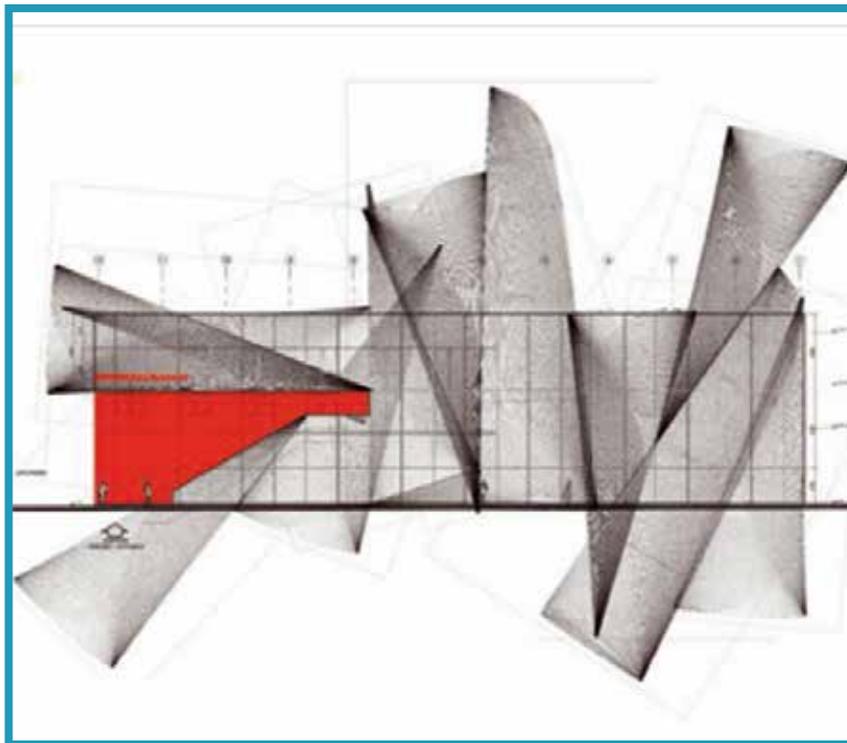


**FONTE:**  
[http://www.architet-  
turatessile.polimi.it/  
membrane\\_scocche/  
percorsi/6\\_mat\\_sinte-  
si/3edilizio\\_tens/1967\\_  
german\\_pavillion/1967\\_  
german\\_pavillion.html](http://www.architet-<br/>turatessile.polimi.it/<br/>membrane_scocche/<br/>percorsi/6_mat_sinte-<br/>si/3edilizio_tens/1967_<br/>german_pavillion/1967_<br/>german_pavillion.html)

Durante gli ultimi anni del novecento e l'inizio del nuovo millennio sono stati tanti gli architetti che si sono cimentati nella sperimentazione. L'avanzare della tecnologia ha permesso di studiare a fondo i materiali tessili che, molto spesso, si sono misurati con la tecnologia dell'architettura con risultati soddisfacenti nel campo del controllo termico e luminoso. Un esempio eclatante è la base operativa di Luna Rossa Challenger<sup>46</sup> progettato nel 2006 dallo

studio di Renzo Piano a Valencia in Spagna. In questo caso la parte tessile è stata inserita nell'involucro, pretesa e incollata per fornire uno schermo alla fonte luminosa esterna.

### Disegno relativo alla disposizione delle vele



**FONTE:**  
[http://www.architet-turatessile.polimi.it/membrane\\_scocche/campi\\_sco/2A\\_sc\\_involucro\\_c/2006\\_Base\\_luna\\_rossa\\_r/2006\\_Base\\_Luna\\_rossa\\_R.htm](http://www.architet-turatessile.polimi.it/membrane_scocche/campi_sco/2A_sc_involucro_c/2006_Base_luna_rossa_r/2006_Base_Luna_rossa_R.htm)

**46** La base operativa è stata concepita dallo studio RPBW (Renzo piano Building Workshop) a Valencia su incarico di della società Prada in occasione della trentaduesima edizione della Coppa America.



## LE ANALISI DI SCENARIO

L'obiettivo specifico della terza parte è quello proporre alcuni possibili scenari di reimpiego della frazione di rifiuti tessili nel settore dell'architettura.

Nel campo dell'architettura i materiali che vengono scelti per adempiere a un compito piuttosto che un altro sono selezionati, spesso e volentieri, secondo attività decisionali garantite dall'esperienza o dall'uso precedentemente fatto. In un mondo che gira in senso circolare, il campo dell'architettura non ne è escluso. È necessario quindi adeguarsi e rispondere in maniera attiva alle proposte di riciclo e riuso dei materiali provenienti da altre attività produttive, come in questo caso dal settore tessile. In poche parole in una realtà di economia circolare, in cui in ogni scarto è individuata la possibilità di recupero, riutilizzo o riciclo, si vuole indagare quali materiali possano essere usati nel campo dell'architettura in base alle recenti politiche ambientali e in accordo con le normative vigenti.

Nel corso della ricerca è stato indispensabile l'uso del *Cambridge Engineering Selector* (CES)<sup>47</sup>, un programma basato su una banca dati inesauribile di materiali, in grado di collegare diverse variabili, sia ambientali che chimico-fisiche, collegate direttamente all'analisi metodologica LCA (Life Cycle Assessment). Grazie all'ausilio del CES è stato possibile individuare le caratteristiche principali necessarie al confronto dei materiali tessili e dell'edilizia.

Nel corso dell'analisi vengono presi in considerazione una serie di materiali, che studiati e confrontati tra loro, possano fornire delle opzioni di sostituzione. In termini pratici, mi occuperò di materiali che sono il frutto di scarti della produzione, pre e post consumo, dell'industria tessile, in particolare i cascami dell'industria conciaria come la pelle e di fibre come la lana e il poliestere.

---

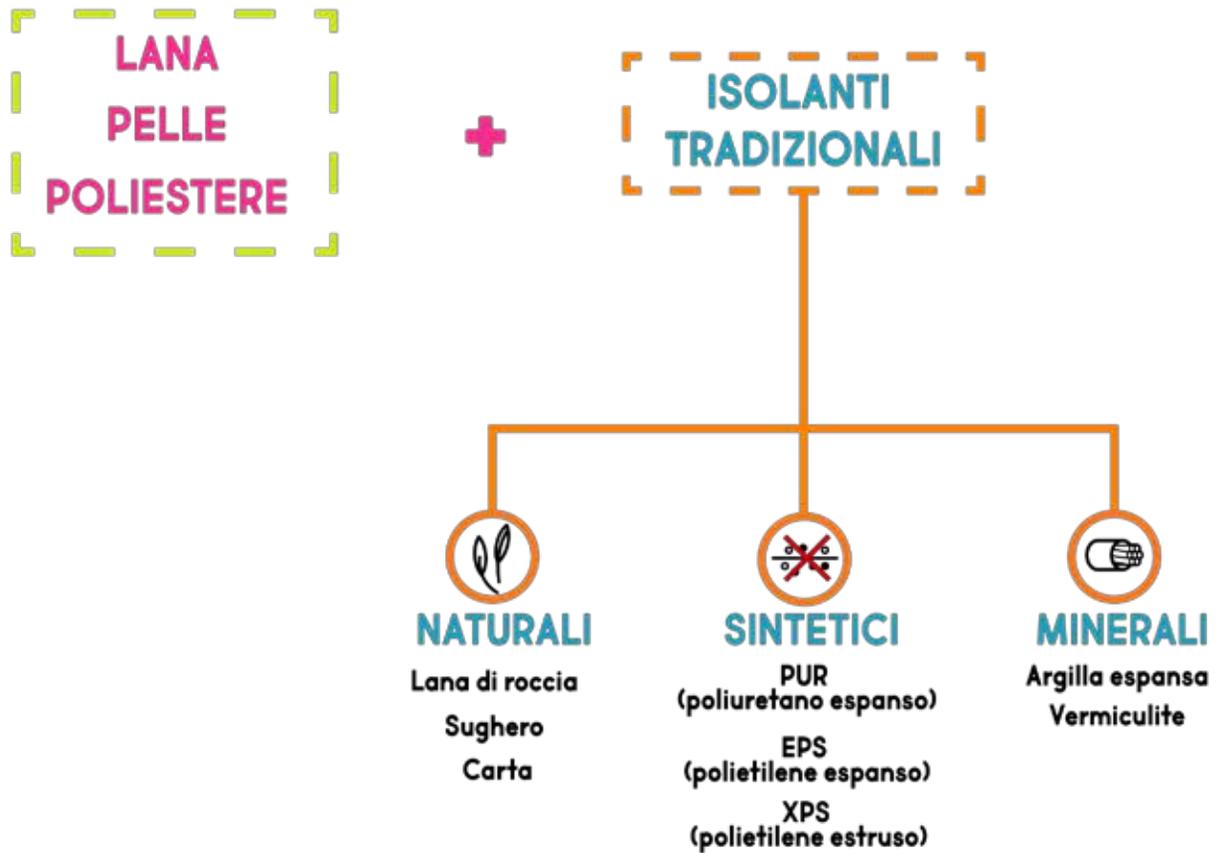
<sup>47</sup> Il programma CES è stato creato dal gruppo EduPack di Granta Design.



## I MATERIALI

Per definire una serie di scenari plausibili nel campo dell'architettura, dell'arredo e del design è necessario indagare e confrontare quali materiali e fibre vengono prese in considerazione sia nel campo tessile che in quello architettonico.

## SCHEMA DEI MATERIALI ANALIZZATI



FONTE:  
Elaborazione personale

---

---

Il primo passo è stato definire e capire quali materiali del mondo della tecnologia dell'architettura fossero sostituibili con i materiali messi a disposizione, dal riuso e il riciclo di sottoprodotti dell'industria tessile.

L'indagine si è svolta analizzando le diverse possibilità e riconducendo ciascuna fibra, tra cui lana, pelle e poliestere, ad un materiale esistente in architettura, riferendosi a quelle tipologie di materiali che hanno capacità di isolamento termico e termo - acustico. La scelta di indirizzare la ricerca in questo senso è dettata da un approccio logico-deduttivo, considerando un possibile reimpiego delle fibre.

I materiali confrontati per quanto riguarda la parte termica, derivano dalla famiglia degli isolanti tradizionali presenti in architettura e sono così suddivisi:

- **isolanti NATURALI:** fibra di legno, fibra di sughero e carta;
- **isolanti MINERALI:** argilla espansa, vetro cellulare e lana di roccia;
- **isolanti SINTETICI:** EPS (polistirene espanso), XPS (polistirene estruso) e PUR (poliuretano espanso);

---

Viceversa, per definire e confrontare la parte di isolamento acustico è stato inserito, oltre ai materiali sopra citati, la lana di roccia e il legno mineralizzato.

In ultimo sono stati presi in considerazione tre ulteriori materiali che assicurassero la fonoassorbenza, senza però possedere materiali di origine porosa, ma basandosi sul concetto della dissipazione di energia delle onde sonore a contatto con una massa vibrante.



## LE PROPRIETÀ

L'analisi delle proprietà dei materiali del settore tessile e di quello architettonico ha portato alla definizione di un elenco di caratteristiche comuni a entrambi i campi.

La tabella riporta le principali caratteristiche e proprietà individuate di ognuno dei tre materiali analizzati (pelle, lana e poliestere).

# Lana

DENSITA'	1,2E3 - 1,32E3 Kg/m <sup>3</sup>
MODULO DI YOUNG (ELASTICO)	3,9 - 5,2 GPa
RESISTENZA A TRAZIONE	40 - 200 MPa
MODULO DI COMPRESSIBILITA'	2,5 - 4 GPa
COEFFICIENTE DI POISSON	0,25 - 0,3
CONDUCIBILITA' TERMICA	0,2 - 0,3 W/m K
RESISTIVITA' ELETTRICA	1E14 - 1E16 $\mu\Omega.m$
TRASPARENZA	OPACO
RADIAZIONE UV	DISCRETA
RESISTENZA AL FUOCO	BRUCIA LENTAMENTE
RESISTENZA AL DEGRADO	DISCRETA

# Poliestere

<b>DENSITA'</b>	<b>1,9E3 - 2,1E3 Kg/m<sup>3</sup></b>
<b>MODULO DI YOUNG (ELASTICO)</b>	<b>35 - 45 GPa</b>
<b>RESISTENZA A TRAZIONE</b>	<b>690 - 838 MPa</b>
<b>MODULO DI COMPRESSIBILITA'</b>	<b>40 - 42,7 GPa</b>
<b>COEFFICIENTE DI POISSON</b>	<b>0,33 - 0,35</b>
<b>CONDUCIBILITA' TERMICA</b>	<b>0,182 - 0,2 W/m<sup>2</sup> K</b>
<b>RESISTIVITA' ELETTRICA</b>	<b>9,09E6 - 1E7 μΩ.m</b>
<b>TRASPARENZA</b>	<b>OPACO</b>
<b>RADIAZIONE UV</b>	<b>DEBOLE</b>
<b>RESISTENZA AL FUOCO</b>	<b>ALTAMENTE INFIAMMABILE</b>
<b>RESISTENZA AL DEGRADO</b>	<b>DEBOLE</b>

# Pelle

<b>DENSITA'</b>	<b>810 - 1,05E3 Kg/m<sup>3</sup></b>
<b>MODULO DI YOUNG (ELASTICO)</b>	<b>0,1 - 0,5 GPa</b>
<b>RESISTENZA A TRAZIONE</b>	<b>20 - 50 MPa</b>
<b>MODULO DI COMPRESSIBILITA'</b>	<b>1 - 2 GPa</b>
<b>COEFFICIENTE DI POISSON</b>	<b>0,05 - 0,48</b>
<b>CONDUCIBILITA' TERMICA</b>	<b>0,15 - 0,16 W/m K</b>
<b>RESISTIVITA' ELETTRICA</b>	<b>1E8 - 1E10 μΩ.m</b>
<b>TRASPARENZA</b>	<b>OPACO</b>
<b>RESISTENZA ALLA RADIAZIONE UV</b>	<b>DISCRETA</b>
<b>RESISTENZA AL FUOCO</b>	<b>BRUCIA LENTAMENTE</b>
<b>RESISTENZA AL DEGRADO</b>	<b>BUONA</b>

---

---

In architettura è richiesto che i materiali possiedano determinate proprietà meccaniche, fisiche e chimiche. Le proprietà di ogni materiale dipendono in modo diretto dalla struttura interna e dal processo di produzione. Nonostante alcune di esse non varino a seconda della forma, come la densità, sono considerate tali in seguito a misure sperimentali ottenute tramite l'analisi del comportamento di provini in presenza di determinate condizioni di prova (resistenza a trazione).

Di seguito vengono descritte le caratteristiche considerate in questa fase di ricerca, suddivise in macro gruppi.

## PROPRIETA' MECCANICHE

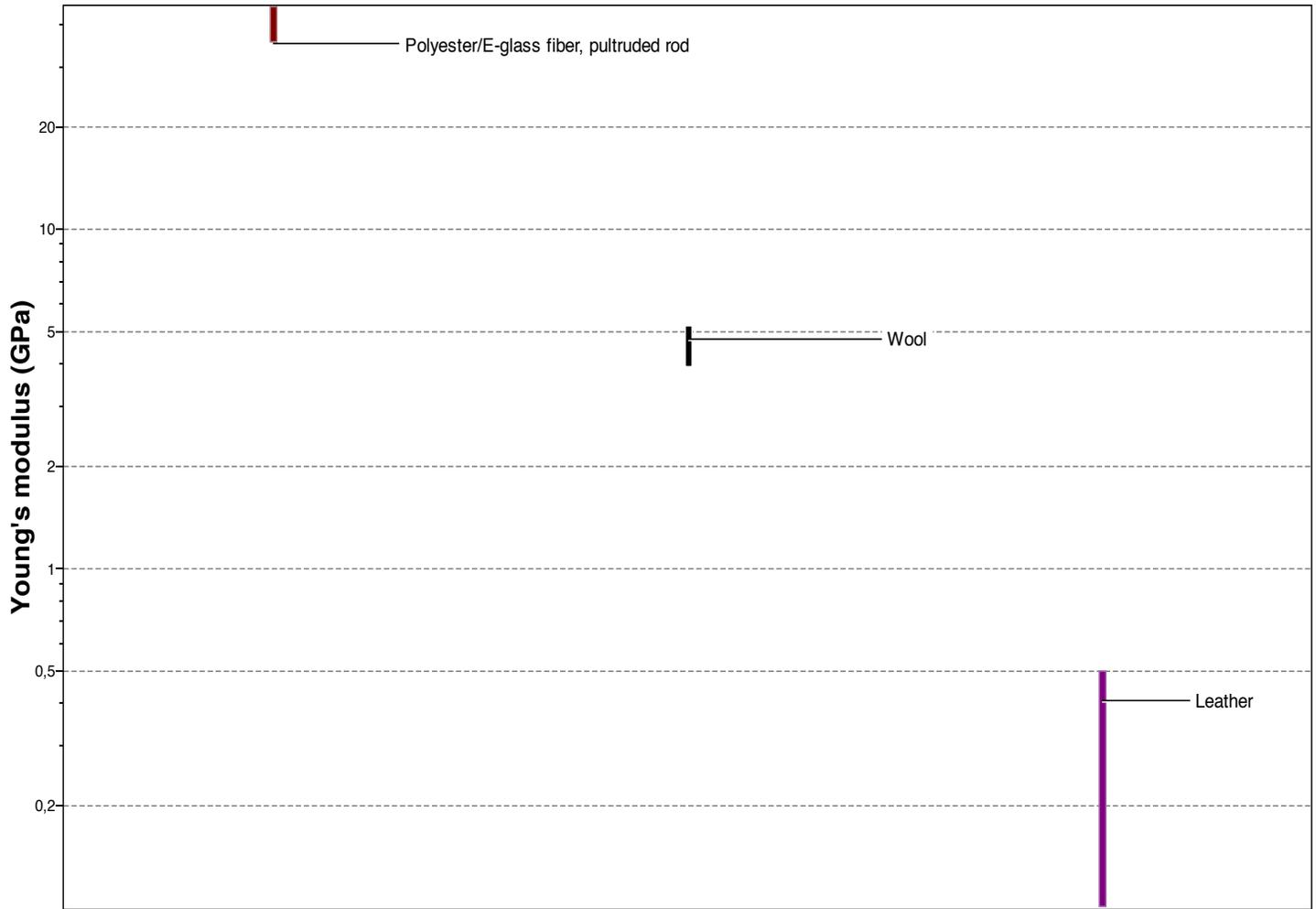
Le proprietà meccaniche descrivono l'insieme di caratteristiche utili alla definizione del comportamento di un materiale in funzione di una forza, sufficientemente piccola, che produce una deformazione. Le proprietà individuate che convergono in entrambi i settori sono:

**DENSITA':** identifica il rapporto tra la massa e il volume di una sostanza, viene misurata in chilogrammi al metro cubo (Kg/m<sup>3</sup>).

**MODULO DI YOUNG:** chiamato anche Modulo Elastico ed è una costante di proporzionalità. Misura il rapporto tra una tensione e una deformazione in condizioni di carico monoassiale e in caso di comportamento di tipo "elastico" di un materiale. Il modulo elastico è utilizzato per individuare il grafico sforzo – deformazione necessario per definire uno sforzo applicato e la deformazione che ne deriva. L'unità di misura è il Giga Pascal (GPa).

**RESISTENZA A TRAZIONE:** è una proprietà che indica il massimo sforzo che un materiale è in grado di sopportare prima di giungere a rottura. Per definire questa proprietà è necessario ricorrere a una prova sperimentale effettuata in condizioni standardizzate fornite dalle normative nazionali e internazionali. La prova

### Stage 1: Young's modulus (GPa)

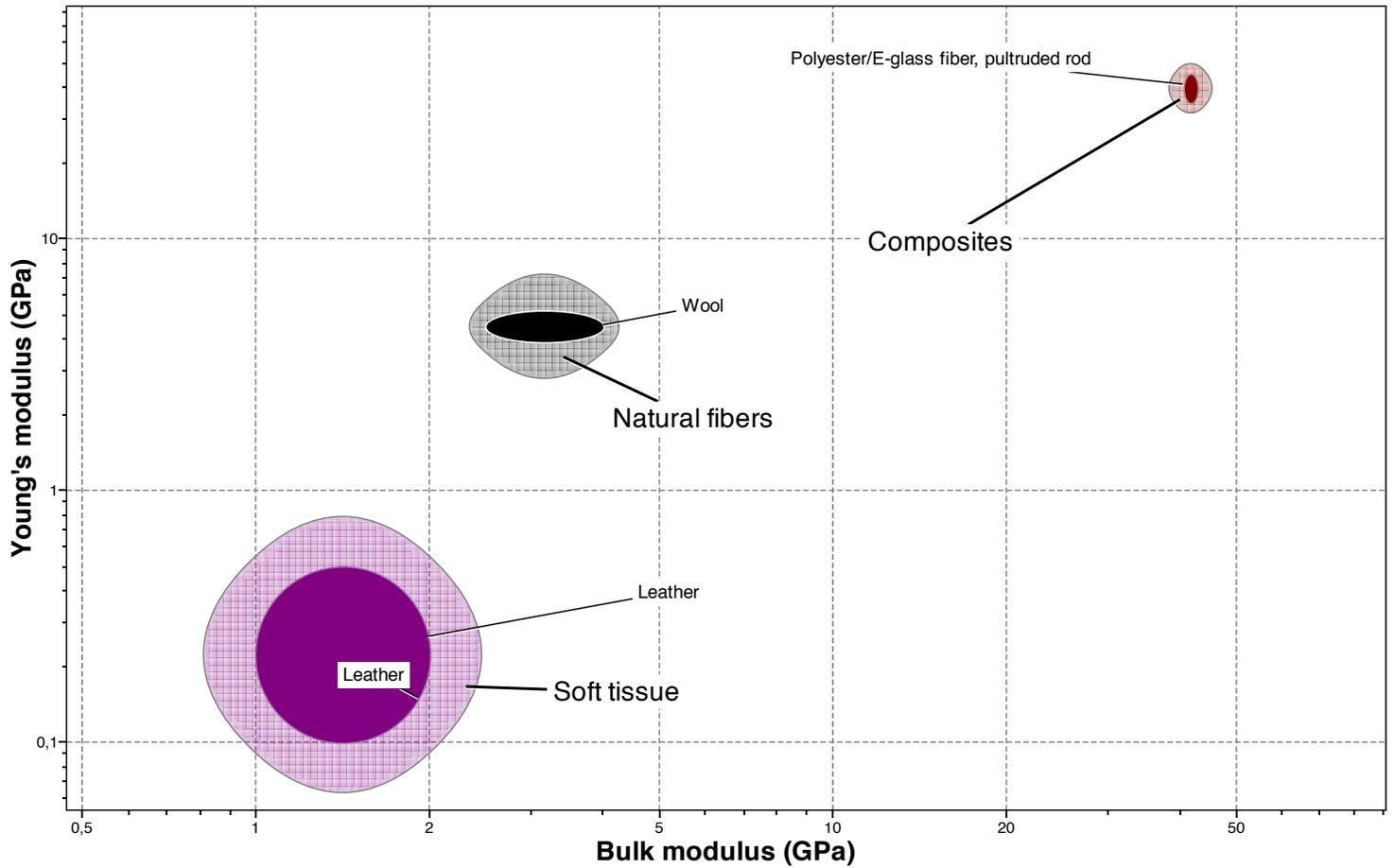


di trazione è effettuata in laboratorio, applicando uno sforzo ad un provino per valutare in quanto tempo, durante la deformazione, giunge a rottura. L'unità di misura utilizzata è Newton al millimetro quadro ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ).

**MODULO DI COMPRESSIBILITA' (Bulk moduls):** è l'aumento della densità provocato da una compressione. È definito come l'incremento di pressione necessario a causare un relativo incremento di densità secondo il rapporto tra **PRESSIONE** e **DENSITA'**.

**COEFFICIENTE DI POISSON:** Il coefficiente di Poisson (detto anche coefficiente di contrazione trasversale) dipende dalla temperatura, che misura il grado in cui il campione di materiale si restringe o si dilata trasversalmente in presenza di una sollecitazione monodirezionale longitudinale.

Stage 3: Young's modulus (GPa) vs. Bulk modulus (GPa)



## PROPRIETA' FISICHE

Tali proprietà descrivono il comportamento del materiale sottoposto a sollecitazioni. Possono essere suddivise in:

### Proprietà TERMICHE

Le proprietà termiche descrivono il comportamento del materiale soggetto a variazioni di temperatura. Quando un materiale è esposto a una variazione termica, assorbe o cede calore (energia), varia di dimensioni e, al suo interno avviene un trasporto di energia tra le parti di diversa temperatura. Nei materiali edili e tessili, le principali proprietà termiche sono:

**Conducibilità termica (o conduttività):** è un coefficiente specifico caratteristico di ciascun materiale e descrive la capacità di un materiale di far passare un flusso di calore ( $q$ ) nell'unità di tempo e per unità di superficie, tra due materiali. Il flusso di calore è diretto dalle zone ad alta temperatura verso le zone a bassa temperatura. Al diminuire della conducibilità termica del materiale si avrà un minor flusso di calore a causa di un gradiente di temperatura, per cui si avrà una maggior resistenza al flusso di calore. L'unità di misura utilizzata è Watt al metro quadro per Kelvin ( $W/m^2K$ ).

---

---

**Trasmittanza termica:** indica un valore che permette di calcolare la trasmissione di calore per conduzione, convezione e irraggiamento. Viene indicata con la lettera U e misura il flusso di calore che attraversa la superficie di un metro quadro a causa di una differenza di temperatura di un grado tra l'interno e l'esterno. L'unità di misura utilizzata è Watt al metro quadro per Kelvin ( $W/m^2K$ ).

## Proprietà ELETTRICHE

Le proprietà elettriche descrivono la risposta di un materiale all'applicazione di un campo elettrico. In generale nell'ambito edilizio sono legate all'impiantistica, in cui si valutano le proprietà legate alla conduzione elettrica del materiale. Le proprietà analizzate nel corso di questa ricerca sono:

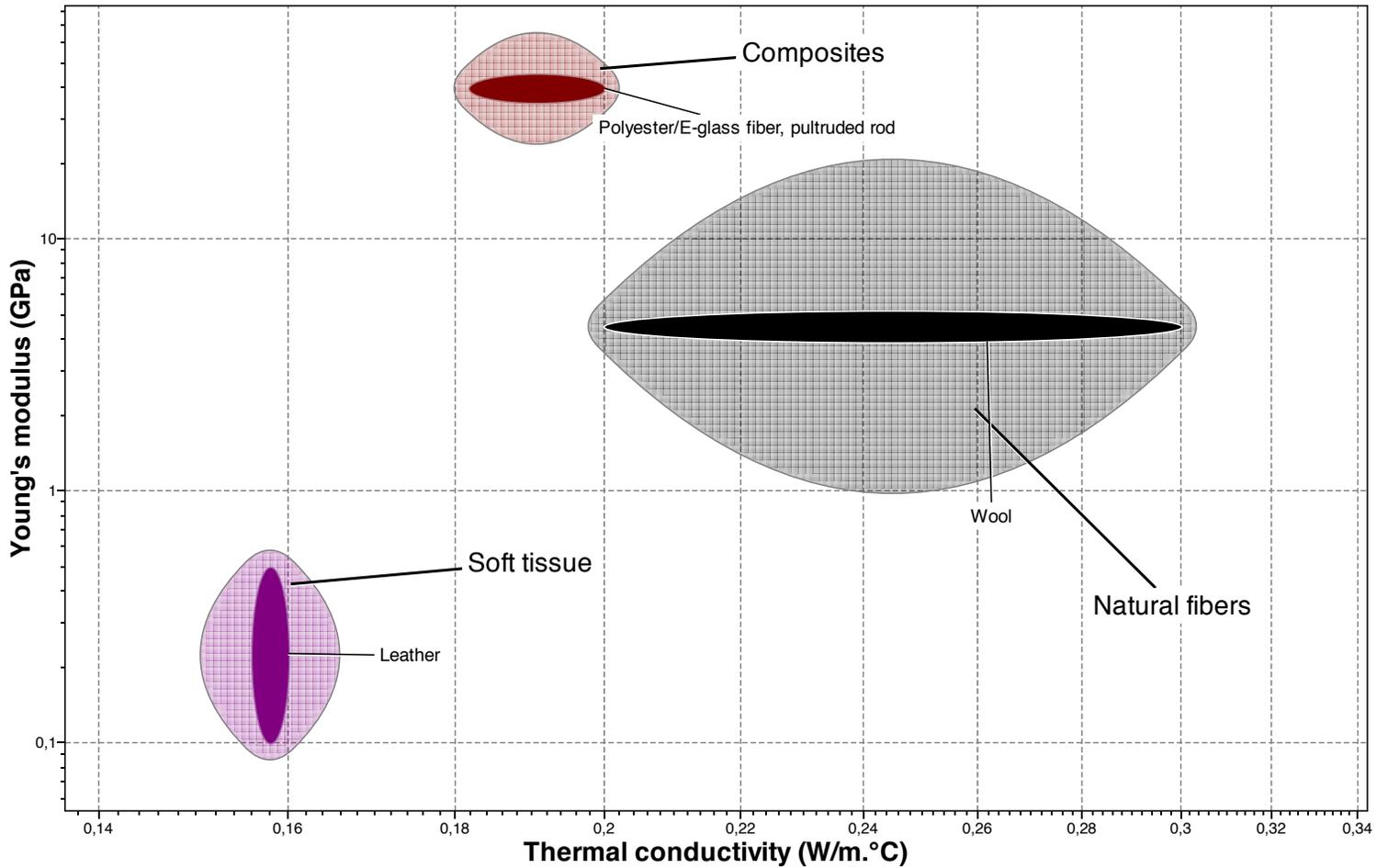
**Resistività elettrica (conduttività):** indica la capacità di un materiale di opporsi al flusso di corrente elettrica e viene misurata in OHM per metro (ohm.m).

## Proprietà OTTICHE

Le proprietà ottiche descrivono il comportamento dei materiali e l'interazione con la luce visibile.

**Trasparenza – opacità:** i materiali opachi non consentono la

Stage 2: Young's modulus (GPa) vs. Thermal conductivity (W/m.°C)



---

---

trasmissione della luce visibile, infatti la rifrazione viene in parte riflessa e in parte assorbita dallo stesso materiale. Il colore che viene percepito dall'occhio umano dipende dalla distribuzione delle lunghezze d'onda, riflesse e non assorbite.

### **PROPRIETÀ CHIMICHE**

Le proprietà chimiche rientrano nelle caratteristiche influenzate dall'ambiente. Un materiale può degradarsi ad opera delle azioni chimico – fisiche prodotte dall'ambiente all'interno del quale è inserito. La presenza di materiale degradato comporta la perdita delle prestazioni iniziali richieste e compromettere l'utilizzo.

La **resistenza al degrado e all'attacco chimico** comprende una varietà di effetti che dipendono però dalla natura del materiale, quindi sarà diverso per ciascun materiale. Ad esempio, alcuni materiali come il poliestere in presenza di radiazioni ultraviolette può ingiallire.

### **PROPRIETÀ ACUSTICHE**

Le proprietà acustiche non vengono citate nelle descrizioni in tabella generale e nel programma CES, ma risultano importanti per la formulazione dei successivi scenari.

Questa tipologia di proprietà definisce come un materiale genera, assorbe, riflette e fa propagare il suono. Il suono è composto da onde percepite dall'orecchio umano come vibrazione di un corpo. Le onde sonore sono di tipo meccanico (onde di pressione) la cui propagazione avviene per oscillazione elastica. Di conseguenza la trasmissione dell'onda acustica, attraverso un determinato materiale, dipenderà dalle proprietà elastiche del mezzo. In generale l'orecchio umano percepisce le onde caratterizzate da una frequenza compresa tra 20 e 20.000 Hertz, con un livello di intensità acustica espresso in Decibel (dB). A seconda che l'onda sia riflessa, dissipata o trasmessa si identificano il potere fonoassorbente e fonoisolante di un determinato materiale.

Un materiale che attenua la trasmissione del suono è definito fonoassorbente, presenta cioè la capacità di assorbire l'energia dell'onda incidente su di esso. Si definisce coefficiente di assorbimento acustico ( $\alpha$ ) come il rapporto tra la somma dell'intensità sonora dissipata, per calore o per attrito, e trasmessa rispetto all'intensità incidente. In generale la capacità fonoassorbente, di un determinato materiale, cresce al crescere della porosità e al diminuire della densità e del modulo elastico. Il coefficiente di assorbimento acustico ( $\alpha$ ) è un coefficiente adimensionale che defi-

---

---

nisce la capacità di un determinato materiale di assorbire i rumori presenti in un ambiente.

Viceversa un materiale che riduce la trasmissione del suono è definito come un materiale fonoisolante. Il potere fonoisolante, o di attenuazione acustica, descrive la capacità di un materiale di ridurre la trasmissione di un suono incidente definito in Decibel (dB). Il potere fonoisolante è legato al modulo elastico (Modulo di Young) e alla massa, in quanto al crescere di questi valori, aumenta anche il potere di attenuazione acustica in funzione della frequenza (legge della Massa).

---



## LE CORRELAZIONI TRA PROPRIETÀ

L'analisi delle proprietà in comune ha portato alla definizione di grafici tecnici, nei quali vengono espresse le interazioni tra i vari materiali.

---

---

Operando tramite l'inserimento dei dati dei materiali all'interno del programma CES (*Cambridge Engineering Selector*) e costruendo le correlazioni tra le proprietà per tipologia e affinità, (fisiche, meccaniche e chimiche) è possibile ragionare sul comportamento di ognuno di essi in determinate situazioni. In alcuni casi è stato opportuno integrare con grafici ad hoc in mancanza dei dati di proprietà acustiche forniti dal programma.

Per definire i diversi scenari e le ipotesi di progetto è doveroso fare un passo indietro e indagare le proprietà che possono accomunare i materiali esistenti in edilizia e quelli riferiti al settore tessile.

Di seguito vengono descritti i grafici che riportano il risultato delle correlazioni sopra citate. I grafici in questione si offrono di interpretare e correlare le relazioni tra la densità ( $\text{Kg/m}^3$ ), riportata sull'asse delle ordinate, e la conducibilità termica ( $\text{W/mK}$ ), sull'asse delle ascisse.

## Conducibilità termica e Densità

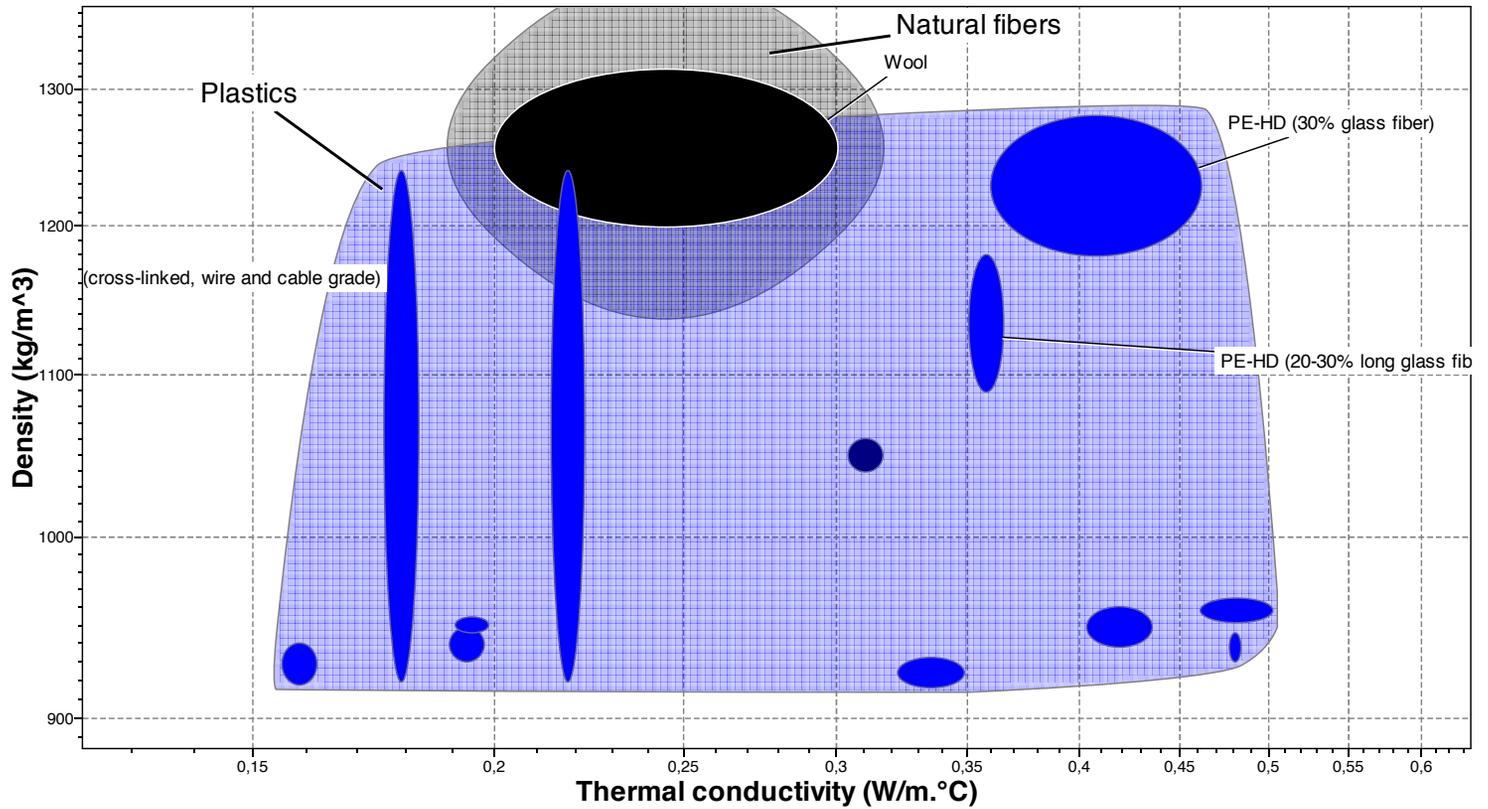
All'interno del **primo grafico** i materiali presi in considerazione sono la lana (colore nero), sotto forma di fibra naturale di origine animale, e gli isolanti sintetici (colore blu), in particolare il poliuretano (PUR) e il polietilene espanso ed estruso (EPS-XPS). Il range preso in considerazione della conducibilità termica va da 0 a 0,65 W/mK, mentre quello della densità va da 890 e 1360 Kg/m<sup>3</sup>.

Secondo quanto illustrato nel grafico si registra una connessione, identificata con l'area in comune compresa tra le due famiglie di materiali, area compresa tra il blu dei materiali plastici e il nero della lana. La comunanza di proprietà è regolata dalla densità propria del materiale, infatti la lana possiede una densità compresa tra 1200 e 1330 Kg/m<sup>3</sup>, il pannello semirigido di polietilene ad alta densità (PE-HD) ne possiede una di 1200 Kg/m<sup>3</sup> e, il poliuretano (PUR) con una densità inferiore a 1000 Kg/m<sup>3</sup>. I valori di conducibilità termica della lana sono di 0,2-0,3 W/mK e, rispetto ai valori dei materiali plastici, risultano positivi in termini di dispersione del calore.

## GRAFICO UNO

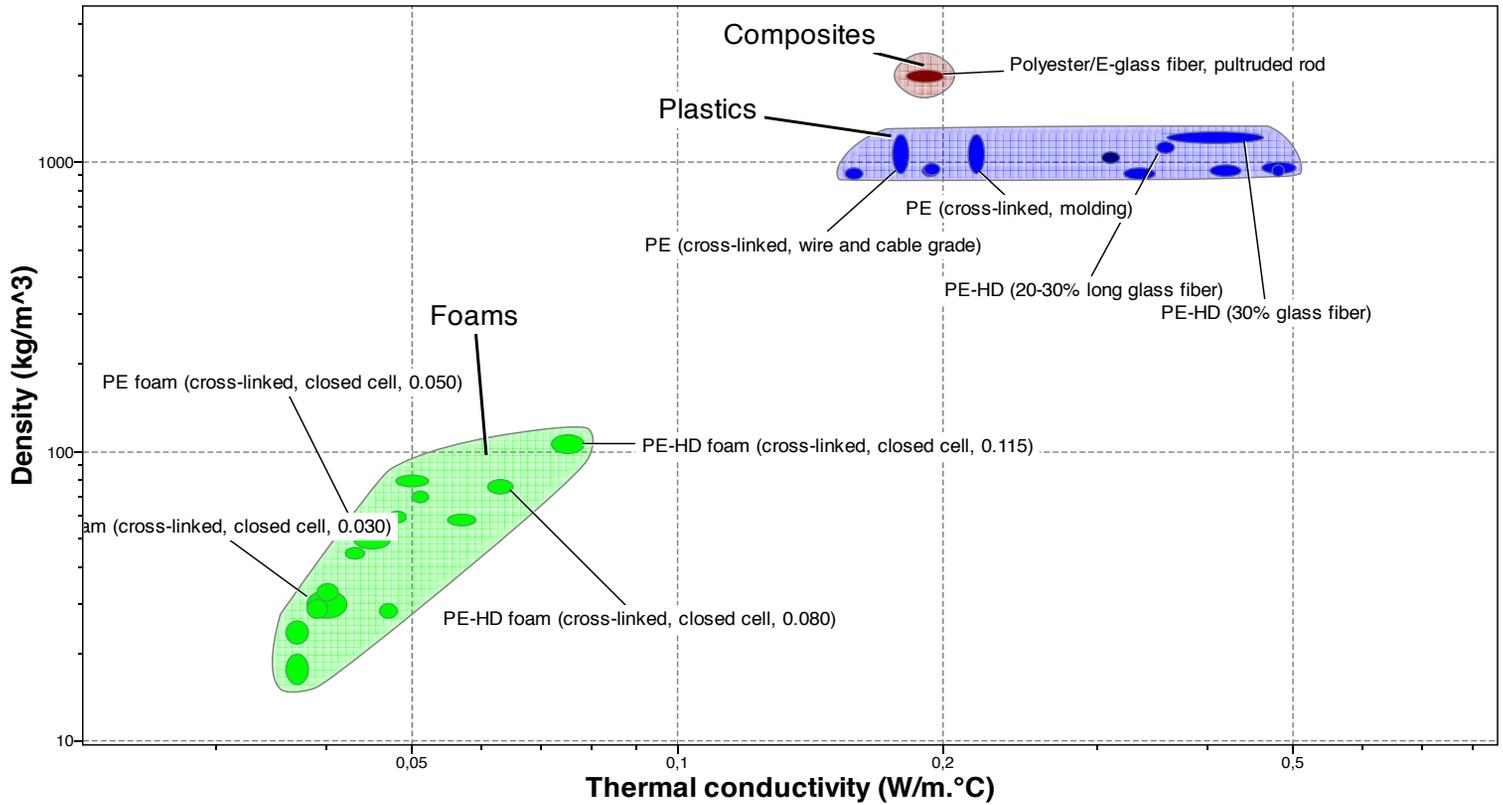
CES 2017  
EDUPACK

Stage 1: Density ( $\text{kg/m}^3$ ) vs. Thermal conductivity ( $\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$ )



## GRAFICO DUE

Stage 1: Density ( $\text{kg/m}^3$ ) vs. Thermal conductivity ( $\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$ )



---

---

All'interno del **secondo grafico** sono riportati i valori di densità (asse delle Y) con un range che va da 10 a 1050 Kg/m<sup>3</sup>, e di conducibilità termica (asse delle X) con un range compreso tra 0 e 0,55 W/mK.

Il confronto tra i Materiali comprende:

- i materiali compositi, all'interno del quale si riscontra la presenza del poliestere (colore rosso scuro) utilizzato nell'ambito tessile;
- i materiali plastici, sotto forma di pannelli semirigidi misti ad altro materiale composito (colore blu), già citati in precedenza (PUR, EPS, XPS);
- le schiume (colore verde chiaro), o in generale i materiali che si presentano sotto forma di schiuma, di origine plastica (PE-HD);

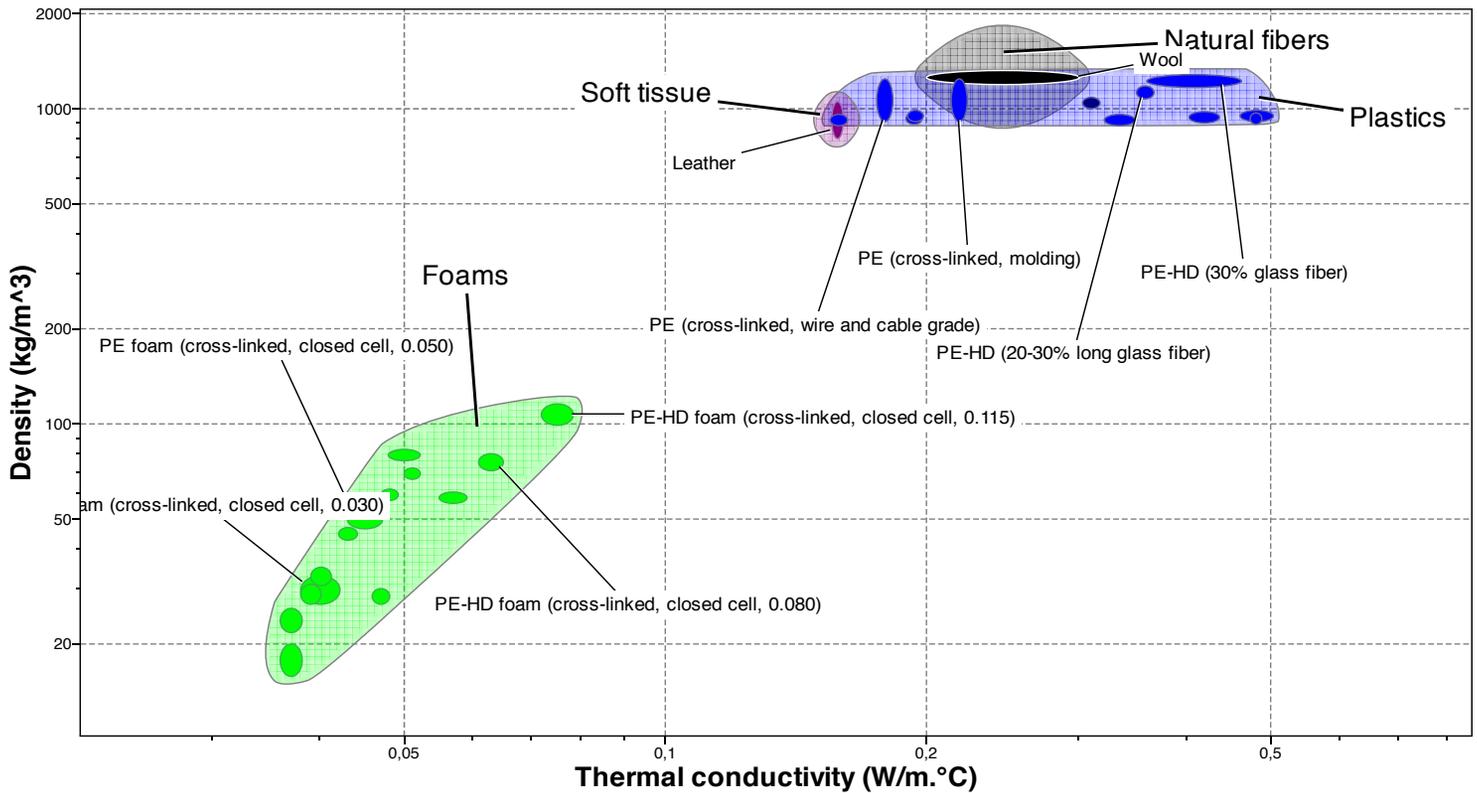
Alla luce della correlazione imposta al programma si evince che, a differenza della fibra di lana, il poliestere utilizzato nel settore tessile non risulta avere nessuna regione in comune con le altre tipologie di isolante. La densità a cui fa riferimento supera i 1500 Kg/m<sup>3</sup>, contro gli 80-90 Kg/m<sup>3</sup> del poliuretano espanso sotto forma di schiuma. La conducibilità termica della fibra di poliestere è di 0,18-0,2 W/mK, più alta rispetto ai valori delle schiume poliuretano.

retaniche (0,05-0,09 W/mK), che si classificano quindi come più adatti a un isolamento termico.

## GRAFICO TRE

CES 2017  
EDUPACK

Stage 1: Density (kg/m<sup>3</sup>) vs. Thermal conductivity (W/m.°C)



---

---

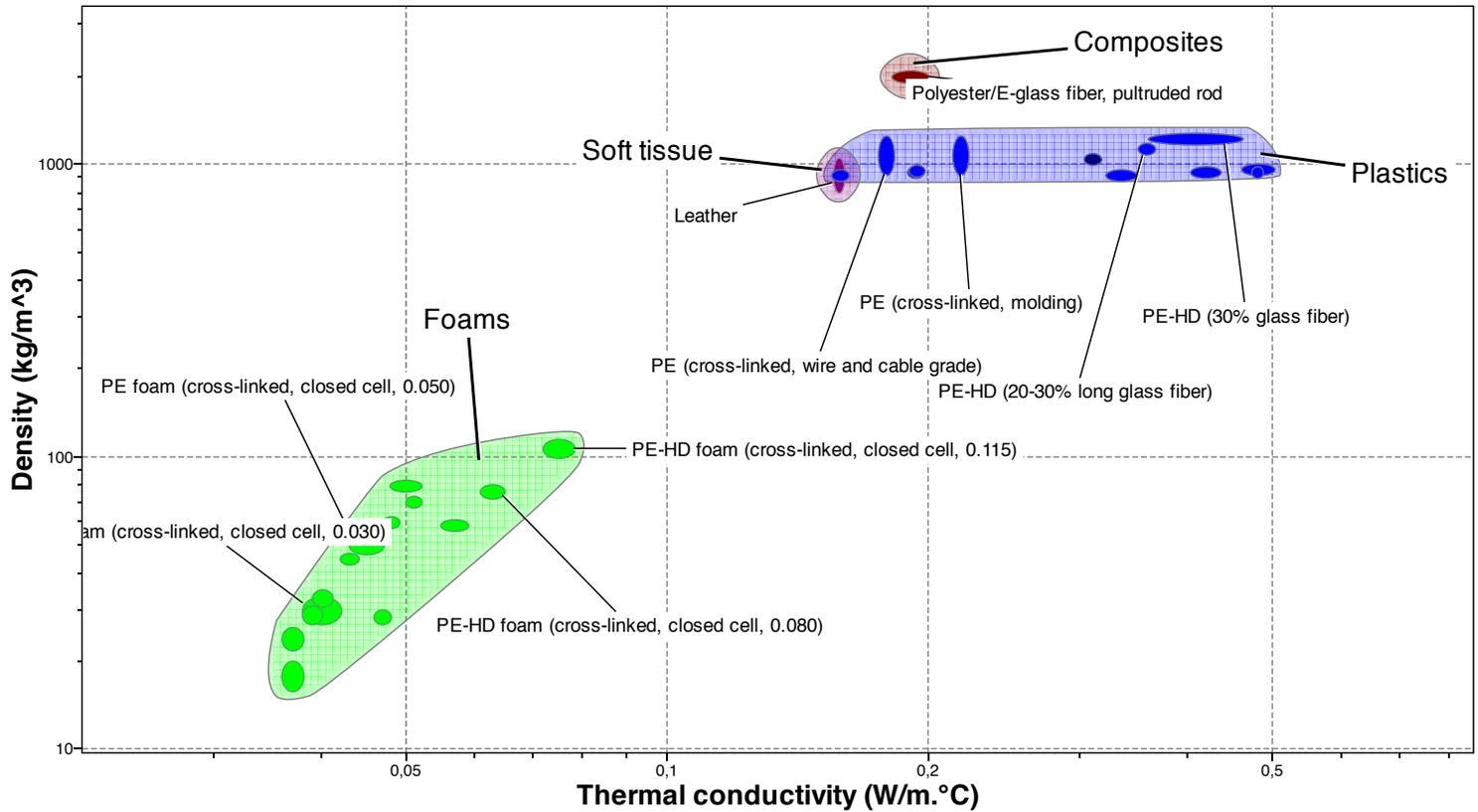
Il **terzo grafico** introduce la pelle (colore viola scuro) al confronto con gli altri materiali. I valori di densità oscillano tra 0 e 2000 Kg/m<sup>3</sup>, mentre quelli di conducibilità termica si mantengono costanti tra 0 e 0,55 W/mK.

La pelle è una fibra naturale di di origine biologica (animale) e, all'interno del programma CES, riporta una densità di 900 Kg/m<sup>3</sup> e una conducibilità termica di 0,15 W/mK. Tramite il confronto, sulla base delle densità e della capacità del materiale di consentire il passaggio di un flusso di calore, con i materiali plastici e le schiume si deduce che:

- la pelle, pur essendo dotata di un peso specifico maggiore rispetto alle materie plastiche (PE-HE), possiede una conducibilità termica minore e di conseguenza una maggiore resistenza al passaggio del flusso di calore.
- la pelle si posiziona a un livello di conducibilità minore anche rispetto alla fibra di lana, aumentando così la capacità di resistenza sopra descritta.

## GRAFICO QUATTRO

**Stage 1: Density ( $\text{kg/m}^3$ ) vs. Thermal conductivity ( $\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$ )**



---

---

Il **quarto grafico** illustra una riprova del fatto che, aggiungendo all'interno dello scenario di confronto con la pelle (colore viola scuro), il poliestere (colore rosso scuro) di origine tessile risulta ancora una volta marginale in termini di conducibilità termica e densità. Il range di conducibilità termica si mantiene invariato, al contrario la densità è compresa tra 10 e 1050 Kg/m<sup>3</sup>. Le proprietà del poliestere (colore rosso scuro) e quelle dei materiali comunemente usati come isolanti termici non presentano nessuna zona in comune.

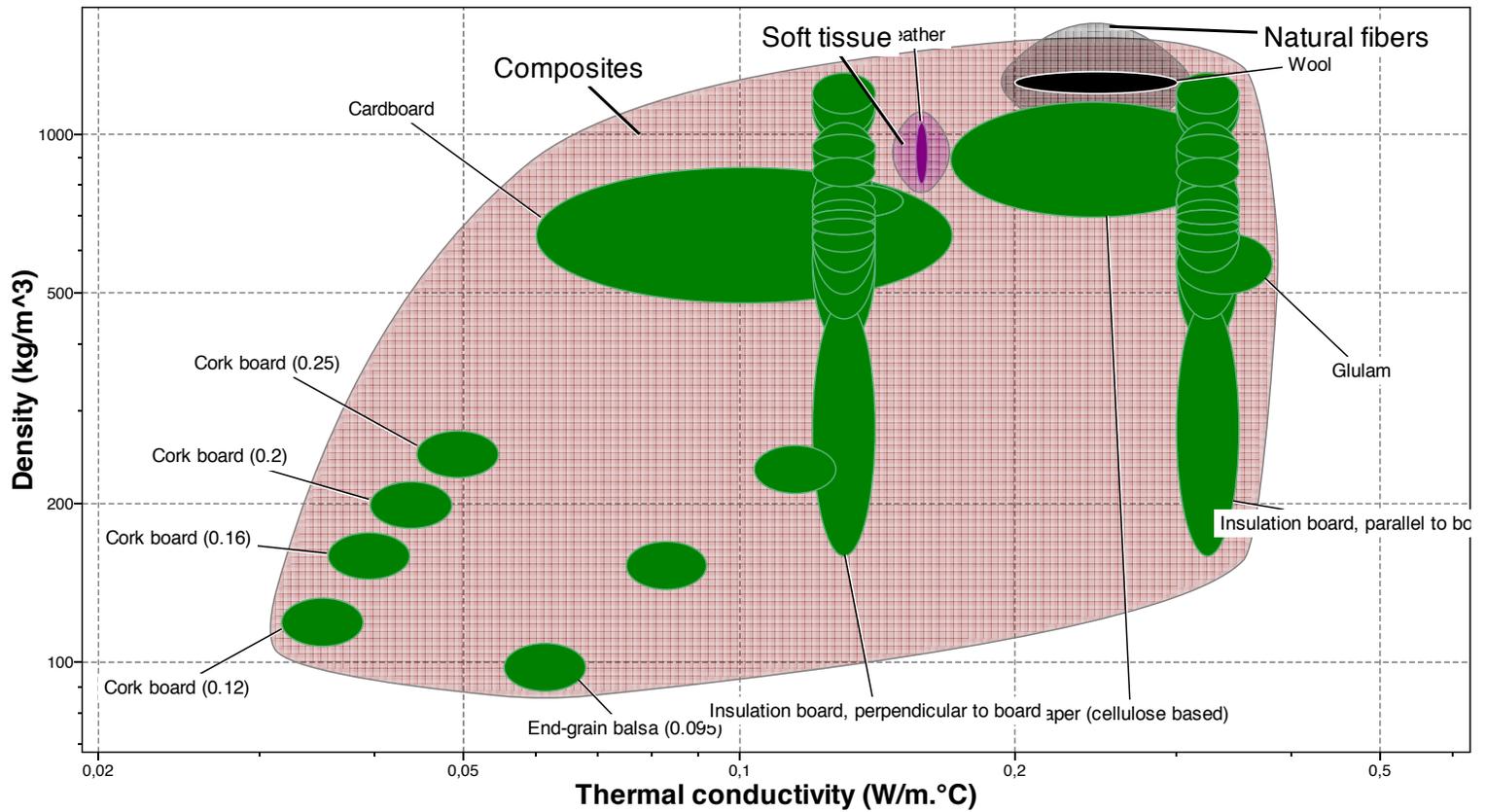
Il **quinto grafico** riporta l'analisi e la correlazione di proprietà tra la lana (colore nero), la pelle (colore viola scuro) e i materiali isolanti di origine naturale (colore verde scuro) utilizzati in edilizia, in particolare: la fibra di sughero (cork board), la fibra di carta (paper board) e i pannelli in fibra di legno (wood insulation board). I valori di densità sono compresi tra 50 e 1050 Kg/m<sup>3</sup>, mentre quelli di conducibilità termica variano da 0,02 a 0,56 W/mK.

Il grafico riporta un'area, di competenza dei materiali compositi, che ingloba la fibra di lana e la pelle. I valori di densità e di conducibilità termica sottostanno tutti entro il confine dei materiali compositi (area delimitata in rosso), assicurando così una co-

mune tendenza di resistenza al passaggio del calore e quindi di possibile sostituzione tra loro dei materiali.

## GRAFICO CINQUE

Stage 1: Density ( $\text{kg/m}^3$ ) vs. Thermal conductivity ( $\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$ )



---

Il **sesto** ed ultimo **grafico** illustra la correlazione tra:

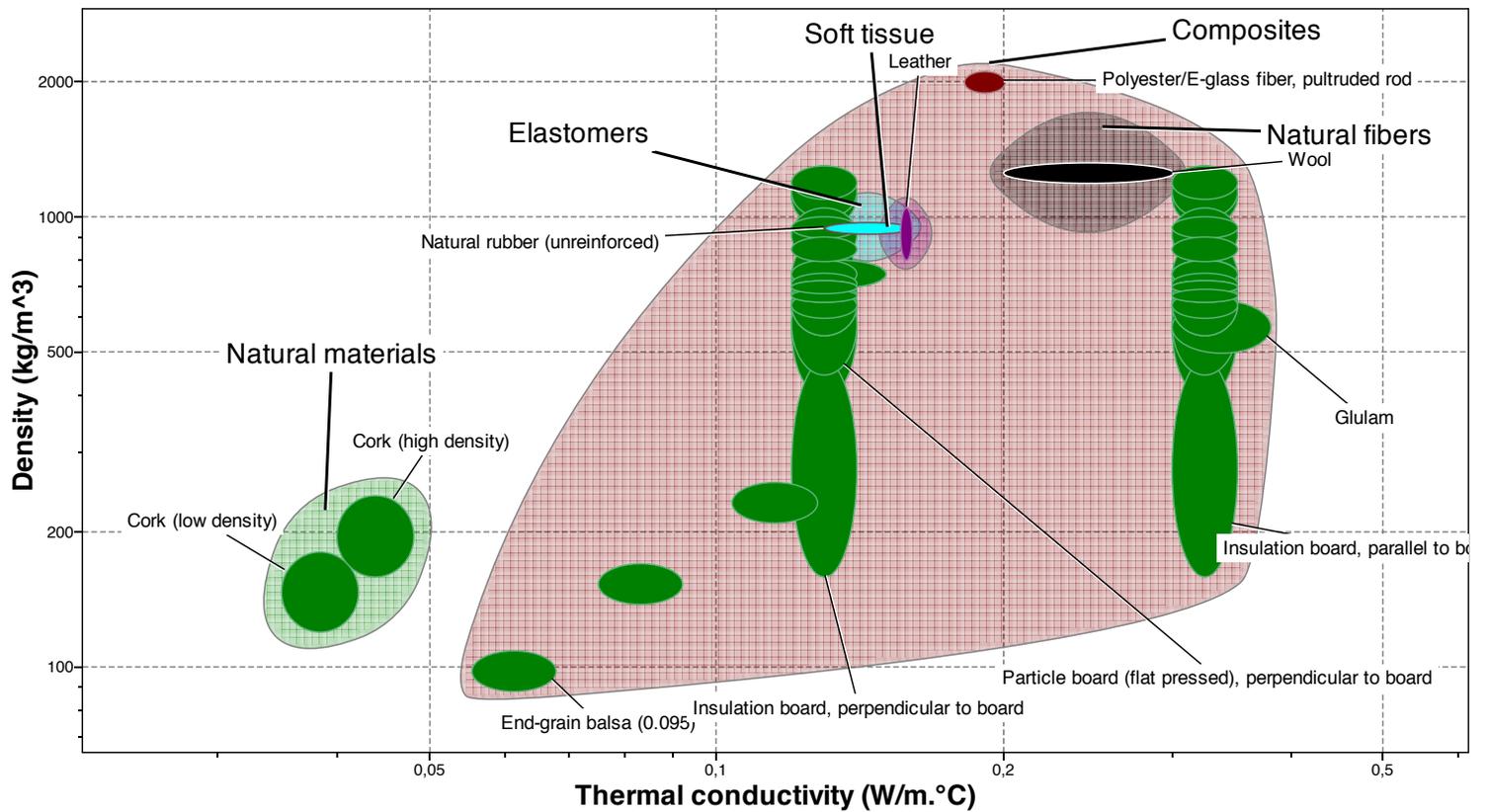
- la lana (colore nero), fibra tessile di origine animale;
- la pelle (colore viola scuro), fibra di origine animale;
- il poliestere (colore rosso scuro), di origine composita;
- gli isolanti di origine naturale (di colore verde scuro), composti da pannelli di sughero (cork), di carta (paper) e di legno (wood);
- gli elastomeri (colore azzurro), di origine termoplastica;

I valori di densità sono compresi tra 50 e 2050 Kg/m<sup>3</sup>, mentre quelli di conducibilità termica oscillano tra 0 e 0,5 W/mK.

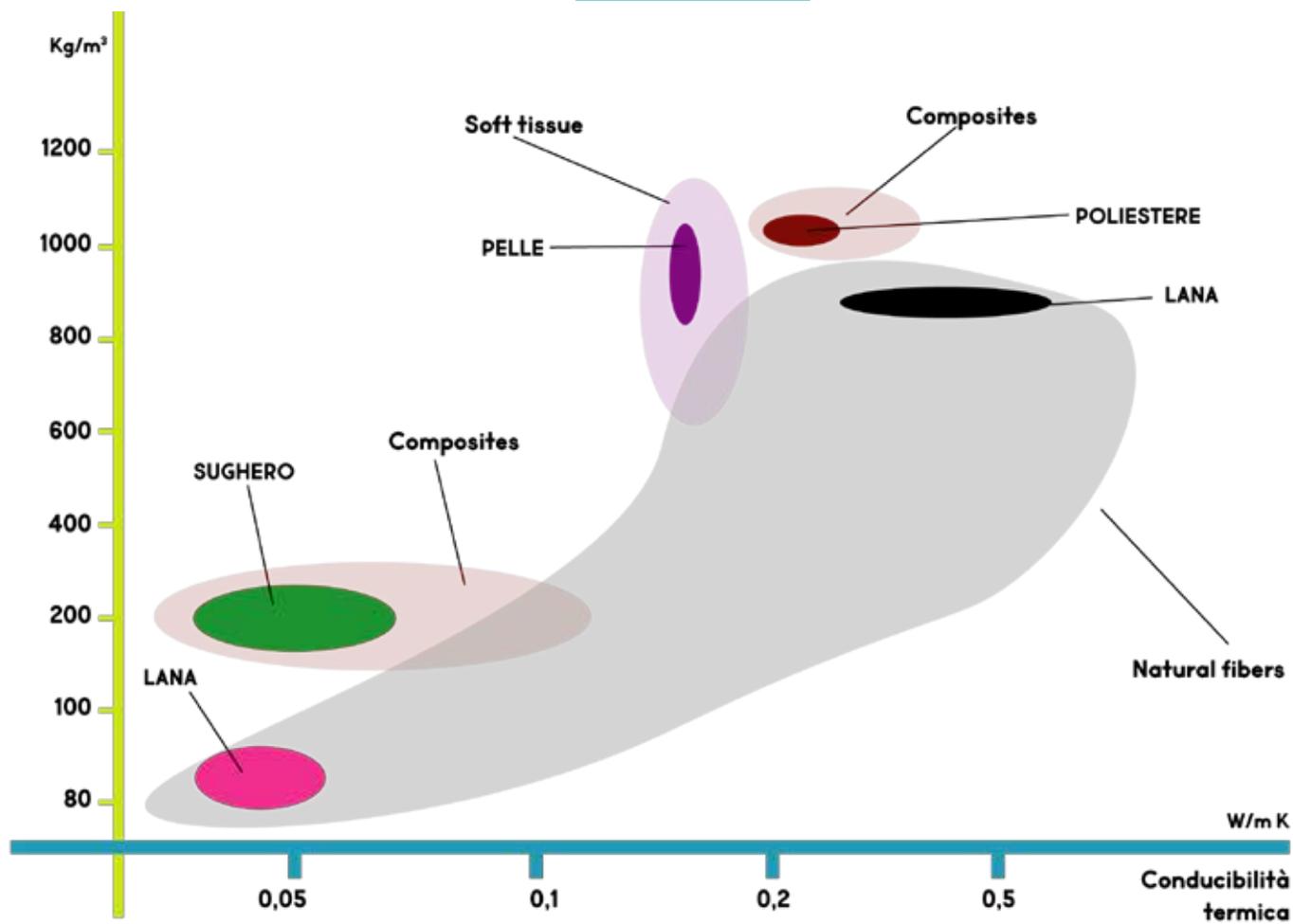
Il diagramma mostra un'area di in comune che include la maggior parte dei materiali e delle fibre sopra descritte, ad esclusione del sughero (colore verde scuro, in basso a sinistra nel grafico). All'interno del raggruppamento (riempimento di colore rosso) sono incluse le fibre di poliestere (colore rosso scuro) che, confrontate con gli isolanti di origine naturale, possiedono delle caratteristiche di densità e conducibilità termica in comune.

## GRAFICO SEI

Stage 1: Density ( $\text{kg/m}^3$ ) vs. Thermal conductivity ( $\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$ )



## GRAFICO SETTE



### LEGENDA

● Poliestere  
● Pelle

● Lana (da CES)  
● Lana (da letteratura)

● Sughero

Secondo quanto illustrato nel **diagramma**, creato ad hoc sulla base del confronto tra la letteratura<sup>48</sup> a riguardo e i dati forniti dal CES, si deduce che la differenza sostanziale si riscontra nei due indicatori, densità e conducibilità termica, della lana. Il primo indicatore della fibra di lana, di colore nero, è basato dall'analisi dei dati CES e riporta valori di densità pari a 1200 – 1300 Kg/m<sup>3</sup> e valori di conducibilità termica di 0,2 – 0,3 W/mK. Il secondo valore riguardante la fibra di lana, di colore rosa, riporta valori di densità di un massimo di 170 Kg/m<sup>3</sup> e la conducibilità termica di 0,04 W/mK, si tratta appunto di valori allineati ai materiali edilizi oggi in commercio.

---

<sup>48</sup> Fassi A., Maina L., *L'isolamento ecoefficiente. Guida all'uso dei materiali naturali*, Milano, Edizione ambiente, giugno 2006, pagine da 92 a 96.

## Densità e Assorbimento acustico

La seconda correlazione di proprietà comprende l'analisi delle capacità di assorbimento acustico dei materiali fino ad ora descritti. Tramite lo studio del coefficiente di assorbimento acustico ( $\alpha$ ), estratto dalla letteratura<sup>49</sup>, è possibile descrivere l'andamento dei materiali che possiedono capacità acustiche e quindi possono essere utilizzati a tal fine.

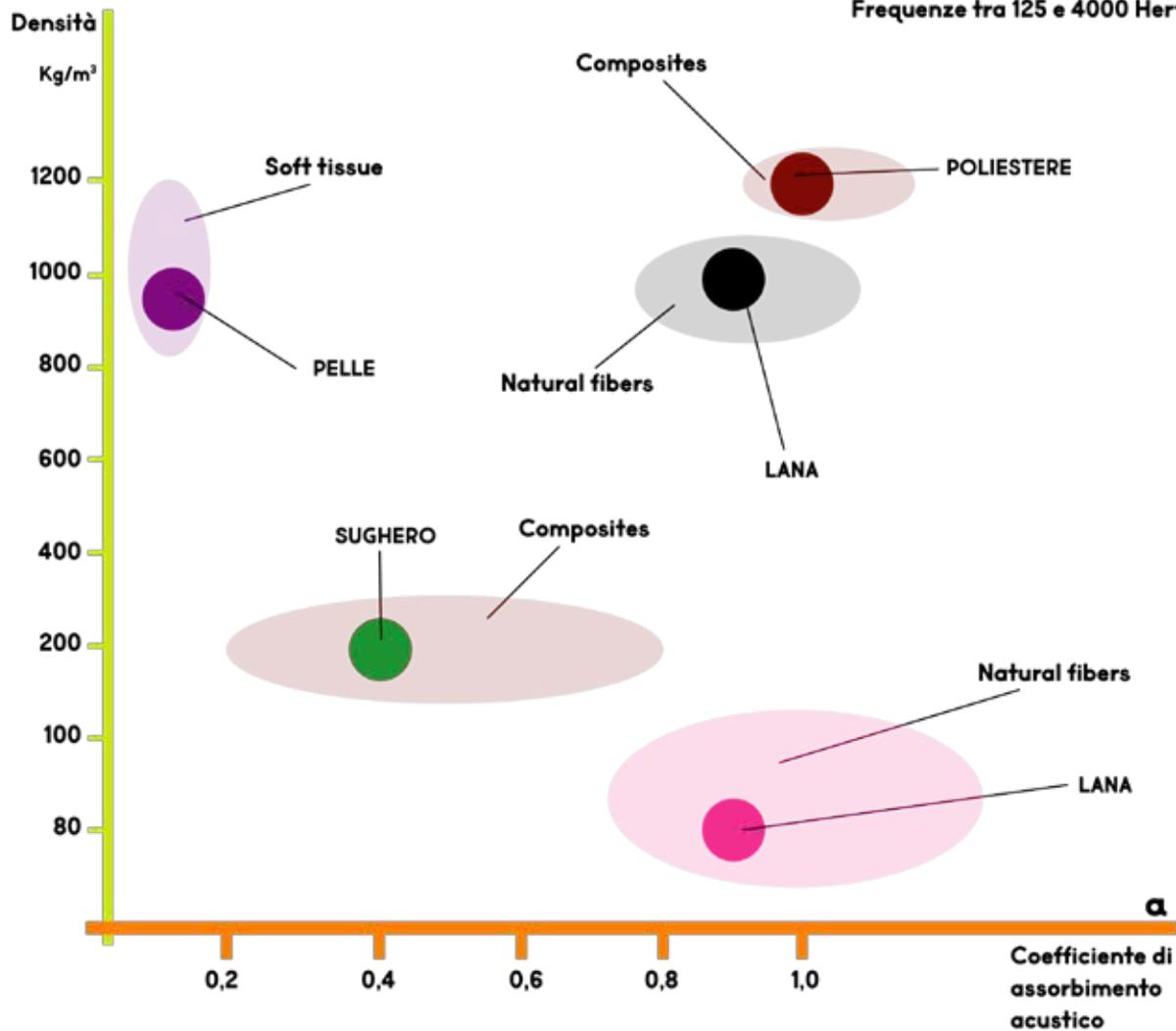
I materiali confrontati sono:

- la lana (colore nero), fibra tessile di origine animale;
- la lana (colore rosa), fibra tessile di origine animale (dedotta da letteratura);
- la pelle (colore viola scuro), fibra di origine animale;
- il poliestere (colore rosso scuro), di origine composita;
- il sughero, (colore verde scuro), di origine naturale (dedotta da letteratura);

---

<sup>49</sup> Fassi A., Maina L., *L'isolamento ecoefficiente. Guida all'uso dei materiali naturali*, Milano, Edizione ambiente, giugno 2006, pagine da 92 a 96.

**ASSORBIMENTO ACUSTICO**  
 Frequenze tra 125 e 4000 Hertz



**LEGENDA**

● Poliestere  
 ● Pelle

● Lana (da CES)  
 ● Lana (da letteratura)

● Sughero

Il grafico riportato illustra la relazione tra la densità del materiale e il relativo coefficiente di assorbimento acustico, prendendo in considerazione le frequenze comprese tra i 125 e 4000 Hertz. Dalla correlazione dei materiali si evince che la pelle (colore viola scuro) possiede un assorbimento acustico basso (media di 0,13, secondo la letteratura<sup>50</sup>), paragonato al sughero (colore verde scuro) utilizzato di consueto proprio per la sua capacità di fonoassorbimento. Il poliestere (colore rosso scuro) possiede un coefficiente di assorbimento<sup>51</sup> di 1 (adimensionale), poco superiore alla lana, con un coefficiente medio di assorbimento di 0,8.

---

<sup>50</sup> Calcolo effettuato tramite lo studio della tabella di: E. Cirillo, *Acustica applicata*, McGraw-Hill Education, 1997.

<sup>51</sup> Il coefficiente di assorbimento del poliestere è stato estrapolato da un componente edilizio (FORT LAN DIBI in fibra di poliestere) a titolo esemplificativo.



## GLI SCENARI DI PROGETTO

L'analisi e lo studio delle correlazioni tra le proprietà ha scaturito alcune considerazioni riguardo il comportamento delle fibre prese in esame (pellame, lana e poliestere).

Gli scenari prefigurano la sostituzione di materiali edili, esistenti e tutt'ora utilizzati, in accordo alle applicazioni di sostenibilità, nella tecnologia dell'architettura, e ai criteri dell'economia circolare descritti in precedenza.

Lo studio dei risultati ottenuti, incrociando le proprietà fisico – chimiche e acustiche, ha permesso la formulazione di tre ragionamenti:

- il **POLIESTERE**, fibra di scarto dell'industria tessile, non possiede notevoli attitudini di isolamento termico da sola, ma se accoppiata con altre fibre può aumentarne le capacità;
- la **LANA**, fibra naturale di scarto dell'industria tessile, possiede, di per sé, buone capacità di isolamento termico e di

---

---

assorbimento acustico;

- la **PELLE**, fibra di scarto dell'industria conciaria, possiede, con grande sorpresa, buone attitudini all'isolamento termico e, in piccola parte, all'assorbimento acustico.

## Scenario A

Alla luce delle considerazioni appena citate risulta doveroso procedere con la formulazione di scenari di progetto, in accordo con le proprietà di ciascuna fibra di scarto.

Il primo scenario prende in considerazione la capacità di isolamento termico e acustico della lana, della pelle e del poliestere. Come è stato descritto, tutti e tre i materiali possiedono una conducibilità termica tale da considerare la possibilità di essere inseriti all'interno di un pannello isolante, con la lana al primo posto, la pelle al secondo e come ultimo, il poliestere; inoltre il comportamento rispetto all'isolamento acustico è assicurato dalle analisi effettuate tramite il confronto dei dati.

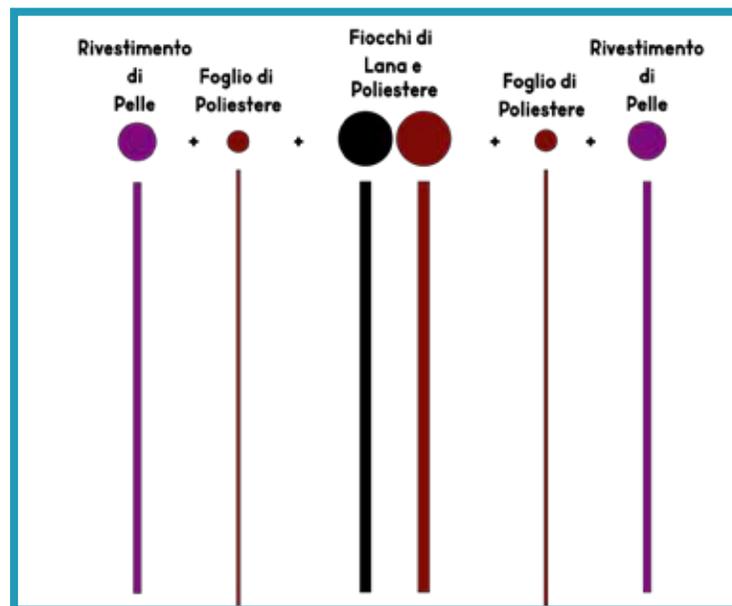
Per rispondere ai requisiti di isolamento acustico e termico sono state individuate tre modalità, attraverso le quali le fibre possono essere unite e sviluppate.

## MODALITA' 1:

### CREAZIONE DI UN PANNELLO SEMI RIGIDO

La prima modalità di reimpiego prevede la progettazione di un pannello semi rigido di isolamento termo – acustico. I materiali vengono selezionati e impiegati per il montaggio del pannello.

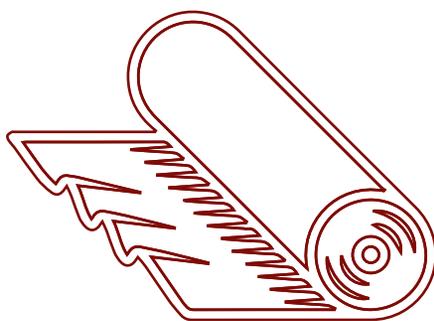
Il processo attraverso il quale questi materiali vengono uniti prevede l'utilizzo di un'anima rigida, non ancora definita, posizionata in modo da sostenere il poliestere e la lana uniti tramite accoppiatura. Successivamente, tramite cucitura, la lana, il poliestere e l'anima rigida, vengono uniti alla pelle che in questo caso funziona da rivestimento.



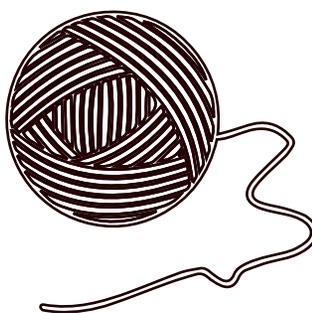
STRATIGRAFIA  
IPOTETICA DEL  
PANNELLO

# MODALITÀ DI PROGETTAZIONE

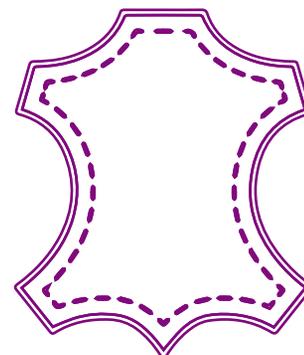
## *I materiali*



**POLIESTERE**



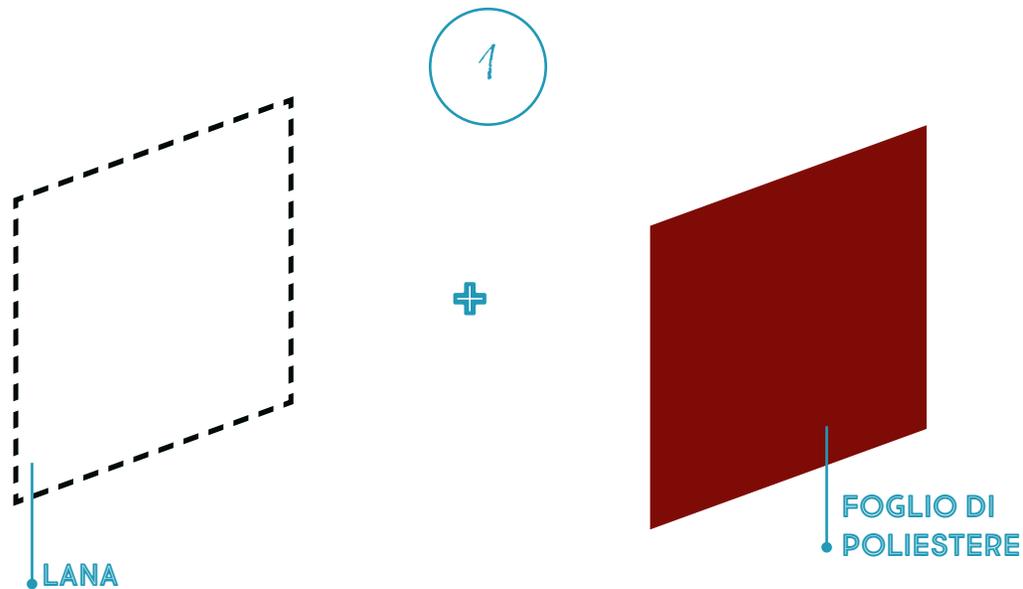
**LANA**



**PELLE**

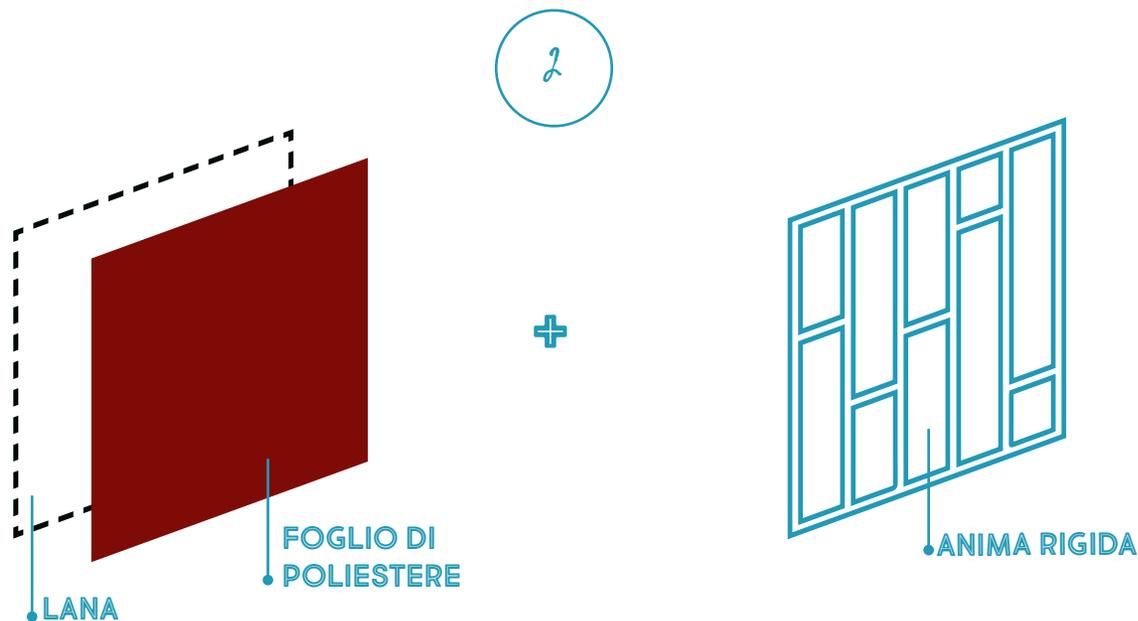
I materiali presi in considerazione sono i rifiuti dell'industria tessile, in particolare: il poliestere, sotto forma di cimose, la lana e alcune sfridi di scarto della produzione conciaria della pelle.

## Il processo di montaggio



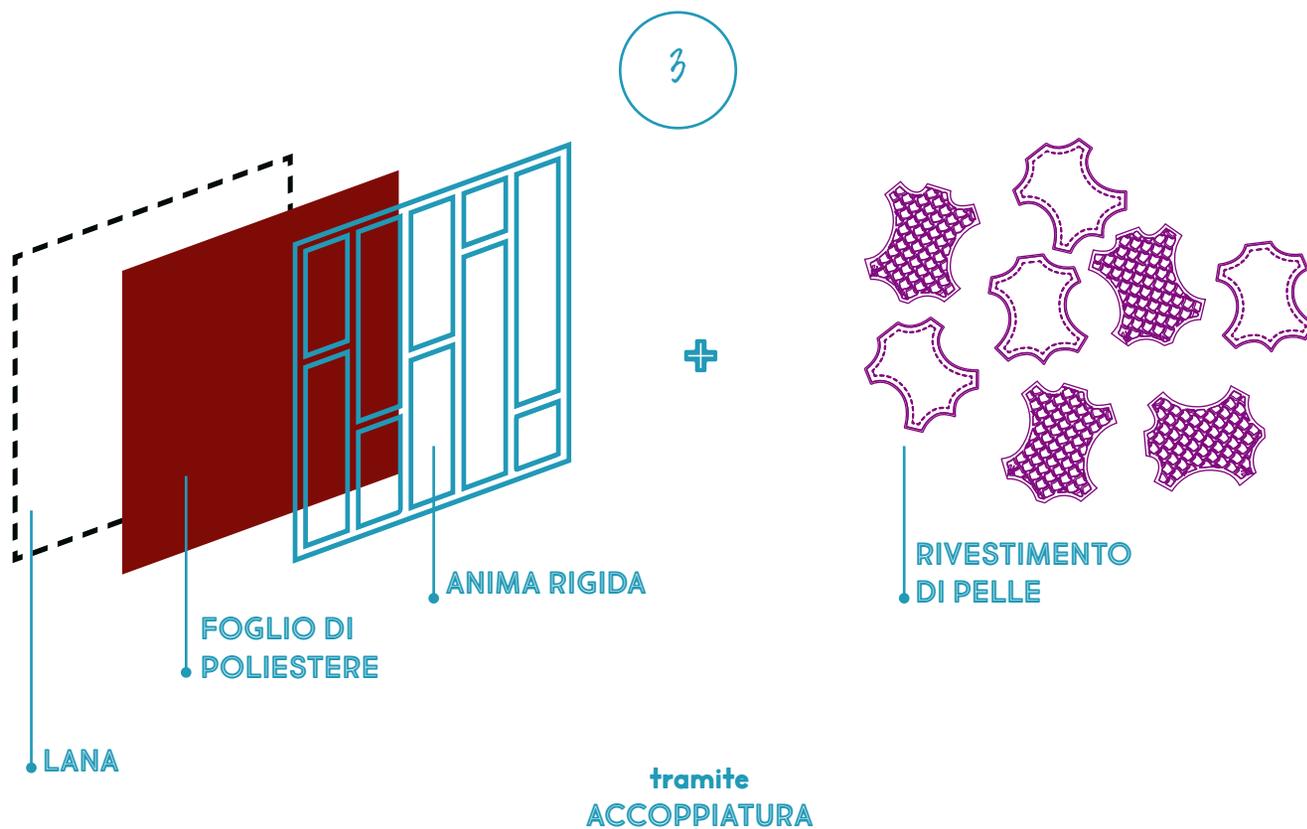
### tramite CUCITURA / ACCOPPIATURA

Il primo passo è quello di trasformare il poliestere e la lana, il primo in fogli, per poi unirli tramite accoppiatura. Il processo di accoppiatura prevede il collegamento di due o più materiali tramite l'impiego di adesivi *hot melt* a caldo. Oppure, nel caso in cui fosse possibile tramite cucitura dei due materiali



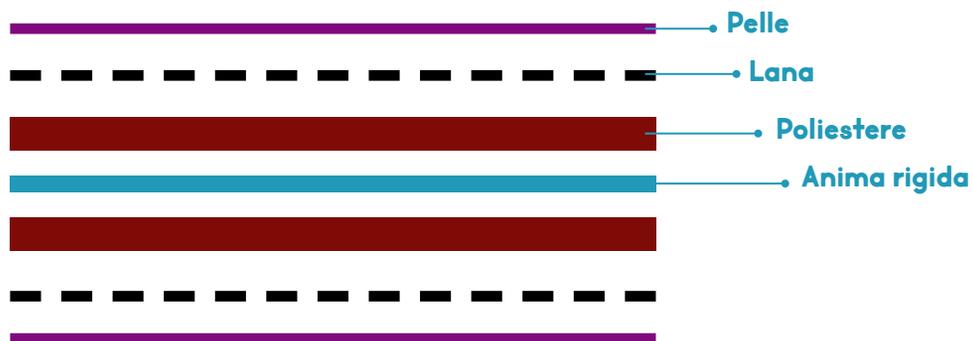
**tramite**  
**FORATURA E ACCOPPIATURA A SECCO**

Il secondo passo prevede l'unione del poliestere e della lana con un'ipotetica anima rigida. L'anima rigida è inserita per fornire rigidità al pannello ed è legata agli altri materiali tramite foratura e chiodatura a secco e il materiale non è stato definito.



L'ultimo passaggio riguarda il rivestimento del pannello con i cuscini di pelle cuciti tra loro e posizionati tramite incollaggio o accoppiatura.

4



### PANNELLO FINITO

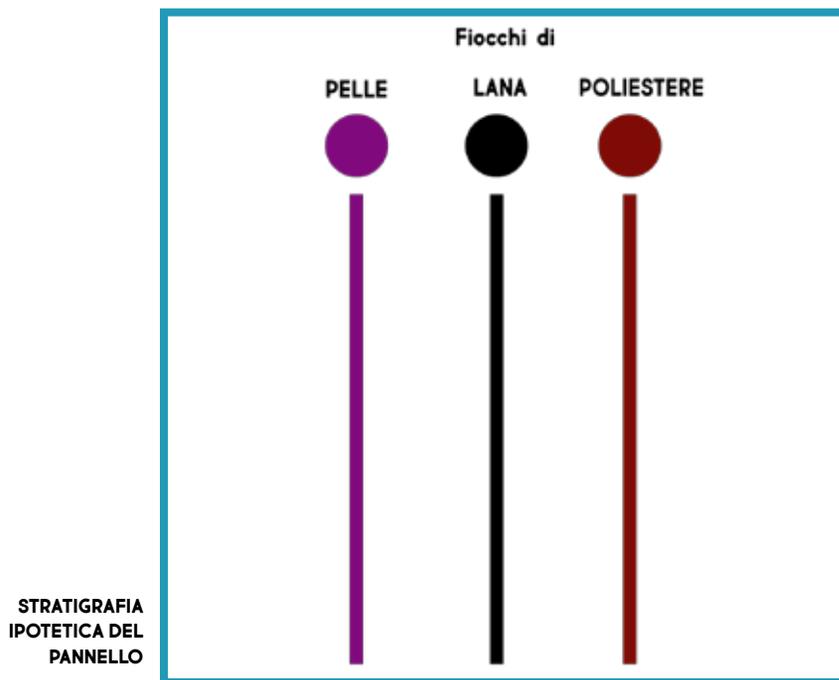
La stratigrafia ipotetica del pannello è quella riportata sopra: lo strato più esterno è rappresentato dalla pelle, successivamente sono stati posizionati i materiali con conducibilità termica minore per assicurare un isolamento efficace.

## MODALITA' 2:

### CREAZIONE DI UN PANNELLO MORBIDO

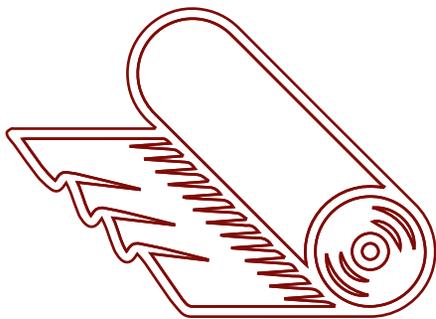
La seconda modalità di reimpiego prevede la progettazione di un pannello morbido per l'isolamento termo – acustico. I materiali usati sono i medesimi a quelli impiegati per il pannello semirigido, ovvero lana, poliestere e pelle.

Il processo di costruzione del pannello è semplificato rispetto alla prima modalità, in quanto il poliestere e la lana vengono cuciti tra loro e, successivamente, cuciti con il rivestimento di pelle.

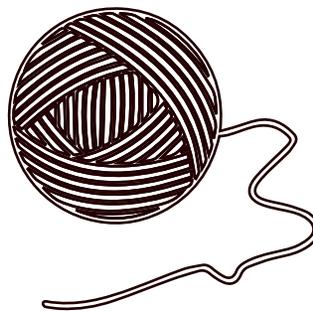


# MODALITÀ DI PROGETTAZIONE

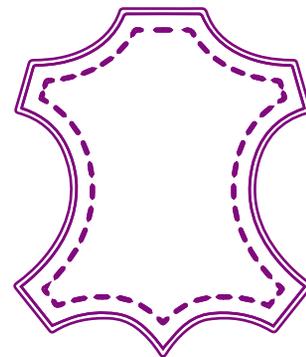
## *I materiali*



+



+



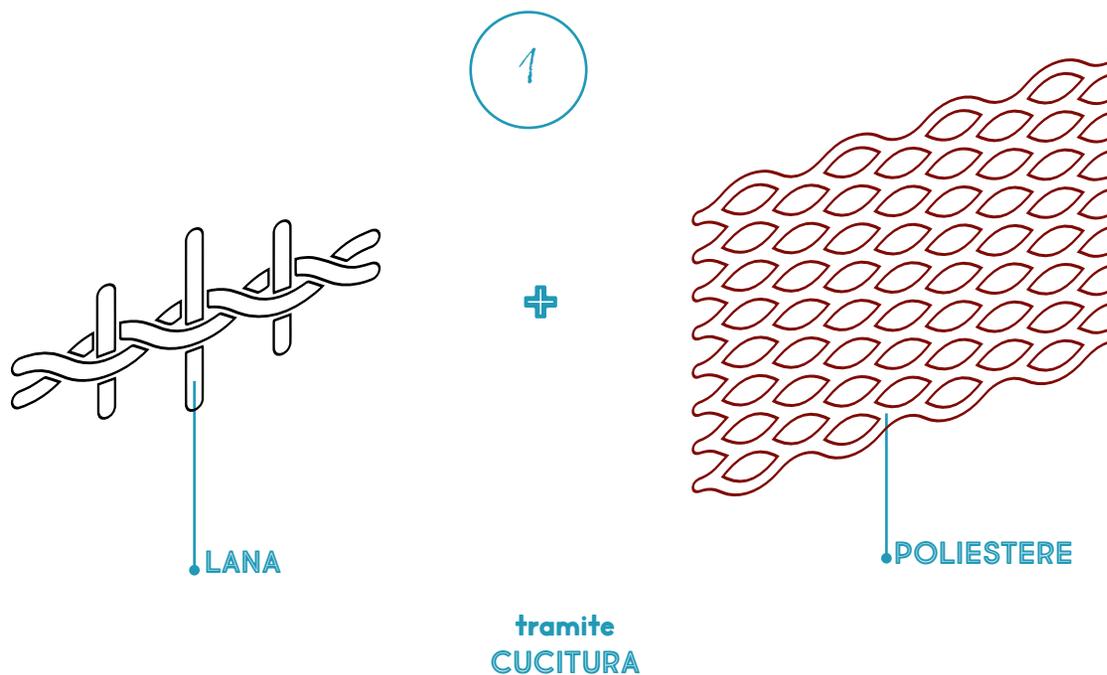
**POLIESTERE**

**LANA**

**PELLE**

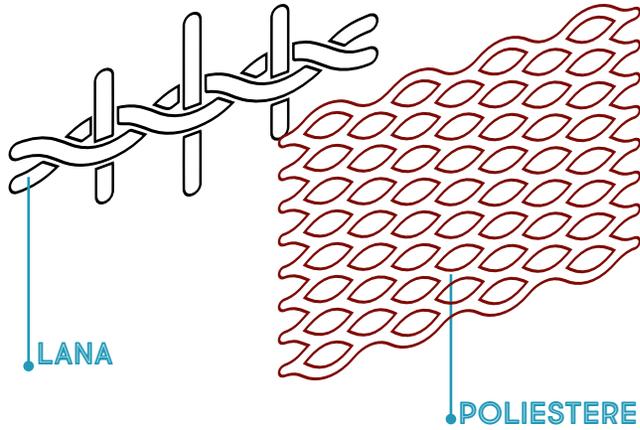
I materiali presi in considerazione sono i medesimi della prima modalità, il poliestere, la lana e la pelle, utilizzati e uniti tra loro attraverso modalità differenti.

## Il processo di montaggio

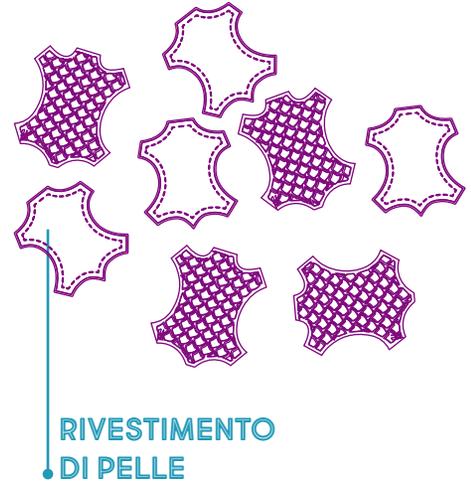


Il primo passo è quello di unire e collegare i primi due materiali: la lana e il poliestere. Il processo di unione è assicurato attraverso la cucitura delle fibre, così da non intaccare le fibre con materiali estranei.

2



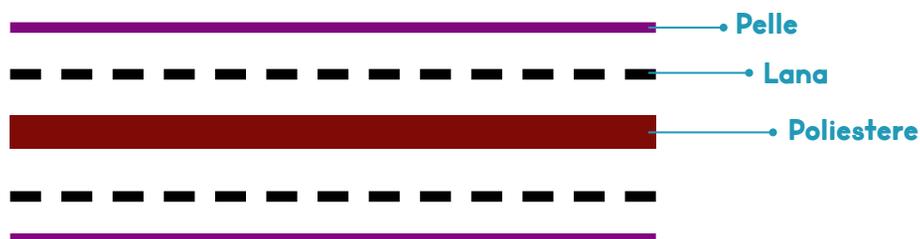
+



tramite  
CUCITURA

Il secondo step riguarda l'unione delle fibre di lana e poliestere con la pelle. I materiali vengono uniti tramite cucitura a secco per assicurare la stabilità, potrebbero essere ulteriormente pressati per avere maggiore coesione.

3



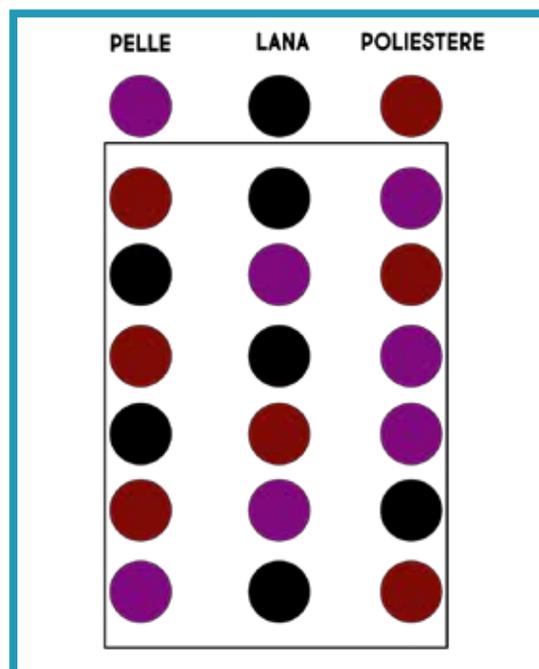
### PANNELLO FINITO

La stratigrafia ipotetica del pannello è quella riportata sopra: lo strato più esterno è rappresentato dalla pelle, successivamente sono stati posizionati i materiali con conducibilità termica minore per assicurare un isolamento efficace.

### MODALITA' 3:

## MATERIALE PER INSUFFLAGGIO

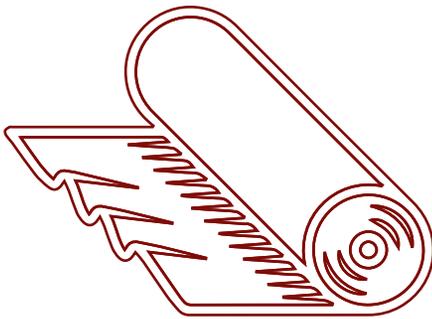
La terza modalità prevede la creazione di materiale sotto forma di fiocchi adatto all'insufflaggio. I materiali (lana, pelle e poliestere) vengono inseriti in una macchina sminuzzatrice e tagliati fino ad ottenere dei fiocchi di materiale misto.



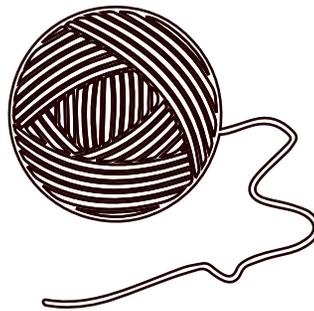
STRATIGRAFIA  
IPOTETICA DEL  
PANNELLO

# MODALITÀ DI PROGETTAZIONE

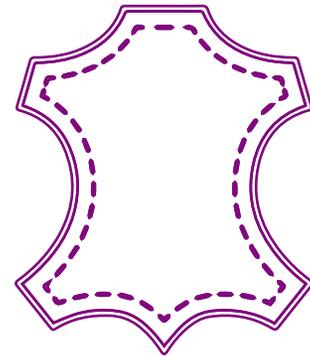
## *I materiali*



**POLIESTERE**



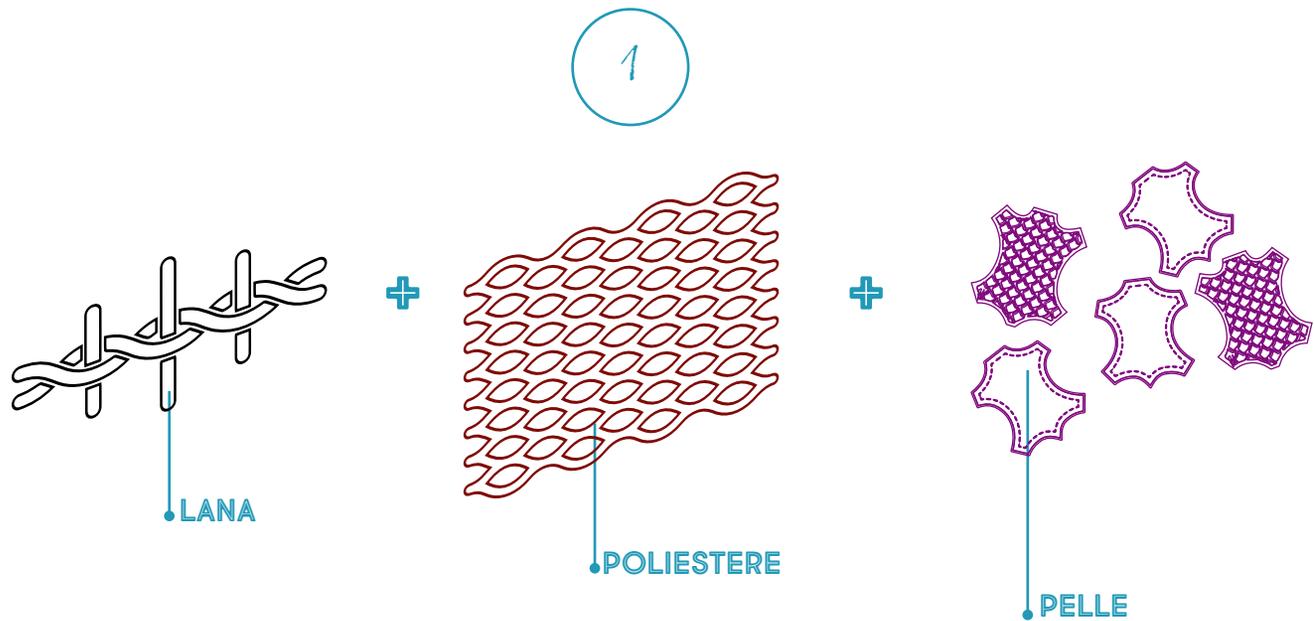
**LANA**



**PELLE**

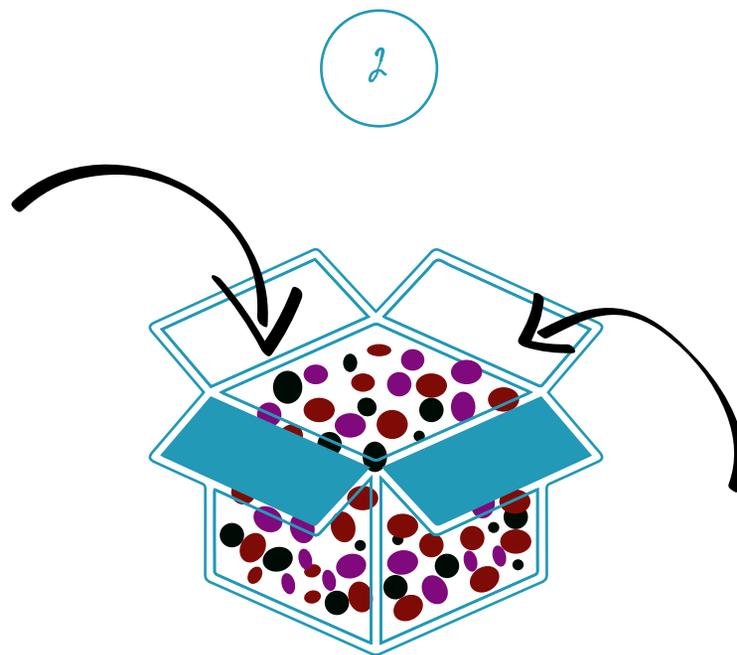
I materiali presi in considerazione sono i medesimi della prima modalità, il poliestere, la lana e la pelle, utilizzati e uniti tra loro attraverso modalità differenti.

## Il processo di montaggio



tramite  
**MACCHINA SMINUZZATRICE**

I materiali vengono inseriti in un macchinario che ha il compito “tritare” gli sfridi di lana, pelle e poliestere.



### MATERIALE PER INSUFFLAGGIO

I materiali vengono successivamente imballati. Il materiale tritato viene poi isufflato o posizionato nell'apposita intercapedine secondo la modalità di riempimento.

## Scenario B

Il secondo scenario prende in considerazione la possibilità, sulla base dei materiali in possesso, soprattutto la lana e la pelle, di creare un pannello capace di adempiere ai requisiti termo-acustici. La volontà di integrare la parte termica, aggiungendo una membrana acustica, è scaturita dalla capacità di isolamento della lana, della pelle e, in piccola parte, dal poliestere.

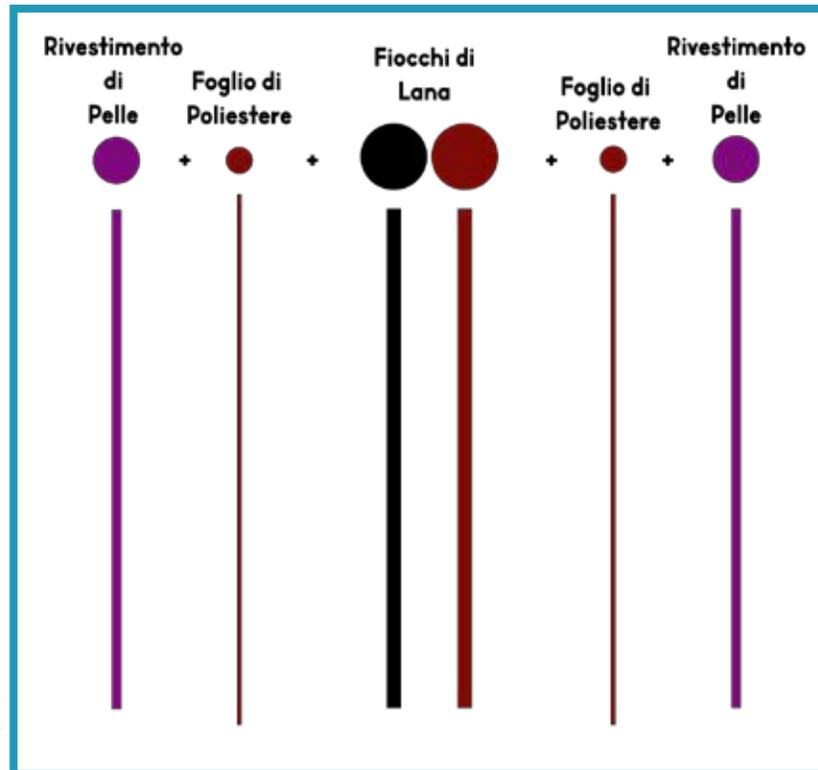
Analizzando nel particolare il comportamento di ognuna fibra è stato possibile ipotizzare la progettazione di un pannello vibrante.

Un pannello vibrante è una struttura, formata da fogli di materiali non porosi di spessore sottile, posati su telai di sostegno e distanziati da un'intercapedine di qualche centimetro. Il funzionamento della struttura è quello di una massa vibrante (pannello) collegata ad un sostegno rigido (parete) tramite un elemento elastico (aria nell'intercapedine). L'onda sonora incidente dissipa la sua energia per deformazione del pannello e del volume d'aria retrostante.

## MODALITA' 1:

### CREAZIONE DI UN PANNELLO VIBRANTE

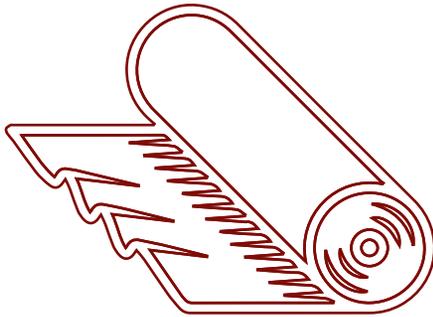
Il processo di creazione del pannello vibrante richiede la presenza di un'anima rigida, non ancora identificata, e l'unione, tramite coesione termica o incollaggio dei fogli di poliestere, lana e il rivestimento di pelle.



STRATIGRAFIA  
IPOTETICA DEL  
PANNELLO

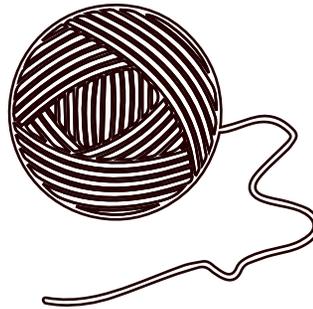
# MODALITÀ DI PROGETTAZIONE

*I materiali*



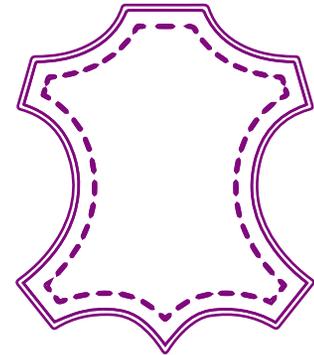
POLIESTERE

+



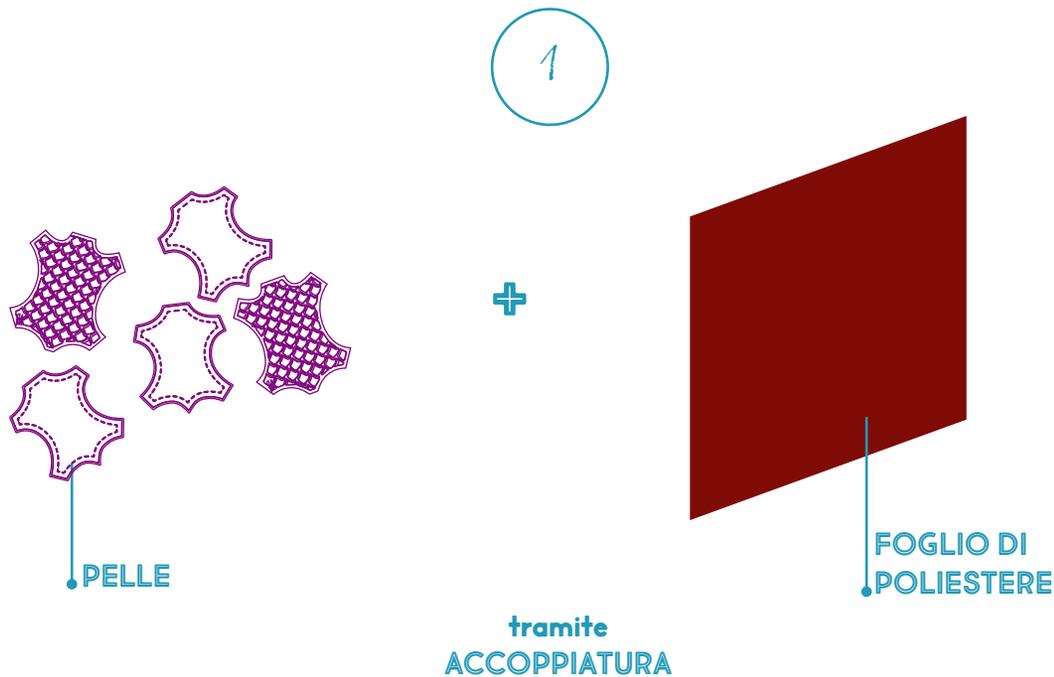
LANA

+

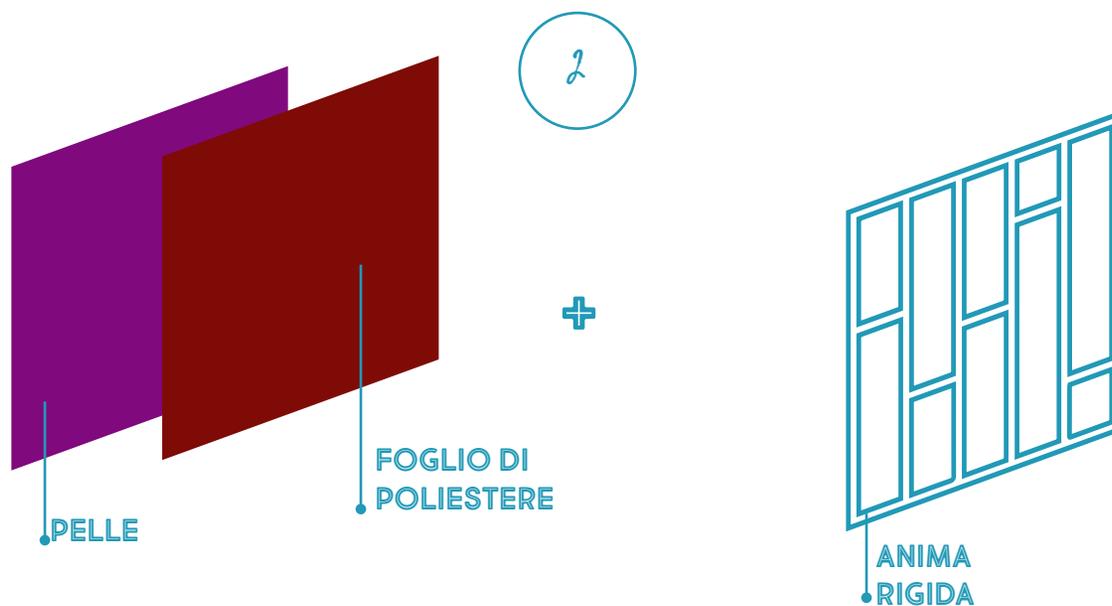


PELLE

## Il processo di montaggio

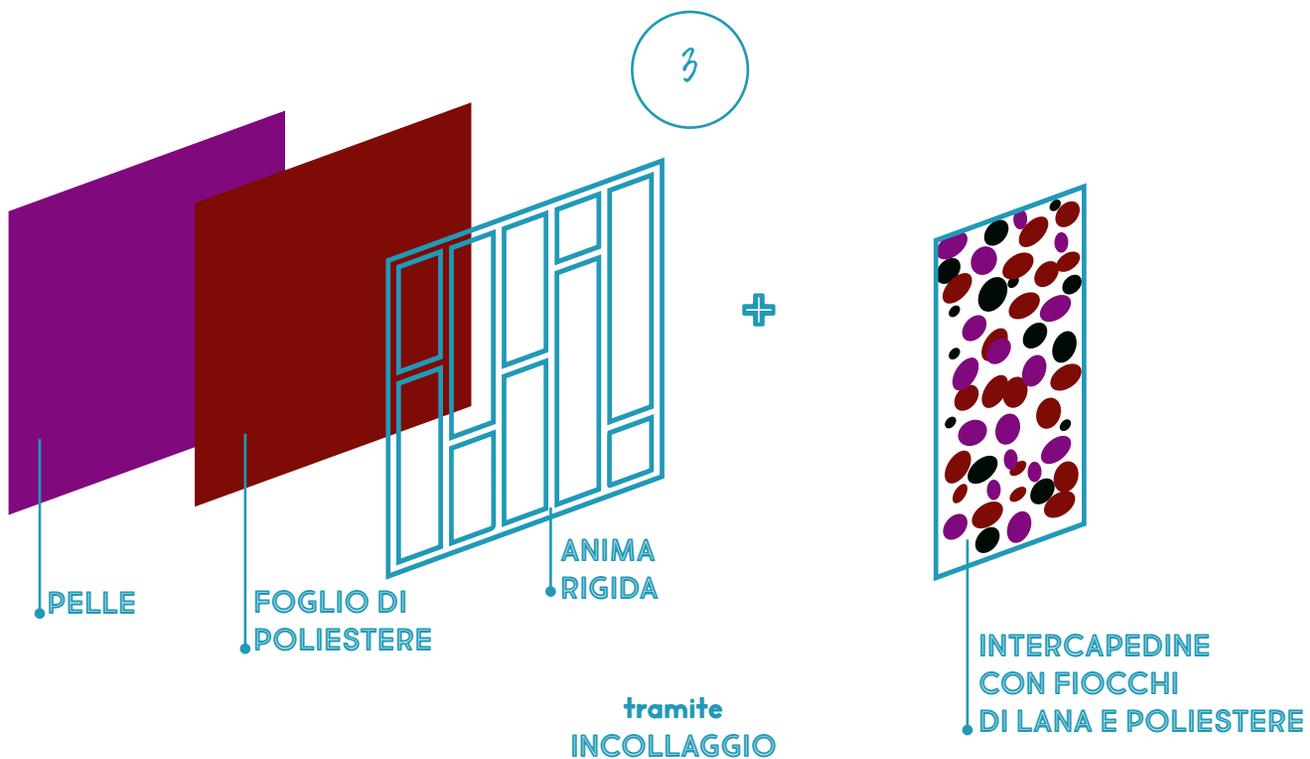


Il primo passaggio è quello che riguarda la trasformazione delle fibre di poliestere in fogli. Gli sfridi di pelle sono incollati, tramite accoppiatura, al foglio di poliestere creando un rivestimento di design. La decisione di posizionare i materiali in fogli è dettata dalla necessità di creare strati attraverso i quali l'energia può dissiparsi.



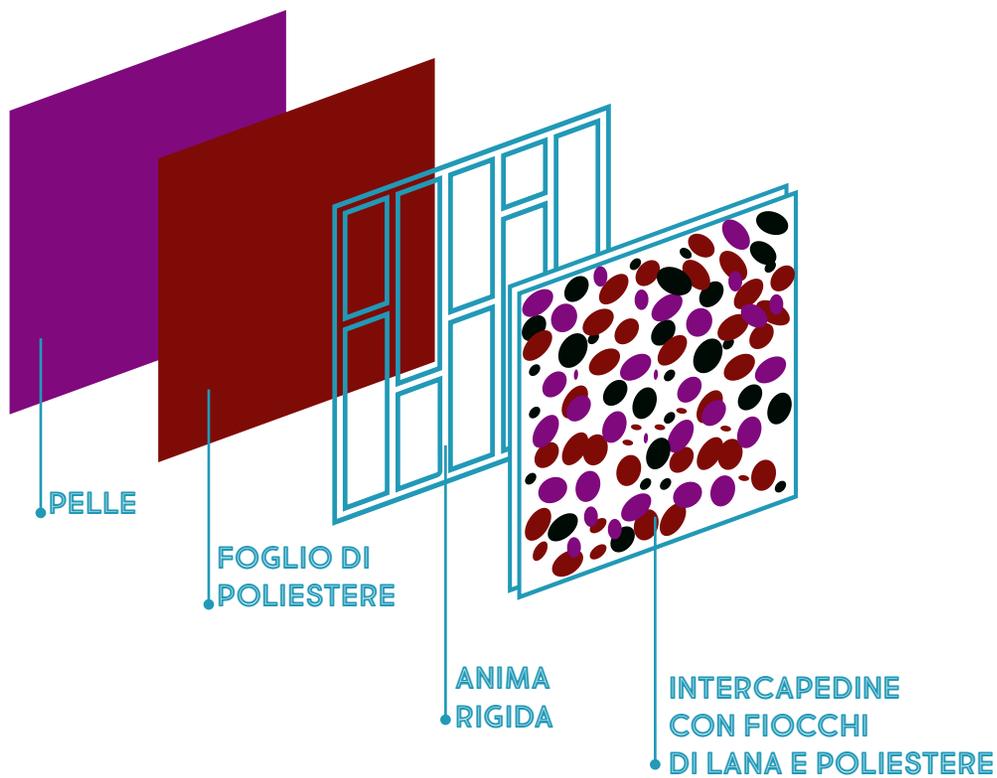
### tramite FORATURA

Il secondo passaggio riguarda l'unione ad un telaio rigido, in quanto il pannello vibrante necessita di un'anima rigida, all'interno della quale è collocato materiale assorbente. Un possibile materiale è il cartone, disposto in fogli a nido d'ape. Il collegamento avviene attraverso la foratura o l'unione a secco.



Il terzo step prevede l'unione dei diversi componenti. Il pannello vibrante prevede un'intercapedine, la quale potrà essere agganciata al telaio rigido e riempita di lana per creare un ulteriore spessore adatto anche per l'isolamento acustico.

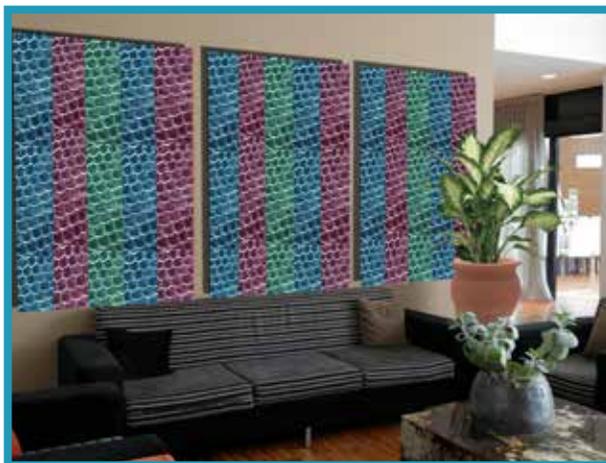
4



5

## APPLICAZIONE PANNELLO VIBRANTE

L'ultimo passaggio riguarda l'applicazione del pannello. Per assicurare la fonoassorbenza negli ambienti interni, come negli uffici, i pannelli possono essere posizionati negli spazi adeguati per assolvere a tale funzione.





## CONSIDERAZIONI FINALI

Alla luce delle analisi compiute si può affermare che la frazione di scarto dell'industria tessile è tale da poter riflettere sul riuso e il riciclo del materiale e di come donargli nuova vita utile. Non solo gli scarti pre – consumo dell'industria, ma anche i capi di abbigliamento dismessi (post – consumo), sono in grado di diventare materie prime seconde (MPS) e generare nuovi utilizzi.

---

---

Lo studio compiuto vuole sottolineare l'importanza che i rifiuti tessili hanno acquistato nel corso degli anni e di come la *Circular Economy* abbia influenzato questo atteggiamento. Il panorama legislativo italiano ha finalmente emanato, ultimamente, norme volte alla catalogazione e all'identificazione dei cascami, dei rifiuti e dei sottoprodotti, inserendo così nel vocabolario odierno i termini appropriati.

In un modo che gira in senso circolare l'architettura del riuso ne è parte integrante e i materiali e i componenti studiati permettono la ricerca e lo sviluppo di nuove tecnologie, avendo come punto di partenza i rifiuti. L'architettura tessile è un campo ancora in via di definizione, ma possiede delle basi solide che, insieme ad uno sviluppo concreto portato avanti dall'operato di molti professionisti e ricercatori, trova una realizzazione funzionale e tecnologica. Sulla base dei rifiuti dell'industria tessile la ricerca effettuata ha preso in considerazione tre fibre, lana, pelle e poliestere, attraverso le quali è stato possibile ipotizzare due possibili applicazioni in architettura. Gli scenari ipotizzati avevano come obiettivo specifico quello di attribuire una funzione alle fibre, postulando inoltre un processo di assemblaggio. Attraverso alcune analisi specifiche è stato possibile sviluppare, ad un primo livello di progettazione, dei

pannelli isolanti termo – acustici e un pannello vibrante. Le analisi, effettuate attraverso le proprietà fisiche e chimiche, rilevano un buon comportamento termico e acustico delle fibre, ottenendo così un buon risultato.

Attraverso questa ricerca si è cercato di compiere passi avanti rispetto al tema del riuso di scarti tessili in architettura, prendendo in considerazione la lana e il poliestere, fibre conosciute e utilizzate nella produzione di componenti edilizi riciclati, ma anche un materiale nuovo: la pelle. Gli scarti dell'industria conciaria fanno fatica a trovare un reimpiego, a causa della loro unicità di forma e dei trattamenti che hanno subito in fase di concia. Nell'ambito di questa indagine è stato possibile constatare, ad una prima analisi, come la pelle abbia le potenzialità di essere reimpiegata nell'isolamento termo – acustico e non sia relegata a mero rivestimento esterno di design.

Concludendo è possibile affermare che, alla luce degli studi compiuti, si può prevedere uno sviluppo di riuso e riciclo futuro per i rifiuti dell'industria tessile e conciaria nell'architettura, un mondo in cui la sostenibilità ambientale, influenzata non poco dalla *Circular Economy*, è parte fondamentale. Inoltre, la formulazione degli scenari è solamente l'inizio di una possibile ricerca su questa ti-

---

---

pologia di materiali, una base solida supportata da una letteratura a favore dello sviluppo e di un possibile reimpiego nell'architettura sostenibile.

I settori confrontati all'interno di questa ricerca sono diversi, ma trovano un punto in comune quando si parla di riduzione dei rifiuti legati all'attenzione per la sostenibilità ambientale. I passi da compiere sono ancora molti, ma le basi sono solide e , soprattutto la visione è circolare.



## BIBLIOGRAFIA

### ARTICOLI

- Aliprandi S., Monticelli C., Zanelli A., *Technical textiles and thin insulation materials. New scenarios for the energetic retrofitting*, in "Science Direct", 2015.
- Cherif Z.E., Poilane C., Vivet A., Ben Doudou B., Chen J., *About optimal architecture of plant fibre textile composite for mechanical and sorption properties*, in "Science Direct", gennaio 2016.
- Lakrafi H., Tahiri S., Albizane A., Bouhria M., El Otmani M.E., *Experimental study of thermal conductivity of leather and carpentry wastes*, in "Science Direct", aprile-giugno 2013.
- *Il tessile riutilizzabile cerca nuova vita.*, estratto da "Ecoscienza", n. 2, 2017.
- Lombardi S., Canobbio R., *Textile structure for climate control*, in "Science Direct", 2016.
- Talluri M, *A proposito di ritagli tessili da confezioni nel pra-*

tese, estratto da "Arpat news", n. 258, dicembre 2015.

- Zanelli A., Buyle G., Giabardo G., Viscuso S., *S(P)EEDKIT-  
TS & Smart Packaging. Nuove applicazioni tessili per ridefi-  
nire la risposta alle emergenze*, in "Firenze University Press"  
(<http://www.fupress.com/techne>), agosto 2014.
- Zanelli A, *Ricerca e sperimentazione sui tessili tecnici*, in  
"Firenze University Press" (<http://www.fupress.com/techne>),  
2011.

## ESTRATTI

- Pistoletto M., *Il terzo paradiso per la presentazione del  
Manifesto della sostenibilità per la moda italiana.*, in "Città  
dell'arte - Fondazione Pistoletto", settembre 2012.
- Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile a cura di Albani  
A., Leoni S., Milioni D., Pettinao E., Ronchi E., *Le principali  
modifiche alle direttive rifiuti - Circular Economy. I principali  
contenuti dell'accordo a tre (Consiglio, Commissione e Parla-  
mento) del 17/18 dicembre 2017. Note esplicative dell'attua-  
le situazione italiana*, Milano, febbraio 2018.
- Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile a cura di Ronchi  
E., *Le sfide della CIRCULAR ECONOMY*, Milano, febbraio

2018.

- Vecchiè V., Boeris Frusca S., Foddanu E., Merlassino C., Patrucco E., Bonati F., *Analisi del ciclo produttivo del tessile laniero (a cura di)*, Firenze, luglio 2015

## LIBRI

- Baldo G., Marino M., Rossi S., *Analisi del ciclo di vita LCA. Gli strumenti per la progettazione sostenibile di materiali, prodotti e processi.*, Milano, Edizione Ambiente, 2008.
- Bianchi D., Colucci I., D'emidio L., Di Stefano D., Fornasiero A., Renzi F., Sturabotti D., *WASTE END. Economia Circolare, nuova frontiera del Made in Italy.*, Roma, Milano, marzo 2015.
- Capasso A., *Strutture tessili per l'architettura*, Napoli, CUEN (Cooperativa Universitaria Editrice Napoletana), 1991.
- Gastaldi M., Bertolini L., *Introduzione ai materiali per l'architettura. Terza edizione.*, Novara, Città Studi Edizioni, settembre 2011.
- Cirillo E., *Acustica applicata*, McGraw-Hill Education, 1997.

- Ferraris S., Guenza F., Laurenti M.C., Magni A., Ricchetti M., Saccavini A., *Neomateriali nell'economia circolare. Moda.*, Milano, Edizione Ambiente. Libri in materia rinnovabile, aprile 2017.
- Fassi A., Maina L., *L'isolamento ecoefficiente. Guida all'uso dei materiali naturali*, Milano, Edizione ambiente, giugno 2006.

## NORMATIVE

- Codici Catalogo Europeo dei Rifiuti (CER), Allegato 1, codici da 200110 a 200111.
- Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, *Decreto Legislativo 3 dicembre 2010, n°205. Disposizioni di attuazione della Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti che abroga alcune direttive*, Roma, venerdì 10 dicembre 2010.
- Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, *Piano di azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della Pubblica Amministrazione ovvero Piano d'Azione Nazionale sul Green Public Procurement (PANGPP), Criteri ambientali minimi per le forniture di prodotti tessili (aggiornamento dei*

*CAM per l'acquisto di prodotti tessili, Allegato 1 del DM 22 febbraio 2011), Allegato 3, pp. 72-78, gennaio 2017.*

## RAPPORTI

- Consorzio Nazionale Abiti Usati (CONAU), *Approfondimenti settoriali dedicati alle singole filiere del riciclaggio e recupero. Tessile.*, estratto da "L'Italia del Riciclo 2012", pagine da 186 a 197, parte 3.
- Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, *Il mercato del riutilizzo degli abiti usati a livello internazionale e nazionale*, estratto da "Rapporto Italia dei rifiuti 2017", 2018.
- Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, *Il mercato del riutilizzo degli abiti usati a livello internazionale e nazionale*, estratto da "Rapporto Italia dei rifiuti 2016", 2017.
- ISPRA, *Rapporto Rifiuti Urbani*, 2012
- ISPRA, *Rapporto Rifiuti Urbani*, 2015
- ISPRA, *Rapporto Rifiuti Urbani*, 2016
- ISPRA, *Rapporto Rifiuti Urbani*, 2017
- Unione Nazionale Industria Conciaria (UNIC) Conceria Italiana, *Racconti della pelle italiana. Rapporto di sostenibilità 2017.*, Milano 2017.

## SITI INTERNET

- <http://raccoltaviestiti.humanaitalia.org/approfondimenti-settore/>
- <http://www.sustainability-lab.net/it/blogs/sustainability-lab-news/atlante-delle-fibre-naturali.aspx>
- [https://www.itconsult.it/knowledge-box/white-paper/PDF/itc\\_WP\\_Broker\\_e\\_Moda\\_Capitolo\\_4.pdf](https://www.itconsult.it/knowledge-box/white-paper/PDF/itc_WP_Broker_e_Moda_Capitolo_4.pdf)
- [www.filtea.cgil.it/ARCHIVIO/2007/organizzazione/07-30\\_fedeli.doc](http://www.filtea.cgil.it/ARCHIVIO/2007/organizzazione/07-30_fedeli.doc)
- <http://www.unic.it>
- <http://www.italiapelle.com/concia-lavorazione-pelli-cuoio/>
- [www.ispraambiente.gov.it](http://www.ispraambiente.gov.it)
- <https://www.epa.gov>
- <http://www.conau.it>
- <https://www.ico-spirit.com/en/company/>
- <http://raccoltaviestiti.humanaitalia.org>
- <http://cottontoday.cottoninc.com/wp-content/uploads/2016/08/LCI-LCA-Handout.pdf>
- <https://www.cirfs.org/Sustainability/SustainabilityElements/NonrenewableRawMaterial.aspx>
- [www.icac.org/getattachment/Home-International-Cot-](http://www.icac.org/getattachment/Home-International-Cot-)

ton-Advisory-Committee-ICAC/measuring-sustainability-cotton-farming-full-english.pdf

- <https://www.storemadeincarcere.it>

## STUDI

- Ferri L.M., Massara T., Riva M., Rizzuto E., Strasserra C., *Quaderno Italiano di Economia Circolare*, Milano, maggio 2017.
- Assosistema Servizi S.r.l., Ambiente Italia S.r.l., *Studio di settore sul fine vita dei prodotti tessili*, marzo 2015.
- Baglio G., *Il prodotto tessile – fibre e filati*, CCIAA, Como, ottobre 2016.
- Camera di Commercio di Varese, *Il futuro nel tessile. Linee di tendenza nella ricerca e sviluppo e per l'innovazione*, Varese.
- Castiglioni M., *Tecnologia tessile III: maglieria e confezione*, di Università degli studi di Bergamo – Facoltà di Ingegneria, febbraio 2010.
- Iraldo F., Trenti S., *Segnali di economia circolare nel settore moda*, studio di Intesa San Paolo e Università commerciale

---

---

Luigi Bocconi, 2013-2014.

- Tartaglione C., Corradini S, con il contributo di Guazzo G., Di Giacomo M., *Il "fine vita" dei prodotti nel sistema moda, ARES 2.0 (a cura di)*, ottobre 2013.

## TESI

- Costantino A. (rel. Roberto Giordano), *Dalla tenda alla tenda tecnica*, a.a. 2014-2015
- Dansero E., Caldera G., *Green Economy e tessile: chi passa per la cruna dell'ago?*, Università di Torino. Dipartimento di cultura, politica e società, a.a. 2011-2012.



