



Rapporto LCA del processo di finitura Chrometherm

Metaltex SpA

Relazione esterna

12 gennaio 2016

Indice

1. Metaltex	3
2. Obiettivo dello studio	4
3. Campo di applicazione dello studio.....	5
3.1 Il processo Chrometherm	5
3.2 Unità funzionale	5
3.3 Confini del sistema	5
3.4 Criteri di esclusione	7
3.5 Confini di tempo	7
3.6 Rappresentatività geografica	7
3.7 Confini con l'ambiente e con altri sistemi	7
3.8 Regole di allocazione	7
3.9 Metodo usato	8
4. Analisi d'inventario	10
5. Valutazione di impatto	11
6. Interpretazione dei risultati	13
6.1 Confronto col processo di cromatura decorativa	13
7. Conclusioni.....	17
8. Bibliografia.....	18

1. Metaltex

Metaltex sviluppa, produce e distribuisce prodotti di qualità per l'uso quotidiano in specifiche aree della casa

Dal 1945, anno della sua fondazione, Metaltex ha intrapreso un cammino di costante crescita e innovazione che l'ha portata ad essere una società di livello mondiale, competente, affidabile e sicura nel settore degli articoli per la casa.

Oggi Metaltex vanta un vasto assortimento di articoli, suddiviso in diverse categorie merceologiche: utensili casa e cucina, salvaspazio e organizzazione, cura della biancheria.



Figura 1: Articolo Metaltex.



Figura 2: impianto per il trattamento Chrometherm.

Una caratteristica importante per Metaltex è l'innovazione e lo sviluppo di nuovi articoli.

Nel 2016 Metaltex lancia CHROMETHERM, un nuovo trattamento di finitura superficiale che garantisce agli articoli un'alta resistenza alla corrosione mediante l'utilizzo di vernici termoindurenti.

L'aspetto visivo della finitura CHROMETHERM riprende i tratti caratteristici di lucentezza e brillantezza tipici della cromatura decorativa, ma l'innovativo processo permette di ridurre in maniera significativa l'impatto sull'ambiente

2. Obiettivo dello studio

Il presente studio ha lo scopo di garantire trasparenza sulle prestazioni ambientali del processo Chrometherm e di offrire un supporto scientifico per la comunicazione delle caratteristiche ambientali del processo verso l'esterno.

Inoltre, presumendo che il trattamento Chrometherm abbia minor impatto sull'ambiente rispetto alla cromatura decorativa, abbiamo comparato i due processi, con l'obiettivo di evidenziare scientificamente le differenti performances ambientali.

L'analisi è condotta con la metodologia LCA (Life Cycle Assessment).

La struttura della LCA è sintetizzabile in quattro fasi principali:

- *obiettivo e campo d'applicazione*: fase preliminare in cui vengono definite le finalità dello studio, l'unità funzionale, i confini del sistema studiato, il fabbisogno di dati e gli assunti;
- *analisi dell'inventario*: quantificazione dei flussi in entrata e in uscita per tutti i processi della LCA;
- *valutazione dell'impatto*: fase che aggrega i risultati dell'inventario, con modelli scientifici, in un certo numero di potenziali impatti ambientali;
- *interpretazione dei risultati*: fase nella quale i risultati della LCA vengono interpretati, al fine di ricavare conclusioni e raccomandazioni.

Lo studio è stato condotto da Anna Atti, esperta di LCA e auditor per enti di certificazione, dello studio **e3 – studio associato di consulenza**, via G. Rossetti 40 – 25128 Brescia. www.ecubo.it

3. Campo di applicazione dello studio

3.1 Il processo Chrometherm

Il processo Chrometherm è una finitura a effetto cromato che può essere applicata su superfici metalliche.

Il trattamento viene effettuato all'interno di una linea dedicata: la vernice è applicata all'articolo mediante immersione in vasche (prima vernice di fondo e seconda vernice di copertura) con asciugatura in forno alimentato a gas naturale.

Prima dell'applicazione l'articolo è saldato ad un gancio metallico, necessario per appendere ai carrelli l'articolo e consentire un'uniforme applicazione della vernice. A fine trattamento il gancio viene staccato e gestito come rifiuto.

I vantaggi ambientali del trattamento sono significativi:

- a differenza della cromatura decorativa, prima del trattamento Chrometherm non sono necessari bagni sgrassanti;
- il processo è interamente a secco, senza consumo di acqua e produzione di reflui.

Lo spessore del rivestimento è pari a 250 µm e, secondo i test in nebbia salina effettuati dal laboratorio chimico ASA (rapporto di prova n. 3347F2015/3), conferisce una resistenza alla corrosione di almeno 300 ore.

Il processo è proposto in alternativa alla cromatura decorativa, effettuata fino ad oggi sugli stessi articoli, con uno spessore pari a 12 µm di nichel + 1 µm di cromo.

3.2 Unità funzionale

L'unità funzionale presa in esame è 1 m² di superficie rivestita con processo Chrometherm, con spessore 250 µm.

3.3 Confini del sistema

I confini del sistema includono tutte le fasi di estrazione e produzione dei flussi in ingresso al processo di rivestimento (materie prime, energia), nonché dei flussi in uscita con relativo trattamento (rifiuti, emissioni in atmosfera, scarichi idrici).

Per una maggiore completezza è stato considerato anche il fine vita del solo rivestimento, nell'ipotesi che venga ossidato nel forno di un'acciaieria.



Figura 3: Confini del sistema LCA del processo Chrometherm.

Processo	Processo Chrometherm
Materie prime per rivestimento	E' stata considerata la fase di produzione delle polveri usate nel processo di verniciatura. Sono stati inclusi anche i relativi imballi.
Energia	Sono stati considerati i consumi di gas ed energia elettrica del forno, che includono anche i consumi di energia elettrica degli impianti di abbattimento fumi. Sono stati considerati anche i consumi di energia elettrica della saldatura dei ganci e dell'aria compressa.
Rifiuti	E' stato considerato lo smaltimento delle polveri di scarto del processo di verniciatura e lo smaltimento e degli imballi delle materie prime usate.
Emissioni in atmosfera	E' stato considerato il flusso di massa di polveri derivanti dal processo di verniciatura.
Scarichi idrici	E' eseguito a secco, pertanto non vi è consumo di acqua e produzione di scarichi idrici.
Resa di processo	Considerata
Fine vita del rivestimento (senza articolo)	E' stato considerato il processo di combustione del rivestimento a fine vita in un forno ad arco elettrico, ipotizzando lo scenario di recupero dell'articolo metallico in acciaieria di seconda fusione. Non è stato considerato invece il fine vita dell'articolo, in quanto indipendente dal trattamento effettuato.

Sono esclusi dai confini del sistema:

- il trasporto delle materie prime in ingresso al processo e dei rifiuti prodotti, per slegare l'analisi dalla localizzazione dello stabilimento produttivo;
- la realizzazione e manutenzione degli impianti produttivi;
- la produzione e il trasporto del materiale di substrato da rivestire;
- il fine vita dell'articolo rivestito (con l'esclusione del rivestimento, oggetto dello studio).

3.4 Criteri di esclusione

Il criterio scelto per l'inclusione iniziale degli elementi in ingresso e in uscita si basa sulla definizione di un livello di cut-off dell'1%, in termini di rilevanza ambientale. Ciò significa che un processo è stato trascurato se è responsabile di meno dell'1% dell'impatto totale.

Nel caso del processo Chrometherm sono stati considerati tutti i dati disponibili, anche se il loro contributo è inferiore all'1%.

3.5 Confini di tempo

Dato	Processo Chrometherm
Dati primari	I dati primari provengono da prove produttive effettuate nel mese di novembre 2015 presso lo stabilimento Metaltex di Maslianico.
Dati secondari	I dati secondari provengono dal databaseecoinvent v3.1, pubblicato nel 2014.

3.6 Rappresentatività geografica

Dato	Processo Chrometherm
Dati primari	Il sito produttivo Metaltex in cui viene effettuato il rivestimento con vernici si trova nel comune di Maslianico, in provincia di Como. La gestione dei rifiuti prodotti è specifica dello stabilimento.
Mix energia elettrica	Il mix energetico usato nell'analisi è quello italiano.

3.7 Confini con l'ambiente e con altri sistemi

Le emissioni in aria, il trattamento delle acque di scarico e i rifiuti del processo produttivo sono stati inclusi nella LCA.

3.8 Regole di allocazione

Nello studio non è stata effettuata nessuna allocazione.

Non viene fatta nessuna allocazione per i rifiuti soggetti a riciclaggio. Gli output soggetti a riciclaggio sono considerati input per il ciclo di vita successivo.

3.9 Metodo usato

La metodologia scelta per valutare i potenziali impatti ambientali usata in questo studio è il metodo CML-IA baseline V3.03, sviluppato dal Center of Environmental Science (CML) della Leiden University– Olanda.

Maggiori informazioni disponibili a <http://cml.leiden.edu/software/data-cmlia.html>

Le categorie di impatto considerate dal metodo sono le seguenti:

Riscaldamento globale (global warming)

Per riscaldamento globale s'intende il fenomeno di incremento delle temperature medie della superficie della Terra non riconducibile a cause naturali. Tale mutamento è attribuito in larga misura alle emissioni in atmosfera di crescenti quantità di gas serra (principalmente anidride carbonica, metano, protossido d'azoto e gas refrigeranti).

Il modello di caratterizzazione è sviluppato secondo l'Intergovernmental Panel on ClimateChange (IPCC). I fattori di emissione sono espressi come Global Warming Potential per un orizzonte temporale di 100 anni (GWP100), in kg CO₂ equivalente/kg emissione.

Eutrofizzazione delle acque

L'eutrofizzazione è l'eccessivo accrescimento degli organismi vegetali che si ha per effetto della presenza nell'ecosistema acquatico di dosi troppo elevate di sostanze nutritive come azoto, fosforo o zolfo, provenienti da fonti naturali o antropiche (come i fertilizzanti, alcuni tipi di detersivo, gli scarichi civili o industriali) e il conseguente degrado dell'ambiente divenuto asfittico. L'accumulo di elementi come l'azoto e il fosforo causa la proliferazione di alghe microscopiche che, a loro volta, non essendo smaltite dai consumatori primari, determinano una maggiore attività batterica; aumenta così il consumo globale di ossigeno e la mancanza di quest'ultimo provoca alla lunga la morte dei pesci.

Nel modello CML sono usati i potenziali di eutrofizzazione sviluppati da Heijungs et al espressi in kg PO₄ equivalente /kg emissione.

Acidificazione dell'atmosfera (piogge acide)

Le emissioni di composti derivanti dalla combustione di combustibili fossili, in particolare gli ossidi di zolfo e gli ossidi di azoto, sono i principali responsabili del fenomeno delle piogge acide, che provoca l'abbassamento del pH di laghi, foreste e suolo, con gravi conseguenze per gli organismi viventi, gli ecosistemi e i materiali.

Nel modello CML sono usati i potenziali di acidificazione sviluppati da Huijbregts e espressi in kg SO₂ equivalente /kg emissione.

Ossidazione fotochimica:

Lo smog fotochimico, fenomeno caratteristico delle ore diurne delle grandi aree urbane nel periodo estivo, è una complessa miscela di inquinanti atmosferici composta dall'ozono e da altre sostanze chimiche ossidanti, dal diossido di azoto (NO₂) e dalle polveri sottili. Il componente più importante è appunto l'ozono, a causa delle sue conseguenze sulla salute umana e sugli ecosistemi naturali. L'ozono non viene emesso direttamente, ma si forma nella troposfera, sotto l'influenza della radiazione solare, a seguito di una serie di reazioni fotochimiche che coinvolgono i composti organici volatili (COV) e gli ossidi di azoto (NO_x).

Nel modello CML sono usati i potenziali di ossidazione fotochimica sviluppati da Jenkin&Hayman and Derwent e espressi in kg etilene equivalente/kg emissione.

Consumo di risorse abiotiche

Sono considerate due categorie di impatto: il consumo di minerali (elementi, riserve ultime) e il consumo di combustibili fossili (es: petrolio, carbone), legati all'uso delle materie prime ed energia del processo analizzato.

Il fattore consumo di risorse abiotiche minerali (ADF) è determinato per ogni estrazione di minerali (espresso in kg antimonio equivalenti / estrazione kg) sulla base delle riserve disponibili.

L'esaurimento abiotico dei combustibili fossili è legato al PCI espresso in MJ per unità di combustibile.

Distruzione dello strato di ozono

La riduzione dello strato di ozono stratosferico, molto più marcato nelle regioni polari, è un meccanismo legato agli alogeni emessi dalle attività umane, principalmente cloro e bromo, che catalizzano reazioni ozono-distruttive.

Lo strato di ozono è uno schermo fondamentale per l'intercettazione di radiazioni letali per la vita sulla terra.

Il modello di caratterizzazione è sviluppato dal World Meteorological Organisation (WMO) e i fattori di emissione sono espressi in kg CFC-11 equivalente/ kg emissione.

Tossicità

Sono presenti nel metodo 4 categorie di impatto legate alla tossicità, in funzione degli effetti delle sostanze tossiche presenti nell'ambiente:

- tossicità umana
- ecotossicità delle acque dolci
- ecotossicità delle acque marine
- ecotossicità del suolo

I fattori di caratterizzazione sono calcolati con il metodo USES-LCA, descrivendo il destino, l'esposizione e gli effetti delle sostanze tossiche per un orizzonte temporale infinito. Per ogni sostanza tossica sono espressi come 1,4-diclorobenzene equivalente/ kg emissione.

Lo studio è stato limitato alla fase di caratterizzazione, senza normalizzazione.

4. Analisi d'inventario

La raccolta dei dati usati per l'inventario del processo Chrometherm è stata effettuata come indicato in tabella:

Dato	Modalità raccolta dato
Vernice di fondo con relativo imballo (sacco in plastica e cartone)	Il consumo di vernici usate nel processo di rivestimento è specifico per m ² di superficie trattata ed è stato ottenuto da pesature effettuate prima e dopo il rivestimento.
Vernice di copertura con relativo imballo (sacco in plastica e cartone)	Come sopra.
Gancio di ferro	E' presente un gancio saldato per ogni pezzo trattato
Consumo di gas naturale	I consumi del forno di produzione sono stati monitorati per un'intera giornata produttiva e rapportati al peso di articoli trattati, in modo da avere il consumo specifico. In tal modo sono stati conteggiati anche i transitori di avvio e spegnimento del forno
Consumo di energia elettrica	I consumi del forno di produzione, inclusi i sistemi di aspirazione, dell'aria compressa e della saldatura sono stati monitorati per un'intera giornata produttiva e rapportati al peso di articoli trattati, in modo da avere il consumo specifico.
Emissioni in atmosfera	Sono state effettuate delle analisi ai 4 camini del forno durante la produzione
Rifiuti	E' stata pesata la quantità di polvere catturata dai filtri dell'impianto di abbattimento e la quantità di altri rifiuti a smaltimento prodotti (plastica). I ganci di ferro e gli imballi in cartone sono invece inviati a riciclaggio.
Resa di processo	Ottenuta considerando i pezzi scartati per difetti
Fine vita del rivestimento	L'ossidazione in forno elettrico è stata assimilata all'ossidazione in inceneritore.

5. Valutazione di impatto

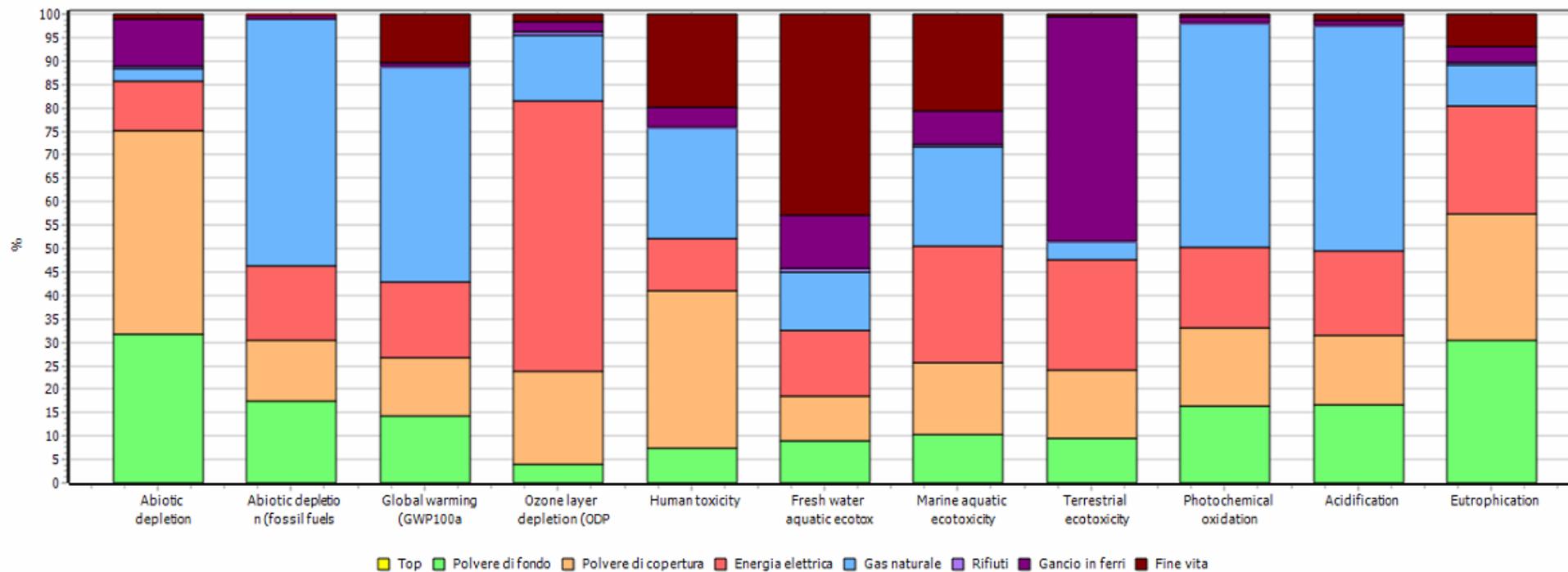
Nella valutazione degli impatti del processo, le informazioni ottenute dall'analisi dell'inventario vengono aggregate a seconda degli effetti relativi ai diversi temi ambientali, utilizzando il software Sima Pro 8.1.

Processo Chrometherm

Gli indicatori ambientali rappresentano l'impatto ambientale del ciclo di vita di 1 m² di trattamento effettuato su un articolo, suddiviso nelle varie fasi.

Categoria d'impatto		Totale
Abiotic depletion	kg Sb eq	0.00000297
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	75.4
Global warming (GWP100a)	kg CO2 eq	5.22
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	0.000000179
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	1.3
Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	0.782
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	1790
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	0.0102
Photochemical oxidation	kg C2H4 eq	0.000981
Acidification	kg SO2 eq	0.0194
Eutrophication	kg PO4 ⁻⁻⁻ eq	0.00289

Il contributo delle varie fasi del processo, per ogni categoria di impatto, è mostrato nel diagramma seguente e dipende fortemente dalle categorie di impatto analizzate.



Analizzando 1m2 'processo Chrometherm'; Metodo: CML-IA baselineV3.03 / EU25 / Caratterizzazione

Figura 4: impatti delle diverse fasi del trattamento Chrometherm

6. Interpretazione dei risultati

Lo studio LCA ha permesso di calcolare l'impatto ambientale del processo Chrometherm.

I contributi dei vari processi cambiano significativamente in funzione della categoria di impatto analizzata:

- consumo di risorse abiotiche: il 75% del contributo è legato all'uso delle polveri;
- consumo di risorse abiotiche (combustibili fossili) e global warming: oltre il 50% dell'impatto è legato al consumo di gas naturale del forno, e quasi il 20% al consumo di energia elettrica;
- distruzione dello strato di ozono: il 60% circa del contributo è legato al consumo di energia elettrica;
- tossicità umana: il contributo maggiore è legato all'uso di polveri, dalla produzione al fine vita;
- ecotossicità acque dolci: il contributo maggiore è legato al fine vita delle polveri nell'ossidazione in forno elettrico di acciaieria;
- ecotossicità acqua marina: il contributo maggiore, pari a circa il 25%, è dovuto all'uso dell'energia elettrica;
- ecotossicità terrestre: il contributo maggiore è legato alla produzione dell'acciaio necessario per la produzione del gancio;
- ossidazione fotochimica e acidificazione: il 50% circa del contributo è dovuto all'uso di gas naturale;
- eutrofizzazione: il 55% circa del contributo è legato alla produzione delle polveri.

6.1 Confronto col processo di cromatura decorativa

Gli impatti ambientali del processo di rivestimento Chrometherm sono stati confrontati con quelli della cromatura decorativa, tecnologia maggiormente usata ad oggi per il rivestimento degli stessi articoli.

Studio LCA con dati di letteratura sulla cromatura decorativa

È stato effettuato uno studio LCA con metodo CML-IA baseline V3.03 usando dati di consumo sulla cromatura decorativa raccolti in letteratura.

Unità funzionale

Per l'analisi della cromatura decorativa l'unità funzionale è 1 m² di superficie rivestita, con spessore 12 µm di nichel + 1 µm di cromo.

Da notare che secondo i test effettuati, la resistenza alla corrosione del Chrometherm è notevolmente superiore rispetto alla cromatura.

Bibliografia usata

Per la raccolta dati del processo di cromatura decorativa sono state usate le seguenti fonti bibliografiche:

- a. Linee Guida per le Migliori Tecniche Disponibili nei Trattamenti di superficie dei metalli – IPCC – gruppo tecnico ristretto istituito dal Ministero dell'Ambiente - gennaio 2008
- b. Metodologie per l'analisi ambientale dei cicli produttivi e casi applicativi- Isprambiente - galvanico – 2008 - http://www.isprambiente.gov.it/public_files/cicli_produttivi/Rubinetterie/CAP6RUBI.pdf
- c. LCA comparative analysis of different technologies for surface functionalisation- Ing. Gabriela Benveniste, Ing. Gian Luca Baldo, Dr. Massimo Perucca, Prof. Bernardo Ruggeri -2007
- d. Nickel, Cobalt and their alloys - Joseph R. Davis – ASM International - 2000

Confini del sistema

Processo	Cromatura decorativa
Materie prime per rivestimento	E' stata considerata la produzione dei composti del nichel, del cromo e dell'acido solforico usati nel processo galvanico. Non essendo disponibili dati certi, non sono stati inclusi i processi a monte, quali i bagni di sgrassanti prima del bagno di nichelatura.
Energia	Sono stati considerati i consumi di gas ed energia elettrica dell'impianto di sgrassatura, galvanico e di tutti gli ausiliari connessi (impianti di abbattimento, etc).
Rifiuti	Non considerato
Emissioni in atmosfera	Non considerato
Scarichi idrici	E' stato considerato il trattamento dei bagni galvanici usati nel processo di nichelatura – cromatura.
Resa di processo	Considerata
Fine vita del rivestimento	E' stato considerato il fine vita del rivestimento in forno di acciaieria, nello scenario che l'articolo in ferro venga avviato a riciclaggio.

Confini temporali

Dato	Cromatura decorativa
Dati primari	Non sono disponibili dati primari. I dati si riferiscono a pubblicazioni che fanno riferimento al periodo 2000-2008
Dati secondari	I dati secondari provengono dal database ecoinvent v3.1, pubblicato nel 2014.

Confini geografici

Dato	Cromatura decorativa
Dati primari	I dati si riferiscono a pubblicazioni che fanno riferimento a realtà produttive italiane o dell'UE.
Mix energetico	Il mix energetico usato nell'analisi è quello italiano.

Allocazione

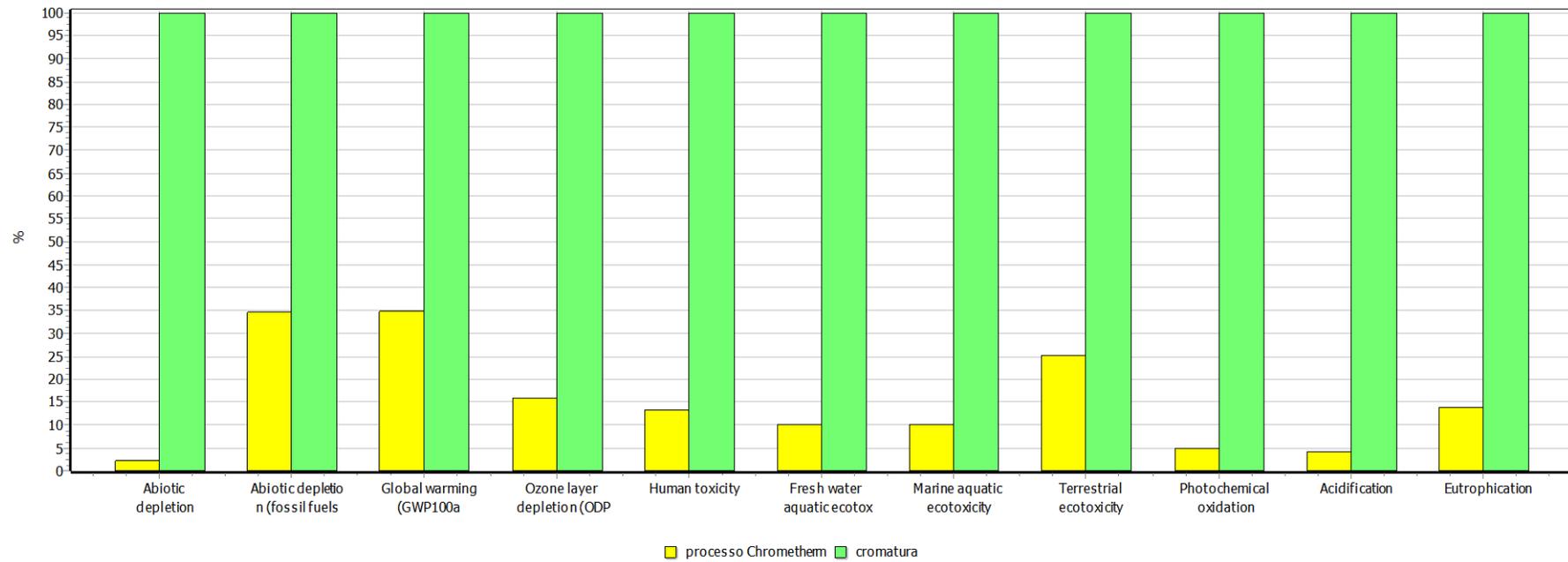
Processo	Cromatura decorativa
Consumi energetici	Allocazione su base massa, sulla base del nichel usato nel processo produttivo.

Inventario

Dato	Fonte del dato*
Quantità di nichel necessaria per uno strato di 12 µm	(d). Dato verificato anche dal calcolo a partire dalla densità
Resa processo nichelatura	(a)
Consumo di nichel effettivo	Combinando le due voci precedenti
Consumo di nichel suddiviso nelle varie forme	(b)
Quantità di cromo necessaria per uno strato di 1 µm	Calcolo a partire dalla densità
Resa processo cromatura	(a)
Consumo di acido cromico effettivo	Combinando le due voci precedenti + peso molecolare
Consumo di acido solforico	Assunto proporzionale alla concentrazione nel bagno di cromatura (1/100); in realtà i consumi risultano nettamente maggiori, in quanto il consumo di acido solforico nel bagno è maggiore rispetto al cromo
Consumo di energia elettrica	(b). La somma dei consumi di energia elettrica e gas naturale è in linea anche con i consumi indicati in (c)
Consumo di gas naturale	(b)
Acque reflue a trattamento	(b)
Fine vita del rivestimento	(d)

* vedi testi citati nel precedente paragrafo "bibliografia"

I risultati dell'analisi comparativa sono i seguenti:



Confronto di 1 m²'processo Chrometherm' con 1 m²'cromatura'; Metodo: CML-IA baseline V3.03 / EU25 / Caratterizzazione

Figura 5: Risultato dell'analisi comparativa tra il trattamento Chrometherm e la cromatura decorativa

Gli impatti del processo Chrometherm risultano sensibilmente inferiori a quelli della cromatura decorativa tradizionale per ogni categoria di impatto analizzata.

7. Conclusioni

Lo studio ha permesso di esaminare l'intero ciclo di vita del trattamento Chrometherm, secondo il metodo CML-IA baseline V3.03.

A seconda della categoria di impatto analizzata, sono risultati diversi i processi più impattanti. Tra questi si segnalano:

- consumo di polveri;
- consumo di gas naturale;
- consumo di energia elettrica.

Gli impatti ambientali ottenuti sono stati confrontati con quelli della cromatura decorativa, sia realizzando un apposito studio LCA, sia usando uno studio LCA disponibile in letteratura.

In entrambi i casi gli impatti ambientali del processo Chrometherm sono risultati inferiori a quelli della cromatura decorativa.

Le seguenti figure comparano gli impatti ambientali del processo Chrometherm rispetto a quelli ottenuti dallo studio LCA effettuato sulla cromatura decorativa.

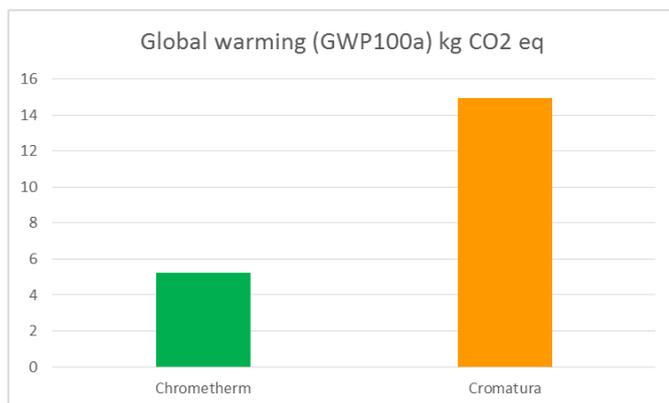


Figura 6: Riscaldamento globale: analisi comparativa tra il trattamento Chrometherm e la cromatura decorativa

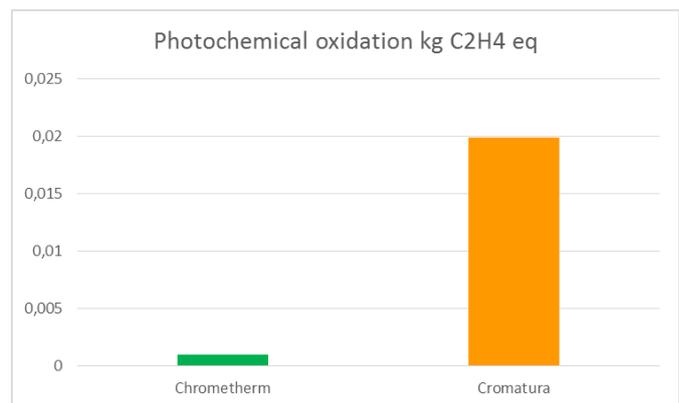


Figura 7: Smog fotochimico: analisi comparativa tra il trattamento Chrometherm e la cromatura decorativa

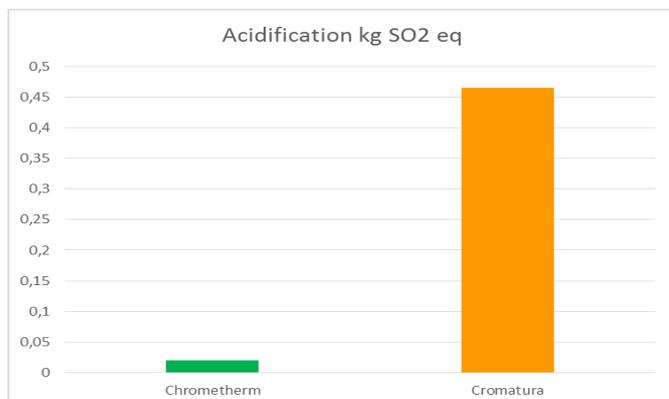


Figura 8: Acidificazione: analisi comparativa tra il trattamento Chrometherm e la cromatura decorativa

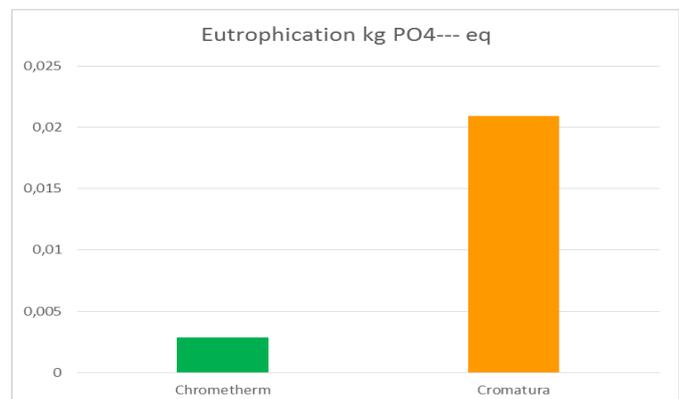


Figura 9: Eutrofizzazione: analisi comparativa tra il trattamento Chrometherm e la cromatura decorativa

Va infine considerato che applicando la finitura Chrometherm, che garantisce una durata di vita in uso dei prodotti superiore alla cromatura grazie alla migliore resistenza alla corrosione, si riducono ulteriormente gli impatti ambientali conseguenti ad ogni ciclo produttivo.

8. Bibliografia

- [1] Ecoinvent, 2014. Swiss Centre for Life Cycle Assessment, v 3.1 (www.ecoinvent.ch).
- [2] CML-IA baseline V3.03- Center of Environmental Science (CML) - Leiden University – Olanda (<http://cml.leiden.edu/software/data-cmlia.html>)
- [3] Linee Guida per le Migliori Tecniche Disponibili nei Trattamenti di superficie dei metalli – IPCC – gruppo tecnico ristretto istituito dal Ministero dell’Ambiente - gennaio 2008
- [4] Metodologie per l'analisi ambientale dei cicli produttivi e casi applicativi- Isprambiente - galvanico – 2008 - http://www.isprambiente.gov.it/public_files/cicli_produttivi/Rubinetterie/CAP6RUBI.pdf
- [5] LCA comparative analysis of different technologies for surface functionalisation - Ing. Gabriela Benveniste, Ing. Gian Luca Baldo, Dr. Massimo Perucca, Prof. Bernardo Ruggeri -2007
- [6] Nickel, Cobalt and their alloys - Joseph R. Davis – ASM International – 2000
- [7] Progetto LIFE 00 ENV/IT/000213 - Sviluppo di una tecnologia di rivestimento “pulita” PVD per applicazioni decorative su componenti metallici di grandi serie in sostituzione delle tecnologie di rivestimento tradizionali (galvaniche).