UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE CHIMICHE

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE PER L'AMBIENTE

ANALISI DELL'IMPATTO DEL PROCESSO DI CONCIA DELLA PELLE TRAMITE APPROCCIO LIFE CYCLE ASSESSMENT

Relatore:

dott. Marco Berton

Laureando:

Andrea Reginato
2009594

Anno Accademico 2024/2025

Abstract

La produzione di cuoio è un'eccellenza italiana affermata ormai da anni, il pellame conciato in Italia, è destinato a molteplici usi: produzione di scarpe e stivali, capi per brand di lusso e sedili nell'ambito dell'automotive.

Si tratta dunque di una filiera molto sviluppata nella penisola, che contribuisce notevolmente al PIL italiano con l'esportazione di materiale considerato pregiato sia nell'immaginario collettivo che nella realtà

Il settore gioca anche un ruolo nella sostenibilità, riutilizzando un materiale considerato prodotto di scarto dal settore alimentare. La criticità nasce però dai processi utilizzati nel percorso che si intraprende per giungere al prodotto finito.

I volumi d'acqua e i prodotti chimici impiegati per la trasformazione della materia prima generano impatti ambientali significativi, motivo per cui è necessario intraprendere progetti che rendano il settore conciario più sostenibile, mantenendo la qualità del prodotto inalterata.

Lo studio svolto con metodologia Life Cycle Assessment mette in luce le categorie d'impatto colpite più duramente dai processi produttivi, così da poter indicare le priorità e la finestra d'azione per poter prendere i giusti e dovuti provvedimenti.

È stata fatta un'analisi per 11 categorie d'impatto: deplezione abiotica, deplezione abiotica (combustibili fossili), global warming, deplezione dello strato di ozono, tossicità umana, ecotossicità acquatica in acqua dolce, ecotossicità acquatica in acqua marina, ecotossicità terrestre, ossidazione fotochimica, acidificazione ed eutrofizzazione. L'unità funzionale utilizzata è stata $1m^2$ di pelle come prodotto finito.

I risultati portati dal lavoro svolto per questa tesi di laurea mostrano come le fasi di concia e riconcia (al cromo) siano le principali responsabili dell'impatto ambientale proveniente dalle concerie, causati principalmente dalle acque reflue e dal solfato basico di cromo.

Si è dunque ritenuto opportuno suggerire di lavorare su un miglioramento dell'efficienza di depurazione delle acque, per quanto riguarda le acque reflue; per il cromo invece, visto l'impossibilità di trovare un sostituto dalle stesse performance e

con lo stesso costo, è di vitale importanza sviluppare un metodo che permetta di riutilizzarlo dagli scarti delle concerie e dalle acque di scarico.

L'analisi dell'impatto del processo di concia della pelle tramite approccio Life Cycle Assessment è stata resa possibile grazie al supporto di "Spin 360" che ha fornito gratuitamente i dati per la creazione dell'inventario e lo sviluppo dello studio.

Abstract (english version)

Leather production has long been an established Italian excellence. Tanned leather in Italy is used in a wide range of applications, including footwear manufacturing, luxury fashion garments, and car seat upholstery in the automotive industry.

This is a well-developed supply chain within the country, contributing significantly to the national GDP through the export of a material widely regarded—both symbolically and in practice—as high-quality and prestigious. Moreover, the sector plays a role in sustainability by using a by-product from the food industry. However, the production processes involved raise notable environmental concerns, particularly due to high water consumption and the use of chemicals.

This study, carried out using the Life Cycle Assessment (LCA) methodology, identifies the environmental impact categories most affected by leather processing, in order to determine intervention priorities. The analysis considered 11 impact categories: abiotic depletion, abiotic depletion (fossil fuels), global warming, ozone layer depletion, human toxicity, aquatic ecotoxicity (freshwater and marine), terrestrial ecotoxicity, photochemical oxidation, acidification, and eutrophication. The functional unit chosen was 1 m^2 of finished leather.

The results show that the tanning and retanning phases, particularly those involving chromium, are the main contributors to the environmental footprint of tanneries, due primarily to wastewater and the use of basic chromium sulfate.

It is therefore recommended to focus on improving wastewater treatment efficiency. Regarding chromium, given the lack of cost-effective and equally performing alternatives, it is essential to develop methods for recovering and reusing it from tannery waste and wastewater.

This analysis was made possible thanks to the support of Spin 360, which provided the data needed for the life cycle inventory and assessment free of charge.

Indice

Introduzione 1
Capitolo 1 2
Il settore conciario 2
Processo di concia 3
Capitolo 2 11
Life Cycle Assessment (LCA) 11
Capitolo 3 15
Materiali e metodi 15
Risultati e discussione 19
Conclusioni 24
Bibliografia e Sitografia 26

Introduzione

Negli ultimi anni, il concetto di sostenibilità ambientale è diventato un tema particolarmente caldo per la politica, l'economia e le aziende che producono beni per consumatori terzi. Lo sviluppo sostenibile permette di soddisfare le esigenze della generazione odierna senza compromettere quelle delle generazioni future.

Nella Valle del Chiampo, in particolare ad Arzignano (VI), c'è un'alta concentrazione di industrie conciarie, tanto da ricevere a ottobre 2021 il marchio registrato presso il Ministero dello Sviluppo Economico di "capitale della pelle" che identifica la città come polo di eccellenza nella lavorazione delle pelli e della sua relativa filiera.

In generale l'industria conciaria italiana è un settore rinomato a livello mondiale per l'alta qualità, l'innovazione e la creatività nella produzione di pellame.

In onore dell'importanza di questo settore, la presente tesi tratterà un'analisi ambientale con il metodo di Life Cycle Assessment (LCA) del settore conciario, più precisamente da quando la pelle grezza giunge in conceria fino al prodotto finito.

La tesi è suddivisa in tre capitoli, i quali sono rispettivamente (I) una panoramica sulla filiera italiana e un approfondimento sulle varie fasi in cui si articola l'intero processo, (II) l'introduzione della metodologia LCA, come si sviluppa e la sua utilità per le aziende, (III) materiali e metodi utilizzati per svolgere l'analisi in cui è compresa l'interpretazione dei risultati ottenuti.

Con questo lavoro è stato possibile rilevare le criticità ambientali che concernono il settore conciario e dai risultati ottenuti avanzare delle possibili soluzioni per le problematiche in cui il settore impatta maggiormente.

Capitolo 1

Il settore conciario

L'industria conciaria italiana è storicamente considerata leader mondiale in termini di valore (63% a livello UE, 24% sul totale mondo), e livello di internazionalizzazione, per l'elevato sviluppo tecnologico e qualitativo, lo spiccato impegno ambientale e la capacità innovativa in termini di design stilistico. Come riportato sul sito dell'Unione Nazionale Industria Conciaria il settore impiega oltre 18 mila addetti in più di 1.100 aziende, per un fatturato annuo pari a 4,6 miliardi di euro (70% destinato all'export). [1] La concia italiana è un esempio del successo del modello distrettuale che tradizionalmente caratterizza una gran parte dell'economia manifatturiera nazionale. Oltre il 95% della produzione si concentra all'interno di comprensori produttivi territoriali, che nel tempo hanno sviluppato, nonché migliorato per necessità di adeguamento al mercato, le loro caratteristiche peculiari in termini di prodotto e processo. Queste aziende si concentrano prevalentemente in tre grandi distretti industriali: il distretto veneto, concentrato nella valle del fiume Chiampo (provincia di Vicenza), il distretto toscano, soprattutto in provincia di Pisa e Firenze, e il distretto campano, con molte aziende localizzate nelle province di Avellino e Napoli.[1]

L'industria conciaria ha come obiettivo primario quello di trasformare le pelli animali in prodotti a utilizzo commerciale, ergo, tale settore si è sempre caratterizzato per una stretta relazione con il settore della produzione di carne, e nello specifico dell'allevamento bovino, essendo i bovini la fonte primaria della materia prima iniziale. Tale relazione si basa sul fatto che la pelle è uno dei sottoprodotti che verrebbe scartato e portato in discariche in seguito alla macellazione dei bovini. Ogni anno, nel mondo, le concerie recuperano complessivamente circa 1.700 kmq di pelle grezza (pari a 8 milioni di tonnellate), il cui smaltimento come rifiuto produrrebbe 5 milioni di tonnellate di gas serra (stime sulla base di dati UNIDO)[1]

Processo di concia

Il processo produttivo conciario è molto complesso ed è costituito da un alternarsi di operazioni chimiche e meccaniche. Tutte le operazioni chimiche, fino alla rifinizione, sono condotte con l'impiego di acqua ed in un reattore tipico della conceria detto bottale, sostanzialmente costituito da un cilindro ruotante intorno al proprio asse nel quale vengono immesse le pelli, l'acqua ed i prodotti chimici necessari. Nel libro Tecnologia Conciaria di Umberto Sammarco vengono accuratamente riportate le procedure, la chimica e gli scopi di ogni step produttivo:[2]

- Rinverdimento: consiste nel trattare la pelle con acqua, biocida e con piccole quantità di prodotti chimici (tensioattivi, sali basici, enzimi). Nel rinverdimento viene ripristinato il normale contenuto idrico della pelle, che ha perso l'acqua in seguito ai processi di conservazione e vengono eliminati il sale (nel caso di pelli salate), sporco, sangue, sterco, altre sostanze contenute nella pelle e non utili o dannose per il processo conciario. L' acqua assorbita, soprattutto in presenza di sale, solubilizza le proteine interfibrillari, che tengono incollate le fibre fra di loro. L' allontanamento delle proteine interfibrillari rende più agevole la penetrazione dell'acqua in tutta la sezione della pelle che diventa flaccida e flessibile. Essa assume la condizione ideale affinchè i processi successivi di degradazione idrolitica del pelo e dell'epidrmide avvengano correttamente e si ottenga al contempo un cuoio conciato uniformemente, morbido e di buone resistenze meccaniche. Sono responsabili di durata e di efficienza fattori come l'impiego di determinati ausiliari chimici, valori di temperatura, di pH e l'azione meccanica.

- Calcinaio-depilazioni: consiste nel trattare le pelli con solfuro di sodio, solfidrato di sodio e idrossido di calcio; per eliminare il pelo e l'epidermide. Il solfuro e il solfidrato vengono impiegati come agenti depilanti, la calce invece per la sua capacità di allentare e aprire l'intreccio fibroso. La depilazione elimina il pelo e l'epidermide, la calcinazione invece provoca

l'allentamento e la separazione delle fibre collageniche. La modificazione della reattività del collagene nei confronti dei sali di cromo e di altre sostanze chimiche impiegate nel settore è un'altra prerogativa dell'operazione del calcinaio. I processi di depilazione e di rilassamento strutturale del collagene sono sinergici in quanto, la prima concorre anche a regolare l'apertura dell'intreccio fibroso, mentre la seconda rafforza la depilazione e l'espulsione delle cheratine epidermiche e pilifere degradate. L'apertura della struttura fibrosa è determinata dal gonfiamento controllato del collagene e dalla rimozione idrolitrica delle proteine interfibrillari, di conseguenza le sostanze chimiche concianti, ingrassanti e coloranti possono penetrare agevolmente all' interno della pelle. Dal grado di apertura della struttura dermica dipendono molte proprietà del cuoio finito: la fermezza del fiore, l'elasticità, la morbidezza, pienezza, resistenze meccaniche ecc.

- Scaranatura: è la prima operazione meccanica con la quale vengono asportati il grasso ed i tessuti residui rimasti aderenti alla pelle dopo la scuoiatura.

- Spaccatura: per le pelli con elevato spessore, viene effettuata la spaccatura, che consiste nel dividere la pelle in due o più strati per ridurne lo spessore al valore voluto. Lo strato inferiore costituisce la crosta, quello superiore il fiore.

- Decalcinazione: è un'operazione chimica per eliminare la calce, il solfuro, la turgidità e il gonfiamento della pelle prima della concia. In questo stadio le pelli si presentano con un pH di 12.0-12.5, che dovrà essere abbassato a valori compresi tra 7.8 e 8.5; inoltre nella fase di decalcinazione, che viene espletata nello stesso bagno della macerazione è volta anche a purificare l'intreccio collagenico. Il processo si effettua con l'impiego di acidi organici deboli e/o con sali a reazione acida. I prolungati lavaggi con acqua prima della decalcinazione, rimuovono dalla pelle la calce indisciolta dalla

superficie e parte di quella depositata a livello fisico tra le fibre della stessa, questo provoca un primo sgonfiamento della pelle. Lo ione Ca^{2+}, legato chimicamente ai gruppi carbossilici del collagene, non viene allontanato con semplici lavaggi, ma si elimina solo con l'impiego di sostanze a reazione acida la cui Ka, sia maggiore di quella dei gruppi carbossilici della proteina della pelle ($10^{-3.5}$), oppure con alcuni acidi deboli che manifestano una capacità complessante nei confronti degli ioni Ca^{2+}. L' eliminazione del calcio e dell'alcalinità fa retrocedere il gonfiamento osmotico e l'acqua che l'aveva prodotto fuoriesce all'esterno; lo sgonfiamento viene incrementato dall'elevata temperatura del bagno di decalcinazione (37-38°C). Nella produzione di articoli caratterizzati da grande morbidezza, come arredamento e abbigliamento, la decalcinazione dev'essere completamente attraversata, in modo da eliminare totalmente la calce e di permettere al macerante, nella fase successiva, di esplicare la sua attività nell'intera sezione.

- Macerazione: nel corso della macerazione si verifica una proteolisi enzimatica nei confronti delle sostanze non collageniche rimaste dopo il calcinaio (il collagene, per le modalità con cui viene eseguita l'operazione non viene attaccato). Al termine del calcinaio e della depilazione, nella pelle sono ancora presenti residui di epidermide, idrolizzata e non rimossa, residui di pelo intrappolati nel bulbo pilifero, una parte di proteoglicani, di proteine globulari solubili e di grasso naturale. L'eliminazione di questi residui, oltre alla lieve idrolisi della parte terminale dei telopeptidi, operata congiuntamente dall'azione degli enzimi e dall'operazione meccanica di rotazione del bottale, porta alla pulizia del fiore e ad un maggior rilassamento della pelle, inoltre viene anche aumentata la morbidezza.

- Piclaggio: è l'operazione di preparazione alla concia, alla fine della quale la pelle si può considerare un intreccio fibroso proteico purificato su cui in seguito verrà prodotto il cuoio con le caratteristiche qualitative volute.

Avviene in ambiente acido, in presenza di NaCl, allo scopo di far retrocedere la dissociazione dei gruppi carbossilici delle catene laterali del collagene. Il pH del bagno arriva a valori generalmente compresi tra 2.7 e 3.2, il sale viene aggiunto per evitare il rigonfiamento acido mediante osmosi. Vengono impiegati acido formico e acido solforico, la forte acidificazione inoltre rimuove i residui di calcio legato ai gruppi carbossilici della pelle, che non è stato completamente solubilizzato in decalcinazione. A questi valori di pH gran parte dei gruppi carbossilici sono indissociati e pertanto mostrano una scarsa reattività nei confronti del solfato basico di cromo al 33% di basicità, (il composto di cromo usato comunemente in concia). La diminuzione della reattività favorisce la penetrazione uniforme del cromo all' interno della sezione.

- Concia: la concia consiste nel trattare la pelle con agenti concianti, che sono in grado di legarsi chimicamente alla pelle rendendola imputrescibile. La pelle conciata dovrebbe sempre essere chiamata cuoio ma in Italia nell'uso comune il termine cuoio viene preferenzialmente attribuito a cuoi spessi e rigidi, come il cuoio suola e per cinture, mentre si usa il termine pelle per cuoi più sottili e morbidi come per abbigliamento, pelletteria. L'unica definizione rigorosa di concia è la conversione di un materiale organico putrescibile in un materiale stabile che resiste alla putrefazione da parte di batteri mediante una reazione irreversibile.

- Concia al cromo: nel corso degli anni la concia al cromo, ha assunto un ruolo sempre più importante fino ad essere applicata per la quasi totalità degli articoli prima prodotti con la concia al vegetale, la quale origine molto più remota. La superiorità della concia al cromo nei confronti degli altri sistemi concianti si deve ad una serie di motivi, tra i quali: elevata stabilità idrotermica, maggiore di 100°C, grade versatilità nella produzione di svariati tipi di articoli, eccellenti qualità merceologiche degli articoli prodotti (morbidezza, tingibilità, finezza del fiore, elevate proprietà

meccaniche), la facilità di esecuzione e il costo competitivo. La preparazione alla concia incomincia con l'acidificazione della pelle in presenza di NaCl, alla quale fa seguito l'impregnazione in tutta la sezione ad opera delle soluzioni concianti di solfato basico di cromo. Successivamente si ridurrà gradualmente l'acidità del bagno e della pelle. L'aumento del pH del liquore conciante produce un doppio effetto:

-Il catione complesso del cromo viene messo in condizione di reagire con i gruppi carbossilici del collagene, che a pH maggiori si trovano nella forma dissociata

-Il catione cromo, all'aumentare del pH, ingrossa la molecola ed è in grado di instaurare legami trasversali, perdendo la sua solubilità in acqua.

Attraverso questa doppia azione, le pelli si impregnano di cromo in modo che non potrà più essere rimosso dall'azione dell'acqua e di soluzioni diluite di acidi e basi. Il cromo si situerà così nella sostanza dermica stabilmente attraverso legami chimici e al tempo stesso sarà presente nell' intreccio fibroso sottoforma di depositi aspecifici, senza alcun legame chimico con la proteina della pelle. Per effetto di tale incorporazione del cromo, le proprietà fisiche della pelle subiscono modificazioni, e precisamente:

-Le fibre si irrigidiscono e di conseguenza, dopo asciugamento, non si incolleranno più l'una sull'altra in forma compatta, senza lasciare interstizi. Ne risulterà invece un intreccio fibroso poroso

-La pelle non subirà trasformazioni in acqua bollente contrariamente a quanto avviene per il collagene non conciato, resisterà all'azione dei microrganismi e degli enzimi da loro prodotti.

La concia al cromo, pur tuttavia, pone problemi di ordine ecologico per il fatto che circa un terzo del conciante offerto alle pelli rimane inesausto nel bagno di fine concia. L'efficacia del riciclaggio del bagno di una concia convenzionale, da solo, non è apprezzabile per risolvere il problema, il cromo non legato chimicamente, ma assorbito dalla pelle a livello fisico, si ritroverà nei fanghi di depurazione, che per questo motivo devono essere disposti in discariche autorizzate; inoltre è stato dimostrato che il cromo

contenuto nelle pelli, in determinate condizioni, sotto l'azione della luce e/o del calore si può ossidare a cromo esavalente. Alla luce di queste evidenze, la risoluzione del problema ambientale legato alla concia al cromo non è risolvibile in toto migliorando l'esaurimento dei bagni di fine concia.

- Neutralizzazione: è un processo successivo alla concia al cromo, per effetto del quale si registra una diminuzione dell'intensità della carica positiva sulla superficie del cuoio al cromo e in modo più o meno profondo della sezione. Senza ridurre il carattere cationico, i riconcianti, i coloranti e gli agenti ingrassanti, a carica anionica, si legherebbero al cuoio in superficie e non penetrerebbero affatto o non a sufficienza nella sezione del cuoio, si distribuirebbero disuniformemente, potrebbero quindi sovraccaricare il fiore e di conseguenza si verificherebbe tutta una serie di effetti negativi. La neutralizzazione provoca alcalinizzazione nel cuoio grazie all'eliminazione dell'acido, che può essere libero nella pelle o essere separato per idrolisi. Il valore del pH del cuoio può essere controllato anche in sezione, nel corso del processo, con indicatori adatti come, ad esempio il verde di bromocresolo.

  Nella fase di neutralizzazione ha luogo una serie di reazioni:

  -quella di doppio scambio tra l'acido solforico e i sali alcalini di acidi più deboli (carbonato, formiato, acetato ecc.)

  -la sostituzione dei gruppi solfato dei composti di coordinazione di cromo con anioni complesso-affini, presenti nelle molecole degli agenti neutralizzanti o con ioni OH^- che modificano la basicità dei complessi di cromo.

  Il grado di neutralizzazione delle pelli, che deve essere accordato alle caratteristiche dell'articolo che si vuole produrre, in generale non deve essere né troppo debole né eccessivamente forte.

- Riconcia: Con la riconcia vengono migliorate sensibilmente alcune proprietà del cuoio come la resistenza al calore, al sudore e le proprietà fisiche in

generale. Questi risultati si ottengono grazie ad una forte riconcia con tannini vegetali delle pelli conciate al cromo.

- Tintura: il colore è una caratteristica estetica del cuoio molto importante, esso viene tinto con l'applicazione in bagno acquoso di coloranti organici solubili. La molecola del colorante si fissa tanto sulla superficie del cuoio quanto nella sua intera sezione. Questo processo per la varietà e la complessità dei parametri applicati presenta una serie di difficoltà: risulta impossibile ottenere il grado di purezza e uniformità di tono che si raggiunge su un materiale tessile sintetico. Quasi tutti gli articoli tranne poche eccezioni come alcuni cuoi al vegetale, che esibiscono il loro look al naturale, vengono tinti.

- Ingrasso: l'ingrasso ha la finalità di isolare le fibre collageniche attraverso la deposizione tra di esse di sostanze chimiche, di carattere oleoso, capaci di conferire al cuoio una morbidezza permanente. Un'operazione appropriata di ingrasso migliora la resistenza del fiore alla screpolatura, allo strappo e alla trazione. Dall'ingrasso dipendono svariate proprietà, tra cui la pienezza, la fermezza del fiore, il tatto superficiale, l'odore la permeabilità all'aria e al vapore acqueo ecc. Le dimensioni delle particelle delle sostanze ingrassanti devono essere tali da non subire fenomeni di migrazione all' interno dell'area interfibrillare e al contempo non devono superare una determinata grandezza per essere in grado di penetrare agevolmente nella sezione della pelle. Vengono applicati agenti ingrassanti di origine naturale come oli di pesce e altri sintetici. I primi sono esteri costituiti da acidi grassi e glicerina, mentre i secondi derivano dai prodotti separati dalla raffinazione del petrolio o da sintesi.

- Essiccazione: Il cuoio alla fine di queste operazioni contiene ancora un'elevata quantità di acqua che deve essere eliminata. L'asciugatura in base

al prodotto finale richiesto può essere essiccata al telaio bagnato, con messa a vento, sottovuoto, in tunnel a bastoni su telai a pinze ecc.

- Rifinizione: È una delle fasi più complicate dell'intero ciclo della lavorazione del cuoio, a causa dell'elevato numero dei prodotti impiegati, dalle innumerevoli tecniche applicative e soprattutto per la necessità di assicurare alla pelle finita molti requisiti. In sostanza si prefigge di contribuire alla nobilitazione di un prodotto naturale, cui deve anche conferire una serie di caratteristiche che lo rendano idoneo alla sua destinazione d'uso. In base alle sostanze utilizzate e l'ausilio di determinate azioni meccaniche si possono mettere a punto vari tipi di rifinizione, ciascuno con specifiche caratteristiche e finalità. La rifinizione deve conferire alla pelle le seguenti proprietà: copertura dei difetti naturali della pelle ed eventuali difetti di lavorazione, la tonalità del colore deve essere perfettamente uguale a quella richiesta dal cliente, il grado di lucido deve essere adeguato, lo strato finale deve proteggere la pelle dall'azione dell'umidità, dei prodotti chimici e dall'azione dello sporco, il tatto superficiale deve essere secco oppure naturale, setoso, ceroso, untuoso o ancora con mano frenante a seconda delle esigenze.

Capitolo 2

Life Cycle Assessment (LCA)

La valutazione del ciclo di vita, dall'inglese Life Cycle Assessment (LCA), secondo la definizione proposta dalla SETAC (Society of Enviromental Toxicology and Chemistry), è una metodologia che permette di valutare i carichi ambientali associati ad un prodotto, processo o attività, identificando e quantificando i consumi di materia ed energia e le emissioni nell'ambiente.

La metodologia si basa su un approccio sistematico definito from cradle to grave, cioè "dalla culla alla tomba": il prodotto, processo o servizio, è analizzato in ogni fase della sua vita, dall'estrazione e trasformazione delle materie prime, attraverso la produzione, il trasporto e l'utilizzo, fino al riciclo o allo smaltimento. Attraverso uno studio LCA è quindi possibile individuare le fasi in cui si concentrano maggiormente le criticità ambientali, i soggetti che dovranno farsene carico (produttore, utilizzatore ecc.) e le informazioni necessarie per realizzare gli interventi di miglioramento. Da un punto di vista generale, in campo industriale questo strumento consente all'azienda di analizzare le caratteristiche delle proprie attività operative nell'ottica del loro adeguamento alle norme di legge e agli standard di riferimento, sia vigenti sia proposti per il futuro. Si tratta pertanto di uno strumento adatto a perseguire iniziative di sviluppo sostenibile, permettendo di valutare, in un'ottica di bilancio complessivo del processo, gli impatti ambientali potenziali connessi all'introduzione di innovazioni tecnologiche o di processo in un ciclo produttivo, quale ad esempio la sostituzione di un prodotto chimico.

L'LCA può essere applicata da associazioni di categoria come valido strumento di ricerca e sviluppo e, successivamente, di comunicazione dei risultati ambientali di settore. In tal modo i risultati dell'analisi consentono la promozione di un comparto produttivo anche in termini di azioni intraprese a favore della tutela ambientale.

Le applicazioni del metodo LCA sono molteplici e in generale l'impiego principale ha soprattutto una funzione di supporto nei processi decisionali relativi a investimenti, sviluppo e confronto tra diversi prodotti, pianificazione gestionale. Il soggetto

utilizzatore può essere un'industria, un ente pubblico o un'organizzazione non governativa.

Si possono definire tre ambiti d'applicazione preferenziali:

- progettazione, ricerca e sviluppo;
- confronto tra prodotti esistenti e alternative di progetto;
- divulgazione di informazioni ed educazione di consumatori.

L'LCA è utilizzata dalle aziende essenzialmente per valutare strategie di gestione, incrementare le prestazioni ambientali di un prodotto, per progettarne di nuovi o migliorare quelli esistenti, aumentando i vantaggi competitivi, in questa direzione quindi non va sottovalutato il potenziale dell'LCA nell'accelerare i cambiamenti interni di un'impresa [3]

L'industria della pelle sta affrontando nuove tendenze nei modelli di produzione e consumo a causa delle preoccupazioni della società. L'economia circolare propone una transizione dall'attuale modello economico a uno più sostenibile, in cui i rifiuti vengono eliminati e le risorse vengono riutilizzate e riciclate il più a lungo possibile. In questa transizione, la valutazione del ciclo di vita (LCA) è uno strumento importante per aiutare il processo decisionale.

L'industria conciaria ha importanti sfide da affrontare: aumentare la sostenibilità e la trasparenza nella catena di fornitura e rafforzare la bellezza della pelle. Affrontare queste sfide da una prospettiva del ciclo di vita potrebbe permettere all'industria della pelle a prosperare nel prossimo futuro.

La metodologia LCA è descritta negli standard ISO 14040 e ISO 14044. Si compone di 4 fasi principali: definizione dell'obiettivo e dell'ambito, analisi dell'inventario, valutazione dell'impatto e interpretazione dei risultati.

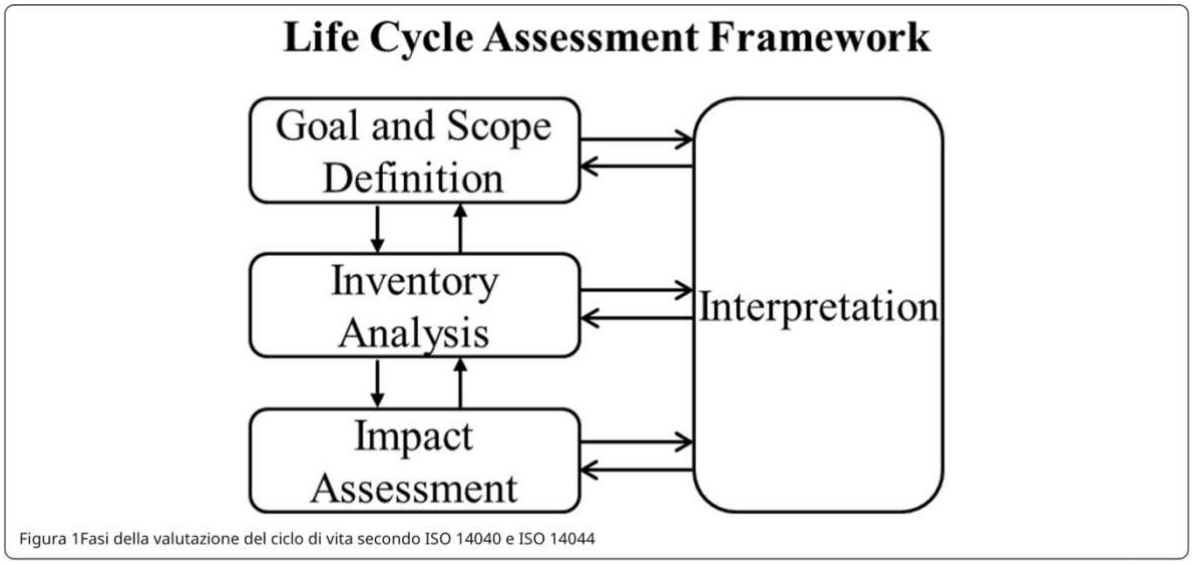

Figura 1Fasi della valutazione del ciclo di vita secondo ISO 14040 e ISO 14044

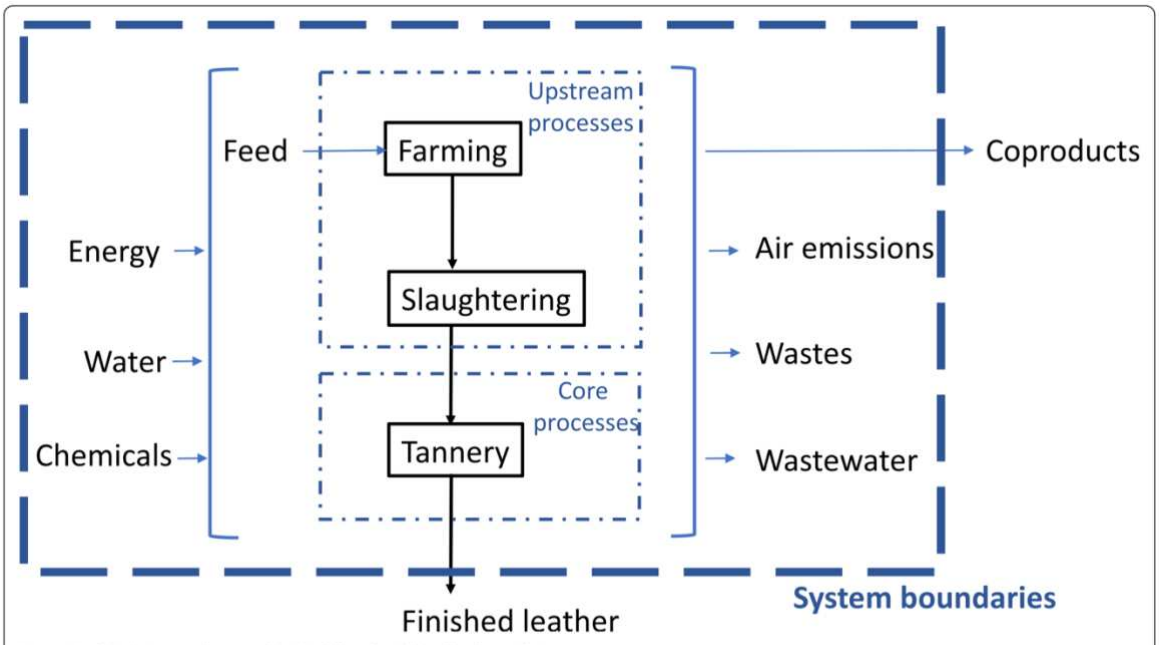

Figura 2Confini di sistema di uno studio LCA della pelle "dalla culla al cancello"

A. Definizione degli obiettivi e del campo di applicazione: Questa fase stabilisce lo scopo della valutazione e il prodotto o servizio che deve essere analizzato. In questa fase, vengono definiti gli obiettivi della valutazione, il pubblico a cui è destinata e il campo di applicazione. Inoltre, si stabiliscono i criteri di selezione dei dati e le fonti di informazione.

B. Analisi dell'inventario del ciclo di vita: In questa fase, si effettua la raccolta dati sulle materie prime, l'energia e le emissioni associate al prodotto o servizio. Questi dati vengono utilizzati per creare un inventario del ciclo di vita, che rappresenta tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto o servizio, dalla produzione alla gestione dei rifiuti. L'inventario del ciclo di vita può essere suddiviso in tre categorie: input, output e sistema di gestione.

C. Valutazione degli impatti del ciclo di vita: In questa fase, si compie l'analisi degli effetti ambientali associati al prodotto o servizio. Questa fase si basa sull'inventario del ciclo di vita creato nella fase precedente e utilizza metodi di valutazione degli impatti per analizzare gli effetti ambientali. Gli impatti ambientali possono essere suddivisi in diverse categorie, come l'effetto serra, l'acidificazione, l'eutrofizzazione, la tossicità e la degradazione del suolo.

D. Interpretazione dei risultati: In questa fase, viene fornita una valutazione complessiva degli impatti ambientali e delle possibili soluzioni per migliorare le prestazioni ambientali. I risultati della valutazione degli impatti del ciclo di vita vengono interpretati in relazione agli obiettivi della valutazione e al campo di applicazione. In questa fase, si giunge anche identificate le aree di miglioramento e le possibili soluzioni per migliorare le prestazioni ambientali del prodotto o servizio.[4]

Capitolo 3

Materiali e metodi

Per poter svolgere l'analisi, ottenere i seguenti risultati e poter fare le considerazioni, è stato necessario intraprendere un percorso di raccolta di dati, sfociato verso un'azienda che si occupa di innovazione sostenibile.

L'azienda in questione è "Spin 360", la quale sviluppa e implementa soluzioni competitive su misura che supportano gli stakeholder nel loro processo di transizione sostenibile, elaborando piani strategici, azioni operative e monitoraggio delle performance per il miglioramento continuo.

Da quasi vent'anni l'azienda opera attivamente nel settore della pelle, offrendo servizi specializzati di Life Cycle Assessment e Corporate Carbon Footprint per gli attori della filiera conciaria, e guidando progetti innovativi nel settore.[5]

Spin 360 ha gentilmente fornito dei dati basati su medie aziendali (per non trasgredire a politiche di riservatezza aziendale) per la stesura della presente tesi di laurea.

I dati sono suddivisi per le varie fasi del processo conciario, rispettivamente: lavori di riviera (che comprendono i processi dal rinverdimento alla macerazione), concia, riconcia, rifinizione e generali, i quali comprendono tutti i costi per il mantenimento dell'azienda.

Per le varie fasi, invece, vengono riportati i dati dei seguenti input: acqua assegnata, energia termica, energia elettrica, trasporti, acqua reflua e prodotti chimici, in particolare scomposti in solfidrato di sodio, cloruro di sodio, solfato basico di cromo con formiato, solfato d'ammonio, acido formico, bicarbonato di sodio, formiato di sodio, coloranti e resine poliuretaniche.

Le categorie di impatto analizzate sono riportate nella tabella 1

Categoria d'impatto	Unità
Deplezione abiotica	Kg Sb eq
Deplezione abiotica (combustibili fossili)	MJ
Global warming (GWP 100a)	Kg CO_2 eq
Deplezione strato di ozono (ODP)	Kg CFC-11 eq
Tossicità umana	Kg 1,4-DB eq
Ecotossicità acquatica in acqua dolce	Kg 1,4-DB eq
Ecotossicità acquatica in acqua marina	Kg 1,4-DB eq
Ecotossicità terrestre	Kg 1,4-DB eq
Ossidazione fotochimica	Kg C_2H_4 eq
Acidificazione	Kg SO_2 eq
Eutrofizzazione	Kg PO_4^{3-}

Tabella 1. Categorie d'impatto analizzate

In accordo con le quattro fasi del metodo LCA è stato scelto un obbiettivo (A), è stata fatta un'analisi dell'inventario del ciclo di vita (B), si è compiuta una valutazione degli impatti del ciclo di vita (C) e sono stati interpretati i risultati (D).

A. L' obbiettivo, è stato scelto per via dell'entità della lavorazione della pelle nel territorio italiano, in particolare nella Valle del Chiampo. Una realtà molto vicina e concreta, che genera una serie di output inquinanti. Lo scopo della valutazione è di evidenziare quali sono le fasi che impattano maggiormente nell'ambiente e quali sono le fonti principali di inquinamento, così da rendere più chiari i punti nevralgici su cui lavorare per un'industria conciaria più sostenibile. Introdurre cambiamenti di questo genere è estremamente importante per le concerie italiane, che necessitano di stare al passo con il ritmo della globalizzazione, la competitività e le richieste sempre più frequenti di un prodotto sostenibile, mantenendo inalterata la qualità del prodotto finito riconosciuta a livello mondiale. Le voci analizzate e i dati raccolti, forniti da "Spin 360", sono sulla

base degli input inquinanti più rilevanti nel processo di trasformazione della pelle (da grezza a finita); sono state inoltre approfondite le varie fasi e i prodotti impiegati che portano alla metamorfosi della materia prima.

B. Per quanto riguarda l'inventario invece, sono stati suddivisi gli input produttivi nelle diverse fasi di lavorazione (riviera, concia, riconcia, rifinizione, costi energetici generali), con un valore assegnato per ogni input/fase di lavorazione sulla base del loro impiego medio nelle concerie. L'analisi non tratta ciò che sta al di fuori dell'industria conciaria, non verranno per cui riportati dati antecedenti all' arrivo delle pelli grezze nelle aziende (allevamento, macello e trasporti prima dell'arrivo dei capi in conceria). Più precisamente vengono presi in esame i volumi d'acqua impiegati, i prodotti chimici scomposti singolarmente, i vari tipi di energia necessari alle aziende (energia termica, energia elettrica) e i trasporti che avvengono tra le varie industrie: le concerie non necessariamente si prendono carico dell'intera lavorazione della pelle, spesso le pelli vengono portate a terzisti specializzati in determinate fasi, che offrono il servizio della lavorazione (ad esempio, un'attività può occuparsi esclusivamente di rifinizione per terzi, oppure solamente dello stoccaggio e vendita e affidare le lavorazioni ad altre aziende), ergo, i trasporti in questo caso sono stati calcolati e introdotti nell'analisi.

C. Mediante un foglio di calcolo sono stati determinati numericamente gli input, per ogni fase di lavorazione è stata moltiplicata la quantità di input usato per la produzione di $1m^2$ di pelle per il fattore numerico della categoria d'impatto disponibile nel database Ecoinvent v3.8(Wernet et al., 2016)[6] associato al software SimaPro v9.3, è stato così possibile ottenere il valore per m^2 per ogni categoria d'impatto. Non è stato possibile analizzare i seguenti prodotti chimici: idrossido di calcio, biocida, acido ossalico e polimeri acrilici. Per questi composti, un valore d'impatto da Ecoinvent è stato ricavato usando i valori forniti per un'unità di composto chimico generico (organico o inorganico).

D. L'ultimazione dell'analisi dell'inventario del ciclo di vita ha permesso di compiere una valutazione degli impatti. È stata fatta in primo luogo una somma di tutti i contributi da parte dei vari input per singola categoria d'impatto. La somma è stata possibile grazie alla conversione dei singoli impatti contribuenti a una stessa categoria d'impatto nell'unità propria della categoria stessa (esempio: anidride carbonica, metano e protossido di azoto contribuiscono all'immissione di gas serra in atmosfera, ma con potenziale differente, tale potenziale è tenuto conto nella loro conversione all'unità comune della categoria, cioè CO_2-eq). Per eseguire la conversione, è stato utilizzato il metodo CML-IA (CML, 2016).[7]

Risultati e discussione

Categoria d'impatto	Unità	Impatto totale per m^2 di pelle
Deplezione abiotica	Kg Sb eq	$7,17x10^{-4}$
Deplezione abiotica (combustibili fossili)	MJ	486,94
Global warming (GWP 100a)	Kg CO_2 eq	45,036
Deplezione strato di ozono (ODP)	Kg CFC-11 eq	$3,69x10^{-6}$
Tossicità umana	Kg 1,4-DB eq	64,50
Ecotossicità acquatica in acqua dolce	Kg 1,4-DB eq	3,86
Ecotossicità acquatica in acqua marina	Kg 1,4-DB eq	18606,50
Ecotossicità terrestre	Kg 1,4-DB eq	0,66
Ossidazione fotochimica	Kg C_2H_4 eq	$1,21x10^{-2}$
Acidificazione	Kg SO_2 eq	0,304
Eutrofizzazione	Kg PO_4^{3-}	0,78

Tabella 2.

Risultati analisi LCA, per l'unità funzionale utilizzata (1m^2 di pelle).

La tabella 2 mostra i risultati ottenuti dell'analisi LCA, per m^2 di pelle. Circa le categorie d'impatto maggiormente utilizzate in letteratura, l'analisi ha riportato che la produzione di 1 m^2 di pelle è responsabile di circa 45kg CO_2-eq (global warming), di 0,3 kg SO_2-eq (acidificazione) e l'uso di 487 MJ di energia da fonti fossili. Di considerevole valore anche l'ecotossicità acquatica in acqua marina (18606,50 kg 1,4-DB eq/m_2 di pelle). Rispetto a quest'ultima, un contributo importante è dato dal cromo (III) più precisamente ai complessi di cromo (III) che vengono impiegati in concia e riconcia.

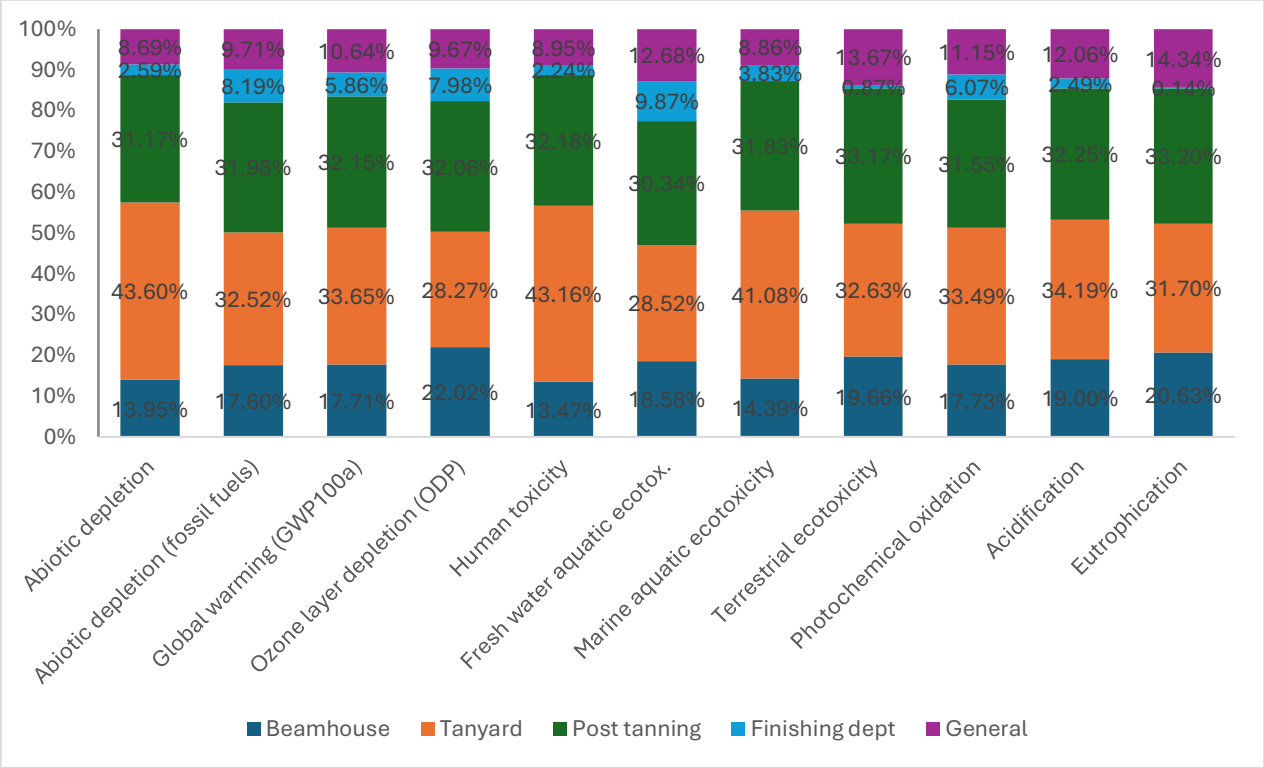

Figura 1. Hotspot analysis per fase produttiva e per categoria d'impatto

Osservando il contributo delle diverse fasi produttive (figura 1), si evidenzia come le fasi di concia (tanyard) e riconcia (post tanning) siano le maggiori responsabili dell'impatto finale in tutte le categorie d'impatto (28-43% la prima 30-33% la seconda). Questo è di interesse in quanto si evidenziano le fasi dove intervenire in modo prioritario al fine di implementare pratiche innovative volte a mitigare l'impatto ambientale di tale sistema produttivo.

Intraprendendo quindi un'analisi con lo sguardo volto verso gli input (figura 2) si nota chiaramente come le acque reflue gravano pesantemente come fonte d'inquinamento, distinguendosi come fonte primaria (>50%) per tutte le categorie d'impatto. Soprattutto per quanto riguarda l'eutrofizzazione, le acque reflue incidono per il 99% e in media tra tutte le 11 categorie d'impatto per il 71%.

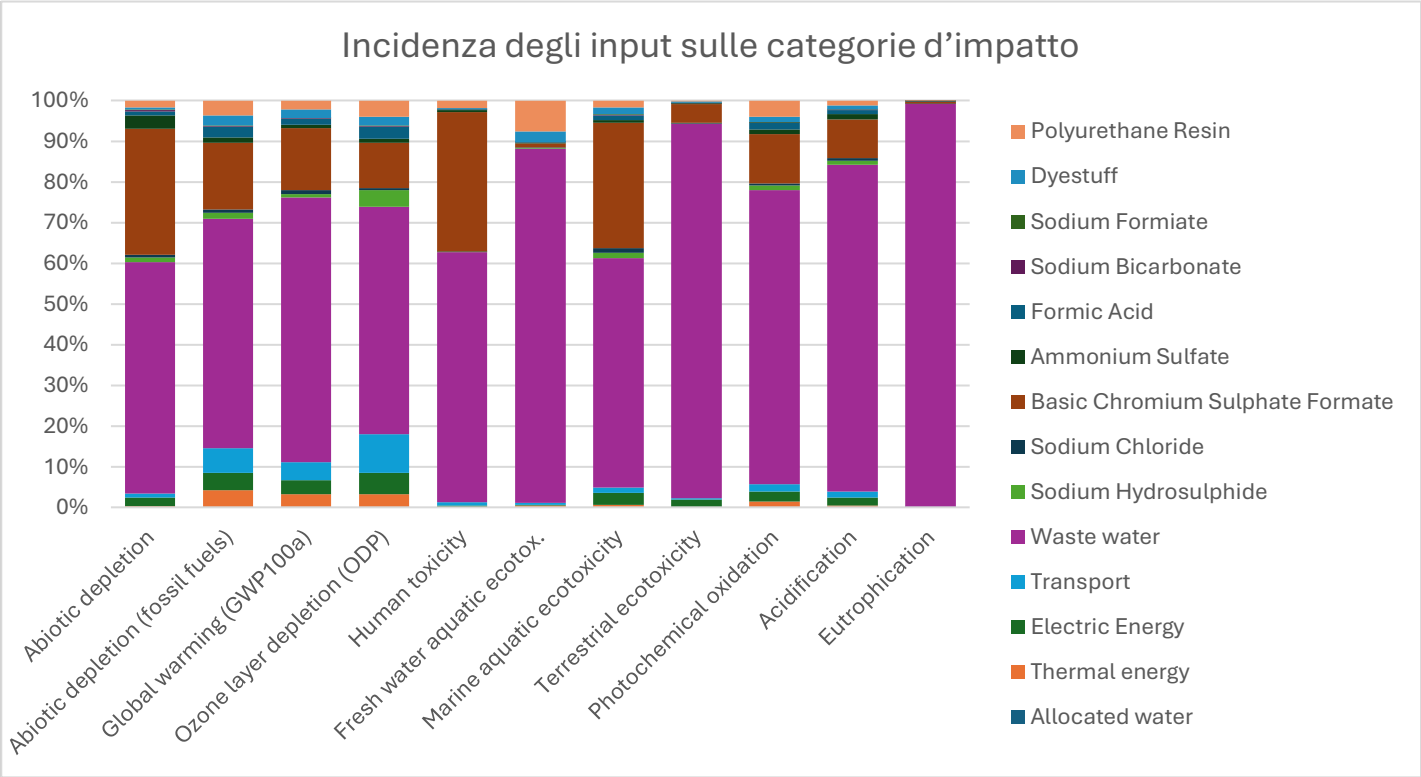

Figura 2. Hotspot analysis per tipo di input per categoria d'impatto

Proprio le fasi di concia (tanyard) e riconcia (post tanning) sono quelle maggiormente incidenti in termini di generazione di acque reflue, le quali contengono tutti i prodotti chimici inesausti; per ovviare questa problematica è necessario poter depurare le acque di scarico con metodi avanguardistici, riponendo particolare attenzione al cromo (III), il quale è senz'ombra di dubbio il materiale più difficile da rimpiazzare.

Le criticità che emergono da questa analisi, quindi, sono due: le acque reflue e i complessi di cromo.

Purtroppo, nonostante i vari tentativi e studi volti a trovare un sostituto meno inquinate, ancora oggi i complessi di cromo torreggiano su tutti gli altri agenti concianti (come alluminio, zirconio, tannini naturali o sintetici eccetera) per le impareggiabili caratteristiche che dona al cuoio finito, ma che sfortunatamente genera una lunga serie di problematiche ambientali.

È già in vigore, l'uso di grandi depuratori e sono presenti aziende che svolgono analisi e gestione delle acque nonché altre società che si occupano della raccolta e lavorazione

degli scarti provenienti dalle industrie conciarie per un loro riutilizzo in accordo con i valori dell'economia circolare. L'uso e lo sviluppo di questo approccio potrebbe essere l'unico modo per rendere l'industria conciaria un settore sostenibile.

È altamente rilevante la possibilità di scoperta di metodologie per il riutilizzo del cromo nelle acque reflue e da scarti di pelli conciate (al cromo) come la rasatura e i rifili, tutto ciò non si limiterebbe ad arginare sensibilmente le problematiche delle acque di scarico, ma avrebbe forti ripercussioni positive sulla deplezione abiotica di cui il cromo ne è responsabile per il 31% circa.

Un ultimo punto su cui è importante soffermarsi è forse quello più attuale e che ingloba non solo le concerie, ma il tutto il mondo, riguarda i carburanti fossili. Il subentro di fonti di energia alternative, rinnovabili ed economiche è un tassello chiave nella società attuale, che è sempre più dipendente da energia derivante dalla combustione di idrocarburi e costretta ad usufruirne sempre di più pur di tenere testa a ritmi e bisogni consumistici. L'uso di tecnologie differenti alimentate con energie "green" può contribuire fortemente anche alla riduzione del global warming e alla deplezione dello strato di ozono, per non trattare approfondimenti sulle tematiche, tensioni e scenari geopolitici figli dell'ardente desiderio di risorse preziose quali gas e petrolio.

Citando per concludere "Journal of Leather Science and Engineering" [4] è fortemente consigliata la possibilità di poter rendere la pelle un prodotto riciclabile a fine vita, dal momento che attualmente le destinazioni del materiale sono le discariche o gli inceneritori; questi metodi di smaltimento non trovano nessuna corrispondenza con l'economia circolare e la sostenibilità, al contrario si traducono in uno spreco di materia prima e di tutti i prodotti che sono stati impiegati dal primo all'ultimo step produttivo per la trasformazione della merce.

Uno dei pericoli principali per il settore è l'aumento di vegetariani (per vari motivi) e la sostituzione della pelle con altri scarti biologici vegetali, come ad esempio le fibre di ananas o di banana per la produzione di scarpe.

Questo rischio si può evitare rendendo la pelle un materiale riciclabile, ergo, più sostenibile.

Occorre fare tutto ciò che è possibile per non perdere l'industria conciaria, in quanto non sarebbe solo una rinuncia a posti di lavoro qualificati, ma sarebbe una sconfitta anche per il "made in Italy", per una tradizione culturale antica e per un modello di economia circolare che valorizza ciò che altrimenti verrebbe scartato.

Conclusioni

L'obbiettivo di questa tesi era quello di analizzare le problematiche ambientali legate all'industria conciaria tramite approccio Life Cycle Assesssment, per evidenziare ciò che necessita di un cambiamento e sensibilizzare il più possibile un pubblico di persone legate a questo settore sulle tematiche ambientali, oramai sempre più sotto le luci della ribalta.

I risultati che sono emersi in questo caso di studio sono esattamente in linea con quello che ci si poteva aspettare; visto gli enormi volumi d'acqua e prodotti chimici utilizzati nei bottali la voce inquinante di maggior entità è risultata essere l'acqua reflua proveniente dalle concerie e dietro a sé l'impatto dei complessi di cromo (III), che come risaputo sono gli agenti concianti per eccellenza, in quanto hanno un basso costo e forniscono alla pelle proprietà e performance che gli altri concianti non riescono minimamente ad eguagliare: morbidezza e flessibilità, resistenza meccanica, stabilità termica, stabilità chimica, resa del colore e molte altre.

Benché i risultati confermino le ipotesi fatte al principio, è opportuno tenere conto che l'analisi ha avuto i seguenti limiti: (I) dati basati su medie aziendali, (II) input che non è stato possibile analizzare (emissioni in aria, emissioni in acqua, prodotti smaltiti, prodotti riciclati, idrossido di calcio, biocidi, acido ossalico e polimeri acrilici).

Sebbene le questioni chiave legate all' inquinamento messe in luce da questa tesi di laurea siano ormai ben note alla platea conciaria, la speranza è quella che il progresso continui ad avanzare e che con esso possano svilupparsi tecnologie e metodi per abbattere il muro che oggi costituisce il riutilizzo del cromo e la depurazione totale delle acque reflue.

Il settore della pelle, tratta un sottoprodotto dell'industria alimentare, altrimenti da smaltire, portando con lo smaltimento inevitabili impatti ambientali dovuti a gas serra sviluppati durante la putrefazione e allo spreco di biomassa utile. È estremamente affascinante come attraverso i vari processi il pellame venga trasformato radicalmente

in un materiale, a prima vista, impossibile da ricondurre a quello di partenza, con diversi tipi di colore, spessore, proprietà e destinazioni d'uso; è inoltre, un settore da alcuni definito addirittura un'arte, che porta in alto lo stile e la storia del Belpaese e ne incarna il buon gusto e la qualità dei prodotti per cui è spesso riconosciuto.

L'industria conciaria deve, sta e dovrà ancora far fronte a diverse difficoltà legate a problemi ambientali ed economici, che spesso viaggiano di pari passo, ma merita assolutamente di continuare a far parte della nostra storia e di essere inclusa nel processo di crescita sostenibile che il mondo sta affrontando.

Bibliografia e Sitografia

[1] http://www.unic.it/conceria-italiana/industria-conciaria-italiana , accesso in rete 30/06/2025

[2] Sammarco, U, *Tecnologia Conciaria*, EDITMA, Rescaldina (MI), 2007

[3] AICC https://www.polotecnologico.com/file/ptargcorrlametodologialcaperlasostenibilitambientaledelprocessoconciario.pdf

[4] Navarro et al. Journal of Leather Science and Engineering (2020) 2:26

[5] Spin 360,https://spin360.biz, accesso in rete 30/06/2025

[6] Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., Weidema, B., 2016. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. Int. J. Life Cycle Assess. 21, 1218–1230. https://doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8.

[7] CML (Center of Environmental Science), 2016. Version 4.8. In: CML-IA Database, Characterisation and Normalisation Factors for Midpoint Impact Category Indicators. Available at: http://www.cml.leiden.edu/software/datacmlia.html.