



Università
Ca' Foscari
Venezia

Corso di Laurea magistrale (*ordinamento ex
D.M. 270/2004*) in Scienze Ambientali

Tesi di Laurea

—
Ca' Foscari
Dorsoduro 3246
30123 Venezia

Stima, dichiarazione e utilizzo dell'incertezza nell'analisi del Ciclo di Vita (LCA): applicazione di una bozza di norma UNI ad un caso studio

Relatore

Dott.ssa Elena Semenzin

Correlatori

Dott. Daniele Pernigotti

Dott.ssa Lisa Pizzol

Laureando

Riccardo Mognato

Matricola 839011

Anno Accademico

2015 / 2016

Indice

Sommario	4
Motivazione e obiettivi del lavoro di tesi	6
Struttura della tesi	9
1. Strategie europee e strumenti per il miglioramento delle prestazioni ambientali di prodotti e servizi	10
1.1 Politica Integrata di Prodotto (Integrated Product Policy - IPP).....	13
1.2 Gli Acquisti Verdi della Pubblica Amministrazione (Green Public Procurement – GPP)	14
1.3 Criteri Ambientali Minimi (CAM)	17
1.4 Le etichette ambientali.....	20
1.5 Dichiarazione ambientale di prodotto (DAP)	22
1.5 Utilizzo delle DAP all’interno dei CAM	24
2. L’Analisi del Ciclo di Vita (LCA).....	28
2.1 Software SimaPro	33
3. Norma nazionale UNI sulla Stima, dichiarazione e utilizzo dell’incertezza dei risultati di una valutazione di Ciclo di Vita	35
3.1 Procedure per la stima dell’incertezza incluse nella Norma nazionale UNI	36
3.2 UNI (Ente Italiano di Normazione)	44
4. Caso Studio.....	46
5. Parte Applicativa	49
5.1 Descrizione generale.....	49
5.2 Applicazione dei passaggi della norma al caso studio.....	50
5.3 Problematiche e possibili soluzioni	64
Conclusioni.....	69
Bibliografia.....	71
Normative consultate	72

Appendice 1. Risultati dell'applicazione dello studio di LCA da cui selezionare i valori delle unità di processo per ciascuna categoria di impatto	75
Appendice 2. Confronto tra i tre casi proposti per il percorso 4 e applicati alle quattro categorie d'impatto considerate, acidificazione, eutrofizzazione, riscaldamento globale e ossidazione fotochimica	85
Appendice 3. Proposta di applicazione del calcolo dell'incertezza nel caso in cui siano disponibili sia dati primari che secondari considerando quattro categorie di impatto e inserendo dei valori di dati primari e dei valori di incertezza arbitrari	91

Sommario

La promozione e lo sviluppo di un sistema produttivo che sia più sostenibile si esplica attraverso la produzione e commercializzazione di prodotti e servizi che consumano meno risorse ambientali e causano minori impatti ambientali durante il loro intero ciclo di vita (produzione, uso, smaltimento ecc). In questo contesto uno dei principali strumenti per analizzare e quantificare i potenziali impatti ambientali di prodotti e servizi è rappresentato dall'Analisi del Ciclo di Vita (Life Cycle Assessment - LCA). LCA è una metodologia che consente di analizzare e quantificare i potenziali impatti ambientali di prodotti e servizi cominciando dall'acquisizione delle materie prime, attraverso la fabbricazione e l'utilizzo, fino al trattamento di fine vita, riciclaggio e smaltimento finale (cioè dalla culla alla tomba). Con l'obiettivo di promuovere, in collaborazione con le imprese, una politica comunitaria integrata dei prodotti intesa a ridurre il consumo di risorse e l'impatto dei rifiuti sull'ambiente, il Consiglio Europeo ha sviluppato la Politica Integrata di Prodotto, IPP (Integrated Product Policy). Tra gli strumenti cardine dell'IPP sono presenti gli acquisti verdi della pubblica amministrazione (GPP - Green Public Procurement), che vengono valutati sulla base di uno studio LCA. Il Piano Nazionale d'Azione sul Green Public Procurement - PAN GPP ha proposto di utilizzare le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (DAP) nell'ambito delle stazioni appaltanti. La DAP è quindi uno degli strumenti di cui si è discussa la validità come "mezzo di prova" all'interno del GPP.

L'utilizzo delle DAP all'interno del GPP è però limitato dalla presenza di alcune criticità, quali la significativa mole di dati d'inventario necessari per condurre uno studio di LCA e l'inevitabile utilizzo anche di dati secondari (per esempio banche dati e letteratura scientifica) e terziari (giudizio di esperti). Un'ulteriore questione che si aggiunge alla precedente è l'assenza di informazioni sull'incertezza relativa ai dati d'inventario utilizzati. All'interno delle DAP vengono infatti riportati solo i valori assoluti dei diversi indicatori d'impatto senza informazioni relative all'incertezza. Tuttavia, nel caso in cui i risultati finali di uno studio di LCA relativi a due DAP diverse diano due risultati differenti, ma vicini, per uno stesso prodotto, se non vengono forniti i relativi valori d'incertezza associati, non è possibile fare un confronto e quindi indirizzare l'appaltatore verso il prodotto che inquina meno.

Per questa ragione si è deciso di redigere una norma UNI con l'obiettivo di supportare le organizzazioni, gli enti pubblici e gli altri stakeholder (consumatori) nella dichiarazione e nell'utilizzo dell'incertezza che accompagna gli studi LCA.

Questa tesi si pone l'obiettivo di analizzare la documentazione del progetto di norma nazionale UNI relativa alla "Stima, dichiarazione e utilizzo dell'incertezza dei risultati di una Valutazione del Ciclo di Vita" e successivamente disporre la sua applicazione ad un caso pilota.

Il caso pilota riguarda uno studio LCA condotto su un carrello per le pulizie completamente in polipropilene. Tale studio LCA è stato svolto da Aequilibria di Daniele Pernigotti (Venezia Marghera) per un'azienda cliente.

Durante l'applicazione dei passaggi della norma al caso studio per arrivare alla stima dell'incertezza sono però sorte delle problematiche tra cui la mancanza di un numero sufficiente di dati primari, cioè un valore quantificato e rappresentativo di un processo unitario (o unità di processo) o di un'attività, ottenuto da una misurazione diretta o da un calcolo in base a misurazioni dirette alla fonte originale. Questo ha portato a dover utilizzare i soli dati secondari (ovvero dati che provengono da banche dati, database o dalla letteratura) per arrivare alla stima dell'incertezza.

Anche attraverso l'utilizzo dei dati secondari sono però sorte delle limitazioni, riferite soprattutto alla difficoltà di reperire informazioni d'incertezza da banche dati, letteratura, software o altro. Questo è stato uno dei problemi maggiormente discussi all'interno della tesi e per il quale è stato proposto, come soluzione, che sia la norma a fornire un'incertezza da associare ai dati invece di richiedere all'utente di svolgere una ricerca d'informazioni sull'incertezza.

Un altro problema che si è evidenziato durante l'applicazione del progetto di norma è legato al fatto che non sia chiaramente spiegato come procedere con la stima dell'incertezza nel caso in cui si abbiano contemporaneamente a disposizione sia dati primari che secondari, cioè in quale modo unire le incertezze che provengono da dati primari e secondari elaborati insieme per ottenere una stima di impatto. Per risolvere questo problema è stata proposta una soluzione che consiste nell'utilizzare la formula delle grandezze d'ingresso non correlate come sarà spiegato nel dettaglio nell'elaborato di tesi.

Queste due soluzioni saranno proposte alla prossima riunione dell'UNI con l'obiettivo di risolvere due problemi non argomentati a sufficienza all'interno del progetto di norma e che se non chiariti possono presentare delle difficoltà e dei limiti per chi dovrà applicarla nella sua versione finale.

Motivazione e obiettivi del lavoro di tesi

Negli ultimi anni il concetto di sviluppo sostenibile è diventato sempre più importante a livello internazionale. L'aumento dell'attenzione verso la necessità di perseguire uno sviluppo sostenibile, in grado cioè di soddisfare i bisogni delle generazioni presenti senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri, ha portato alla nascita e alla maturazione di standard, iniziative, metodologie e strumenti indispensabili sia per il mondo produttivo che della pubblica amministrazione.

Tra le varie iniziative istituzionali intraprese dall'Unione Europea, una particolare importanza è rivestita dal favorire la commercializzazione di prodotti e servizi che consumano e inquinano meno durante il loro intero ciclo di vita.

Infatti, poiché tutti i prodotti e servizi durante le varie fasi del loro ciclo di vita (produzione, uso, smaltimento ecc) producono un impatto ambientale, l'Unione Europea ha posto tra i suoi obiettivi il miglioramento delle prestazioni ambientali di prodotti e servizi.

In questo contesto uno dei principali strumenti per analizzare e quantificare i potenziali impatti ambientali di prodotti e servizi è rappresentato dall'Analisi del Ciclo di Vita (Life Cycle Assessment - LCA). Attraverso la LCA è possibile valutare le prestazioni ambientali di prodotti, processi ed organizzazioni a cominciare dall'acquisizione delle materie prime, attraverso la fabbricazione e l'utilizzo, fino al trattamento di fine vita, riciclaggio e smaltimento finale (cioè dalla culla alla tomba).

La metodologia LCA è alla base di differenti strumenti adottati dall'Unione Europea, che mirano proprio a migliorare le prestazioni ambientali di prodotti e servizi, tra cui:

- Politica Integrata di Prodotto (Integrated Product Declaration, IPP);
- acquisti verdi della pubblica amministrazione (GPP, Green Public Procurement);
- etichette ambientali, tra cui le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (DAP, dall'inglese Environmental Product Declaration, EPD).

Nel dettaglio, l'IPP è una politica emanata dall'Unione Europea che mira a ridurre il consumo di risorse e l'impatto dei rifiuti sull'ambiente. Le linee guida di questa politica sono riportate nella Comunicazione della Commissione al Consiglio e Parlamento Europeo del 18 giugno 2003 (COM(2003) 302)).

Al suo interno uno dei principali strumenti è il GPP, cioè l'approccio in base al quale le pubbliche amministrazioni integrano i criteri ambientali e lo sviluppo di prodotti migliori sotto il profilo ambientale attraverso la ricerca e la scelta dei risultati e delle soluzioni che hanno il minore impatto possibile sull'ambiente, lungo l'intero ciclo di vita.

A livello italiano, per le attività del GPP, uno degli strumenti di cui si è discussa la validità come “mezzo di prova”, sono le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (DAP). Le DAP vengono considerate il migliore strumento per la comunicazione delle prestazioni ambientali dei prodotti e servizi lungo il loro intero ciclo di vita.

La principale criticità che limita l'utilizzo delle DAP all'interno del GPP è la significativa mole di dati d'inventario necessari per condurre uno studio LCA e l'inevitabile utilizzo anche di dati secondari (per esempio banche dati e letteratura scientifica) e terziari (giudizio di esperti). Un'ulteriore questione che si aggiunge alla precedente è il problema dell'incertezza relativa ai dati d'inventario utilizzati che rende necessario disporre di regole e procedure condivise per la stima, interpretazione e dichiarazione dell'incertezza. Infatti se vengono considerate due DAP diverse che danno due risultati differenti, ma vicini, per uno stesso prodotto, se non vengono forniti i relativi valori d'incertezza associati, non è possibile effettuare un confronto e quindi indirizzare l'appaltatore verso il prodotto che inquina meno.

Per ovviare a questo problema, si sta disponendo una norma nazionale UNI con l'obiettivo di supportare le organizzazioni, gli enti pubblici e gli altri stakeholder (consumatori) nella dichiarazione e nell'utilizzo dell'incertezza che accompagna gli studi LCA. Tutto ciò allo scopo di individuare e comunicare l'intervallo di validità dei risultati ottenuti e aumentare l'affidabilità degli studi LCA.

In questa tesi, la documentazione di tale progetto di norma nazionale UNI relativa alla “Stima, dichiarazione e utilizzo dell'incertezza dei risultati di una Valutazione di Ciclo di Vita” è stata analizzata e successivamente applicata ad un caso pilota.

Il caso pilota riguarda uno studio LCA condotto su un carrello per le pulizie completamente in polipropilene. Tale studio LCA è stato svolto per un'azienda cliente di Aequilibria di Daniele Pernigotti (Venezia Marghera), azienda presso cui ho svolto il tirocinio a supporto del lavoro di tesi.

Daniele Pernigotti è un ispettore presso Accredia (Ente Italiano di Accreditamento) e colui che ha seguito il tema relativo all'inserimento delle DAP come strumento di prova all'interno del GPP per tale ente. Per questo motivo, per lo svolgimento della tesi, ho avuto la possibilità di prendere parte alle riunioni tenutesi presso la sede dell'UNI per seguire il percorso di stesura della norma.

Attraverso l'applicazione del progetto di norma UNI allo studio LCA fornito da Aequilibria il presente lavoro di tesi ha come obiettivi principali: riuscire ad individuare i dati necessari per la valutazione dell'incertezza in una LCA, procedere alla loro elaborazione seguendo i passaggi

riportati nel progetto di norma UNI, valutare criticamente la chiarezza e la completezza del progetto di norma, discutere e presentare eventuali proposte migliorative.

Struttura della tesi

La tesi si articola in cinque capitoli, qui di seguito brevemente descritti.

Nel primo capitolo viene brevemente spiegato quali sono le attuali strategie adottate dall'Unione Europea in ambito di sostenibilità ambientale, facendo così capire verso quale direzione si sta muovendo l'Unione Europea. Nei paragrafi successivi vengono introdotti diversi strumenti di sostenibilità ambientale adottati sia a livello di Unione Europea che italiano. Attraverso la spiegazione di questi strumenti si arriverà a capire quali sono le ragioni che hanno portato all'elaborazione di una norma UNI sull'incertezza.

Nel secondo capitolo viene spiegata l'analisi del ciclo di vita (LCA), partendo dalla definizione di questa procedura, vengono successivamente introdotte le varie fasi di una LCA attraverso cui si arriva alla quantificazione degli impatti ambientali associati ad un processo o attività. Nel paragrafo 2.1 vengono introdotte varie tipologie di software attraverso i quali è possibile condurre una LCA, focalizzando l'attenzione sul software utilizzato per lo studio LCA in questa tesi, ovvero il SimaPro.

Nel terzo capitolo viene spiegata in dettaglio la bozza di norma UNI relativa all'incertezza, con una descrizione accurata di quali sono i percorsi che consentono di portare alla stima dell'incertezza. Nel paragrafo successivo viene spiegato che cos'è l'UNI e quali sono le funzioni svolte da questo ente.

Nel quarto capitolo vengono fornite informazioni riguardo al carrello in polipropilene, oggetto dello studio LCA e dell'azienda che si occupa della sua produzione e spedizione.

Nel quinto capitolo viene presentata la parte applicativa, partendo con un'introduzione in cui viene spiegato con quale metodo ci si è approcciati a questa norma, come si sono svolte le riunioni presso l'UNI e quali sono i commenti sorti durante l'ultima riunione. Nel paragrafo successivo, partendo dai dati relativi al carrello in polipropilene, vengono spiegati i passaggi della norma per arrivare alla stima dell'incertezza. Infine, nell'ultimo paragrafo vengono spiegate le problematiche sorte durante l'applicazione della norma UNI al caso studio e presentate alcune possibili soluzioni, la cui applicabilità sarà valutata successivamente con l'UNI.

Chiudono la tesi delle considerazioni conclusive finali.

1. Strategie europee e strumenti per il miglioramento delle prestazioni ambientali di prodotti e servizi

Le più recenti strategie e programmi europei adottati per proseguire verso la strada dello sviluppo sostenibile sono il settimo programma generale di azione dell'Unione in materia di ambiente fino al 2020 << Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta>> e la strategia "Europa 2020" per una "crescita intelligente, sostenibile e inclusiva" (COM(2010) 2020).

Il settimo programma è stato emanato in data 20 novembre 2013 a seguito della decisione N. 1386/2013/UE del parlamento Europeo e del Consiglio e si basa sulla seguente visione:

"Nel 2050 vivremo bene nel rispetto dei limiti ecologici del nostro pianeta. Prosperità e ambiente sano saranno basati su un'economia circolare senza sprechi, in cui le risorse naturali sono gestite in modo sostenibile e la biodiversità è protetta, valorizzata e ripristinata in modo tale da rafforzare la resilienza della nostra società. La nostra crescita sarà caratterizzata da emissioni ridotte di carbonio e sarà da tempo sganciata dall'uso delle risorse, scandendo così il ritmo di una società globale sicura e sostenibile" (1386/2013/UE. 2013)

Il programma stabilisce nove obiettivi che dovranno essere raggiunti entro il 2020:

1. proteggere, conservare e migliorare il capitale naturale dell'Unione;
2. trasformare l'Unione in un'economia a basse emissioni di carbonio, efficiente nell'impiego delle risorse, verde e competitiva;
3. salvaguardare i cittadini dell'Unione da pressioni legate all'ambiente e da rischi per la salute e il benessere;
4. sfruttare al massimo i vantaggi della legislazione dell'Unione in materia di ambiente migliorandone l'attuazione;
5. migliorare le basi di conoscenza e scientifiche della politica ambientale;
6. incrementare gli investimenti delle politiche in materia di ambiente e clima e tener conto delle estremità ambientali;
7. migliorare l'integrazione dei requisiti e delle considerazioni ambientali nelle altre politiche;
8. migliorare la sostenibilità delle città dell'Unione;
9. aumentare l'efficacia dell'azione dell'Unione nell'affrontare le sfide ambientali e climatiche internazionali.

In linea con il settimo programma è presente la strategia "Europa 2020" per una "crescita intelligente, sostenibile e inclusiva" (COM(2010) 2020), cioè una strategia decennale

dell'Unione Europea varata nel 2010 per creare le condizioni favorevoli a una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva.

Gli obiettivi che si prefigge di raggiungere questa strategia sono:

- *"l'Unione dell'innovazione" per migliorare le condizioni generali e l'accesso ai finanziamenti per la ricerca e l'innovazione, facendo in modo che le idee innovative si trasformino in nuovi prodotti e servizi tali da stimolare la crescita e l'occupazione;*
- *"youth on the move" per migliorare l'efficienza dei sistemi di insegnamento e agevolare l'ingresso dei giovani nel mercato del lavoro;*
- *"un'agenda europea del digitale" per accelerare la diffusione di internet ad alta velocità e sfruttare i vantaggi di un mercato unico del digitale per famiglie e imprese;*
- *"un'Europa efficiente sotto il profilo delle risorse" per contribuire a scindere la crescita economica dall'uso delle risorse, favorire il passaggio ad un'economia a basse emissioni di carbonio, incrementare l'uso delle fonti di energia rinnovabile, modernizzare il nostro settore dei trasporti e promuovere l'efficienza energetica;*
- *"una politica industriale per l'era della globalizzazione" onde migliorare il clima imprenditoriale, specialmente per le PMI, e favorire lo sviluppo di una base industriale solida e sostenibile in grado di competere su scala mondiale;*
- *"un'agenda per nuove competenze e nuovi posti di lavoro" onde modernizzare i mercati occupazionali e consentire alle persone di migliorare le proprie competenze in tutto l'arco della vita al fine di aumentare la partecipazione al mercato del lavoro e di conciliare meglio l'offerta e la domanda di manodopera, anche tramite la mobilità dei lavoratori;*
- *la "Piattaforma europea contro la povertà" per garantire coesione sociale e territoriale in modo tale che i benefici della crescita e i posti di lavoro siano equamente distribuiti e che le persone vittime di povertà e esclusione sociale possano vivere in condizioni dignitose e partecipare attivamente alla società (MATTM, 2014).*

A rafforzare queste due strategie a livello internazionale (cioè da parte delle Nazioni Unite) il 25 settembre 2015 c'è stata l'adozione dell'agenda per lo sviluppo sostenibile, nota come: Trasformare il nostro mondo: l'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile.

Questa agenda attraverso i suoi 17 obiettivi per lo sviluppo sostenibile (Sustainable Development Goals, SDGs) mira a porre fine alla povertà e alla fame, a proteggere il pianeta dalla degradazione, a far godere a tutti gli esseri umani vite prosperose e soddisfacenti, a promuovere società pacifiche, giuste ed inclusive che siano libere dalla paura e dalla violenza

e ad implementare questa agenda attraverso una Collaborazione Globale per lo sviluppo sostenibile.

Nel giugno del 2016 l'Unione Europea ha integrato i SDGs nella politica estera e di sicurezza (A Global Strategy for the European Union's Foreign And Security Policy, June 2016) (europa.eu, 2016).

L'Unione Europea attraverso questa politica mira a definire un nuovo approccio per garantire una crescita economica, sociale e ambientale sostenibile oltre il periodo del 2020, prendendo in considerazione la revisione del 2020 e l'implementazione da parte delle Nazioni Unite degli SDGs (EPSC, 2016).

Da queste iniziative si capisce che l'Unione Europea riconosce nella crescita sostenibile uno dei suoi obiettivi fondamentali da perseguire; la consapevolezza nel riconoscere alla crescita sostenibile un peso sempre maggiore sta diventando necessaria dinanzi alla scarsità globale delle risorse naturali che impongono una nuova sfida <<fare di più con meno>>.

Per superare tale sfida, l'Unione europea ha disposto una serie di politiche e strumenti volti a garantire un consumo e una crescita sostenibili. Tali politiche dovrebbero migliorare le prestazioni ambientali complessive dei prodotti durante il loro intero ciclo di vita, stimolare la domanda di prodotti e tecnologie produttive migliori e aiutare i consumatori a compiere scelte informate (Stoerring D., 2016).

All'interno di questa tipologia di strumenti rientra, già da un paio di anni, il "Piano d'Azione per il Consumo la Produzione Sostenibili e la Politica Industriale Sostenibile" COM (2008) 397 presentato il 16 luglio 2008 dalla Commissione delle comunità europee. (MATTM, 2014).

Tale strumento ha lo scopo di migliorare le prestazioni ambientali dei prodotti durante il loro intero ciclo di vita, aumentare la consapevolezza del consumatore e la domanda di prodotti e tecnologie produttive sostenibili, affrontare gli aspetti legati alla dimensione internazionale e promuovere l'innovazione nell'industria dell'Unione Europea.

Tale strumento sviluppa e integra politiche dell'Unione Europea già esistenti tra cui l'IPP (Politica Integrata di Prodotto), che è stato il primo strumento ad introdurre ufficialmente il concetto del ciclo di vita nelle politiche europee.

L'IPP e gli strumenti volontari attraverso cui questa politica mira a perseguire i suoi obiettivi saranno spiegati nei paragrafi successivi, poiché saranno la base per riuscire a capire il motivo per cui si è reso necessario l'adozione di una norma UNI sull'incertezza.

1.1 Politica Integrata di Prodotto (Integrated Product Policy - IPP)

In base alla strategia per lo sviluppo sostenibile del 2001 in materia di gestione più responsabile delle risorse naturali, il Consiglio Europeo è convenuto sulla necessità di attuare, in collaborazione con le imprese, una politica comunitaria integrata dei prodotti intesa a ridurre il consumo di risorse e l'impatto dei rifiuti sull'ambiente (COM 302 (2003)). Questa politica è conosciuta come Politica Integrata di Prodotto, IPP (Integrated Product Policy).

L'approccio dell'IPP si basa su cinque punti fondamentali:

- considerazione del ciclo di vita (life-cycle thinking) dei prodotti;
- collaborazione con il mercato (introduzione di incentivi per orientare il mercato verso soluzioni più sostenibili: in particolare, incoraggiando la domanda e l'offerta di prodotti più ecologici e premiando le imprese più innovative e impegnate a promuovere lo sviluppo sostenibile);
- coinvolgimento delle parti interessate (incoraggiare tutti coloro che entrano in contatto con il prodotto - le industrie, i consumatori e le autorità pubbliche - ad intervenire nell'ambito della propria sfera di influenza, promuovendo la cooperazione tra le varie parti interessate);
- miglioramento continuo (ciascun impresa può stabilire i miglioramenti in relazione al loro rapporto costo - efficacia);
- molteplicità degli strumenti di azione (non si tratta di creare nuovi strumenti ma di attivare in modo efficace quelli già esistenti, dagli strumenti volontari a quelli normativi, dagli interventi su scala locale fino alle azioni a livello internazionale) (COM 302 (2003)).

L'IPP punta quindi a supportare la realizzazione di innovazioni che consentano di migliorare le prestazioni ambientali di prodotti e servizi ed ottenere un'elevata riduzione degli impatti ambientali lungo l'intero ciclo di vita del prodotto o servizio (Charter et al, 2001).

Tra gli strumenti a disposizione dell'IPP per promuovere un miglioramento ambientale continuo sono presenti:

- l'incoraggiamento al ricorso di misure fiscali per favorire i prodotti più ecologici;
- la presa in considerazione degli aspetti ambientali nell'aggiudicazione dei contratti pubblici;
- la promozione dell'applicazione della metodologia del LCA;
- l'integrazione e la promozione dell'utilizzo di strumenti volontari (Ecolabel, EMAS, DAP, Green Public Procurement ecc.);

- la fornitura ai consumatori delle informazioni necessarie per potere fare una scelta consapevole sui prodotti e servizi.

Tra gli strumenti presentati nell'elenco, il Green Public Procurement (GPP), cioè gli acquisti verdi della pubblica amministrazione rivestono un ruolo sicuramente importante all'interno del contesto europeo, poiché le pubbliche amministrazioni attraverso i loro acquisti di beni e servizi comportano un contributo economico significativo all'interno del prodotto lordo europeo, come sarà spiegato nel paragrafo successivo.

1.2 Gli Acquisti Verdi della Pubblica Amministrazione (Green Public Procurement – GPP)

Tra gli strumenti cardine dell'IPP sono presenti gli acquisti verdi della pubblica amministrazione (GPP - Green Public Procurement). L'espressione GPP deriva dalla fusione tra il termine Public Procurement, che è il sistema di acquisti gestito dalla Pubblica Amministrazione (dove per Pubbliche Amministrazioni si intendono l'insieme degli Enti Pubblici che concorrono all'esercizio ed alle funzioni dell'amministrazione di uno Stato) nelle materie di sua competenza per soddisfare le sue esigenze in termini di fattori produttivi, e Green Procurement, cioè un sistema di acquisti che “considera e valorizza durante la fase di acquisto di un bene o servizio anche i suoi aspetti ambientali valutati sull'intero ciclo di vita” (Fieschi et al., 2004).

Con GPP si intende l'approccio in base al quale le pubbliche amministrazioni integrano i criteri ambientali e lo sviluppo di prodotti migliori sotto il profilo ambientale, attraverso la ricerca e la scelta dei risultati e delle soluzioni che hanno il minore impatto possibile sull'ambiente, lungo l'intero ciclo di vita. Il GPP si pone come obiettivi principali la riduzione dell'utilizzo di risorse naturali, materie ed energia, ma pone attenzione anche alla diminuzione delle emissioni in acqua, aria e suolo, nonché dei rischi per la salute umana.

Il GPP mira quindi a ridurre l'impatto ecologico delle amministrazioni pubbliche, attraverso la scelta di prodotti e servizi migliori, sulla base dell'impatto ambientale che essi producono durante il loro intero ciclo di vita, dall'estrazione delle materie prime alle fasi di fabbricazione, distribuzione, uso e di “fine vita” (recupero, riciclo o smaltimento) (Cerrai et al., 2006).

L'utilizzo del GPP, come strumento per gli acquisti pubblici, si è reso sempre più necessario perché è stato stimato che ogni anno le Pubbliche Amministrazioni spendono l'equivalente del 14% del prodotto interno lordo europeo (1,8 trilioni di euro l'anno) per l'acquisto di beni, quali attrezzature da ufficio, materiali da costruzione e veicoli da trasporto, o servizi, quali

manutenzione degli edifici, servizi di trasporto, servizi di pulizia e ristorazione, opere e molto altro (ec.europa.eu., 2016).

All'interno del contesto europeo il GPP è stato richiamato per la prima volta nel 1996, con il Libro Verde: gli appalti pubblici nell'Unione Europea (COM 96 (583)), che riconosceva l'opportunità di introdurre criteri ecologici nella selezione di beni e servizi da parte della pubblica amministrazione (Comunicazione adottata dalla Commissione il 27 Novembre 1996) (vi invio il documento in allegato perché la modalità con cui l'ho nominato non sono sicuro vada bene).

In seguito sono stati molto importanti le direttive n.17 e n.18 del 2004 per gli appalti pubblici. La direttiva 2004/17CE si occupa principalmente di coordinare le procedure di appalto degli enti erogatori di acqua e di energia e degli enti che forniscono servizi di trasporto e servizi postali (cd. Settori speciali). La direttiva 2004/18CE si occupa principalmente dell'unificazione di tutte le norme comunitarie in materia di appalti pubblici.

Attraverso la comunicazione sull'IPP "Sviluppare il concetto di ciclo di vita ambientale", COM 302 (2003) del giugno 2003 l'Unione Europea ha invitato gli stati membri ad elaborare dei Piani d'Azione Nazionale sugli acquisti verdi. Dopo l'emanazione di questi documenti si è avuto un maggiore inserimento di criteri ecologici nelle procedure d'acquisto in materia di normativa degli appalti pubblici.

In Italia tale documento è stato recepito il 14 dicembre 2006 in seguito ad una consultazione in seno al Consiglio economico e sociale per le politiche ambientali (Cespa), organo consultivo per le politiche ambientali presieduto dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e costituito dal vertice istituzionale delle maggiori organizzazioni nazionali delle parti economiche e sociali. In accordo con i documenti sopra dichiarati, il 27 dicembre 2006 con la legge 296 (Finanziaria 2007) viene autorizzata una spesa di 50000 euro per l'anno 2007 per l'attuazione e il monitoraggio di un "Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi della pubblica amministrazione" (PAN GPP).

Il piano è stato adottato con il Decreto Interministeriale del 11 aprile 2008 e pubblicato nella gazzetta ufficiale n.107 del 8 maggio 2008. Questo decreto si è occupato di delineare la strategia per la diffusione del GPP, le categorie merceologiche, gli obiettivi di riferimento qualitativi e quantitativi da raggiungere, e gli aspetti metodologici generali.

Il PAN GPP è stato aggiornato con Decreto Interministeriale del 10 aprile 2013 e pubblicato nella gazzetta ufficiale n.102 del 5 maggio 2013.

Gli obiettivi del PAN GPP sono stati quelli di aumentare la diffusione del GPP presso gli enti pubblici in modo da riuscire a trasmettere in pieno le sue potenzialità in termini di miglioramento ambientale, economico ed industriale.

Il piano si pone lo scopo di diffondere il GPP attraverso le seguenti azioni:

- coinvolgimento dei soggetti rilevanti per il GPP a livello nazionale;
- diffusione della conoscenza del GPP presso la Pubblica Amministrazione e gli altri enti pubblici, attraverso attività di divulgazione e di formazione;
- definizione, per prodotti, servizi e lavori identificati come prioritari per gli impatti ambientali e i volumi di spesa, di indicazioni metodologiche per la costruzione di processi di acquisto “sostenibili” e di criteri ambientali da inserire nei capitolati di gara;
- definizione di obiettivi nazionali, da raggiungere e ridefinire ogni tre anni;
- monitoraggio periodico sulla diffusione del GPP e analisi dei benefici ambientali ottenuti (MATTM, 11/4/2008).

La gestione delle attività che sono previste dal piano è affidata al “Comitato di gestione” che svolge funzioni di coordinamento operativo, e un “Tavolo di lavoro permanente” in cui sono presenti le rappresentanze delle regioni, degli enti locali e delle parti interessate, con funzioni consultive.

Il PAN GPP prevede la definizione di criteri ambientali minimi (CAM) per undici categorie merceologiche, allo scopo di agevolare le stazioni appaltanti pubbliche nel mettere in pratica il GPP e di favorire il raggiungimento degli obiettivi nazionali di sostenibilità ambientale (MATTM, 11/4/2008).

Prima di proseguire con la successiva spiegazione è bene indicare che al momento la più recente normativa in materia di appalti pubblici a livello italiano è il nuovo Codice degli appalti (Dlgs n.50., 2016).

Questo decreto attua la direttive 2014/24/UE sugli appalti pubblici; la direttiva 2014/25/UE sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali; la 2014/23/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione.

Il presente codice si occupa di disciplinare i contratti di appalto e di concessione delle amministrazioni aggiudicatrici e degli enti aggiudicatori aventi ad oggetto l'acquisizione di servizi, forniture, lavori e opere, nonché i concorsi pubblici di progettazione (Dlgs n.50., 2016).

Nel paragrafo seguente saranno presentati i CAM definiti secondo il PAN GPP.

1.3 Criteri Ambientali Minimi (CAM)

I CAM sono le “indicazioni tecniche” del PAN GPP, che consistono sia in considerazioni generali che specifiche di natura prevalentemente ambientale e, quando possibile, etico-sociale, collegate alle diverse fasi delle procedure di gara (oggetto dell'appalto, specifiche tecniche, caratteristiche tecniche premianti collegati alla modalità di aggiudicazione all'offerta economicamente più vantaggiosa, condizioni di esecuzione dell'appalto) e che, se recepite dalle “stazioni appaltanti”, saranno utili a classificare come “sostenibile” l'acquisto o l'affidamento (MATTM, 27/12/2006).

Il PAN GPP ha individuato un elenco di undici categorie merceologiche per le quali adottare i CAM.

Con categorie merceologiche si intende una classe di prodotti o servizi che vengono raggruppati insieme in base alla loro natura, impiego e valore commerciale. Per esempio all'interno della categoria merceologica arredi possono essere compresi mobili per ufficio, arredi scolastici, arredi per sale lettura ecc.

Le categorie, scelte sulla base dell'analisi dei volumi di spesa storici e del livello di impatto ambientale, sono le seguenti:

- arredi (mobili per ufficio, arredi scolastici, arredi per sale archiviazione e sale lettura);
- edilizia (costruzioni e ristrutturazioni di edifici con particolare attenzione ai materiali da costruzione, costruzione e manutenzione delle strade);
- gestione dei rifiuti;
- servizi urbani e al territorio (gestione del verde pubblico, arredo urbano);
- servizi energetici (illuminazione, riscaldamento e raffrescamento degli edifici, illuminazione pubblica e segnaletica luminosa);
- elettronica (attrezzature elettriche ed elettroniche d'ufficio e relativi materiali di consumo, apparati di telecomunicazione);
- prodotti tessili e calzature;
- cancelleria (carta e materiali di consumo);
- ristorazione (servizio mensa e forniture alimenti);
- servizi di gestione degli edifici (servizi di pulizia e materiali per l'igiene);
- trasporti (mezzi e servizi di trasporto, Sistemi di mobilità sostenibile).

All'interno di queste categorie merceologiche i CAM sono già stati adottati per alcune categorie di prodotto mentre per altre sono ancora in via di definizione.

Con categorie di prodotto si intende la tipologia di prodotto o servizio presente all'interno della categoria merceologica. Per esempio la categoria di prodotto acquisto di articoli per l'arredo urbano "appartiene" alla categoria merceologica servizi urbani e al territorio.

I CAM sono già stati adottati per le seguenti categorie di prodotti:

- l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici per la gestione dei cantieri della pubblica amministrazione DM 24/15/2015;
- le forniture di ausili per l'incontinenza DM 24/12/2015;
- acquisto di articoli per l'arredo urbano DM 05/02/2015;
- affidamento del servizio di gestione del verde pubblico, per acquisto di Ammendanti, acquisto di piante ornamentali e impianti di irrigazione Decreto Ministeriale 13/12/2013;
- forniture di attrezzature elettriche ed elettroniche d'ufficio Decreto Ministeriale 13/12/2013;
- acquisto di lampade a scarica ad alta intensità e moduli led per illuminazione pubblica, per l'acquisto di apparecchi di illuminazione per illuminazione pubblica e per l'affidamento del servizio di progettazione di impianti di illuminazione pubblica Decreto Ministeriale 23/12/2013;
- acquisto di carta per copia e carta grafica Decreto Ministeriale 4/4/2013);
- guida per l'integrazione degli aspetti sociali negli appalti pubblici Decreto Ministeriale 6/6/2012;
- affidamento del servizio di pulizia per la fornitura di prodotti per l'igiene Decreto Ministeriale 24/5/2012;
- acquisizione di veicoli per il trasporto su strada Decreto Ministeriale 8/5/2012;
- affidamento di servizi energetici per gli edifici – servizio di illuminazione e forza motrice – servizio di riscaldamento/raffrescamento Decreto Ministeriale 07/3/2012;
- ristorazione collettiva e derrate alimentari Decreto Ministeriale 25/7/2011 ;
- serramenti esterni Decreto Ministeriale 25/7/2011 ;
- prodotti tessili Decreto Ministeriale 22/2/2011 ;
- arredi per ufficio Decreto Ministeriale 22/2/2011 (MATTM., 2014).

Sono invece in via di lavorazione per le seguenti categorie di prodotti:

- edilizia (correzioni);
- illuminazione stradale (seconda revisione);

- prodotti tessili (revisione);
- arredi per ufficio (revisione);
- servizio di pulizia per le strutture sanitarie (in via di emanazione).

Sono in partenza entro il 2016:

- costruzione manutenzione strade (nuovo);
- calzature (nuovo)
- ristorazione collettiva (revisione)
- mezzi di trasporto (revisione) (Rifici., 2016).

I CAM elencati in precedenza sono dei documenti che vengono adottati con decreti emanati dal Ministero dell'Ambiente e sono rivolti alle stazioni appaltanti che li devono utilizzare nelle proprie gare d'appalto.

I CAM sono individuati fra i criteri ambientali in vigore relativi alle etichette di qualità ecologica ufficiali già presenti sul mercato o fra altre fonti informative esistenti (per esempio normative che impongono determinati standard ambientali) e attraverso le indicazioni che provengono dalle parti interessate dell'industria come le associazioni di categoria (MATTM, 2014).

Il compito di definire i CAM è assegnato al comitato di gestione. La loro elaborazione è il frutto dell'attività di gruppi di lavoro, in cui sono presenti esperti (professionalità specializzate) e referenti delle associazioni di categoria dei produttori, istituiti appositamente per la materia presa in esame.

Da quanto spiegato si capisce che all'interno di questi gruppi è importante avere un elevato numero di attori per potere così definire gli standard ambientali nel miglior modo possibile.

I documenti, una volta elaborati, vengono sottoposti ad un confronto con gli operatori economici, tramite le associazioni di categoria ed in seguito approvati dal comitato di gestione. La stesura finale dei CAM viene inviata ai ministeri interessati che sono inviatati a formulare osservazioni aggiuntive da integrare nei testi. Infine, il documento viene adottato con Decreto del Ministro dell'ambiente e pubblicato nella Gazzetta Ufficiale (MATTM, 2014).

Come detto precedentemente, i CAM vengono individuati fra i criteri ambientali in vigore relativi alle etichette di qualità ecologica ufficiali già presenti sul mercato ed in particolare alla DAP che viene considerata, tra le etichette volontarie, lo strumento più evoluto per la comunicazione delle prestazioni ambientali di prodotti e servizi lungo il loro intero ciclo di vita.

1.4 Le etichette ambientali

Le etichette ambientali sono uno strumento volontario di politica e marketing ambientale che si occupa di fornire informazioni su un prodotto o servizio, in termini di caratteristiche ambientali (ISO 14020, 2002).

Lo scopo delle etichette ambientali è quello di promuovere la domanda e l'offerta di prodotti e servizi che hanno un minore impatto ambientale lungo l'intero ciclo di vita, attraverso la comunicazione di accurate e verificabili informazioni sugli aspetti ambientali diretti e indiretti di beni e servizi (Baldo et al., 2005).

Attraverso queste etichette si può quindi riuscire a fornire un riconoscimento alle organizzazioni che sono in grado di offrire garanzie sulle qualità ambientali dei propri prodotti o servizi, contribuendo così a stimolare un processo di miglioramento ambientale continuo.

L'utilizzo di un'etichetta può infatti comportare un vantaggio sul mercato per un'organizzazione, poiché sta sempre più aumentando il numero di consumatori che sono interessati all'acquisto di prodotti o servizi che riportano un'etichetta ambientale, comprendendo che per la produzione di quel prodotto o servizio sono stati presi in considerazione e ridotti (o eliminati) gli impatti ambientali associati.

Le etichette ambientali vengono usate soprattutto dalle grandi aziende che le giudicano come un fattore essenziale da considerare all'interno delle loro strategie industriali e commerciali (Lavaleé et al., 2012).

Le etichette ambientali di prodotto o servizio appartengono alla serie di norme UNI EN ISO 14020:2000 "Etichette e dichiarazioni ambientali – Principi generali". Questa serie di norme si occupa di disciplinare diversi tipi di etichette e di dichiarazioni ambientali stabilendo principi guida per il loro sviluppo e uso.

Ci sono tre tipologie di etichette ambientali:

- tipo I: etichettature ambientali, disciplinate dalla UNI EN ISO 14024:2001 Etichette e dichiarazioni ambientali – Etichettatura ambientale di Tipo I;
- tipo II: asserzioni ambientali auto-dichiarate, disciplinate dalla UNI EN ISO 14021:2002 Etichette e dichiarazioni ambientali – Asserzioni ambientali auto-dichiarate - Etichettatura ambientale Tipo II;
- tipo III: dichiarazioni ambientali, disciplinate dalla UNI EN ISO 14025:2010 Etichette e dichiarazioni ambientali – Dichiarazioni ambientali di Tipo III.

La tipologia di etichette ambientali di tipo I fornisce indicazioni relative al miglioramento delle prestazioni ambientali di un prodotto e si basano su un sistema multicriteria che considera

l'intero ciclo di vita del prodotto; sono sottoposte a certificazione esterna da parte di un ente terzo ed indipendente (tra queste rientra, ad esempio, il marchio europeo di qualità ecologica ECOLABEL, Figura 1).

L'ECOLABEL viene assegnata ai prodotti che nel loro intero ciclo di vita rispettano criteri precisi, concordati a livello di Unione Europea a seguito di una consultazione che coinvolge tutte le parti interessate (autorità pubbliche, grande industria, rappresentanti dei consumatori ecc.).

Il marchio ECOLABEL viene rappresentato con un fiore e le sue principali caratteristiche sono di essere uno strumento:

- volontario, perché la richiesta del marchio è del tutto volontaria;
- selettivo, perché il marchio rappresenta un attestato di eccellenza, riconosciuto solo ai prodotti che dimostrano di avere un ridotto impatto ambientale; e
- diffuso a livello europeo, perché è valido e riconosciuto all'interno di tutti gli stati membri dell'Unione Europea.



Figura 1. Marchio Ecolabel

La tipologia di etichette ambientali di tipo II è costituita da etichette ecologiche che riportano auto-dichiarazioni ambientali (ad esempio: Riciclabile, Compostabile, ecc. vedi Figura 2) da parte di produttori, importatori o distributori di prodotti, senza che vi sia l'intervento di un organismo indipendente di certificazione (ISPRA, 2016).

Come indicato dallo standard ISO 14021 le auto-dichiarazioni possono riferirsi solo ad aspetti individuali del prodotto, ma non possono contenere termini troppo generici o vaghi che potrebbero confondere il consumatore, come amico dell'ambiente, amico della terra, verde, non inquinante ecc. (Daddi et al., 2015).

L'obiettivo delle etichette ambientali di tipo II è quello di rendere le autodichiarazioni più precise, riducendo le informazioni inesatte, diminuendo la confusione e facilitando il commercio internazionale, consentendo così al consumatore ben informato di fare le scelte giuste (Lavallée e Plouffe, 2004).

Rispetto alle altre due tipologie di etichette presenti nella serie di norme ISO 14020, la tipologia ambientale di tipo II non prevede la verifica e certificazione da parte di un ente terzo accreditato.

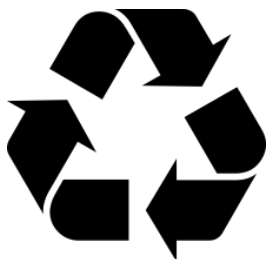


Figura 2. Esempio di simbolo per l'asserzione ambientale auto-dichiarata: Riciclabile.

La tipologia III è costituita da etichette ambientali che riportano informazioni basate su parametri prestabiliti e che contengono una quantificazione degli impatti ambientali associati al ciclo di vita del prodotto calcolato attraverso una procedura LCA; sono sottoposte a un controllo indipendente, da parte di un organismo terzo, e presentate in forma chiara e confrontabile (ISPRA, 08/08/2016). All'interno di questa tipologia rientra la Dichiarazione Ambientale di Prodotto (DAP), che verrà ulteriormente approfondita nel paragrafo successivo. Nella Figura 3 viene rappresentato il simbolo della DAP (Dichiarazione Ambientale di Prodotto), in cui viene utilizzato l'acronimo della dicitura inglese Environmental Product Declaration (EPD).



Figura 3. Esempio di applicazione delle DAP.

1.5 Dichiarazione ambientale di prodotto (DAP)

In base alla norma ISO 14025 la DAP viene definita come un documento contenente la quantificazione delle prestazioni ambientali di un prodotto mediante opportune categorie di parametri calcolati con la metodologia dell'analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA) e quindi seguendo gli standard della serie ISO 14040 (Envirodec, 10/08/2016).

Come gli Ecolabel, le DAP prevedono la verifica e validazione della dichiarazione da parte di un ente esterno accreditato, rispetto agli Ecolabel però le DAP non prevedono criteri di preferibilità o livelli minimi che devono essere rispettati per il riconoscimento. Hanno quindi solo carattere esclusivamente informativo.

L'obiettivo delle DAP è quello di sottolineare le prestazioni ambientali di un prodotto o servizio attraverso l'incremento della sua visibilità, accettazione sociale e promuovendo un confronto tra prodotti con le stesse funzioni.

Una DAP viene divisa in tre sezioni. La prima sezione riporta informazioni generali sull'organizzazione e sul prodotto o servizio oggetto della dichiarazione; nella seconda sezione viene riportato lo studio di LCA; infine nella terza sezione vengono riportate informazioni aggiuntive per coloro che utilizzano lo strumento che non potevano essere riportate nello studio di LCA per limiti metodologici e di impostazione (per esempio come ridurre l'impatto ambientale durante l'uso del prodotto e disposizioni).

Le informazioni comunicate dalle DAP relative alla prestazione ambientale di prodotti e servizi sono oggettive, confrontabili e credibili grazie all'utilizzo di specifiche linee guida note come Product Category Rules (PCR).

Le PCR, in italiano regole per le categorie di prodotto (o regole specifiche di prodotto) sono il documento attraverso il quale viene condotto lo studio di LCA e permettono di redigere la dichiarazione. Le PCR si occupano quindi di definire regole e requisiti per le DAP di una certa categoria di prodotto (cioè la tipologia di prodotto o servizio presente all'interno della categoria merceologica).

Le PCR sono quindi sviluppate con l'obiettivo di fornire delle "regole di gioco comuni" disponibili per i produttori di beni e servizi, identificare in modo chiaro le caratteristiche funzionali e prestazionali che caratterizzano una categoria di prodotto, definire i criteri da utilizzare in uno studio di LCA per i prodotti di una categoria e indicare il tipo di informazioni che devono essere incluse in uno studio di LCA (Daddi et al., 2016).

Ai fini di questa tesi risulta molto importante sottolineare che le PCR sono lo strumento che garantisce la comparabilità all'interno delle DAP costituendo la base per la verifica da parte terza (un ente esterno) degli studi LCA su prodotti e servizi, questo perché, come detto in precedenza, per definire i CAM bisogna fare riferimento alle etichette di qualità ecologica ufficiali già presenti sul mercato o fra altre fonti informative esistenti.

Le PCR sono già state definite per diverse categorie di prodotto nelle DAP per questo ben si candidano ad essere utilizzate per la definizione dei CAM, come verrà meglio spiegato nel

paragrafo successivo in cui verrà analizzata l'adeguatezza delle DAP come "mezzo di prova" nelle attività del GPP.

1.5 Utilizzo delle DAP all'interno dei CAM

Come indicato dalla norma ISO 14025, uno degli obiettivi delle DAP è quello di utilizzare informazioni verificabili e precise per incoraggiare la domanda e l'offerta di prodotti che hanno un minore impatto negativo sull'ambiente. Un modo per conseguire questo obiettivo è quello di utilizzare le DAP all'interno delle gare di appalto pubblico (Envirodec, 10/08/2016).

La proposta di utilizzare le DAP nell'ambito delle stazioni appaltanti si ritrova in alcuni documenti ufficiali. Procedendo in ordine cronologico possiamo citare il Piano Nazionale d'Azione sul Green Public Procurement - PAN GPP, emanato in attuazione di quanto disposto dalla legge 27 dicembre 2006 n. 296, che riporta:

“Le dichiarazioni di Tipo III sono strumenti operativi estremamente efficaci per il GPP poiché consentono di conoscere e confrontare le performance ambientali dei prodotti che ne sono oggetto e di dimostrare quelli che possono essere dati rilevanti per una stazione appaltante che introduca criteri ambientali. La diffusione nel mercato delle DAP consente un'agevole comparabilità di una serie di informazioni ambientali standardizzate per gruppi di prodotto e fare riferimento ad esse nelle procedure d'acquisto pubbliche è utile per stimolare l'attenzione sulle performance ambientali soprattutto in quei settori, come l'alimentare e l'edilizia, dove non esistono o trovano difficile applicazione le Etichette di Tipo I.”

Successivamente, all'interno del manuale Acquistare verde! (commissione europea., 2011), pubblicato dalla Commissione Europea nel 2011, le DAP vengono richiamate come segue:

“Le dichiarazioni ambientali di prodotto possono essere un modo utile per valutare la conformità a specifiche tecniche ambientali. Esse forniscono dati sugli impatti ambientali durante il ciclo di vita di un prodotto o servizio. Oltre agli standard equivalenti, si può fare riferimento a una norma ISO (ISO 14025) sulle dichiarazioni ambientali di prodotto.”

“Quando si applicano gli standard tecnici ambientali si possono usare le procedure per la valutazione di conformità previste dalla relativa norma, accettando la certificazione come possibile prova di conformità del prodotto.”

Anche nel regolamento europeo 305/2011 si evidenzia come:

“Ai fini della valutazione dell'uso sostenibile delle risorse e dell'impatto delle opere di costruzione sull'ambiente si dovrebbe fare uso delle dichiarazioni ambientali di prodotto, ove disponibili.”

Riassumendo, l'utilizzo delle DAP nei CAM viene suggerito in quanto queste etichette soddisfano alcuni particolari requisiti:

- si basano su standard internazionali, cioè la norma ISO 14025;
- possono essere utilizzate per tutte le tipologie di beni e servizi,;
- vengono verificate da un soggetto terzo (cioè un ente indipendente esterno all'azienda), e questo garantisce un'elevata credibilità;
- la trasparenza, visto che tutte le informazioni relative al prodotto e al servizio devono essere rese note;
- la comparabilità, garantita dall'utilizzo della stesse PCR per categoria di prodotto.

A spingere per l'utilizzo delle DAP all'interno dei CAM ci sono anche molte aziende che vogliono mostrare il proprio impegno alla sostenibilità proprio attraverso questo strumento, indicando il riconoscimento delle DAP in ambito dei CAM un elemento essenziale per perseguire strategie di miglioramento delle prestazioni ambientali di prodotto.

Così, per discutere dell'utilizzo delle DAP come “mezzo di prova” nelle attività del GPP e, nello specifico, del loro inserimento all'interno dei Criteri Ambientali Minimi (CAM) si è tenuto un incontro in data 15 settembre 2015 presso il Ministero dell'ambiente.

A questo incontro hanno partecipato rappresentanti ed esperti provenienti da diversi ambiti come Ministero dello Sviluppo Economico, INSPRA, ENEA, CONSIP, ARPA, aziende coinvolte nel gruppo di lavoro “CAM ausili per l'incontinenza”, aziende in possesso di DAP e molti altri.

Tra i principali punti di forza, come indicato e spiegato anche nell'elenco precedente, sono stati elencati la verifica da parte di un ente terzo, la comparabilità garantita dall'utilizzo delle PCR, la trasparenza poiché tutte le informazioni relative al prodotto o servizio devono essere rese note.

Però, per il momento l'utilizzo delle DAP in ambito GPP è stata solo parziale per la presenza di alcune criticità.

La prima criticità riguarda quelle metodologie (procedure) in cui l'operatore che svolge gli studi di LCA è libero di optare per una scelta piuttosto che un'altra poiché né dalle PCR né dalle norme tecniche è indicato quale delle due opzioni utilizzare; possono anche essere meglio definiti come gli elementi di soggettività non definiti né dalle PCR né dalle norme tecniche

ovvero quei margini di scelta dell'operatore nel momento nel quale definisce i "confini del sistema".

Una seconda criticità riguarda la non omogeneità delle banche dati che rilevano valori d'impatto ambientali molto divergenti su un prodotto identico. Questa criticità è legata alla qualità dei dati secondari (cioè i dati provenienti dalla letteratura o da banche dati che sono diversi dai dati primari che invece provengono da misurazioni dirette) poiché questi dati sono tratti da banche dati differenti.

Un'ulteriore criticità che si aggiunge alle due precedenti (e la principale causa che ha portato allo sviluppo della norma UNI relativa all'incertezza) è il fatto che le DAP riportano solo i valori assoluti dei diversi indicatori d'impatto, senza informazioni relative all'incertezza della determinazione effettuata.

L'incertezza è un valore che viene associato ad un dato e indica la dispersione dei valori attorno a tale dato. Per cui se ci sono due dati finali risultati da due DAP diverse che danno due risultati differenti per uno stesso prodotto, per esempio 12.8 e 13 grammi di emissioni di CO₂, se non ci sono i loro valori d'incertezza associati non è possibile fare un confronto; se si considerasse una situazione di procedura d'appalto in cui l'appaltatore deve acquistare il prodotto che inquina meno è indirizzato ad acquistare il primo prodotto. Tuttavia, se il primo valore avesse un'incertezza pari al 2.5% e il secondo pari al 1.5% la scelta non sarebbe più così ovvia.

Da questa breve spiegazione si capisce l'importanza di considerare l'incertezza associata al dato, in quanto consente di confrontare un risultato con altri analoghi o con valori di riferimento assegnati da specifiche contrattuali o norme tecniche o leggi.

Come viene infatti spiegato nel documento del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Mare e del Territorio: "tale incertezza comporta, nell'ambito di una procedura d'appalto, profili di illegittimità sia laddove i dati riportati nella DAP fossero richiesti come discriminare per escludere o sia laddove i dati riportati nella DAP fossero richiesti per comparare e selezionare in sede di aggiudicazione, alimentando il rischio di contenzioso qualora un concorrente possa facilmente dimostrare come l'uso di dati provenienti da una banca dati diversa da quella impiegata dall'aggiudicatario, produca valori diversi da quelli presentati e risultati utili ai fini dell'aggiudicazione" (MATTM., 2015).

A valle dell'incontro per risolvere le criticità presentate in precedenza sono state formulate le seguenti proposte (MATTM., 2015):

- per quanto riguarda il GPP, valutare, caso per caso, dove la DAP si presenta come lo strumento più idoneo per valorizzare e stimolare le prestazioni ambientali quali sono le

caratteristiche peculiari di rilievo attraverso cui formulare criteri completi sulle indicazioni tecniche necessarie per il pieno utilizzo dello strumento;

- mirare all'implementazione della banca nazionale LCA, per garantire dati di qualità liberamente accessibili e affidabili, per la piena realizzabilità di politiche micro e macroeconomiche legate al ciclo di vita ambientale dei prodotti, per il miglior utilizzo nel GPP e per ridurre i costi per le imprese che affrontano analisi di LCA;
- avviare azioni di “sistema” per migliorare le DAP, in particolare, per esempio ed in prima analisi, fornire indicazioni, tramite Accredia, agli organismi di valutazione di conformità che validano DAP, volte a far in modo che siano riportati nelle DAP i parametri rappresentativi del margine di incertezza delle analisi di sensibilità.

Dalle soluzioni proposte nell'incontro emerge la necessità di stimare e gestire l'incertezza associata agli studi di LCA. Per questa ragione, a seguito di una proposta di Daniele Pernigotti si è deciso di redigere una norma UNI con l'obiettivo di supportare le organizzazioni, gli enti pubblici e gli altri stakeholder (consumatori) nella dichiarazione e nell'utilizzo dell'incertezza che accompagna gli studi LCA.

Attraverso questa norma sarà quindi possibile comparare due DAP, perché ad ognuna di esse viene aggiunto al dato finale un valore d'incertezza.

Alle imprese che decideranno di utilizzare tale norma, in aggiunta allo svolgimento dello studio del LCA nella DAP, dovrebbe essere previsto un “accesso favorito ai bandi” avendo così un vantaggio rispetto alle altre imprese, che non utilizzano la norma.

Nei capitoli successivi verranno presentate la metodologia del LCA e il progetto di norma UNI dal titolo “Stima, dichiarazione e utilizzo dell'incertezza dei risultati di una valutazione di Ciclo di Vita”.

2. L'Analisi del Ciclo di Vita (LCA)

Con LCA (Life Cycle Assessment, in italiano Analisi del Ciclo di Vita) intendiamo un procedimento oggettivo di valutazione di carichi energetici ed ambientali relativi ad un processo o un'attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia, dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. La valutazione, include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale (SETAC., 1993).

Attraverso l'analisi del ciclo di vita analizziamo quindi tutti gli elementi in ingresso e in uscita, nonché i potenziali impatti ambientali, di un servizio o prodotto durante l'intero ciclo di vita di quel servizio o prodotto, cioè dalla culla alla tomba.

Come spiegato nei paragrafi precedenti, la metodologia LCA è alla base dell'IPP e del GPP ed è lo strumento indispensabile per ottenere determinate etichette ambientali, come la DAP o gli Ecolabel.

Le norme di riferimento per LCA sono ISO 14040 e ISO 14044.

In base alle norme sopra citate LCA può dare supporto a:

- l'identificazione delle opportunità di migliorare la prestazione ambientale dei prodotti nei diversi stadi del loro ciclo di vita;
- l'informazione a coloro che prendono decisioni nell'industria e nelle organizzazioni governative o non governative (per esempio pianificazione strategica, scelta di priorità, progettazione o riprogettazione di prodotti o di processi);
- le scelte di indicatori pertinenti di prestazione ambientale con le relative tecniche di misurazione;
- il marketing (per esempio l'attuazione di un sistema di etichetta ecologica, un'asserzione ambientale o la produzione di una dichiarazione ambientale di prodotto) (ISO 14044).

Secondo la norma UNI EN ISO 14040, la LCA prevede le quattro fasi riportate in Figura 4, brevemente descritte nei paragrafi seguenti.

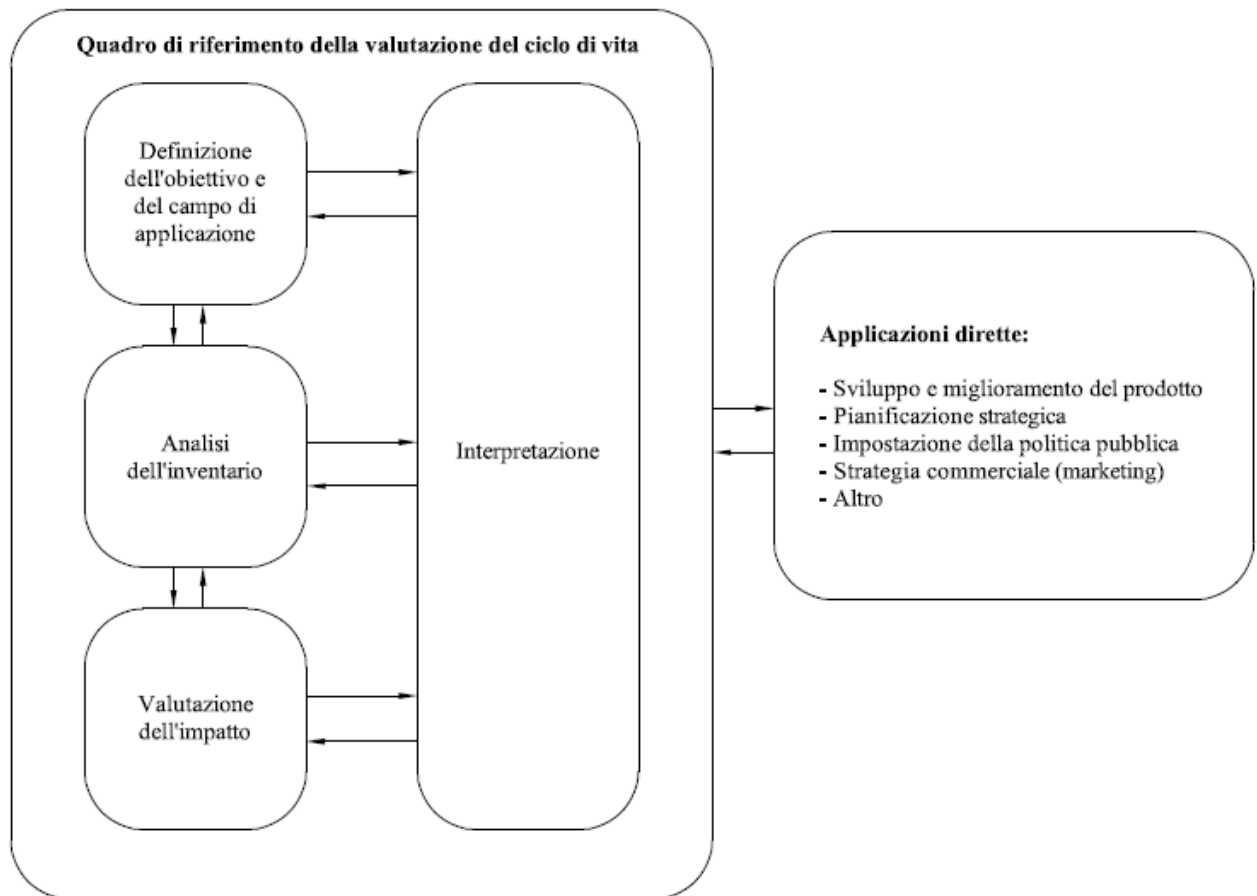


Figura 4. Fasi di un LCA (UNI EN ISO 14040)

Fase 1. Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione

La fase di definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione è la prima fase di uno studio LCA, nella quale vengono stabilite le ragioni per cui si è deciso di sviluppare e svolgere uno studio di LCA e si descrive il sistema preso in considerazione.

Questa fase è cruciale perché l'obiettivo e il campo di applicazione dello studio sono gli elementi che permettono di coordinare e gestire tutte le altre fasi del LCA, riunendo le informazioni necessarie per comprendere l'affidabilità e la rappresentatività dello studio di LCA.

All'interno di questa fase risulta essenziale definire l'unità funzionale e i confini del sistema. L'unità funzionale è il riferimento rispetto alla quale i dati in ingresso e in uscita sono normalizzati. Nel caso di studio presentato in questa tesi l'unità funzionale corrisponde ad un carrello per le pulizie ad uso professionale come indicato dalla PCR Cleaning Trolleys for Professional Use 2008:07 versione 2.1.

La definizione dei confini del sistema consiste nell'identificare le singole operazioni (unità) che compongono il processo inclusi input e output, i quali dovranno essere inclusi nello studio (Daddi et al., 2015).

Attraverso la prima fase abbiamo definito la pianificazione iniziale per poter condurre la seconda fase di uno studio di LCA, cioè l'Analisi dell'inventario (LCI, Life Cycle Inventory).

Fase 2. Analisi dell'inventario (LCI)

La seconda fase di uno studio di LCA comprende la raccolta dei dati e le procedure di calcolo che consentono di quantificare tutti gli input e output, cioè gli elementi in ingresso e uscita, per un dato sistema o prodotto.

Il processo per condurre un'analisi d'inventario è iterativo, cioè via via che si raccolgono dati e si arriva a maggiori conoscenze del sistema, possono essere identificati nuovi requisiti o limitazioni riguardo ai dati, che richiedono un cambiamento delle procedure di raccolta dei dati, affinché siano ancora soddisfatti gli obiettivi dello studio (ISO 14040., 2006).

In Figura 5 vengono mostrate le procedure per svolgere un'analisi di inventario.

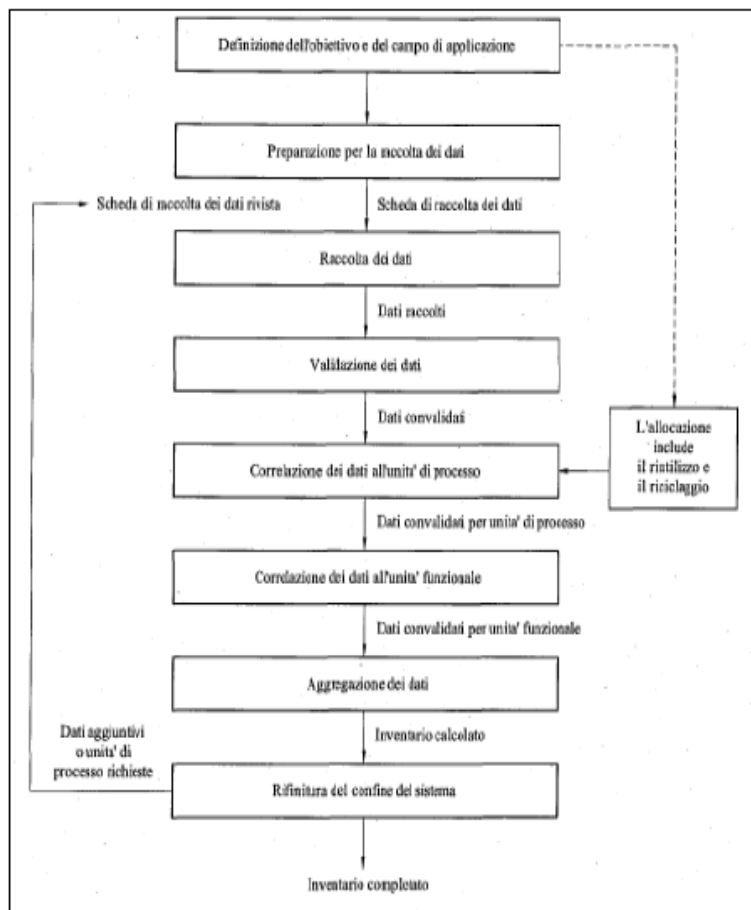


Figura 5. Procedure semplificate per l'analisi d'inventario (UNI EN ISO 14040)

Per la raccolta dei dati negli ultimi anni c'è stato uno sviluppo considerevole di database sia pubblici che commerciali; inoltre per aiutarsi nell'attività di raccolta di dati può essere utile utilizzare diagrammi di flusso.

Con diagramma di flusso intendiamo una rappresentazione grafica delle varie unità di processo che concorrono a formare il sistema in esame, e collegarle fra loro attraverso i vari flussi (input e output) di materia e energia.

Con unità di processo (o processo unitario) si intende l'elemento più piccolo considerato nell'analisi dell'inventario del ciclo di vita per il quale sono quantificati i dati in ingresso e in uscita.

La fase d'inventario è seguita dalla terza fase, cioè la fase di valutazione dell'impatto (LCIA – Life Cycle Impact Assessment).

Fase 3. Valutazione dell'impatto (LCIA)

La fase della valutazione dell'impatto (LCIA – Life Cycle Impact Assessment) consiste nella valutazione, attraverso tutto il ciclo di vita, dei potenziali impatti ambientali causati da un prodotto o sistema studiato attraverso l'uso delle informazioni ottenute dalla fase d'inventario.

Attraverso questa fase si evidenziano i valori delle modificazioni ambientali che si generano a seguito dei rilasci nell'ambiente e del consumo di risorse provocati dall'attività produttiva.

Una LCIA è composta da elementi obbligatori ed opzionali.

Gli elementi obbligatori che devono essere inclusi in una fase di LCIA sono:

- selezione delle categorie d'impatto, degli indicatori di categoria e dei modelli di caratterizzazione;
- assegnazione dei risultati dell'analisi d'inventario alle categorie di impatto selezionate (classificazione);
- calcolo dei risultati degli indicatori per ogni categoria d'impatto (caratterizzazione).

Gli elementi opzionali che potrebbero essere presenti sono:

- calcolo della grandezza dei risultati degli indicatori di categoria in relazione alle informazioni di riferimento (normalizzazione);
- assegnazione delle categorie d'impatto in una o più serie come predefinito nella definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione e che può richiedere l'ordinamento e/o la classificazione (raggruppamento);
- processo di conversione dei risultati degli indicatori di diverse categorie di impatto mediante l'uso di fattori numerici basati sulle scelte dei valori (ponderazione).

Infine passiamo all'ultima fase di uno studio di LCA, cioè l'interpretazione.

Fase 4. Interpretazione

L'interpretazione è la fase conclusiva di uno studio di LCA in cui i risultati delle fasi precedenti sono riassunti, valutati, analizzati e combinati coerentemente al fine di giungere ad utili conclusioni, raccomandazioni e limitazioni con lo scopo di proporre i cambiamenti necessari a ridurre l'impatto ambientale del sistema considerato.

La fase di definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione e di interpretazione della valutazione del ciclo di vita costituiscono la struttura ponderante dello studio, mentre le altre fasi dell'LCA (LCI ed LCIA) forniscono informazioni sul sistema dei prodotti.

I risultati delle fasi LCI o LCIA devono essere interpretati in base all'obiettivo e al campo di applicazione dello studio, e l'interpretazione deve includere una valutazione e un controllo di sensibilità degli elementi in ingresso e in uscita significativi e delle scelte metodologiche, al fine di valutare l'incertezza dei risultati.

Questa fase può dare il via ad un processo iterativo, visto che ogni passo sviluppato durante questa fase deve essere riesaminato e controllato (ISO 14040 - 14044).

2.1 Software SimaPro

Per svolgere studi di LCA sono stati messi a punto numerosi software tra cui: EcoPro, GaBi, SimaPro, PIA ecc.

I Software servono per la creazione del modello del ciclo di vita del prodotto, nonché per la valutazione dei potenziali impatti ambientali.

Il software utilizzato per la LCA del caso studio di questo lavoro è SimaPro 8.2.0.0. e il metodo di calcolo EPD (2013) v. 1.02.

Il Software SimaPro è stato elaborato dalla società olandese PRE (Product Ecology Consultant – NL), per conto del ministero dell'ambiente olandese.

SimaPro consente di ottenere dati riguardanti la sostenibilità ambientale e di valutare le prestazioni ambientali di prodotti e servizi. Il Software può essere usato per differenti applicazioni: analisi del ciclo di vita del prodotto, carbon e water footprint, design di prodotti, dichiarazioni ambientali di prodotto e molto altro.

Il Software SimaPro attualmente è usato in oltre 80 paesi al mondo, soprattutto da grandi industrie e società di consulenza per condurre valutazioni su prestazioni energetiche ed ambientali di vari prodotti, processi e servizi.

Tra le principali caratteristiche che hanno portato SimaPro ad essere uno dei software più famosi ed utilizzati per gli studi di LCA abbiamo:

- la flessibilità, poiché permette di inserire nuovi processi, materiali e metodi di analisi degli impatti ambientali, di modificare o completare quelli già esistenti e di adattarli al caso studio, con la conseguente possibilità di ampliare i confini qualora lo si ritenga necessario o nel caso si abbiano le informazioni adeguate;
- l'interfaccia intuitiva e in accordo con la norma UNI EN ISO 14040;
- la disponibilità di un certo numero di banche dati basate su statistiche economiche ed ambientali per l'inserimento di dati in input ed in output;
- la possibilità di modellare vari parametri, ossia eseguire analisi di sensibilità, analisi di incertezza, definire relazioni non lineari tra i parametri stessi, valutare scenari alternativi per i prodotti analizzati, ottenendo così diversi scenari di studio;
- la possibilità di scelta tra più metodi di valutazione degli impatti;
- la possibilità di calcolo diretta per la valutazione degli impatti per ogni singola fase del modello;
- l'analisi interattiva dei risultati, con possibilità di arrivare immediatamente alle origini del risultato ottenuto;

- la possibilità di presentare risultati personalizzati, filtrabili, scegliendo come raggrupparli ed esporli;
- la possibilità di importare ed esportare dati, grafici e tabelle, grazie alla compatibilità con altri software (Simonetto M., 2013).

I risultati dello studio di LCA, su cui verrà applicata la norma dell'incertezza, si occupano di quantificare le categorie d'impatto, con cui intendiamo la classe che rappresenta i problemi ambientali di interesse ai quali possono essere assegnati i risultati dell'analisi dell'inventario del ciclo di vita.

Lo svolgimento dello studio di LCA per il carrello in polipropilene prevede l'identificazione di quattro categorie d'impatto:

- global warming (riscaldamento globale), la cui unità di misura è Kg di CO₂ equivalenti;
- acidification (acidificazione), la cui unità di misura è Kg di SO₂ equivalenti;
- photochemical oxidation (ossidazione fotochimica), la cui unità di misura è Kg di C₂H₄ equivalenti;
- eutrophication (eutrofizzazione), la cui unità di misura è Kg di PO₄³⁻ equivalenti.

Per ogni categoria d'impatto e per ogni processo unitario vengono indicati i valori delle emissioni. Per processo unitario si intende l'elemento più piccolo considerato nell'analisi dell'inventario del ciclo di vita per il quale possono essere quantificati i dati in ingresso e in uscita (per esempio: estrazione materie prime carrello, trasporto componenti carrello ecc.).

L'incertezza verrà applicata ad ogni processo unitario che rispetta i criteri previsti dalla norma (si veda il paragrafo successivo).

3. Norma nazionale UNI sulla Stima, dichiarazione e utilizzo dell'incertezza dei risultati di una valutazione di Ciclo di Vita

Per risolvere le criticità relative all'elevata quantità di dati presenti durante la conduzione di uno studio di LCA e alla loro provenienza da diverse tipologie di fonti (per esempio dati primari e secondari) si è deciso di elaborare una Norma UNI.

Il progetto di norma UNI è noto come Stima, dichiarazione e utilizzo dell'incertezza dei risultati di una valutazione di Ciclo di Vita. Questa norma si occupa di fornire requisiti e linee guida per la stima, la dichiarazione e l'utilizzo dell'incertezza dei risultati di una valutazione del Ciclo di Vita.

All'interno della norma UNI l'incertezza viene definita come un parametro non negativo che caratterizza la dispersione dei valori che sono attribuiti ad un misurando, sulla base delle informazioni utilizzate.

Con misurando intendiamo la grandezza che bisogna misurare, considerando il carrello in polipropilene esempi di misurando possono essere il polipropilene (il cui nome specifico in SimaPro è Polypropylene, granulate {GLO}| market for | Alloc Rec, U) oppure il trasporto tramite furgoncino (il cui nome specifico in SimaPro è Transport, freight, light commercial vehicle {GLO}| market for | Alloc Rec, U).

Nella norma vengono distinte tre principali sorgenti di incertezza:

- incertezza stocastica,
- incertezza dovuta alle scelte;
- incertezza dovuta alla mancanza di conoscenza del sistema.

Con incertezza stocastica s'intende che i dati di processo (per esempio le emissioni di una sostanza) e i dati di valutazione (per esempio i fattori di caratterizzazione) sono adeguatamente descritti in termini statistici, fornendo:

- una misura della media;
- una misura della variazione attorno alla media;
- informazioni sulla distribuzione dei dati.

Con incertezza dovuta alle scelte s'intendono le variazioni che accompagnano le scelte che vengono fatte durante lo svolgimento di uno studio di LCA. Infatti durante lo svolgimento di uno studio di LCA, può succedere di dover fare delle scelte metodologiche, come i principi del modello del LCI (Life Cycle Inventory, cioè l'analisi dell'inventario del ciclo di vita) o la scelta delle categorie d'impatto e del metodo LCIA.

Inoltre anche all'interno di una LCA ci possono essere scelte da fare in termini di prospettiva di tempo o prospettiva culturale.

Infine l'incertezza dovuta alla mancanza di conoscenze sul sistema è un'incertezza dovuta all'ignoranza, per esempio alla mancanza di dati o ad assunzioni non corrette sui processi o sui flussi elementari (JRC., 2010).

L'incertezza stocastica viene divisa a sua volta in due tipologie d'incertezza, cioè l'incertezza stocastica legata ai dati d'inventario e l'incertezza stocastica sul metodo LCIA.

L'incertezza stocastica sui dati d'inventario viene gestita includendola nei risultati LCA. Questa tipologia d'incertezza è l'unica che verrà considerata e trattata in questa norma, infatti viene indicata come un'incertezza di misura.

Le altre tre tipologie d'incertezza, cioè l'incertezza stocastica sul metodo LCIA, l'incertezza dovuta alle scelte e l'incertezza dovuta alla mancanza di conoscenze del sistema non sono trattate in questa norma come incertezze di misura (quindi non vengono analizzate), ma vengono considerate come elementi di variabilità.

Ricapitolando, all'interno della presente norma le incertezze vengono considerate come incertezze di misura o come elementi di variabilità. Se le incertezze vengono considerate come incertezze di misura sono gestite includendole nei risultati di LCA, come nel caso dell'incertezza stocastica sui dati di inventario. Se invece vengono considerate come elementi di variabilità non sono trattate in questa norma.

3.1 Procedure per la stima dell'incertezza incluse nella Norma nazionale UNI

Il processo attraverso cui vengono fornite delle informazioni d'incertezza ai dati d'inventario e la stima dell'incertezza estesa per categoria d'impatto devono esseri gestiti seguendo uno o più dei quattro percorsi indicati dalla norma e riportati in Figura 6.

Con categoria d'impatto intendiamo la classe che rappresenta i problemi ambientali d'interesse ai quali possono essere assegnati i risultati dell'analisi dell'inventario del ciclo di vita.

Per comprendere il concetto di incertezza estesa invece bisogna prima spiegare il significato d'incertezza tipo, cioè l'incertezza di misura espressa come scarto tipo, quest'ultimo viene definito come un indice statistico che stima una variabilità di dati.

Con incertezza estesa si intende il prodotto di un'incertezza tipo composta e di un fattore maggiore di uno. Con incertezza tipo composta intendiamo un incertezza tipo che si ottiene impiegando le singole incertezze tipo associate alle grandezze d'ingresso del modello di misura.

Nella Figura 6 viene riportato il diagramma di flusso contenente i percorsi per il computo dell'incertezza estesa per singola categoria d'impatto.

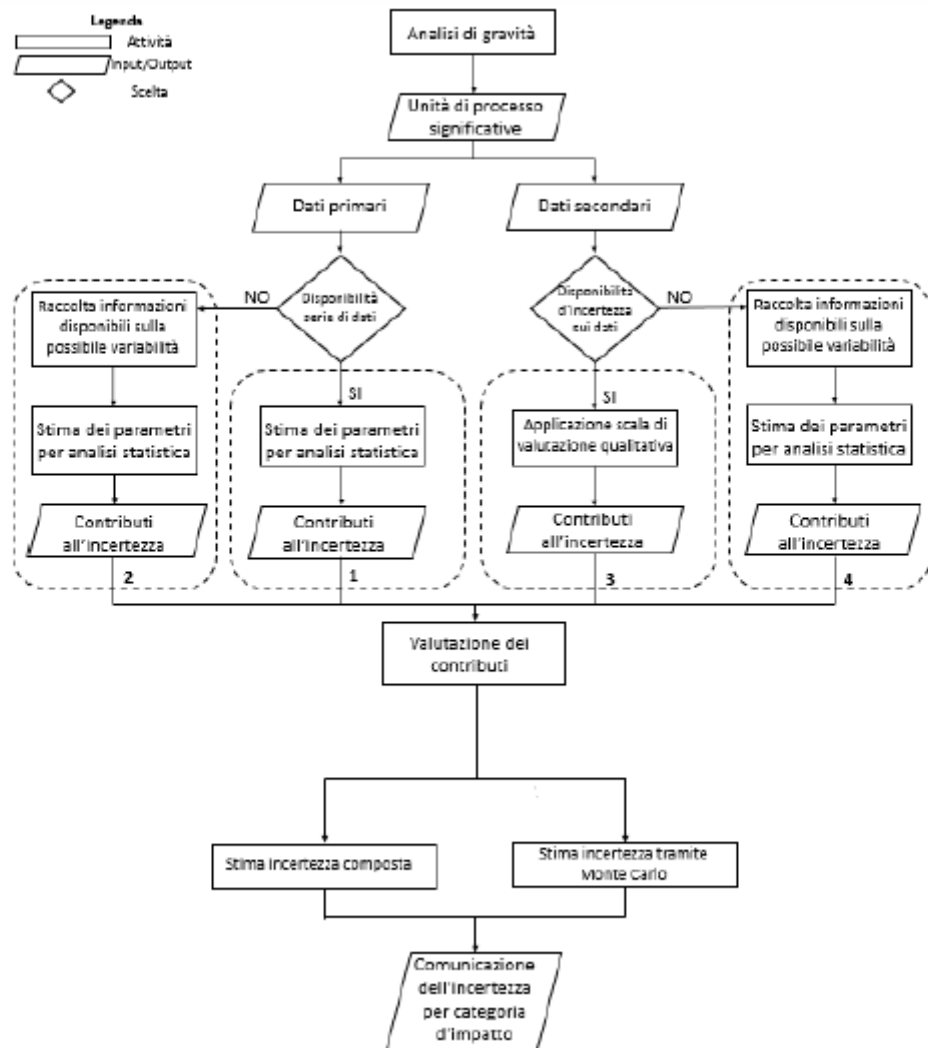


Figura 6. Diagramma di flusso contenente i percorsi per il computo dell'incertezza estesa per singola categoria d'impatto (Adattamento da Progetto di Norma Nazionale UNI1601560, 2016).

Prima di procedere con la spiegazione dei passaggi per la stima dell'incertezza è bene focalizzare l'attenzione sui concetti di dati primari e secondari.

I dati primari sono un valore quantificato e rappresentativo di un processo unitario (o unità di processo) o di un'attività ottenuto da una misurazione diretta o da un calcolo in base a misurazioni dirette alla fonte originale.

I dati secondari sono invece valori rappresentativi ottenuti da fonti diverse da una misurazione diretta o da un calcolo basato su misurazioni dirette alla fonte originale. Questi dati provengono da banche dati, database o dalla letteratura.

Il primo step da svolgere per procedere alla stima dell'incertezza è l'analisi di gravità (o criterio di completezza), una procedura statistica che identifica i dati aventi il maggior contributo per il risultato dell'indicatore, considerando il caso del carrello in polipropilene intendiamo i processi unitari (o le unità di processo) che contribuiscono maggiormente all'impatto totale (per esempio il polipropilene).

L'analisi di gravità (o criterio di completezza) necessita che, almeno il 70% dei dati d'inventario che contribuiscono al risultato di LCIA (Life Cycle Impact Assessment) siano corredati da informazioni d'incertezza. Inoltre, all'interno dell'analisi di incertezza, devono essere incluse tutte le unità di processo che singolarmente contribuiscono per più del 10% del risultato di LCIA per ogni categoria d'impatto.

Per esempio, nel caso della categoria acidification (acidificazione) i processi unitari (o unità di processo) che andranno selezionati, cioè quelli che contribuiscono per più del 10% al risultato di LCIA o che sono comunque necessarie per raggiungere la soglia del 70%, sono:

- polypropylene, granulate {GLO}| market for | Alloc Rec, U (polipropilene);
- electricity, medium voltage {IT}| electricity voltage transformation from high to medium voltage | Alloc Rec, U (consumo elettrico per lo stampaggio);
- transport, freight, light commercial vehicle {GLO}| market for | Alloc Rec, U (trasporto tramite furgoncino).

I dati d'inventario che contribuiscono ad almeno il 70% del risultato di LCIA sono ottenuti dalla sommatoria dei valori percentuali delle singole unità di processo, come sarà meglio spiegato nella parte applicativa.

Le tabelle di riferimento da cui sono state selezionate le unità di processo, cioè i risultati finali dello studio di LCA, sono riportate nell'Appendice 1; in giallo sono state sottolineati i valori delle categorie d'impatto che hanno superato i criteri previsti dalla norma.

La scelta del percorso da seguire dipende dalla tipologia di dati che si hanno a disposizione.

Se si hanno a disposizione una serie di dati primari, cioè un numero minimo di tre valori misurati con associata un'incertezza di misura, deve essere seguito il percorso 1.

Nel caso in cui, invece, non sia disponibile una serie di dati primari si deve seguire il percorso 2, stimando l'incertezza attraverso l'utilizzo di informazioni sulla variabilità del dato. Le informazioni sulla variabilità del dato possono comprendere:

- dati di misurazioni precedenti;
- specifiche tecniche del costruttore;
- dati forniti in certificati di taratura o altri;
- esperienza o conoscenza generale del comportamento e delle proprietà dei materiali e strumenti di interesse;
- incertezze assegnate a valori di riferimento presi da manuali.

Considerando uno studio di LCA, tali informazioni possono essere tratte da:

- banche dati;
- dati di processo;
- giudizio di esperti oggettivo;
- letteratura (es. BAT).

Queste considerazioni, riportate per il percorso 2 vengono considerate anche nel caso dei percorsi 3 e 4.

Se si hanno a disposizione dati secondari con associate informazioni sulla distribuzione di probabilità, misura della media, stima della variazione intorno alla media supportate da metadati (dati con informazioni sui dati) si deve seguire il percorso 3.

Nel caso in cui invece non siano disponibili tali informazioni si deve stimare l'incertezza utilizzando informazioni sulla variabilità del dato seguendo il percorso 4.

Nel caso del percorso 1, il valore medio \bar{q} delle n osservazioni (media aritmetica), può essere considerato la migliore stima dei valori attesi μ_q di una grandezza q che varia casualmente e della quale sono state ottenute n osservazioni indipendenti q_k nelle stesse condizioni sperimentali. Nell'Equazione 1 viene riportata la formula della media aritmetica:

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k$$

Equazione 1

Le singole osservazioni q_k differiscono a causa di variazioni casuali delle grandezze d'influenza. Per considerarle utilizziamo la formula della varianza riportata in equazione 2:

$$s^2(q_k) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2$$

Nel caso dei percorsi 2 e 4 l'assegnazione dell'incertezza al dato puntuale e l'ottenimento dei contributi all'incertezza devono essere svolti utilizzando informazioni sulla loro possibile variabilità come spiegato precedentemente nel caso del percorso 2.

Nel caso del percorso 3 le informazioni associate a un dato secondario devono essere valutate e nel caso modificate considerando il giudizio d'esperti sempre come indicato nel caso del percorso 2; inoltre tali giudizi, una volta ottenuti, devono essere organizzati in una scala di valutazione qualitativa, di cui qui di seguito viene riportato un esempio.

Nella Figura 7 viene riportato un esempio di scala di valutazione qualitativa.

Indicatore		Livelli di qualità				
		1	2	3	4	5
Affidabilità	Criterio	Dati verificati in base alle misurazioni	Dati verificati parzialmente, basati su ipotesi o dati non verificati basati su misurazioni	Dati non verificati, basati su assunzioni	Stima qualificata (es. da un esperto del settore)	Stima non qualificata
	Incertezza aggiuntiva U1b	1.00	1.05	1.10	1.20	1.50
Completezza	Criterio	Dati rappresentativi di un campione sufficiente di siti, nell'arco di un periodo adeguato al fine di equilibrare le normali fluttuazioni	Dati rappresentativi di un campione minore di siti, in un arco di tempo adeguato	Dati rappresentativi di un campione sufficiente di siti, ma per periodi più brevi	Dati rappresentativi di un campione minore di siti, per periodi più brevi o dati incompleti da un numero sufficiente di siti e per un arco di tempo adeguato	Rappresentatività sconosciuta o dati incompleti da un campione minore di siti e/o per periodi più brevi
	Incertezza aggiuntiva U2b	1.00	1.02	1.05	1.10	1.20
Correlazione temporale	Criterio	Meno di 3 anni di differenza rispetto al sistema analizzato	Meno di 6 anni di differenza rispetto al sistema analizzato	Meno di 10 anni di differenza rispetto al sistema analizzato	Meno di 15 anni di differenza rispetto al sistema analizzato	Età dei dati sconosciuta oppure oltre 15 anni di differenza rispetto al sistema analizzato
	Incertezza aggiuntiva U3b	1.00	1.03	1.10	1.20	1.50
Correlazione geografica	Criterio	Dati dell'area del sistema analizzato	Dati medi da un'area in cui è incluso il sistema analizzato	Dati da un'area con condizioni di produzioni simili a quelle del sistema analizzato	Dati da un'area con condizioni di produzioni poco simili a quelle del sistema analizzato	Dati da un'area sconosciuta o con condizioni di produzione molto diverse
	Incertezza aggiuntiva U4b	1.00	1.00	1.02	1.05	1.10
Ulteriore correlazione geografica	Criterio	Dati riferiti a imprese, processi, e materiali appartenenti al sistema analizzato	Dati riferiti a processi e materiali appartenenti al sistema analizzato (es. tecnologia identica) ma da imprese diverse	Dati riferiti a processi e materiali appartenenti al sistema analizzato ma riferiti a tecnologie diverse	Dati riferiti a materiali o processi correlati al sistema analizzato ma riferiti alla stessa tecnologia	Dati riferiti a materiali o processi correlati al sistema analizzato ma riferiti a tecnologie diverse
	Incertezza aggiuntiva U5b	1.00	1.05	1.20	1.50	2.00

Figura 7. Esempio di scala di valutazione qualitativa (Adattamento da progetto di Norma Nazionale UNI1601560, 2016).

È bene riportare l'attenzione sul fatto che questa scala di valutazione qualitativa qui riportata per il percorso 3 non è obbligatoria ma informativa e può essere modificata in base alle unità di processo che si hanno a disposizione. Infatti, a seconda dell'unità di processo considerata, si potrà arrivare ad avere un'incertezza finale maggiore o minore a seconda della qualità dei dati che si hanno a disposizione.

Come si vede questa scala di valutazione qualitativa è composta da cinque indicatori di qualità ed ogni indicatore ha a sua volta cinque livelli di qualità. Ogni livello di qualità di ciascun indicatore ha assegnata un'incertezza aggiuntiva rispetto all'incertezza di base. Quindi si ha un'incertezza di base indicata come U_b a cui si aggiungono una serie di incertezze aggiuntive U_1 , U_2 , U_3 , U_4 e U_5 .

Le incertezze aggiuntive ricavate attraverso la scala qualitativa vengono utilizzate nel computo dell'incertezza complessiva U_c , espressa come il 95% dell'intervallo di copertura, attraverso l'equazione 3:

$$U_c^2 = \exp\sqrt{[\ln(U_b)]^2 + [\ln(U_1)]^2 + [\ln(U_2)]^2 + [\ln(U_3)]^2 + [\ln(U_4)]^2 + [\ln(U_5)]^2} \quad \text{Equazione 3}$$

All'interno dell'equazione U_c rappresenta l'incertezza complessiva, U_b l'incertezza di base e U_{1-5} le incertezze aggiuntive.

Dopo aver scelto il percorso più idoneo per la stima dell'incertezza, al fine della scelta della modalità per il calcolo dell'incertezza devono essere valutati i contributi all'incertezza dei singoli dati d'inventario, attraverso il criterio riportato di seguito:

- se almeno il 50% dei dati d'inventario presenta una incertezza inferiore o uguale al 10% del valore del dato, si deve procedere con la stima dell'incertezza composta;
- se meno del 50% dei dati d'inventario presenta un'incertezza inferiore o uguale al 10% del valore del dato, si deve procedere con la stima dell'incertezza con metodo Monte Carlo.

L'incertezza composta deve essere stimata includendo nel bilancio i contributi all'incertezza dei dati d'inventario propri delle unità di processo individuate dall'analisi di gravità. I contributi devono essere espressi nell'unità di misura utilizzata nei calcoli della categoria d'impatto. L'incertezza associata alla categoria d'impatto viene assunta equivalente all'incertezza del dato d'inventario.

Nella Figura 8 viene riportata una schematizzazione del percorso per la stima dell'incertezza estesa e della sua dichiarazione, nel caso in cui si ricada nell'utilizzo dell'incertezza composta.

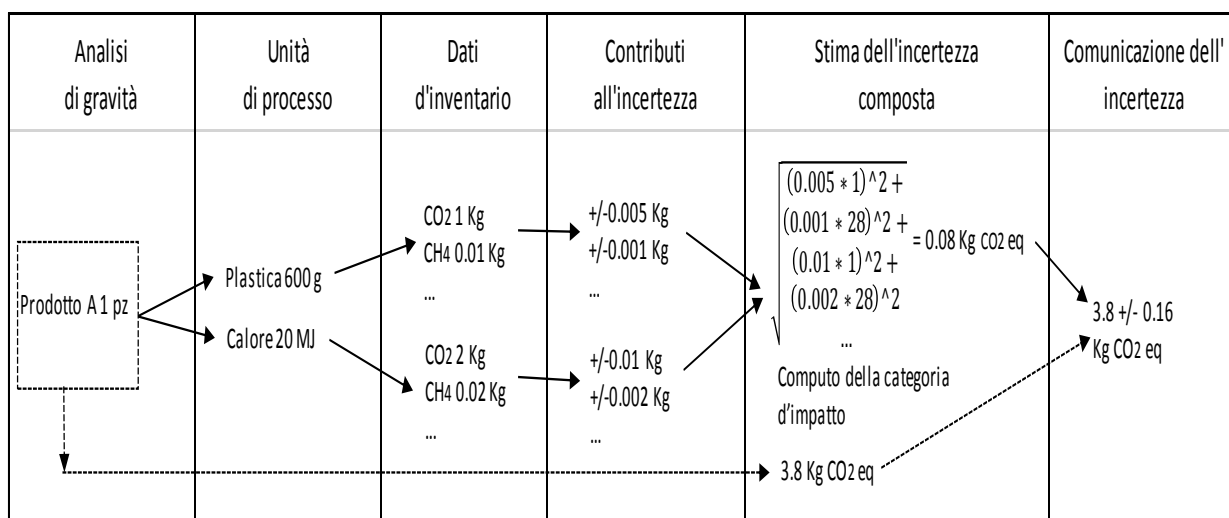


Figura 8. Schematizzazione del percorso per la stima dell'incertezza estesa e della sua dichiarazione (Adattamento da Progetto di Norma Nazionale UNI1601560, 2016).

Il metodo Monte Carlo è un insieme di metodi che permette di approssimare qualsiasi sequenza di distribuzioni di probabilità.

Nella norma viene indicato che per condurre la simulazione Monte Carlo bisogna rispettare le seguenti condizioni:

- stop della simulazione a 1000 interazioni;
- intervallo di copertura pari al 95%.

L'incertezza composta e l'incertezza calcolata con metodo Monte Carlo devono essere trasformate rispettivamente nell'incertezza composta estesa o nell'incertezza estesa moltiplicando per un fattore di copertura K, che in generale è nel campo tra 2 e 3 a seconda del livello di fiducia che si vuole avere.

Il fattore di copertura k=2 fornisce un intervallo avente un livello di fiducia approssimativamente del 95%, invece il fattore di copertura k=3 fornisce un intervallo avente un livello di fiducia approssimativamente del 99%.

La formula dell'incertezza estesa è riportata nell'equazione 4:

$$U = k u_c(y)$$

Equazione 4

In cui U rappresenta l'incertezza composta estesa, $u_c(y)$ l'incertezza tipo composta e k il fattore di copertura.

Infine per la dichiarazione dell'incertezza bisogna utilizzare la notazione riportata nell'equazione 5:

Equazione 5

$$y \pm U$$

In cui y è il valore della categoria d'impatto e U l'intervallo dell'incertezza estesa (UNI., 2016). Le informazioni qui riportate sono riferite all'ultimo aggiornamento disponibile della norma, cioè il 14-07-2016.

Per la presente norma in futuro saranno presenti ulteriori nuove edizioni o aggiornamenti a seguito dei commenti sorti durante le riunioni tenutosi presso la sede dell'UNI e che saranno proposti nei paragrafi successivi.

3.2 UNI (Ente Italiano di Normazione)

L'UNI, la cui sigla significa Ente Italiano di Normazione è un'associazione privata senza scopo di lucro riconosciuta dallo Stato e dall'Unione Europea che si occupa di elaborare e pubblicare norme tecniche volontarie, note come norme UNI, nei settori industriali, commerciali e del terziario.

Tra i soci dell'UNI sono presenti enti pubblici, imprese, associazioni, professionisti, organizzazioni non governative ecc.

L'incipit per un nuovo progetto di norma UNI arriva sempre da coloro che utilizzeranno tale norma ottenendone dei benefici, cioè pubblica amministrazione, professionisti, imprese ecc. Tutte le norme vengono poi elaborate presso gli organi tecnici, grazie al lavoro svolto volontariamente da esperti del settore e a due fasi di inchiesta pubblica che garantiscono trasparenza e democraticità durante il percorso di stesura della norma.

La norma analizzata in questa tesi è stata elaborata dalla Commissione Tecnica Ambiente, nell'ambito del Gruppo di Lavoro "Gestione ambientale di prodotto".

Durante l'iter di elaborazione di una norma le parti interessate possono intervenire ai lavori degli organi tecnici o inviare commenti nelle fasi di inchiesta pubblica come quelli che saranno proposti nel capitolo 5.

Durante le riunioni che si svolgono presso la sede dell'UNI i commenti proposti potranno essere accettati, respinti, accettati in parte o accettati con modifiche.

4. Caso Studio

L'azienda su cui verrà pubblicato il caso studio è TTS CLEANING S.R.L. azienda italiana attiva dal 1987 nello sviluppo e produzione di sistemi per la pulizia professionale.

Nella Figura 9 viene riportato il logo dell'azienda.



Figura 9. Logo dell'azienda TTS CLEANING S.R.L.

L'azienda ha sede in Viale Dell'Artigianato a Santa Giustina in Colle (PD).

Nella Figura 10 viene riportata la localizzazione dell'azienda.

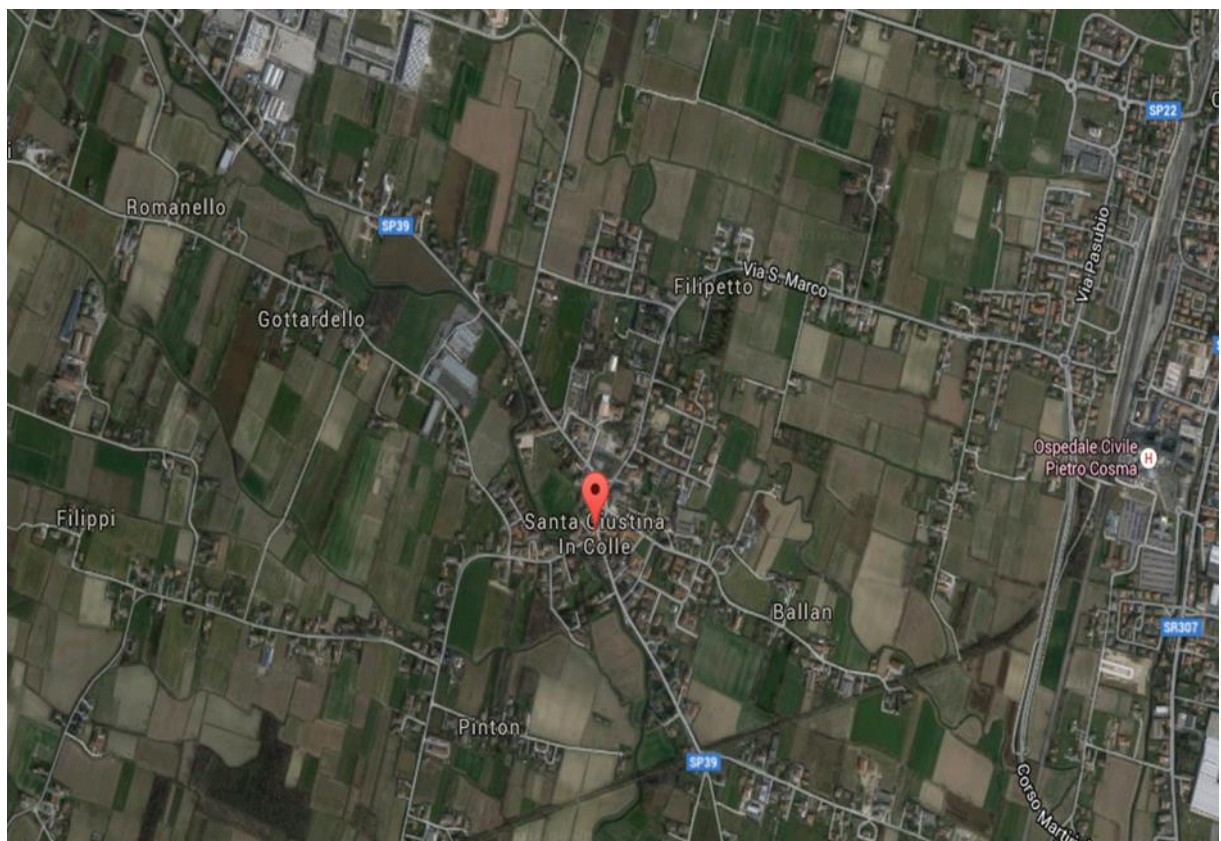


Figura 10. Posizione geografica dell'azienda TTS CLEANING S.R.L. (Google earth)

La gamma di prodotti di cui l'azienda si occupa riguarda diversi ambiti: dalla pulizia pavimento, carrelli lavaggio, carrelli multiuso, carrelli e contenitori per la raccolta rifiuti, carrelli per gestione biancheria e segnaletica. I principali ambiti a cui sono rivolti i prodotti sono: alberghi, ristoranti, industrie, ospedali, uffici, scuole e aeroporti.

Il prodotto su cui è stato effettuato lo studio LCA e la successiva applicazione del progetto di norma UNI sull'incertezza è un carrello per le pulizie completamente in polipropilene della linea Magic System.

Le principali caratteristiche del prodotto sono:

- pareti in plastica che separano nettamente la zona di raccolta rifiuti, stoccaggio e lavaggio;
- le superfici arrotondate, l'utilizzo di materiale plastico (polipropilene) di prima scelta, l'utilizzo di tappi e copertine che chiudono ogni foro rendendo il carrello senza punti critici, quindi igienico e facile da pulire;
- amico dell'ambiente perché completamente riciclabile;
- inossidabile poiché non è soggetto ad ossidazione;
- modulare, studiato per soddisfare qualsiasi esigenze dell'operatore;
- la particolare struttura e l'utilizzo di cassette e pedali che permettono all'operatore di lavorare sempre in posizione ergonomica (ttsystem, 13/08/2016).

Lo svolgimento dello studio di LCA per il carrello oggetto dello studio si è basato sulla PCR Cleaning Trolleys for Professional Use 2008:07 versione 2.1 che ha previsto l'identificazione di quattro categorie d'impatto, cioè acidificazione, eutrofizzazione, riscaldamento globale e ossidazione fotochimica.

Nella Figura 11 viene riportata un'immagine del carrello oggetto dello studio.



Figura 11. Immagine del carrello in polipropilene della linea Magic System.

5. Parte Applicativa

5.1 Descrizione generale

Il metodo applicativo con cui ci si è approcciati a questa norma si è strutturato secondo due aspetti: da un lato il testo della norma da applicare in base al caso studio relativo al carrello in polipropilene, dall'altro la possibilità di un confronto con gli esperti dell'UNI in modo da chiarare i dubbi d'interpretazione e risolvere i problemi che sorgevano di volta in volta. In particolare considerando questo secondo aspetto, si sono svolte tre riunioni tenutesi presso la sede dell'UNI in data 18 febbraio 2016 in cui è stato presentato e approvato il progetto di norma, 4 maggio 2016 e 20 luglio 2016 durante le quali invece sono stati posti dei commenti su argomenti non chiari della norma.

Generalmente, durante queste riunioni vengono all'inizio spiegate le modifiche introdotte a seguito dei commenti registrati nelle riunioni precedenti e poi si procede con nuovi commenti e l'esposizione di casi studio.

Attraverso questi incontri è stato possibile identificare, individuare e delineare suggerimenti generali per lo sviluppo del testo della norma e avere chiarimenti di carattere specifico relativo al caso studio.

I principali commenti sorti durante l'ultima riunione tenutasi il 20 luglio sono:

- l'indicazione dello sviluppo di una linea guida al supporto della presente norma, cioè di un documento aggiuntivo alla norma, con l'obiettivo di aiutare coloro che la applicano a procedere nel modo corretto;
- un chiarimento sui termini di analisi di gravità e criterio di completezza che sono risultati avere lo stesso concetto;
- la richiesta di aggiungere la definizione di dato d'inventario che però è stata respinta in quanto il riferimento di dato d'inventario è il concetto "inventory" presente nella norma ISO 14044;
- la modificazione dell'ordine dei percorsi riportati in Figura 6 per rendere la norma più facilmente memorizzabile ai lettori che si avvicinano per la prima volta alla sua lettura. La modifica proposta e accettata è stata:
 - inserire in ordine progressivo da sinistra a destra i quattro percorsi indicati nella Figura 6;
 - chiamare i due casi successivi direttamente "Incertezza composta" e "Monte Carlo".

Il problema che però ha suscitato il maggiore numero di commenti e discussioni è stata l'applicazione della norma nel caso in cui ci sono a disposizione dati primari e secondari legati al medesimo dato d'inventario (per esempio energia elettrica). La soluzione di modifica proposta è stata:

Ai fini della presente norma, nel caso in cui la modellizzazione di un'unità di processo faccia riferimento sia a dati specifici (es: consumi di energia elettrica rilevati come dati puntuali dell'unità di processo analizzata), sia a dati generici (es: moduli banca dati per la ricostruzione dell'impatto sul ciclo di vita della produzione di energia elettrica) il calcolo dell'incertezza deve tenere in considerazione entrambi i contributi seguendo i quattro percorsi applicabili.

Questo è stato anche uno dei principali problemi sorti durante l'applicazione della norma al caso studio del carrello in polipropilene come sarà spiegato nel paragrafo successivo.

Nel paragrafo successivo, dove vengono indicati i diversi step della norma applicati al caso studio, saranno anche presenti alcuni commenti e indicazioni specifici, applicati in base al caso di studio considerato.

5.2 Applicazione dei passaggi della norma al caso studio

Come indicato dalla norma, il primo step per procedere alla stima dell'incertezza è l'analisi di gravità (o criterio di completezza).

I dati d'inventario che contribuiscono ad almeno il 70% del risultato di LCIA sono dati dalla sommatoria dei valori percentuali delle singole unità di processo. Questo criterio del 70% è la soglia minima da raggiungere per poter passare alle fasi successive.

In base allo studio di LCA i processi unitari (o unità di processo) che sono stati selezionati per ogni categoria d'impatto sono i seguenti:

- acidification (acidificazione):
 - polypropylene, granulate {GLO}| market for | Alloc Rec, U;
 - electricity, medium voltage {IT}| electricity voltage transformation from high to medium voltage | Alloc Rec, U;
 - transport, freight, light commercial vehicle {GLO}| market for | Alloc Rec, U.
- eutrophication (eutrofizzazione):
 - polypropylene, granulate {GLO}| market for | Alloc Rec, U;
 - electricity, medium voltage {IT}| electricity voltage transformation from high to medium voltage | Alloc Rec, U;

- transport, freight, light commercial vehicle {GLO}| market for | Alloc Rec, U;
- transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6 {GLO}| market for | Alloc Rec, U.
- global warming (riscaldamento globale):
 - polypropylene, granulate {GLO}| market for | Alloc Rec, U;
 - electricity, medium voltage {IT}| electricity voltage transformation from high to medium voltage | Alloc Rec, U;
 - transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6 {GLO}| market for | Alloc Rec, U.
- photochemical oxidation (ossidazione fotochimica):
 - polypropylene, granulate {GLO}| market for | Alloc Rec, U;
 - electricity, medium voltage {IT}| electricity voltage transformation from high to medium voltage | Alloc Rec, U;
 - transport, freight, light commercial vehicle {GLO}| market for | Alloc Rec, U.

Le unità di processo indicate sopra sono i nomi da utilizzare all'interno di SimaPro che corrispondono a:

- il peso del polipropilene all'interno del carrello (Polypropylene, granulate {GLO}| market for | Alloc Rec, U);
- lo stampaggio componenti carrello, cioè il consumo elettrico per eseguire tale operazione (Electricity, medium voltage {IT}| electricity voltage transformation from high to medium voltage | Alloc Rec, U);
- il trasporto al cliente tramite furgoncino (Transport, freight, light commercial vehicle {GLO}| market for | Alloc Rec, U);
- il trasporto al cliente tramite camion (Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6 {GLO}| market for | Alloc Rec, U).

I valori corrispondenti ad ogni unità di processo, con indicazione del peso percentuale per la categoria d'impatto acidification (acidificazione) sono riportati nella Tabella 1.

Tabella 1. Schematizzazione dati per l'analisi di gravità della categoria d'impatto acidification (acidificazione). In tabella, N indica il numero dell'unità di processo; Y è il misurando; A indica la categoria d'impatto acidificazione; g SO₂ eq sta per grammi di SO₂ equivalenti e rappresenta l'unità di misura considerata.

N	Unità di processo	Flussi	Analisi di gravità	
			Y A [g SO ₂ eq]	Peso percentuale
	Il totale di tutti i processi		2.80E+02	100%
1	<i>Polipropilene</i>	Totale processo	1.39E+02	49%
2	<i>Consumo elettrico per lo stampaggio</i>	Totale processo	3.97E+01	14%
3	Trasporto tramite furgoncino	Totale processo	2.59E+01	9%
	Contributo totale delle unità di processo considerate		2.04E+02	
	Grado di completezza C %			73%

Il contributo all'impatto della categoria acidificazione per ogni unità di processo è riportato nella colonna Y A [g SO₂ eq].

Il totale di tutti i processi è la somma di tutte le unità di processo presenti nello studio di LCA, quindi anche quelle che singolarmente non contribuiscono per più del 10% al risultato di LCIA per ogni categoria d'impatto o che comunque non sono state necessarie per raggiungere la soglia del 70%.

Il peso percentuale per ogni unità di processo è stato calcolato attraverso un rapporto dato dal contributo in grammi di SO₂ equivalenti della singola categoria d'impatto considerata (per esempio polipropilene) diviso il contributo totale di tutti i processi e moltiplicato per 100.

Il contributo totale delle unità di processo considerate è la sommatoria del contributo all'impatto analizzato di tutte le unità di processo prese in considerazione in base al criterio di completezza, cioè quelle unità che singolarmente contribuiscono per più del 10% al risultato di LCIA per ogni categoria d'impatto o che sono comunque necessarie per raggiungere la soglia del 70%.

Il grado di completezza è invece la somma di tutti i pesi percentuali delle categorie d'impatto considerate.

Come si può notare da Tabella 1, l'unità di processo che presenta il maggiore contributo all'impatto della categoria acidificazione è il polipropilene.

I valori corrispondenti ad ogni unità di processo, con indicazione del peso percentuale per la categoria d'impatto eutrophication (eutrofizzazione) sono riportati nella Tabella 2.

Tabella 2. Schematizzazione dati per l'analisi di gravità della categoria d'impatto eutrofication (eutrofizzazione). In tabella, N indica il numero dell'unità di processo; Y è il misurando; E indica la categoria d'impatto eutrofizzazione; g PO₄³⁻ eq sta per grammi di PO₄³⁻ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata.

N	Unità di processo	Flussi	Analisi di gravità	
			Y E [g PO ₄ ³⁻ eq]	Peso percentuale
	Il totale di tutti i processi		5.51E+01	100%
1	<i>Polipropilene</i>	Totale processo	1.60E+01	29%
2	<i>Consumo elettrico per lo stampaggio</i>	Totale processo	9.86E+00	18%
3	<i>Trasporto tramite furgoncino</i>	Totale processo	6.52E+00	12%
4	<i>Trasporto tramite Camion</i>	Totale processo	5.90E+00	11%
	Contributo totale delle unità di processo considerate		3.83E+01	
	Grado di completezza (C) %			70%

Il contributo all'impatto della categoria eutrofizzazione per ogni unità di processo è riportato nella colonna Y E [g PO₄³⁻ eq].

Il totale di tutti i processi è la somma di tutte le unità di processo presenti nello studio di LCA, quindi anche quelle che singolarmente non contribuiscono per più del 10% al risultato di LCIA per ogni categoria d'impatto o che comunque non sono state necessarie per raggiungere la soglia del 70%.

Il peso percentuale per ogni unità di processo è stato calcolato attraverso un rapporto dato dal contributo in grammi di PO₄³⁻ equivalenti della singola categoria d'impatto considerata (per esempio polipropilene) diviso il contributo totale di tutti i processi.

Il contributo totale delle unità di processo considerate è la sommatoria delle unità di processo prese in considerazione in base al criterio di completezza, cioè quelle unità che singolarmente contribuiscono per più del 10% al risultato di LCIA per ogni categoria d'impatto o che sono comunque necessarie per raggiungere la soglia del 70%.

Il grado di completezza è invece la somma di tutti i pesi percentuali delle unità di processo considerate.

In questo caso l'unità di processo che presenta il maggiore contributo alla categoria d'impatto eutrofizzazione è il polipropilene.

I valori corrispondenti ad ogni unità di processo, con indicazione del peso percentuale per la categoria d’impatto global warming (riscaldamento globale) sono riportati nella Tabella 3.

Tabella 3. Schematizzazione dati per l’analisi di gravità della categoria d’impatto global warming (riscaldamento globale). In tabella, N indica il numero dell’unità di processo; Y è il misurando; GW indica la categoria d’impatto riscaldamento globale; g CO₂ eq sta per grammi di CO₂ equivalenti e rappresenta quindi l’unità di misura considerata.

N	Unità di processo	Flussi	Analisi di gravità	
			Y GW [g CO ₂ eq]	Peso percentuale
	Il totale di tutti i processi		7.94E+04	100%
1	<i>Polipropilene</i>	Totale processo	4.24E+04	53%
2	<i>Consumo elettrico per lo stampaggio</i>	Totale processo	9.71E+03	12%
3	<i>Trasporto tramite camion</i>	Totale processo	9.98E+03	13%
	Contributo totale delle unità di processo considerate		6.21E+04	
	Grado di completezza (C) %			78%

Il contributo all’impatto della categoria riscaldamento globale per ogni unità di processo è riportato nella colonna Y GW [g CO₂ eq].

Il totale di tutti i processi è la somma di tutte le unità di processo presenti nello studio di LCA, quindi anche quelle che singolarmente non contribuiscono per più del 10% al risultato di LCIA per ogni categoria d’impatto o che comunque non sono state necessarie per raggiungere la soglia del 70%.

Il peso percentuale per ogni unità di processo è stato calcolato attraverso un rapporto dato dal contributo in grammi di CO₂ equivalenti della singola categoria d’impatto considerata (per esempio polipropilene) diviso il contributo totale di tutti i processi.

Il contributo totale delle unità di processo considerate è la sommatoria delle unità di processo prese in considerazione in base al criterio di completezza, cioè quelle unità che singolarmente contribuiscono per più del 10% al risultato di LCIA per ogni categoria d’impatto o che sono comunque necessarie per raggiungere la soglia del 70%.

Il grado di completezza è invece la somma di tutti i pesi percentuali delle categorie d’impatto considerate.

In questo caso l'unità di processo che presenta il maggiore contributo come peso al potenziale di riscaldamento globale è il polipropilene.

I valori corrispondenti ad ogni unità di processo, con indicazione del peso percentuale per la categoria d'impatto ossidazione fotochimica sono riportati nella Tabella 4.

Tabella 4. Schematizzazione dati per l'analisi di gravità della categoria d'impatto photochemical oxidation (ossidazione fotochimica). In tabella, N indica il numero dell'unità di processo; Y è il misurando; POC indica la categoria d'impatto ossidazione fotochimica; g C₂H₄ eq sta per grammi di C₂H₄ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata.

N	Unità di processo	Flussi	Analisi di gravità	
			Y POC [g C ₂ H ₄ eq]	Peso percentuale
	Il totale di tutti i processi		1.81E+01	100%
1	<i>Polipropilene</i>	Totale processo	9.20E+00	51%
2	<i>Consumo elettrico per lo stampaggio</i>	Totale processo	2.00E+00	11%
3	Trasporto tramite furgoncino	Totale processo	2.12E+00	12%
	Contributo totale delle unità di processo considerate		1.33E+01	
	Grado di completezza (C) %			74%

Il contributo all'impatto della categoria ossidazione fotochimica per ogni unità di processo è riportato nella colonna Y POC [g C₂H₄ eq].

Il totale di tutti i processi è la somma di tutte le unità di processo presenti nello studio di LCA, quindi anche quelle che singolarmente non contribuiscono per più del 10% al risultato di LCIA per ogni categoria d'impatto o che comunque non sono state necessarie per raggiungere la soglia del 70%.

Il peso percentuale per ogni unità di processo è stato calcolato attraverso un rapporto dato dal contributo in grammi di C₂H₄ equivalenti della singola categoria d'impatto considerata (per esempio polipropilene) diviso il contributo totale di tutti i processi.

Il contributo totale delle unità di processo considerate è la sommatoria delle unità di processo prese in considerazione in base al criterio di completezza, cioè quelle unità che singolarmente contribuiscono per più del 10% al risultato di LCIA per ogni categoria d'impatto o che sono comunque necessarie per raggiungere la soglia del 70%.

Il grado di completezza è invece la somma di tutti i pesi percentuali delle categorie d'impatto considerate.

In questo caso l'unità di processo che presenta il maggiore contributo come peso al potenziale di ossidazione fotochimica è il polipropilene.

Come indicato per ogni categoria d'impatto l'unità di processo che presenta sempre il contributo maggiore è il polipropilene.

Una volta conclusa l'analisi di gravità, la fase successiva consiste nell'individuare il percorso appropriato per arrivare alla stima dell'incertezza estesa in base alla tipologia di dati (primari, secondari) che sono stati utilizzati nello studio di analisi del ciclo di vita.

Nel caso in esame l'azienda presso cui è stato svolto lo studio di LCA sul carrello non ha fornito dati primari a sufficienza per poter applicare il processo per il computo dell'incertezza con i dati primari.

Infatti considerando l'unità di processo polipropilene è stato fornito un solo dato primario relativo al peso del polipropilene nel carrello e non tre come richiesto invece dalla norma.

Anche per l'unità di processo relativa al consumo di energia elettrica per lo stampaggio sono stati forniti solo due dati primari non sufficienti per poter svolgere l'analisi dell'incertezza utilizzando il percorso 1.

Infine, anche per le due tipologie di mezzi di trasporto, il trasporto su strada tramite furgoncino e il trasporto su strada tramite camion, è stato fornito un solo dato primario corrispondente al percorso fatto dal furgoncino o dal camion in chilometri non sufficiente come nei due casi precedenti per potere procedere ad una stima dell'incertezza utilizzando il percorso 1.

Non si è potuto neanche applicare il percorso 2 per la difficoltà a reperire informazioni sulla variabilità del dato associati a dati primari e perché non si sa come unire l'incertezza derivante sia da dati primari che secondari.

Da quanto sopra spiegato si è quindi proceduto all'analisi dell'incertezza considerando solo dati secondari.

Per tutte le categorie d'impatto si è optato per il percorso 4 poiché non c'era la disponibilità di un'incertezza associata ai dati.

Come spiegato nel paragrafo 3.1 "procedure per la stima dell'incertezza" nel caso del percorso 4, cioè nel caso in cui siano utilizzati dati d'inventario cui non siano associati dati sull'incertezza, si deve fare ricorso ad informazioni sulla possibile variabilità; per esempio possono essere considerate informazioni fornite da:

- banche dati;
- dati di processo;

- giudizio di esperti oggettivato;
- letteratura.

Nel caso in esame si è deciso di associare un valore d'incertezza fornito da SimaPro.

SimaPro però non fornisce un valore d'incertezza specifico per l'unità di processo considerata (per esempio polipropilene), ma fornisce valori d'incertezza a livello di sottocategorie (per esempio la produzione del polipropilene o il trasporto del polipropilene) ed in certi casi, a livello di sottocategorie non è neanche presente un valore d'incertezza. Per cui si è deciso di inserire i più alti valori d'incertezza presenti a livello di sottocategorie all'interno di SimaPro, in modo da avere un valore cautelativo.

Nel caso in esame sono stati individuati solo due valori d'incertezza da mettere nella formula della varianza, cioè 2.5% e 5% e sono stati inseriti per ogni categoria d'impatto a seconda del caso considerato. In particolare il valore 2.5% è stato inserito al flusso corrispondente all'unità di misura selezionata (per esempio nella categoria d'impatto acidificazione il flusso SO₂ ha un'incertezza pari al 2.5% perché corrisponde all'unità di misura della categoria d'impatto acidificazione, mentre nel caso di NO_x è stato attribuito un valore di incertezza maggiore pari al 5%).

Questo è infatti uno dei problemi sorti durante l'applicazione della norma, cioè la difficoltà a reperire dati d'incertezza per le unità di processo considerate nel caso studio in esame e di sicuro anche per altre unità di processo.

Nella Tabella 5 viene mostrata la parte applicativa relativa ai calcoli per il bilancio dell'incertezza per la categoria d'impatto acidificazione, con indicazione del percorso che si è deciso di seguire (nel caso in esame sempre il percorso 4 non avendo a disposizione un numero sufficiente di dati primari). Nella seconda colonna relativa al contributo al bilancio d'incertezza viene indicato il contributo al potenziale di acidificazione, AP acidification potential, in grammi di SO₂ equivalenti per i due flussi che contribuiscono maggiormente all'impatto per la categoria acidificazione ovvero diossido di zolfo o anidride solforosa (SO₂) e gli ossidi di azoto (NO_x). Tali sostanze sono state selezionate in base ad un'indicazione fornita dall'UNI alla riunione tenutasi in data 20 luglio in cui è stato proposto di inserire solo i flussi aventi il maggiore contributo per la categoria d'impatto considerata.

Nella colonna successiva viene mostrato il valore percentuale del contributo al potenziale di acidificazione che permette di verificare il reale contributo del flusso inserito. La colonna varianza riporta tutti i valori di varianza calcolati, come spiegato in precedenza utilizzando i più alti valori d'incertezza forniti da SimaPro a livello di sottocategorie, in modo da avere un valore comunque cautelativo.

Nell'ultima colonna, valore d'incertezza, vengono riportati i valori percentuali di incertezza che sono stati inseriti nella formula della varianza.

Una volta scelto il percorso per la stima dell'incertezza e applicata la formula della varianza la fase seguente consiste nell'applicare il criterio per la valutazione dell'entità dei contributi all'incertezza dei dati d'inventario.

Nel caso della categoria d'impatto acidificazione più del 50% dei dati d'inventario presentano un'incertezza inferiore al 10% per cui si applicherà il metodo di stima dell'incertezza composta. L'ultimo step consiste nel moltiplicare l'incertezza composta per un fattore di copertura ottenendo così l'incertezza composta estesa.

Nel caso in esame si è deciso di moltiplicare per un fattore di copertura $k=2$ poiché si è considerato un intervallo di copertura del 95%.

Tabella 5. Schematizzazione dei calcoli relativi al bilancio dell'incertezza della categoria d'impatto acidification (acidificazione). In tabella, N indica il numero dell'unità di processo; Y è il misurando; A indica la categoria d'impatto acidificazione; g SO₂ eq sta per grammi di SO₂ equivalenti e rappresenta l'unità di misura considerata; AP sta per potenziale di acidificazione, acidification potential.

N	Unità di processo	Flussi	Analisi di gravità		Contributi al bilancio d'incertezza				Valore d'incertezza
			Y A [g SO ₂ eq]	Peso percen tuale	Percors o	Contributo al AP [g SO ₂ eq]	Contributo al AP [g SO ₂ eq] in %	Varianza	
	Il totale di tutti i processi		2.80E+02						
1	<i>Polipropilene</i>	Totale processo	1.39E+02	49%					
		SO ₂			4	8.27E+01	59.69	4.28E+00	2.50%
		NOx			4	5.47E+01	39.48	7.48E+00	5%
2	<i>Consumo elettrico per lo stampaggio</i>	Totale processo	3.97E+01	14%					
		SO ₂			4	2.84E+01	71.63	5.05E-01	2.50%
		NOx			4	9.98E+00	25.14	2.49E-01	5%
3	Trasporto tramite furgoncino	Totale processo	2.59E+01	9%					
		SO ₂			4	1.01E+01	39.07	6.39E-02	2.50%
		NOx			4	1.53E+01	59.13	5.85E-01	5%
	Bilancio dell'incertezza								
	Incertezza composta uc	g SO ₂ eq	3.63E+00						
	Incertezza composta estesa U	g SO ₂ eq	7.26E+00						

Per cui il risultato finale, in grammi di SO₂ equivalenti sarà:

$$2.80E+02 \pm 7.26E+00$$

Nella Tabella 6 viene mostrata la parte applicativa relativa ai calcoli per il bilancio dell'incertezza per la categoria d'impatto eutrofizzazione. Nella seconda colonna relativa al contributo al bilancio dell'incertezza viene indicato il contributo al potenziale di eutrofizzazione, EP eutrophication potential per i due flussi che contribuiscono maggiormente all'impatto che nel caso della categoria d'impatto eutrofizzazione sono il fosfato (PO₄³⁻) ed gli ossidi di azoto (NO_x).

Nella colonna successiva viene mostrato il valore percentuale del contributo al potenziale di eutrofizzazione che permette di verificare il reale contributo del flusso inserito. La colonna varianza riporta tutti i valori di varianza calcolati, come spiegato in precedenza utilizzando i più alti valori d'incertezza forniti da SimaPro a livello di sottocategorie, in modo da avere un valore comunque cautelativo.

Nell'ultima colonna, valore d'incertezza, vengono riportati i valori percentuali di incertezza che sono stati inseriti nella formula della varianza.

Una volta scelto il percorso per la stima dell'incertezza e applicata la formula della varianza la fase seguente consiste nell'applicare il criterio per la valutazione dell'entità dei contributi all'incertezza dei dati d'inventario.

Nel caso della categoria eutrofizzazione più del 50% dei dati d'inventario presentano un'incertezza inferiore al 10% per cui si applicherà il metodo di stima dell'incertezza composta.

Nel caso in esame si è deciso di moltiplicare per un fattore di copertura k=2 poiché si è considerato un intervallo di copertura del 95%.

Tabella 6. Schematizzazione dei calcoli relativi al bilancio dell'incertezza della categoria d'impatto eutrofication (eutrofizzazione). In tabella, N indica il numero dell'unità di processo; Y è il misurando; E indica la categoria d'impatto eutrofizzazione; g PO₄³⁻ eq sta per grammi di PO₄³⁻ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; EP sta per potenziale di eutrofizzazione, eutrophication potential.

N	Unità di processo	Flussi	Analisi di gravità		Contributi al bilancio d'incertezza				Valore d'incertezza
			Y E [g PO ₄ ³⁻ eq]	Peso percentuale	Percorso	Contributo al EP [g PO ₄ ³⁻ eq]	Contributo al EP [g PO ₄ ³⁻ eq] in %	Varianza	
	Il totale di tutti i processi		5.51E+01	100%					
1	<i>Polipropilene</i>	Totale processo	1.60E+01	29%					
		PO ₄ ³⁻			4	2.68E+00	16.75	4.50E-03	2.50%
		NO _x			4	1.02E+01	63.67	2.60E-01	5%
3	<i>Consumo elettrico per lo stampaggio</i>	Totale processo	9.86E+00	18%					
		PO ₄ ³⁻			4	7.33E+00	74.37	3.36E-02	2.50%
		NO _x			4	1.85E+00	18.80	8.59E-03	5%
5	<i>Trasporto tramite furgoncino</i>	Totale processo	6.52E+00	12%					
		PO ₄			4	3.13E+00	47.99	6.13E-03	2.50%
		NO _x			4	2.84E+00	43.49	2.01E-02	5%
7	<i>Trasporto tramite camion</i>	Totale processo	5.90E+00	11%					
		PO ₄ ³⁻			4	3.31E+00	56.01	6.84E-03	2.50%
		NO _x			4	1.63E+00	27.54	6.61E-03	5%
	Bilancio dell'incertezza								
	Incertezza composta uc	g PO ₄ ³⁻ eq	5.89E-01						
	Incertezza composta estesa U	g PO ₄ ³⁻ eq	1.18E+00						

Per cui il risultato finale, in grammi di PO₄³⁻ sarà:

$$5.51E+01 \pm 1.18E+00$$

Nella Tabella 7 viene mostrata la parte applicativa relativa ai calcoli per il bilancio dell'incertezza per la categoria d'impatto riscaldamento globale. Nella seconda colonna relativa al contributo all'incertezza viene indicato il contributo al potenziale di riscaldamento globale, GWP global warming potential per i due flussi che contribuiscono maggiormente all'impatto

che nel caso della categoria d'impatto riscaldamento globale sono il diossido di carbonio o anidride carbonica (CO₂) ed il metano (CH₄).

Nella colonna successiva viene mostrato il valore percentuale del contributo al potenziale di riscaldamento globale che permette di verificare il reale contributo del flusso inserito. La colonna varianza riporta tutti i valori di varianza calcolati, come spiegato in precedenza utilizzando i più alti valori d'incertezza forniti da SimaPro a livello di sottocategorie, in modo da avere un valore comunque cautelativo.

Nell'ultima colonna, valore d'incertezza, vengono riportati i valori percentuali di incertezza che sono stati inseriti nella formula della varianza.

Una volta scelto il percorso per la stima dell'incertezza e applicata la formula della varianza la fase seguente consiste nell'applicare il criterio per la valutazione dell'entità dei contributi all'incertezza dei dati d'inventario.

Nel caso della categoria d'impatto riscaldamento globale più del 50% dei dati d'inventario presentano un'incertezza inferiore al 10% per cui si applicherà il metodo di stima dell'incertezza composta.

Nel caso in esame si è deciso di moltiplicare per un fattore di copertura $k=2$ poiché si è considerato un intervallo di copertura del 95%.

Tabella 7. Schematizzazione dei calcoli relativi al bilancio dell'incertezza della categoria d'impatto global warming (riscaldamento globale). In tabella, N indica il numero dell'unità di processo; Y è il misurando; GW indica la categoria d'impatto riscaldamento globale; g CO₂ eq sta per grammi di CO₂ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; GWP sta per potenziale di riscaldamento globale, global warming potential.

N	Unità di processo	Flussi	Analisi di gravità		Contributi al bilancio d'incertezza				Valore d'incertezza
			Y GW [g CO ₂ eq]	Peso percentuale	Percorso	Contributo al GWP [g CO ₂ eq]	Contributo al GWP [g CO ₂ eq] in %	Varianza	
	Il totale di tutti i processi		7.94E+04	100%					
1	<i>Polipropilene</i>	Totale processo	4.24E+04	53%					
		CO ₂			4	3.62E+04	85.42	8.19E+05	2.50%
		CH ₄			4	6.17E+03	14.55	9.51E+04	5%
2	<i>Consumo elettrico per lo stampaggio</i>	Totale processo	9.71E+03	12%					
		CO ₂			4	8.74E+03	90.03	4.78E+04	2.50%
		CH ₄			4	7.82E+02	8.06	1.53E+03	5%
3	<i>Trasporto tramite camion</i>	Totale processo	9.98E+03	13%					
		CO ₂			4	9.59E+03	96.08	5.75E+04	2.50%
		CH ₄			4	2.74E+02	2.75	1.88E+02	5%
	Bilancio dell'incertezza								
	Incerteza composta uc	g CO ₂ eq	1.01E+03						
	Incerteza composta estesa U	g CO ₂ eq	2.02E+03						

Per cui il risultato finale, in grammi di CO₂ equivalenti sarà:

$$7.94E+04 \pm 2.02E+03$$

Nella Tabella 8 viene mostrata la parte applicativa relativa ai calcoli per il bilancio dell'incertezza per la categoria d'impatto ossidazione fotochimica. Come nei tre casi precedenti nella seconda colonna relativa al contributo all'incertezza viene indicato il contributo al potenziale di ossidazione fotochimica, POCP photochemical oxidation potential per i due flussi che contribuiscono maggiormente all'impatto. Nel caso della categoria d'impatto ossidazione fotochimica rispetto alle categorie d'impatto precedenti i flussi che andiamo a considerare

cambiano a seconda dell'unità di processo considerata. Infatti il polipropilene ed il trasporto al cliente tramite furgoncino come flusso presentano l'ossido di carbonio (CO) ed il diossido di zolfo o anidride solforosa (SO₂) invece lo stampaggio presenta il diossido di zolfo o anidride solforosa (SO₂) e il metano (CH₄).

Nella colonna successiva viene mostrato il valore percentuale del contributo al potenziale di ossidazione fotochimica che permette di verificare il reale contributo del flusso inserito. La colonna varianza riporta tutti i valori di varianza calcolati, come spiegato in precedenza utilizzando i più alti valori d'incertezza forniti da SimaPro a livello di sottocategorie, in modo da avere un valore comunque cautelativo.

Nell'ultima colonna, valore d'incertezza, vengono riportati i valori percentuali di incertezza che sono stati inseriti nella formula della varianza.

Una volta scelto il percorso per la stima dell'incertezza e applicata la varianza la fase seguente consiste nell'applicare il criterio per la valutazione dell'entità dei contributi all'incertezza dei dati d'inventario.

Nel caso della categoria d'impatto ossidazione fotochimica più del 50% dei dati d'inventario presentano un'incertezza inferiore al 10% per cui si applicherà il metodo di stima dell'incertezza composta.

Nel caso in esame si è deciso di moltiplicare per un fattore di copertura $k=2$ poiché si è considerato un intervallo di copertura del 95%.

Tabella 8. Schematizzazione dei calcoli relativi al bilancio dell'incertezza della categoria d'impatto photochemical oxidation (ossidazione fotochimica). In tabella, N indica il numero dell'unità di processo; Y è il misurando; POC indica la categoria d'impatto ossidazione fotochimica; g C₂H₄ eq sta per grammi di C₂H₄ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; POCP sta per potenziale di ossidazione fotochimica, photochemical oxidation potential.

N	Unità di processo	Flussi	Analisi di gravità		Contributi al bilancio d'incertezza				Valore incertezza
			Y POC [g C ₂ H ₄ eq]	Peso percentuale	Percorso	Contributo al POCP [g C ₂ H ₄ eq]	Contributo al POCP [g C ₂ H ₄ eq]	Varianza	
	Il totale di tutti i processi		1.81E+01	100%					
1	<i>Polipropilene</i>	Totale processo	9.20E+00	51%					
		CO			4	3.60E+00	39.09	3.23E-02	5%
		SO ₂			4	3.97E+00	43.15	3.94E-02	5%
2	<i>Consumo elettrico per lo stampaggio</i>	Totale processo	2.00E+00	11%					
		SO ₂			4	1.37E+00	68.11	4.66E-03	5%
		CH ₄			4	1.89E-01	9.43	8.93E-05	5%
3	<i>Trasporto tramite furgoncino</i>	Totale processo	2.12E+00	12%					
		CO			4	1.01E+00	47.32	2.53E-03	5%
		SO ₂			4	4.85E-01	22.84	5.89E-04	5%
	Bilancio dell'incertezza								
	Incertezza composta uc	g C ₂ H ₄ eq	2.82E-01						
	Incertezza composta estesa U	g C ₂ H ₄ eq	5.64E-01						

Per cui il risultato finale in grammi di C₂H₄ equivalenti sarà:

$$1.81E+01 \pm 5.64E-01$$

5.3 Problematiche e possibili soluzioni

Da quanto spiegato fino a questo momento si è visto che la norma UNI ad oggi sviluppata non risulta facilmente applicabile.

Questo è conseguenza di alcuni limiti, già presentati nella parte applicativa in cui si sono svolti i calcoli con l'attuale progetto di norma.

Uno dei principali limiti che si incontrano nell'applicazione della norma è che non sempre si ha una serie di dati primari a disposizione. Nel caso studio del carrello, si aveva infatti a

disposizione un solo dato primario per ogni unità di processo (il peso del carrello in polipropilene, il consumo di elettricità per lo stampaggio, i chilometri percorsi per il trasporto tramite furgoncino e i chilometri percorsi per il trasporto tramite camion), quindi non sufficiente per proseguire con il percorso 1. Inoltre, nel caso di tutte le unità di processo considerate ci sono dati primari collegati con secondari e quindi sorge un ulteriore problema su come gestire due tipologie di incertezza associate alla stessa unità di processo.

Inoltre, anche l'applicazione del percorso 2, cioè quel percorso in cui non c'è la disponibilità di una serie di dati e quindi si deve stimare l'incertezza utilizzando informazioni sulla variabilità del dato non risulta di facile applicazione; poiché c'è difficoltà a reperire informazioni relative all'incertezza, quali misurazioni precedenti, specifiche tecniche del costruttore e dati forniti in certificati di taratura, dalla letteratura o da banche dati per le unità di processo considerate nel caso studio del carrello in polipropilene.

La stessa situazione si presenta anche nel caso dei dati secondari, il percorso 3 risulta di difficile applicazione perché in pochi casi si hanno a disposizione informazioni d'incertezza associate al dato (distribuzione di probabilità, misura della media e distribuzione di probabilità intorno alla media). Quindi per i dati secondari nella maggior parte dei casi si dovrà optare per il percorso 4.

Anche il percorso 4 però presenta dei limiti poiché risulta difficile reperire informazioni d'incertezza, come nel caso del percorso 2, per le unità di processo considerate.

Per tale ragione Aequilibria di Daniele Pernigotti ha deciso di proporre alcune modifiche al progetto di norma attraverso il quale cercare di risolvere le "lacune" legate all'applicazione del percorso 4.

Le proposte presentate sono:

1. usare la scala di valutazione qualitativa proposta per il percorso 3 anche per il percorso 4;
2. rendere obbligatorio l'utilizzo della scala di valutazione qualitativa per i percorsi 3 e 4, in quanto precedentemente per il percorso 3 tale valutazione era solo informativa, ovvero poteva essere modificata in base alle informazioni disponibili relative alle unità di processo considerate;
3. introdurre un'incertezza di base "fissa o esterna" (u_x) per il percorso 4 che va a compensare la mancanza di un'incertezza di base non disponibile per il percorso 4, ma invece presente per il percorso 3.

Nello specifico, come spiegato nel paragrafo "3.1 Procedure per la stima dell'incertezza incluse nella Norma nazionale UNI" per il percorso 3 è previsto l'utilizzo di una scala di

valutazione qualitativa informativa e quindi non obbligatoria attraverso la quale determinare l'incertezza da associare al dato utilizzando un'incertezza di base U_b insieme a delle incertezze aggiuntive (U_1, U_2 ecc.). Rispetto al progetto di norma presentato nella parte applicativa, la nuova proposta riportata al punto 2, prevede che per il percorso 3 la scala di valutazione qualitativa non sarà più informativa, ma obbligatoria, ovvero non sarà più possibile portare modifiche ai valori riportati nella scala.

Per quanto riguarda la proposta al punto 3, si riscontra per il percorso 4, rispetto al percorso 3, una mancanza di un'incertezza di base U_b .

Per coprire la mancanza di tale dato si propongono tre possibili strade:

- l'applicazione di un'incertezza di base U_b uguale per tutte le categorie di prodotto/attività;
- l'applicazione di un'incertezza di base U_b diversa a seconda delle categorie di prodotto/attività considerate;
- l'applicazione dei solo fattori U_1, U_2, U_3, U_4 e U_5 , ma con una tabella di valori sviluppata appositamente per il percorso 4 e quindi maggiorati rispetto a quelli previsti per il percorso 3, per compensare la mancanza di un'incertezza di base U_b .

Di queste tre possibili strade la prima, cioè l'utilizzo di un'incertezza di base U_b uguale per tutte le categorie di prodotto/attività, risulta la più semplice dal punto di vista applicativo perché si utilizzerà sempre lo stesso valore.

La seconda strada, cioè l'utilizzo di un'incertezza di base U_b a seconda delle categorie di prodotto/attività considerate risulta più sofisticata della prima perché prevede delle incertezze diverse a seconda della categoria di prodotto/attività considerata.

La terza strada, cioè l'utilizzo dei solo fattori U_1, U_2, U_3, U_4 e U_5 , ma con una tabella di valori sviluppata appositamente per il percorso 4 e quindi maggiorati rispetto al percorso 3, risulta la strada più sofisticata tra le tre presentate perché comporta un'incertezza differente a seconda di ogni unità di processo considerata.

In Appendice 2 viene riportato un confronto tra le tre strade per le categorie d'impatto considerate. Non avendo a disposizione valori di incertezza da utilizzare per il confronto, si è deciso di utilizzare dei valori d'incertezza "arbitrari" con il solo obiettivo di dimostrare le differenze nell'applicazione delle tre proposte. Nel caso 1 è stato inserito un valore d'incertezza uguale a tutte le unità di processo pari al 5%. Nel caso 2 sono stati inseriti i valori d'incertezza utilizzati nella parte applicativa, ovvero per alcuni flussi 2,5% e per altri 5%. Nel caso 3 la scala di valutazione qualitativa sviluppata per il percorso 3, presente in Figura 7, è stata aumentata di un fattore di 0.5 per tutti i valori presenti.

Come indicato precedentemente, un'ulteriore difficoltà nell'applicazione del progetto di norma per il calcolo dell'incertezza emerge nel caso in cui si abbiano a disposizione, per una stessa unità di processo, sia dati primari che secondari. In questo caso, come riportato nei commenti discussi durante l'ultima riunione dell'UNI, il calcolo dell'incertezza deve tenere in considerazione entrambi i contributi (incertezza associata ai dati primari e secondari) seguendo i quattro percorsi applicabili.

Pertanto, il problema consiste nel definire come correlare le incertezze risultanti da due percorsi diversi.

Aequilibria di Daniele Pernigotti mi ha dato la possibilità di presentare come commento allo sviluppo della norma, nella prossima riunione UNI del mese di novembre, la proposta riportata di seguito.

In particolare, con questo progetto di tesi si propone di modificare la struttura delle tabelle precedentemente utilizzate per il calcolo dell'incertezza, aggiungendo informazioni relative ai dati primari e permettendo il calcolo di un valore d'incertezza comune stimato attraverso la formula delle grandezze d'ingresso non correlate (Equazione 6) che permette di unire le incertezze calcolate per i dati primari e per i dati secondari.

Si sottolinea che, essendo le grandezze in ingresso indipendenti, l'incertezza del misurando (cioè dei dati di inventario dell'unità di processo "n") si determina semplicemente come la radice quadrata della somma dei quadrati delle incertezze relative alle grandezze di ingresso. Ad esempio nel caso dell'acidificazione per il flusso SO₂ i valori d'incertezza per i quali si applicherà l'Equazione 6 sono 2.5% e 0.6%, invece nel caso del flusso NO_x sono 5% e 0.6%). La formula delle grandezze d'ingresso non correlate è riportata in Equazione 6.

$$U_Y = \sqrt{\left(\frac{\partial Y}{\partial X_1} \cdot U_{X_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial X_2} \cdot U_{X_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial Y}{\partial X_n} \cdot U_{X_n}\right)^2}$$

Equazione 6

Dove U_Y rappresenta l'incertezza del misurando Y e U_{X_i} l'incertezza della grandezza d'ingresso X_i .

In Appendice 3 viene riportato un esempio di applicazione del calcolo dell'incertezza nel caso in cui siano disponibili sia dati primari che secondari inserendo dei valori di dati primari e dei valori di incertezza arbitrari.

Come si può vedere, da un rapido confronto con i valori di incertezza risultati nella situazione in cui si considerano solo dati secondari, la differenza tra i valori d'incertezza considerando sia

dati primari che secondari è relativamente minima. Questo perché i valori d'incertezza dei dati primari sono inferiori a quelli dei dati secondari e quindi hanno un peso minore nel contribuire alla stima dell'incertezza estesa.

Conclusioni

Lo scopo del lavoro di tesi è stato quello di analizzare una nuova norma UNI, ancora in fase di elaborazione, attraverso la sua applicazione ad un caso pilota riguardante un carrello completamente in polipropilene.

Il progetto di norma UNI indicato come “Stima, dichiarazione e utilizzo dell’incertezza dei risultati di una Valutazione del Ciclo di Vita”, attraverso i percorsi di stima dell’incertezza che propone, consente di associare un’incertezza ai risultati prodotti da uno studio LCA a livello di categorie d’impatto.

Uno studio LCA necessita, infatti, di una significativa mole di dati d’inventario e richiede di utilizzare anche dati secondari (per esempio banche dati e letteratura scientifica) e terziari (giudizio di esperti), ognuno dei quali ha associato un grado di incertezza differente.

Lo sviluppo di tale norma UNI è necessario per rispondere alla problematica di come integrare e comunicare adeguatamente le incertezze associate ad uno studio LCA, poiché per l’analisi di uno stesso prodotto il ricorso a fonti secondarie diverse in studi LCA può condurre a risultati significativamente diversi. In particolare, per quanto riguarda le DAP, attualmente queste riportano solo i valori assoluti dei diversi indicatori d’impatto, non accompagnati da informazioni relative all’incertezza della determinazione effettuata. Tuttavia, nel caso in cui i risultati finali degli studi LCA relativi a due DAP diverse siano differenti per una stessa tipologia di prodotto, se non vengono forniti i relativi valori d’incertezza associati non è possibile capire se tale differenza sia significativa e quindi procedere con la selezione del prodotto che realmente presenta impatti ambientali inferiori.

L’analisi e l’applicazione del progetto di norma UNI al caso studio del carrello in polipropilene ha permesso di valutare in maniera critica quali sono le problematiche e limitazioni che un futuro utente potrebbe incontrare nell’utilizzo della norma. Una volta identificate le problematiche, sono state proposte e applicate delle soluzioni che dovranno essere ulteriormente valutate dal gruppo di lavoro che sta redigendo la norma.

Nel dettaglio, questi limiti riguardano sia la valutazione dell’incertezza considerando i dati primari, quindi percorso 1 e 2, che la valutazione dell’incertezza considerando i dati secondari, quindi percorso 3 e 4.

Per quanto concerne i dati primari, considerando il percorso 1, non è sempre fattibile avere una serie di misurazioni a disposizione. Nel caso studio in esame, pur avendo a disposizione un dato primario per ogni unità di processo, non è stato possibile applicare il percorso 1, che richiede di avere almeno 3 valori misurati per poter calcolare il valore di incertezza da associare al dato.

Per quanto riguarda i percorsi 2 e 4, si è riscontrata la difficoltà nel reperire informazioni d'incertezza dalla letteratura o da banche dati per le specifiche unità di processo considerate nel caso studio.

Anche il percorso 3 presenta delle problematiche, poiché per applicarlo è necessario avere un'incertezza associata al dato secondario, non sempre disponibile.

Da queste criticità individuate sono però sorte anche delle proposte di possibili soluzioni.

Nello specifico, nel caso del percorso 4 è stato proposto l'utilizzo di un'incertezza "fissa o esterna" o lo sviluppo di una apposita scala di valutazione qualitativa obbligatoria che consentiranno di risolvere i problemi legati alla difficoltà di reperire informazioni d'incertezza dalla letteratura, banche dati o altro, mentre nel caso dell'impiego sia di dati primari che secondari nella stima di un impatto è stato proposto l'utilizzo della formula delle grandezze d'ingresso non correlate per la valutazione dell'incertezza ad esso associata.

Infine, è stata proposta la stesura di una linea guida chiara e di facile utilizzo a supporto dell'applicazione di tale norma da parte degli utenti finali.

Questo lavoro di tesi è stato e potrà essere utile nello sviluppo della norma poiché ha messo in luce delle problematiche, che saranno presentate all'UNI nell'ambito delle prossime riunioni, che necessitano di essere risolte prima che si arrivi alla stesura finale del progetto di norma.

Bibliografia

Baldo, G. L., Marino, M., & Rossi, S., 2005. Analisi del ciclo di vita LCA: materiali, prodotti, processi. Ed. Ambiente, Milano;

Breedveld, L., Bortolozzo, B., Acerbi, A., Galeazzi, G., Sali, M., 2006. Il ruolo del settore pubblico nella diffusione del Life Cycle Assessment (LCA). Ambiente Risorse Salute n.109 Maggio/Agosto 2006;

Cerrai, S., Novelli, P., Ricotta, S., 2006. Acquisti pubblici sostenibili materiali di supporto per la diffusione della spesa verde nella pubblica amministrazione. ARPAT 2006;

Charter, M., Young, A., Kielkiewicz, A., Belmane, I., 2001. Integrated product policy and eco-product development. Greenleaf publishing ltd;

Taddi, T., Iraldo, F., Testa, F., 2015. Environmental Certifications for Organisation and Products: Management Approches and Operational Tools. Roulledge;

Elliott, A. J., 2006. An introduction to Sustainable Development, third edition. Perspective on development;

Envirodec, ultimo accesso 10/08/2016. Sito internet: www.environdec.com;

Fieschi, M., Masoni, P., 15/09/2015. Documento di discussione per l'incontro del 24 settembre 2015 presso il ministero dell'Ambiente su "Utilizzo delle DAP nei CAM";

Fieschi, M (2004), Le Forniture Verdi in Italia, Il Sole 24 Ore;

Gallino, L., 2011. Misura comparativa delle performance nazionali e regionali di sostenibilità verso la strategia europea 2020. Università di Bologna;

ISPRA, Dichiarazione Ambientale di Prodotto (DAP), ultimo accesso 08/08/2016. Sito internet: www.isprambiente.gov.it;

Lavallée, S., Plouffe, S., 2004. The Ecolabel and Sustainable Development. LCA 349 – 354;

MATTM, Criteri Ambientali Minimi, ultima modifica 17/03/2014. Sito internet: www.minambiente.it;

MATTM, 24/09/2015. Resoconto sintetico dell'incontro "Le dichiarazioni ambientali di Tipo III". Roma;

MATTM, La strategia Europea Consumo e Produzione Sostenibili, ultima modifica 09/07/2014. Sito internet: www.minambiente.it;

Moldran, B., Ianosková., HáK T., 2012. How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. Charles University Environment Center;

Rifici R., 23 settembre 2016. GPP e certificazione ambientale alla luce del nuovo Codice Appalti, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare;

SETAC., (1993). A Conceptual Framework for Life Cycle Assessment, workshop record, Sandestin, Florida, February 1992.

Simonetto, M., 2013. Studio mediante tecniche LCA della produzione di forgiati in acciaio. Università degli studi di Padova facoltà di ingegneria;

Stoerring, D., 06/2016 Consumo e Produzione Sostenibili. Parlamento Europeo;

TTSsystem., ultimo accesso 13/08/2016. Sito internet: www.ttsystem.com;

UNI, ultimo accesso 14/09/2016. Sito internet: www.uni.com.

Normative consultate

Commissione delle comunità europee, 18.6.2003. Comunicazione della commissione al consiglio e al parlamento europeo Politica Integrata dei prodotti Sviluppare il concetto di “ciclo di vita ambientale”;

Commissione delle comunità europee, 16.7.2008. Comunicazione della commissione al parlamento europeo, al consiglio, al comitato economico e sociale europeo e al comitato delle regioni Appalti pubblici per un ambiente migliore;

Commissione Europea, 2011. Acquistare verde! Manuale sugli appalti pubblici verdi. 2 edizione;

Commissione Europea, giugno 2016. A Global Strategy for the European Union's Foreign And Security Policy;

Comunicazione adottata dalla Commissione il 27 novembre 1996, su proposta del Commisario M.Monti. Libro verde gli appalti pubblici nell'Unione Europea spunti di riflessione per il future;

Decreto legislativo, 18 aprile 2016 numero 50. Nuovo codice degli appalti;

European Political Strategy Centre, 20 luglio 2016. Sustainability Now! A European Vision for Sustainability;

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, decreto 25 luglio 2011. Criteri ambientali minimi per l'acquisto di arredi. Roma;

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, decreto 25 luglio 2011. Criteri ambientali minimi per l'acquisto di prodotti tessili. Roma;

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, decreto 25 luglio 2011. Criteri ambientali minimi per il servizio di ristorazione collettiva e la fornitura di derrate alimentari. Roma;

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, decreto 7 marzo 2012. Servizi energetici per gli edifici, servizio di illuminazione e forza motrice, servizio di riscaldamento/raffrescamento. Roma;

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, decreto 8 maggio 2012. Veicoli adibiti al trasporto su strada. Roma;

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, decreto 24 maggio 2012. Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di pulizia e per la fornitura di prodotti per l'igiene. Roma;

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, decreto 6 giugno 2012. Guida per l'integrazione degli aspetti sociali negli appalti pubblici. Roma;

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, decreto 4 aprile 2013. Criteri ambientali minimi per l'acquisto di carta per copia e carta grafica - aggiornamento 2013. Roma;

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, decreto 13 dicembre 2013. Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di gestione del verde pubblico, per acquisto di Ammendanti - aggiornamento 2013, acquisto di piante ornamentali e impianti di irrigazione (Allegato 1) e forniture di attrezzature elettriche ed elettroniche d'ufficio - aggiornamento 2013 (Allegato 2). Roma;

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, decreto 23 dicembre 2013. Criteri ambientali minimi per l'acquisto di lampade a scarica ad alta intensità e moduli led per illuminazione pubblica, per l'acquisto di apparecchi di illuminazione per illuminazione pubblica e per l'affidamento del servizio di progettazione di impianti di illuminazione pubblica - aggiornamento 2013. Roma;

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, decreto 13 febbraio 2014. Criteri ambientali minimi per «Affidamento del servizio di gestione dei rifiuti urbani» e «Forniture di cartucce toner e cartucce a getto di inchiostro e cartucce a getto di inchiostro e affidamento del servizio integrato di ritiro e fornitura di cartucce toner e a getto di inchiostro». Roma;

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, decreto 5 febbraio 2015. Criteri ambientali minimi per l'acquisto di articoli per l'arredo urbano. Roma;

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, decreto 24 dicembre 2015. Adozione dei criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici per la gestione dei cantieri della pubblica amministrazione e criteri ambientali minimi per le forniture di ausili per l'incontinenza. Roma;

Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, 20/12/2013. Decisione N. 1386/2013/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 20 novembre 2013 su un programma generale dell'Unione in materia di ambiente fino al 2020 <<Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta>>;

UNI, Luglio 2016. Progetto di Norma Nazionale UNI1601560;

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, decreto 11/04/2008. Approvazione del Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della pubblica amministrazione. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Anno 149° – n. 107;

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, decreto 10/04/2013. Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della pubblica amministrazione – revisione 2013. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Anno 154° - n.102;

Ministero dell'ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 27/12/2006. Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della pubblica amministrazione;

UNI EN ISO 14020:2002 - Etichette e dichiarazioni ambientali. Principi generali;

Joint Research Centre, 2010, ILCD Handbook: General Guidance for Life Cycle Assessment – Detailed Guidance;

Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 9 marzo 2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio.

Appendice 1. Risultati dell'applicazione dello studio di LCA da cui selezionare i valori delle unità di processo per ciascuna categoria di impatto

Impact category	Unit	Total	MP carrello		
			Polypropylene, granulate {GLO} market for Alloc Rec, U	PP riciclato (trasformazione in MPS)	Synthetic rubber {GLO} market for Alloc Rec, U
Acidification (fate not incl.)	kg SO ₂ eq	0.280	0.13856793	0.007127701	0.014760581
		100%	49.5%	2.5%	5.3%
Eutrophication	kg PO ₄ ³⁻ eq	0.055	0.016021134	0.001770315	0.003911109
		100%	29.1%	3.2%	7.1%
Global warming (GWP100a)	kg CO ₂ eq	79.395	42.38808	1.7432595	3.1472402
		100%	53.4%	2.2%	4.0%
Photochemical oxidation	kg C ₂ H ₄ eq	0.018	0.009199203	0.000359834	0.000808225
		100%	50.8%	2.0%	4.5%

Tabella A1.1. Valutazione degli impatti considerati nello studio LCA relativi all'utilizzo delle materie prime per la produzione del carrello. In tabella kg SO₂ eq indica i chilogrammi di SO₂ equivalenti e rappresenta l'unità di misura considerata; kg PO₄³⁻ eq indica i chilogrammi di PO₄³⁻ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; kg CO₂ eq indica i chilogrammi di CO₂ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; kg C₂H₄ eq indica i chilogrammi di C₂H₄ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata.

			Pigmenti organici			
Impact category	Unit	Total	Titanium dioxide {RER} market for Alloc Rec, U	Phthalimide-compound {RER} production Alloc Rec, U	Benzimidazole-compound {RER} production Alloc Rec, U	Alpha-naphthol {RER} production Alloc Rec, U
Acidification (fate not incl.)	kg SO ₂ eq	0.280	0.001914561	0.003124415	0.000624131	0.000208302
		100%	0.7%	1.1%	0.2%	0.1%
Eutrophication	kg PO ₄ ³⁻ eq	0.055	0.000513126	0.001696155	4.60883E-05	5.58923E-05
		100%	0.9%	3.1%	0.1%	0.1%
Global warming (GWP100a)	kg CO ₂ eq	79.395	0.2547964	0.59806806	0.013865276	0.028958191
		100%	0.3%	0.8%	0.0%	0.0%
Photochemical oxidation	kg C ₂ H ₄ eq	0.018	0.000136688	0.000249393	3.38503E-05	1.07019E-05
		100%	0.8%	1.4%	0.2%	0.1%

Tabella A1.2. Valutazione degli impatti considerati nello studio LCA relativi ai pigmenti organici. In tabella kg SO₂ eq indica i chilogrammi di SO₂ equivalenti e rappresenta l'unità di misura considerata; kg PO₄³⁻ eq indica i chilogrammi di PO₄³⁻ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; kg CO₂ eq indica i chilogrammi di CO₂ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; kg C₂H₄ eq indica i chilogrammi di C₂H₄ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata.

			Stampaggio componenti carrello
Impact category	Unit	Total	Electricity, medium voltage {IT} electricity voltage transformation from high to medium voltage Alloc Rec, U
Acidification (fate not incl.)	kg SO ₂ eq	0.280	0.039702544
		100%	14.2%
Eutrophication	kg PO ₄ ³⁻ eq	0.055	0.009860964
		100%	17.9%
Global warming (GWP100a)	kg CO ₂ eq	79.395	9.7102609
		100%	12.2%
Photochemical oxidation	kg C ₂ H ₄ eq	0.018	0.002004338
		100%	11.1%

Tabella A1.3. Valutazione degli impatti considerati nello studio LCA relativi allo stampaggio dei componenti del carrello. In tabella kg SO₂ eq indica i chilogrammi di SO₂ equivalenti e rappresenta l'unità di misura considerata; kg PO₄³⁻ eq indica i chilogrammi di PO₄³⁻ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; kg CO₂ eq indica i chilogrammi di CO₂ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; kg C₂H₄ eq indica i chilogrammi di C₂H₄ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata.

Impact category	Unit	Total	Trasporto componenti carrello		
			Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 Alloc Rec, U	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Rec, U	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO3 Alloc Rec, U
Acidification (fate not incl.)	kg SO ₂ eq	0.280	0.002804101	0.000175696	0.001083295
		100%	1.0%	0.1%	0.4%
Eutrophication	kg PO ₄ ³⁻ eq	0.055	0.000556748	3.41249E-05	0.000222486
		100%	1.0%	0.1%	0.4%
Global warming (GWP100a)	kg CO ₂ eq	79.395	0.4719867	0.028263823	0.18854313
		100%	0.6%	0.0%	0.2%
Photochemical oxidation	kg C ₂ H ₄ eq	0.018	8.91456E-05	5.35738E-06	3.65301E-05
		100%	0.5%	0.0%	0.2%

Tabella A1.4. Valutazione degli impatti considerati nello studio LCA relativi al trasporto dei componenti del carrello. In tabella kg SO₂ eq indica i chilogrammi di SO₂ equivalenti e rappresenta l'unità di misura considerata; kg PO₄³⁻ eq indica i chilogrammi di PO₄³⁻ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; kg CO₂ eq indica i chilogrammi di CO₂ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; kg C₂H₄ eq indica i chilogrammi di C₂H₄ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata.

Impact category	Unit	Total	Consumi energetici ed idrici			
			Tap water {Europe without Switzerland} market for Alloc Rec, U	Electricity, medium voltage {IT} market for Alloc Rec, U	Electricity, low voltage {IT} electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted Alloc Rec, U	Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at boiler modulating >100kW Alloc Rec, U
Acidification (fate not incl.)	kg SO ₂ eq	0.280	1.80E-08	0.004128598	0.000447462	0.000366442
		100%	0.0%	1.5%	0.2%	0.1%
Eutrophication	kg PO ₄ ³⁻ eq	0.055	9.21E-09	0.00103718	0.000222578	7.65514E-05
		100%	0.0%	1.9%	0.4%	0.1%
Global warming (GWP100a)	kg CO ₂ eq	79.395	3.75E-06	1.0097574	0.069034907	0.32717187
		100%	0.0%	1.3%	0.1%	0.4%
Photochemical oxidation	kg C ₂ H ₄ eq	0.018	1.20E-09	0.000208373	2.51563E-05	2.92883E-05
		100%	0.0%	1.2%	0.1%	0.2%

Tabella A1.5. Valutazione degli impatti considerati nello studio LCA relativi ai consumi energetici e idrici. In tabella kg SO₂ eq indica i chilogrammi di SO₂ equivalenti e rappresenta l'unità di misura considerata; kg PO₄³⁻ eq indica i chilogrammi di PO₄³⁻ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; kg CO₂ eq indica i chilogrammi di CO₂ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; kg C₂H₄ eq indica i chilogrammi di C₂H₄ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata.

			Rifiuti
Impact category	Unit	Total	Municipal waste collection service by 21 metric ton lorry {RoW} processing Alloc Rec, U
Acidification (fate not incl.)	kg SO ₂ eq	0.280	7.36E-05
		100%	0.0%
Eutrophication	kg PO ₄ ³⁻ eq	0.055	1.28E-05
		100%	0.0%
Global warming (GWP100a)	kg CO ₂ eq	79.395	1.27E-02
		100%	0.0%
Photochemical oxidation	kg C ₂ H ₄ eq	0.018	2.40E-06
		100%	0.0%

Tabella A1.6. Valutazione degli impatti considerati nello studio LCA relativi ai rifiuti. In tabella kg SO₂ eq indica i chilogrammi di SO₂ equivalenti e rappresenta l'unità di misura considerata; kg PO₄³⁻ eq indica i chilogrammi di PO₄³⁻ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; kg CO₂ eq indica i chilogrammi di CO₂ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; kg C₂H₄ eq indica i chilogrammi di C₂H₄ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata.

			Packaging primario e relativo trasporto					
Impact category	Unit	Total	Cartone riciclato	Corrugated board box {GLO} market for corrugated board box Alloc Rec, U	Polyethylene, high density, granulate {GLO} market for Alloc Rec, U	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 Alloc Rec, U	Transport, freight, light commercial vehicle {GLO} market for Alloc Rec, U	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO4 {RER} transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO4 Alloc Rec, U
Acidification (fate not incl.)	kg SO ₂ eq	0.280	0.004018	0.007355007	0.000726109	0.000163207	3.01434E-06	1.89706E-05
		100%	1.4%	2.6%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%
Eutrophication	kg PO ₄ ³⁻ eq	0.055	0.0024108	0.00388871	6.7382E-05	3.24044E-05	7.60122E-07	4.03705E-06
		100%	4.4%	7.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%
Global warming (GWP100a)	kg CO ₂ eq	79.395	1.98891	1.6749186	0.20890696	0.027471045	0.000613997	0.004395323
		100%	2.5%	2.1%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%
Photochemical oxidation	kg C ₂ H ₄ eq	0.018	0.000594664	0.000396889	6.70827E-05	5.18854E-06	2.47485E-07	7.85924E-07
		100%	3.3%	2.2%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%

Tabella A1.7. Valutazione degli impatti considerati nello studio LCA relativi al packaging primario e al relativo trasporto. In tabella kg SO₂ eq indica i chilogrammi di SO₂ equivalenti e rappresenta l'unità di misura considerata; kg PO₄³⁻ eq indica i chilogrammi di PO₄³⁻ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; kg CO₂ eq indica i chilogrammi di CO₂ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; kg C₂H₄ eq indica i chilogrammi di C₂H₄ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata.

Impact category	Unit	Total	Trasporto al cliente	
			Transport, freight, light commercial vehicle {GLO} market for Alloc Rec, U	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6 {GLO} market for Alloc Rec, U
Acidification (fate not incl.)	kg SO ₂ eq	0.280	0.025874408	0.025481642
		100%	9.2%	9.1%
Eutrophication	kg PO ₄ ³⁻ eq	0.055	0.006524718	0.005904489
		100%	11.8%	10.7%
Global warming (GWP100a)	kg CO ₂ eq	79.395	5.2704147	9.9805643
		100%	6.6%	12.6%
Photochemical oxidation	kg C ₂ H ₄ eq	0.018	0.002124354	0.001666547
		100%	11.7%	9.2%

Tabella A1.8. Valutazione degli impatti considerati nello studio LCA relativi al trasporto al cliente. In tabella kg SO₂ eq indica i chilogrammi di SO₂ equivalenti e rappresenta l'unità di misura considerata; kg PO₄³⁻ eq indica i chilogrammi di PO₄³⁻ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; kg CO₂ eq indica i chilogrammi di CO₂ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; kg C₂H₄ eq indica i chilogrammi di C₂H₄ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata.

			Fine vita packaging
Impact category	Unit	Total	Municipal waste collection service by 21 metric ton lorry {RoW} processing Alloc Rec, U
Acidification (fate not incl.)	kg SO ₂ eq	0.280	0.001431593
		100%	0.5%
Eutrophication	kg PO ₄ ³⁻ eq	0.055	0.000248706
		100%	0.5%
Global warming (GWP100a)	kg CO ₂ eq	79.395	0.24676527
		100%	0.3%
Photochemical oxidation	kg C ₂ H ₄ eq	0.018	4.66061E-05
		100%	0.3%

Tabella A1.9. Valutazione degli impatti considerati nello studio LCA relativi al fine vita del packaging. In tabella kg SO₂ eq indica i chilogrammi di SO₂ equivalenti e rappresenta l'unità di misura considerata; kg PO₄³⁻ eq indica i chilogrammi di PO₄³⁻ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; kg CO₂ eq indica i chilogrammi di CO₂ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; kg C₂H₄ eq indica i chilogrammi di C₂H₄ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata.

Appendice 2. Confronto tra i tre casi proposti per il percorso 4 e applicati alle quattro categorie d'impatto considerate, acidificazione, eutrofizzazione, riscaldamento globale e ossidazione fotochimica

Acidificazione											
		Caso I			Caso II				Caso III		
Unità di processo	Flussi	Incertezza	Varianza		Incertezza	Varianza			Incertezza	Varianza	
Polipropilene		5%			2.50%				2.67%		
					5%						
	SO ₂		1.71E+01			4.28E+00				4.87E+00	
	NO _x		7.48E+00			7.48E+00				2.13E+00	
Consumo elettrico per lo stampaggio		5%			2.50%				2.61%		
					5%						
	SO ₂		2.02E+00			5.05E-01				5.52E-01	
	NO _x		2.49E-01			2.49E-01				6.80E-02	
Trasporto via Furgoncino		5%			2.50%				2.74%		
					5%						
	SO ₂		2.56E-01			6.39E-02				7.70E-02	
	NO _x		5.85E-01			5.85E-01				1.76E-01	
Incertezza composta	g SO ₂ eq			5.26E+00			3.63E+00				2.81E+00
Incertezza composta estesa	g SO ₂ eq			1.05E+01			7.26E+00				5.61E+00
Risultato finale	2.80E+02	più o meno	1.05E+01		2.80E+02	più o meno	7.26E+00		2.80E+02	più o meno	5.61E+00

Tabella A2.1 Confronto tra i tre casi proposti per il percorso 4 applicati alla categoria d'impatto acidificazione. In tabella g SO₂ eq indica i grammi di SO₂ equivalenti e rappresenta l'unità di misura considerata.

Eutrofizzazione											
		Caso I			Caso II				Caso III		
	Flussi	Incertezza	Varianza		Incertezza	Varianza			Incertezza	Varianza	
Unità di processo											
Polipropilene		5%			2.50%				2.67%		
					5%						
	PO ₄ ³⁻		1.80E-02			4.50E-03				5.12E-03	
	NO _x		2.60E-01			2.60E-01				7.40E-02	
Consumo elettrico per lo stampaggio		5%			2.50%				2.61%		
					5%						
	PO ₄ ³⁻		1.34E-01			3.36E-02				3.67E-02	
	NO _x		8.59E-03			8.59E-03				2.35E-03	
Trasporto via Furgoncino		5%			2.50%				2.74%		
					5%						
	PO ₄ ³⁻		2.45E-02			6.13E-03				7.39E-03	
	NO _x		2.01E-02			2.01E-02				6.07E-03	
Trasporto via camion		5%			2.50%				2.74%		
					5%						
	PO ₄ ³⁻		2.73E-02			6.84E-03				8.24E-03	
	NO _x		6.61E-03			6.61E-03				1.99E-03	
Incertezza composta	g PO ₄ ³⁻ eq			7.07E-01			5.89E-01			3.77E-01	
Incertezza composta estesa	g PO ₄ ³⁻ eq			1.41E+00			1.18E+00			7.53E-01	
Risultato finale	5.51E+01	più o meno	1.41E+00		5.51E+01	più o meno	1.18E+00		5.51E+01	più o meno	7.53E-01

Tabella A2.2 Confronto tra i tre casi proposti per il percorso 4 applicati alla categoria d'impatto eutrofizzazione. In tabella g PO_4^{3-} eq indica i grammi di PO_4^{3-} equivalenti e rappresenta l'unità di misura considerata.

Riscaldamento globale											
		Caso I			Caso II				Caso III		
Unità di processo	Flussi	Incertezza	Varianza		Incertezza	Varianza			Incertezza	Varianza	
Polipropilene		5%			2.50%				2.67%		
					5%						
	CO ₂		3.28E+06			8.19E+05				9.33E+05	
	CH ₄		9.51E+04			9.51E+04				2.71E+04	
Consumo elettrico per lo stampaggio		5%			2.50%				2.61%		
					5%						
	CO ₂		1.91E+05			4.78E+04				5.22E+04	
	CH ₄		1.53E+03			1.53E+03				4.18E+02	
Trasporto via Camion		5%			2.50%				2.74%		
					5%						
	CO ₂		2.30E+05			5.75E+04				6.93E+04	
	CH ₄		1.88E+02			1.88E+02				5.66E+01	
Incertezza composta	g CO ₂ eq			1.95E+03			1.01E+03				1.04E+03
Incertezza composta estesa	g CO ₂ eq			3.90E+03			2.02E+03				2.08E+03
Risultato finale	7.94E+04	più o meno	3.90E+03		7.94E+04	più o meno	2.02E+03		7.94E+04	più o meno	2.08E+03

Tabella A2.3 Confronto tra i tre casi proposti per il percorso 4 applicati alla categoria d'impatto riscaldamento globale. In tabella g CO₂ eq indica i grammi di CO₂ equivalenti e rappresenta l'unità di misura considerata.

Ossidazione fotochimica											
		Caso I			Caso II				Caso III		
Unità di processo	Flussi	Incertezza	Varianza		Incertezza	Varianza			Incertezza	Varianza	
Polipropilene		5%			5%				2.67%		
					5%						
	CO		3.23E-02			3.23E-02				9.20E-03	
	SO2		3.94E-02			3.94E-02				1.12E-02	
Consumo elettrico per lo stampaggio		5%			5%				2.61%		
					5%						
	SO ₂		4.66E-03			4.66E-03				1.27E-03	
	NOx		8.93E-05			8.93E-05				2.44E-05	
Trasporto via Furgoncino		5%			5%				2.74%		
					5%						
	CO		2.53E-03			2.53E-03				7.61E-04	
	SO2		5.89E-04			5.89E-04				1.77E-04	
Incertezza composta	g C ₂ H ₄ eq			2.82E-01			2.82E-01				1.51E-01
Incertezza composta estesa	g C ₂ H ₄ eq			5.64E-01			5.64E-01				3.01E-01
Risultato finale	1.81E+01	più o meno	5.64E-01		1.81E+01	più o meno	5.64E-01		1.81E+01	più o meno	3.01E-01

Tabella A2.4 Confronto tra i tre casi proposti per il percorso 4 applicati alla categoria d'impatto ossidazione fotochimica. In Tabella g C₂H₄ eq indica grammi di C₂H₄ equivalenti e rappresenta l'unità di misura considerata.

Appendice 3. Proposta di applicazione del calcolo dell'incertezza nel caso in cui siano disponibili sia dati primari che secondari considerando quattro categorie di impatto e inserendo dei valori di dati primari e dei valori di incertezza arbitrari

Categoria d'impatto Acidificazione											
			Analisi di gravità			Contributi al bilancio d'incertezza					
N	Unità di processo	Flussi	Y A [g SO ₂ eq]	Peso percentuale	Dato primario	Percorso	Contributo al AP [g SO ₂ eq]	Valore d'incertezza legato al dato secondario	Valore d'incertezza legato al dato primario	Valore d'incertezza comune	Varianza
	Il totale di tutti i processi		2.80E+02								
1	Polipropilene	Totale processo	1.39E+02	49%							
		SO ₂				1.4	8.27E+01	2.5%	0.6%	2.57E+00	4.52E+00
		NOx				1.4	5.47E+01	5%	0.6%	5.04E+00	7.59E+00
	Polipropilene peso medio del carrello				2.02E+04						
2	Consumo elettrico per lo stampaggio	Totale processo	3.97E+01	14%							
		SO ₂				1.4	2.84E+01	2.5%	0.1%	2.50E+00	5.06E-01
		NOx				1.4	9.98E+00	5%	0.1%	5.00E+00	2.49E-01
	Consumo elettrico per lo Stampaggio medio				6.95E+01						

3	Trasporto tramite furgoncino	Totale processo	2.59E+01	9%							
		SO ₂				4	1.01E+01	2.5%		5.59E+00	3.19E-01
		NO _x				4	1.53E+01	5%		5.59E+00	7.32E-01
	Grado di completezza C %			73%							
	Bilancio dell'incertezza										
	Incertezza composta	g SO ₂ eq	3.73E+00								
	Incertezza composta estesa	g SO ₂ eq	7.46E+00								

Tabella A3.1 Proposta di applicazione del calcolo dell'incertezza nel caso in cui siano disponibili sia dati primari che secondari considerando la categoria d'impatto acidificazione e inserendo dei valori primari e di incertezza arbitrari. In tabella, N indica il numero dell'unità di processo; Y è il misurando; A indica la categoria d'impatto acidificazione; g SO₂ eq sta per grammi di SO₂ equivalenti e rappresenta l'unità di misura considerata; AP sta per potenziale di acidificazione, acidification potential.

Categoria d'impatto Eutrofizzazione											
N	Unità di processo	Flussi	Analisi di gravità		Dato primario	Contributi al bilancio d'incertezza					
			Y E [g PO ₄ ³⁻ eq]	Peso percentuale		Percorso	Contributo al EP [g PO ₄ ³⁻ eq]	Valore d'incertezza legato al dato secondario	Valore d'incertezza legato al dato primario	Valore d'incertezza comune	Varianza
	Il totale di tutti i processi		5.51E+01	100%							
1	Polipropilene	Totale processo	1.60E+01	29%							
		PO ₄ ³⁻				1.4	2.68E+00	2.5%	0.6%	2.57E+00	4.76E-03
		NOx				1.4	1.02E+01	5%	0.6%	5.04E+00	2.64E-01
	Polipropilene peso medio del carrello				2.02E+04						
2	Consumo elettrico per lo stampaggio	Totale processo	9.86E+00	18%							
		PO ₄ ³⁻				1.4	7.33E+00	2.5%	0.1%	2.50E+00	3.37E-02
		NOx				1.4	1.85E+00	5%	0.1%	5.00E+00	8.60E-03
	Consumo elettrico per lo Stampaggio medio				6.95E+01						

3	Trasporto tramite furgoncino	Totale processo	6.52E+00	12%						
		PO ₄ ³⁻			4	3.13E+00	2.5%			6.13E-03
		NOx			4	2.84E+00	5%			2.01E-02
4	Trasporto tramite camion	Totale processo	5.90E+00	11%						
		PO ₄ ³⁻			4	3.31E+00	2.5%			6.84E-03
		NOx			4	1.63E+00	5%			6.61E-03
	Grado di completezza (C) %			70%						
	Bilancio dell'incertezza									
	Incertezza composta	g PO ₄ ³⁻ eq	5.92E-01							
	Incertezza composta estesa	g PO ₄ ³⁻ eq	1.18E+00							

Tabella A3.2 Proposta di applicazione del calcolo dell'incertezza nel caso in cui siano disponibili sia dati primari che secondari considerando la categoria d'impatto eutrofizzazione e inserendo dei valori primari e di incertezza arbitrari. In tabella, N indica il numero dell'unità di processo; Y è il misurando; E indica la categoria d'impatto eutrofizzazione; g PO₄³⁻ eq sta per grammi di PO₄³⁻ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; EP sta per potenziale di eutrofizzazione, eutrophication potential.

Categoria d'impatto: Riscaldamento globale											
N	Unità di processo	Flussi	Analisi di gravità			Contributi al bilancio d'incertezza					
			Y GW [g CO ₂ eq]	Peso percentuale	Dato primario	Percorso	Contributo al GWP [g CO ₂ eq]	Valore d'incertezza legato al dato secondario	Valore d'incertezza legato al dato primario	Valore d'incertezza comune	Varianza
	Il totale di tutti i processi		7.94E+04	100%							
1	Il totale di tutti i processi	Totale processo	4.24E+04	53%							
	Polipropilene	CO ₂				1.4	3.62E+04	2.5%	0.6%	2.57E+00	8.66E+05
		CH ₄				1.4	6.17E+03	5%	0.6%	5.04E+00	9.65E+04
					2.02E+04						
	Polipropilene peso medio del carrello	Totale processo	9.71E+03	12%							
2	Consumo elettrico per lo stampaggio	CO ₂				1.4	8.74E+03	2.5%	0.1%	2.50E+00	4.78E+04
		CH ₄				1.4	7.82E+02	5%	0.1%	5.00E+00	1.53E+03
					6.95E+01						
	Consumo elettrico per lo Stampaggio medio	Totale processo	9.98E+03	13%							

3	Trasporto tramite camion	CO ₂				4	9.59E+03	2.5%			5.75E+04
		CH ₄				4	2.74E+02	5%			1.88E+02
	Grado di completezza C %										
	Bilancio dell'incertezza										
	Incertezza composta	g CO ₂ eq	1.03E+03								
	Incertezza composta estesa	g CO ₂ eq	2.07E+03								

Tabella A3.3 Proposta di applicazione del calcolo dell'incertezza nel caso in cui siano disponibili sia dati primari che secondari considerando la categoria d'impatto riscaldamento globale e inserendo dei valori primari e di incertezza arbitrari. In tabella, N indica il numero dell'unità di processo; Y è il misurando; GW indica la categoria d'impatto riscaldamento globale; g CO₂ eq sta per grammi di CO₂ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; GWP sta per potenziale di riscaldamento globale, global warming potential.

Categoria d'impatto: Ossidazione fotochimica											
			Analisi di gravità			Contributi al bilancio d'incertezza					
N	Unità di processo	Flussi	Y POC [g C ₂ H ₄ eq]	Peso percentuale	Dato primario	Percorso	Contributo al POCP [g C ₂ H ₄ eq]	Valore d'incertezza legato al dato secondario	Valore d'incertezza legato al dato primario	Valore d'incertezza comune	Varianza
	Il totale di tutti i processi		1.81E+01	100%							
1	Polipropilene	Totale processo	9.20E+00	51%							
		CO				1.4	3.60E+00	5%	0.6%	5.04E+00	3.28E-02
		SO ₂				1.4	3.97E+00	5%	0.6%	5.04E+00	4.00E-02
	Polipropilene peso medio del carrello				2.02E+04						
2	Consumo elettrico per lo stampaggio	Totale processo	2.00E+00	11%							
		SO ₂				1.4	1.37E+00	5%	0.1%	5.00E+00	4.66E-03
		CH ₄				1.4	1.89E-01	5%	0.1%	5.00E+00	8.94E-05
	Consumo elettrico per lo Stampaggio medio				6.95E+01						

3	Trasporto tramite furgoncino	Totale processo	2.12E+00	12%						
		CO			4	1.01E+00	5%			2.53E-03
		SO ₂			4	4.85E-01	5%			5.89E-04
	Grado di completezza C %			74%						
	Bilancio dell'incertezza									
	Incertezza composta	g C ₂ H ₄ eq	2.84E-01							
	Incertezza composta estesa	g C ₂ H ₄ eq	5.68E-01							

Tabella A3.4 Proposta di applicazione del calcolo dell'incertezza nel caso in cui siano disponibili sia dati primari che secondari considerando la categoria d'impatto ossidazione fotochimica e inserendo dei valori primari e di incertezza arbitrari. In tabella, N indica il numero dell'unità di processo; Y è il misurando; POC indica la categoria d'impatto ossidazione fotochimica; g C₂H₄ eq sta per grammi di C₂H₄ equivalenti e rappresenta quindi l'unità di misura considerata; POCP sta per potenziale di ossidazione fotochimica, photochemical oxidation potential.

Ringraziamenti

Ringrazio:

La prof.ssa Semenzin Elena e la dott.ssa Pizzol Lisa per l'aiuto nella stesura della tesi e per la pazienza avuta.

Il dott. Daniele Pernigotti per avermi dato l'opportunità di svolgere il tirocinio presso Aequilibria di Daniele Pernigotti e tutto il personale di Aequilibria, in particolare la dott.ssa Granini Lucia per il supporto nella parte applicativa della tesi.

Grazie ai miei genitori che mi vogliono bene, in modo particolare a te mamma per il sostegno e per avere esultato insieme a me delle mie vittorie e di avermi consolato dopo piccole sconfitte. Dopo ogni esame la prima telefonata era per te.

Grazie a te papà per essere sempre stato presente nonostante le difficoltà.

Grazie ai miei nonni che mi hanno insegnato a non mollare mai.

Grazie a tutte le persone che mi sono state vicino.