

Ricerca di Sistema elettrico



Analisi della struttura dei consumi energetici del settore tessile-calzaturificio e identificazione delle soluzioni ottimali di efficientamento energetico (LA 3.3)

V. Bentivegna, M. Guiducci, D. Chiaroni, S. Franzò

Analisi della struttura dei consumi energetici del settore tessile-calzaturificio e identificazione delle soluzioni ottimali di efficientamento energetico

Analisi della struttura dei consumi energetici del settore tessile-calzaturificio e identificazione delle soluzioni ottimali di efficientamento energetico (LA 3.3)

Vittorio Bentivegna, Marco Guiducci, Davide Chiaroni, Simone Franzò

Dicembre 2024

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica -ENEA Piano Triennale di Realizzazione 2022-2024

Obiettivo: *Decarbonizzazione*

Progetto: *Tema di ricerca 1.6 - Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali*

Linea di attività: *LA 3.3*

Responsabile del Progetto: Miriam Benedetti, ENEA

Responsabile del Work Package: Fabrizio Martini, ENEA

Responsabile Linea di Attività: ENEA

Mese inizio previsto: 01/2023

Mese inizio effettivo: 01/2023

Mese fine previsto: 12/2024

Mese fine effettivo: 12/2024

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione: Si ringrazia per la collaborazione alle attività svolte Confindustria Tessile.

Indice

1	Risultati attesi	4
2	Risultati ottenuti.....	5
2.1	Mappatura dei principali processi e delle tecnologie utilizzate all'interno del settore tessile e calzaturificio.	5
2.2	Identificazione dei vettori energetici in input a ciascun processo identificato e quantificazione dei relativi consumi termici ed elettrici.	5
2.3	Identificazione e descrizione delle principali tecnologie per l'efficienza energetica applicabili nei processi produttivi analizzati (con focus anche sulle tecnologie abilitanti la decarbonizzazione) ed identificazione delle principali caratteristiche tecnico-economiche relative alle tecnologie per l'efficienza energetica maggiormente promettenti.	5
3	Prodotti attesi	6
4	Prodotti sviluppati	7
5	Analisi degli scostamenti su attività e risultati.....	8
6	Sintesi delle attività svolte	9
7	Dettaglio delle attività svolte.....	10
7.1	Mappatura della filiera, dei processi e delle principali tecnologie	10
7.2	Analisi delle Best Available Techniques	11
8	Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte.....	14
9	Pubblicazioni scientifiche.....	15
10	Eventi di disseminazione	16

Indice delle figure

Figura 1: Consumi specifici medi elettrici e termici della filiera	10
Figura 2: Principali BAT della fase di filatura	11
Figura 3: Principali BAT della fase di tintura.....	12
Figura 4: Principali BAT della fase di stampa.....	12
Figura 5: Principali BAT della fase di finissaggio	13

1 Risultati attesi

L'attività, così come articolata, ha portato alla realizzazione/pubblicazione dei seguenti risultati:

- Mappatura dei principali processi e delle tecnologie utilizzate all'interno del settore tessile e calzaturificio.
- Identificazione dei vettori energetici in input a ciascun processo identificato e quantificazione dei relativi consumi termici ed elettrici.
- Identificazione e descrizione delle principali tecnologie per l'efficienza energetica applicabili nei processi produttivi analizzati (con focus anche sulle tecnologie abilitanti la decarbonizzazione) ed identificazione delle principali caratteristiche tecnico-economiche relative alle tecnologie per l'efficienza energetica maggiormente promettenti.

2 Risultati ottenuti

2.1 Mappatura dei principali processi e delle tecnologie utilizzate all'interno del settore tessile e calzaturificio.

Il team del Politecnico di Milano ha, nella prima fase di progetto e grazie al confronto con i referenti di ENEA, ricostruito i processi e le tecnologie utilizzate all'interno dei settori tessile e calzaturificio, descrivendone le principali caratteristiche.

Ciò è potuto avvenire anche grazie all'analisi di numerose diagnosi energetiche, indagate nel dettaglio al fine di validare ed integrare le principali sotto-fasi delle filiere dei due settori.

Una fase intermedia di questa operazione è stata quella di approfondire un ulteriore settore chiave, ovvero quello della produzione del pellame. Si è deciso di aggiungere tale elemento all'indagine in quanto fattore determinante per la completezza dello studio e grazie anche alla cospicua quantità di dati disponibili fra le diagnosi energetiche analizzate.

2.2 Identificazione dei vettori energetici in input a ciascun processo identificato e quantificazione dei relativi consumi termici ed elettrici.

Per ciascuna delle suddette sotto-fasi, ove possibile, sono stati identificati i consumi medi specifici di elettricità e di gas naturale: i primi principalmente afferenti alle fasi produttive specifiche e riferiti soprattutto ai macchinari industriali e i secondi relativi per la maggior parte ai servizi ausiliari (strumenti necessari al corretto funzionamento delle macchine) e servizi generali (necessari per la funzionalità degli impianti e il comfort dei lavoratori).

2.3 Identificazione e descrizione delle principali tecnologie per l'efficienza energetica applicabili nei processi produttivi analizzati (con focus anche sulle tecnologie abilitanti la decarbonizzazione) ed identificazione delle principali caratteristiche tecnico-economiche relative alle tecnologie per l'efficienza energetica maggiormente promettenti.

Una volta validate le stime circa i consumi energetici dei diversi settori, è stata approfondita la ricerca circa le tecnologie e le metodologie più efficienti da poter applicare agli ambiti tessile, pellame e calzaturificio. Ciò ha comportato l'approfondimento di report europei e studi di letteratura di recente pubblicazione, oltre a confronti con operatori del settore.

L'analisi ha permesso di ricavare varie informazioni, fra cui la descrizione delle principali caratteristiche, i campi di applicabilità di tali metodologie e tecniche, le attività di filiera principalmente coinvolte e, dove presenti, le risultanze in termini di sostenibilità ambientale e riduzione dei consumi energetici. Altro elemento importante per tale studio è stato quello di poter ricavare delle stime sui costi in conto capitale e/o costi di esercizio di alcune fra le tante tecniche innovative.

Infine, allargando lo spettro di analisi, è stato possibile indagare tramite ulteriori fonti ed ottenere un maggior numero di risultanze quantitative in termini di costi operativi, impatti ambientali e benefici ottenibili dall'implementazione delle BAT nei settori tessile, pellame e calzaturificio. L'obiettivo principale di tale lavoro è stato quello di finalizzare e validare tramite altre fonti i dati circa i consumi energetici e, soprattutto, circa i costi in conto capitale medi di determinate tecniche e tecnologie efficienti utili per i settori in oggetto.

3 Prodotti attesi

Non sono stati previsti prodotti hardware/software nell'ambito della LA.

4 Prodotti sviluppati

Non sono stati sviluppati prodotti hardware/software nell'ambito della LA in quanto non previsti.

5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

Non sono stati riscontrati scostamenti tecnici/economici o criticità rispetto al preventivo.

6 Sintesi delle attività svolte

Il progetto ha permesso di identificare e caratterizzare i principali processi produttivi rappresentativi del settore tessile e calzaturificio. La prima fase di progetto si è incentrata sul ricostruire i processi e le tecnologie utilizzate all'interno dei suddetti settori, descrivendone le principali caratteristiche e identificando i consumi medi specifici di elettricità e di gas naturale.

Nella successiva fase è stata approfondita la ricerca circa le tecnologie e le metodologie più efficienti da poter applicare agli ambiti di riferimento, ricavando varie informazioni, fra cui la descrizione delle principali caratteristiche, i campi di applicabilità, le attività di filiera principalmente coinvolte e, dove presenti, le risultanze in termini di sostenibilità ambientale e riduzione dei consumi energetici. Altro elemento importante è stato quello di poter ricavare delle stime sui costi in conto capitale e/o costi di esercizio di alcune fra le tante tecniche innovative.

7 Dettaglio delle attività svolte

Le attività afferenti al progetto si sono divise in due fasi principali:

- Mappatura della filiera, dei processi e delle principali tecnologie utilizzate all'interno dei settori tessile e calzaturificio, descrivendone le principali caratteristiche e stimando i consumi medi elettrici e termici;
- Approfondimento circa le tecniche più innovative afferenti ai due settori, d'ora in poi menzionate come Best Available Techniques (BAT).

7.1 Mappatura della filiera, dei processi e delle principali tecnologie

In questa fase sono state analizzate numerose diagnosi energetiche per validare le principali fasi di filiera dei settori in esame e, parallelamente, stimare i consumi medi specifici di energia elettrica e termica. L'indagine è stata allargata anche al settore di produzione del pellame.

Per prima cosa sono state, quindi, ricostruite le filiere tipiche e i processi e attività industriali che ne fanno parte. Ciò ha permesso di meglio identificare le operazioni principali e più diffuse fra un ventaglio molto eterogeneo di attività.

Durante questa fase, sono state analizzate quantitativamente, ove possibile, tali operazioni in termini di consumi elettrici e termici: i primi principalmente afferenti alle fasi produttive specifiche e riferiti soprattutto ai macchinari industriali e i secondi relativi per la maggior parte ai servizi ausiliari (strumenti necessari al corretto funzionamento delle macchine) e servizi generali (necessari per la funzionalità degli impianti e il comfort dei lavoratori).

Infine, si è operata una stima ragionevole sui range di valori di consumi medi afferenti alle diverse sotto-attività di filiera, andando ad indicare anche ove non fosse stato possibile ricavare tali dati.

Fasi	Consumi specifici medi (kWh_el/kg)	Consumi specifici medi (kWh_el/m)
Preparazione	1,260 - 1,339	0,170 - 0,659
Filatura	2,614 - 2,878	1,051 - 1,084
Tessitura	1,707 - 2,384	0,305 - 0,879
Tintura e stampa	0,979 - 1,054	0,443 - 0,458
Finissaggio	1,317 - 1,880	0,569 - 1,045
Servizi Ausiliari	1,966 - 2,314	1,336 - 1,404
Servizi Generali	0,307 - 0,645	0,173 - 0,324
Totale	10,150 - 12,494	4,047 - 5,853

Attività e servizi	Consumi specifici medi (Smc_GN/kg)	Consumi specifici medi (Smc_GN/m)
Attività principali	~1,240	~0,641
Servizi Ausiliari e Generali	~2,386	~2,175
Totale	~3,626	~2,816

Figura 1: Consumi specifici medi elettrici e termici della filiera

Il risultato intermedio di questa fase è stato un elaborato, in forma di presentazione PowerPoint, che andasse a descrivere quanto ottenuto per poter poi confrontare tali dati con le risultanze lato ENEA e validarle.

7.2 Analisi delle Best Available Techniques

Una volta validate insieme ad ENEA le stime circa i consumi energetici dei diversi settori, è stata approfondita la ricerca circa le tecnologie e le metodologie più efficienti (BAT) da poter applicare agli ambiti tessile, pellame e calzaturificio. Ciò ha comportato l'approfondimento di report europei e studi di letteratura di recente pubblicazione, oltre a confronti con operatori del settore.

L'analisi delle BAT ha permesso di ricavare varie informazioni, fra cui la descrizione delle principali caratteristiche, i campi di applicabilità di tali metodologie e tecniche, le attività di filiera principalmente coinvolte e, dove presenti, le risultanze in termini di sostenibilità ambientale e riduzione dei consumi energetici.

Altro elemento importante per tale studio è stato quello di poter ricavare delle stime sui costi in conto capitale e/o costi di esercizio di alcune fra le tante tecniche innovative.

L'elaborato finale di questa fase, in formato Word, ha permesso di meglio descrivere in maniera quali-quantitativa gli output prodotti e sono state elencate tramite tabelle i valori e le descrizioni delle differenti tecniche di efficientamento in uso e/o in sviluppo nei settori tessile, pellame e calzaturificio.

Di seguito vengono mostrate le principali tecniche emergenti delle fasi del settore tessile mappate nella filiera:

- Tecniche emergenti per la fase di filatura

FILATURA			
Tecnica	Descrizione	Benefici ambientali attesi	Impatto economico e/o saving energetico
Filatura ad anello ottimizzata	Ottimizzato per ridurre i consumi energetici e migliorare la qualità del filato tramite sistemi di controllo avanzati e materiali di consumo innovativi (es. fusi a basso attrito).	<ul style="list-style-type: none"> • Riduzione consumi energetici • Riduzione nell'utilizzo di materiali e conseguenti scarti 	250.000-600.000 euro per linea di filatura (dipende dal numero di fusi e dalla capacità).
Filatura a rotore	La filatura a rotore (open-end spinning) utilizza un rotore per separare e riorganizzare le fibre in un filato continuo.	<ul style="list-style-type: none"> • Consumi energetici inferiori (circa il 20-30% in meno rispetto alla filatura ad anello). 	200.000-500.000 euro per linea, più basso rispetto alla filatura ad anello.
Filatura a getto d'aria (Air-Jet Spinning)	La filatura a getto d'aria sfrutta un flusso d'aria per intrecciare le fibre. Ideale per miscele sintetiche e naturali.	<ul style="list-style-type: none"> • Riduzione consumi energetici • Riduzione nell'utilizzo di materiali e conseguenti scarti 	400.000-800.000 euro per linea di filatura.
Sistemi di recupero e riutilizzo degli scarti	Installazione di sistemi di recupero scarti (es. macchine per la cardatura secondaria) per riutilizzare residui di filatura.	<ul style="list-style-type: none"> • Riduzione delle emissioni nell'acqua secondaria) • Ridotto consumo di prodotti chimici 	100.000-300.000 euro per sistemi di recupero.

Figura 2: Principali BAT della fase di filatura

- Tecniche emergenti per la fase di tintura

TINTURA			
Tecnica	Descrizione	Benefici ambientali attesi	Impatto economico e/o saving energetico
Trattamenti ultrasonici	I trattamenti ad ultrasuoni migliorano la dispersione dei coloranti e degli ausiliari e ne potenziano la capacità di emulsionare e solubilizzare	<ul style="list-style-type: none"> • Risparmio energetico (temperature di processo più basse e tempi di ciclo più brevi). • Riduzione dei consumi degli ausiliari. 	Da 200.000 a 1.000.000 euro, a seconda della scala dell'impianto.
Tintura elettrochimica	Riduzione del colorante mediante elettrolisi	<ul style="list-style-type: none"> • Ridotto consumo di prodotti chimici • Riduzione delle emissioni nell'acqua 	Da 200.000 a 1.000.000 euro, a seconda della scala dell'impianto.
Recupero dei coloranti diretti con ciclodestrine	Vengono utilizzate per incapsulare i coloranti diretti contenuti nelle acque reflue. I coloranti possono quindi essere recuperati e riutilizzati.	<ul style="list-style-type: none"> • Riduzione del carico inquinante nelle acque reflue. • Ridotto consumo di coloranti 	Attualmente presenta costi elevati per la materia prima (basata su polimeri di ciclodestrine), che può essere superiore al costo dei coloranti recuperati.
Monitoraggio online del processo per il riutilizzo/riciclaggio diretto dei materiali esausti	Sistema di automonitoraggio online (in tempo reale) basato sulla spettroscopia Raman, per poter riutilizzare il bagno nella successiva fase di tintura.	<ul style="list-style-type: none"> • Ridotto consumo di prodotti chimici (compresi i coloranti). • Riduzione delle emissioni nell'acqua (di coloranti). 	<ul style="list-style-type: none"> • Riduzione consumo di acqua: 60-80 % • Riduzione inquinanti in acqua: 70-90 % • Riduzione consumo energetico: 20-25 % • Aumento di una tintura corretta: 80-98 %

Figura 3: Principali BAT della fase di Tintura

- Tecniche emergenti per la fase di stampa

STAMPA			
Tecnica	Descrizione	Benefici ambientali attesi	Impatto economico e/o saving energetico
Utilizzo di leganti da stampa a base di caseina	L'acido caseinico viene utilizzato come legante per la stampa in alternativa alle resine acriliche utilizzate nella stampa del settore tessile.	<ul style="list-style-type: none"> • Ridotto consumo di prodotti chimici • Riduzione delle emissioni nell'acqua 	L'investimento complessivo può variare da 150.000 a 750.000 euro, a seconda della scala produttiva, del livello di automazione e delle condizioni iniziali dell'impianto.
Plastificanti esenti da ftalati per la stampa tessile	Il poliuretano e il poliacrilato sono utilizzati come materiali alternativi per sostituire ftalati e PVC dalle stampe.	<ul style="list-style-type: none"> • Riduzione delle emissioni nell'acqua • Evitare l'uso di sostanze pericolose nel prodotto tessile 	A seconda delle dimensioni e complessità delle linee, i CAPEX possono variare da 100.000 a oltre 1.000.000 di euro.
Stampa rotativa a sublimazione	Utilizza coloranti che, riscaldati, passano direttamente da solido a gas e si fissano sul tessuto, riducendo l'uso di acqua e permettendo una stampa continua su materiali in poliestere.	<ul style="list-style-type: none"> • Riduzione uso dell'acqua 	Le stampanti rotative a sublimazione di qualità industriale richiedono un investimento iniziale di circa 100.000 - 300.000 euro. Il costo può salire se si aggiungono accessori per la gestione automatica del tessuto.
Stampa inkjet ad alta velocità	Tecnologia a getto d'inchiostro ottimizzata per alte velocità, adatta a piccole e medie tirature.	<ul style="list-style-type: none"> • Minore consumo di inchiostro rispetto alle tecnologie convenzionali 	Le macchine industriali inkjet ad alta velocità richiedono investimenti tra 150.000 e 500.000 euro, a seconda della complessità e della risoluzione richiesta.

Figura 4: Principali BAT della fase di stampa

- Tecniche emergenti per la fase di finissaggio

FINISSAGGIO			
Tecnica	Descrizione	Benefici ambientali attesi	Impatto economico e/o saving energetico
Anti-Infeltrimento enzimatico	Gli enzimi vengono utilizzati per la seconda fase di trattamento al posto dei sistemi anti-Infeltrimento più convenzionali.	<ul style="list-style-type: none"> • Nessun composto di cloro utilizzato o emesso. • Riduzione dell'uso di sostanze chimiche pericolose 	Costi di implementazione che possono variare tra 100.000 e 200.000 euro.
Plasma per anti-Infeltrimento	La lana passa attraverso il campo di plasma dove si trovano elettroni, ioni, specie radicaliche, UV e radiazioni visibili nel plasma che alterano il profilo di attrito della superficie della fibra, eliminando il normale effetto Infeltrimento della lana non trattata.	<ul style="list-style-type: none"> • Nessuna emissione in acqua 	L'investimento per un sistema di trattamento al plasma può variare tra 400.000 e 700.000 euro, a seconda della scala di produzione e delle specifiche tecniche.
Tecnologia ad ozono	L'ozono è usato per trattamenti di sbiancamento e per la riduzione della colorazione delle acque reflue. Il processo è molto più rapido e consuma meno risorse.	<ul style="list-style-type: none"> • Riduzione della colorazione • Riduzione dell'uso di sostanze chimiche pericolose 	Gli impianti a ozono possono avere costi di installazione tra i 300.000 e i 600.000 euro, ma permettono significativi risparmi su scala medio-lunga.
Macchinari a basso consumo energetico (jet dyeing e overflow dyeing)	Questi macchinari riducono il rapporto di bagno, quindi meno acqua e sostanze chimiche utilizzate	<ul style="list-style-type: none"> • Miglioramento della qualità del prodotto finito • Minor consumo di prodotti chimici 	Investimento variabile tra 500.000 e 800.000 euro.

Figura 5: Principali BAT della fase di finissaggio

8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte

Non è stata utilizzata alcuna consulenza all'interno della LA.

9 Pubblicazioni scientifiche

Dall'attività è scaturita la seguente pubblicazione:

- ENEA DUEE-SPS-ESE "QUADERNI DELL'EFFICIENZA ENERGETICA - TESSILE"

10 Eventi di disseminazione

Durante lo sviluppo del progetto sono stati svolti numerosi incontri con l'associazione di categoria "Confindustria Moda - Federazione Tessile e Moda" e con stakeholder del settore.

Inoltre, i risultati della presente Linea di Attività sono stati illustrati nell'evento di fine progetto organizzato da ENEA:

26/11/2024 Roma - Centro congressi Frentani: Evento Finale WP3_Progetto 1.6 (<https://youtube.com/live/VWMosbnTEy4>)