

anni di
Life Cycle Assessment
sviluppi metodologici e applicativi

**XVII Convegno della
Associazione Rete Italiana LCA**

28-30 giugno 2023

Politecnico di Milano

ATTI DEL CONVEGNO



POLITECNICO MILANO 1863



ASSOCIAZIONE
RETE ITALIANA LCA



Con il patrocinio di:
MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA



POLITECNICO MILANO 1863



ASSOCIAZIONE
RETE ITALIANA LCA



Con il patrocinio di:
MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

ATTI

XVII Convegno dell'Associazione Rete Italiana LCA

30 anni di

Life Cycle Assessment

sviluppi metodologici e applicativi

28-30 giugno 2023

Politecnico di Milano

Via Ampère 10, 20133 Milano

© 2023 Associazione Rete Italiana LCA

Publicato da: Associazione Rete Italiana LCA

Data di pubblicazione: 2023

Paese di pubblicazione: Italia

Lingua: Italiano

Formato dell'e-book: PDF

ISBN: 9791221004601



Comitato Scientifico del Convegno

Michela Aresta	Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Reattività Chimica e la Catalisi (CIRCC)
Grazia Barberio	ENEA, Dipartimento sostenibilità dei sistemi produttivi e territoriali (SSPT)
Maurizio Cellura	Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Ingegneria
Laura Cutaia	ENEA, Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali
Giovanni Dotelli	Politecnico di Milano, Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica “Giulio Natta” (DCMIC)
Giacomo Falcone	Università degli Studi “Mediterranea” di Reggio Calabria – Dipartimento di Agraria
Monica Lavagna	Politecnico di Milano, Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito (DABC)
Sonia Longo	Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Ingegneria
Alessandro Manzardo	Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Ingegneria Industriale, Centro Studi Qualità Ambiente (CESQA)
Simone Maranghi	Ecoinnovazione srl
Paolo Masoni	Ecoinnovazione srl
Anna Mazzi	Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Ingegneria Industriale (DII)
Marina Mistretta	Università Mediterranea di Reggio Calabria, Dipartimento Patrimonio Architettura Urbanistica (PAU)
Bruno Notarnicola	Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Dipartimento Jonico in “Sistemi Giuridici ed Economici del Mediterraneo: società, ambiente, culture”
Andrea Raggi	Università degli Studi “G. d’Annunzio” di Chieti-Pescara, Dipartimento di Economia
Lucia Rigamonti	Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA)
Serena Righi	Università di Bologna, Campus di Ravenna, Dipartimento di Fisica e Astronomia (DIFA) e Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali (CIRSA)
Roberta Salomone	Università degli Studi di Messina, Dipartimento di Economia
Antonio Scipioni	Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Ingegneria Industriale, Centro Studi Qualità Ambiente (CESQA)
Marzia Traverso	RWTH Aachen University



POLITECNICO MILANO 1863



ASSOCIAZIONE
RETE ITALIANA LCA

Comitato organizzatore

Monica Lavagna	Politecnico di Milano – DABC
Lucia Rigamonti	Politecnico di Milano – DICA
Anna Dalla Valle	Politecnico di Milano – DABC
Serena Giorgi	Politecnico di Milano – DABC
Camilla Tua	Politecnico di Milano – DICA
Marina Mistretta	Tesoreria Associazione Rete Italiana LCA – Università Mediterranea di Reggio Calabria

La metodologia LCA per incrementare la circolarità della filiera calzaturiera del Made in Italy. Il caso-studio di una fibbia in ottone per calzature prodotta dalla Santoni srl.

Lucia Pietroni¹, Daniele Galloppo¹, Raffaele Scialdoni¹

Abstract: Il settore calzaturiero italiano è uno dei pilastri del Sistema Moda e leader europeo nella produzione di calzature di fascia alta e lusso, anche grazie alla sua struttura di “filiera produttiva lunga”. Tuttavia, la sua gestione, dal reperimento delle materie prime alle molteplici lavorazioni delle componenti fino al prodotto finito, sta diventando sempre più complessa, generando non poche difficoltà nel rendere sostenibile la supply-chain. L'azienda Santoni Srl, caso-studio in questo paper, ha utilizzato la LCA per identificare le criticità ambientali di una fibbia in ottone, realizzata per il settore calzaturiero del lusso, e per definire strategie di miglioramento ambientale dei processi e del prodotto in ottica di sostenibilità e circolarità. L'articolo descrive lo studio di LCA e i principali risultati ottenuti.

1. Introduzione

Il settore calzaturiero italiano è tra i pilastri del Sistema Moda del Made in Italy ed è da sempre leader tra i produttori di calzature di fascia alta e lusso. L'Italia, nel 2021, è il primo produttore di calzature nell'Unione Europea e l'ottavo Paese esportatore a livello mondiale in volume, il secondo in termini di valore, dopo la Cina (Apiccaps, 2022). Il successo del comparto è collegato alla capacità imprenditoriale ed alla tipica struttura del settore, che si pone in un contesto di “filiera produttiva”, costituito da un sistema di sub-fornitura, di alta qualità, di materie prime, conterie, componenti, accessori, produttori di macchine, modellisti e stilisti. Ne deriva una concentrazione territoriale di aziende in aree organizzate in distretti industriali, situati prevalentemente in 7 Regioni: Marche, Toscana, Veneto, Campania, Lombardia, Puglia ed Emilia-Romagna. Le “filieri lunghe” del settore calzaturiero si caratterizzano per la presenza di poche grandi imprese, detentrici di uno o più brand e che si occupano delle fasi creative e commerciali, e un numero elevato di piccole e medie imprese, altamente specializzate, che hanno elevate competenze tecniche di lavorazione per lo sviluppo della componentistica e gli accessori per le calzature. Questo modello distrettuale italiano ha permesso di sviluppare prodotti di alta qualità e di rafforzare la competitività delle aziende italiane rispetto ai competitors, contribuendo quindi al successo del comparto calzaturiero a livello mondiale. Oggi, però, di fronte all'importanza sempre crescente dei temi della sostenibilità ambientale dei prodotti e dei processi produttivi, l'articolazione in filiere lunghe del comparto calzaturiero crea maggiore complessità e criticità nella gestione sostenibile dell'intera supply chain: dall'approvvigionamento delle materie prime alle molteplici lavorazioni e finiture

¹ Università degli Studi di Camerino, Scuola di Architettura e Design, Viale della Rimembranza snc, 63100 Ascoli Piceno, Italia;
E-mail: lucia.pietroni@unicam.it

delle componenti, alla realizzazione degli accessori fino alla produzione e commercializzazione del prodotto finito (Bertoldo, 2022). Inoltre, come riportato nella Tabella 1 elaborata dalla Quantis (2018) si rileva come più del 70% delle emissioni di CO₂ della produzione di una calzatura è generato nelle fasi di estrazione delle materie prime e delle lavorazioni dei componenti e degli accessori, quindi a monte della fase di assemblaggio e distribuzione.

Tabella 1. Risultati della Climate Change riferita all'industria calzaturiera mondiale: (Quantis, 2018, p.27)

DAMAGE CATEGORY	UNIT	TOTAL	raw material extraction	raw material processing	packaging production	manufacturing	transport	disposal
Climate change	million CO ₂ eq	700	140	101	3,86	299	16,9	0,136
		100%	20%	14%	1%	43%	2%	0,02%

Infatti, è proprio nella supply chain che è necessario intervenire con valutazioni a ciclo di vita delle componenti per accrescere le performance ambientali e la circolarità del prodotto finale. Inoltre dati affidabili sugli impatti ambientali nella supply chain dell'industria delle calzature in letteratura sono ancora limitati (Quantis, 2018). Quindi le aziende fornitrici di componenti e accessori possono giocare un ruolo importante nel miglioramento dell'impronta ambientale della calzatura e della sua supply chain, diventando a loro volta stimolo di trasformazione sostenibile dei loro fornitori. Recentemente, diverse aziende BtoB della filiera produttiva calzaturiera hanno adottato un approccio proattivo alla sostenibilità ambientale, cercando di conoscere dove risiedono i loro maggiori impatti ambientali e come apportare interventi di miglioramento per rendere le componenti e gli accessori della calzatura più sostenibili e circolari (GreenShoes4All, 2020). L'incremento di tale approccio alla sostenibilità e circolarità delle imprese calzaturiere di filiera, produttrici di accessori e componenti, è dovuto ad un mercato che inizia a domandare prodotti più green anche nell'alto di gamma e nel comparto del lusso. Non sono rari i casi in cui iniziano ad essere adottate materie prime seconde, materiali eco-sostenibili, bio-degradabili o riciclati, oltre a tecnologie di lavorazione e trattamenti a ridotto impatto ambientale. Infatti, nel settore accessori per calzature si realizzano soprattutto articoli in ottone, zinco o acciaio, ricoperti da un sottile strato di metallo prezioso come oro, rutenio e palladio. Il processo di deposito del materiale di finitura è altamente energivoro e genera inquinanti, difficili da riciclare e smaltire. Inoltre, nonostante il peso degli accessori in metallo rappresenti poco più del 10% del prodotto finale, il maggior contributo all'eutrofizzazione è principalmente da attribuire ai materiali ed ai trattamenti con i quali si realizzano questi accessori (Zottin, 2019). Pertanto, il caso-studio della Santoni Srl, oggetto di questo paper, rappresenta un esempio significativo di un approccio preventivo alla sostenibilità, che può contribuire a far comprendere l'importanza dell'utilizzo della metodologia di LCA-Life Cycle Assessment per definire strategie di design for sustainability al fine di migliorare le performance ambientali del prodotto e dell'azienda, oltre a far assumere all'impresa BtoB un ruolo consapevole e importante all'interno della supply chain. La LCA, eseguita secondo la norma ISO 14040, è stata effettuata su uno dei prodotti più rappresentativi e venduti dall'azienda negli ultimi anni: una fibbia in ottone per il settore calzaturiero di lusso del Made in Italy. L'obiettivo dell'analisi svolta è stato rilevare le principali criticità ambientali, dalla culla al cancello (*from cradle to gate*), ed identificare le strategie di miglioramento in ottica di sostenibilità e circolarità. Infine, si sono delineate le strategie di Design for Sustainability per il miglioramento e l'ottimizzazione delle performance ambientali del prodotto, stimando, nella loro eventuale adozione, una riduzione complessiva delle emissioni di kg di CO₂ fino a venti volte rispetto al modello attuale.

2. LCA di una fibbia di ottone per il settore calzaturiero del Made in Italy prodotta e commercializzata dalla Santoni srl

2.1. Scopo ed obiettivi dell'analisi

La LCA aveva lo scopo di valutare le prestazioni ambientali “dalla culla al cancello” (*from cradle to gate*) di un accessorio moda: una fibbia in ottone per il calzaturiero, prodotto dall'azienda Santoni srl di Montegiorgio (FM) e di quantificare gli impatti ambientali associati al suo ciclo produttivo utilizzando la metodologia LCA (Life Cycle Assessment). Gli obiettivi principali del lavoro sono di seguito elencati:

- Valutazione degli impatti e del profilo ambientale del prodotto analizzato;
- Identificazione delle criticità e delle opzioni di miglioramento ambientale del prodotto e dei relativi processi di lavorazione e dei materiali impiegati.

Le attività condotte per il raggiungimento degli obiettivi e la rendicontazione dei risultati sono state le seguenti: analisi dei processi produttivi dell'azienda; definizione degli obiettivi dell'analisi, dei confini del sistema e delle assunzioni per la realizzazione dell'inventario; individuazione di un prodotto, rappresentativo per l'azienda in termine di numeri realizzati e scelto come oggetto di analisi, ovvero una fibbia in ottone prodotta per una scarpa da uomo di un noto brand italiano; raccolta dati in azienda, tramite checklist strutturate, e selezione dati dai databases esistenti, quando la rilevazione diretta dei dati non era possibile; costruzione dell'inventario e raccolta dei dati primari e secondari tramite strumenti di misurazione, effettuati presso lo stabilimento produttivo; raccolta e stime dei dati presenti in letteratura; elaborazione e valutazione dei dati attraverso l'utilizzo del software *Simapro 9.2.0.2*; sintesi e interpretazione dei risultati ottenuti dallo studio; identificazione di interventi di potenziale miglioramento ambientale dei processi e del prodotto.

2.2. Unità funzionale, confini del sistema e assunzioni

L'oggetto dello studio dell'analisi LCA è costituito da una fibbia per il settore calzaturiero di alta moda, prodotta dall'azienda Santoni specializzata da molti anni nella lavorazione dell'ottone e della zama per la realizzazione di accessori moda.



Figura 1. Fibbia in ottone, oggetto dell'analisi LCA

L'accessorio individuato è monocomponente, monomaterico, realizzato in eco-ottone galvanizzato e prodotto in decine di migliaia di pezzi l'anno (Figura 1). Il peso complessivo della singola fibbia

è pari a circa 36 gr. Il ciclo produttivo per la realizzazione del prodotto prevede quattro importanti macro-processi:

- il macro-processo “A”: in questa fase vengono prodotte, da una fonderia ubicata nella zona industriale di Scandicci (Fi), i semilavorati, ossia le barre di eco-ottone, realizzate con il 10% di materiale vergine e 90% di riciclato (Sueyoshi, 2007).
- il macro-processo “B”: le barre di eco-ottone vengono trasportate in un altro stabilimento, ubicato sempre nella zona industriale di Scandicci (Fi), dove vengono ridotte in billette e stampate mediante processo a caldo, per ottenere la geometria di partenza della fibbia. Tale processo prevede almeno tre passaggi altamente energivori: la ricottura delle billette, la forgiatura e la tranciatura;
- il macro-processo “C”: questa fase avviene all’interno dello stabilimento della Santoni srl (Mc) e prevede una serie di processi di trasformazione del pezzo grezzo, dalla curvatura ai trattamenti superficiali per prepararli alla galvanizzazione. Una volta completate tutte le lavorazioni i pezzi vengono imballati e spediti al cliente finale. Il processo “C” rappresenta il cuore del ciclo produttivo ed è la fase principale oggetto dello studio;
- il macro-processo “D”: si tratta della galvanizzazione, un processo elettrolitico deputato alla nobilitazione superficiale dei pezzi e in grado di migliorare la loro resistenza all’usura. Questo trattamento avviene presso altro attore della filiera, ubicato nella zona industriale del maceratese.

Considerato dunque lo scopo dell’analisi e la necessità di valutare gli impatti ambientali generati dalla produzione e lavorazione della fibbia, si è ritenuto opportuno definire, come unità funzionale, la produzione e lavorazione di 1000 pezzi. Infine, per quanto riguarda i confini del sistema dell’analisi di *LCA* della fibbia si è considerato il suo ciclo di vita “from cradle to gate”, che comprende la produzione delle materie prime (principalmente riferite al materiale ottone), la produzione dei semilavorati (macro-processo “A”), la lavorazione delle fibbie fino alla fase di distribuzione (macro-processi “B”, “C” e “D”), secondo lo schema illustrato nella figura 2.

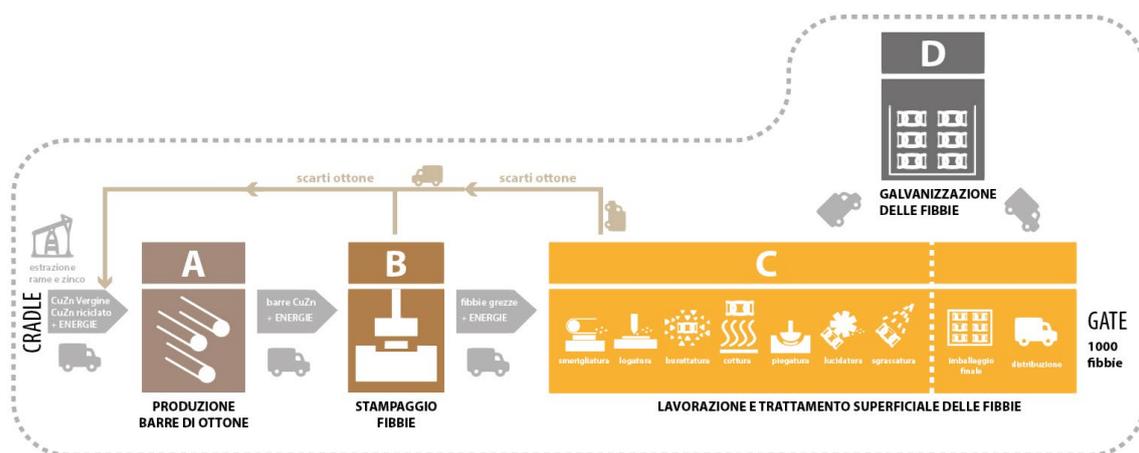


Figura 2. Confini del sistema

In relazione alla definizione del confine del sistema, si sono fatte le seguenti assunzioni: scegliere nei database del SimaPro i materiali con caratteristiche più simili a quelli esaminati; utilizzare la banca dati, tra quelle disponibili, più recente e più attinente territorialmente al materiale in oggetto ed in cui il materiale era presente; individuare i processi produttivi e i trattamenti superficiali più vicini a quelli individuati dalla ricerca sul campo e con riferimento ai dati europei; utilizzare i dati

relativi alla produzione di energia elettrica in Italia; escludere gli impatti relativi ai materiali il cui quantitativo in peso o la rilevanza dell'impatto stesso è inferiore al 1%; stimare la composizione dell'eco-ottone con 10% di materiale vergine e 90% da ottone riciclato; considerare che gli sfridi di ottone per la produzione dei fibbie rientrano nello stesso processo di generazione delle barre di eco-ottone; utilizzare nelle banche dati i mezzi di trasporto più vicini a quelli utilizzati durante il ciclo di vita del prodotto. In particolare, nel caso specifico dei trasporti delle barre di ottone e degli sfridi sono stati utilizzati veicoli gommati da 16-32 ton euro 6, mentre per tutti i trasporti di materiali leggeri e dei fibbie si è utilizzato un veicolo commerciale leggero. Inoltre per il trasporto dei materiali e dei consumabili, si è stimato un percorso di 100 km.

2.3. Inventario e valutazione dei risultati

Per la fase di inventario e la compilazione dei dati necessari alla modellazione di tutte le fasi prese in esame, si è utilizzato il database *Ecoinvent 3 (2021)* presente nel *SimaPro*. Pertanto sono stati associati alle tecnologie e materiali costituenti la produzione delle fibbie, i moduli già presenti nel database, e mediante il quale sono stati rilevati i carichi ambientali diretti, indiretti ed infine, gli impatti evitati. Per colmare i dati primari mancanti, sono state elaborate una serie di approssimazioni e stime già esplicitate come assunzioni nel paragrafo precedente. Le informazioni, raccolte nelle prime attività di misurazione e rilievo dei dati, sono state utilizzate per modellare sul *SimaPro* tutti i macro-processi ("A"+"B"+"C"+"D"), che costituiscono il ciclo produttivo riferito alla produzione di mille pezzi. Nella tabella 2, sono riportati i principali flussi di materia ed energia associati alla produzione di 1000 fibbie, corrispondente all'unità funzionale della *LCA*. Si precisa inoltre che, per i consumi complessivi, è stata allocata anche una quota parte riferita ai consumi generali ed ai servizi ausiliari necessari alle attività produttive e commerciali che avvengono nei diversi stabilimenti, soprattutto nello stabilimento del macro-processo "C", principale referente ed utilizzatore dello studio LCA sviluppato.

Prodotto analizzato		quantità/uf	
Fibbia per il settore calzaturiero alta moda		1000 fibbie	
macro-processo	quantità/uf	macro-processo	quantità/uf
A 	materiali		
	eco- ottone (ZnCu)	70,6 kg	
	trasporti		
	7,5-16ton	0,6 tkm	
B 	energia el.		
	en.termica fusione	635 MJ	
	materiali		
acciaio	1,1 kg		
polipropilene	1,2 kg		
trasporti			
7,5-16ton	22.5 tkm		
energia el.			
en.termica (lavorazione 70,6 kg di CuZn)	381 MJ		
en.elettrica (lavorazione 70,6 kg di CuZn)	126 kWh		
C 	materiali		
	consumabili	670 kg	
	cartone ondulato	2,5 kg	
	trasporti		
	veicolo commerciale	13,8 tkm	
D 	energia el.		
	en.elettrica da rete	93 kWh	
	en.elettrica fotovoltaico	33 kWh	
materiali			
bagno galvanico	2,2 mq		
vernice protettiva	5,3 mq		
trasporti			
veicolo commerciale	2,2 tkm		
energia el.			
en.elettrica	108 kWh		

Tabella 2. Principali materiali ed energie associate alla produzione di 1000 fibbie

Dai dati riportati in tabella, è possibile notare il consumo di energia del processo “B” di poco superiore a quello “A”, relativo alla produzione dei semilavorati. Questa leggera differenza è da imputare al processo altamente energivoro della fase di stampaggio, che si articola in ben tre lavorazioni distinte: la cottura delle billette, che riscalda l’ottone fino a circa 650°C; lo stampaggio a caldo o forgiatura; la tranciatura e pulitura delle bave.

Definita la fase di LCI si è proceduti con la valutazione dei danni ambientali associati alla produzione delle 1000 fibbie in eco-ottone. I fattori di impatto utilizzati sono quelli del metodo di valutazione EF 3.0. Si tratta di una metodologia originata dalla Comunicazione della UE COM/2013/0196, in cui sono stabilite le procedure per la diffusione della *Product Environmental Footprint* (PEF) e dalla *Organisation Environmental Footprint* (OEF). La scelta di questa metodologia è dovuta al fatto che, in quanto modello UE, è tra le più aggiornate e in via di costante implementazione. La versione 3.0 presente sulla versione 9 del *SimaPro* include i fattori di normalizzazione e ponderazione pubblicati a novembre 2019. Di seguito viene riportato il grafico elaborato dal *SimaPro* (Figura 3), con i risultati delle categorie d’impatto (*Caratterizzazione*) definite dal *metodo EF 3.0*, espressi in percentuale (%) e associati ad ogni principale macro-processo (“A”+“B”+“C”+“D”).

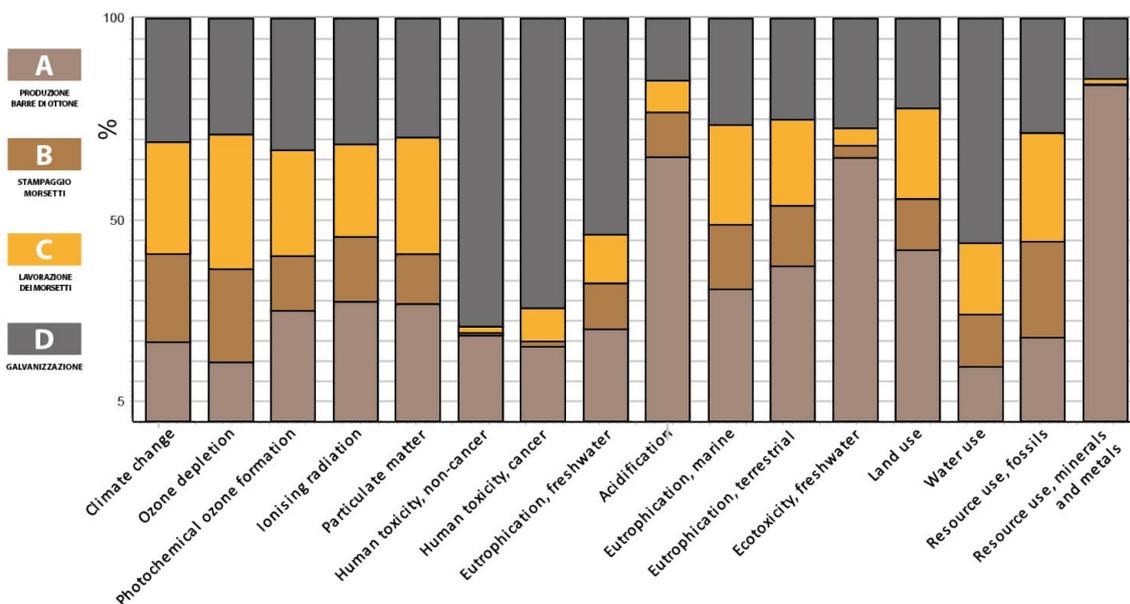


Figura 3. Caratterizzazione relativa ai quattro macro-processi (“A”+“B”+“C”+“D”) per la produzione di 1000 fibbie

Focalizzando l’attenzione sul macro-processo “C”, ossia lo stabilimento Santoni, dove avvengono le principali lavorazioni e trattamenti superficiali delle fibbie grezze, si osserva che: oltre alla *Climate Change*, i cui effetti sull’ambiente sono palesemente rilevanti a livello mondiale e nazionale, spiccano anche altre tematiche ambientali (Ecotoxicity, Particulate, Resource use, ecc.). In particolare, analizzando in dettaglio i processi all’interno della fase “C”, si è compreso che il maggior impatto è attribuibile alle fasi di lavorazione della burattatura, della lucidatura, infine, all’insieme delle attività dei trasporti a carico della Santoni srl. Certamente il danno ambientale “Cambiamento Climatico” o *Climate Change* rappresenta un fattore importante per comprendere l’andamento dei consumi di energia lungo tutto il ciclo di vita, pertanto è stato scelto quale indicatore, particolarmente significativo degli impatti associati alla produzione e distribuzione della fibbia.

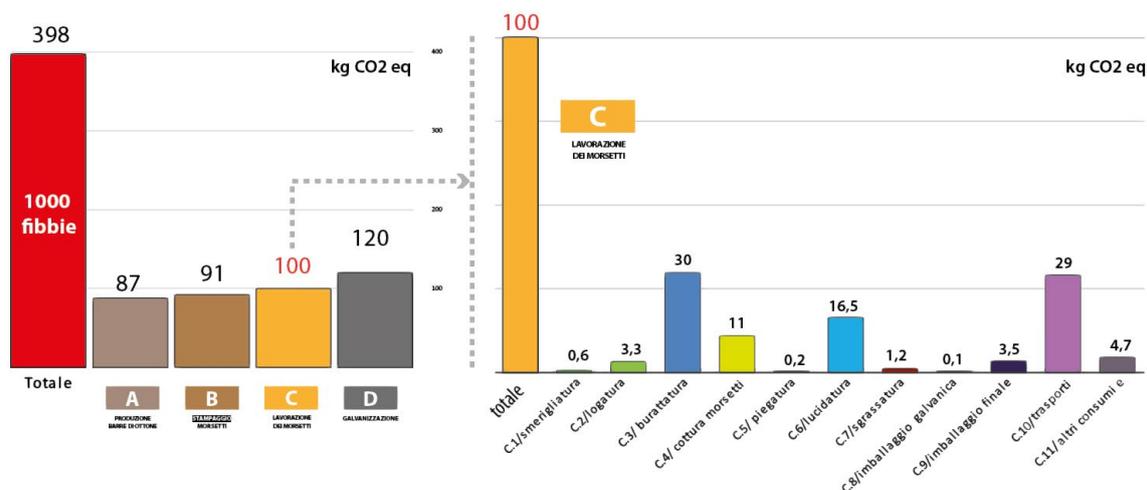


Figura 4. Grafico con i risultati della Climate Change, espressi in Kg CO₂ eq, associati ad ogni principale fase di produzione e lavorazione delle 1000 fibbie (macro-processi "A"+"B"+"C"+"D") e dettaglio delle singole fasi di lavorazione all'interno del macro-processo "C"

Dall'analisi degli impatti generati durante l'intero ciclo produttivo (Figura 4) si evidenzia come le fasi (macro-processi "A"; "B"; "D") fuori dal gate della Santoni sono quelle che generano la maggior parte dell'impatto, sia come emissioni di CO₂ che come "punteggio" secondo la metodologia EF.3.0.

L'interpretazione di quanto emerso nello studio è stata suddivisa in due parti:

1. Impatti generati nell'intero ciclo produttivo della fibbia
2. Impatti generati all'interno del ciclo produttivo della Santoni

Tale approccio si è reso necessario in quanto, nell'ottica di individuare azioni di miglioramento, appare evidente come, l'azienda responsabile della commercializzazione del prodotto, ossia la Santoni srl, possa intervenire sia direttamente sulle fasi di produzione che si svolgono all'interno del proprio stabilimento, che su quelle esterne, cercando di stimolare e influire sulle scelte di approvvigionamento di materie prime e di processi tecnologici dei propri fornitori in chiave di miglioramento ambientale. Infatti le attività svolte all'interno del processo di lavorazione della Santoni rappresentano circa il 29% del totale delle emissioni di CO₂; la parte predominante degli impatti avviene in realtà a monte del macro-processo "C", ossia per la produzione delle barre in ottone e lo stampaggio delle fibbie grezze, pari a circa il 36% di emissioni di CO₂; infine, una quota dal processo di galvanizzazione, pari a circa il 35% come emissioni di CO₂.

3. Identificazione di interventi di miglioramento e ottimizzazione ambientale

I risultati della LCA evidenziano alcune criticità rilevanti, imputabili soprattutto ai macro-processi "A"+"B"+"D", tuttavia i livelli di emissioni sono da ritenersi contenuti per alcune scelte sostenibili già intraprese dalle aziende della filiera. In particolare: la scelta di un fornitore di barre di ottone che utilizza ottone riciclato e con basso tenore di Pb; l'utilizzo di una quota dell'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico dello stabilimento della Santoni srl; la scelta di un processo di galvanizzazione che utilizza oro ricavato dalla filiera del riciclo dei rifiuti RAEE (Heini et al., 2019); l'avvio al riciclo, quando possibile, degli scarti di lavorazione generati all'interno dello stabilimento dell'azienda Santoni srl (dagli sfridi alle fibbie di scarto).

Dalle analisi degli impatti è stato possibile inoltre definire le azioni di ottimizzazione e miglioramento del prodotto, da implementare in futuro, in modo tale da incrementarne ulteriormente le performance in termini di sostenibilità e circolarità.

Di seguito vengono indicate le principali strategie, articolate in tre macro interventi:

- “Interventi di miglioramento ambientale dei processi interni allo stabilimento Santoni”: si auspica l’implementazione di mezzi di trasporto su gomma che prevedono l’alimentazione elettrica (anche per sfruttare la capacità di autoproduzione di energia elettrica documentata sul sito produttivo); si richiede di incrementare l’utilizzo di energia elettrica da fonti rinnovabili; si consiglia la sostituzione dell’attuale processo di sgrassatura con tecnologia ad ultrasuoni;
- “Interventi di miglioramento ambientale relativi al processo di trattamento superficiale alternativo alla galvanizzazione”: si consiglia la sostituzione del processo di galvanizzazione con processi a minor impatto ambientale, come la tecnologia Physical Vapor Deposition PVD (Bandinelli et al., 2021), per la quale si è stimata una riduzione della CO₂ di circa venti volte rispetto ai valori attuali. Tale trattamento necessita tuttavia di una calibratura per ottenere gli stessi standard qualitativi del prodotto, specialmente del colore;
- “Interventi di miglioramento ambientale del prodotto”: si consiglia di avviare un processo di redesign della fibbia che preveda l’adozione di strategie appropriate per la riduzione e l’ottimizzazione del materiale e in grado di mantenere al contempo, le stesse prestazioni qualitative e distintive dell’attuale prodotto.

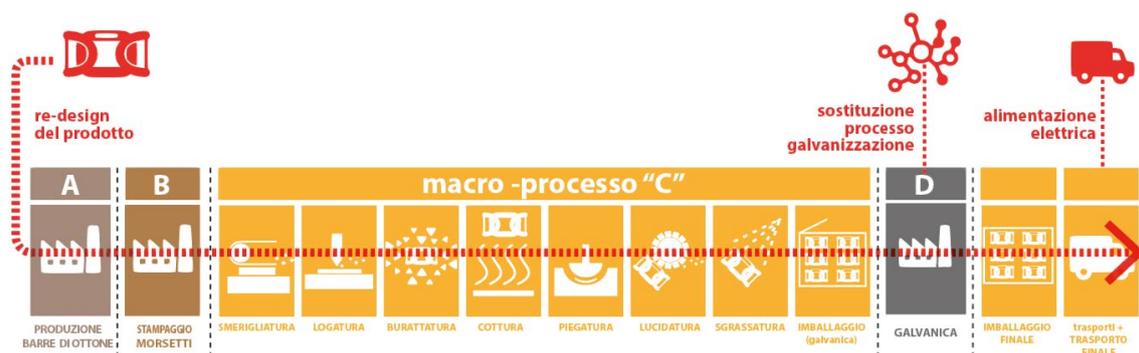


Figura 5. Principali interventi di ottimizzazione ambientale della fibbia

Alcune delle opzioni di proposte si limitano ad interventi di miglioramento su specifiche fasi, in particolare sulla fase di galvanizzazione e la fase dei trasporti. Sebbene già queste siano in grado di dare un importante risultato nella riduzione degli impatti, si ritiene che, un’azione di redesign ambientale che attraversa progettualmente tutte le attività mappate nel caso studio, porterebbe ad un maggiore contributo generando dei benefici “a cascata” su tutta la filiera produttiva, anche di tipo economico (Figura 5). Ad esempio, l’adozione di un intervento *Lightweighting* (Tempelman, 2014), sia come sostituzione di materiale con uno più leggero e meno energivoro, sia come minore utilizzo dell’ottone attraverso opportune strategie di eco-design, porterebbe ad una significativa riduzione delle risorse e, di riflesso, anche un contenimento dei costi finali per la produzione.

4. Conclusioni

Attraverso l’analisi condotta sulla fibbia è stato possibile sia apprendere le criticità ambientali legate ad un “semplice” accessorio moda, che validare lo stato dell’arte sulla complessità espressa dalla “filiera lunga” del settore calzaturiero del Made in Italy. In questo scenario si rileva il contributo

dell'azienda Santoni, quale attore virtuoso, per la promozione di un cambiamento di rotta attraverso l'adozione di pratiche sostenibili finalizzate a valutare e incrementare le performance ambientali dei propri prodotti. Questo è possibile sia con la scelta di fornitori green oriented, che attraverso l'impiego di nuove strategie di ecodesign. Infatti, un approccio di redesign ambientale, orientato alla riduzione di materiali e risorse, avrebbe una forte ricaduta su tutta la filiera, soprattutto se si considera che, attualmente, il rapporto tra il peso della singola fibbia e lo scarto generato per la sua produzione è vicino ad un valore pari a 1 (36g fibbia/34g di scarti). Infine, in uno scenario futuro, l'adozione di nuovi strumenti, quali software di ottimizzazione topologica, tecnologie produttive ad alta efficienza energetica e stampanti 3D, potrebbero incrementare ulteriormente i vantaggi ambientali su tutta la filiera coinvolta.

5. Ringraziamenti

Per il lavoro svolto si ringrazia il Dott. Claudio Santoni, titolare della Santoni srl di Montegiorgio, il Dott. Danilo Callisti, consulente interno all'azienda, e tutti i tecnici della filiera produttiva che hanno collaborato alla raccolta dei dati per lo studio di LCA.

6. Bibliografia

- APICCAPS, 2022. *The World Footwear 2022 Yearbook*. Copyright | World Footwear, viewed 31 Mar 2023, <https://www.worldfootwear.com/yearbook/the-world-footwear-2022-Yearbook/230.html>.
- Bandinelli, R, Fani, V, Bindi, R. 2021, Electroplating and PVD Finishing Technologies in the Fashion Industry: Perspectives and Scenarios. 13, 4453. <https://doi.org/10.3390/su13084453>
- Bertoldo, N, 2022. Ecoshoe: an Ecodesign tool to enhance environmental sustainability in the Footwear Industry. Milano. Politecnico di Milano.
- Heini, E, Sinisalo, P, Rintala, L, Aromaa, et al., 2019, Process simulation and gate-to-gate life cycle assessment of hydrometallurgical refractory gold concentrate processing. *The International Journal of Life Cycle Assessment* (2020) 25:456–477. <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01723-6>
- LIFE GreenShoes4All, 2020. Ecodesign Guide for Footwear Industry, viewed 26 Mar 2023, https://www.greenshoes4all.eu/OpenFile.asp?f=ECODESIGN_GUIDE&lang=en-GB&token=kfrimspw393jsdfsdfj23n53jknksd&i=2
- Quantis, 2018. *Measuring fashion 2018 : Environmental Impact of the Global Apparel and Footwear Industries Study*, viewed 26 Mar 2023, https://quantis.com/wp-content/uploads/2018/03/measuringfashion_globalimpactstudy_full-report_quantis_cwf_2018a.pdf
- Rossi, S, Marino, M, Baldo, G, 2009. *Analisi del ciclo di vita LCA. Gli strumenti per la progettazione sostenibile di materiali, prodotti e processi*. Edizione Ambiente.
- Sueyoshi, H, 2007. LCA of Manufacturing Lead-Free Copper Alloys, *Articolo in Materials Transactions*, DOI: 10.2320/jinstmet.71.885
- Tempelman, E, 2014. *Lightweight Materials, Lightweight Design?* in *Materials Experience - Fundamentals of Materials and Design*, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-099359-1.00018-7>

- Wernet, G, Bauer, C, Steubing, B, Reinhard, J, Moreno-Ruiz, E, and Weidema, B, 2016. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, [online] 21(9), pp.1218–1230. viewed 31 Mar 2023, <http://link.springer.com/10.1007/s11367-016-1087-8>
- Zottin, L, 2019. The environmental performance of footwear in an eco-friendly company and recommendations to increase sustainable value creation [Master Thesis, Universiteit Utrecht]. viewed 18 May 2023, <https://studenttheses.uu.nl/handle/20.500.12932/31850>

