

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale

Corso di Laurea Specialistica in
Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio



**GLI IMPATTI AMBIENTALI DEL BLISTER SECONDO LA METODOLOGIA
LCA: ANALISI COMPARATIVA TRA LA TIPOLOGIA TRADIZIONALE E
L'ECO-BLISTER**

Relatore: Prof. MARIO GROSSO

Co-relatore: Ing. ALIDA FALBO

Tesi di Laurea di:

ANDREA CONTARDI Matr. 750660

Anno Accademico 2012 - 2013

Ringrazio vivamente per la loro collaborazione il Professore Mario Grosso e l'ingegnere Alida Falbo che mi hanno seguito ed affiancato nello sviluppo di questo lavoro.

Ringrazio per il loro sostanziale contributo l'ingegnere Eligio Ponzini, la dottoressa Laura Cattaneo e l'ingegnere Marco Pagani che mi hanno supportato nella raccolta della documentazione necessaria all'elaborazione del presente studio.

Un ringraziamento particolare va ai miei colleghi dello Studio Emme S.r.l per avermi sempre incoraggiato in questi anni.

Vorrei infine ringraziare le persone a me più care: i miei amici, la mia famiglia e la mia fidanzata, a cui questo lavoro è dedicato.

INTRODUZIONE	3
SCOPO DELLA TESI ED ARTICOLAZIONE DEL LAVORO	6
CAPITOLO 1: DESCRIZIONE DEL CICLO PRODUTTIVO	8
1.1 - Introduzione	8
1.2 - Descrizione dell'ambito di studio	8
1.3 - Descrizione del ciclo produttivo del blister tradizionale	14
1.4 - Descrizione del ciclo produttivo dell'eco-bliester	20
CAPITOLO 2: METODOLOGIA "LCA"	27
2.1 - Introduzione	27
2.2 - Le origini della LCA	27
2.3 - La struttura di una LCA	28
2.3.1 - Fase 1: Definizione dell'obiettivo e delle finalità dello studio	29
2.3.2 - Fase 2: L'analisi di inventario	30
2.3.3 - Fase 3: L'analisi degli impatti	32
2.3.3.1 - Categorie di impatto	35
2.3.3.2 - metodi per la valutazione degli impatti	36
2.3.4 - Fase 4: Interpretazione dei risultati	39
2.4 - LCA e gestione integrata dei rifiuti urbani	40
2.4.1 - I confini del sistema	41
2.4.2 - Utilità della LCA applicata a sistemi di gestione integrata	43
2.4.3 - Modellizzazione di alcune sotto-unità	43
2.4.3.1 - Pretrattamenti	44
2.4.3.2 - termovalorizzazione	44
2.4.3.3 - Riciclo	45
2.4.3.4 - Discarica	49
2.4.4 - Categorie di impatto rilevanti nel settore del trattamento dei rifiuti	50
2.4.4.1 - Effetto serra	50
2.4.4.2 - Tossicità umana	52
2.4.4.3 - Formazione fotochimica di ozono	53
2.4.4.4 - Acidificazione	55

2.5- Il software Simapro	55
CAPITOLO 3: VALUTAZIONE DEL CICLO VITA DEL CASO DI STUDIO	58
3.1 – L'unità funzionale e i confini del sistema	58
3.2 – Analisi di inventario	62
3.2.1 – Flussi in ingresso	62
3.2.2 – Flussi in uscita	80
3.2.3 – Fine vita del blister utilizzato	109
CAPITOLO 4: INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI	131
4.1 – Valutazione del ciclo produttivo	131
4.2 – Valutazione del fine vita	146
4.3 – Valutazione del fine vita e del ciclo produttivo	155
CONCLUSIONI	159
BIBLIOGRAFIA	161

INTRODUZIONE

Il packaging ecosostenibile

Attraverso l'eco-innovazione si possono ottenere delle prestazioni di manufatto (per esempio un imballo) profondamente nuove nella concezione; ciò significa reimpostare concettualmente un prodotto secondo i principi della prestazione ambientale anticipando le fasi prettamente tecnologiche.

Un prodotto andrebbe progettato considerando sia la "vita attiva" che la "vita passiva".

I rifiuti di imballaggio sono un problema come del resto tutto ciò che la società produce e non sa come "far sparire" ma anche la "vita attiva" di un imballaggio può rappresentare una fetta importante del problema.

Partendo da un oggetto di per sé funzionale al prodotto ed al marketing, come l'imballo, si può finire a discutere dei macro problemi o addirittura delle emergenze ambientali a livello planetario. L'accresciuta coscienza del tessuto sociale rispetto alle tematiche ambientali, porta ad avere sempre più aziende che si rivolgono ad attività di riduzione e di valutazione nell'uso delle quantità e delle tipologie di materiali a disposizione.

Si finisce quindi per focalizzare l'attenzione sullo stile di vita di una persona in quanto rappresenta la chiave che genera la necessità di avere un particolare imballo.

Una volta che l'imballo è sul mercato, il consumatore è pronto, insieme alle altre innumerevoli leve a disposizione del marketing, ad accettare o addirittura a spingere applicazioni che rendano il prodotto, nel suo insieme, più eco-compatibile, in quanto capisce che l'ambiente è ciò che determina la qualità della propria vita.

In questo modo può nascere l'idea che ogni prodotto, comporta un "costo globale" per una "prestazione globale" dove il tritico d'interesse del packaging si sposta da "Imballo-Prodotto-Mercato" ad una nuova visione interpretata da "Prodotto-Consumatore-Ambiente", dove gli aspetti merceologici classici sono affiancati da altri aspetti dove il peso della sostenibilità trova un ampio margine di trattazione.

La riduzione dei rifiuti

La prevenzione è stata posta come primo principio da perseguire; riuso, riparazione, abbandono dell'usa-e-getta: sono questi gli impegni verso cui dovrebbe tendere l'intera società.

L'obiettivo di produrre meno rifiuti è possibile e lo dimostrano molte industrie per quanto riguarda gli scarti di lavorazione e lo dimostrano anche alcune città virtuose per quanto riguarda i rifiuti urbani. Questo rappresenta un nuovo passo nella gestione dei rifiuti che, insieme alla raccolta differenziata di ciò che va comunque scartato, rende possibile raggiungere l'obiettivo "rifiuti zero" (o, meglio, riciclo totale). Alcuni esempi su come agire in modo sostenibile sono il riuso degli imballaggi con il sistema del vuoto a rendere, la vendita alla spina dei prodotti sfusi, il ritorno dell'acqua da bere in brocca, l'utilizzo di borse per la spesa in tessuto, ecc.

L'Unione europea ha sottolineato l'importanza delle attività di "preparazione per il riuso": che rappresentano tutte quelle che possono permettere il ricircolo dei beni dismessi per destinarli allo stesso utilizzo a cui sono stati impiegati precedentemente, o a un uso analogo. Questo è reso possibile mediante operazioni quali: selezione, pulizia, riparazione, utilizzo come componente, acquisto e vendita. Numerosi sbocchi lavorativi sono correlati a queste operazioni, esempio: commercio di oggetti dismessi; attrezzature e circuiti dedicati alla raccolta di particolari categorie di rifiuti; accesso a beni durevoli scartati e conferiti ai circuiti di raccolta dei rifiuti ingombranti o alle riciclerie (o ecocentri), laboratori di riparazione e recupero delle cose guaste; mercatini dell'usato.

Tutte queste attività rientrano in un'unica politica generale, finalizzata alla promozione del riuso, alla diffusione di una cultura e di una maggiore affezione per gli oggetti ad uso quotidiano. Per fare ciò è necessario che nascano iniziative capillari e grandi campagne di informazione e di educazione.

La manutenzione rappresenta, nel passaggio di mano del bene, l'elemento fondamentale che garantisce la qualità del riuso richiedendo quindi l'intervento di competenze specialistiche. Anche quando viene esercitata in forme professionali, la manutenzione di un oggetto, di un'attrezzatura o di un impianto richiede quelle virtù di attenzione, conoscenza,

intelligenza e abilità manuale che Richard Sennett attribuisce al moderno *Uomo artigiano*: le modalità di un approccio al lavoro in cui l'autore intravede una alternativa radicale alla spersonalizzazione e allo svuotamento dell'attività lavorativa che ha caratterizzato il modo di produzione fordista, fondato sulla parcellizzazione delle mansioni lungo la catena di montaggio; e, in un crescendo di deresponsabilizzazione e di estraneazione dal contenuto di quello che si fa, il regime lavorativo dell'*Uomo flessibile* (Sennett, 1999), proprio dell'universo cosiddetto postfordista.

SCOPO DELLA TESI ED ARTICOLAZIONE DEL LAVORO

Il blister è una tipologia di confezione in plastica precostruita e utilizzata come contenitore di piccoli oggetti. Per le sue caratteristiche di leggerezza, maneggevolezza e protezione del contenuto, determinati tipi di blister vengono utilizzati in svariate attività. Le due componenti principali del blister sono la cavità costituita da un materiale sufficientemente deformabile come plastica e alluminio, ottenuta tramite il riscaldamento del materiale nella fabbrica oppure per mezzo di strumenti meccanici, e il coperchio, di carta, plastica o alluminio sfondabile. La cavità contiene, di norma, il prodotto, mentre sul coperchio sono riportate le informazioni sul produttore e sul contenuto.

Nel caso di studio, l'oggetto contenuto all'interno del blister, è rappresentato da uno spazzolino da denti.

Il seguente lavoro di Tesi è stato svolto con lo scopo di eseguire un confronto a livello di impatti ambientali tra un blister tradizionale e due nuove tipologie di blister caratterizzate da:

- Blister tradizionale;
- Blister denominato "eco-blister", 1° tipologia;
- Blister denominato "eco-blister", 2° tipologia.

Tale confronto è stato eseguito applicando la metodologia Life Cycle Assessment (LCA) definita dalle norme della serie ISO 14040:2006, che mira a valutare e quantificare i carichi energetici ed ambientali e gli impatti potenziali associati ad un prodotto/processo/attività lungo l'intero ciclo di vita, dall'acquisizione delle materie prime al fine vita ("dalla culla alla tomba").

Nel caso specifico si tratta di un'analisi LCA di tipo comparativo in quanto tale metodologia viene utilizzata per valutare diverse alternative di prodotto omettendo dalla valutazione le attività che sono comuni alle alternative stesse. I sistemi vengono confrontati utilizzando la medesima unità funzionale e considerazioni metodologiche equivalenti, quali i confini del sistema, la qualità dei dati, le procedure di allocazione, le modalità di decisione sui flussi in entrata ed in uscita e le procedure di valutazione degli impatti.

I confini del sistema considerato includono l'approvvigionamento delle materie, la produzione, il trasporto e il trattamento degli scarti di produzione e il fine vita del prodotto

escludendo la fase di distribuzione del prodotto in quanto ipotizzata uguale per le tre tipologie di blister analizzate

Nel capitolo iniziale (capitolo 1) viene sviluppato il contesto generale in cui si introduce il caso di studio, successivamente (capitolo 2) viene approfondito il concetto di Life Cycle Assessment presentando il software SimaPro impiegato per lo svolgimento dello studio con un richiamo alle principali banche dati e metodi di valutazione presenti.

Si passa poi alla specificata applicazione della metodologia LCA al caso di studio (capitolo 3), alla discussione e interpretazione dei risultati dello studio (capitolo 4) e infine viene svolta un'analisi di sensitività (capitolo 5).

Si sottolinea che l'eco-blistere, di cui è già stato consegnato il brevetto, è in fase di ultimazione e definizione per il conseguente avvio della produzione. Per tale motivo, tutte le informazioni riguardanti questa tipologia di blister, che ricorreranno per tutto il presente lavoro, potranno subire variazioni o modifiche.

CAPITOLO 1: DESCRIZIONE DEL CICLO PRODUTTIVO

1.1 - Introduzione

L'Azienda presso la quale è stato compiuto lo studio, denominata "Ponzini", produce circa due milioni di spazzolini a settimana per un totale di circa 90 milioni di pezzi all'anno. E' al terzo posto in Europa tra i produttori conto terzi considerando che i competitors producono circa due volte e mezzo le quantità di spazzolini Ponzini. In totale in Europa la produzione annua di spazzolini si aggira su circa 1 miliardo.

In Italia si consuma circa 1 spazzolino $\frac{1}{2}$ pro capite all'anno, in Francia 1,5÷1,8, in Svizzera-Germania circa 2 mentre nei paesi nordici (Svezia – Finlandia –Norvegia) circa 3. L'Azienda, negli ultimi anni, si sta indirizzando verso la progettazione di un prodotto che possa essere più ecosostenibile possibile e l'eco-blister è il frutto proprio di questo.

1.2 - Descrizione dell'ambito di studio

All'interno dell'insediamento produttivo di Lazzate si svolge la produzione di spazzolini da denti. Di seguito sono riportate le descrizioni dei reparti produttivi e delle fasi lavorative:

Descrizione dei reparti aziendali

L'attività produttiva si differenzia nelle seguenti divisioni:

- Divisione SMP – Stampaggio Materie Plastiche
- Divisione II – Impianti Integrati
- Divisione IT – Impianti Tradizionali
- Divisione P – Packaging

Gli impianti della divisione SMP sono costituiti da presse ad iniezione per lo stampaggio delle materie plastiche; dal granulo viene prodotto il fusto ("manico") dello spazzolino da denti.

All'interno del reparto SMP (Divisione SMP e II) è stato realizzato un impianto di aspirazione fumi di decomposizione delle materie plastiche; l'effluente gassoso, composto principalmente da aria calda eventualmente contaminata da inquinanti (composti organici volatili), è convogliato all'esterno mediante delle linee di aspirazione distinte collettate a due camini che sono installati sul tetto del capannone. Non è presente un impianto di

depurazione in quanto i valori di concentrazione degli inquinanti misurati ai camini, sono largamente inferiori ai valori limite di legge.

All'interno dello stesso locale di lavoro, vi è una parte della divisione II, la quale è costituita da impianti che provvedono in linea allo stampaggio del fusto dello spazzolino, alla sua insetolatura e al confezionamento finale.

Al primo piano del nuovo capannone sono dislocate, oltre alla rimanente parte della divisione II (nr. 2 Impianti), le Divisioni IT e P.

La Divisione IT è a sua volta suddivisa in due sezioni a seconda della tipologia delle macchine utilizzate.

Alla divisione arriva infatti il fusto in plastica dello spazzolino da denti, il quale deve essere insetolato nell'estremità per svolgere la sua funzione di pulitura dei denti.

Una sezione della divisione è costituita da insetolatrici isolate; il fusto dello spazzolino entra nel macchinario, la testa viene insetolata con fili di Nylon di vario tipo e colore a seconda delle esigenze del cliente e viene raccolto in scatoloni alla rinfusa che vengono poi inviati alla divisione P.

L'altra sezione della divisione IT è costituita da impianti composti da 2 macchine in linea: insetolatrici e blisteratrici.

Il fusto entra nelle insetolatrici e subisce le stesse lavorazioni descritte sopra solo che una volta finita l'insetolatura, tramite un nastro trasportatore o un robot viene inviato alle blisteratrici che provvedono al confezionamento dello spazzolino così come lo si trova nei punti vendita per il consumatore.

L'ultima divisione P è costituita da sole macchine blisteratrici, le quali provvedono al confezionamento degli spazzolini insetolati nella divisione IT dalle macchine non in linea.

Oltre ai reparti produttivi vengono svolte tutte le normali attività di supporto gestionale, amministrativo, tecnico e manutentivo.

Di seguito si riporta in modo semplificato la schema di flusso della produzione che viene eseguita nello stabilimento:

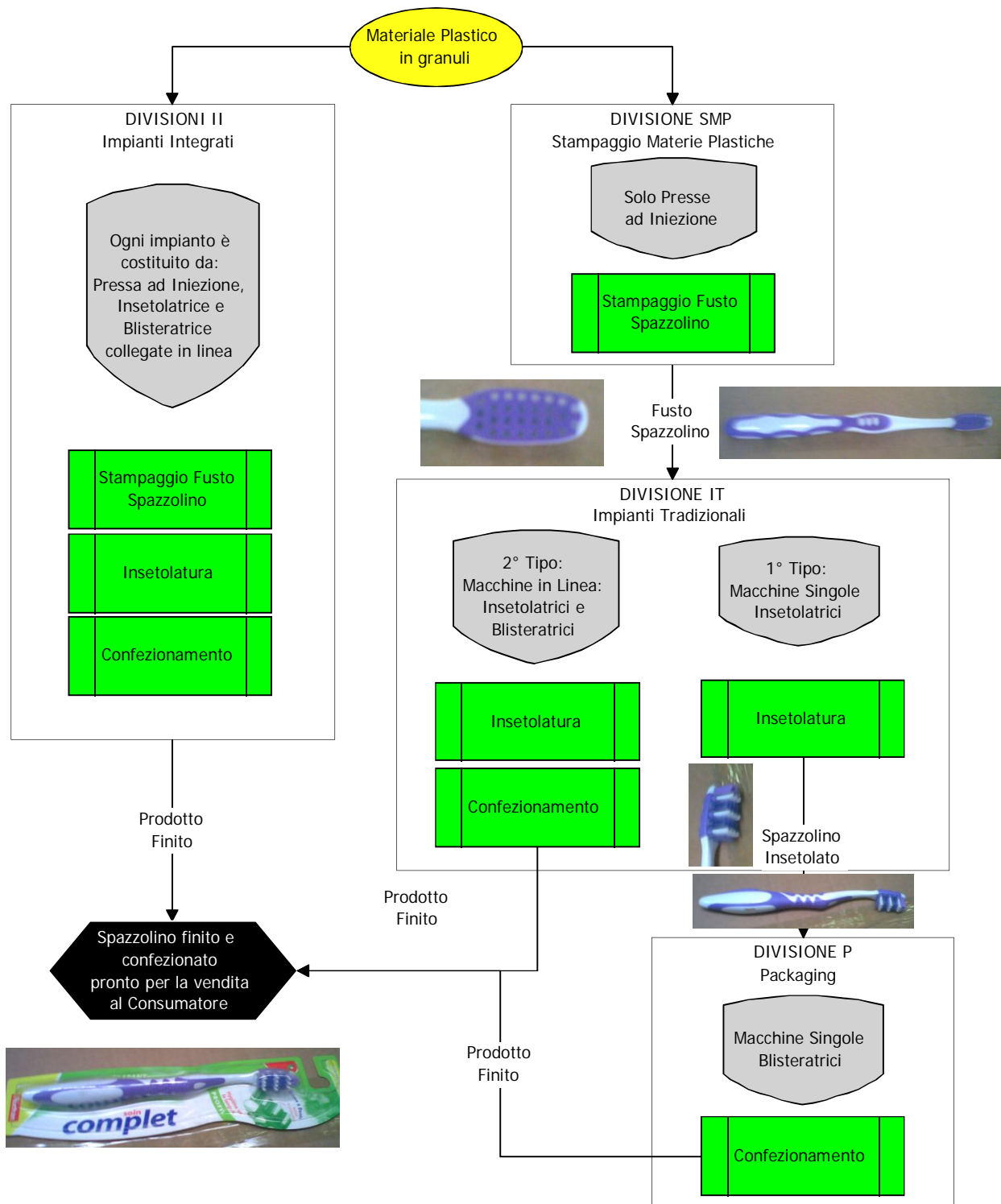


Figura 1.1 – Schema generale del processo produttivo

Descrizione delle fasi produttive

STOCCAGGIO DELLE MATERIE PRIME

Le materie prime delle divisioni SMP e II (granuli) vengono depositate nel magazzino interrato e prelevate a seconda delle esigenze produttive mediante trasporto al reparto di utilizzo con l'ausilio di transpallet e montacarichi.

Le materie prime delle divisioni II, IT e P sono stoccate nel magazzino posto al piano terra.

A seconda delle commesse in lavorazione e alle richieste delle divisioni II, IT e P i magazzinieri preparano i bancali con tutto l'occorrente per soddisfare le necessità operative:

- Fusti degli spazzolini
- Coprisetola
- Cartoncino
- Film di PET
- Filo di Nylon

I bancali così predisposti vengono movimentati con l'ausilio di transpallet e portati alle varie divisioni poste al piano terra e/o al primo piano con il montacarichi.

FASE DI STAMPAGGIO

Il granulato viene depositato in casse di plastica nei pressi delle presse ad iniezione. Un tubo permette il carico automatico del materiale nella pressa.

Il colorante viene caricato manualmente dal manutentore di reparto nell'apposita tramoggia posta sopra il gruppo di iniezione.

Il granulato con il colorante si miscelano nella camera di rammollimento della pressa; la vite (coclea rotativa) spinge il materiale plastico fluido nello stampo ove prende la forma desiderata.

All'apertura dello stampo il prodotto può essere espulso meccanicamente e cadere su di un nastro trasportatore che lo rilascia in uno scatolone posto a bordo macchina oppure viene prelevato da un robot mediante delle pompette aspiratrici che lo posizionano sul nastro

trasportatore che lo porta a cadere nello scatolone a bordo macchina.

Il manutentore provvede al controllo del corretto funzionamento della pressa ad iniezione, al caricamento del colorante e all'approvvigionamento della materia plastica principale.

L'operatrice provvede al controllo della qualità del prodotto ed alla rimozione degli scatoloni pieni a fine nastro.

Il bancale finito viene portato nel magazzino o direttamente nella Divisione IT dai manutentori di reparto o dai magazzinieri.

Il granulato è aspirato da un sistema centrale che crea nell'impianto una depressione costante; ogni macchina, a seconda delle proprie esigenze, provvede a richiamare il prodotto nel proprio serbatoio di alimentazione (tramoggia di carico).

Altre materie ausiliarie necessarie al funzionamento delle Divisioni sono le seguenti:

- 1) Acqua Fredda: serve per raffreddare gli stampi e permettere alla plastica di mantenere la conformazione desiderata nel minore tempo possibile. Il circuito dell'acqua fredda è chiuso.
- 2) Olio Idraulico: è presente all'interno delle presse e serve al movimento dei pistoni che muovono lo stampo.
- 3) Olio Lubrificante: serve per lubrificare tutti gli ingranaggi e le parti scorrevoli ed in movimento delle presse ad iniezione.
- 4) Olio Diatermico: serve per riscaldare lo stampo durante la fase di iniezione del materiale plastico in modo che non perda la necessaria fluidità e possa velocemente raggiungere tutti gli spazi nello stampo ad esso destinati.

FASE DI INSETOLATURA

L'operatrice versa la scatola di cartone contenente gli spazzolini nel serbatoio di alimentazione a bordo macchina. Varie tipologie di sistemi e tecniche, differenziate a seconda delle necessità del prodotto e dell'età di progettazione del macchinario, prelevano o guidano il fusto dello spazzolino sul carrello di movimentazione posizionandolo nel modo corretto per l'esecuzione delle lavorazioni che deve subire.

Le operazioni che avvengono all'interno della macchina si possono sintetizzare come segue:

- 1) Sulla testa dello spazzolino vengono inserite e fermate con un uncino o ancoretta in

acciaio Inox le setole di Nylon;

- 2) Le setole vengono rasate per uniformarne l'altezza e per modellare il profilo secondo il progetto desiderato dal cliente commissionatore;
- 3) Gli spazzolini proseguono il cammino sul nastro trasportatore fino a quando cadono nello scatolone a fine macchina.

Le operatrici presenti a bordo macchina hanno il compito di provvedere al controllo del corretto funzionamento dei macchinari alimentandoli con le materie prime ed i semilavorati, rimuovendo gli scatoloni pieni accatastandoli sui bancali ed effettuando periodici controlli sulla qualità dei prodotti lavorati secondo gli standard richiesti dal sistema qualità aziendale concordati con il SQ del cliente commissionatore.

L'attività di manutenzione ordinaria e straordinaria viene svolta dai manutentori di reparto che provvedono altresì all'approntamento dell'insetolatrice allo specifico modello di spazzolino in lavorazione.

La movimentazione dei bancali contenenti sia il semilavorato che lo spazzolino finito viene eseguita quasi esclusivamente dai manutentori di reparto mediante l'utilizzo di transpallet manuali.

FASE DI BLISTERATURA

I prodotti (spazzolini e coprisetola) vengono caricati nelle loro zone di alimentazione della macchina che possono essere di vario tipo a seconda della tipologia di macchina blisteratrice.

I prodotti vengono accompagnati e sistemati su un nastro trasportatore che li trasferisce alle varie zone della macchina in cui avvengono le seguenti operazioni:

- 1) Deposizione su film plastico sagomato
- 2) Chiusura lato aperto con cartoncino
- 3) Termosaldatura tra cartoncino e film plastico (blister)

Il blister completato viene accatastato all'interno degli scatoloni per la spedizione ai confezionatori esterni e/o al cliente commissionatore.

Le mansioni svolte dall'operatore e dal manutentore sono le medesime indicate prima relativamente alla fase di insetolatura.

Oltre agli spazzolini ed ai coprisetola le altre materie prime utilizzate sono le seguenti:

- Cartoncino prestampato come da ordine del cliente commissionatore
- Film di PETG per la confezione blister

Entrambe le fasi di insetolatura e di blisteratura possono essere svolte sia nella Divisione II che nella Divisione IT che nella Divisione P a seconda della tipologia di prodotto in lavorazione.

STOCCAGGIO DEL PRODOTTO FINITO

Il prodotto finito viene raccolto in scatoloni, depositati su bancali ed inviato ad un magazzino esterno per la spedizione al cliente finale e/o a confezionatori esterni che provvedono ad una ulteriore fase di imballaggio a seconda delle esigenze del cliente.

Informazioni generali

CERTIFICAZIONI AZIENDALI

L'Azienda è in possesso della certificazione UNI EN ISO 9001:VISION 2000 relativa all'organizzazione e gestione dei sistemi di qualità aziendale.

EMISSIONI IN ATMOSFERA E EMISSIONI IDRICHE

L'unica emissione in atmosfera, costituita dai fumi di decomposizione delle materie plastiche, è correlata alla sola fase di produzione dello spazzolino e quindi esula dal presente studio. Non esistono inoltre emissioni idriche correlate al processo produttivo.

1.3 - Descrizione del ciclo produttivo del blister tradizionale

Il blister tradizionale è costituito da due elementi accoppiati che sono le valve (nello specifico una valva costituisce la cavità di contenimento del prodotto e l'altra, detta controvalva, funge da coperchio di chiusura) e dall'inserito grafico, in forma di un foglio piano, che funge da supporto per tutte le indicazioni del caso (marchi, istruzioni, indicazioni obbligatorie, e così via).

La valva trasparente può essere fabbricata da un foglio sottile di materiale plastico termoformabile, ad esempio poliestere, PVC o altro. L'inserito grafico può essere di carta,

cartone, alluminio o anche dello stesso materiale termoplastico di cui si compone la valva trasparente. Non necessariamente è piano, ma può anche essere conformato in modo da accogliere, almeno parzialmente, gli oggetti da contenere. Quando valva e contro-valva sono conformate con le rispettive impronte di contenimento, tra di esse può essere inserito l'inserito grafico che funge da elemento di partizione del volume della confezione. L'accoppiamento tra le due valve avviene lungo una zona perimetrale piana, subito all'esterno della zona termoformata che contiene il prodotto, mediante termosaldatura. Nel processo di confezionamento, si provvede a termoformare la prima valva da un nastro continuo di materiale plastico, ricavando le varie impronte di contenimento degli oggetti da confezionare. Le sedi termoformate, o impronte, vengono poi riempite con il prodotto da confezionare. Successivamente il nastro termoformato viene accoppiato ad un nastro che compone la contro-valva, oppure al cartoncino, all'inserito grafico, seguendo poi la saldatura reciproca nella zona periferica all'impronta del prodotto.

Infine, tramite un sistema di tranciatura, vengono separate le singole confezioni dal nastro continuo: le confezioni vengono raccolte ed imballate, mentre lo sfrido (lo scarto di lavorazione) viene raccolto e inviato ad un'attività di trattamento dei rifiuti.

La produzione del blister tradizionale comporta innumerevoli problemi, dal punto di vista della funzionalità della confezione, dal punto di vista ambientale e dal punto di vista del processo:

- Problematiche funzionali

Innanzitutto l'apertura dei blister è spesso difficoltosa. La zona di accoppiamento tra le due valve, in particolare, presenta uno spigolo vivo lungo il quale difficilmente si può agire con le dita.

La tenacia della saldatura e del materiale stesso delle valve, impedisce un'agevole apertura della confezione. Sebbene esistano dei casi in cui questa caratteristica è addirittura necessaria, per esempio per disincentivare attività di taccheggio, nella maggior parte dei casi ciò viene percepito come uno sgradevole inconveniente. L'utilizzatore, infatti, non apprezza di dover esercitare uno sforzo eccessivo sulla confezione per poter liberare il prodotto. Peraltro, nell'intervenire con una elevata sollecitazione per aprire la confezione, è

molto facile causare la rottura del prodotto ivi contenuto (per esempio l'esile collo o la testina di uno spazzolino da denti).

Anche nei casi in cui la contro-valva o il cartoncino è dotata di linee di pretaglio (per esempio una serie di incisioni distanziate), l'apertura richiede generalmente uno sforzo non trascurabile. Le linee di pretaglio, inoltre, compromettono l'ermeticità della confezione e quindi introducono un problema aggiuntivo.

- *Problematiche ambientali*

Questo problema, assai rilevante, riguarda la riciclabilità della confezione. Visto che i materiali che compongono il blister tradizionale sono spesso diversi, si rende necessario separarli in modo efficace e semplice. Al contrario, l'accoppiamento sulla vasta area perimetrica tra valva plastica e l'inserto grafico, rende impossibile separare adeguatamente i diversi componenti.

Lo sfrido che si ottiene durante il processo produttivo è costituito da prodotti accoppiati di diversa natura che, per poter essere riutilizzati, richiedono una costosa post-lavorazione;

- *Problematiche di processo*

Da un punto di vista del processo produttivo, gli inconvenienti sono succintamente:

- la prematura usura delle lame adottate nella fase di tranciatura eseguita con la valva termoplastica accoppiata al cartoncino dell'inserto grafico, necessaria per separare le singole confezioni dal nastro continuo. A conforto di tale problema, si fa presente che la natura del cartoncino è molto più abrasiva della sola materia plastica;
- la saldatura avviene su un'area significativa del nastro di produzione, ciò aumenta i costi energetici e di materiale rispetto a quelli strettamente necessari a saldare fra di loro le due valve.



Figura 1.2 – Spazzolino con blister tradizionale (vista sopra)

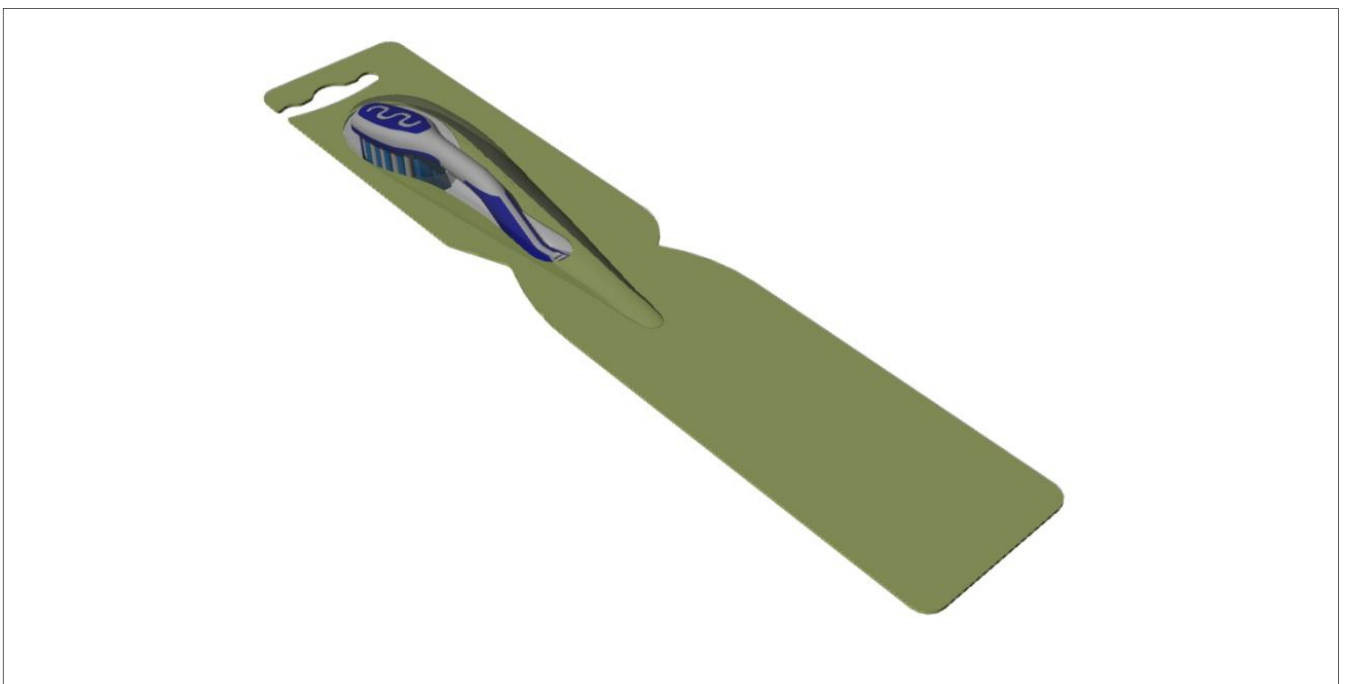


Figura 1.3 – Spazzolino con blister tradizionale (vista sotto)

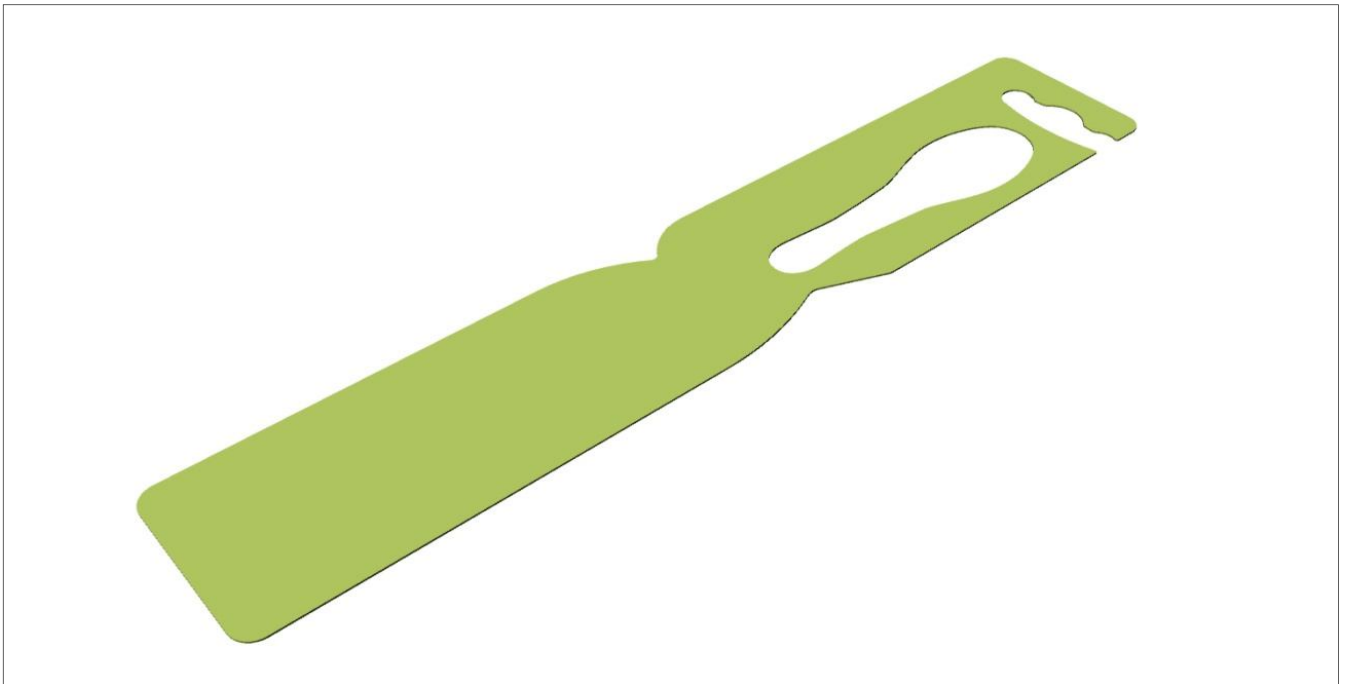


Figura 1.4 – Insetto grafico (cartoncino)



Figura 1.5 – Valva

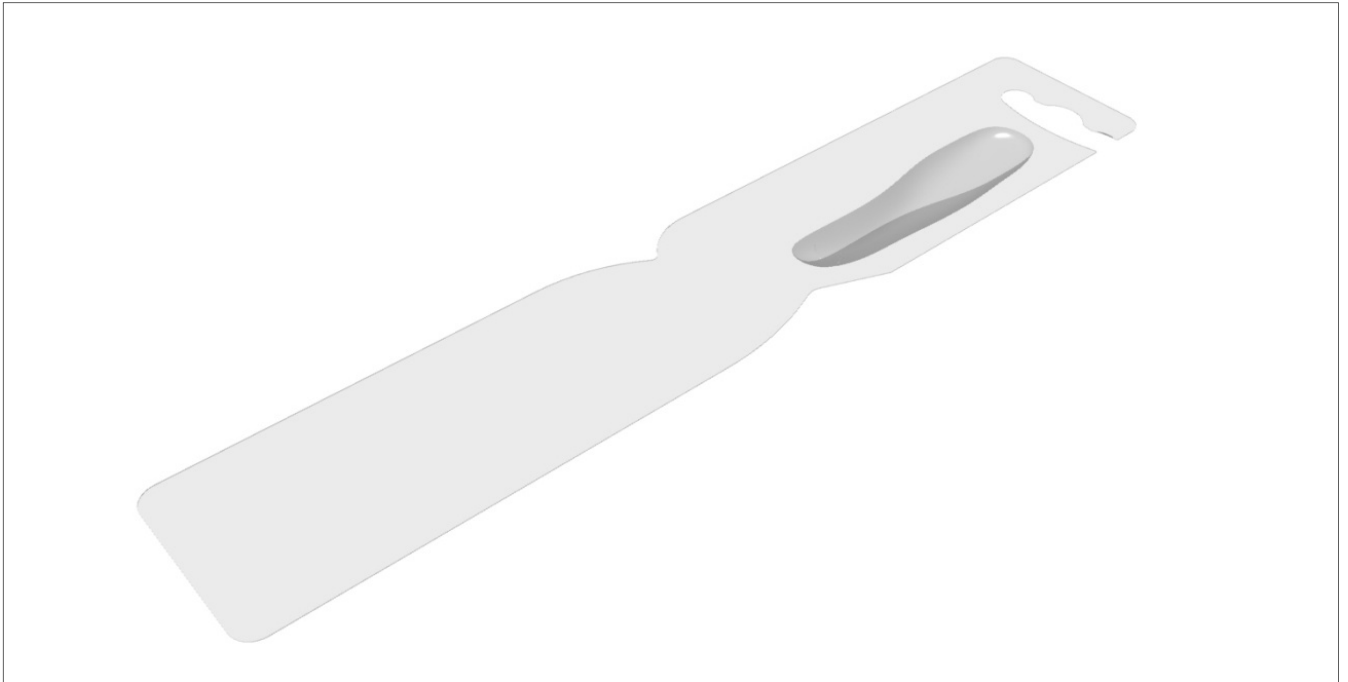


Figura 1.6 – Contro-valva



Figura 1.7 – Spazzolino

1.4 - Descrizione del ciclo produttivo dell'eco-blister

Lo scopo dell'eco-blister è quello di fornire un nuovo tipo di confezione che superi tutti gli inconvenienti sopra citati e che presenti caratteristiche migliorative, adatte a conferire anche una certa originalità e distintività rispetto alle tradizionali confezioni esistenti nel mercato.

La confezione comprende una valva provvista di un'impronta di alloggiamento ed una contro-valva, reciprocamente accoppiate su rispettive superfici periferiche rispetto a detta impronta, e lungo una parte sostanziale del bordo perimetrale comune di valva e contro-valva è applicato esternamente un cordone di sigillatura ottenuto da un materiale plastico iniettabile mediante stampo ad iniezione. La valva e la contro-valva sono tradizionalmente accoppiate in modo da far combaciare la superficie interna della porzione di flangia con la superficie interna della contro-valva piana (o della sua porzione di flangia, qualora anche la contro-valva fosse provvista di un'impronta), portando in allineamento i rispettivi bordi perimetrali. Lungo il bordo perimetrale della coppia valva/contro-valva (ed eventualmente di un cartoncino interposto a sandwich) è disposto un cordone di sigillatura di materiale plastico iniettabile mediante stampaggio ad iniezione, dopo aver disposto l'insieme di valva e contro-valva in apposito stampo ad iniezione.

Vantaggiosamente, il materiale del cordone di sigillatura è tale da avere una bassa compatibilità con il materiale delle valva e contro-valva, ossia tende ad aderire in modo uniforme a valva e contro-valva, senza tuttavia incollarsi o saldarsi intimamente. A tale scopo, il materiale del cordone viene scelto in modo da avere una temperatura di fusione più bassa del materiale plastico di cui si compone la valva ed eventualmente la contro-valva.

Il cordone di sigillatura ricopre sostanzialmente l'intero margine perimetrale dell'insieme valva e contro-valva, per lo meno su tutto il tratto in cui i due margini sono esposti lateralmente, essendo applicato all'esterno di tali elementi. Il cordone di sigillatura iniettato presenta tratti a larghezza minore alternati a tratti a larghezza maggiore. Vista in altro modo, la larghezza costante del cordone (in parte sovrapposto a valva e contro-valva, in parte sporgente oltre il margine esterno) è interrotta da una serie di rientranze

che, terminando in prossimità del margine esterno della flangia, riducono localmente sostanzialmente la larghezza del cordone.

Tali rientranze sono determinate dall'esigenza di mantenere perfettamente e fortemente accoppiate la valva con la contro-valva durante la fase di iniezione del cordone nello stampo di iniezione. I due lembi perimetrici di valva e contro-valva vanno infatti mantenuti fortemente premuti aderenti uno all'altro, sia per produrre un cordone di sigillatura che poi conservi l'ermeticità della chiusura, sia ad evitare che materiale del cordone possa penetrare all'interno della confezione, tra la valva e la contro-valva, durante l'iniezione. A tale scopo, il contorno dello stampo di iniezione presenta una serie di dentellature che - con un certo passo, trattiene accoppiate con forza le superfici interne di porzione flangiata (flangia) e inserto grafico (contro flangia), sino in prossimità del margine perimetrico. Tra un dente e l'altro dello stampo, rimangono definite delle piccole aree libere che consentono l'iniezione continua del cordone di sigillatura, che va così a far presa per una certa profondità (nel senso della larghezza) sopra e sotto rispettivamente alla valva ed alla contro-valva, oltre che lungo il margine vivo dei bordi periferici. Il cordone può avere anche una larghezza differenziata al di sopra ed al di sotto della confezione.

Il dimensionamento in sezione del cordone di sigillatura è tale da garantire non solo una resistenza strutturale adeguata a mantenere unite insieme valva e contro-valva dopo l'iniezione, ma anche vantaggiosamente a mantenere una sua integrità durante la trazione che viene esercitata nella fase di strappo.

La fabbricazione di tale confezione può essere eseguita con un processo di stampaggio ad iniezione, anziché utilizzando tecniche di saldatura tradizionali, con una serie di vantaggiose operazioni. Un nastro piano di materiale termoformabile viene fatto avanzare, in modo di per sé noto, per formare le impronte di contenimento dei prodotti.

Analogamente alla tecnica tradizionale, le impronte vengono poi riempite con i relativi prodotti. Successivamente si procede a ritagliare e separare le singole valve. Lo sfrido che si recupera da questa fase è perfettamente riciclabile, non essendo accoppiato a nessun materiale estraneo. Le valve contenenti i prodotti da confezionare vengono convogliate e caricate su un semi-stampo inferiore per stampaggio ad iniezione (ogni stampo potrebbe contenere 6-12 valve contemporaneamente). Al di sopra delle valve vengono poggiate le

contro valve, per esempio utilizzando manipolatori, facendo combaciare con precisione i rispettivi margini dei bordi perimetrali.

Il semi-stampo caricato con valva e contro-valva viene avviato ad una stazione di stampaggio.

Nella posizione di iniezione, il semi-stampo viene accoppiato con un corrispondente semi-stampo superiore e quindi viene iniettato in pressione il materiale costituente il cordone di sigillatura.

La semplice apertura mediante strappo del cordone di sigillatura elimina ogni rischio connesso alle sollecitazioni e rende superfluo ogni ricorso a linee di pre-taglio, a vantaggio della ermeticità della confezione e della integrità del prodotto.

La tecnica di accoppiamento e adesione sono nuove ma la forma e le dimensioni della confezione non risultano sostanzialmente modificati rispetto alla tecnica tradizionale, ciò permette quindi di utilizzare attrezzature di trattamento ed una logistica esattamente identici rendendo economico ed accettabile la confezione nei processi industriali già operativi.

L'Azienda ha intenzione di produrre due tipologie di eco-blister:

- Eco-blister 1: prevede l'inserto grafico costituito da cartoncino plastificato;
- Eco-blister 2: prevede l'inserto grafico costituito da PET.

La produzione dell'eco-blister, comporta vantaggi dal punto di vista di processo, dal punto di vista della funzionalità del blister e dal punto di vista ambientale:

- Vantaggi di processo

Dal punto di vista del processo, si ottiene uno sfrido facilmente riciclabile e una minore usura delle macchine di tranciatura, che possono agire sul materiale plastico prima di ogni accoppiamento ad altri materiali usuranti (quali il cartoncino plastificato).

- Vantaggi di funzionalità del blister

Un aspetto fondamentale dell'operatività dell'eco-blister è dato dal fatto che il cordone, grazie al fatto che non si salda intimamente con valva e contro-valva, ma semplicemente aderisce nella fase di iniezione, è destinato ad essere strappato via dal bordo di valva e

contro-valva, senza lasciare alcun pezzo o residuo ad esse unito. I mezzi di rimozione facilitata sono destinati ad agevolare l'apertura del cordone, per poi poterlo strappare via dalla confezione.

- Vantaggi ambientali

Si ottiene uno sfrido facilmente riciclabile infatti una volta lacerato e strappato il cordone, si ottiene una completa e perfetta separazione dei quattro componenti di cui si compone la confezione (valva, contro-valva, inserto grafico e cordone di sigillatura), con la possibilità di un recupero o smaltimento differenziato.

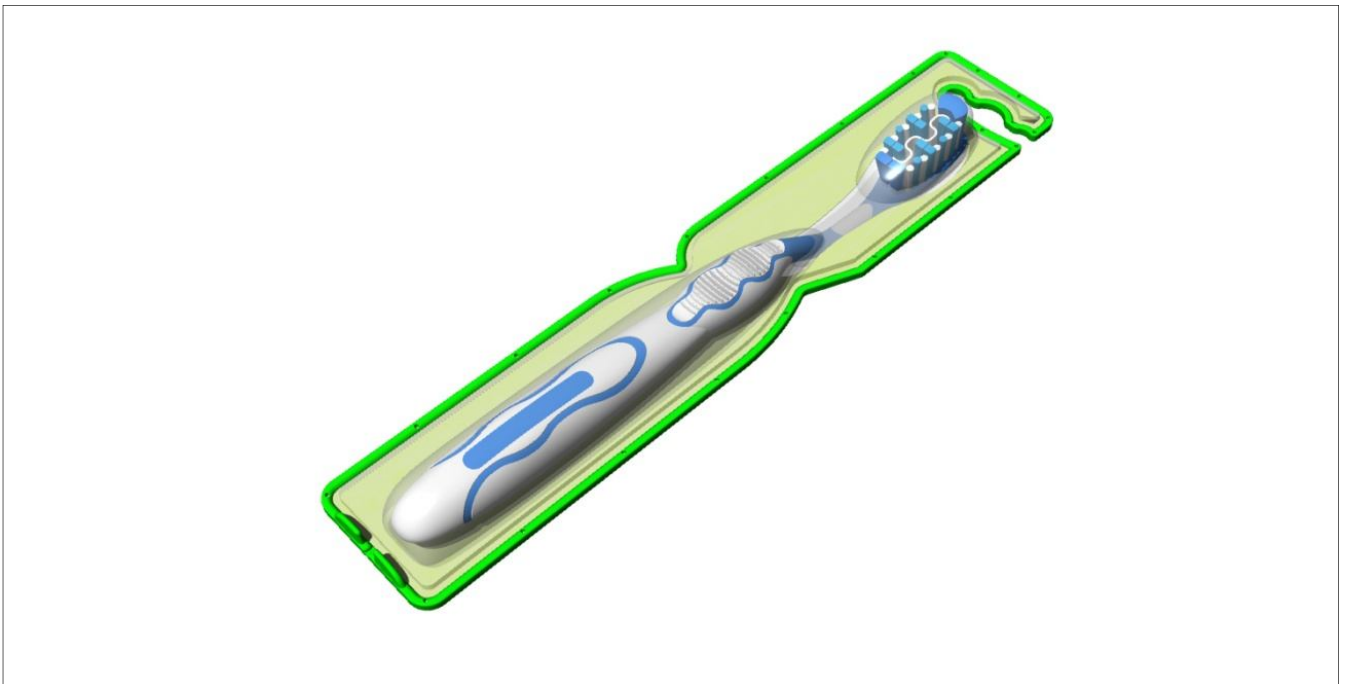


Figura 1.8 – Spazzolino con eco-blister (vista sopra)

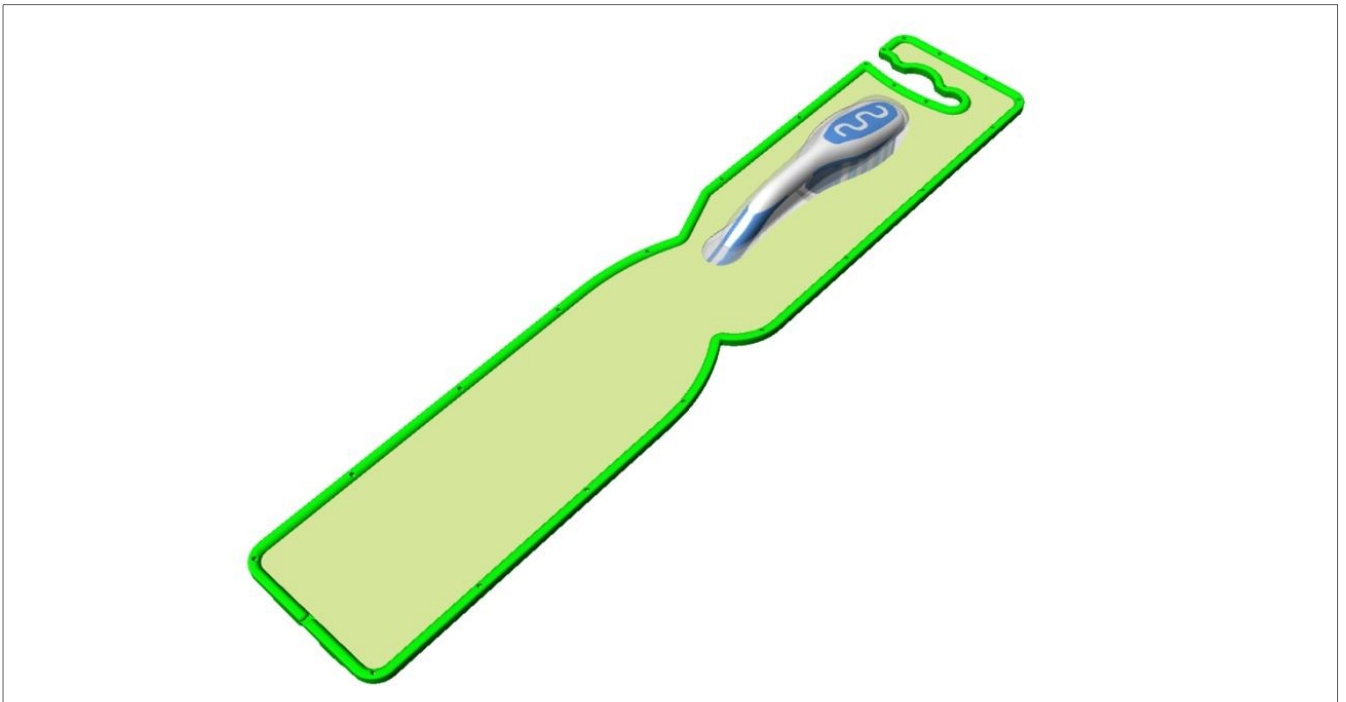


Figura 1.9 – Spazzolino con eco-blister (vista sotto)

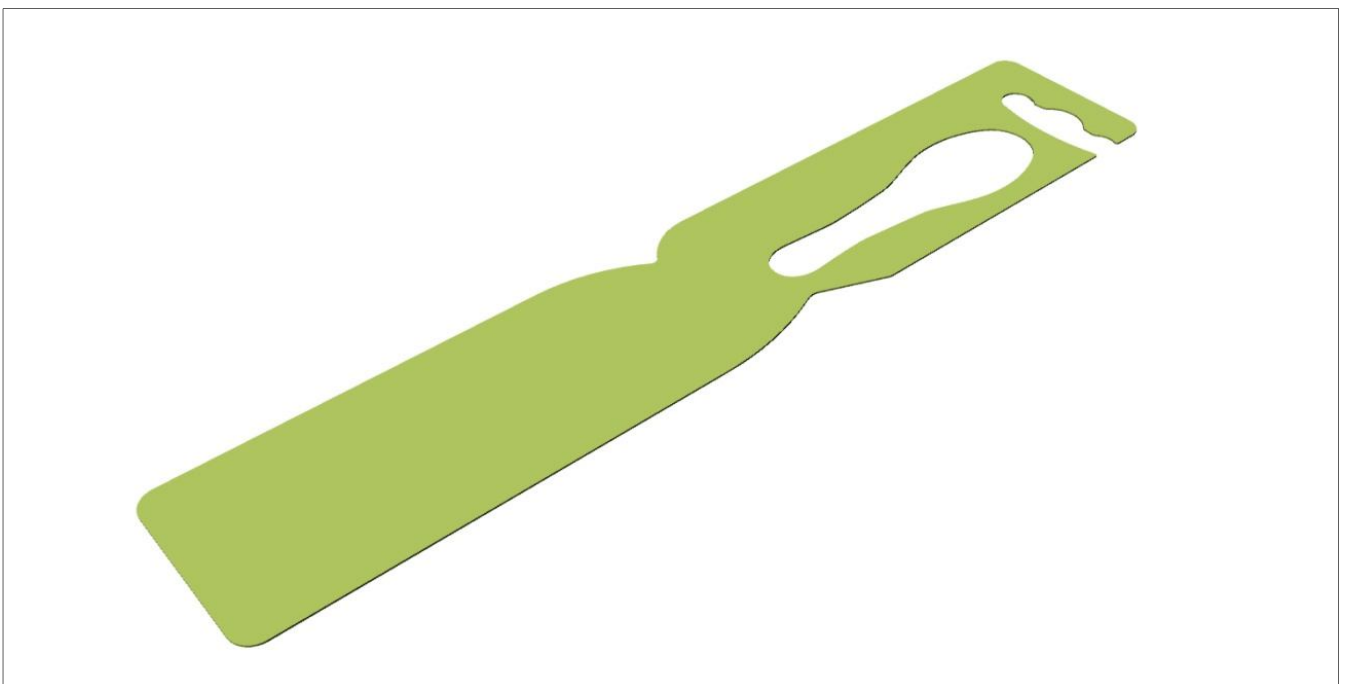


Figura 1.10 – Inserto grafico (cartoncino per eco-blister 1 o PET per eco-blister 2)



Figura 1.11 - Valva

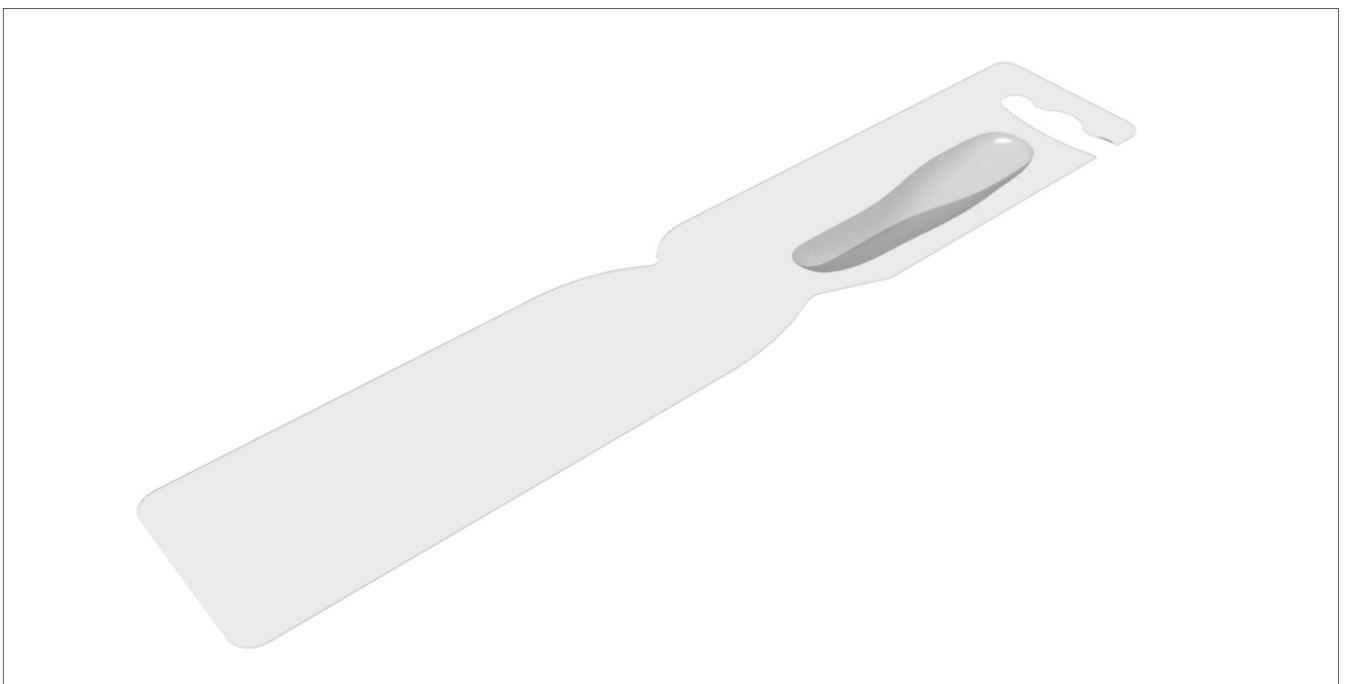


Figura 1.12 - Contro-valva

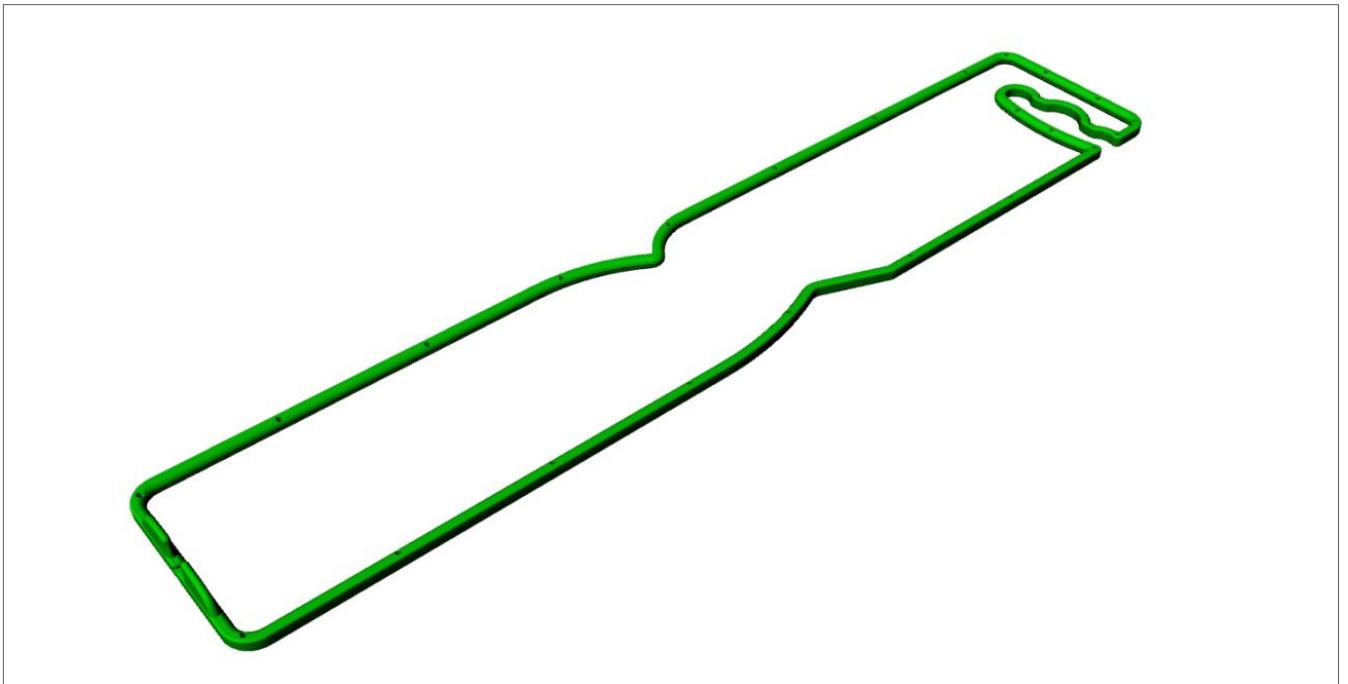


Figura 1.13 – Cordone di sigillatura (vista di insieme)

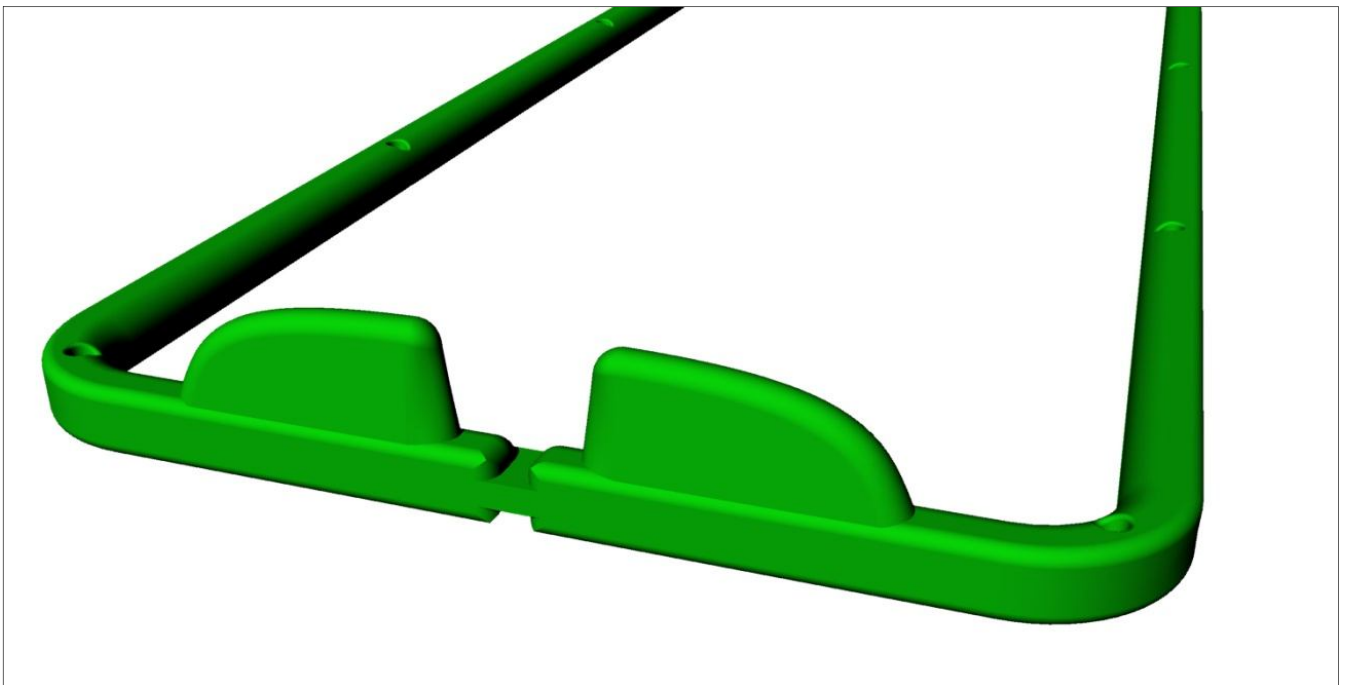


Figura 1.14 – Cordone di sigillatura (particolare)

CAPITOLO 2: METODOLOGIA “LCA”

2.1 INTRODUZIONE

L'Analisi del Ciclo di Vita (Life Cycle Assessment – LCA) è una metodologia messa a punto per valutare gli impatti ambientali dei prodotti, dei processi produttivi e anche dei servizi, compresi quelli legati alla gestione dei rifiuti.

L'evoluzione della politica ambientale con un approccio al Ciclo di Vita di un prodotto è la IPP (Politica Integrata di Prodotto) adottata dall'Unione Europea, come parte integrante della Strategia di Sviluppo Sostenibile e avente come obiettivo la riduzione degli impatti ambientali dovuti ai prodotti. Al giorno d'oggi infatti, esiste una varietà sempre maggiore di prodotti e servizi; e la IPP ha lo scopo di essere sufficientemente flessibile da poter prendere contemporaneamente in considerazione più varietà dello stesso prodotto. I prodotti sono sempre più complessi, ciò spinge la politica di prodotto a responsabilizzare i produttori e i progettisti affinché i loro prodotti soddisfino i criteri convenuti in materia di salute, sicurezza e ambiente.

Attualmente la maturità della metodologia è testimoniata dalla pubblicazione da parte dell'ISO (International Standards Organisation) della relativa normativa tecnica.

2.2. LE ORIGINI DELLA LCA

La Life Cycle Assessment (LCA), conosciuta in Italia come Analisi del Ciclo di Vita dei processi produttivi, può essere considerata come l'evoluzione della tecnica di analisi energetica, i cui primi esempi d'applicazione risalgono alla fine degli anni sessanta, quando alcune grandi industrie hanno incominciato a rivolgere un interesse particolare ai temi del risparmio delle risorse (energia e materiali) e del contenimento delle emissioni nell'ambiente.

La caratteristica fondamentale di questa metodologia è costituita dal modo innovativo di affrontare l'analisi dei sistemi industriali: dall'approccio tipico dell'ingegneria tradizionale, che privilegia lo studio separato dei singoli elementi dei processi produttivi, si passa ad una visione globale del sistema produttivo, in cui tutti i processi di trasformazione, a partire dall'estrazione delle materie prime fino allo smaltimento dei prodotti a fine vita,

sono presi in considerazione in quanto partecipano alla realizzazione della funzione per la quale essi sono progettati.

Le numerose iniziative per la messa a punto della metodologia LCA hanno incominciato a concretizzarsi nei primi anni '90 con la pubblicazione di alcuni manuali e di strumenti di calcolo per un suo impiego pratico. L'attuale impegno del comitato ISO per la standardizzazione della metodologia trova la prima attuazione nell'emanazione delle norme ISO della serie 14000 e, in particolare, delle ISO 14040, 14041, 14042 e 14043 (ulteriore affinamento delle linee guida proposte dalla SETAC) sostituite poi nel 2006 dalle nuove ISO 14040 e ISO 14044.

2.3. LA STRUTTURA DELLA LCA

La struttura moderna della LCA è suddivisibile in quattro punti:

- 1. Definizione degli Scopi e degli Obiettivi (*Goal definition and Scoping*):** è la fase preliminare in cui vengono definiti le finalità dello studio, l'unità funzionale, i confini del sistema studiato, il fabbisogno di dati, le assunzioni ed i limiti;
- 2. Analisi di inventario (*Life Cycle Inventory, LCI*):** è la prima parte del lavoro, dedicata allo studio del ciclo di vita del processo o attività. L'obiettivo è di ricostruire la via attraverso cui il fluire dell'energia e dei materiali permette il funzionamento del sistema produttivo in esame tramite tutti i processi di trasformazione e trasporto;
- 3. Valutazione degli Impatti (*Life Cycle Impact Assessment, LCIA*):** è lo studio dell'impatto ambientale provocato dal processo o attività ed ha lo scopo di evidenziare l'entità delle modificazioni generate a seguito dei consumi di risorse e dei rilasci nell'ambiente calcolati nell'inventario;
- 4. Interpretazione dei risultati (*Life Cycle Interpretation*):** è la parte conclusiva di una LCA ed ha lo scopo di proporre i cambiamenti necessari a ridurre l'impatto ambientale dei processi o attività considerati.

I quattro punti (Fig. 1) generano un processo iterativo dove, con l'acquisizione di informazioni supplementari nel corso della valutazione, le ipotesi possono essere revisionate.



Figura 2.1 – Struttura della LCA

2.3.1 FASE 1: DEFINIZIONE DELL'OBIETTIVO E DELLE FINALITÀ DELLO STUDIO

La definizione dell'obiettivo consiste nello stabilire tutti i riferimenti dello studio: cosa studiare, il motivo per cui farlo, con quale obiettivo, il destinatario dello studio. È molto importante decidere fin dall'inizio quale tipologia di studio si dovrà condurre in quanto ad essa sono associati diversi principi modellistici e diverse scelte metodologiche.

La definizione delle finalità consiste nel descrivere le ipotesi, le assunzioni e i metodi che verranno utilizzati; in particolare deve definire il sistema, i suoi confini, l'unità funzionale, i metodi per la risoluzione di casi di multi-funzionalità, i tipi di effetti ambientali considerati, la metodologia di valutazione di impatto impiegata e i requisiti sulla qualità dei dati.

La definizione dei confini del sistema studiato è fondamentale in quanto incide sui risultati dello studio. Di solito lo studio di valutazione include l'intero ciclo di vita ("dalla culla alla tomba") tuttavia può succedere che in alcuni casi vengano escluse già a priori alcune specifiche fasi.

Uno degli elementi chiave nella valutazione del ciclo di vita è la scelta dell'unità funzionale, definita come una "prestazione quantificata di un sistema di prodotto da utilizzare come riferimento in uno studio di LCA". L'unità funzionale rappresenta quindi un'unità di misura di riferimento, a cui legare i flussi in entrata ed in uscita.

Per quanto riguarda i requisiti di qualità dei dati, questi dovrebbero comprendere:

- le fonti di dati e la loro rappresentatività;
- i fattori relativi al tempo, alla geografia e alla tecnologia;
- la precisione, completezza e rappresentatività dei dati;
- la coerenza e riproducibilità dei metodi usati nella LCA;
- l'incertezza dell'informazione.

Negli studi comparativi, come nel caso in oggetto, deve essere valutata l'equivalenza dei sistemi posti a confronto. I sistemi devono essere confrontati utilizzando la medesima unità funzionale e considerazioni metodologiche equivalenti, quali i confini del sistema, la qualità dei dati, le procedure di allocazione, le modalità di decisione sui flussi in entrata ed in uscita e le procedure di valutazione degli impatti.

2.3.2 FASE 2: ANALISI DI INVENTARIO

L'analisi di inventario è la fase più impegnativa che permette di costruire un modello della realtà in grado di rappresentare nella maniera più fedele possibile tutti gli scambi tra i singoli processi appartenenti alla catena produttiva (Fig. 2.2).

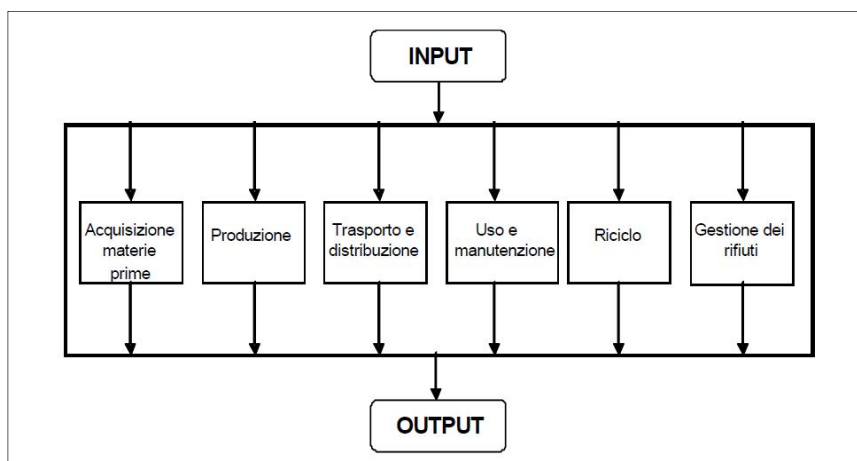


Figura 2.2 – Schemi dei principali processi

In questa fase si evidenziano i flussi di input e di output connessi alle diverse fasi del ciclo di vita di un prodotto, costruendo un diagramma di flusso.

Con riferimento alla definizione citata dalla norma ISO 14041, è in questa fase che vengono *“individuati e quantificati i flussi in ingresso e in uscita da un sistema di prodotto, lungo tutta la sua vita”*.

Tali flussi sono espressi in unità fisiche (unità di massa e di energia) e riguardano sia il prelievo e la preparazione delle materie prime, la loro trasformazione in prodotti finiti, co-prodotti, sottoprodotti con l'immissione di agenti inquinanti nell'aria, nell'acqua e nel suolo, sia il prelievo delle fonti di energia, il loro uso e i rilasci associati nei diversi comparti ambientali, nelle diverse fasi del sistema esaminato.

Al termine di questa raccolta, si genera un bilancio ambientale, con una serie di voci relative al consumo di materie prime e alle emissioni inquinanti in aria, acqua e suolo. Per tale bilancio, dovrà essere controllata la qualità dei dati, in quanto è su quest'ultima che si fonda la validità e l'attendibilità di tutto lo studio di LCA.

La validazione dei dati è sempre necessaria per verificare che i dati raccolti siano rappresentativi e validi per il sistema processo in analisi. I metodi utilizzabili possono essere: l'uso di bilanci massa/energia, il confronto con dati simili e la ricerca di un sistema per maneggiare i dati mancanti. Senza un'appropriata documentazione i dati raccolti sono solo cifre senza alcun significato, indipendentemente dalla correttezza, rappresentatività o esattezza della misura effettuata. In uno studio reale di LCA la raccolta dati ha la massima importanza per l'utilità dei risultati e richiede la maggior parte delle risorse richieste per lo studio.

I dati raccolti possono essere distinti in tre categorie: dati primari (provenienti da rilevamenti diretti), dati secondari (ricavati dalla letteratura, come banche dati e altri studi), dati terziari (provenienti da stime e da valori medi). Per quanto possibile, i dati da utilizzare nella fase di inventario devono essere raccolti direttamente sul campo. Infatti, l'utilizzo delle banche dati, pur semplificando di molto la ricerca delle informazioni, pone il problema dell'attendibilità della fonte e della correttezza dell'interpretazione.

2.3.3 FASE 3: L'ANALISI DEGLI IMPATTI

La fase di valutazione consiste nello studio dell'impatto ambientale provocato dal processo o attività esaminato in modo da evidenziare l'entità delle alterazioni generate a seguito dei consumi di risorse e dei rilasci nell'ambiente calcolati nell'inventario.

L'obiettivo di questa fase è quello di esprimere i risultati dell'inventario in modo da collegarli ragionevolmente con i vari tipi di effetti ambientali indesiderati: ciò viene fatto generalmente attraverso un'operazione di raggruppamento e classificazione in categorie di impatto in modo da poter valutare il contributo potenziale di ogni emissione. Il livello di dettaglio influenzerà la scelta degli impatti da valutare, mentre la metodologia da adottare dipenderà dagli obiettivi dello studio. Tale fase è composta da più elementi, come descritto nella norma ISO 14044, i primi dei quali obbligatori e gli ultimi opzionali:

- la selezione delle categorie di impatto, degli indicatori e dei modelli di caratterizzazione (fase obbligatoria);
- la classificazione (fase obbligatoria): è l'operazione che permette l'assegnazione dei risultati della fase di analisi di inventario agli effetti ambientali prescelti, rappresentati da determinate categorie di impatto ambientale. Un esempio di classificazione è riportato in tabella 2.1;
- la caratterizzazione (fase obbligatoria): una volta assegnate le diverse emissioni alle categorie di impatto considerate, si può calcolare l'effetto totale attraverso la sommatoria dei singoli effetti potenziali, valutati tramite un fattore di conversione, tipico di ogni sostanza, con il quale esprimere i contributi dei diversi flussi a quella specifica categoria di impatto;
- la normalizzazione (fase opzionale): ha lo scopo di creare un quadro generale all'entità dei diversi impatti di categoria, esprimendoli attraverso la stessa unità di riferimento e ottenendo quindi degli indici sintetici con cui valutare complessivamente il sistema in esame.

Esistono vari metodi di normalizzazione, tra cui:

- "*Person equivalent*": sviluppato dall'Università di Copenaghen, impiega come termine di paragone, per gli effetti globali, la media delle emissioni mondiali per persona e, per gli effetti regionali e locali, la media delle emissioni per persona nella nazione di riferimento;

- "The Swiss Critical Volume Approach": impiega come metro di valutazione un valore considerato critico, ad esempio un limite di legge. Le emissioni sono rapportate a questo valore e quindi sommate tra loro. Questo metodo ha incontrato alcune critiche per il fatto di essere basato su parametri normativi che spesso non hanno effettivo significato ambientale ed inoltre variando da Paese a Paese rende il metodo poco flessibile in applicazioni che coinvolgono nazioni diverse;

- "EPS System": sviluppato in collaborazione con Volvo, ABB e altri grandi industrie, fa riferimento all'unità di carico ambientale ed è basato sulla quantificazione in termini monetari della disponibilità a pagare per evitare l'impatto o per ripristinare le condizioni ambientali precedenti;

Emissioni	Riscaldamento globale	Tossicità umana	Formazione fotochimica di ozono	Acidificazione
Anidride carbonica fossile	×			
Ossidi di zolfo		×	×	×
Composti organici volatili non metanici			×	
Metano	×		×	
Ossidi di azoto		×	×	×
Particolato PM ₁₀		×		
Propano			×	
Butano			×	
Formaldeide			×	
Benzene		×	×	
Toluene			×	
Idrocarburi policiclici aromatici		×		
Metalli (es. As, Pb, Cr, Cu, Zn, Ni, V)		×		
Mercurio		×		
Diossine/furani		×		
Etilene			×	
Acido fluoridrico		×		
Ammoniaca		×		×
Acido cloridrico		×		
Protossido d'azoto	×			
Monossido di carbonio			×	

Tabella 2.1 - Esempio di classificazione

- il raggruppamento (fase opzionale): consiste nel raggruppare le categorie di impatto in gruppi "omogenei" mediante:
 - l'ordinare ("*sorting*") le categorie di impatto su una base nominale (es. le scale spaziali globale, regionale e locale; le aree di protezione salute umana, ambiente naturale, risorse);

– il classificare (“*ranking*”) le categorie di impatto in una gerarchia data (es. priorità alta, media e bassa) seguendo criteri quali il grado di reversibilità degli impatti, il grado di certezza degli impatti, priorità politiche in relazione al tipo di impatto. La classificazione si basa sulle scelte dei valori: individui diversi possono avere preferenze diverse da cui deriveranno classificazioni diverse;

• la pesatura (fase opzionale): consiste nell’assegnare dei pesi alle categorie di impatto prima di effettuare il confronto tra i diversi effetti ambientali. Il fine è ottenere un unico indice che rappresenti l’impatto globale correlato all’attività in esame. Esistono vari metodi, i principali tipi di approccio per l’assegnazione dei pesi alle varie categorie di impatto sono i seguenti (Baldo et al., 2008):

– **Distanza dall’obiettivo:** è basato sulla differenza tra il carico ambientale corrente ed un livello limite. Più grande è l’eccesso di carico, più grande è il fattore di peso. Il livello limite è solitamente definito utilizzando gli standard o gli obiettivi legislativi nazionali e internazionali riguardanti la qualità ambientale. Alcuni problemi di questo approccio metodologico riguardano il fatto che gli standard sono formulati non solo su basi scientifiche, ma sono regolati anche da limitazioni tecniche, fattibilità di controllo e da altri fattori politici. Inoltre, gli obiettivi e quindi i risultati dell’analisi, possono essere diversi da Stato a Stato.

– **Valutazione di esperti:** i coefficienti di pesatura sono calcolati da un gruppo di esperti, giudicati in grado di valutare l’importanza delle categorie di impatto. Queste valutazioni possono essere condotte secondo diversi metodi attinenti alle scienze sociali, così come il gruppo di persone può essere scelto secondo diversi criteri (gruppo di esperti, gruppo di consumatori, gruppo governativo), in modo da riflettere le opinioni scientifiche e sociali rilevanti.

– **Monetizzazione:** l’importanza della categoria di impatto viene stimata prendendo in considerazione le spese necessarie a rimuovere gli effetti dell’impatto (ad esempio i costi delle cure per le malattie dovute all’inquinamento atmosferico), oppure considerando la volontà di pagamento manifestata al fine di evitare gli impatti (ad esempio i costi sostenuti per gli impianti di trattamento delle acque). Nel primo caso si parla di *Environmental*

Control Costs mentre il secondo è definito *Environmental Damage Costs* (tra questi spicca il metodo svedese EPS).

– **Approccio tecnologico:** queste metodologie si basano sulla tecnologia conosciuta e usata per l'abbattimento delle emissioni nell'ambiente, cioè si basano sul concetto che la possibilità di ridurre i carichi ambientali con l'utilizzo di differenti tecnologie può essere usata per stabilire un valore al carico ambientale specifico.

Sono stati quindi proposti diversi metodi di normalizzazione e pesatura, ognuno dei quali fa riferimento a particolari parametri che rendono possibile l'aggregazione dei risultati delle diverse categorie di impatto. Il fatto però che i parametri di normalizzazione siano legati a considerazioni talora artificiose e in molti casi soggettive, rende molto discutibile tale operazione, che porta a ridurre l'intero profilo ambientale ad un unico parametro di riferimento.

2.3.3.1 Categorie di impatto

Nella fase di valutazione degli impatti, i risultati dell'inventario, vengono espressi come contributi a rilevanti categorie di impatto ambientale.

Le norme ISO forniscono alcune indicazioni utili per guidare la selezione delle categorie di impatto da considerare:

- innanzitutto la scelta delle categorie di impatto deriva direttamente dagli obiettivi dello studio e dalle ipotesi fatte nel corso della fase di inventario;
- è preferibile che le categorie di impatto e i relativi indicatori e modelli siano internazionalmente accettati;
- le ipotesi e le assunzioni fatte durante la selezione delle categorie di impatto, degli indicatori e dei metodi di caratterizzazione devono essere trasparenti;
- i modelli di caratterizzazione devono essere scientificamente e tecnicamente validi, basati su un preciso meccanismo ambientale oppure riproducibili con osservazioni empiriche;
- le categorie di impatto devono essere ambientalmente rilevanti. Le categorie di impatto possono essere divise in due grandi gruppi: le categorie di input e le categorie di output. Le categorie di input si riferiscono a degli impatti connessi con i materiali e le risorse che vengono consumati dal sistema oggetto di studio. Tra queste si trovano l'estrazione di risorse abiotiche (depositi quali combustibili fossili e minerali, risorse quali acque

sotterranee, sabbia e ghiaia, risorse rinnovabili quali energia solare, vento e acque superficiali); l'estrazione di risorse biotiche (legname, biomassa in genere); l'uso del territorio (crescita dello sfruttamento del terreno, perdita di biodiversità, impegno di spazio fisico). Le categorie di output si riferiscono invece a quegli impatti causati dai rilasci nell'ambiente di varie sostanze e comprendono ad esempio: l'effetto serra, l'assottigliamento dello fascia di ozono, la tossicità umana, l'ecotossicità (terrestre e acquatica), la formazione di smog fotochimico, l'acidificazione, l'arricchimento in nutrienti (detto eutrofizzazione per il comparto acqua).

Una volta scelta una certa categoria di impatto, si deve anche scegliere l'indicatore con cui rappresentarla. Ad esempio, per la categoria effetto serra esistono diversi indicatori: l'aumento dell'assorbimento della radiazione infrarossa, l'aumento degli effetti sulla salute umana, l'aumento dei danni in agricoltura, l'aumento dei danni per la salute umana e sugli ecosistemi (come le alluvioni e l'estinzione di certe specie). A seconda del metodo scelto per la valutazione degli impatti si utilizzeranno, come spiegato di seguito, certe categorie piuttosto che altre e per tali categorie certi indicatori piuttosto che altri.

2.3.3.2 Metodi per la valutazione degli impatti

Per rendere i risultati confrontabili e facilitare il lavoro, i software di supporto all'esecuzione della LCA comprendono già un elenco di categorie di impatto con i relativi indicatori e metodi di caratterizzazione. Il modello di caratterizzazione descrive le dimensioni dell'effetto ambientale di una determinata sostanza confrontata con altre sostanze all'interno della medesima categoria d'impatto. Gli indicatori di categoria sono misure quantificate rappresentative per una determinata categoria d'impatto. I fattori di caratterizzazione trasformano i risultati dell'LCI nell'indicatore di categoria. La gravità dell'impatto varia per medesime quantità di due sostanze. È opportuno comunque che ognuno scelga il metodo più adatto al proprio studio in base alle seguenti considerazioni:

- a seconda degli obiettivi dello studio di LCA sarà ad esempio importante scegliere un metodo di caratterizzazione che fornisce un unico valore finale di impatto piuttosto che un metodo che fornisce i risultati per le varie categorie di impatto senza effettuare alcuna aggregazione, oppure sarà più importante utilizzare un metodo che pone molta attenzione

all'indicatore di tossicità oppure ancora che considera gli impatti legati all'uso del territorio e all'agricoltura;

- importante inoltre è tenere presente chi leggerà i risultati: studiosi, gestori di impianti o i cittadini. In quest'ultimo caso non è opportuno utilizzare quei metodi che forniscono un unico valore finale ossia che prevedono la fase di pesatura, in quanto ciascun cittadino potrebbe attribuire pesi diversi alle varie categorie di impatto e non essere quindi d'accordo con i pesi utilizzati nello studio;
- infine, alcuni Paesi, quali la Svizzera, hanno i loro propri metodi che quindi converrà utilizzare qualora i risultati verranno mostrati proprio in quel Paese. L'approccio migliore resta comunque quello di utilizzare più metodi e confrontare poi i risultati così ottenuti.

Metodo	Raggruppamento	Normalizzazione	Pesatura
CML 2001	-	X	-
Eco-indicator 99	X	X	X
EDIP 2003	-	X	X
EPS 2000	X	-	X
Impact 2002+	X	X	-
ReCiPe	X	X	X
Cumulative Energy Demand	-	-	X
IPCC 2007 GWP	-	-	-

Tabella 2.2 – Metodi di caratterizzazione

Di seguito si riporta una breve descrizione dei principali metodi che vengono utilizzati negli studi di LCA per svolgere la fase di valutazione degli impatti.

- "Eco-indicator 99": è l'aggiornamento del metodo Eco-indicator 95, sviluppato nei Paesi Bassi nell'ambito di un programma di ricerca promosso dalla PRé Consultants del quale hanno fatto parte famose multinazionali (Philips, Volvo) ed istituzioni pubbliche. Eco-indicator 99 include procedure di normalizzazione e di pesatura, permettendo di giungere al calcolo di un unico valore quantificabile dell'impatto totale sull'ambiente. In particolare, prima della fase di normalizzazione, vengono valutati i contributi delle diverse categorie di impatto a tre grandi categorie di danno: la salute umana, la qualità degli ecosistemi ed il consumo di risorse (Fig. 2.3). I fattori di caratterizzazione delle categorie di impatto ambientale sono stati specificatamente pensati in funzione della successiva fase di normalizzazione e pesatura.
- "CML 2001": è l'aggiornamento del metodo CML 1992, sviluppato dalla Leiden University di Amsterdam nel 1992. In particolare sono stati rivisti i metodi di caratterizzazione,

cercando di dare una base scientifica comune al calcolo dei diversi potenziali di impatto. Le categorie di impatto proposte sono: il consumo di risorse abiotiche, i cambiamenti climatici (effetto serra), l'assottigliamento dello strato di ozono stratosferico, la tossicità umana, l'ecotossicità, la formazione fotochimica di ozono, l'acidificazione e l'eutrofizzazione.

- "ReCiPe": è stato sviluppato a partire dall'Eco-indicator 99 e dal CML 2001. Prevede sia un approccio midpoint con 16 categorie di impatto che un approccio endpoint con 3 categorie di danno.
- "EDIP 2003": è un metodo danese sviluppato nel 1996 a partire dal CML 1992 e che è stato aggiornato nel 2003. La fase di normalizzazione che caratterizza tale metodo consiste nell'esecuzione di un confronto tra gli impatti potenziali calcolati ed un valore di riferimento rispetto al quale sono note le conseguenze ambientali.
- "EPS 2000": è nato dalla collaborazione tra l'Istituto di ricerche ambientali svedese e alcune grandi industrie (Volvo, ABB). Il metodo è classificabile tra quelli che prevedono un approccio economico: nella fase di pesatura fa, infatti, riferimento a quanto sarebbe necessario spendere per mantenere inalterata la situazione ambientale o ripristinare quella esistente prima degli effetti ambientali generati dal processo produttivo. Le categorie di impatto analizzate fanno riferimento a cinque grandi aree di salvaguardia: salute umana, ecosistemi naturali, disponibilità di risorse abiotiche, biodiversità e difesa dei valori culturali e del tempo libero.
- "Ecopoints 97": è un aggiornamento del metodo Ecopoint sviluppato in Svizzera nel 1990. In questo metodo la determinazione dei pesi delle categorie di impatto è basata sulla differenza tra il carico ambientale corrente ed un livello limite, derivato dai limiti imposti dalla legge nazionale svizzera. Ecopoints 97 è molto popolare in Svizzera, forse grazie alla sua semplicità. Da questo metodo è derivato il nuovo metodo "Ecological scarcity 2006".
- "IPCC 2007 GWP": è un metodo che contabilizza gli effetti del sistema studiato solamente sui cambiamenti climatici (effetto serra). Utilizza i fattori di caratterizzazione per l'effetto serra calcolati per diversi orizzonti temporali: 20, 100 e 500 anni.
- "Cumulative Energy Demand": tale metodo è focalizzato sul solo consumo di risorse energetiche. Vengono forniti, infatti, fattori di caratterizzazione per le risorse energetiche

divise in 5 categorie di impatto: 1. risorse non rinnovabili, fossili; 2. risorse non rinnovabili, nucleari; 3. Risorse rinnovabili, biomassa; 4. risorse rinnovabili, vento, sole, geotermia; 5. risorse rinnovabili, acqua.

- "TRACI 2": è stato sviluppato da US EPA. È molto centrato sui rilasci tossici e considera anche dei fattori di caratterizzazione per le emissioni indoor. Prevede inoltre differenti set di fattori di caratterizzazione per le diverse regioni degli USA.

- "IMPACT 2002+": è stato sviluppato in Svizzera. Ogni categoria di impatto è espressa sia con un indicatore midpoint che con un indicatore endpoint.

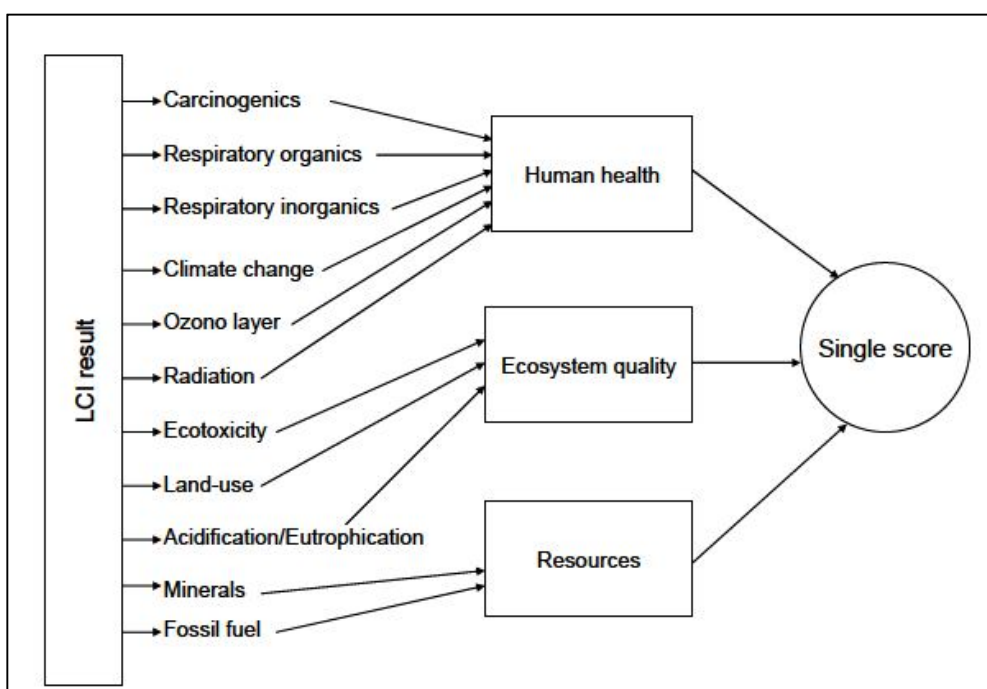


Figura 2.3 – Fasi della valutazione con il metodo Eco-Indicator 99

2.3.4 FASE 4: INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Nella parte conclusiva della valutazione del ciclo di vita vengono analizzati i risultati ottenuti nelle fasi precedenti ed identificate le parti del sistema in cui possono essere apportati dei cambiamenti al fine di ridurre l'impatto ambientale dei processi considerati. In questa fase vengono quindi interpretati i risultati dello studio al fine di individuare quale tra le diverse alternative applicabili al sistema produttivo in esame assicura la massima efficienza dal punto di vista ambientale ed energetico. Disaggregando i dati relativi alle emissioni in base alla fase del processo in cui tali emissioni vengono generate, è inoltre

possibile individuare le fasi più critiche del ciclo di vita di un prodotto. Questa operazione è estremamente utile per stabilire quali siano le azioni correttive da apportare per migliorare le prestazioni ambientali del sistema produttivo, oppure se sia opportuno riprogettarne un'intera fase.

Applicazione dei risultati

I risultati dell'interpretazione del ciclo di vita possono essere utilizzati in applicazioni quali sviluppo di prodotti e di processi, marketing, pianificazione strategica e impostazione della politica integrata di prodotto.

Il Marketing è la via tradizionale che si adotta per comunicare le proprietà e le prestazioni di un prodotto che sono rispondenti alle attese e richieste del cliente. Ultimamente, si pone sempre maggior attenzione anche alle prestazioni ambientali di un prodotto o di un servizio. Il marketing è utilizzato da aziende per tentare di aumentare la loro quota di mercato, per cui lo sviluppo di criteri e linee guida per il marketing ambientale ha un'alta priorità.

Un esempio di marketing ambientale è l'*Etichetta ambientale*.

Un'etichetta ambientale ("ecolabel") può essere vista come "simbolo di approvazione" per identificare prodotti ambientalmente preferibili e può quindi risultare molto interessante per finalità di marketing.

2.4 - LCA E GESTIONE INTEGRATA DEI RIFIUTI URBANI

L'LCA è stata sviluppata anche per essere applicata alle attività connesse con la gestione dei rifiuti e come strumento di supporto nella pianificazione strategica di sistemi di gestione integrata dei rifiuti. Pur costituendo tipicamente una fase di qualsiasi LCA di prodotto, la gestione dei rifiuti può essere considerata come un sistema autonomo, i cui input sono costituiti, in primo luogo, dagli scarti delle attività umane e produttive e i cui output sono le emissioni finali nell'ambiente (solide, liquide e gassose) e i nuovi prodotti utili (materiali riciclati, energia, compost).

L'LCA applicata ad un sistema integrato di gestione dei rifiuti prevede che l'unità funzionale sia riferita all'input del sistema studiato (ad es. 1 tonnellata di rifiuti prodotti in una certa area geografica).

2.4.1 I CONFINI DEL SISTEMA

I confini dell'ambito territoriale considerato per la gestione dei rifiuti devono comprendere tutte le operazioni che avvengono all'interno del sistema: raccolta, trasporto, trattamento, smaltimento finale. Tale sistema è definito *foreground system* (Fig. 2.4) o sistema principale e le emissioni derivanti da queste attività sono denominate "impatti (o carichi) diretti". Essi includono, ad esempio, le emissioni atmosferiche da veicoli e da processi termici di termoutilizzazione o compostaggio, il biogas e la produzione di percolato dalle discariche. I carichi diretti includono anche il rumore, i disturbi di tipo visivo e quelli olfattivi ma queste forme di inquinamento ambientale generalmente sono trascurate in una LCA, in parte perché il loro impatto da "disturbo" è socialmente stabilizzato e pertanto non trattabile con l'approccio adoperato per altri carichi. Esse non costituiscono un flusso di materiali o di energia attraverso i confini del sistema e, nel caso di valutazioni comparative, vengono omesse dall'analisi.

Oltre che del sistema principale bisogna però tenere conto anche delle attività economiche che con questo scambiano materiali ed energia. Questi processi, che vengono definiti di *background* (Figura 2.4) o al contorno, non rientrano strettamente nei confini del sistema ma non possono venir trascurati. Attività al contorno fondamentali sono l'approvvigionamento di energia elettrica e di combustibili: queste determinano delle emissioni e dell'uso di risorse che vengono definiti "impatti (o carichi) indiretti". Rientrano nel *background system* anche i processi di tipo sostitutivo, ovvero processi che sostituiscono altri processi, esterni al ciclo dei rifiuti ma che, a pieno titolo, devono rientrare all'interno dei confini del sistema (è prassi infatti negli studi di LCA relativi alla gestione dei rifiuti risolvere i casi di multi-funzionalità utilizzando la tecnica dell'espansione dei confini del sistema). Tra questi si collocano:

- il recupero di energia (da impianti di incenerimento, da combustione di biogas in discarica, da digestione anaerobica), che consente di evitare i carichi e i costi ambientali associati con la produzione di pari quantità di energia;

- il recupero di materia (processi di riciclaggio e di compostaggio), che consente di evitare i carichi e i costi ambientali associati con il processo di produzione a base di materie prime vergini che viene sostituito.

I carichi ambientali associati alle attività del sistema al contorno sostituite dal recupero di materiali ed energia dai rifiuti sono definiti "impatti (o carichi) evitati".

Il vantaggio della separazione tra *foreground system* e *background system* consiste nel poter in questo modo identificare quali attività richiedono la raccolta e l'interpretazione di dati specifici, spesso locali, per la stima dei carichi e quali attività possono essere invece trattate usando dati generali, nazionali o addirittura internazionali.

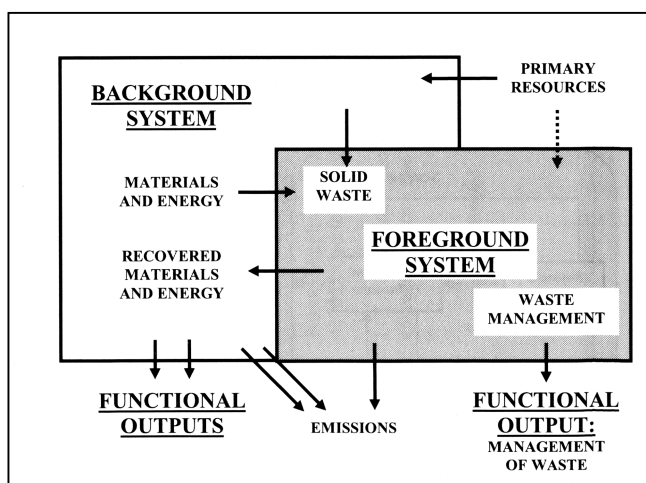


Figura 2.4 – I confini del sistema integrato di gestione dei rifiuti e i sistemi al contorno

L'analisi d'inventario del ciclo di vita per la gestione dei rifiuti può allora essere così schematizzata:

- carichi diretti: generati durante la gestione interna dei rifiuti;
- carichi indiretti: generati durante i collegamenti per l'approvvigionamento di materiali ed energia necessari al sistema interno;
- carichi evitati: abbinati alle attività sostituite dal recupero di materiali ed energia dai rifiuti.

Il totale degli impatti relativi all'intero sistema sopra descritto è dato dalla somma algebrica di:

- impatti diretti, a cui viene assegnato un segno positivo;
- impatti indiretti: a cui viene assegnato un segno positivo;

- impatti evitati: a cui viene assegnato un segno negativo.

Il totale può quindi avere segno positivo o negativo: un segno positivo sta ad indicare che il sistema oggetto di studio determina degli impatti aggiunti e quindi implica uno svantaggio per l'ambiente, mentre un segno negativo sta ad indicare che il sistema oggetto di studio comporta dei benefici ambientali.

2.4.2 UTILITÀ DELLA LCA APPLICATA A SISTEMI DI GESTIONE INTEGRATA

L'applicazione della metodologia LCA a sistemi di gestione dei rifiuti costituisce un utile strumento di supporto decisionale in fase di redazione e aggiornamento dei piani territoriali di gestione dei rifiuti e costituisce un valido strumento in fase di programmazione, valutazione e riduzione degli impatti ambientali.

L'applicabilità è tuttavia fortemente legata alla disponibilità di dati ed informazioni sui processi interessati e presuppone che gli organi competenti (pubblici e privati) predispongano un sistema informativo costantemente aggiornato per la raccolta e l'organizzazione di questi dati. In mancanza di questo, studi di LCA applicati a sistemi di gestione dei rifiuti effettuati sulla base di dati non corrispondenti alla realtà potrebbero portare a risultati non verosimili e quindi a conclusioni errate.

2.4.3 MODELLIZZAZIONE DI ALCUNE SOTTO-UNITÀ

Un sistema integrato di gestione dei rifiuti urbani può comprendere diversi trattamenti che possono essere considerati delle sotto-unità dell'intero sistema. Tra queste si trovano il compostaggio e la digestione anaerobica della frazione organica, il riciclo dei materiali da imballaggio separati con la raccolta differenziata, il pretrattamento del residuo indifferenziato finalizzato ad esempio alla produzione di CDR, la termovalorizzazione del residuo indifferenziato o del CDR, la co-combustione di CDR in impianti industriali, lo smaltimento in discarica.

Vengono qui di seguito analizzate alcune di queste sotto-unità con la finalità di indicare quali dati e quali approcci metodologici devono essere utilizzati nella loro valutazione in un'ottica di ciclo di vita.

2.4.3.1 Pretrattamenti

I dati più importanti per modellizzare i pretrattamenti dei rifiuti sono il consumo elettrico, le emissioni causate dai pretrattamenti stessi e la produzione di flussi aggiuntivi di materiali. Di questi ultimi è necessario conoscerne la quantità e le caratteristiche principali, quali ad esempio se sono costituiti da materiale inerte o da materiale ancora capace di produrre emissioni gassose o rilasci liquidi. Ogni tipo di materiale prodotto dal pretrattamento ha poi una sua specifica destinazione (per esempio una discarica, un impianto di recupero o un impianto di stabilizzazione): a seconda dello studio si decide fino a che punto seguire questi flussi aggiuntivi.

Dati di minore importanza sono quelli relativi ai materiali necessari alla costruzione dell'impianto di pretrattamento e, in particolare quindi, quali tipologie sono state utilizzate e in quale quantità: in uno studio di LCA si potranno considerare perciò anche le emissioni legate alle operazioni di produzione di questi materiali da costruzione.

2.4.3.2 Termovalorizzazione

In ambito di LCA, il processo di termovalorizzazione non deve essere considerato unicamente come la conclusione del ciclo di vita analizzato, quanto piuttosto un processo di trattamento dei rifiuti che permette anche la produzione di energia. In sostanza, mentre il riciclo e/o riuso permettono di seguire la strada del recupero di materiale, la termovalorizzazione permette di seguire la strada del recupero energetico.

I benefici dell'operazione, che sono fondamentalmente identificabili nel risparmio di risorse energetiche fossili, devono essere paragonati con gli svantaggi, che risiedono principalmente nell'emissione in aria di sostanze inquinanti e nella produzione di residui solidi. Volendo, in particolare, analizzare il bilancio energetico che regola il sistema, bisogna considerare l'energia feedstock introdotta tramite i rifiuti (potere calorifico), l'energia spesa per il funzionamento dell'impianto e il recupero di energia attivo nell'impianto. Inoltre, bisogna verificare se il recupero energetico che si attua è relativo alla sola produzione di energia elettrica oppure alla cogenerazione di energia elettrica e termica. Altre emissioni da considerare sono quelle associate alla produzione dei reagenti eventualmente utilizzati in camera di combustione (ad esempio ammoniaca o urea) e lungo la linea di trattamento dei fumi (quali calce, carbone attivo e soda) e quelle

associate alla produzione degli additivi utilizzati per l'inertizzazione delle ceneri (cemento, bentonite e silicato di sodio).

Anche in questo caso, come nei pretrattamenti, dati di minore importanza sono quelli relativi ai materiali utilizzati nella costruzione dell'impianto.

2.4.3.3 Riciclo

Il riciclo (o riciclaggio) rappresenta un'operazione molto importante nella gestione dei rifiuti: è infatti generalmente riconosciuta la sua funzione di portare al risparmio di energia e di materie prime nonché alla diminuzione dell'inquinamento diretto ed indiretto. La valutazione preventiva delle possibilità di riciclaggio già nella fase di progettazione di un prodotto è ormai ritenuta indispensabile per un corretto inserimento nel mercato del bene medesimo; ovviamente, oltre agli aspetti energetico-ambientali, già in questa fase devono essere tenuti in considerazione anche quelli economici.

Si possono presentare tre diverse situazioni (EC, JRC, IES, 2010):

- riciclo chiuso (*close-loop recycling*);
- riciclo aperto–stessa via di produzione primaria (*open loop recycling–same primary route*);
- riciclo aperto–diversa via di produzione primaria (*open loop recycling–different primary route*).

Un sistema di riciclo si definisce chiuso (o interno) quando il prodotto da avviare al riciclo (solitamente scarti di produzione) rientra in circolo nel medesimo processo che lo ha generato, sostituendo i materiali vergini in ingresso secondo modalità caratteristiche del processo stesso: il prodotto avviato al riciclo rientra quindi nella stessa linea produttiva e costituirà un nuovo uguale prodotto (Figura 2.5).

Un sistema di riciclo aperto è invece caratterizzato dal fatto che il materiale scartato dalle linee di produzione, o quello giunto alla fine della propria vita utile, rientra in circolo in un processo diverso da quello originario. Si possono però presentare due situazioni:

- il prodotto viene riciclato in una linea produttiva che si basa sullo stesso materiale ma che produce un altro prodotto (Figura 2.6), ad es. una lattina di alluminio che viene riciclata in una linea che produce lamiere, ma il cui materiale di partenza è sempre l'alluminio: in questo caso l'alluminio della lattina permette di sostituire una

quota dell'alluminio prodotto da materie prime vergini ed utilizzato nella produzione della lamiera;

- il prodotto viene riciclato in una linea produttiva che si basa tradizionalmente su di un materiale diverso (quindi è diverso non solo il prodotto ma anche il materiale costituente) (Figura 2.7), ad esempio dei contenitori in plastica che vengono riciclati nella produzione di barre profilate da utilizzarsi nella produzione di panchine tradizionalmente realizzate in legno: in questo caso la plastica riciclata viene utilizzata in luogo del legno.

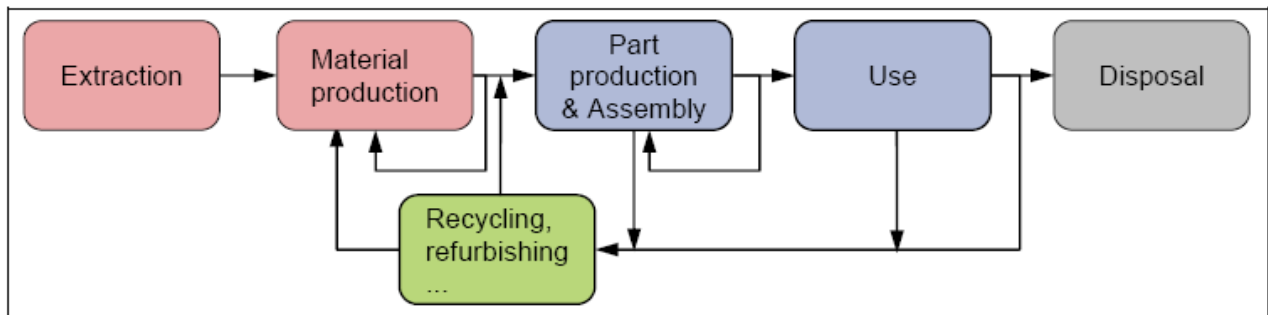


Figura 2.5 – Diagramma di flusso schematico di un sistema con riciclo chiuso

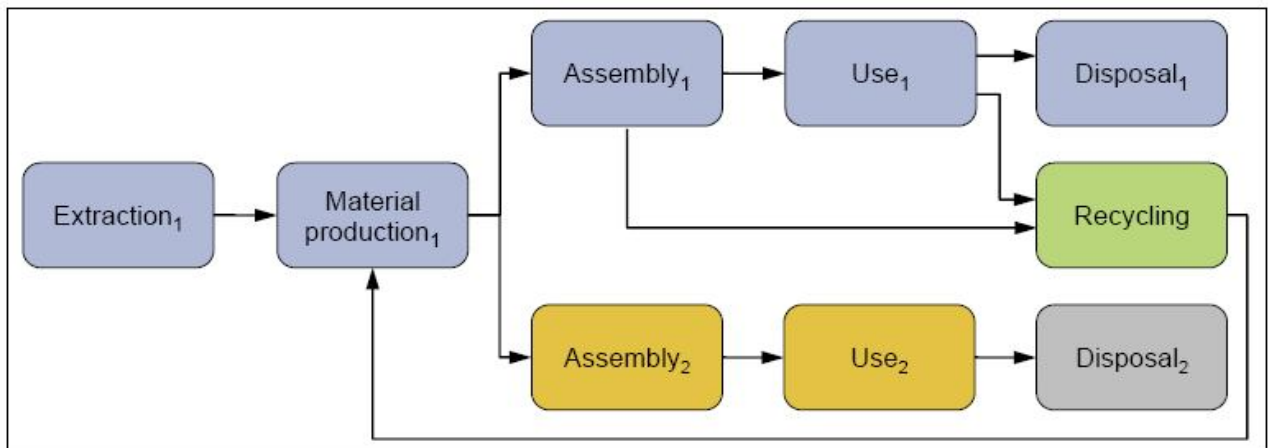


Figura 2.6 – Diagramma schematico di un riciclo aperto con uguale materiale di partenza

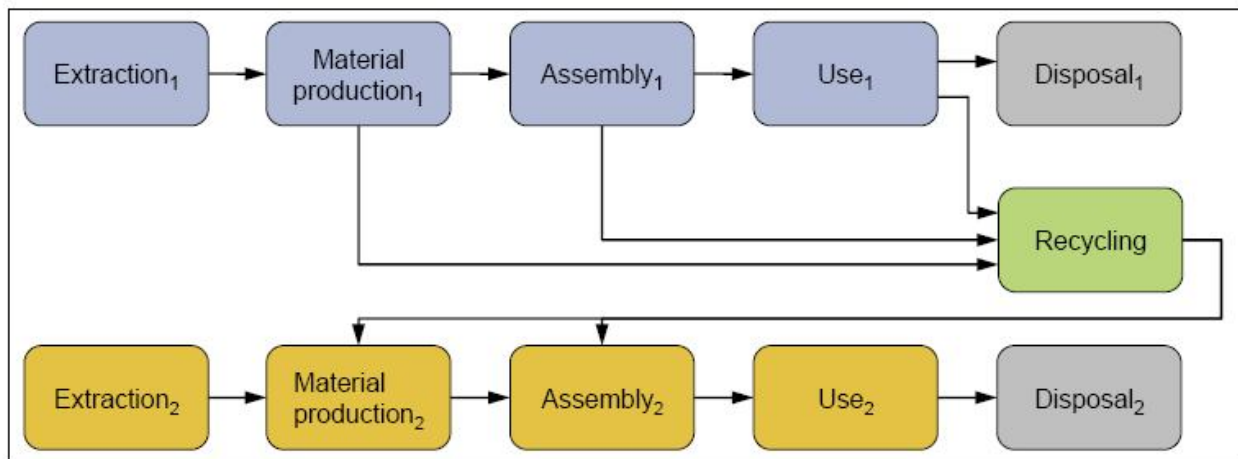


Figura 2.7 – Diagramma schematico di un riciclo aperto con diverso materiale di partenza

Nell'analisi LCA bisogna quindi considerare che il trattamento, la movimentazione ed il trasporto che tali scarti o prodotti a fine vita subiscono per rientrare in circolo comportano in generale un aumento dei consumi energetici e delle emissioni, ma lo stesso rientro in circolo permette anche una diminuzione del consumo globale di energia e dell'impatto ambientale dovuto sia alla soppressione di una parte dei materiali vergini in ingresso, sia alla evitata messa a discarica degli scarti medesimi. Se dunque l'operazione di riciclo si propone di ottenere un risparmio energetico, ciò praticamente significa che l'energia richiesta per raccogliere e riprocessare i rifiuti deve essere inferiore alla somma dell'energia richiesta dall'estrazione delle materie prime e di quella necessaria per la messa a discarica dei rifiuti stessi. Il ragionamento ora fatto dovrà essere esteso a tutte le variabili di tipo ambientale per affrontare l'argomento in termini di LCA.

Nella determinazione del quantitativo di materiale primario che può essere sostituito dal materiale secondario (ossia da quello prodotto con il riciclo) bisogna tenere conto dell'eventuale scadimento qualitativo che l'attività di riciclo può determinare. Tale fenomeno, detto "down-cycling", può comportare che:

- il prodotto secondario possa essere usato solo in alcune applicazioni,
- ci possa essere un limite sul massimo numero di cicli di riciclo,
- possa servire più materiale per avere la stessa funzionalità del prodotto da materie prime vergini,

- il materiale secondario debba venire mescolato al materiale primario per soddisfare le specifiche tecniche minime.

Per tenere conto di tale fenomeno nella modellizzazione si utilizza un fattore correttivo che determina una riduzione del materiale primario "sostituito" dal materiale secondario. Ad esempio, avendo ottenuto dal riciclo di carta post-consumo 1000 kg di pasta secondaria, si dirà che questi 1000 kg possono essere utilizzati in luogo di un quantitativo inferiore a 1000 kg di pasta da legno. La determinazione di tale fattore correttivo può essere effettuata sulla base di considerazioni tecniche (ad es. si può considerare il diverso spessore che due pannelli, uno di legno vergine e uno di legno post-consumo, devono avere per sopportare lo stesso carico) oppure economiche (si considera il rapporto tra il prezzo di mercato del materiale secondario e quello del materiale primario).

Effetto della frazione recuperata sul riciclo chiuso

Sembrerebbe corretto pensare che aumentando la frazione recuperata aumenti proporzionalmente anche il risparmio energetico derivante dal riciclo, ovvero che esista una relazione lineare tra i due termini. Ciò vorrebbe dire, in altre parole, che se si ottiene un determinato risultato riciclando il 10% di materiale, riciclandone il 100% tale risultato verrebbe amplificato di 10 volte. Questo non può però accadere. Si deve, infatti, considerare che le operazioni di riciclo di un materiale possono essere scomposte in tre fasi:

1. il trasporto per la raccolta del materiale;
2. il trattamento del materiale raccolto;
3. il trasporto di questo materiale all'utilizzatore finale.

Il costo in termini energetici, ambientali ed economici del primo trasporto dipende in maniera rilevante dal valore quantitativo della raccolta. Infatti la raccolta differenziata viene di solito concentrata inizialmente in zone ad alta densità di popolazione; successivamente, man mano che si vuole aumentare la quantità di materiale da avviare al trattamento, la raccolta deve interessare zone sempre meno popolate, con il conseguente aumento dei costi sia dei trasporti sia delle strutture ricettive. Ciò significa che, anche se il risparmio energetico derivante dal minore utilizzo di materie prime vergini in ingresso al processo aumenta per effetto del riciclo, pure il consumo energetico specifico, ovvero per

unità di rifiuto raccolto, continua ad aumentare al crescere della quantità raccolta. Di conseguenza, la relazione che lega il risparmio energetico del sistema con la frazione recuperata non è di tipo lineare.

Pur tenendo conto del fatto che la relazione tra il consumo energetico E e la frazione recuperata F è fortemente dipendente dal sistema e dal materiale oggetto dello studio, è tuttavia possibile tracciare un suo andamento qualitativo, così come è riportato nella Figura 2.8, dove la frazione F_1 rappresenta lo scenario di minimo energetico, mentre F_2 il valore corrispondente al massimo risparmio di materie prime ottenibile senza un aumento dei consumi energetici.

L'obiettivo della raccolta differenziata si sposta dunque dal possibile recupero del 100% del rifiuto ad una percentuale che consenta di non spendere più energia di quella risparmiata.

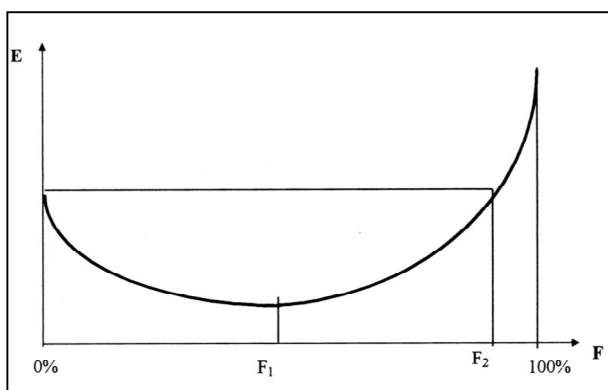


Figura 2.8 -Andamento ipotetico e qualitativo della curva che mette in relazione il consumo energetico E del sistema con la frazione F recuperata per il riciclo

2.4.3.4 Discarica

In un'analisi di tipo LCA la discarica deve essere considerata per quanto riguarda i consumi di materiali e di energia nonché le emissioni generate in fase di costruzione e funzionamento.

Per quanto riguarda la sua costruzione, non è difficile schematizzare le fasi di scavo, messa in sicurezza, impermeabilizzazione e realizzazione delle strutture di monitoraggio e raccolta del percolato e del biogas, in quanto si tratta di analizzare tradizionali attività di ingegneria geotecnica e civile. Riguardo alla fase di valutazione dei carichi ambientali relativi al funzionamento di una discarica si pone, invece, in particolare, il problema legato

ai processi biologici che si instaurano quando la massa di rifiuti contiene anche materiale biodegradabile. In tal caso, infatti, i processi di degradazione anaerobica che si innescano, con conseguente produzione di biogas, si attivano soltanto dopo qualche tempo che il materiale è stato depositato ed interrato e la fine delle attività si ha soltanto dopo parecchie decine di anni dalla chiusura dell'impianto. Tale problema risulta alquanto complesso da studiare in un'ottica di LCA in quanto bisognerebbe tenere conto anche di questa dilatazione nel tempo delle emissioni.

Per quanto riguarda il bilancio energetico, le attività da considerare sono la realizzazione degli impianti, le attività di gestione e il recupero energetico del biogas.

Variabili di impatto rilevanti sono anche l'uso di spazio, la modifica morfologica di una zona del territorio e la sua degradazione permanente. In uno studio LCA, però, questi impatti non vengono presi normalmente in considerazione a causa della scala locale di effetto sull'ambiente e per l'effettiva difficoltà di renderli numericamente confrontabili con le altre variabili ingegneristiche analizzate.

2.4.4 CATEGORIE DI IMPATTO RILEVANTI NEL SETTORE DEL TRATTAMENTO DEI RIFIUTI

Tra le categorie di impatto associate al comparto "aria" quelle più rilevanti nel settore del trattamento dei rifiuti sono:

- l'effetto serra (o riscaldamento globale);
- la tossicità umana;
- la formazione fotochimica di ozono;
- l'acidificazione.

Di seguito se ne riporta una breve descrizione.

2.4.4.1 Effetto serra

L'effetto serra è un fenomeno naturale, che caratterizza la Terra fin dalle sue origini. La superficie terrestre assorbe la radiazione emessa dal Sole sotto forma di radiazioni a breve lunghezza d'onda e ridistribuisce l'energia ricavata grazie alla circolazione atmosferica e oceanica. Questo flusso energetico viene bilanciato dalle radiazioni infrarosse a onde lunghe che la Terra riemette verso lo spazio. Una porzione di questa radiazione infrarossa

è tuttavia assorbita dai gas presenti nell'atmosfera, provocando quel riscaldamento della superficie terrestre e dell'atmosfera conosciuto come "effetto serra naturale", senza il quale la temperatura media della superficie terrestre sarebbe di circa 33°C più bassa. I gas che rendono possibile tale fenomeno sono il vapore acqueo, l'anidride carbonica (CO₂), il metano (CH₄), l'ozono (O₃) e il protossido d'azoto (N₂O) e vengono definiti "gas serra naturali". Negli ultimi anni, però, la presenza di questi gas serra nell'atmosfera è andata continuamente aumentando, principalmente a causa delle attività umane, e sono stati immessi nell'atmosfera anche gas serra di natura sintetica.

La maggioranza dei climatologi oggi ritiene che vi sia una diretta correlazione tra l'aumento della concentrazione dei gas serra nell'atmosfera e l'aumento della temperatura media della superficie terrestre riscontrato negli ultimi decenni. Il contributo di un certo gas all'effetto serra dipende da quattro fattori:

- le lunghezze d'onda alle quali il gas assorbe le radiazioni;
- la sua concentrazione nell'atmosfera;
- la sua capacità di assorbimento intrinseca;
- la sua eventuale interazione con altri gas atmosferici.

Per comparare gli impatti dovuti all'emissione di differenti gas serra, ad ogni sostanza è stato assegnato un potenziale di riscaldamento globale (GWP, Global Warming Potential), che esprime il rapporto tra l'assorbimento di radiazione infrarossa causata dall'emissione istantanea di 1 kg di tale sostanza e quello causato da una stessa emissione di anidride carbonica (sostanza presa come riferimento) (CML et al., 2001). L'indicatore per l'effetto serra è quindi espresso in kg di CO₂ equivalenti ed è pari a:

$$\text{effetto serra} = \sum_j \text{GWP}_i \times m_i$$

con:

GWP_i = potenziale di riscaldamento globale della sostanza i (kg CO₂ eq. kg⁻¹)

m_i = massa di sostanza i rilasciata nell'ambiente (kg).

I potenziali di riscaldamento globale dipendono dal tempo di esposizione sul quale si effettua l'integrazione: l'IPCC ha compilato un elenco di valori dei GWP per differenti tempi

di esposizione (20, 100 e 500 anni). Nella Tabella 2.3 sono riportati alcuni dei potenziali di riscaldamento globale calcolati per un tempo di esposizione di 100 anni.

Inquinante	GWP ₁₀₀ (kg CO ₂ eq. kg ⁻¹)
CO ₂	1
CH ₄	25
N ₂ O	298

Tabella 2.3 - Potenziali di riscaldamento globale calcolati per un tempo di esposizione di 100 anni

2.4.4.2 Tossicità umana

L'indicatore di tossicità umana si riferisce agli effetti sulla salute umana di sostanze tossiche presenti nell'ambiente.

Negli ultimi anni sono stati sviluppati diversi metodi per il calcolo dei fattori di caratterizzazione, che sono generalmente definiti potenziali di tossicità umana (HTP, *Human Toxicity Potentials*). La struttura generale che accomuna questi metodi può essere descritta da quattro aspetti principali:

- destino: il tempo di permanenza di una certa sostanza in un comparto ambientale dipende dai meccanismi di degradazione e dai processi di trasporto (evaporazione, dilavamento, etc.);
- esposizione ed assunzione: l'assunzione di una certa sostanza da parte di un organismo dipende dall'esposizione (quantità di sostanza disponibile per entrare nell'organismo), dal tipo di dieta, dall'assunzione di acqua e dal volume di aria respirato;
- effetti: esistono vari livelli di rischio correlati all'assunzione di una sostanza.

Per questi modelli ambientali è fondamentale considerare che le sostanze immesse nell'ambiente, generalmente, non rimangono inalterate, ma vengono degradate ad altri composti, che possono essere più o meno tossici della sostanza di partenza. Inoltre, questi composti non restano nel comparto in cui sono stati emessi, ma vengono trasportati in altri comparti per entrare successivamente in contatto con gli organismi viventi.

Nella Tabella 2.4 sono riportati i potenziali di tossicità umana calcolati con il metodo basato sul modello matematico "USES-LCA". Tali potenziali di tossicità sono stati calcolati

in riferimento alla scala continentale (identificata con l'Europa Occidentale) e l'orizzonte temporale è un orizzonte temporale infinito. L'indicatore della tossicità umana è in questo caso espresso in kg di 1,4 diclorobenzene equivalenti come:

$$\text{tossicità umana} = \sum_j \text{HTP}_i \times m_i$$

con:

HTP_i = potenziale di tossicità umana della sostanza i (kg 1,4-DCB eq. kg^{-1})

m_i = massa di sostanza i rilasciata nell'atmosfera (kg).

Inquinante	HTP _∞ (kg 1,4-DCB eq. kg^{-1})	Inquinante	HTP _∞ (kg 1,4-DCB eq. kg^{-1})
Diossine (I-TEQ)	$1,9 \cdot 10^9$	HF	$2,9 \cdot 10^3$
Cr ⁶⁺	$3,4 \cdot 10^6$	Benzene	$1,9 \cdot 10^3$
IPA	$5,7 \cdot 10^5$	Cr ³⁺	$6,5 \cdot 10^2$
As	$3,5 \cdot 10^5$	Pb	$4,7 \cdot 10^2$
Cd	$1,5 \cdot 10^5$	Zn	$1,0 \cdot 10^2$
Se	$4,8 \cdot 10^4$	NO _x (come NO ₂)	1,2
Ni	$3,5 \cdot 10^4$	PM ₁₀	$8,2 \cdot 10^{-1}$
Cobalto	$1,7 \cdot 10^4$	HCl	$5,0 \cdot 10^{-1}$
V	$6,2 \cdot 10^3$	H ₂ S	$2,2 \cdot 10^{-1}$
Hg	$6,0 \cdot 10^3$	NH ₃	$1,0 \cdot 10^{-1}$
Cu	$4,3 \cdot 10^3$	SO ₂	$9,6 \cdot 10^{-2}$

Tabella 2.4 - Potenziali di tossicità umana calcolati con il metodo basato sul modello USES

2.4.4.3 Formazione fotochimica di ozono

Lo smog fotochimico, fenomeno caratteristico delle ore diurne delle grandi aree urbane nel periodo estivo, è una complessa miscela di inquinanti atmosferici composta dall'ozono e altre sostanze chimiche ossidanti (come il perossiacetilnitrito), dal diossido di azoto (NO₂) e dalle polveri sottili. Il contributo di ogni singolo inquinante emesso alla formazione di ozono dipende dalla sua concentrazione nell'atmosfera, dalla velocità delle reazioni fotochimiche coinvolte e dalla reattività dell'inquinante stesso, ossia la sua propensione alla produzione di ozono. Per confrontare questi contributi, ad ogni sostanza viene assegnato un potenziale di formazione fotochimica di ozono (POCP, Photochemical Ozone Creation Potential), definito come il rapporto tra la variazione della concentrazione di

ozono causata dall'emissione della sostanza in esame e la variazione della concentrazione di ozono causata dall'emissione della sostanza presa come riferimento, l'etilene (C₂H₄). L'indicatore della formazione fotochimica di ozono è quindi espresso in kg di C₂H₄ equivalenti come:

$$\text{formazione fotochimica di ozono} = \sum_j \text{POCP}_j \times m_j$$

con:

POCP_{*i*} = potenziale di formazione fotochimica di ozono della sostanza *i* (kg C₂H₄ eq. kg⁻¹)

m_{*i*} = massa di sostanza *i* rilasciata nell'atmosfera (kg).

I risultati dei vari modelli dipendono però dalle concentrazioni iniziali degli inquinanti già presenti nell'atmosfera. Questo ha portato al calcolo dei potenziali di formazione fotochimica di ozono per due scenari differenti:

- uno scenario con concentrazioni di fondo di NO_x relativamente elevate in cui i COV sono limitanti alla formazione dell'ozono, tipico delle aree urbane dell'Europa Occidentale;
- uno scenario con concentrazione di fondo di NO_x più bassa in cui la formazione dell'ozono è limitata dagli NO_x stessi, tipico delle regioni settentrionali dell'Europa.

I potenziali di formazione fotochimica di ozono riportati nella Tabella 2.5 sono calcolati per alte concentrazioni di fondo di NO_x. È importante rilevare come, in queste condizioni, la presenza di ulteriore NO emesso dalle fonti primarie porta alla distruzione delle molecole di ozono già formate: ciò spiega il valore negativo associato al POCP di questa sostanza.

Inquinante	POCP (kg C ₂ H ₄ eq. kg ⁻¹)	Inquinante	POCP (kg C ₂ H ₄ eq. kg ⁻¹)
Etilene	1	Benzene	0,220
Toluene	0,637	Propano	0,176
Formaldeide	0,520	Etano	0,123
Eptano	0,494	NO ₂	0,028
Esano	0,482	CO	0,027
COV NM	0,416	Metano	0,006
Pentano	0,395	NO	-0,427
Butano	0,352		

Tabella 2.5 - Potenziali di formazione fotochimica di ozono calcolati per alte concentrazioni di fondo di NO_x

2.4.4.4 Acidificazione

Per quanto riguarda la categoria di impatto di acidificazione, si può dire che le emissioni di composti derivanti dalla combustione di combustibili fossili, in particolare gli ossidi di zolfo e gli ossidi d'azoto, sono i principali responsabili del fenomeno delle piogge acide, che provoca l'abbassamento del pH di laghi, foreste e suolo, con gravi conseguenze per gli organismi viventi, gli ecosistemi ed i materiali. Per la quantificazione degli impatti provocati da tale fenomeno si impiegano fattori di caratterizzazione denominati potenziali di acidificazione (AP, Acidification Potential) che convertono tutte le emissioni in kg di SO₂ equivalenti. Molti metodi sono stati sviluppati per il calcolo di tali potenziali: nella tabella 2.6 vengono mostrati quelli calcolati con il modello "RAINS 10" adattato alle esigenze della LCA. L'indicatore dell'acidificazione risulta allora essere espresso in kg di SO₂ equivalente emessi:

$$\text{acidificazione} = \sum_j AP_i \times m_i$$

con

AP_i = potenziale di acidificazione della sostanza i (kg SO₂ eq. kg⁻¹)

m_i = massa di sostanza i rilasciata nell'atmosfera (kg).

Inquinante	AP (kg SO ₂ eq. kg ⁻¹)
NO _x (come NO ₂)	0,5
SO _x (come SO ₂)	1,2
NH ₃	1,6

Tabella 2.6 - Potenziali di acidificazione calcolati con il modello RAINS

2.5. Software SIMAPRO

Il software utilizzato per calcolare gli impatti ambientali di uno studio LCA è il Simapro. Questo programma è stato sviluppato dall'azienda olandese PRé (Product Ecology) Consultants a partire dal 1990 come strumento generale di lavoro in grado di realizzare le valutazioni dei carichi ambientali dei prodotti e dei processi industriali e in seguito anche gli impatti dei servizi, come la gestione integrata dei rifiuti. Simapro è in grado di analizzare i dati ambientali di prodotti e processi complessi, a partire dalla estrazione della

materia prima fino alla dismissione. Il programma rispetta le norme della serie ISO14040 e contiene una banca dati di riferimento, modificabile secondo necessità, comprendente i dati più frequentemente richiesti sui materiali, sui processi di produzione, sulla generazione di energia, sulla distribuzione e sullo smaltimento dei prodotti. L'unità fondamentale di cui è costruita l'intera struttura del sistema è il processo.

Ogni processo ha alcuni campi che sono compilabili e riguardano:

- Input da altri processi (processi che sono descritti a loro volta nel database);
- Output; ogni processo ne ha uno, spesso ne può avere molteplici;
- Output di rifiuti per ulteriori trattamenti, quali processi di depurazione, incenerimento, etc.;
- Processi evitati (possibile utilizzo in ambito di problemi di allocazione e di gestione dei confini di sistema);
- Emissioni in aria, in acqua e al suolo;
- Rifiuti solidi finali;
- Emissioni non materiali, quali radiazioni e rumore;
- Impatti sociali ed economici;

Questi campi sono organizzati in progetti, o in librerie, e i valori d'impatto dei dati vengono forniti dal programma o da altre banche dati incluse nel software. Le banche dati sono un elemento fondamentale in una LCA poiché tutti i processi delle banche dati di cui si dispone possono in qualsiasi momento essere corretti ed integrati, fornendo la possibilità di creare nuovi processi o materiali, o di modificare quelli già esistenti, adattandosi alle necessità del caso studiato (Neri, 2007). Le banche dati forniscono gli elementi base per proseguire lo studio e in Simapro ne sono presenti circa 9: Ecoinvent Processes, DK Input Output Database 99, BUWAL 250, ETH-ESU 96 Processes, Franklin USA 98, IDEMAT 2001, Industry Data, LCA Food DK, USA Input Output Database 99. Il database Ecoinvent è l'archivio di dati scientifici dal quale sono stati attinti tutti i processi utilizzate nel nostro caso di studio. Esso contiene un inventario dettagliato relativo alla produzione e all'uso di energia e di materiali (chimici, metallici, plastici), alle attività agricole, ai servizi di smaltimento, ai trasporti. I processi sono suddivisi secondo l'ambito dal quale traggono origine e sono suddivisi in 7 categorie: Materiali, Energia, Trasporto, Processo in corso,

Uso, Scenario di smaltimento e Processo di Smaltimento, ognuna delle quali ulteriormente suddivisa in sottocategorie. Ogni processo può essere collegato ad un altro processo creando delle reti ed essere collegati dall'uno all'altro formando così una struttura ad albero di un intero sistema di produzione. Il programma è strutturato in quattro parti fondamentali, in cui vengono analizzati gli scopi e obiettivi (Goal and Scope), seguiti da un'analisi di inventario (Inventory), da un'analisi degli impatti (Impact Assessment) e da una fase di interpretazione e miglioramento (Interpretation), come in letteratura.

Il primo passo perciò è quello di creare un nuovo progetto nel quale viene definita l'unità funzionale l'obiettivo e il flusso di riferimento. I confini del sistema sono invece determinati dal numero di unità di processo che si vuole includere nell'analisi LCA.

In secondo luogo vengono inseriti i dati dell'analisi d'inventario, perciò i dati relativi a consumo di materie prime ed energia e emissioni; quindi vengono creati tutte le unità di processo che servono per la produzione del prodotto studiato. Completata l'analisi d'inventario viene scelto il metodo di valutazione degli impatti e il programma, una volta fatto girare, restituisce, attraverso tabelle e grafici (anche ad albero), l'impatto di tutte le unità del processo prese in considerazione. Per quanto riguarda gli impatti Simapro fornisce un'ampia varietà di metodi di valutazione tra i quali ci sono: CML 2001, Eco-Indicator 99, EPS 2000, EDIP 2003, IMPACT 2002+, BEES, IPCC 2007 GWP, etc. Sta all'utente scegliere che tipo di metodo di valutazione utilizzare.

CAPITOLO 3: VALUTAZIONE DEL CICLO VITA DEL CASO DI STUDIO

3.1 – L'unità funzionale e i confini del sistema

L'unità funzionale

L'unità funzionale scelta è rappresentata da un singolo blister (prodotto e utilizzato).

Confini del sistema

Il sistema analizzato è il ciclo produttivo di n. 1 blister: dall'approvvigionamento delle materie prime fino al fine vita del prodotto.

I confini del sistema includono quindi:

- Approvvigionamento delle materie prime;
- Produzione del blister;
- Smaltimento degli scarti del ciclo produttivo;
- Fine vita del prodotto;

Sono quindi inclusi all'interno del sistema il trasporto delle materie prime, dai fornitori all'Azienda di produzione del blister e il trasporto degli scarti di produzione da quest'ultima agli impianti di trattamento. Non verrà considerato invece il trasporto del prodotto finito ai distributori finali in quanto si ipotizza tale fase identica tra le diverse tipologie di blister.

I consumi energetici relativi alla produzione del blister sono stati esaminati ma non inclusi nello studio in quanto, come specificato in seguito, la variazione di tale parametro tra le tipologie di blister è irrilevante.

I seguenti diagrammi (figure 3.1÷3.3) evidenziano le unità di processo che verranno inserite nel modello e le loro interrelazioni.

Gli attori principali, attorno ai quali si configura il sistema sono :

- **Ciclo produttivo del blister**: relativo all'approvvigionamento delle materie prime, alla produzione del blister e alla gestione degli scarti produttivi;
- **Cittadino**: relativa alla gestione del fine vita del blister.

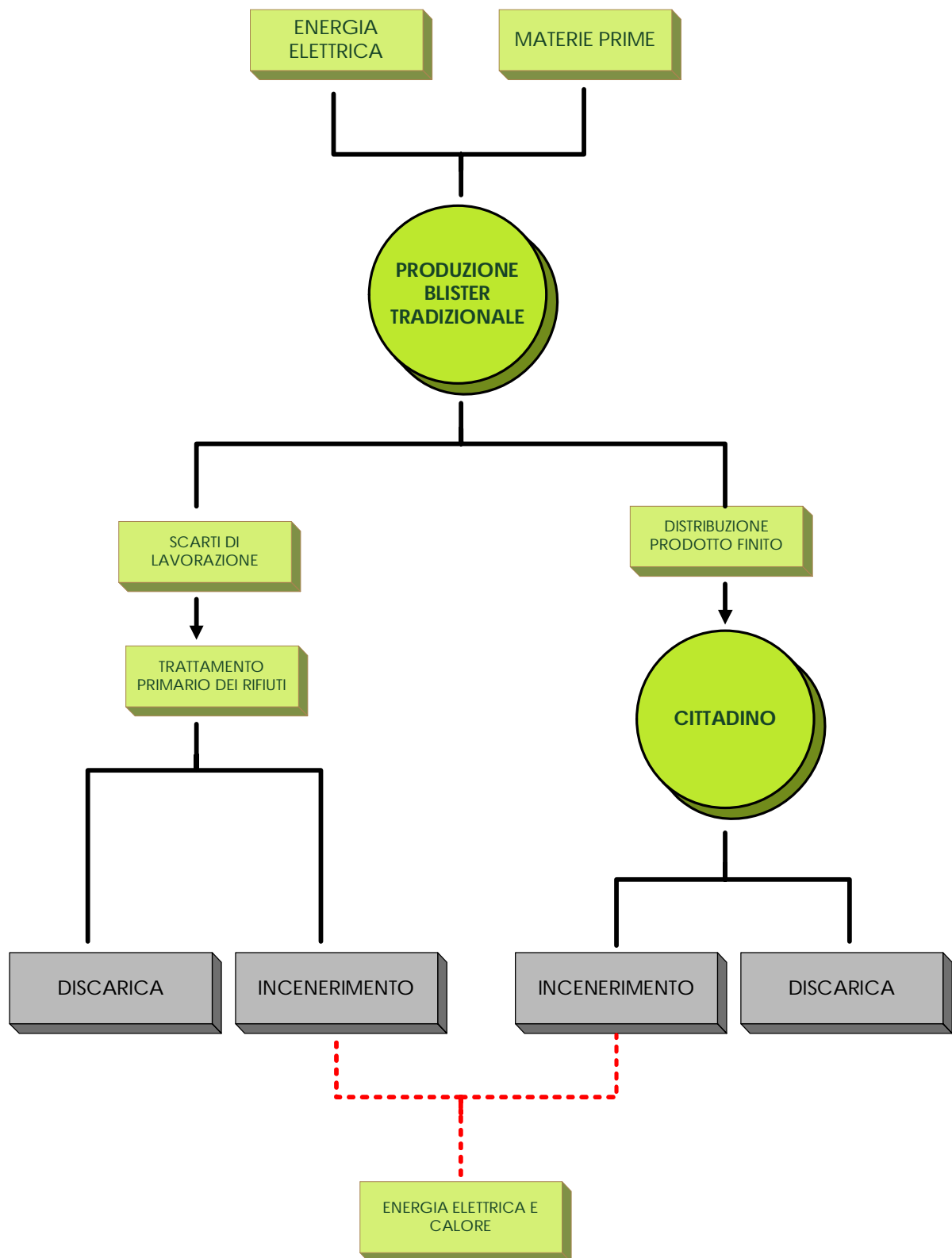


Figura 3.1 – Schema generale del sistema esaminato per il blister tradizionale*

(*) i flussi tratteggiati ed evidenziati in rosso non sono direttamente gestiti dall'Azienda e corrispondono a flussi di energia.

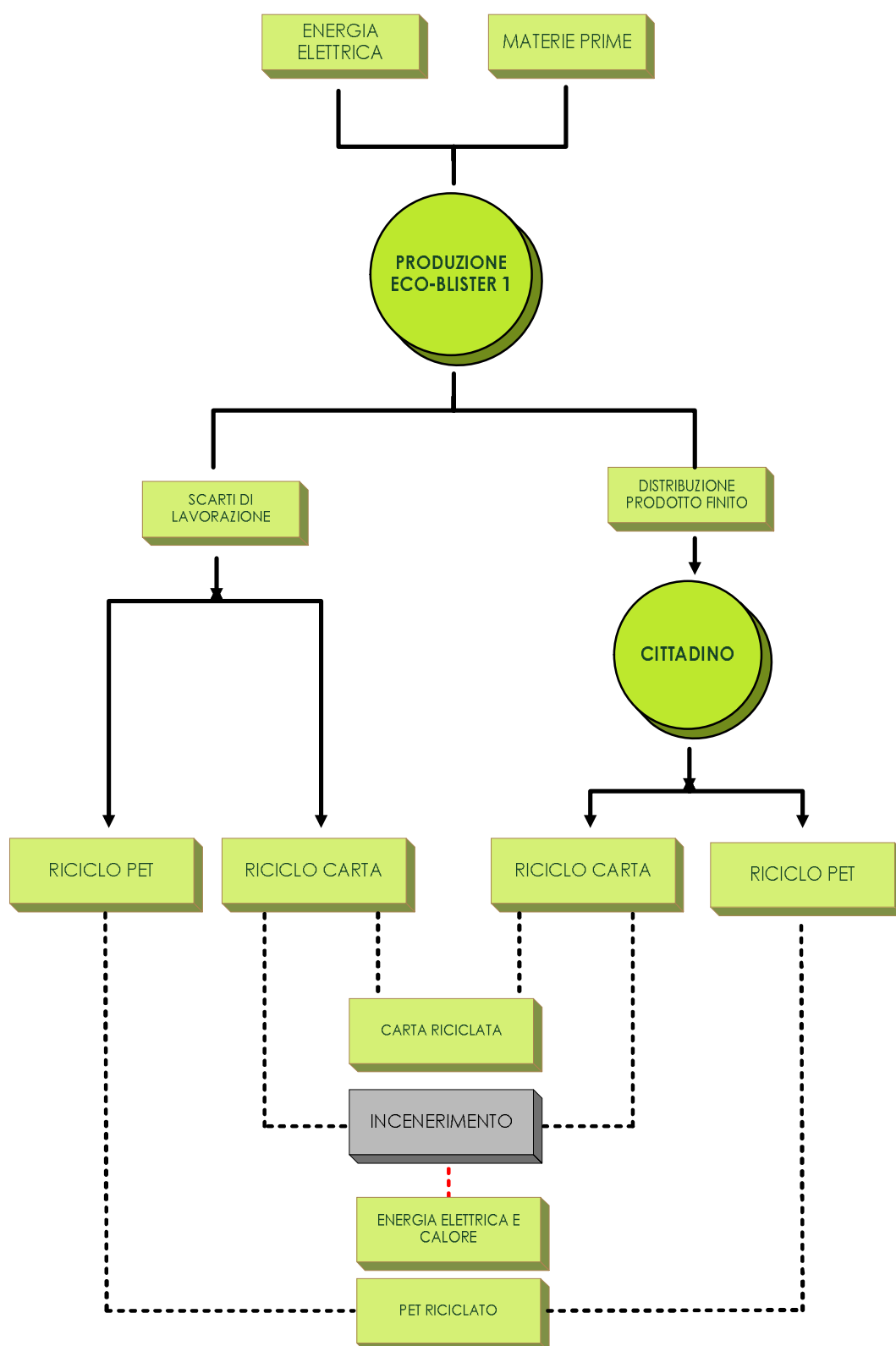


Figura 3.2 – Schema generale del sistema esaminato per l'eco-blister 1*

(*) i flussi tratteggiati non sono direttamente gestiti dall'Azienda mentre i flussi evidenziati in rosso corrispondono a flussi di energia.

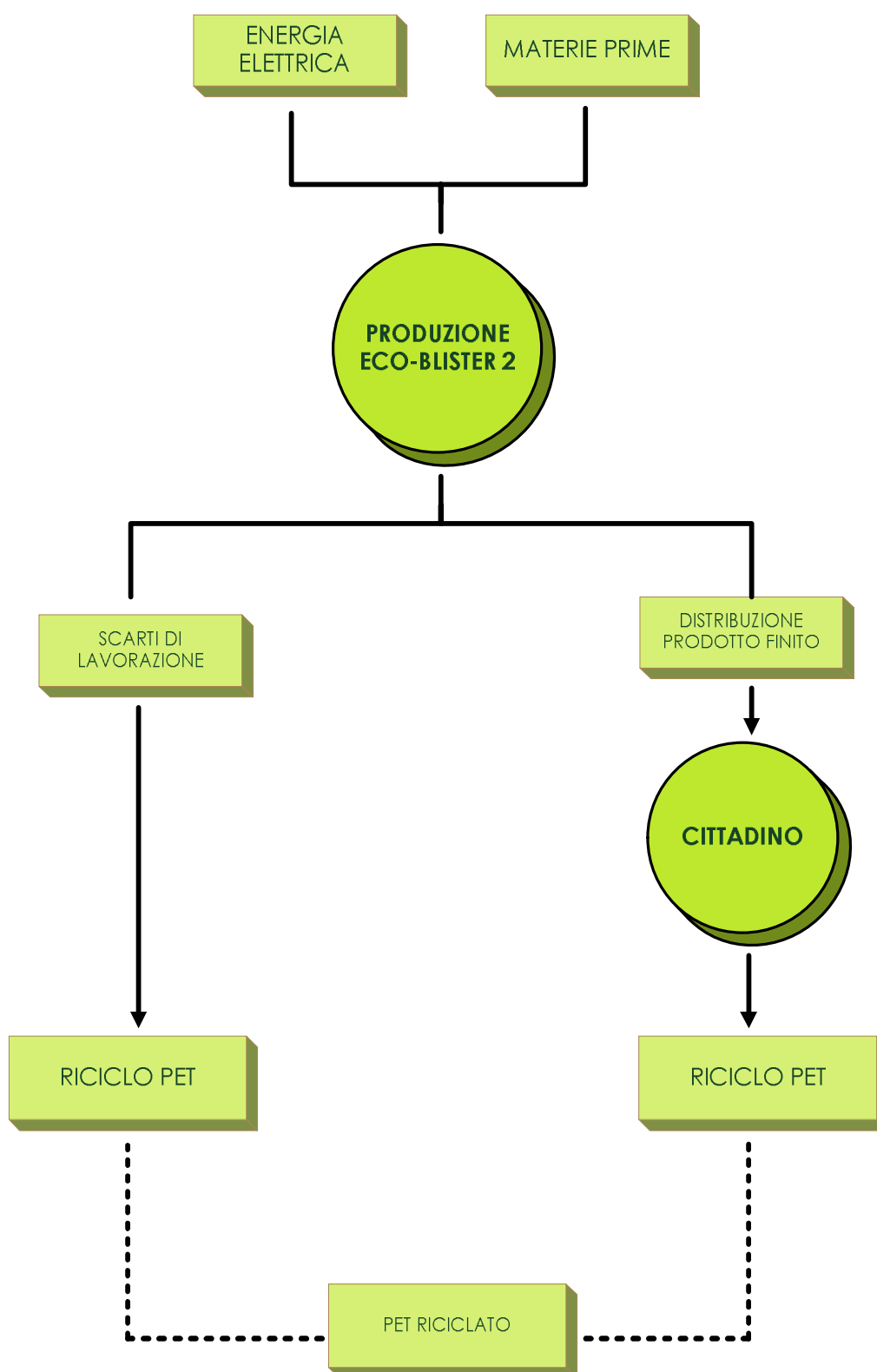


Figura 3.3 – Schema generale del sistema esaminato per l'eco-blister 2*

(*) i flussi tratteggiati non sono direttamente gestiti dall'Azienda

3.2 – Analisi di inventario

Nel presente studio di LCA comparativa sono utilizzati, per quanto possibile, dati primari forniti dall'Azienda Produttrice relativi in particolare alla fase di produzione del blister tradizionale (incluso il trattamento degli scarti di produzione).

Per quanto riguarda gli eco-blister, invece, i dati utilizzati derivano per la fase di produzione (tipologia di materie prime e quantitativi), da prove sperimentali mentre sono stati stimati i dati relativi alla fase di trattamento degli scarti produttivi.

Il processo fondamentale della fase di inventario è stata la raccolta dei dati relativi alle singole unità di processo e la loro elaborazione in riferimento all'unità funzionale. Per ogni dato, sono stati identificati la tipologia e la tecnica di calcolo.

Di seguito si riporta la descrizione in dettaglio di ciascuna unità di processo.

Innanzitutto si valuteranno le materie prime utilizzate, descrivendo per ognuna di queste:

- Caratteristiche fisiche;
- Approvvigionamento;
- Applicazione in Simapro.

Successivamente, si descriveranno i singoli componenti costituenti il blister, specificando per ognuno di questi:

- Materia prima utilizzata;
- Quantità utilizzata nel processo produttivo.

Per ogni dato numerico (es. numeri viaggio, quantità utilizzata) verrà descritta la tipologia del dato (es. primario o stimato) e il metodo utilizzato (es. misura o stima).

3.2.1 – Flussi in ingresso

Di seguito vengono descritti e valutati i flussi in ingresso al ciclo produttivo del blister: materie prime, energia.

Consumi energetici

Innanzitutto sono state confrontate le diverse tipologie di blister in relazione al processo produttivo (o alla fase di produzione).

Dall'analisi è emerso che l'unica differenza tra i tre processi produttivi riguarda l'operazione di termosaldatura del blister tradizionale (descritta nel capitolo 2) che, nel caso degli eco-blister, viene sostituita da un'operazione di iniezione termoplastica (descritta nel capitolo 2).

Le potenze e le macchine coinvolte in questa fase produttiva sono le seguenti:

- *Termosaldatura : Impianto tradizionale, potenza installata: 15 KW*
- *Iniezioni termoplastica: Pressa per eco-blister, potenza installata: 10 KW*

Successivamente è stata analizzata l'influenza di tale differenza a livello di consumi energetici.

Considerando che la durata della fase di termosaldatura, nell'impianto tradizionale, è pari a 0,7 s per ogni singolo blister, si è stimato che questa tempistica possa essere adottata anche per la fase di termo iniezione nel caso degli eco-blister.

La temperatura di processo, necessaria per entrambe le fasi, è pari a 180 °C.

In tabella 3.1 sono riportati i parametri della fase di termosaldatura e termo-iniezione utili al calcolo dell'energia consumata.

		Volume (mm ³)	Calore specifico (J/g*K)	ΔT (°C)	peso specifico (g/cm ³)	Δt processo (sec.)	area sezione generica (mm ²)
Blister tradizionale	Termosaldatura	3114	1,05	157	1,38	0,7	4,95
Ecoblister	Termoiniezione	2400	2	157	0,9	0,7	4,38

Tabella 3.1 – Parametri per il bilancio energetico

	Tradizionale	Ecoblister 1	Ecoblister 2
Energia necessaria Specifica per n. 1 blister (KJ)	0,7	0,68	0,68

Tabella 3.2 – Risultati del bilancio energetico

Di seguito si analizzano alcuni dati:

- Volume: nel caso del blister tradizionale, il volume interessato dalla termosaldatura è pari alla somma degli strati di PET GAG e del cartoncino plastificato: $1556 \text{ m}^3(\text{PETGAG}) + 1558 \text{ m}^3(\text{cartoncino plastificato}) = 3114 \text{ m}^3$. Nel caso degli eco-blister invece, il volume interessato dal processo di termo iniezione, è pari al volume della gomma laprene: 2400 m^3 , si ha quindi una diminuzione del volume interessato. Per quanto riguarda le sezioni interessate dalla fase lavorativa in oggetto, si rimanda alle figure 3.5÷3.8;
- Calore specifico: il dato è relativo alla tipologia del materiale interessato;
- ΔT : costituisce il delta di temperatura pari alla differenza tra la temperatura ambiente e la temperatura alla quale avviene il processo;

Considerata la tabella 3.2, la differenza a livello di consumo energetico tra le tre tipologie, risulta trascurabile quindi non viene inclusa nella valutazione.

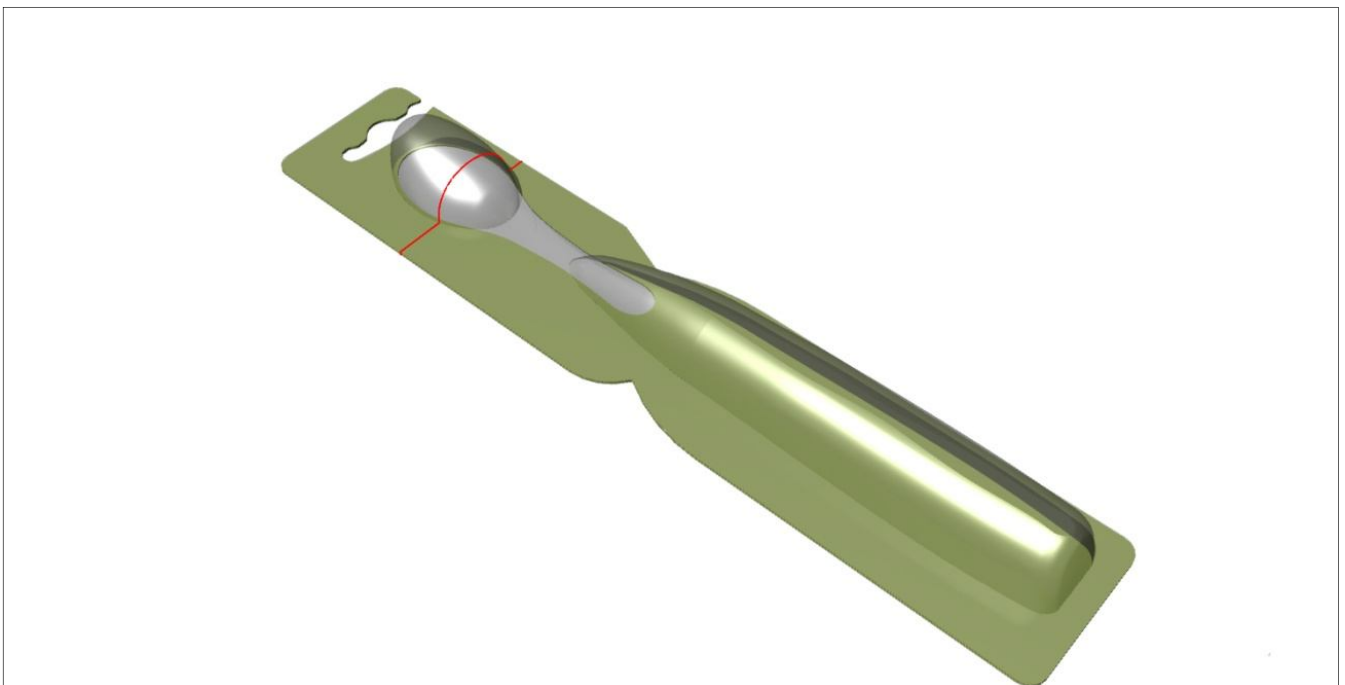


Figura 3.4 – Vista di insieme del blister tradizionale e sezione considerata

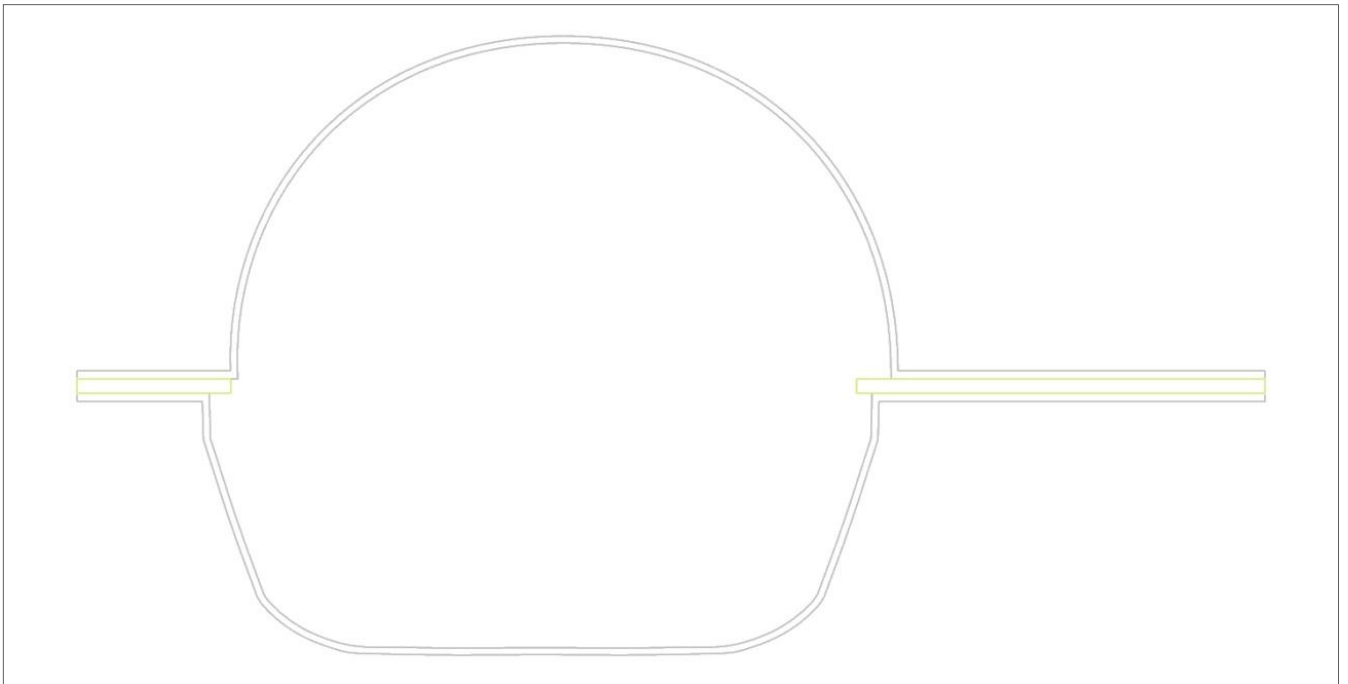


Figura 3.5 – Sezione del blister tradizionale



Figura 3.6 – Vista di insieme dell'eco-blister e sezione considerata

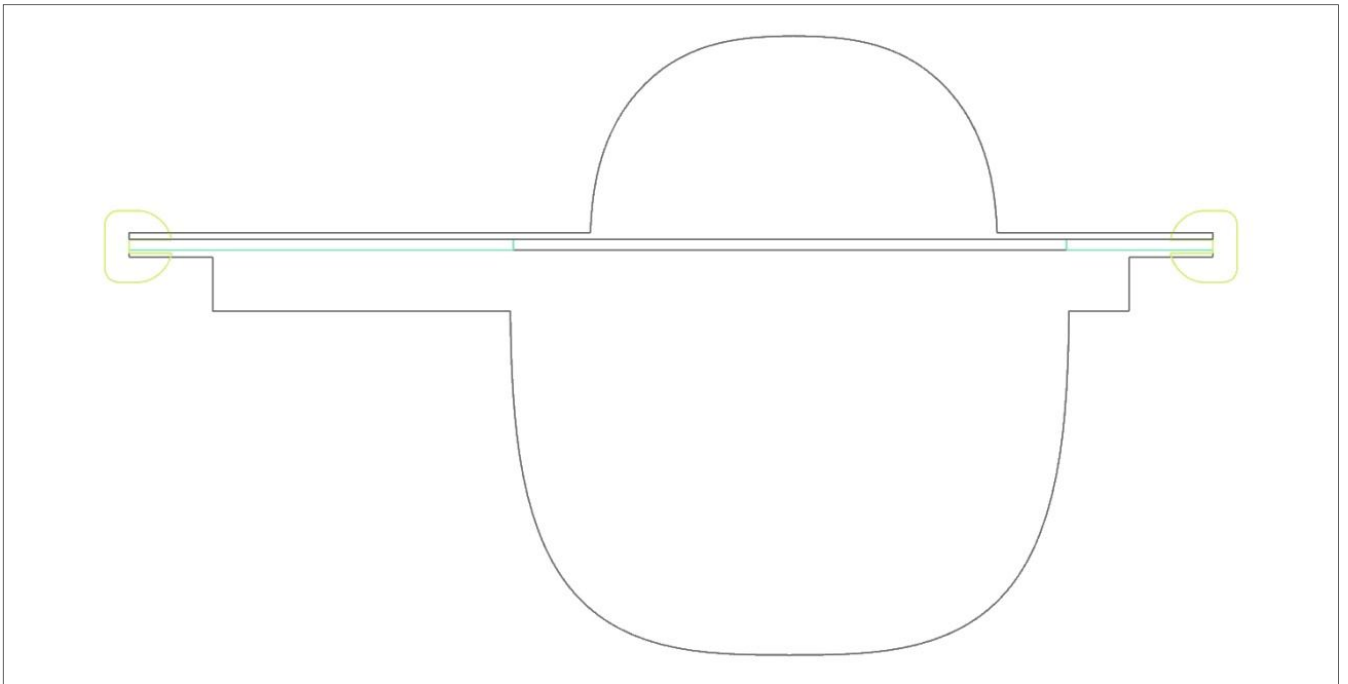


Figura 3.7 – Sezione dell'eco-blister

Materie prime

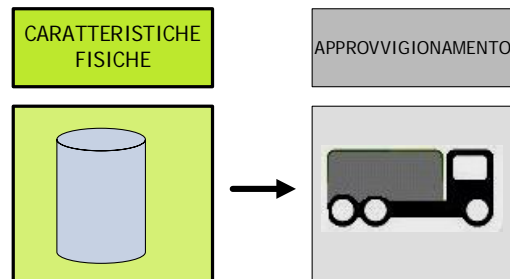
In tabella 3.3 sono riportati i componenti costituenti i diversi blister con le relative materie prime utilizzate:

Componenti e relativi materiali			
	<i>BLISTER TRADIZIONALE</i>	<i>ECOBLISTER 1</i>	<i>ECOBLISTER 2</i>
<i>VALVA</i>	PET	PET	PET
<i>CONTROVALVA</i>	PET	PET	PET
<i>INSERTO GRAFICO</i>	Cartoncino plastificato	Cartoncino plastificato	PET
<i>CORDONE SIGILLATURA</i>	//	Gomma laprene	Gomma laprene

Tabella 3.3 – Componenti e relativi materiali

Descrizione dei materiali utilizzati

- **Plastica PET**



L'Azienda utilizza il cosiddetto PET GAG (trasparente coestruso tristrato), un materiale bicomponente a tre strati con superfici esterne in G PET e interno in A PET. È un materiale stampabile in offset UV, serigrafia e flatbed UV, lavorabile in cartotecnica ed è idoneo per essere stampato, tagliato, piegato, fustellato, saldato in HF, incollato e termoformato. Inoltre è idoneo al contatto alimentare. La sigla "G PET" indica un polietilene tereftalato modificato con glicole mentre "A PET" indica un polietilene tereftalato amorfo.

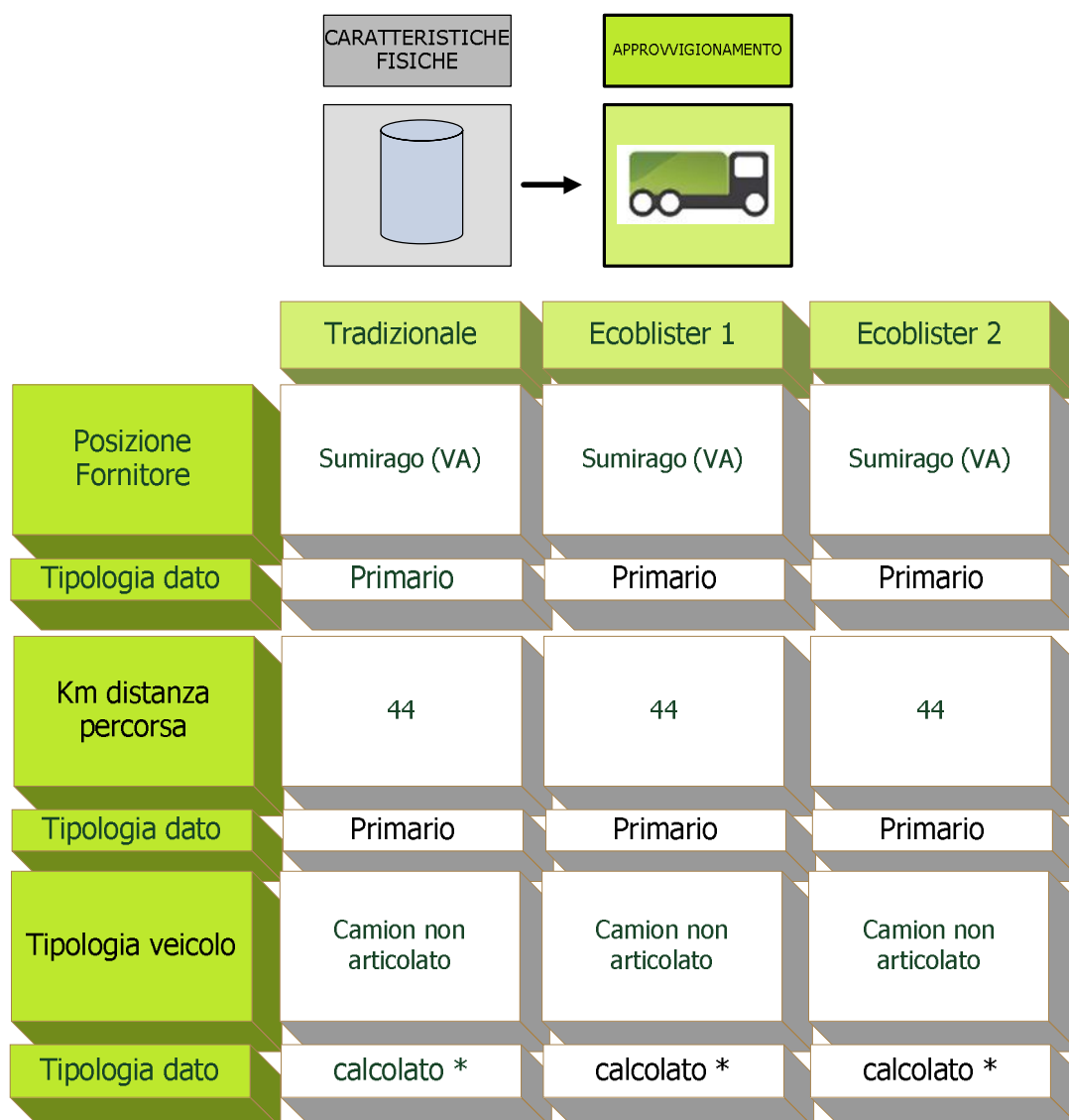
Le materie prime per la produzione del PET derivano dal petrolio greggio.

Il PET-GAG (che da qui in avanti sarà identificato semplicemente con la sigla PET), viene approvvigionato dall'Azienda in forma di film in rotoli (vedi figura 3.8).

Questo materiale viene utilizzato per tutte le tipologie di blister prodotti.



Figura 3.8 –Rotoli di film di PET



(*) Vedere il paragrafo "applicazione in Simapro".

Tabella 3.4 – Dati relativi all'approvvigionamento del PET

Applicazione in SIMAPRO

Il PET in film viene modellizzato nel software Simapro utilizzando il modulo "*polyethylene terephthalate, granulate, amorphous*" modificando la fase di trasporto del film e l'utilizzo.

Il modulo "*Extrusion, plastic film*" descrive l'estrusione del PET film a partire dal PET. Si è scelto di utilizzare tale materia prima in quanto è una buona approssimazione in termini di caratteristiche fisiche/chimiche del PET GAG non presente nel Database di Ecoinvent.

Per quanto riguarda il trasporto del film all'Azienda produttrice del blister, la categoria del mezzo è stata scelta sulla base dei dati reali relativi all'anno 2012: la quantità totale

trasportata è pari a circa 282.000 kg di PET, suddivisi in n. 23 viaggi, il quantitativo trasportato a viaggio è quindi pari a circa 12.260 kg. Si ipotizza inoltre che il veicolo sia EURO 3 (condizione peggiorativa). La distanza reale è pari a 44 km (come da tabella 3.4).

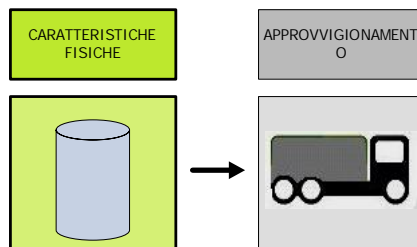
Il modulo utilizzato risulta quindi il seguente: "Transport, lorry 7,5-16 t, EURO 3".

Nella tabella 3.5 si riportano i dati riguardanti la modellizzazione del PET (i valori si riferiscono a 1 kg di PET):

Inputs	Valore	Unità misura
Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at plant	1,02	Kg
Extrusion, plastic film	1,02	Kg

Tabella 3.5 – Moduli Simapro utilizzati per modellizzare il PET in film

▪ **Cartoncino plastificato**



Il cartoncino utilizzato dall'Azienda è di tipo plastificato (vedi figura 3.9). Questo tipo di materiale è composto:

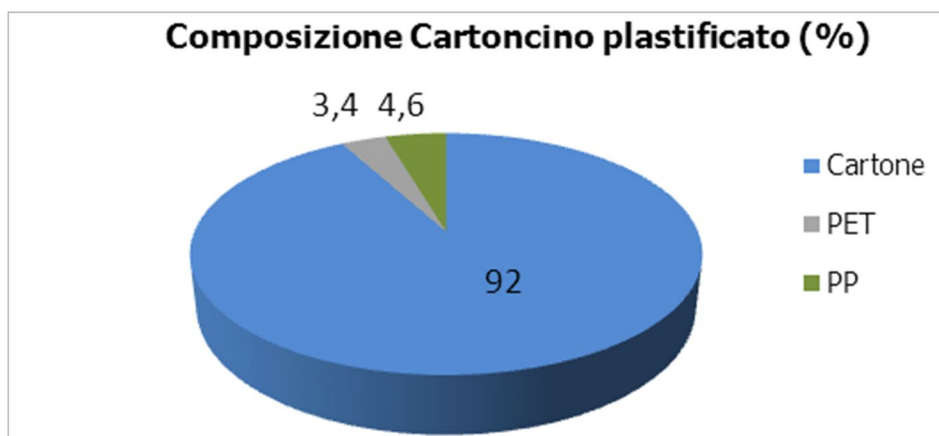


Figura 3.9 – Composizione del cartoncino plastificato

- Per il 92% da cartone che costituisce lo strato base sopra al quale sono saldate le componenti successive;
- Per il 3,4% da PET che costituisce il film sopra al quale è presente la lacca termosaldante a base acquosa;
- E il restante 4,6% si tratta di PP (polipropilene biorientato olografico) che costituisce il film olografico metallizzato ed è la parte dell'ologramma.

	Tradizionale	Ecoblister 1	Ecoblister 2
Fornitore Indirizzo	Viggiù (VA)	Viggiù (VA)	-
Tipologia dato	Primario	Primario	-
Km distanza percorsa	41	41	-
Tipologia dato	Primario	Primario	-
Tipologia veicolo	Camion non articolato	Camion non articolato	-
Tipologia dato	Calcolato*	Calcolato*	-

Tabella 3.6 – Dati relativi all’approvvigionamento del cartoncino plastificato

(*) Vedere il paragrafo “applicazione in Simapro”.

Applicazione in SIMAPRO

Dalla ricerca effettuata tra i database adottati in Simapro, è emerso che non esistono moduli in grado di descrivere in modo dettagliato il materiale valutato. Si è quindi proceduto a creare un modulo ex novo, riprendendo alcuni moduli esistenti così da descrivere i tre componenti costituenti il cartoncino plastificato.

Nella tabella 3.7 si riportano i dati riguardanti i materiali considerati per la modellizzazione (i valori si riferiscono a 1 kg di cartoncino plastificato):

Inputs	Valore	Unità misura
PET film	0,034	Kg
PP film	0,046	Kg
Core board, at plant	0,92	Kg

Tabella 3.7 – Moduli Simapro utilizzati per modellizzare il cartoncino plastificato

All'interno del modulo descritto in tabella 3.7, si è deciso di non considerare il fattore derivante dal processo produttivo di saldatura delle tre componenti in quanto il cartoncino plastificato arriva già lavorato in Azienda.

I moduli utilizzati sono di seguito descritti:

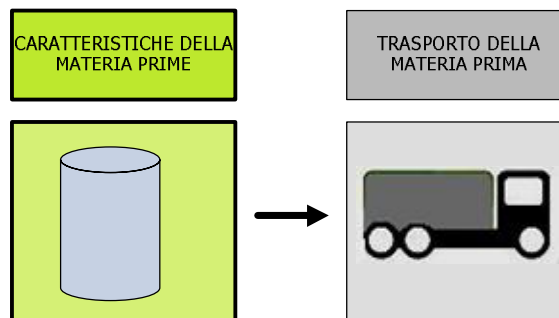
- **PP film:** si è utilizzato il modulo "Polypropylene, granulate, at plant" e modificata la fase di utilizzo considerando il processo di estrusione con il modulo "Extrusion, plastic film" che descrive l'estrusione del PP film a partire dal PP;
- **PET film:** si è richiamato il modulo descritto al paragrafo relativo al PET;
- **Core board, at plant:** viene utilizzato per descrivere la componente di cartone puro presente nel cartoncino plastificato.

Per quanto riguarda la fase di trasporto, è stata scelta la categoria del mezzo utilizzato sulla base di un calcolo relativo all'anno 2012: la quantità totale di cartoncino trasportata è stata di circa 9236,32 kg (calcolata moltiplicando il quantitativo per blister di cartoncino

per la produzione di blister nel 2012), suddivisi in n. 12 viaggi (dato reale), il quantitativo trasportato a viaggio risulta quindi pari a circa 769,69 kg mentre la distanza reale è pari a 41 km (come da tabella 3.6).

Il modulo utilizzato risulta quindi: "Transport, van < 3,5 t".

▪ **Gomma Laprene**



La gomma Laprene identifica una famiglia di Elastomeri Termoplastici in cui la fase elastica è costituita dalla gomma SEBS (Stirene-Etilene-Butilene-Stirene), e la fase plastica è generalmente di natura poliolefinica. La fase plastica consente al Laprene di essere trasformato in modo semplice ed economico mediante le tecnologie tipiche dei materiali termoplastici e lo rende inoltre completamente riciclabile. La fase elastomerica invece gli conferisce le proprietà elastiche e la morbidezza tipiche di una gomma.

La gomma Laprene viene approvvigionata dall'Azienda in forma di granuli.

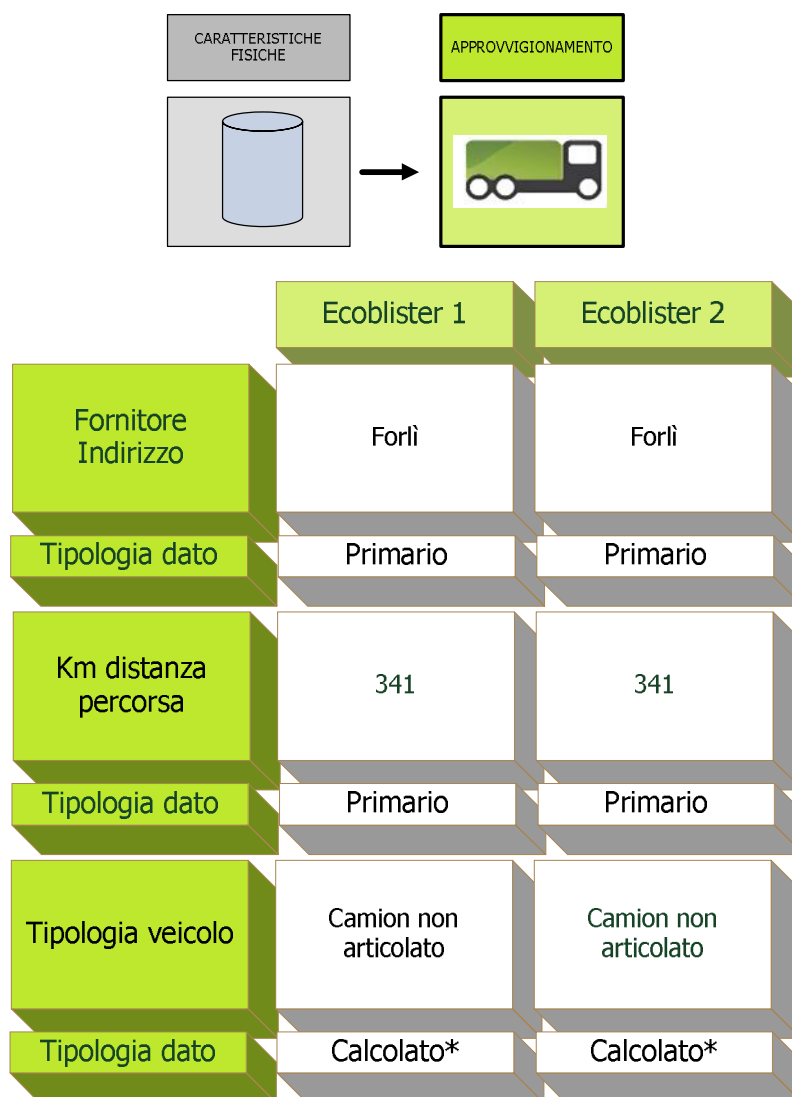


Tabella 3.8 – Dati relativi all’approvvigionamento della gomma laprene

(*) Vedere il paragrafo “applicazione in Simapro”.

Applicazione in SIMAPRO

Dalla ricerca effettuata nel database di Ecoinvent, è emerso che il modulo che meglio descrive il materiale in questione, è il seguente: “*Synthetic rubber, at plant*”.

Si è scelto di utilizzare tale materia prima in quanto è una buona approssimazione in termini di caratteristiche fisiche/chimiche della gomma laprene non presente nel Database di Ecoinvent.

Per quanto riguarda la fase di trasporto, la categoria del mezzo utilizzato, è stata scelta sulla base del quantitativo di gomma necessaria per la produzione: considerando la produzione del 2012 del blister in oggetto (2.025.516 pezzi) e la quantità di gomma necessaria per blister (2,5 gr), si è calcolato un totale di 5.063 kg/anno, suddivisi in n. 4 viaggi, il quantitativo trasportato a viaggio è pari a circa 1.265,5 kg mentre la distanza reale è pari a 341 km (come da tabella 3.8). Il modulo utilizzato risulta quindi il seguente: "Transport, van < 3,5 t".

Descrizione dei componenti

Una volta descritte le materie prime adottate nel processo produttivo, in questo capitolo verranno descritti i singoli componenti costituenti il blister, specificando per ognuno di questi la materia prima utilizzata e la quantità utilizzata nel processo produttivo.

▪ Valva e contro valva

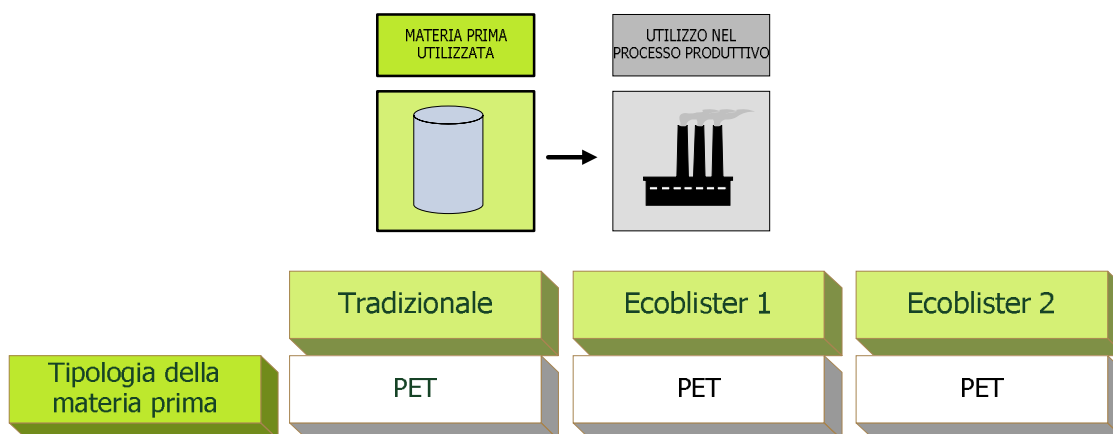
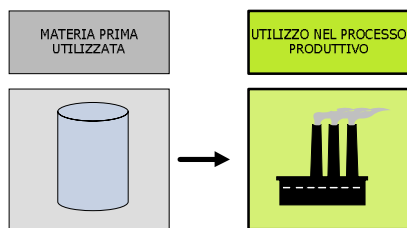


Tabella 3.9 – Valva e Contro valva: Materiali utilizzati

Da un punto di vista qualitativo, come si evince dalla tabella 3.9, le componenti valva e contro valva sono costituite, per tutti i blister, da un'unica tipologia di materiale.



Per quanto riguarda la valva, nella tabella 3.10 si riportano i quantitativi utilizzati nel processo produttivo:

	Tradizionale	Ecoblister 1	Ecoblister 2
Quantità utilizzata di materia vergine (g)	5,89	5,75	5,75
Tipologia dato	Primario	Primario	Primario
Metodo di determinazione	Pesatura	Pesatura	Pesatura

Tabella 3.10 – Valva: Quantità utilizzate nel ciclo produttivo

Da un punto di vista quantitativo, come si evince dalla tabella 3.9, la componente valva presenta, per gli eco-blister, una riduzione della quantità necessaria. Questa riduzione è legata all'introduzione, nell'eco-blister, di un nuovo componente (il cordone di sigillatura) che riduce l'ingombro delle altre componenti (valva, contro-valva e inserto grafico).

Per quanto riguarda la contro valva, nella tabella 3.11 si riportano i quantitativi utilizzati nel processo produttivo:

	Tradizionale	Ecoblister 1	Ecoblister 2
Quantità utilizzata di materia vergine (g)	6	4,87	4,87
Tipologia dato	Primario	Primario	Primario
Metodo di determinazione	Pesatura	Pesatura	Pesatura

Tabella 3.11 – Contro-Valva: Quantità utilizzate nel ciclo produttivo

Da un punto di vista quantitativo, come si evince dalla tabella 3.11, la componente contro valva presenta, per gli eco-blister, una riduzione della quantità necessaria. Questa riduzione è legata all'introduzione, nell'eco-blister, di un nuovo componente (il cordone di sigillatura) che riduce l'ingombro delle altre componenti (valva, contro-valva e inserto grafico). La riduzione risulta poi di entità maggiore rispetto alla valva poiché è maggiore la quantità utilizzata in ingresso nel blister tradizionale (la formazione della componente infatti avviene in due fasi e per tale motivo richiede una quantità maggiore rispetto alla valva).

▪ **Inserto grafico**

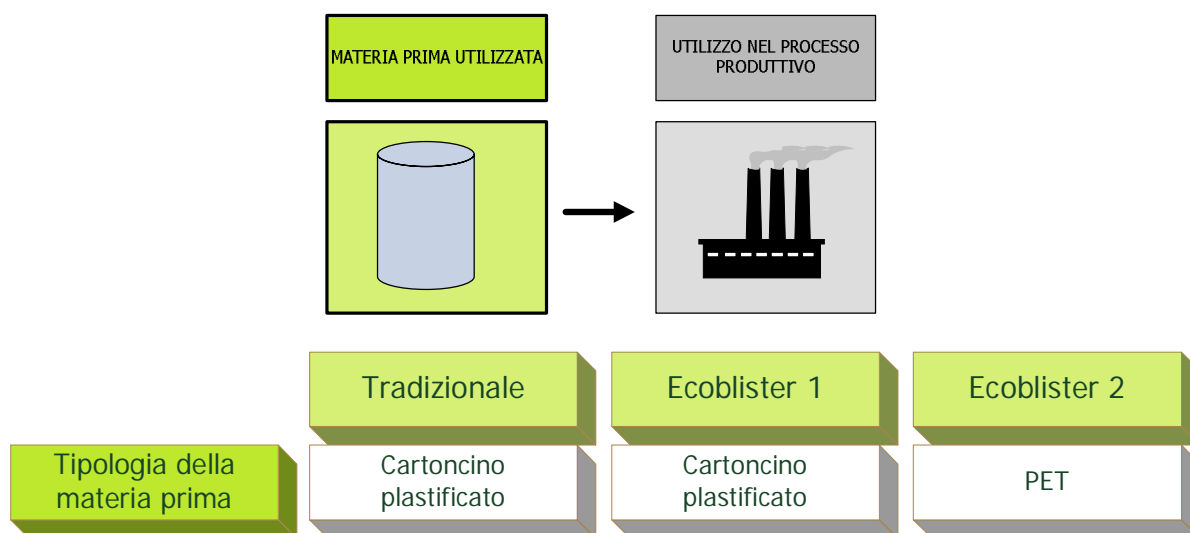


Tabella 3.12 – Inserto grafico: Materiali utilizzati

Da un punto di vista qualitativo, come si evince dalla tabella 3.12, l'inserto grafico risulta dello stesso materiale per il blister tradizionale e l'eco-blister 1 mentre per l'eco-blister 2, si adotta lo stesso materiale utilizzato per la valva e la contro-valva (PET).

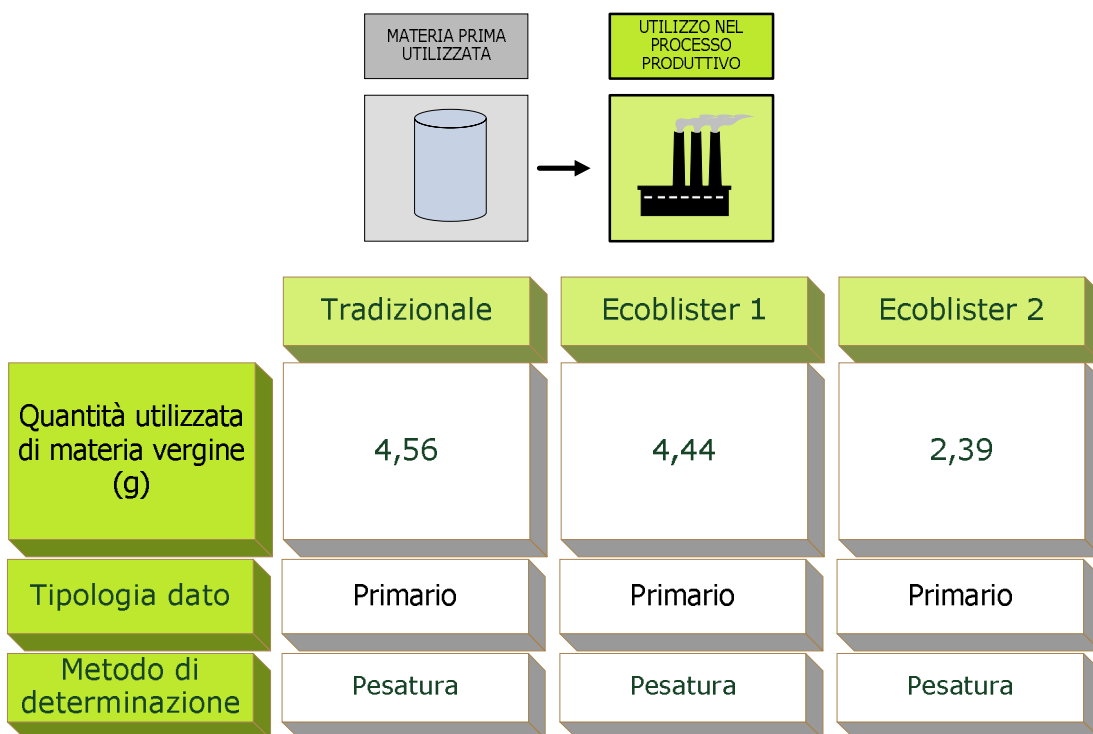


Tabella 3.13 – Insetto grafico: Quantità utilizzate nel ciclo produttivo

Dal punto di vista quantitativo, come si evince dalla tabella 3.13, l’insetto grafico presenta, per l’eco-blister 2, una riduzione della quantità molto marcata. Questa riduzione è legata al fatto che il peso specifico del cartoncino plastificato è maggiore rispetto a quello del PET.

▪ **Cordone di sigillatura**

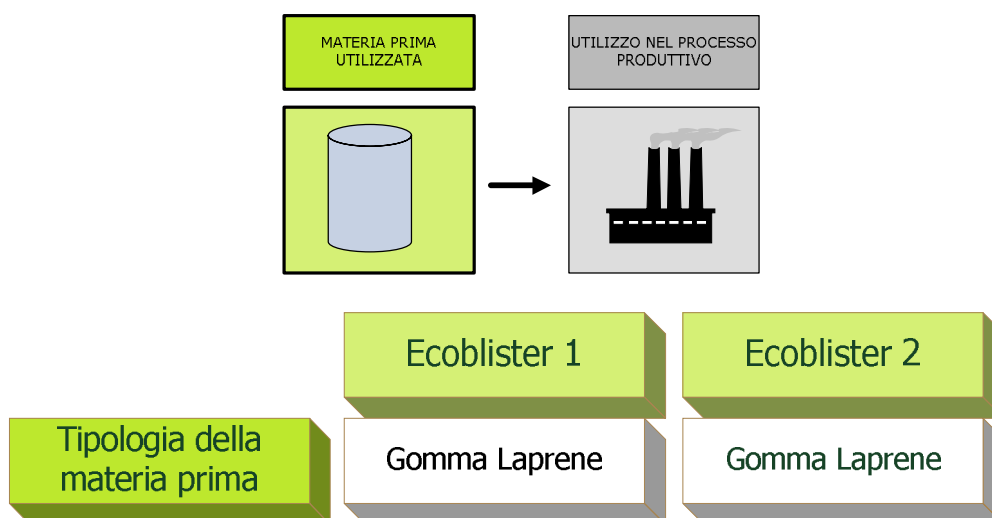


Tabella 3.14 – Cordone di sigillatura: Materiali utilizzati

Come si evince dalla tabella 3.14, l'introduzione di questo materiale è correlata alle due tipologie di eco-blister che comportano l'adozione di un processo diverso basato sul meccanismo della termo iniezione in sostituzione della fase di termosaldatura utilizzata nel processo tradizionale (si rimanda per una descrizione dettagliata al capitolo 1).

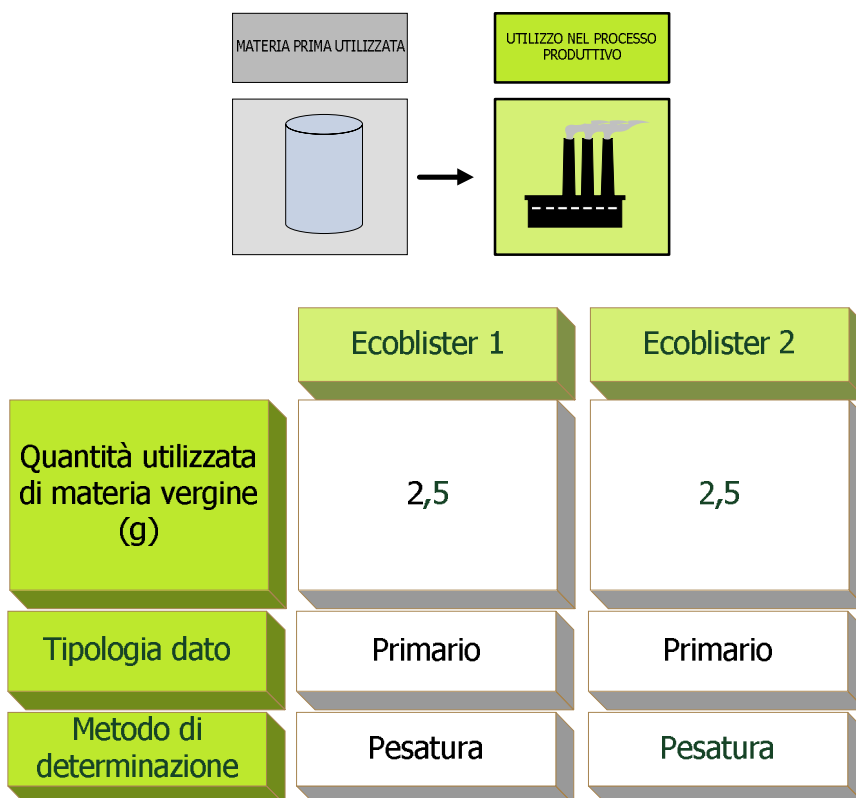


Tabella 3.15 – Cordone di sigillatura: Quantità utilizzate nel ciclo produttivo

La quantità utilizzata nel processo produttivo, come si evince dalla tabella 3.15, è la stessa in quanto, come specificato nel capitolo 2, la dimensione del blister finito rimane immutata.

3.2.2– Flussi in uscita

Trasporto del prodotto finito

L'ambito riguardante il trasporto del prodotto finito (spazzolino) ai destinatari finali (centri commerciali, negozi, etc..) viene valutato considerando gli aspetti dimensionali del prodotto. La dimensione della confezione, con l'introduzione dell'eco-blister non viene modificata; questo permette di avere un sistema logistico esattamente immutato.

Per tale motivo, non verrà considerato nella valutazione il trasporto del prodotto finito dall'azienda ai distributori.

Trattamento degli scarti di produzione

Gli scarti di produzione che verranno considerati nel modello di valutazione, sono i seguenti:

- *Sfrido misto;*
- *Sfrido contro-valva;*
- *Sfrido valva;*
- *Sfrido inserto grafico.*

Ogni sfrido verrà analizzato dettagliatamente in questo capitolo, descrivendo per ognuno:

- Caratteristiche fisiche;
- Trasporto all'impianto di trattamento;
- Trattamento finale.

Per ogni dato numerico (es. numeri viaggio, quantità utilizzata) viene descritta la tipologia del dato (es. primario o stimato).

In tabella 3.16 sono riportati i materiali costituenti i diversi sfridi di produzione:

Sfridi e relativi materiali			
	BLISTER TRADIZIONALE	ECOBLISTER 1	ECOBLISTER 2
MISTO	Misto (PET e cartoncino plastificato)	//	//
VALVA	//	PET	PET
CONTROVALVA	//	PET	PET
INSERTO GRAFICO	//	Cartoncino plastificato	PET

Tabella 3.16 – Sfridi e relativi materiali

Le figure 3.10÷3.12 evidenziano per ciascuna tipologia di blister analizzato, il trattamento di riciclo/smaltimento degli sfridi:

▪ **BLISTER TRADIZIONALE**

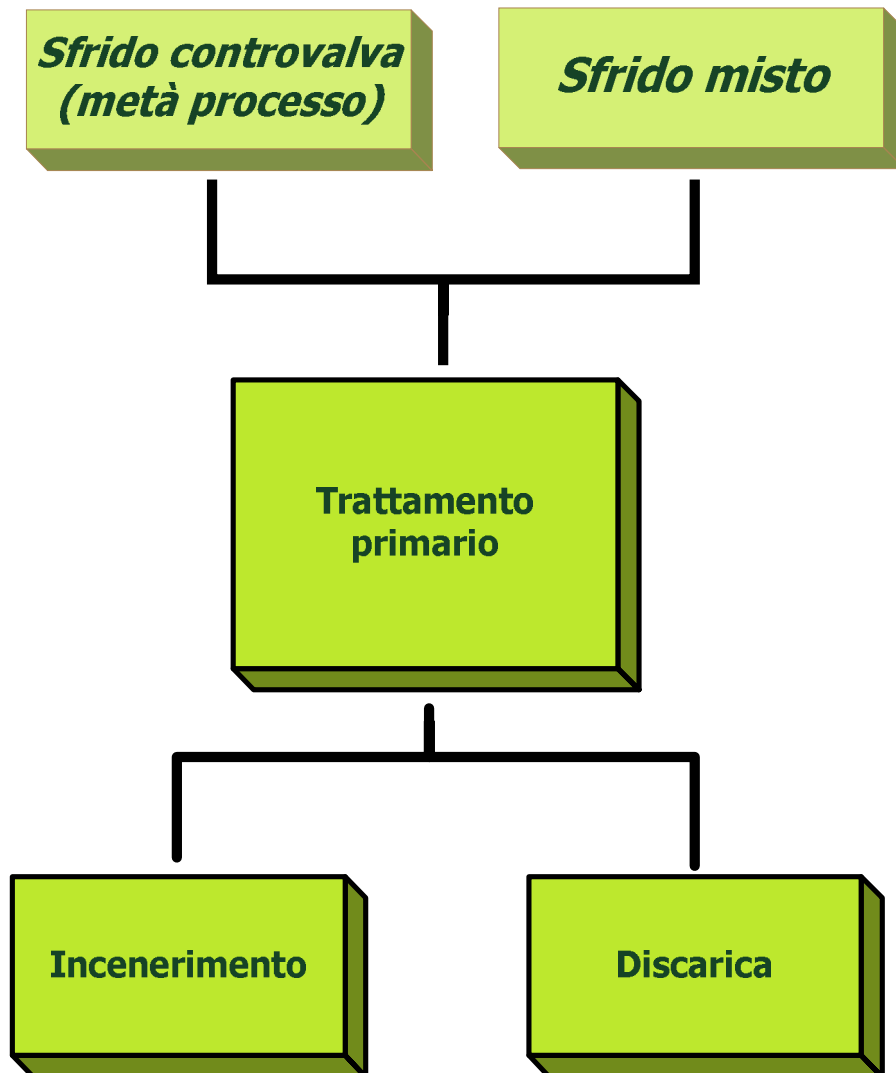


Figura 3.10 – Schema di flusso relativo al trattamento degli scarti di produzione del blister tradizionale

▪ **ECO-BLISTER 1**

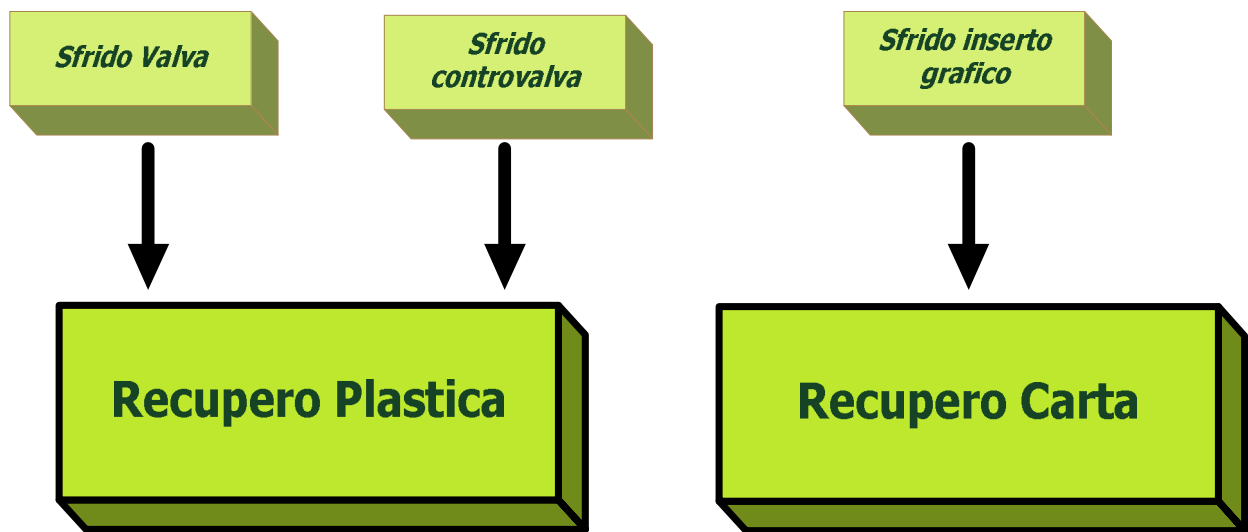


Figura 3.11 – Schema di flusso relativo al trattamento degli scarti di produzione dell'eco-blister 1

▪ **ECO-BLISTER 2**

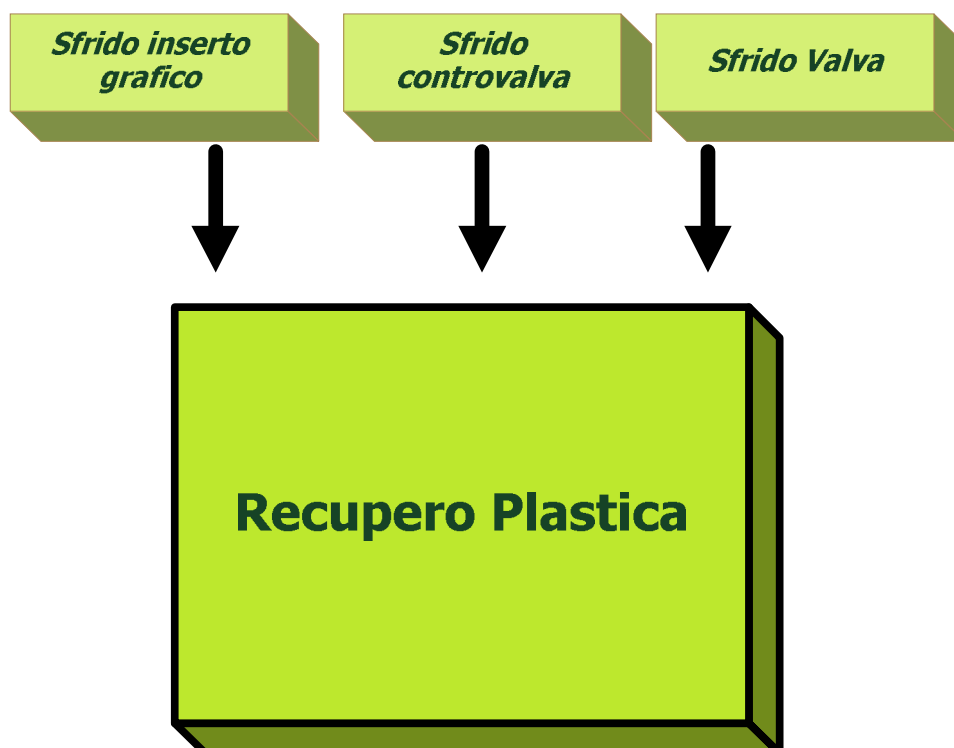


Figura 3.12 – Schema di flusso relativo al trattamento degli scarti di produzione dell'eco-blister 2

Descrizione degli scarti di produzione

○ Sfrido misto

Come evidenziato dalla figura 3.10, lo sfrido misto rappresenta lo scarto di produzione derivante esclusivamente dal processo produttivo del blister tradizionale. Alla fine della catena di assemblaggio, dove viene raccolto il prodotto finito, sulla bobina si raccoglie lo sfrido di valva-cartoncino e contro-valva "incollati" che rappresentano il cosiddetto "sfrido misto".

▪ Descrizione sfrido misto

Tipologia del materiale	Tradizionale
Quantità prodotta (g)	PET e Cartoncino plastificato
Tipologia dato	7,59
Metodo di determinazione	Primario
	Pesatura

Tabella 3.17 – Caratteristiche dello sfrido misto

La quantità riportata in tabella 3.17 corrisponde allo sfrido misto nel suo insieme in quanto le singole componenti non sono separabili. Si riportano di seguito le quantità delle singole frazioni:

- Sfrido valva (PET): 2,85 gr
- Sfrido contro-valva (PET): 1,97 gr
- Sfrido inserto grafico (cartoncino plastificato): 1,77 gr

▪ **Descrizione generale dei trattamenti**

Come riportato in figura 3.10, il trattamento dello sfrido misto si articola principalmente in due fasi: la prima riguarda il trattamento primario, svolto presso un impianto dedicato presso il quale l’Azienda invia lo scarto di produzione e quindi la fase di trattamento finale, presso il quale l’impianto precedente invia il prodotto finale della sua attività.

▪ **Trasporto dall’Azienda all’impianto di trattamento primario**

Lo sfrido misto, una volta generato dal processo industriale, viene inviato ad un impianto di trattamento primario; i dati relativi alla fase di trasporto dall’azienda a questo impianto sono riportati in tabella 3.18:

	Tradizionale
Destinazione trasportatore	Misinto (MB)
Km Distanza percorsa	1,3
Tipologia dato	Primario
Tipologia veicolo	Camion non articolato
Tipologia dato	Calcolato*

Tabella 3.18 – Dati relativi al trasporto dello sfrido misto all’impianto di trattamento primario

(*) Vedere il paragrafo “applicazione in Simapro”.

▪ **Trattamento primario**

L’attività principale svolta nello stabilimento consiste nello stoccaggio e nel trattamento di rifiuti non pericolosi. Relativamente allo stoccaggio, vengono effettuate operazioni di messa in riserva e di deposito preliminare, sia di rifiuti pericolosi che di non pericolosi.

Relativamente alle operazioni di trattamento, vengono svolte operazioni di cernita, ricondizionamento, miscelazione, raggruppamento e compattazione di rifiuti non pericolosi. In funzione delle caratteristiche dei rifiuti in ingresso alla miscelazione, sono state individuate due diverse tipologie di miscelazione, caratterizzate da diverse modalità operative denominate "semplificata" e "completa". Nel caso in oggetto, gli sfridi della produzione vengono sottoposti ad un procedimento "semplificato". Il cassone compattatore presente in azienda compatta preliminarmente lo scarto di lavorazione. Questo scarto, viene trasportato all'impianto sopraccitato. Qui, viene scaricato nell'area di miscelazione dove viene movimentato da un mezzo meccanico (benna). Successivamente il materiale viene caricato mediante un braccio meccanico, nel trituratore e infine compattato nella pressa. A questo punto il prodotto finale, costituito da cariche compatte di materiale omogeneo, viene destinato al trattamento finale.

▪ **Trasporto allo smaltimento**

Il prodotto del trattamento primario, viene successivamente inviato al trattamento finale. Per valutare questa fase di trasporto si sono utilizzati i dati riportati in tabella 3.19:

	Tradizionale
Destinazione trasportatore	Lombardia
Km Distanza percorsa	50
Tipologia dato	Stimato *
Tipologia veicolo	Camion articolato
Tipologia dato	Stimato*

Tabella 3.19 – Dati relativi al trasporto dello sfrido misto all'impianto finale di smaltimento

(*) Vedere il paragrafo "applicazione in Simapro".

- **Smaltimento**

Lo sfrido trattato e compattato viene destinato, a seconda della disponibilità impiantistica, a incenerimento o discarica.

Si è in grado di stimare che le cariche in uscita dall'impianto e destinate all'inceneritore costituiscano il 40 % mentre il restante 60% siano quelle destinate alla discarica.

Applicazione in SIMAPRO

- **Descrizione sfrido misto**

Dalla ricerca effettuata all'interno del Database Ecoinvent, si rileva l'assenza di un modulo che descriva il materiale in questione; si è deciso quindi di considerare separatamente i singoli componenti costituenti lo sfrido misto. Rappresenta questa una via "fittizia" ma indispensabile per la modellizzazione del trattamento dello sfrido. Le componenti costituenti lo sfrido sono: il PET e il cartoncino plastificato. Per quest'ultimo componente si è deciso di utilizzare le stesse percentuali della composizione costituente la materia prima per valutare nel dettaglio le singole frazioni nello sfrido misto. Per tale motivo, nel modulo predisposto, si sono identificati i tre materiali: PET, PP e cartone.

- **Trasporto dall'azienda all'impianto di trattamento primario**

Il camion, una volta in azienda, collega e solleva il cassone. La categoria del mezzo di trasporto è stata scelta sulla base dei dati reali relativi all'anno 2012: la quantità totale di rifiuti trasportata è stata pari a circa 340000 (come totale di imballaggi misti), suddivisi in n. 46 viaggi, il quantitativo trasportato a viaggio è pari a circa 7391 mentre la distanza reale percorsa è pari a 1,3 km (come riportato in tabella 3.18). Si ipotizza inoltre che il veicolo sia EURO 3 (condizione peggiorativa).

Il modulo utilizzato per il veicolo è "*Transport, lorry, 3,5-7 t, EURO 3*".

▪ **Trattamento primario**

Gli impatti correlati all'attività in questione derivano dal consumo di energia elettrica necessaria per il funzionamento dei macchinari utilizzati per il trattamento: il trituratore e il compattatore. Prendendo come riferimento il documento "Guidelines for the design, production and running of high technology plant for the disposal of urban waste (CITEC 2004)", sono stati utilizzati i consumi riportati in tabella 3.20:

Inputs	Valore	Unità misura
Electricity, medium voltage, at grid	1,5*	KWh
Electricity, medium voltage, at grid	19**	KWh

Tabella 3.20 – Moduli Simapro utilizzati relativi al trattamento primario

(*) Valore medio del consumo energetico del compattatore PRESS CONTAINER: 1÷2 KWh/ton;

(**) Valore medio del consumo energetico del trituratore SECONDARY SHREDDER: 15÷23 KWh/ton.

▪ **Trasporto allo smaltimento**

Non sapendo a quale impianto di incenerimento/discarica è stato destinato lo sfrido trattato, si è stimato che l'impianto finale (discarica o incenerimento) sia situato in Lombardia ad una distanza di 50 km (Fonte: Progetto GERLA 2012) come riportato in tabella 3.19.

Il modulo utilizzato per la tipologia di veicolo è "transport, lorry >16t, fleet average".

▪ **Smaltimento**

All'interno del modulo denominato "trattamento sfrido tradizionale" sono stati considerate le due diverse destinazioni: discarica e incenerimento.

Lo sfrido misto, che come specificato precedentemente, è costituito da più materiali non divisibili, è stato modellizzato considerando singolarmente le tre tipologie di materiale (PET, PP, cartone).

Si tratta di una scelta "fittizia" ma indispensabile per la valutazione.

I moduli utilizzati sono descritti di seguito e riportati nella tabella 3.21:

- *Disposal packaging carboard, 19,6% water, to sanitary landfill*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento in discarica (60%) della componente di cartone presente al 92% nel cartoncino plastificato.
- *Disposal packaging carboard, 19,6% water, to municipal incineration*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento di incenerimento (40%) della componente di cartone presente al 92% nel cartoncino plastificato.
- *Disposal, polythylene terephtalate, 0,2% water, to sanitary landfill*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento in discarica (60%) delle componenti costituite da PET: sfrido valva, sfrido contro-valva finale, sfrido contro-valva metà processo (descritto nel paragrafo seguente) e infine la componente di PET presente al 3,4 % nel cartoncino plastificato.
- *Disposal, polythylene terephtalate, 0,2% water, to municipal incineration*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento di incenerimento (40%) delle componenti costituite da PET: sfrido valva, sfrido contro-valva finale, sfrido contro-valva metà processo (descritto nel paragrafo seguente) e infine la componente di PET presente al 3,4 % nel cartoncino plastificato.
- *Disposal, polypropylene, 15,9% water, to sanitary landfill*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento in discarica (60%) della componente di PP presente al 4,6 % nel cartoncino plastificato.
- *Disposal, polypropylene, 15,9% water, to municipal incineration*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento di incenerimento (40%) della componente di PP presente al 4,6 % nel cartoncino plastificato.

Outputs	Valore	Unità misura
Disposal packaging cardboard, 19,6% water, to sanitary landfill	128,616	Kg
Disposal packaging cardboard, 19,6% water, to municipal incineration *	85,744	Kg
Disposal, polythylene terephtalate, 0,2% water, to sanitary landfill	465	Kg
Disposal, polythylene terephtalate, 0,2% water, to municipal incineration *	309,9688	Kg
Disposal, polypropylene, 15,9% water, to sanitary landfill	6,4308	Kg
Disposal, polypropylene, 15,9% water, to municipal incineration *	4,2872	Kg

Tabella 3.21 – Moduli Simapro relativi al trattamento finale

Ai moduli riguardanti l'attività di incenerimento (*), sono state apportate delle modifiche per considerare l'apporto calorifico dei materiali trattati; ciò permetterà di valutare l'energia evitata cioè l'energia da fonti convenzionali che viene sostituita da quella generata dall'impianto di trattamento di incenerimento che consente un recupero energetico.

Per la modellizzazione dell'energia evitata si è deciso di riprodurre in modo più rigoroso possibile la situazione della Regione Lombardia. A seguito dell'analisi della produzione elettrica e termica regionale, condotta mediante l'applicativo SIRENA (CESTEC, 2008), è emerso il forte sbilanciamento verso il gas naturale, che rappresenta il 93% dell'energia primaria di origine fossile utilizzata in entrambi i settori. Per quanto riguarda il settore elettrico, il gas viene inoltre utilizzato in larga prevalenza all'interno di centrali a ciclo combinato, che rappresentano la modalità più efficiente di produzione da fonte fossile.

Per i processi sostitutivi sono dunque state scelte le modalità di produzione convenzionale riportate in Tabella 3.22. E' bene anticipare che questa scelta avrà sicuramente delle ripercussioni sui risultati dell'analisi LCA relativi alle filiere di recupero energetico, che risulteranno inevitabilmente poco avvantaggiate dalla sostituzione di fonti tradizionali così "pulite".

Energie	Prodotto secondario	Prodotto primario evitato
Elettrica	Energia elettrica prodotta dai rifiuti (da termovalorizzazione, digestione anaerobica e discarica)	Energia elettrica prodotta da centrale termoelettrica a gas in ciclo combinato con rendimento netto pari a 51,5%
Termica	Calore prodotto dai rifiuti (da termovalorizzazione)	Calore prodotto da caldaie domestiche alimentate a gas naturale, con rendimento pari a 87%

Tabella 3.22 - Energie prodotte dal trattamento dei rifiuti e corrispondenti energie evitate da impianti con tecnologie convenzionali.

Per la modellizzazione dell'energia elettrica evitata è stato utilizzato il modulo Ecoinvent "*Electricity, natural gas, at combined cycle plant, best technology/RER*", adottando il rendimento medio annuo elettrico netto delle centrali italiane (51,5%). Per la modellizzazione dell'energia elettrica richiesta invece dalla fase di trattamento dello sfido misto (nel caso del blister tradizionale), è stato utilizzato il modulo Ecoinvent "*Electricity, medium voltage, at grid/IT*" ossia il mix energetico italiano comprese le importazioni. Infine, per la modellizzazione dell'energia termica evitata si è utilizzato il modulo costruito ex novo "*Riscaldamento da caldaia a metano*".

Nelle tabelle 3.23÷3.25 si riportano i dati inseriti nei moduli sopra citati:

- ❖ Incenerimento della frazione di carta (*modulo Simapro: Disposal packaging carboard, 19,6% water, to municipal incineration*)

Prodotti input evitati	Valore	Unità misura
Electricity, natural gas, at combined cycle plant, best technology	3,8208*	MJ
Riscaldamento da caldaia a metano RL	2,388**	MJ

Tabella 3.23 – Moduli Simapro relativi all'incenerimento della frazione di carta

(*) Il valore è stato ottenuto utilizzando il rendimento di conversione in energia elettrica (pari al 24%) e il PCI della carta (15,92 MJ/Kg) (Fonte: GERLA, Relazione n.2).

(**) Il valore è stato ottenuto utilizzando il rendimento di conversione in energia termica (pari al 15%) e il PCI della carta (15,92 MJ/Kg) (Fonte: GERLA, Relazione n.2).

- ❖ Incenerimento della frazione di PET (*modulo Simapro: Disposal, polythylene terephthalate, 0,2% water, to municipal incineration*)

Prodotti input evitati	Valore	Unità misura
Electricity, natural gas, at combined cycle plant, best technology	10,1928*	MJ
Riscaldamento da caldaia a metano RL	6,3705**	MJ

Tabella 3.24 – Moduli Simapro relativi all'incenerimento della frazione di PET

(*) Il valore è stato ottenuto utilizzando il rendimento di conversione in energia elettrica (pari al 24%) e il PCI della carta (42,47 MJ/Kg) (Fonte: GERLA, Relazione n.2).

(**) Il valore è stato ottenuto utilizzando il rendimento di conversione in energia termica (pari al 15%) e il PCI della carta (42,47 MJ/Kg) (Fonte: GERLA, Relazione n.2).

- ❖ Incenerimento frazione di PP (*Modulo Simapro: Disposal, polypropylene, 15,9% water, to municipal incineration*)

Prodotti input evitati	Valore	Unità misura
Electricity, natural gas, at combined cycle plant, best technology	7,8672*	MJ
Riscaldamento da caldaia a metano RL	4,917**	MJ

Tabella 3.25 – Moduli Simapro relativi all'incenerimento della frazione di PP

(*) Il valore è stato ottenuto utilizzando il rendimento di conversione in energia elettrica (pari al 24%) e il PCI del PP (32,78 MJ/Kg) (Fonte: GERLA, Relazione n.2).

(**) Il valore è stato ottenuto utilizzando il rendimento di conversione in energia termica (pari al 15%) e il PCI del PP (32,78 MJ/Kg) (Fonte: GERLA, Relazione n.2).

o **Sfrido contro valva**

Come evidenziato dalla figure 3.10÷3.12, lo sfrido contro valva rappresenta lo scarto di produzione derivante da tutti i processi produttivi del blister.

▪ **Descrizione sfrido contro valva**

	Tradizionale	Ecoblister 1	Ecoblister 2
Tipologia del materiale	PET	PET	PET
Quantità (g)	1	1,97	1,97
Tipologia dato	Primario	Stimato	Stimato
Metodo di determinazione	Pesatura	Stimato	Stimato

Tabella 3.26 – Caratteristiche dello sfrido contro-valva

Nel caso del blister tradizionale, lo sfrido della contro valva, viene generato in due momenti: a metà processo (e a questo si riferisce il valore riportato nella tabella) e alla fine del processo dove però lo sfrido della contro-valva fa parte del cosiddetto "sfrido misto". Per questo motivo, come mostra la tabella 3.26, vi è una differenza marcata in termini quantitativi tra il blister tradizionale e l'eco-blister.

▪ **Descrizione generale dei trattamenti**

Il trattamento dello sfrido della contro-valva viene gestito in modo differente a seconda che si tratti del processo produttivo del blister tradizionale piuttosto che di quello dell'eco-blister.

Nel processo tradizionale, il trattamento si suddivide nelle stesse fasi viste al paragrafo relativo allo sfrido misto, quindi: impianto di trattamento primario (presso il quale l'Azienda

invia lo scarto di produzione) e il trattamento finale (presso il quale l'intermediario precedente invia il prodotto finale dell'attività primaria).

Nei processi relativi agli eco-blister invece, lo sfrido di contro-valva, viene inviato all'attività di riciclo plastica.

- **Trasporto dall'Azienda all'impianto di trattamento primario**

Per quanto riguarda il caso del blister tradizionale, si rimanda a quanto riportato al paragrafo relativo allo sfrido misto.

- **Trattamento primario**

Per quanto riguarda il caso del blister tradizionale, si rimanda a quanto riportato al paragrafo relativo allo sfrido misto.

- **Trasporto allo smaltimento/riciclo**

Per quanto riguarda il trasporto all'impianto di smaltimento/riciclo, si rimanda a quanto riportato al paragrafo relativo allo sfrido misto.

- **Smaltimento/riciclo**

Per quanto riguarda la produzione di blister tradizionale, si rimanda a quanto riportato al paragrafo relativo allo sfrido misto. Lo sfrido contro-valva infatti, nel caso del blister tradizionale, viene raccolto e gestito insieme allo sfrido misto.

Per quanto riguarda la produzione di eco-blister invece, lo sfrido contro-valva, viene inviato all'attività di riciclo della plastica.

Il riciclaggio meccanico consente di ottenere manufatti a partire da plastiche omogenee (ossia composte da un solo polimero) o miste (composte, per esempio, da PE, PP, PVC, PET, PS), attraverso una serie di processi, come: classificazione dei contenitori integri, triturazione, selezione, lavaggio, essiccamento, estrusione.

Applicazione in SIMAPRO

▪ **Descrizione sfrido contro valva**

Per quanto riguarda il caso del blister tradizionale, si rimanda a quanto riportato al paragrafo relativo allo sfrido misto.

▪ **Trasporto dell'Azienda all'impianto di trattamento primario**

Per quanto riguarda il caso del blister tradizionale, si rimanda a quanto riportato al paragrafo relativo allo sfrido misto.

▪ **Trattamento primario**

Per quanto riguarda il caso del blister tradizionale, si rimanda a quanto riportato al paragrafo relativo allo sfrido misto.

▪ **Trasporto allo smaltimento/riciclo**

Per quanto riguarda il caso del blister tradizionale, si rimanda a quanto riportato al paragrafo relativo allo sfrido misto.

Per quanto riguarda la produzione di eco-blister (1 e 2), essendo in fase sperimentale, si ipotizza che l'impianto finale (impianto di recupero) sia situato in Lombardia ad una distanza di 50 km. La scelta del mezzo di trasporto si basa sul seguente ragionamento: considerando la produzione del 2012 del blister in oggetto (2.025.516) e la quantità di sfrido (6,59 gr e 5,51 gr), si è calcolato un totale di circa 13000 kg/anno trasportati.

Il modulo utilizzato per descrivere la tipologia di veicolo è "*Transport, lorry 7,5-16, EURO 3*".

▪ **Smaltimento/riciclo**

Per quanto riguarda la produzione di blister tradizionale, si rimanda a quanto riportato al paragrafo relativo allo sfrido misto

Per quanto riguarda il processo dell'eco-blister, si riportano i moduli utilizzati prima per l'eco-blister 1 e successivamente per l'eco-blister 2:

Outputs	Valore	Unità misura
Riciclo PET	4,82	g

Tabella 3.27 – Modulo Simapro utilizzato per modellizzare il trattamento finale nel caso dell'eco-blister 1

La quantità riportata in tabella 3.27 si riferisce alla somma dello sfrido della valva (2,85 gr) e della contro-valva (1,97 gr) per l'eco-blister 1.

Outputs	Valore	Unità misura
Riciclo PET	5,51	g

Tabella 3.28 – Modulo Simapro utilizzato per modellizzare il trattamento finale nel caso dell'eco-blister 2

La quantità riportata in tabella 3.28 si riferisce alla somma dello sfrido della valva (2,85 gr), della contro-valva (1,97 gr) e dell'inserito grafico (0,69 gr) per l'eco-blister 2.

La modellizzazione della fase di riciclo del PET fa riferimento a quanto riportato di seguito:

- ❖ In tabella 3.29 si riportano i consumi energetici utilizzati:

Inputs	Valore	Unità misura
Electricity, medium voltage, at grid	311	KWh
Natural gas, burned in industrial furnace > 100 KW	2699	MJ
Electricity, medium voltage, at grid	125	KWh

Tabella 3.29 – Moduli Simapro utilizzati per modellizzare i consumi energetici relativi alla fase di riciclo PET

- *Energia elettrica*: 311 KWh/t di R-PET (Fonte: GERLA relazione n. 2).
 - *Gas naturale*: 2699 MJ di metano/t di R-PET. Costituisce il consumo di metano (Fonte: GERLA relazione n. 2).
 - *Energia elettrica*: 125 kWh per t di scaglie. Costituisce il consumo di elettricità dell'estrusore necessario per produrre granuli a partire dalle scaglie (Fonte: GERLA relazione n. 2).
- ❖ E' stato adottato un'efficienza di riciclo pari al 100% differente dal progetto GERLA in quanto si tratta di campione omogeneo e costituito unicamente dalla stessa tipologia di materiale.
 - ❖ Per tenere conto del peggioramento della qualità della plastica riciclata rispetto al polimero vergine, la sostituzione di PET viene effettuata con rapporto 1:0,81 (il che significa che 1 kg di polimero secondario sostituisce 0,81 kg di polimero vergine) (Fonte: progetto GERLA).
 - ❖ La produzione primaria di PET primario è stata effettuata tramite il modulo "*Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at plant*".

○ **Sfrido valva**

Come evidenziato dalle figure 3.11 e 3.12, lo sfrido valva rappresenta lo scarto di produzione derivante esclusivamente dai processi produttivi degli eco-blister.

▪ **Descrizione sfrido valva**

Lo sfrido della valva deriva dai processi produttivi degli eco-blister, come riportato nella tabella 3.30:

	Ecoblister 1	Ecoblister 2
Tipologia del materiale	PET	PET
Quantità (g)	2,85	2,85
Tipologia dato	Stimato	Stimato
Metodo di determinazione	Stimato	Stimato

Tabella 3.30 – Caratteristiche dello sfrido valva

▪ **Descrizione generale dei trattamenti**

Si rimanda a quanto riportato al paragrafo relativo allo sfrido contro valva degli eco-blister.

▪ **Trasporto al riciclo**

Si rimanda a quanto riportato al paragrafo relativo allo sfrido contro valva degli eco-blister.

▪ **Riciclo**

Si rimanda a quanto riportato al paragrafo relativo allo sfrido contro valva degli eco-blister.

Applicazione in SIMAPRO

- **Descrizione sfrido valva**

Si rimanda alla descrizione del modulo creato per il PET in riferimento alla materia prima.

- **Trasporto al riciclo**

Si rimanda a quanto riportato al paragrafo relativo allo sfrido contro valva degli eco-blister.

- **Riciclo**

Si rimanda a quanto riportato al paragrafo relativo allo sfrido contro valva degli eco-blister.

- **Sfrido inserto grafico**

Come evidenziato dalle figure 3.11 e 3.12, lo sfrido dell'inserto grafico rappresenta lo scarto di produzione derivante esclusivamente dai processi produttivi degli eco-blister.

- **Descrizione sfrido dell'inserto grafico**

Lo sfrido dell'inserto grafico deriva dai processi produttivi degli eco-blister, come riportato nella tabella 3.31:

	Ecoblister 1	Ecoblister 2
Tipologia del materiale	Cartoncino plastificato	PET
Quantità (g)	1,77	0,69
Tipologia dato	Stimato	Stimato

Tabella 3.31 – Caratteristiche dello sfrido relativo all'inserto grafico

- **Descrizione generale dei trattamenti**

Il trattamento dello sfrido in oggetto dipende dalla tipologia di processo considerato; nel caso dell'eco-blister 1, lo sfrido, essendo di carta viene inviato ad un impianto di riciclo carta mentre nel caso dell'eco-blister2, lo sfrido di PET viene inviato ad un impianto di riciclo PET.

- **Trasporto al riciclo**

Si rimanda a quanto riportato al paragrafo relativo allo sfrido contro valva degli eco-blister.

- **Riciclo**

Per quanto riguarda lo sfrido dell'inserito grafico generato dal processo produttivo dell'eco-blister 2, si rimanda a quanto riportato al paragrafo relativo allo sfrido contro valva degli eco-blister (riciclo PET).

Per quanto riguarda lo sfrido dell'inserito grafico generato dal processo produttivo dell'eco-blister 1, si rimanda alla figura 3.13:

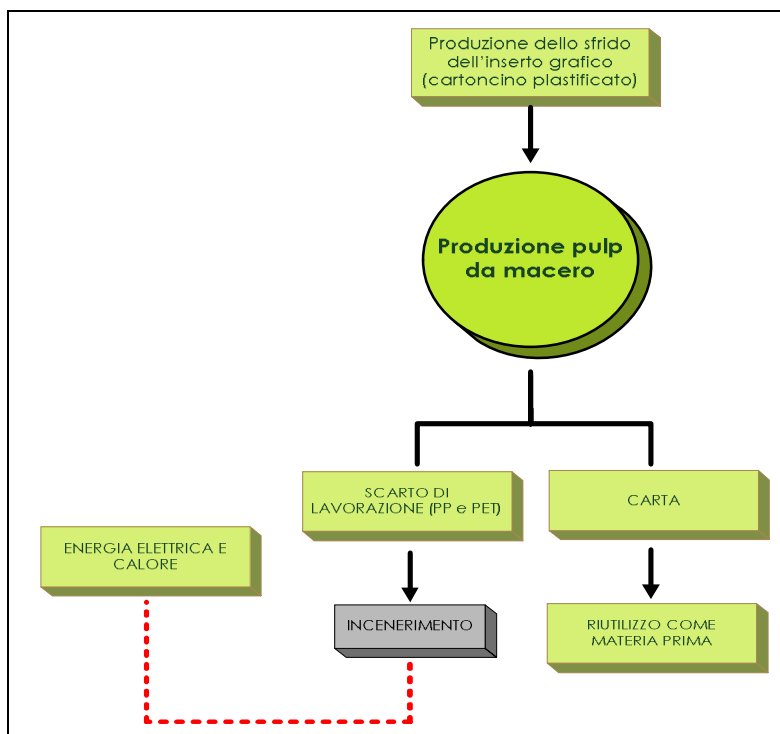


Figura 3.13 – Trattamento dello sfrido relativo all'inserito grafico (eco-blister 1)*

(*) i flussi tratteggiati ed evidenziati in rosso non sono direttamente gestiti dall'Azienda e corrispondono a flussi di energia

L'attività di riciclo della carta prevede le seguenti fasi: produzione della pasta, produzione del foglio di carta/cartone a partire dalla pasta e la trasformazione della carta in prodotti finiti (aziende cartotecniche o tipografie).

Alla cartiera la materia prima (sia essa di origine primaria o secondaria) viene introdotta nel pulper e miscelata con acqua. Avviene quindi lo spapolamento della pasta e la formazione di un impasto fluido che viene inviato a una successiva fase di raffinazione che precede la fase di formazione del foglio. Le fasi del processo produttivo delle carte riciclate sono simili a quelle delle carte per le quali vengono impiegate materie prime vergini, fatta eccezione per la parte iniziale della preparazione dell'impasto.

Quando si utilizza carta da macero, come materiale fibroso, è infatti necessario far procedere le fasi di lavorazione dell'impasto da alcuni trattamenti specifici finalizzati a rimuovere dai maceri tutte le impurità che possono creare problemi produttivi e condizionare gravemente la qualità del prodotto finito.

- **Trasporto a smaltimento**

Si rimanda a quanto riportato al paragrafo relativo allo sfrido contro valva degli eco-blister.

- **Smaltimento scarto riciclo**

Nel caso dell'eco-blister 1, dall'attività di riciclo carta, sopra descritta, si genera uno scarto (costituito dalle frazioni di PP e di PET del cartoncino plastificato) che viene inviato a smaltimento finale di incenerimento.

Applicazione in SIMAPRO

▪ Descrizione sfrido dell'inserito grafico

Si rimanda alla descrizione dei moduli creati per il PET e per il cartoncino plastificato in riferimento alle materie prime.

▪ Trasporto al riciclo

Si rimanda a quanto riportato nel paragrafo precedente per lo sfrido valva nel caso degli eco-blister.

▪ Riciclo

Per quanto riguarda la produzione di eco-blister 2, per la descrizione del riciclo del PET, si rimanda a quanto riportato al paragrafo relativo allo sfrido contro valva degli eco-blister.

Per quanto riguarda il processo dell'eco-blister 1, si riporta in tabella 3.32 il modulo utilizzato:

Outputs	Valore	Unità misura
Riciclo Carta	1,77	g

Tabella 3.32 – Modulo Simapro utilizzato per modellizzare il riciclo della carta

La fase di riciclo della carta è stata modellizzata facendo riferimento a quanto riportato di seguito:

- ✓ Si è assunta un'efficienza di riciclo (costituita dalla quantità prodotta di pulp da macero a partire da carta recuperata) pari al 92%, sulla base della frazione di cartone contenuta nel cartoncino plastificato.
- ✓ La tabella 3.33 riporta i consumi di diesel e di energia per la produzione del pulp da macero. I valori si riferiscono alla quantità di carta da trattare; ricordando che il rendimento è pari al 92%, si ottiene 1 tonn di pulp da macero da 1,0869 tonn di carta da trattare. I valori inseriti nel modulo "pulp da macero" sono i seguenti:

Inputs	Valore	Unità misura
Diesel, burned in bulding machine	19,45*	MJ
Electricity, medium voltage, at grid	217,39**	KWh

Tabella 3.33 – Moduli Simapro utilizzati per modellizzare l'energia consumata

(*) Si è utilizzato come riferimento il consumo di diesel per carta da trattare pari a 17,9 MJ/tonn; questo valore è stato diviso per il rendimento visto sopra (Fonte: GERLA relazione n. 2).

(**) Si è utilizzato come riferimento il consumo di energia elettrica per carta da trattare pari a 200 KWh/tonn; questo valore è stato diviso per il rendimento visto sopra (Fonte: GERLA relazione n.2).

Si è assunto un rapporto di sostituzione pari a 1:0,83, ; ciò significa ipotizzare che 1 t di pasta secondaria sostituisce 833 kg di pasta primaria.

Nel presente studio, da 1 tonnellata di carta da trattare si ottengono 920 Kg di pasta secondaria che andranno a sostituire 763,36 Kg di pasta primaria (Tab. 3.34).

Avoided products	Valore	Unità misura
Thermo mechanical pulp, at plant	763,36*	Kg
Inputs	Valore	Unità misura
Pulp da macero	920**	Kg

Tabella 3.34 – Moduli Simapro utilizzati per modellizzare il riciclo della carta

(*) Il valore è stato calcolato a partire dalla quantità del pulp da macero e considerando il rapporto sopra descritto.

(**) Il valore è stato calcolato a partire dalla quantità di carta da trattare e considerando il rendimento sopra descritto.

▪ **Trasporto a smaltimento**

All'interno del modulo "pulp da macero" è stato considerato il trasporto dello scarto produttivo ad un impianto finale di smaltimento (incenerimento).

Non avendo a disposizione informazioni a riguardo, si è stimato che l'impianto finale (impianto di recupero) sia situato in Lombardia ad una distanza di 50 km.

Il modulo utilizzato per descrivere la tipologia di veicolo è: "Transport. Lorry 3,5-7,5t, EURO 3".

▪ **Smaltimento**

Lo scarto produttivo sopra descritto, costituito dalle frazioni "estranee" del cartoncino plastificato (PP e PET) e inviato a incenerimento, viene modellizzato come riportato nella tabella 3.35:

Outputs	Valore	Unità misura
Disposal, polypropylene, 15,9% water, to municipal incenerition	50*	Kg
Disposal, polythylene, 0,4% water, to municipal incenerition	36,9**	Kg

Tabella 3.35 – Moduli Simapro utilizzati per modellizzare il trattamento finale dello scarto

(*) Valore relativo alla frazione di PP contenuta nel cartoncino plastificato (4,6%)

(**) Valore relativo alla frazione di PET contenuta nel cartoncino plastificato (3,4%)

Moduli riepilogativi inseriti in SIMAPRO

Nelle tabelle 3.36÷3.38 sono riportati i moduli riepilogativi utilizzati in Simapro.

- **BLISTER TRADIZIONALE**

Inputs	Valore	Unità misura
Cartoncino plastificato	4,56	g
PET film	11,89	g
Inputs	Valore	Unità misura
Transport, lorry 3,5-7,5, EURO 3	0,00987	kgkm
Outputs	Valore	Unità misura
Trattamento Sfrido Blister tradizionale	7,59	g

Tabella 3.36 – Moduli Simapro utilizzati per modellizzare il blister tradizionale

▪ **ECO-BLISTER 1**

Inputs	Valore	Unità misura
Gomma Laprene	2,5	g
Cartoncino plastificato	4,4	g
PET film	10,62	g
Inputs	Valore	Unità misura
Transport, lorry 7,5-16 t, EURO 3	0,33	kgkm
Outputs	Valore	Unità misura
Riciclo PET	4,82	g
Riciclo Carta	1,77	g

Tabella 3.37 – Moduli Simapro utilizzati per modellizzare l'Eco-blister 1

▪ **ECO-BLISTER 2**

Inputs	Valore	Unità misura
Gomma Laprene	2,5	g
PET	13,01	g
Inputs	Valore	Unità misura
Transport, lorry 7,5-16 t, EURO 3	0,276	kgkm
Outputs	Valore	Unità misura
Riciclo PET	5,51	g

Tabella 3.38 – Moduli Simapro utilizzati per modellizzare l'Eco-blister 2

3.2.3 – Fine vita del blister utilizzato dal cittadino

Il presente capitolo ha il compito di valutare il fine vita del prodotto considerato. Ciò significa che il centro di valutazione si sposta dal sistema produttivo aziendale, definito in modo preciso e standardizzato, al singolo cittadino che utilizza il prodotto spazzolino.

La persona, una volta che scarta la confezione per utilizzare lo spazzolino, getta il blister tra i rifiuti innescando dei successivi processi di trattamento.

Chiaramente, a seconda della tipologia del blister considerato, si otterranno degli scenari differenti.

Di seguito sono riportate le valutazioni espresse per il:

- Blister tradizionale;
- Eco-blister 1 (primo scenario);
- Eco-blister 1 (secondo scenario);
- Eco-blister 2.

Per ognuno di questi, verranno specificati i seguenti dati:

- Caratteristiche del blister;
- Fase di raccolta;
- Fase di trasporto;
- Gestione finale del rifiuto.

I dati relative alla fase di raccolta e alla fase di trasporto sono stati ricavati dal seguente documento: *“Progetto GERLA (GESTione Riifuti in Lombardia – Analisi del ciclo di vita)”*.

Si evidenzia il fatto che, in seguito alla ricerca tra i database proposti da Simapro, non sono emersi moduli in grado di modellizzare il trattamento finale della gomma laprene che si differenzia dal trattamento del PET. Per tale motivo la componente di gomma laprene verrà considerata soltanto nelle fasi di raccolta e trasporto (sotto la voce Plastica) ma non nella fase di trattamento.

I seguenti diagrammi (figure 3.14÷3.17) evidenziano le unità di processo che verranno inserite nel modello del fine vita e le loro interrelazioni.



Figura 3.14 – Schema generale relativo al sistema del fine vita del blister tradizionale

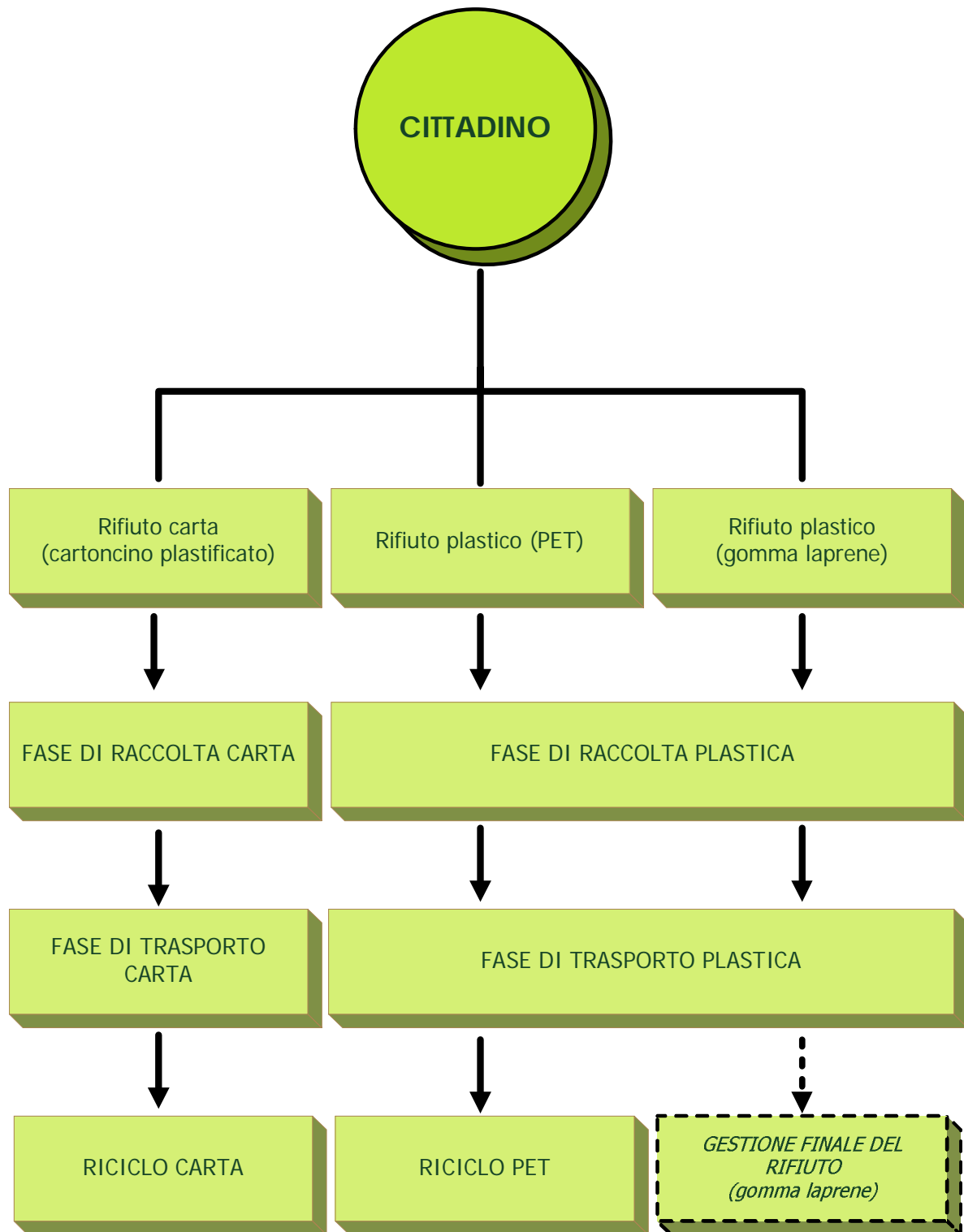


Figura 3.15 – Schema generale relativo al sistema del fine vita dell'eco-blister1 (primo scenario)*

(*) il flusso tratteggiato, relativo al trattamento della gomma laprene, è fuori dai confini del sistema considerato.

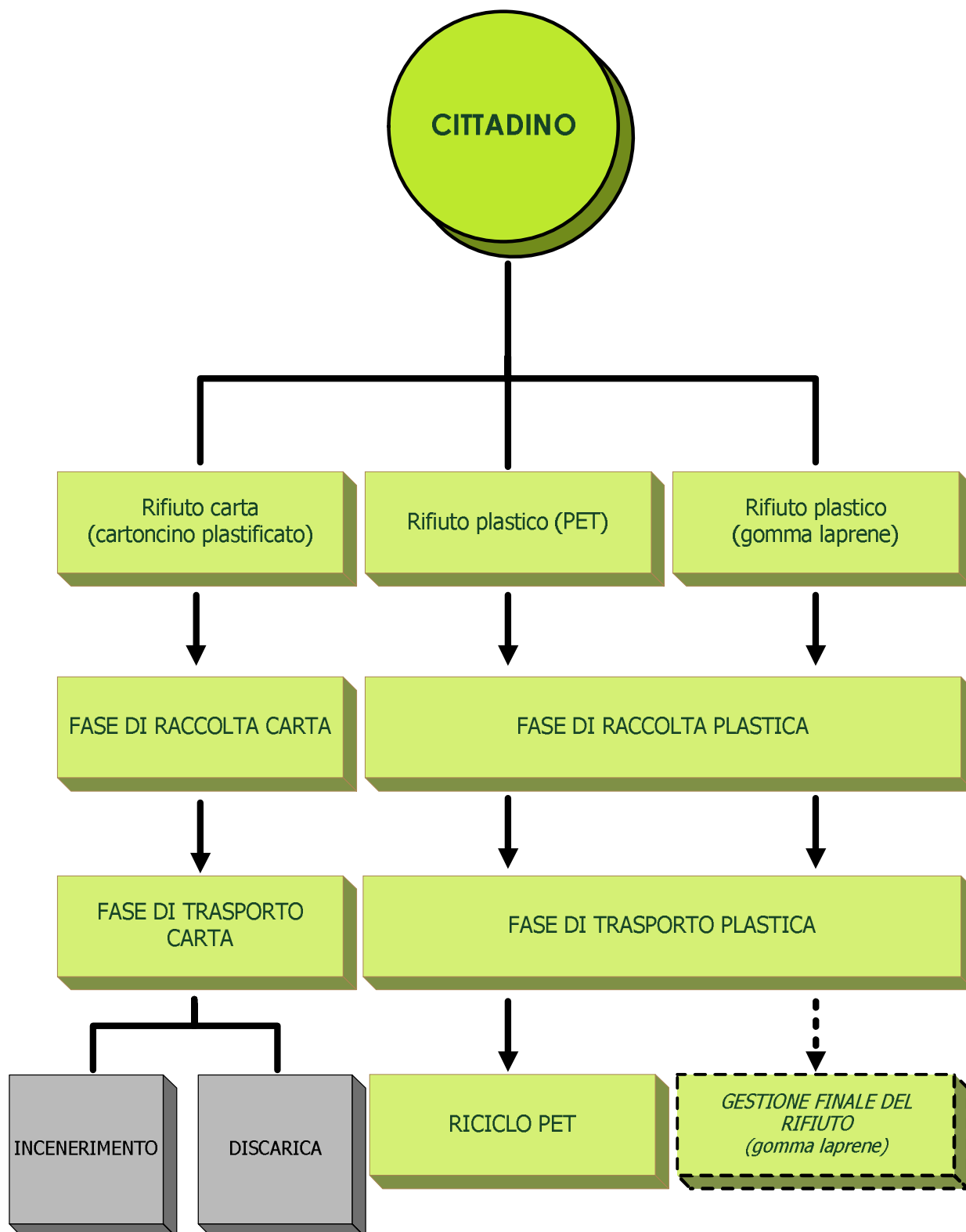


Figura 3.16 – Schema generale relativo al sistema del fine vita dell'eco-blister1 (secondo scenario)*

(*) il flusso tratteggiato, relativo al trattamento della gomma laprene, è fuori dai confini del sistema considerato.

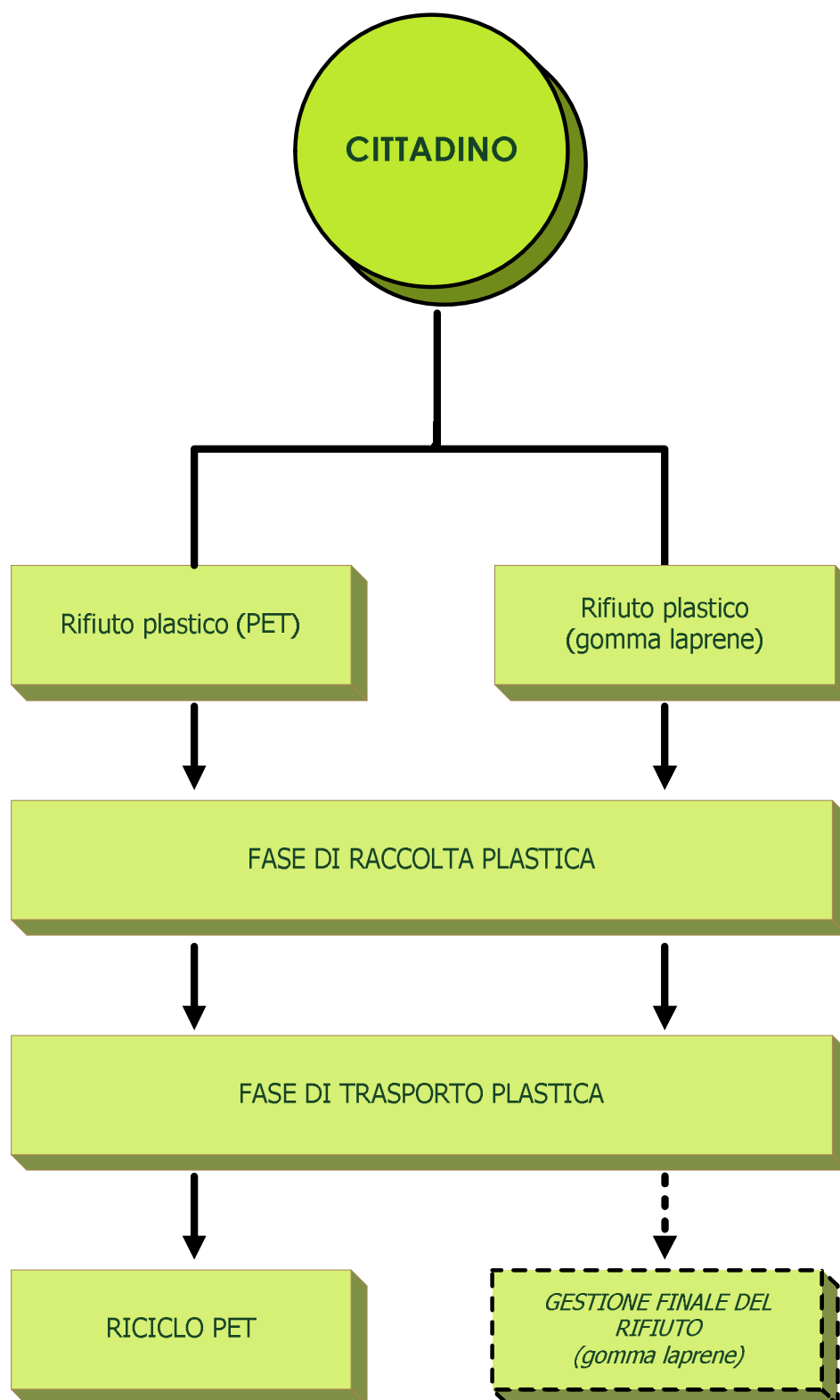
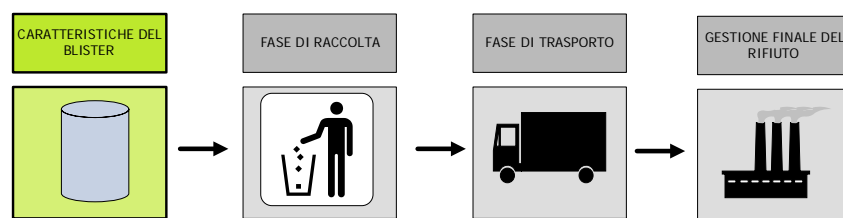


Figura 3.17 – Schema generale relativo al sistema del fine vita dell'eco-blister2*

(*) il flusso tratteggiato, relativo al trattamento della gomma laprene, è fuori dai confini del sistema considerato.

▪ **Blister tradizionale**



Il Blister tradizionale, come enunciato nel capitolo 2, comporta diverse problematiche tra cui la non facile separabilità della confezione finale (costituita dalle singole frazioni: plastica PET per valva e contro-valva e cartoncino per l’inserito grafico) e il fatto che i due materiali eventualmente separati siano contaminati (ciascun materiale presenta un residuo dell’altro materiale). L’entità di queste frazioni in termini quantitativi sono ben note e sono riportate in tabella 3.39 e raffigurate in fig. 3.18:

	PET	Cartoncino plastificato
Quantità (g)	6,07	2,79
Tipologia dato	Primario	Primario

Tabella 3.39 – Composizione del blister tradizionale

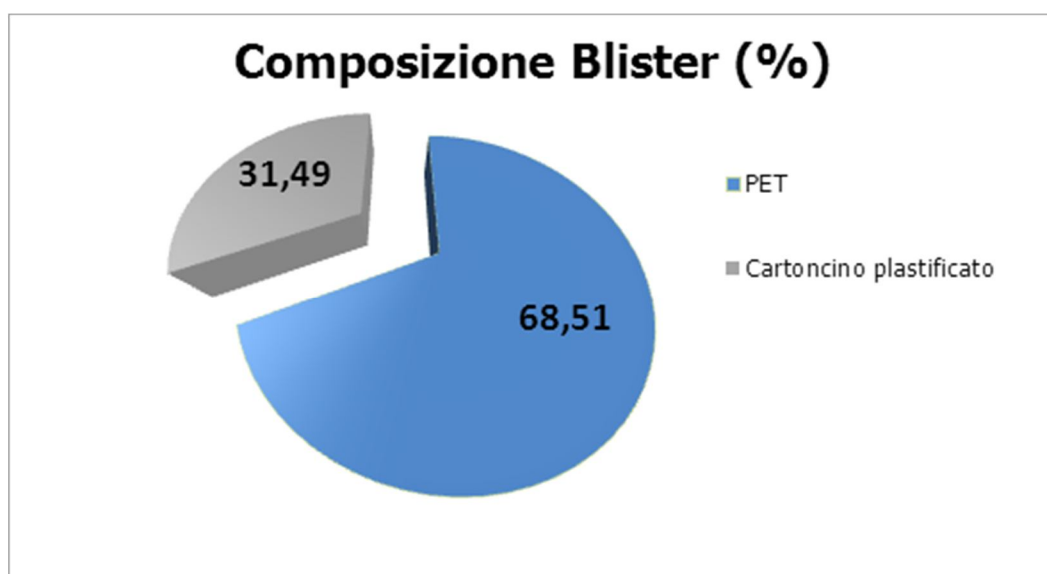
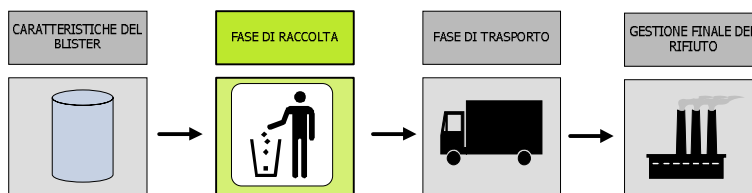


Figura 3.18 – Composizione del blister tradizionale

Nel presente studio si assume quindi che tale blister venga conferito da parte del cittadino nel sacco destinato al rifiuto indifferenziato.

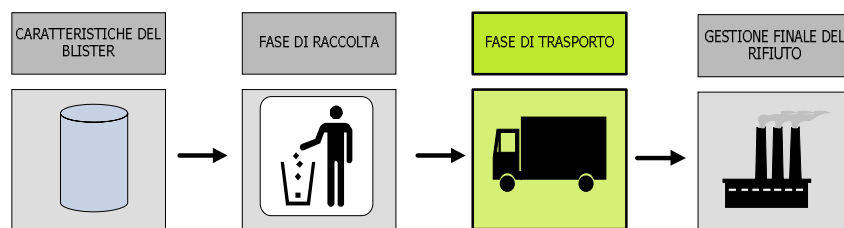
Le fasi di raccolta, trasporto e smaltimento sono state modellizzate facendo riferimento al RUR (Rifiuto urbano residuo) raccolto in Lombardia (Fonte: Progetto GERLA).



La tabella 3.40 riporta i parametri utilizzati relativi alla fase di raccolta:

Tipologia raccolta	Porta a Porta		Cassonetto stradale
Tipologia dato	Stimato		Stimato
Tipologia di raccolta (%)	70,8		29,2
Tipologia dato	Stimato		Stimato
Tipologia veicolo	Camion > 16 t	Furgone <3,5 t	Camion > 16 t
Tipologia dato	Stimato		stimato
Utilizzo del veicolo (%)	40,9	59,1	100
Tipologia dato	Stimato		Stimato
Distanza percorsa (km)	15,4		7,4
Tipologia dato	Stimato		Stimato
Valore (KgKm)	0,0384	0,0554	0,0186
Tipologia dato	Calcolato		

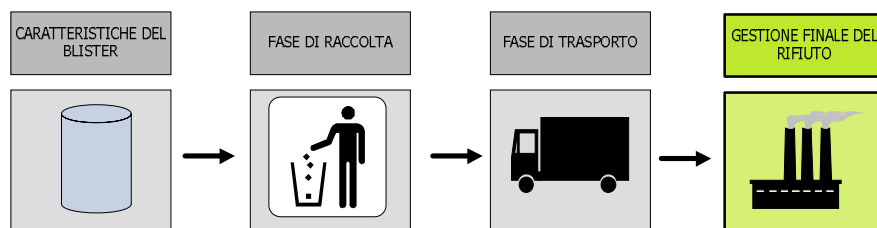
Tabella 3.40 – Fase di raccolta del blister tradizionale



La tabella 3.41 riporta i parametri utilizzati per la fase di trasporto:

Destinazione trasporto	Discarica		Incenerimento	
Tipologia dato	Stimato		Stimato	
Destinazione trasporto (%)	60		40	
Tipologia dato	Stimato		Stimato	
Tipologia veicolo	Camion > 32 t EURO 3	Camion > 32 t EURO	Camion > 32 t EURO 3	Camion > 32 t EURO
Tipologia dato	Stimato		Stimato	
Utilizzo del veicolo (%)	50	50	50	50
Tipologia dato	Stimato		Stimato	
Distanza percorsa (km)	26,5		18,3	
Tipologia dato	Stimato		Stimato	
Valore (KgKm)	0,114	0,114	0,0787	0,0787
Tipologia dato	Calcolato			

Tabella 3.41 – Fase di trasporto del blister tradizionale



Il blister scartato è costituito da un unico pezzo di materiale indivisibile, ai fini del calcolo, però, si è reso necessario, considerare separatamente le singole frazioni costituenti il blister. Si ipotizza (Progetto: GERLA) che il blister (oramai RUR) venga inviato per il 4,1% in discarica e 95,9% a incenerimento.

In tabella 3.42 sono riportati i moduli utilizzati per le fasi di smaltimento in discarica e incenerimento con le rispettive quantità.

Outputs	Valore	Unità misura
Disposal packaging carboard, 19,6% water, to sanitary landfill	0,000105	Kg
Disposal packaging carboard, 19,6% water, to municipal incineration	0,00246	Kg
Disposal, polythylene terephthalate, 0,2% water, to sanitary landfill	0,000252	Kg
Disposal, polythylene terephthalate, 0,2% water, to municipal incineration	0,0059	Kg
Disposal, polypropylene, 15,9% water, to sanitary landfill	0,00000526	Kg
Disposal, polypropylene, 15,9% water, to municipal incineration	0,000123	Kg

Tabella 3.42 – Moduli utilizzati per il trattamento del blister tradizionale

I moduli utilizzati in Simapro sono commentati qui di seguito:

- *Disposal packaging carboard, 19,6% water, to sanitary landfill*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento in discarica della componente di cartone presente al 92% nel cartoncino plastificato.

- *Disposal packaging cardboard, 19,6% water, to municipal incineration*: Viene utilizzato per modellizzare il trattamento di incenerimento della componente di cartone presente al 92% nel cartoncino plastificato.
- *Disposal, polythylene terephtalate, 0,2% water, to sanitary landfill*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento in discarica delle componenti costituite da PET: sfrido valva, sfrido contro-valva finale, sfrido contro-valva metà processo e infine la componente di PET presente al 3,4 % nel cartoncino plastificato.
- *Disposal, polythylene terephtalate, 0,2% water, to municipal incineration*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento di incenerimento delle componenti costituite da PET: sfrido valva, sfrido contro-valva finale, sfrido contro-valva metà processo e infine la componente di PET presente al 3,4 % nel cartoncino plastificato.
- *Disposal, polypropylene, 15,9% water, to sanitary landfill*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento in discarica della componente di PP presente al 4,6 % nel cartoncino plastificato.
- *Disposal, polypropylene, 15,9% water, to municipal incineration*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento di incenerimento della componente di PP presente al 4,6 % nel cartoncino plastificato.

Quanto descritto finora, viene di seguito raffigurato nella fig. 3.19:

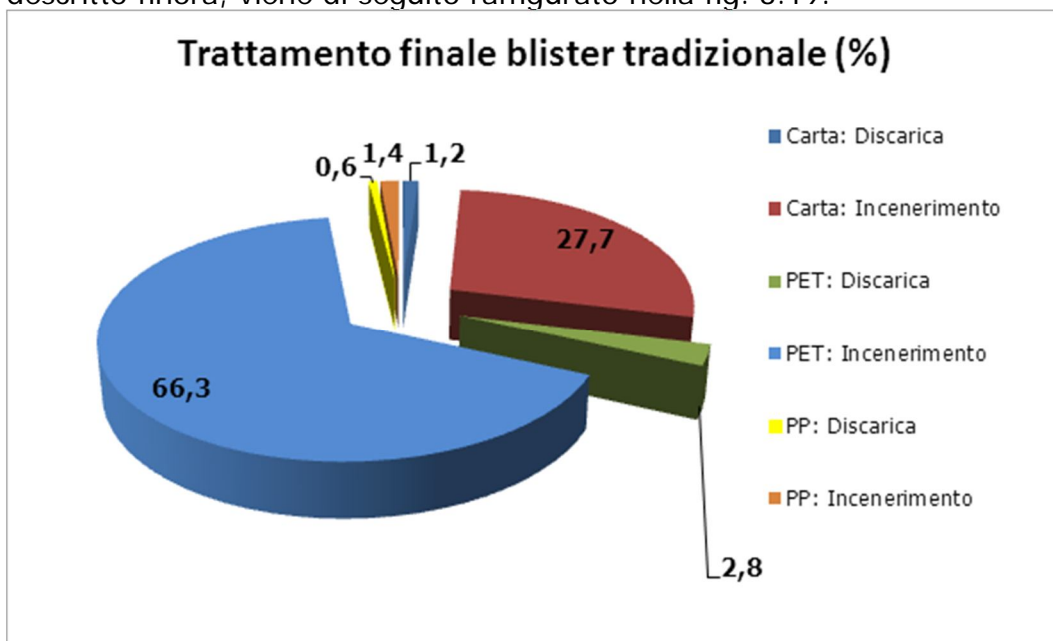
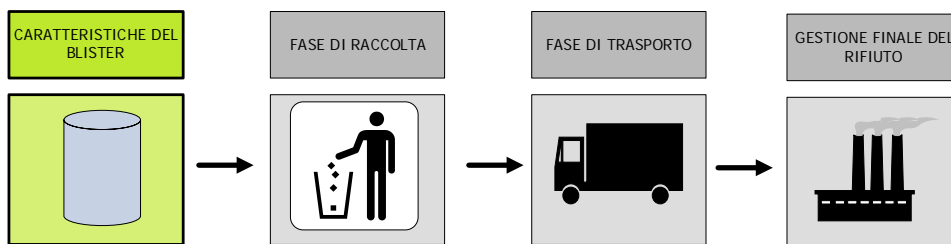


Figura 3.19 – Trattamento finale del blister tradizionale

▪ **Eco-blister 1**



L'eco-blister 1, come enunciato nel capitolo 2, oltre ai componenti visti nel blister tradizionale, comporta l'introduzione di un nuovo materiale, la gomma di laprene. L'entità delle frazioni costituenti il blister, in termini quantitativi sono ben note e sono riportate in tabella 3.43 e raffigurate in fig. 3.20:

	PET	Cartoncino plastifica	Gomma laprene
Quantità (g)	5,8	2,67	2,5
Tipologia dato	Primario	Primario	Primario

Tabella 3.43 – Composizione dell'eco-blister 1

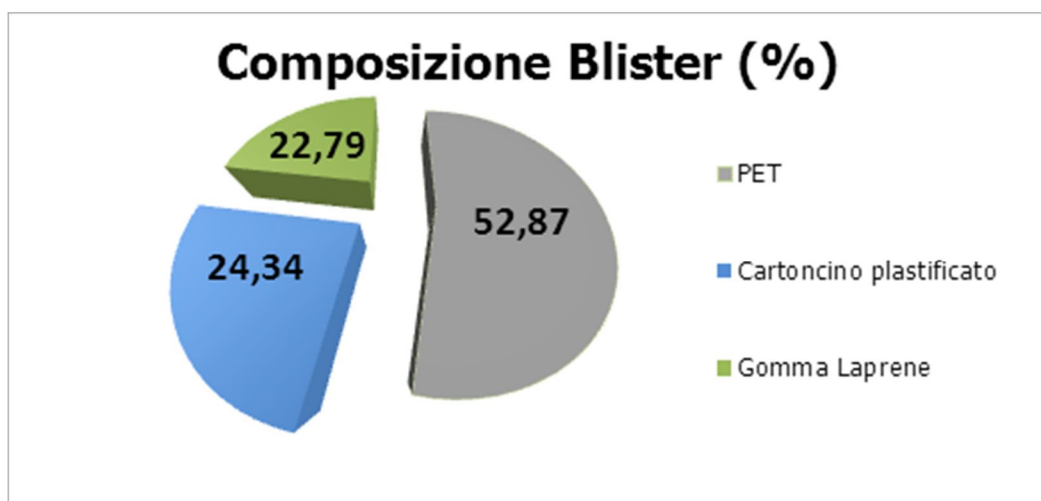
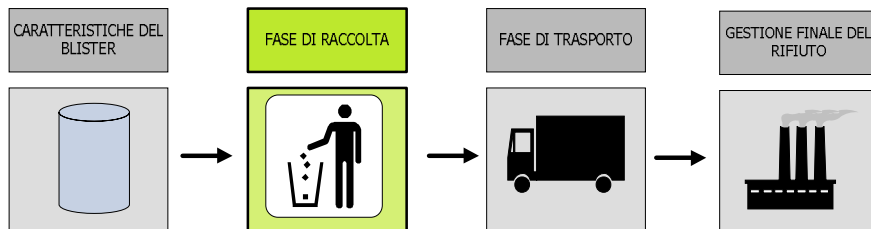


Figura 3.20 – Composizione dell'eco-blister 1

Nel presente studio si assume che tale blister venga gestito, da parte del cittadino, in due modalità differenti che sono descritte dai seguenti scenari:

- *Primo scenario:* Il cittadino, una volta scartato il prodotto, conferisce le componenti di PET (valva, controvalva) nel sacco destinato ai rifiuti plastici mentre il cartoncino viene conferito nel sacco destinato ai rifiuti di carta. Questo scenario rappresenta lo scenario ottimale in cui il cittadino è pienamente consapevole della natura dei materiali e del loro conseguente conferimento.
- *Secondo scenario:* Il cittadino, una volta scartato il prodotto, conferisce le componenti di PET (valva, controvalva) nel sacco destinato ai rifiuti plastici mentre il cartoncino viene conferito nel sacco destinato al rifiuto indifferenziato. Questo scenario deriva dal fatto che, a differenza della valva e controvalva, per i quali non sorgono dubbi sul loro conferimento, per l'inserito grafico invece, costituita dal cartoncino plastificato, qualche dubbio può sorgere. Il cittadino infatti potrebbe gettarlo nel sacco destinato al rifiuto indifferenziato.

Le fasi di raccolta, trasporto e smaltimento sono state modellizzate facendo riferimento al RUR (Rifiuto urbano residuo) raccolto in Lombardia (Fonte: Progetto GERLA).



La tabella 3.44 riporta i parametri utilizzati per la fase di raccolta della carta:

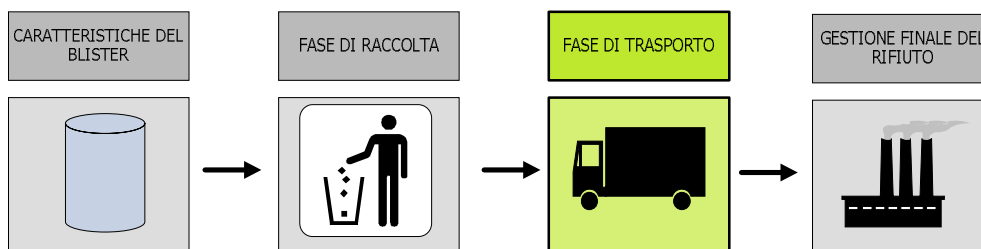
Tipologia raccolta	Porta a Porta		Cassonetto stradale	Area attrezzata
Tipologia dato	Stimato		Stimato	Stimato
Tipologia di raccolta (%)	62,4		27,2	10,4
Tipologia dato	Stimato		Stimato	Stimato
Tipologia veicolo	Camion > 16 t	Furgone <3,5 t	Camion > 16 t	Furgone <3,5 t
Tipologia dato	Stimato		Stimato	Stimato
Utilizzo del veicolo (%)	41,1	58,9	100	100
Tipologia dato	Stimato		Stimato	Stimato
Distanza percorsa (km)	27		19,2	7,2
Tipologia dato	Stimato		Stimato	Stimato
Valore (KgKm)	0,0185	0,0265	0,0139	0,002
Tipologia dato	Calcolato			

Tabella 3.44 – Fase di raccolta della carta dell’eco-blister 1

La tabella 3.45 riporta i parametri utilizzati per la fase di raccolta della plastica:

Tipologia raccolta	Porta a Porta		Cassonetto stradale	Area attrezzata
Tipologia dato	Stimato		Stimato	Stimato
Tipologia di raccolta (%)	58,7		29,3	11,9
Tipologia dato	Stimato		Stimato	Stimato
Tipologia veicolo	Camion > 16 t	Furgone <3,5 t	Camion > 16 t	Furgone <3,5 t
Tipologia dato	Stimato		Stimato	Stimato
Utilizzo del veicolo (%)	40,6	59,4	100	100
Tipologia dato	Stimato		Stimato	Stimato
Distanza percorsa (km)	48,8		47,8	2,6
Tipologia dato	Stimato		Stimato	Stimato
Valore (KgKm)	0,0965	0,141	0,116	0,00257
Tipologia dato	Calcolato			

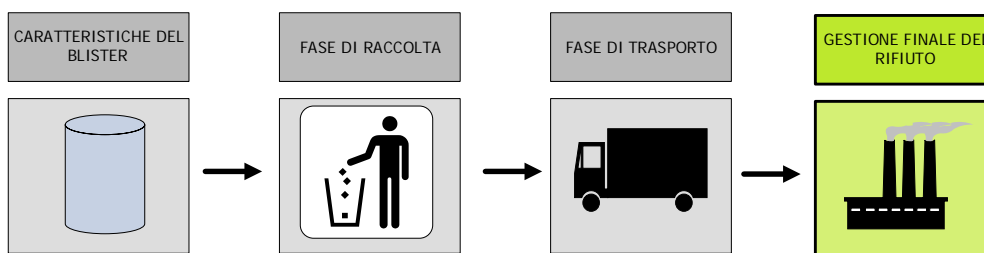
Tabella 3.45 – Fase di raccolta della plastica dell'eco-blister 1



La tabella 3.46 riporta i parametri utilizzati per la fase di trasporto:

Destinazione trasporto	Recupero carta		Recupero plastica	
Tipologia dato	Stimato		Stimato	
Tipologia veicolo	Camion > 32 t EURO 3	Camion > 32 t EURO 4	Camion > 32 t EURO 3	Camion > 32 t EURO 4
Tipologia dato	Stimato		Stimato	
Utilizzo del veicolo (%)	50	50	50	50
Tipologia dato	Stimato		Stimato	
Distanza percorsa (km)	50		50	
Tipologia dato	Stimato		Stimato	
Valore (KgKm)	0,0668	0,0688	0,207	0,207
Tipologia dato	Stimato			

Tabella 3.46 – Fase di trasporto dell'eco-bliester 1



La gestione del rifiuto si caratterizza nelle seguenti tipologie:

1° scenario: I moduli utilizzati sono riportati in tabella 3.47:

Outputs	Valore	Unità misura
Riciclo PET	0,0058	Kg
Riciclo Carta	0,00267	Kg

Tabella 3.47 – Moduli utilizzati per il trattamento finale dell'eco-blister 1 (1° scenario)

Quanto riportato nella tabella 3.46 viene raffigurato nella figura 3.21:

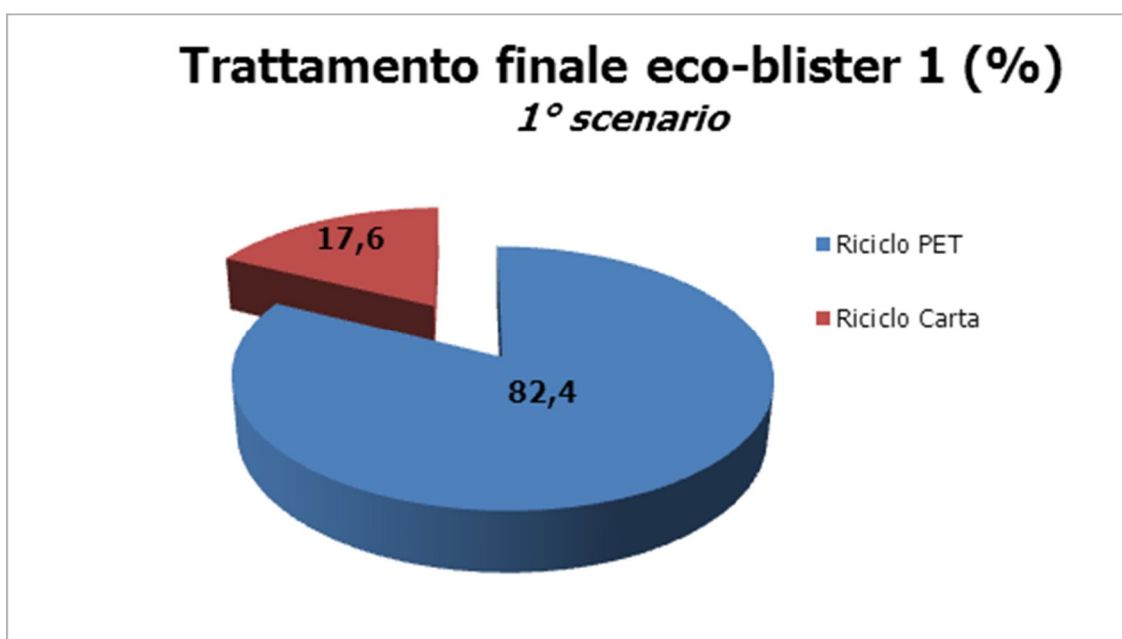


Figura 3.21 – Trattamento finale dell'eco-blister 1 (1° scenario)

I moduli utilizzati in Simapro sono commentati di seguito:

- *Riciclo PET*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento finale delle componenti di PET (valva, contro-valva);
- *Riciclo Carta*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento finale della componente di cartoncino plastificato (inserto grafico)

2° scenario: I moduli utilizzati sono riportati in tabella 3.48:

Outputs	Valore	Unità misura
Riciclo PET	0,0058	Kg
Disposal packaging carboard, 19,6% water, to sanitary landfill	0,000101	Kg
Disposal packaging carboard, 19,6% water, to municipal incineration	0,00236	Kg
Disposal, polythylene terephtalate, 0,2% water, to sanitary landfill	0,00000372	Kg
Disposal, polythylene terephtalate, 0,2% water, to municipal incineration	0,0000871	Kg
Disposal, polypropylene, 15,9% water, to sanitary landfill	0,00000504	Kg
Disposal, polypropylene, 15,9% water, to municipal incineration	0,000118	Kg

Tabella 3.48 – Moduli utilizzati per il trattamento finale dell'eco-blister 1 (2° scenario)

I moduli utilizzati in Simapro sono commentati qui di seguito:

- *Riciclo PET*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento finale delle componenti di PET (valva, contro-valva).

- *Disposal packaging carboard, 19,6% water, to sanitary landfill*: Viene utilizzato per modellizzare il trattamento finale in discarica della componente di cartone presente al 92% nel cartoncino plastificato.
- *Disposal packaging carboard, 19,6% water, to municipal incineration*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento finale della componente di cartone presente al 92% nel cartoncino plastificato.
- *Disposal, polythylene terephtalate, 0,2% water, to sanitary landfill*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento finale della componente di PET presente al 3,4 % nel cartoncino plastificato.
- *Disposal, polythylene terephtalate, 0,2% water, to municipal incineration*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento finale della componente di PET presente al 3,4 % nel cartoncino plastificato.
- *Disposal, polypropylene, 15,9% water, to sanitary landfill*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento finale della componente di PP presente al 4,6 % nel cartoncino plastificato.
- *Disposal, polypropylene, 15,9% water, to municipal incineration*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento finale della componente di PP presente al 4,6 % nel cartoncino plastificato.

Quanto riportato nella tabella 3.48 viene raffigurato nella figura 3.22:

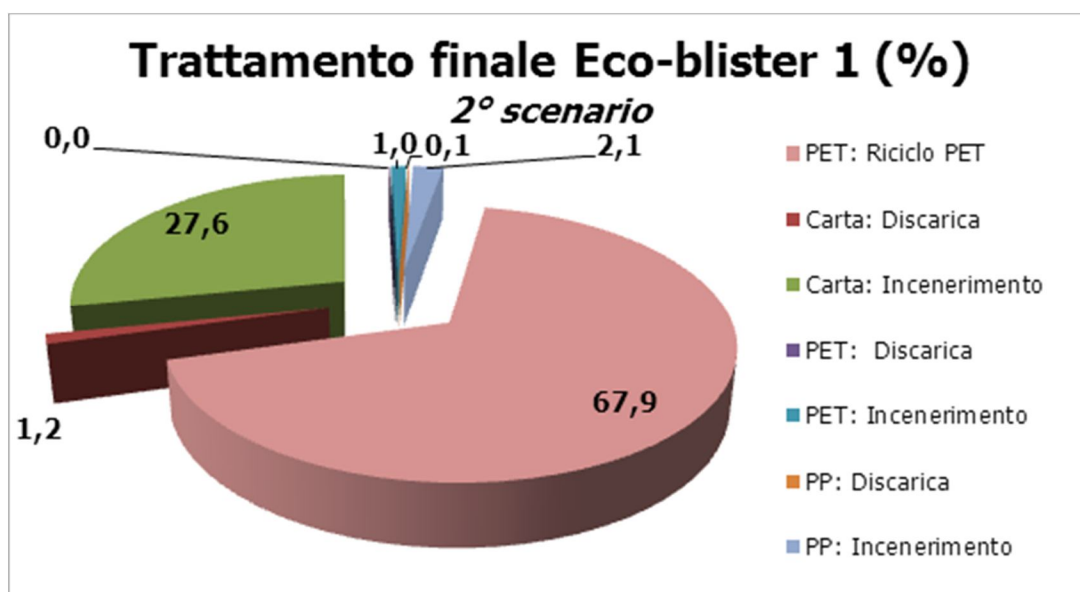
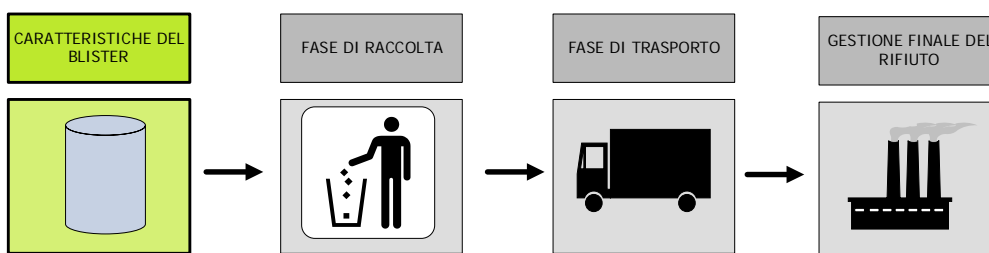


Figura 3.22 – Trattamento finale dell'eco-blister 1 (2° scenario)

▪ **Eco-blister 2**



L'eco-blister 2, come enunciato nel capitolo 2, rispetto a quanto visto per il blister tradizionale, comporta l'introduzione di un nuovo materiale, la gomma laprene e l'utilizzo del PET per l'insero grafico in sostituzione del cartoncino plastificato. L'entità delle frazioni costituenti il blister, in termini quantitativi sono ben note e sono riportate in tabella 3.49 e raffigurate in fig. 3.23:

	PET	Gomma Laprene
Quantità (g)	7,5	2,5
Tipologia dato	Primario	Primario

Tabella 3.49 – Composizione dell'eco-blister 2

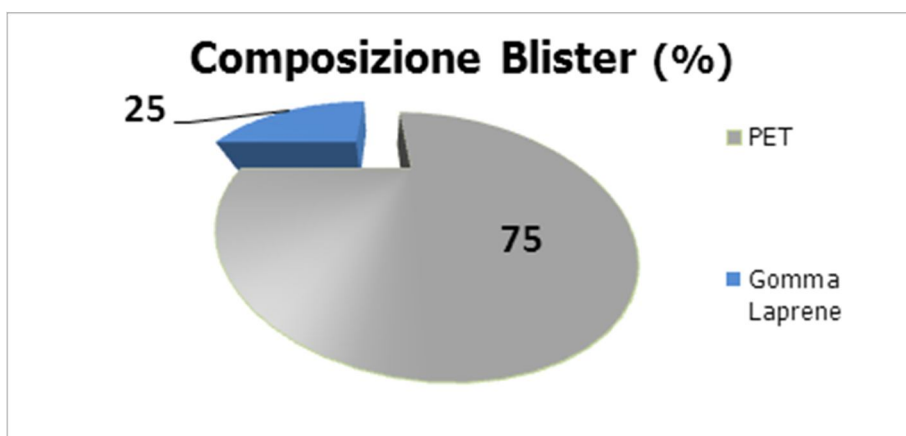
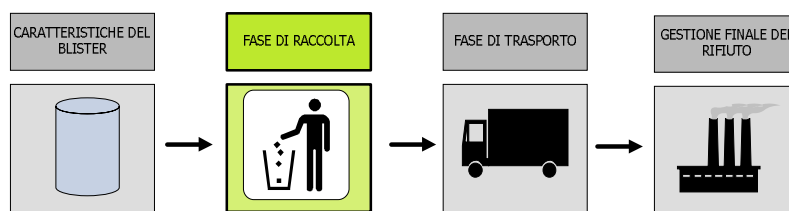


Figura 3.23 – Composizione dell'eco-blister 2

Nel presente studio si assume quindi, che tale blister venga conferito da parte del cittadino nel sacco destinato ai rifiuti plastici.

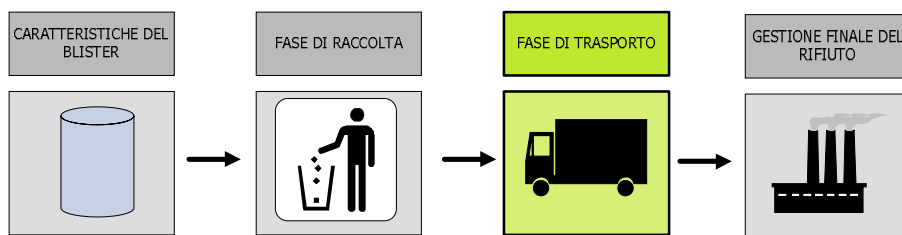
Le fasi di raccolta, trasporto e smaltimento sono state modellizzate facendo riferimento al RUR (Rifiuto urbano residuo) raccolto in Lombardia (Fonte: Progetto GERLA).



La tabella 3.50 riporta i parametri utilizzati per la fase di raccolta:

Tipologia raccolta	Porta a Porta		Cassonetto stradale	Area attrezzata
Tipologia dato	Stimato		Stimato	Stimato
Tipologia di raccolta (%)	58,7		29,3	11,9
Tipologia dato	Stimato		Stimato	Stimato
Tipologia veicolo	Camion > 16 t	Furgone <3,5 t	Camion > 16 t	Furgone <3,5 t
Tipologia dato	Stimato		Stimato	Stimato
Utilizzo del veicolo (%)	40,6	59,4	100	100
Tipologia dato	Stimato		Stimato	Stimato
Distanza percorsa (km)	48,8		47,8	2,6
Tipologia dato	Stimato		Stimato	Stimato
Valore (KgKm)	0,116	0,17	0,14	0,00309
Tipologia dato	Calcolato			

Tabella 3.50 – Fase di raccolta dell'eco-blister 2



La tabella 3.51 riporta i parametri utilizzati per la fase di trasporto:

Destinazione trasporto	Recupero plastica	
Tipologia dato	Stimato	
Tipologia veicolo	Camion > 32 t EURO 3	Camion > 32 t EURO 4
Tipologia dato	Stimato	
Utilizzo del veicolo (%)	50	50
Tipologia dato	Stimato	
Distanza percorsa (km)	50	
Tipologia dato	Stimato	
Valore (KgKm)	0,25	0,25
Tipologia dato	Calcolato	

Tabella 3.51 – Fase di trasporto dell'eco-blister 2



La gestione del rifiuto viene descritta come riportata in tabella 3.52:

Outputs	Valore	Unità misura
Riciclo PET	0,0075	Kg

Tabella 3.52 – Modulo utilizzato per il trattamento finale eco-blister 2

I moduli utilizzati in Simapro sono commentati qui di seguito:

- *Riciclo PET*: viene utilizzato per modellizzare il trattamento finale delle componenti di PET (valva, contro-valva, inserto grafico).

CAPITOLO 4: INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Nel presente capitolo sono riportati i risultati della valutazione effettuata sugli impatti energetico-ambientali legati alle tre tipologie produttive di blister.

Innanzitutto viene descritta la valutazione relativa al ciclo produttivo, in seguito la valutazione del fine vita e infine la valutazione del sistema complessivo relativo al ciclo produttivo e al fine vita. Questi risultati sono stati elaborati e visualizzati in diversi grafici, per rendere più chiari i diversi confronti effettuati ed agevolare l'interpretazione dei dati.

4.1 - Valutazione del ciclo produttivo

In questo paragrafo vengono riportati i risultati relativi agli impatti generati dal ciclo produttivo del blister (dalla produzione del blister al trattamento degli scarti produttivi). Innanzitutto verrà descritta la fase di produzione, successivamente il trattamento degli scarti produttivi e infine il sistema complessivo totale dato dalla somma delle due fasi precedenti.

❖ Produzione

Nelle figure 4.1÷4.5 è riportato il confronto in termini di impatti tra i tre blister analizzati. Tali risultati fanno riferimento alla sola fase di produzione: dall'approvvigionamento delle materie prime fino alla produzione del blister.

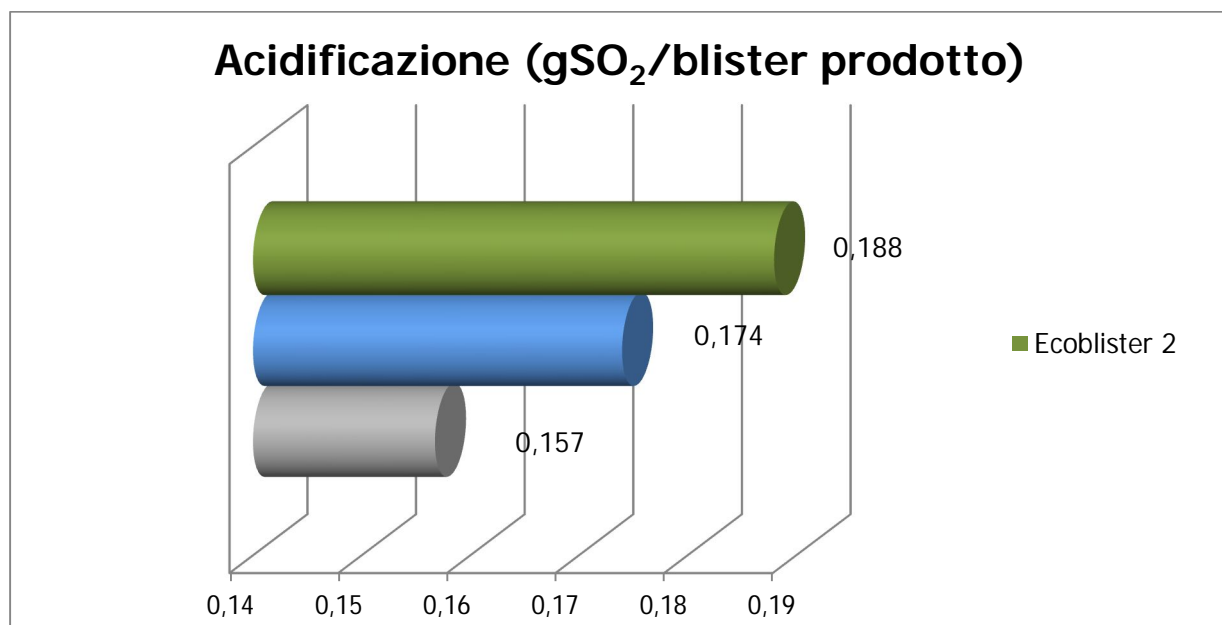


Figura 4.1 – Confronto tra i blister: Indicatore di acidificazione associato alla fase di produzione di un blister (gSO₂/blister prodotto)

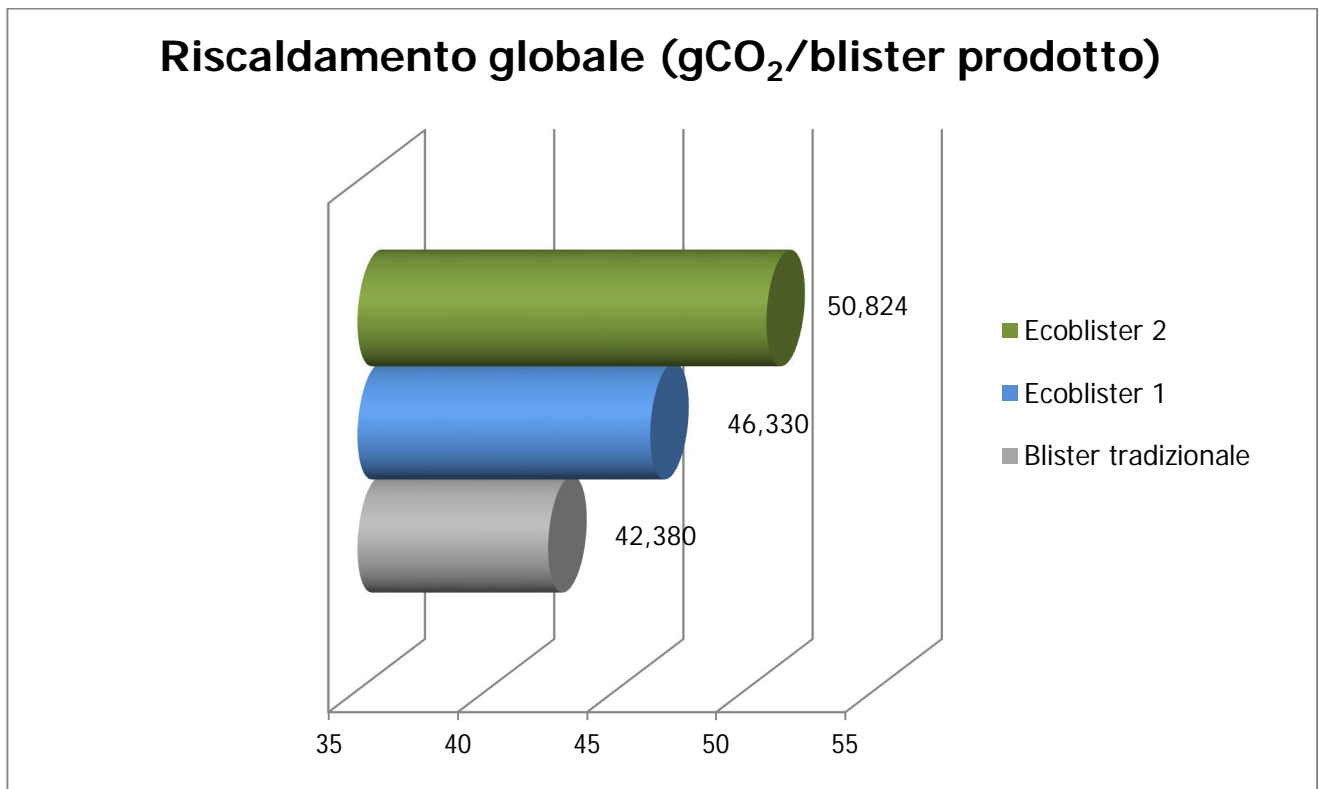


Figura 4.2 – Confronto tra i blister: Indicatore di riscaldamento globale associato alla fase di produzione di un blister (gCO₂/blister prodotto)

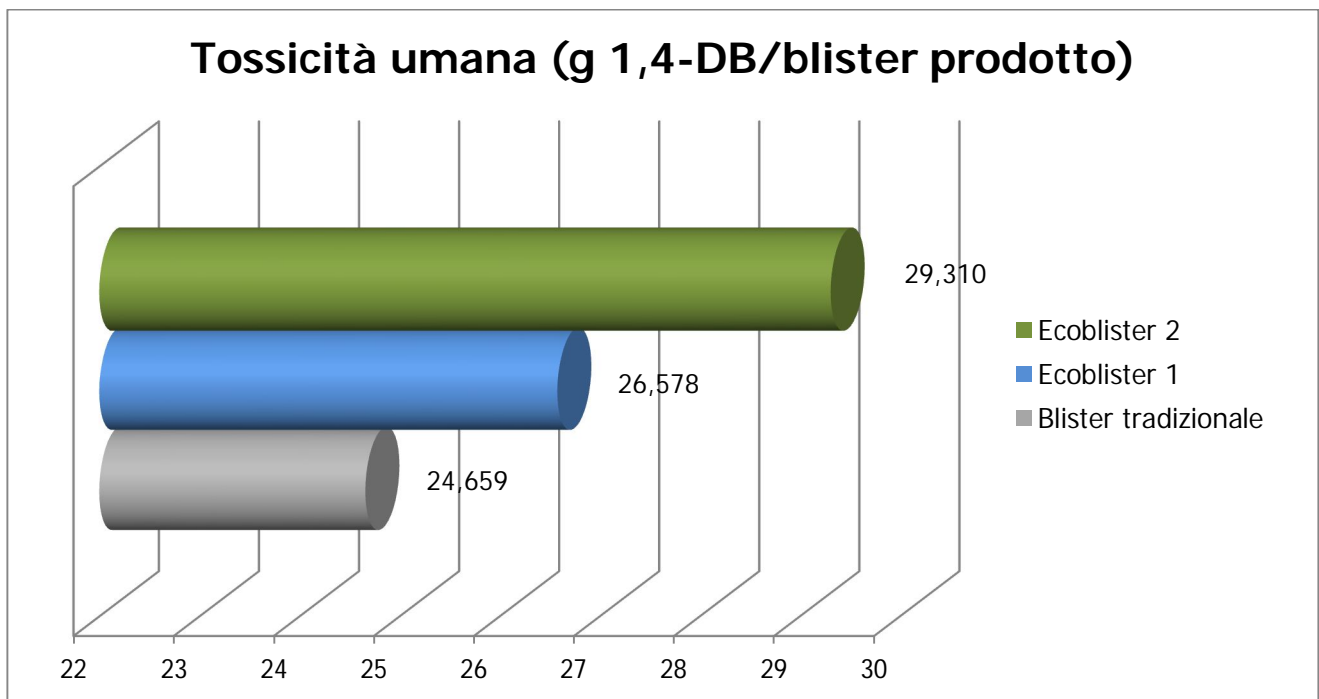


Figura 4.3 – Confronto tra i blister: Indicatore di tossicità umana associato alla fase di produzione di un blister (g1,4-DB/blister prodotto)

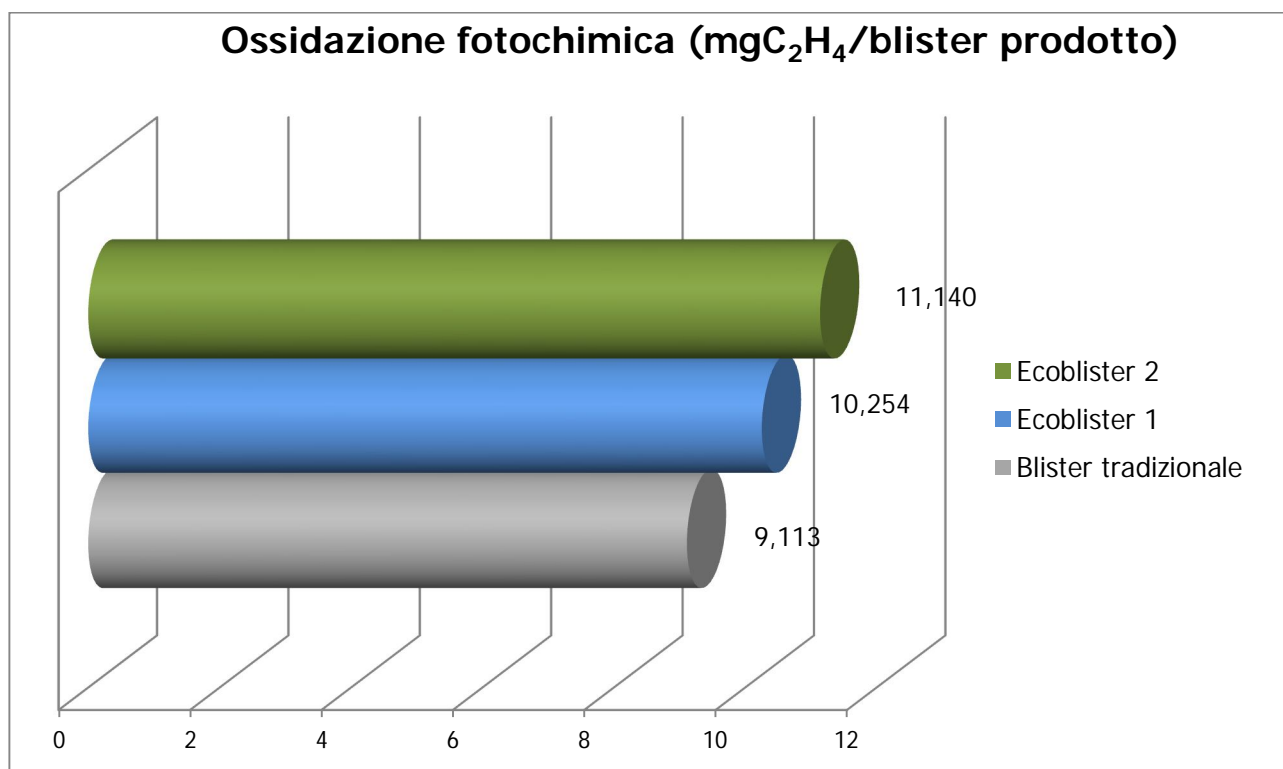


Figura 4.4 – Confronto tra i blister: Indicatore di ossidazione fotochimica associato alla fase di produzione di un blister (mgC₂H₄/blister prodotto)

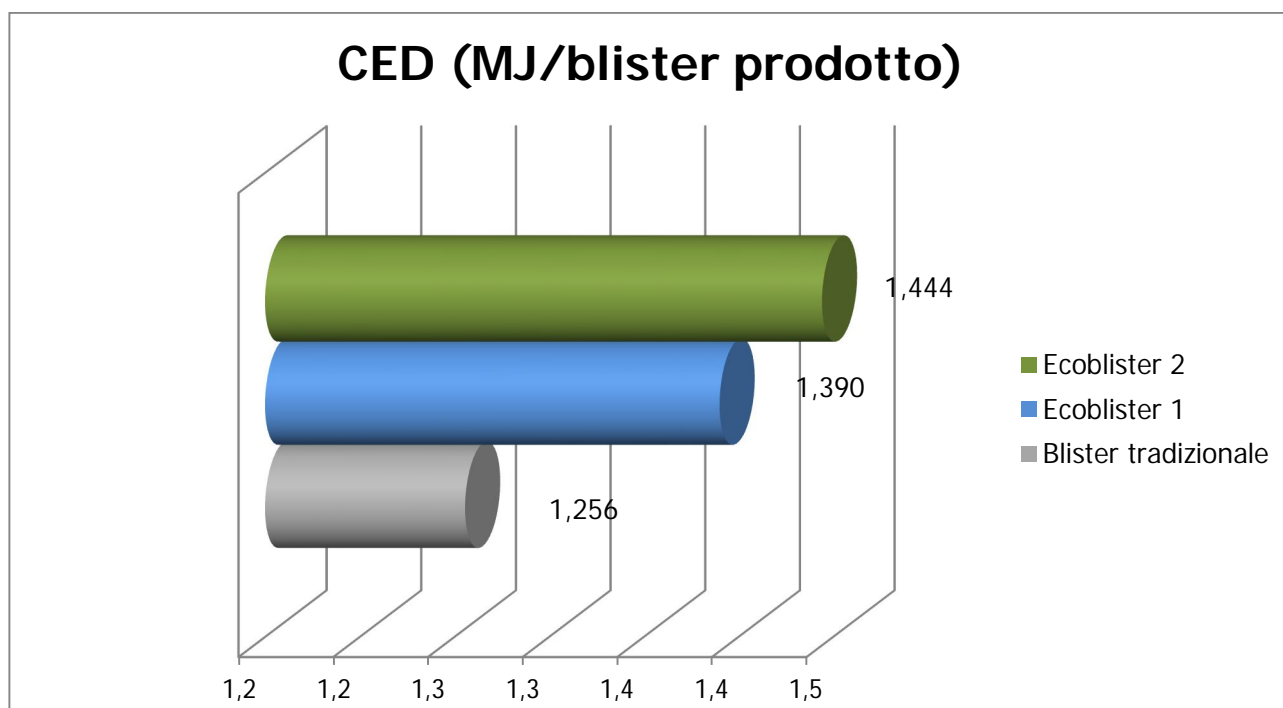


Figura 4.5 – Confronto tra i blister: Indicatore di CED associato alla fase di produzione di un blister (MJ/blister prodotto)

La fase di produzione include il solo approvvigionamento delle materie prime avendo trascurato i consumi elettrici del processo, quindi per comprendere nello specifico il trend delineatosi in cui l'eco-blister 2 risulta più impattante rispetto agli altri due blister analizzati (blister tradizionale ed eco-blister 1), verrà evidenziata il contributo di ciascuna materia prima sia in termini assoluti che relativi rispetto all'impatto totale.

Nelle figure 4.6÷4.10 si riportano gli impatti specifici di ciascuna materia prima espressi in Kg inquinante/Kg di materiale.

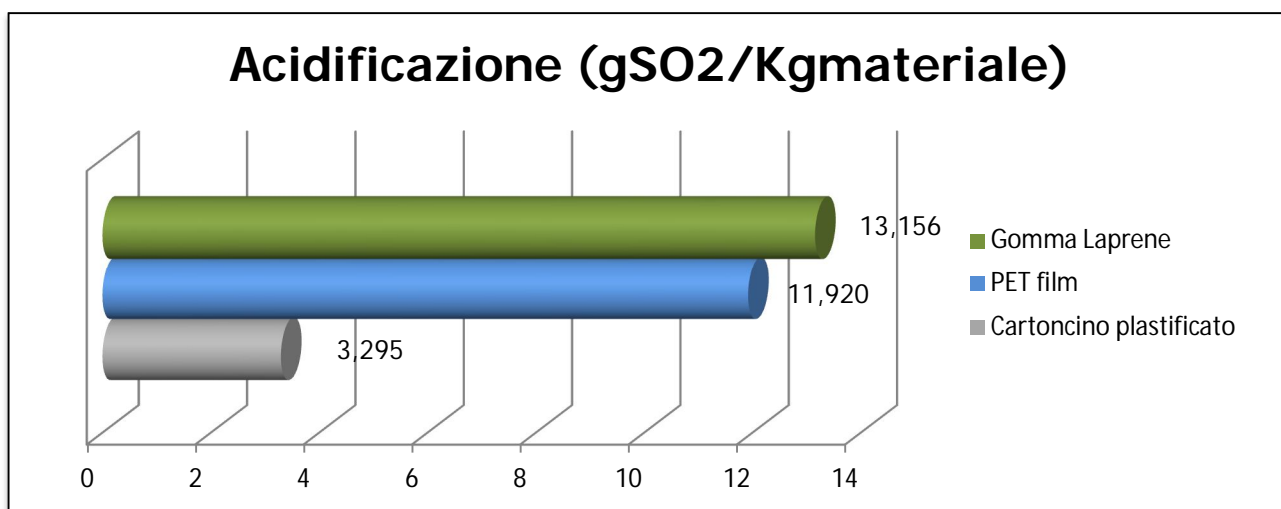


Figura 4.6 – Confronto tra le materie prime: Indicatore di acidificazione associato ad 1 kg di materia prima prodotta (gSO₂/Kg materiale)

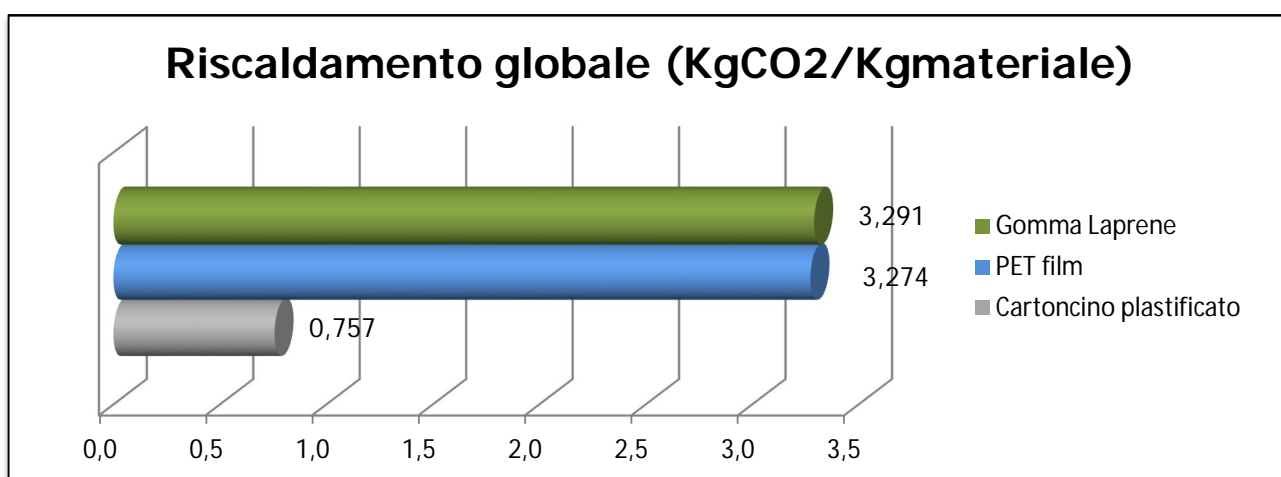


Figura 4.7 – Confronto tra le materie prime: Indicatore di riscaldamento globale associato ad 1 kg di materia prima prodotta (kgCO₂/Kg materiale)

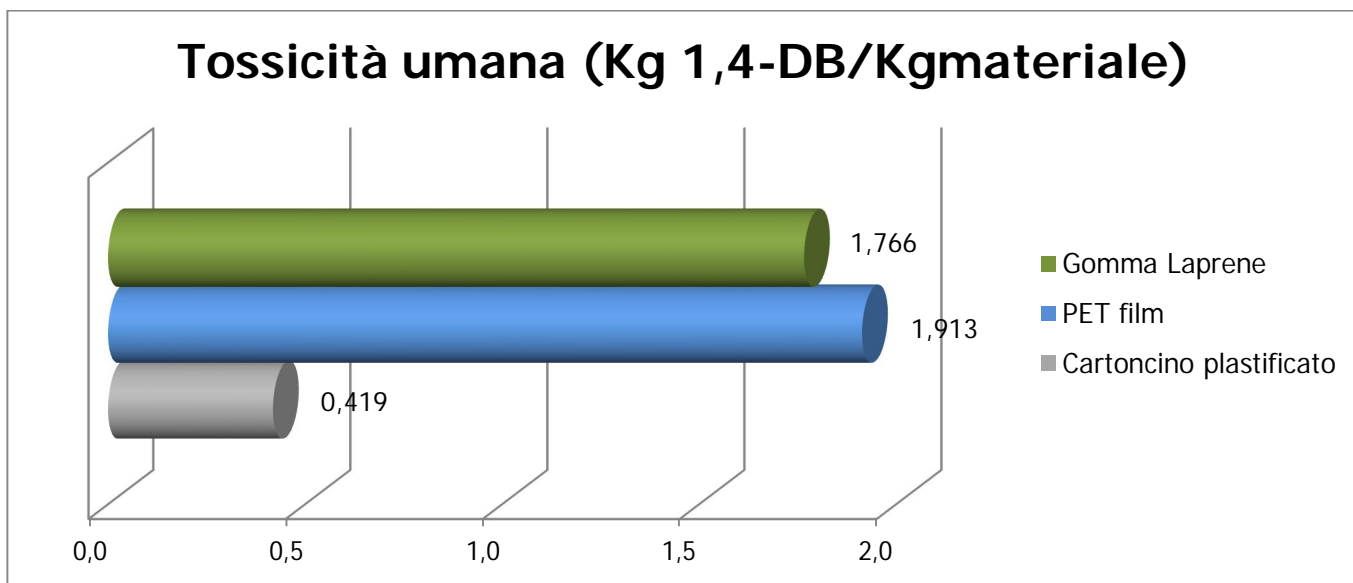


Figura 4.8 – Confronto tra le materie prime: Indicatore di tossicità umana associato ad 1 kg di materia prima prodotta (kg1,4-DB/Kg materiale)

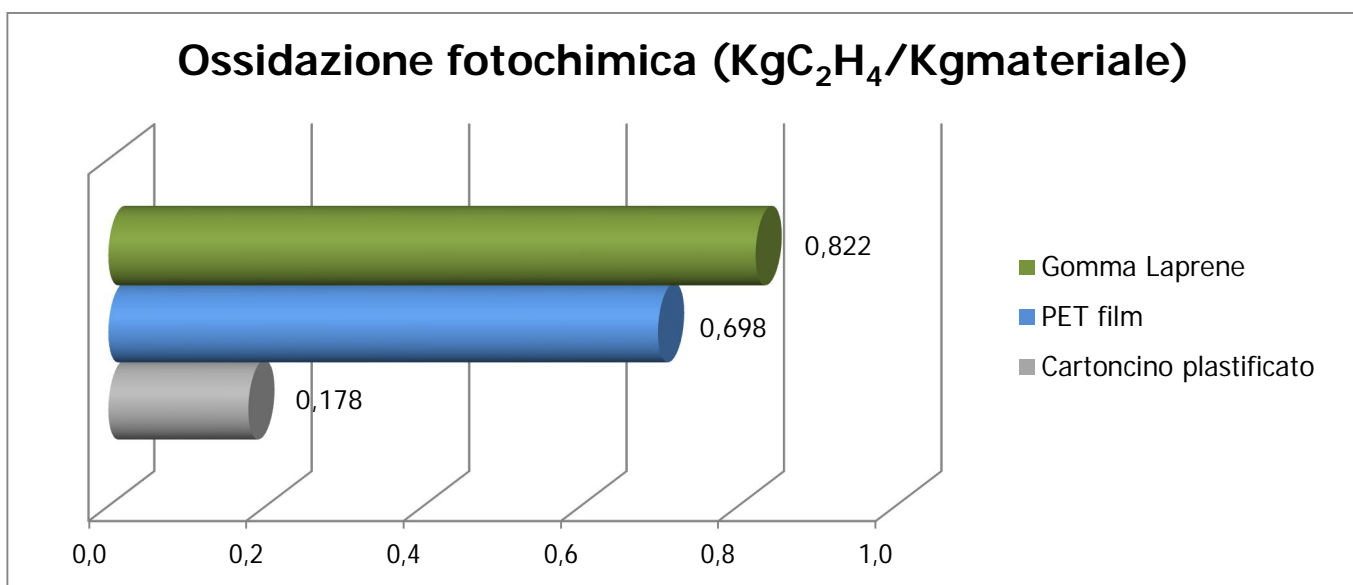


Figura 4.9 – Confronto tra le materie prime: Indicatore di ossidazione fotochimica associato ad 1 kg di materia prima prodotta (kgC₂H₄/Kg materiale)

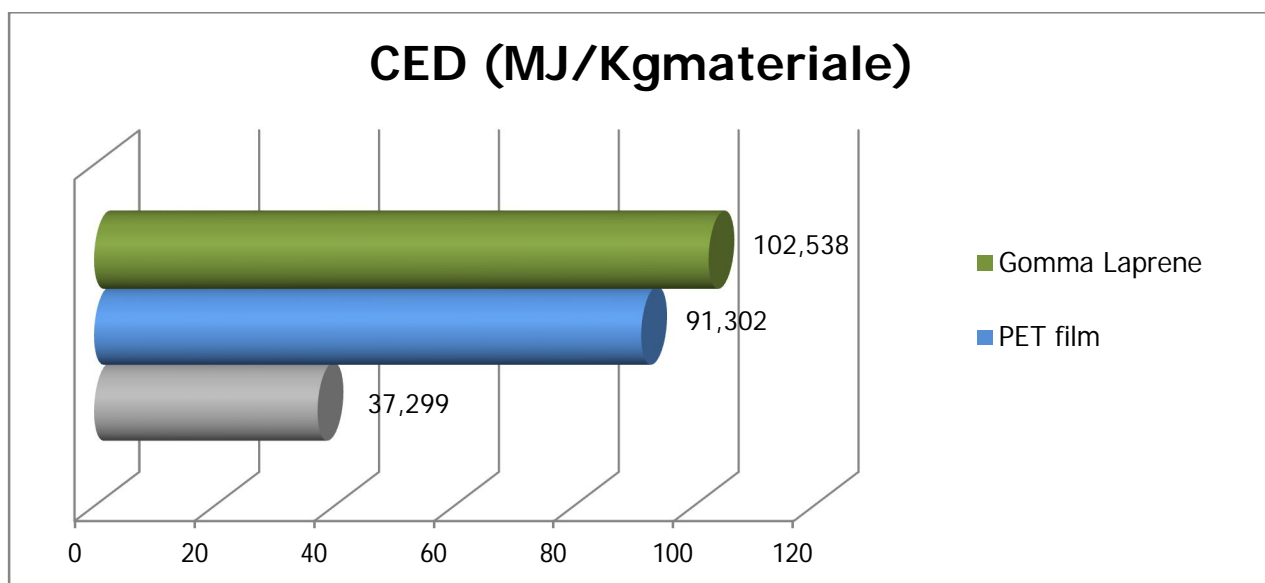


Figura 4.10 – Confronto tra le materie prime: Indicatore di CED associato ad 1 kg di materia prima prodotta (MJ/Kg materiale)

Per approfondire la valutazione, si vuole focalizzare l'attenzione sull'incidenza di ciascuna materia prima sugli impatti totali legati alla sola fase di produzione.

Nelle figure 4.11 ÷ 4.13 si riportano quindi i contributi di ciascuna materia prima in termini relativi rispetto all'impatto totale.

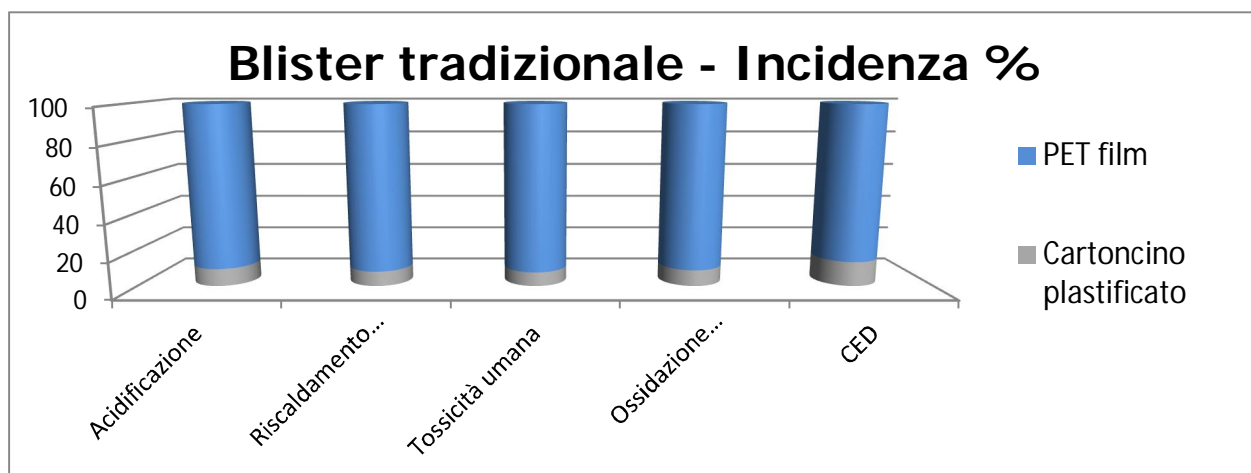


Figura 4.11 – Incidenza blister tradizionale (%)

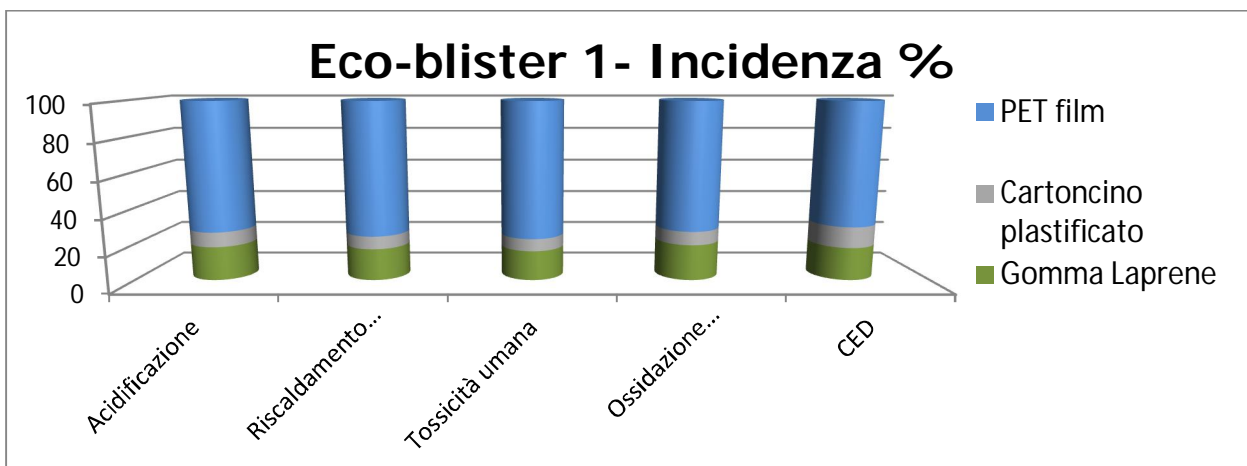


Figura 4.12 – Incidenza Eco-blister 1 (%)

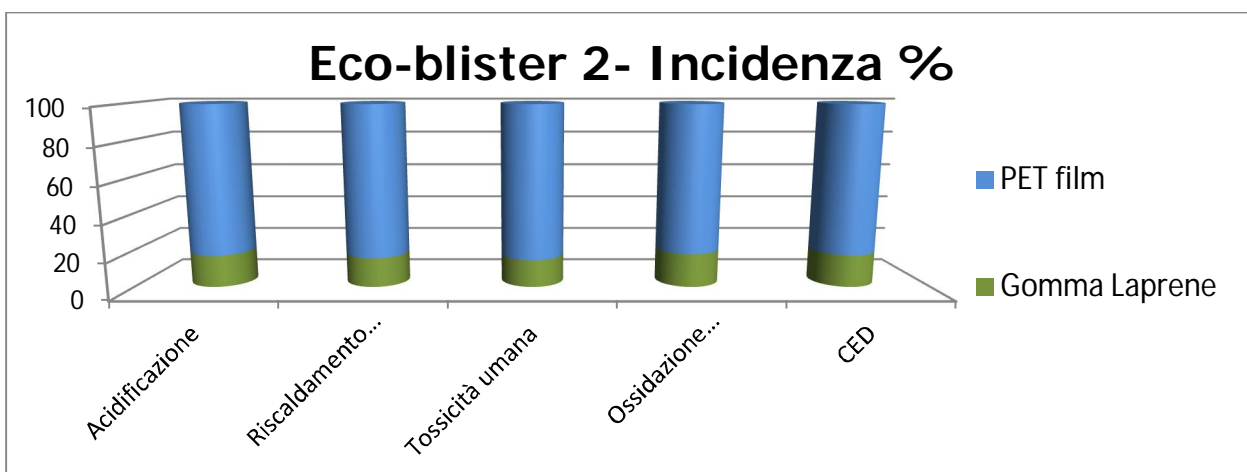


Figura 4.13 – Incidenza Eco-blister 2 (%)

In sintesi, a livello di produzione, il blister meno impattate è quello tradizionale. Tale risultato scaturisce da vari fattori:

- L'eco-blister necessita di un nuovo materiale, la gomma laprene, che è totalmente assente nel processo tradizionale. Questo materiale, come si evince dalle figure 4.6÷4.10, ha un impatto specifico che è simile a quella del PET (nello specifico è maggiore a quella del PET in quattro delle cinque categorie di impatto considerate). Per impatto specifico si intendono i Kg emessi di inquinanti su kg di materiale considerate. Si può quindi affermare che, in termini specifici, la gomma laprene impatta più del PET.

L'eco-blister e in particolare l'eco-blister 2 (costituito unicamente da PET e Gomma laprene) comportano un impatto specifico maggiore rispetto alla tipologia tradizionale in quanto sono costituiti per la maggior parte da questi materiali.

❖ **Trattamento degli scarti di produzione**

Nelle figure 4.14÷4.18 è riportato il confronto in termini di impatti ambientali/energetici tra i tre blister analizzati. Tali risultati fanno riferimento alla sola fase di trattamento degli scarti di produzione:

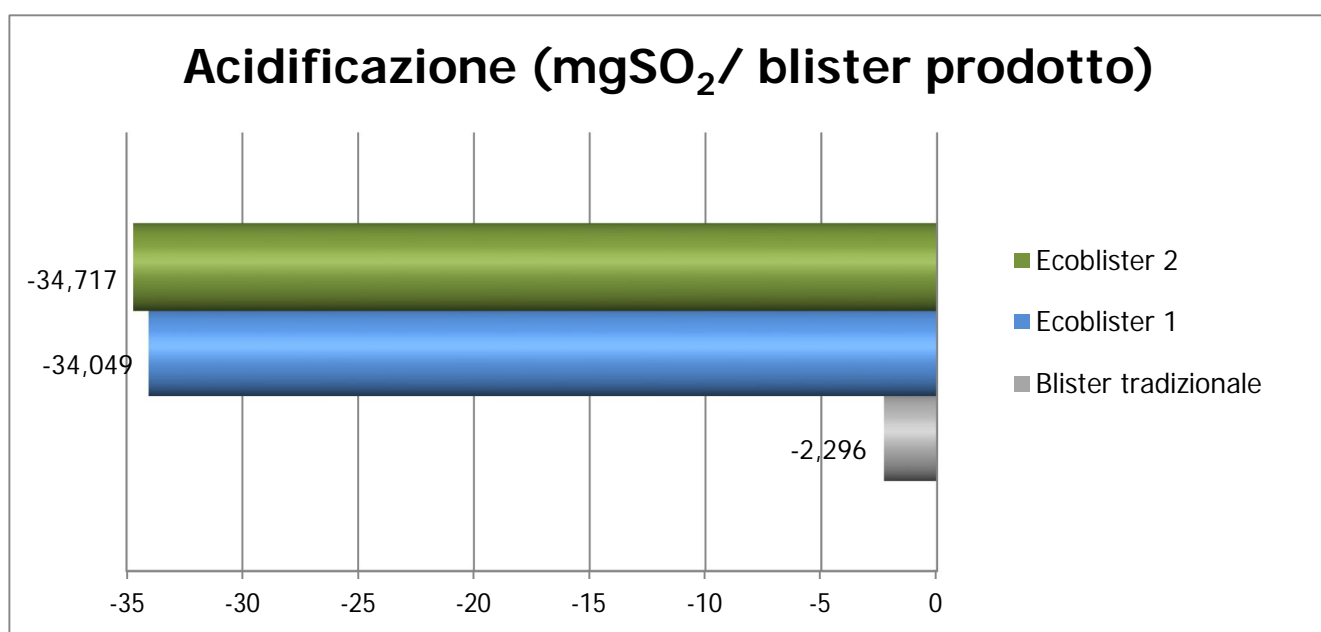


Figura 4.14 – Confronto tra i blister: Indicatore di acidificazione associato alla fase di trattamento degli scarti (mgSO₂/blister prodotto)

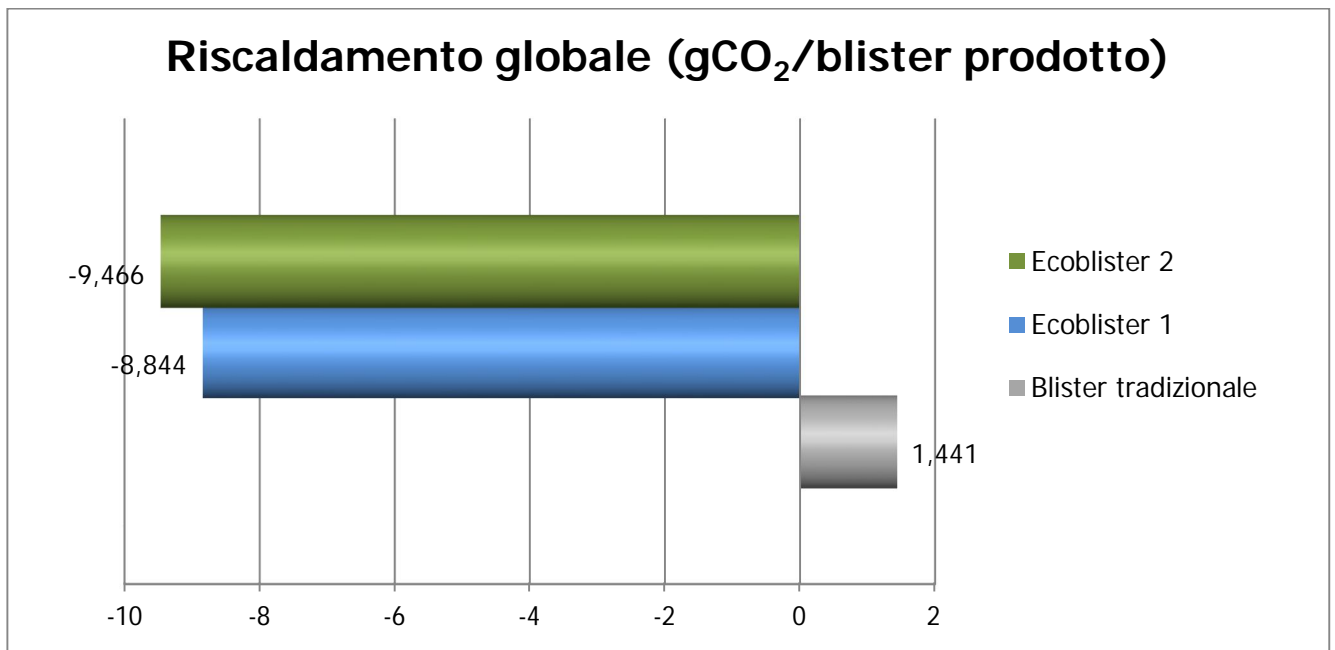


Figura 4.15 – Confronto tra i blister: Indicatore di riscaldamento globale associato alla fase di trattamento degli scarti (gCO₂/blister prodotto)

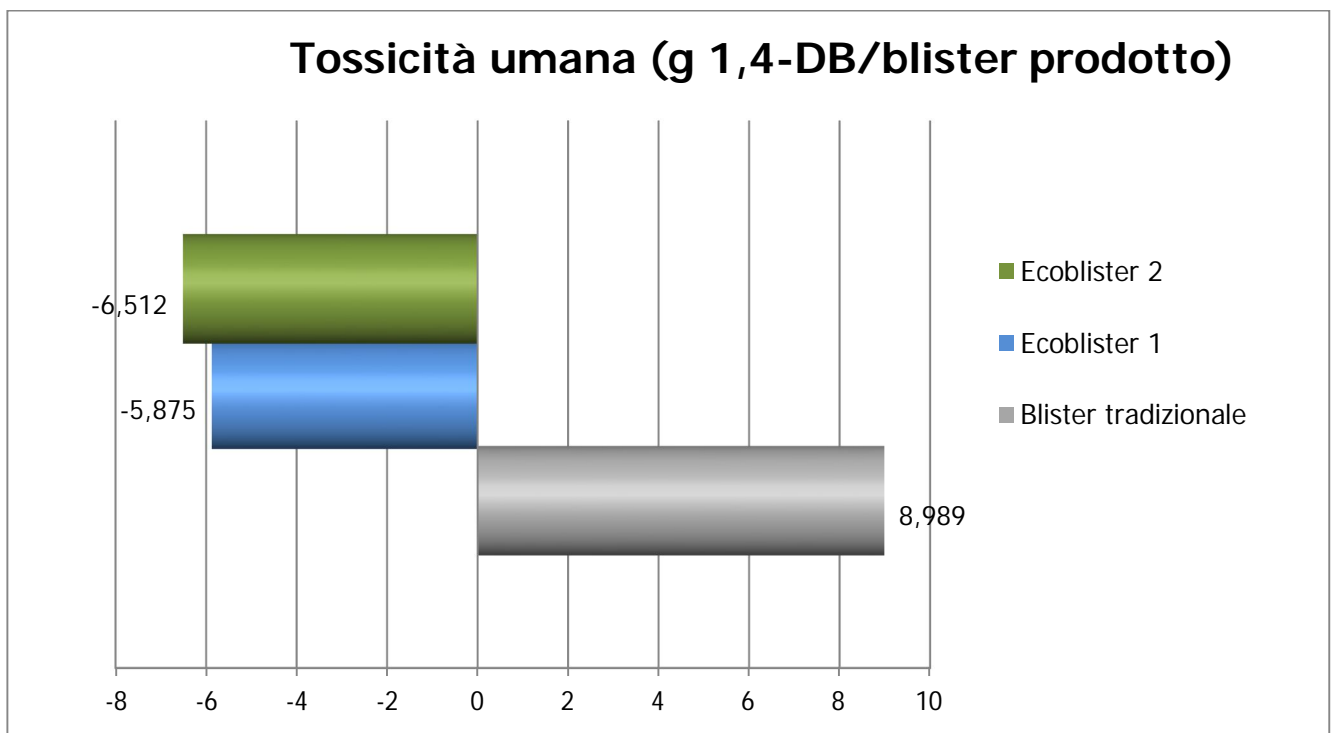


Figura 4.16 – Confronto tra i blister: Indicatore di tossicità umana associato alla fase di trattamento degli scarti (g1,4-DB/blister prodotto)

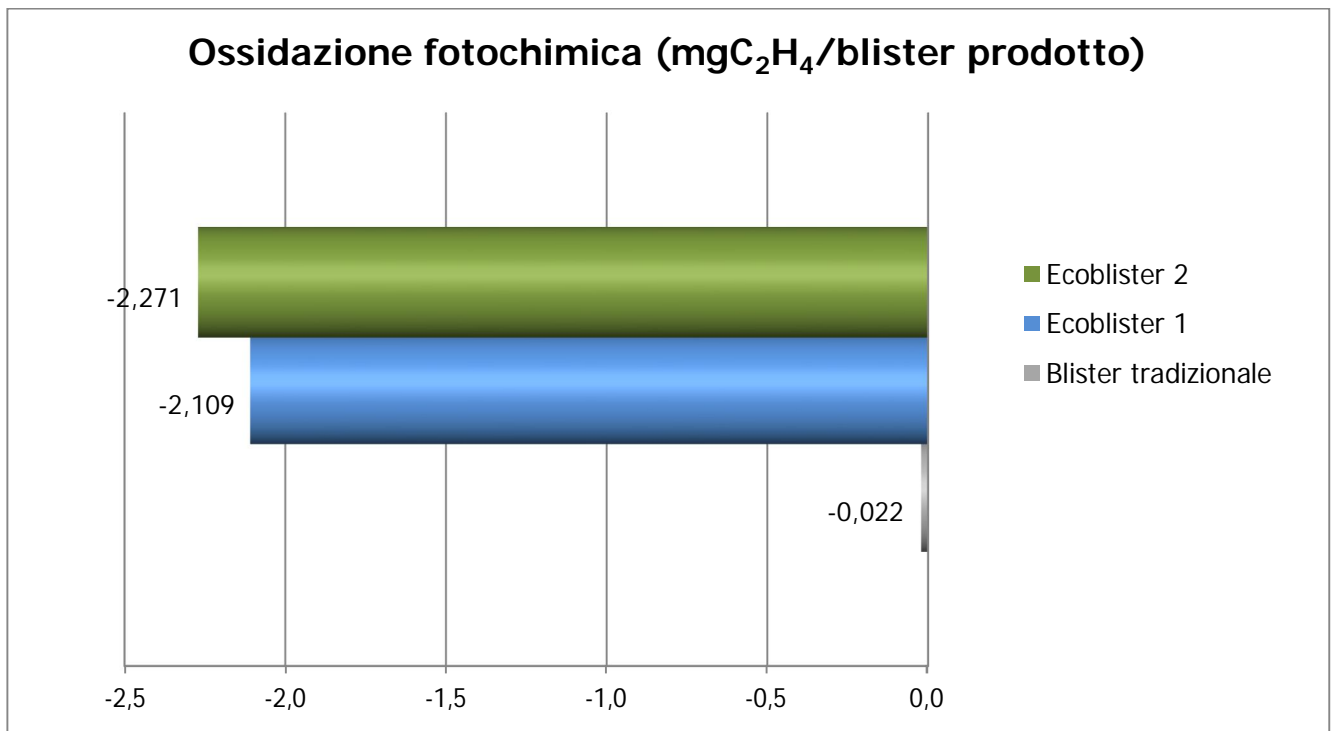


Figura 4.17 – Confronto tra i blister: Indicatore di ossidazione fotochimica associato alla fase di trattamento degli scarti (mgC₂H₄/blister prodotto)

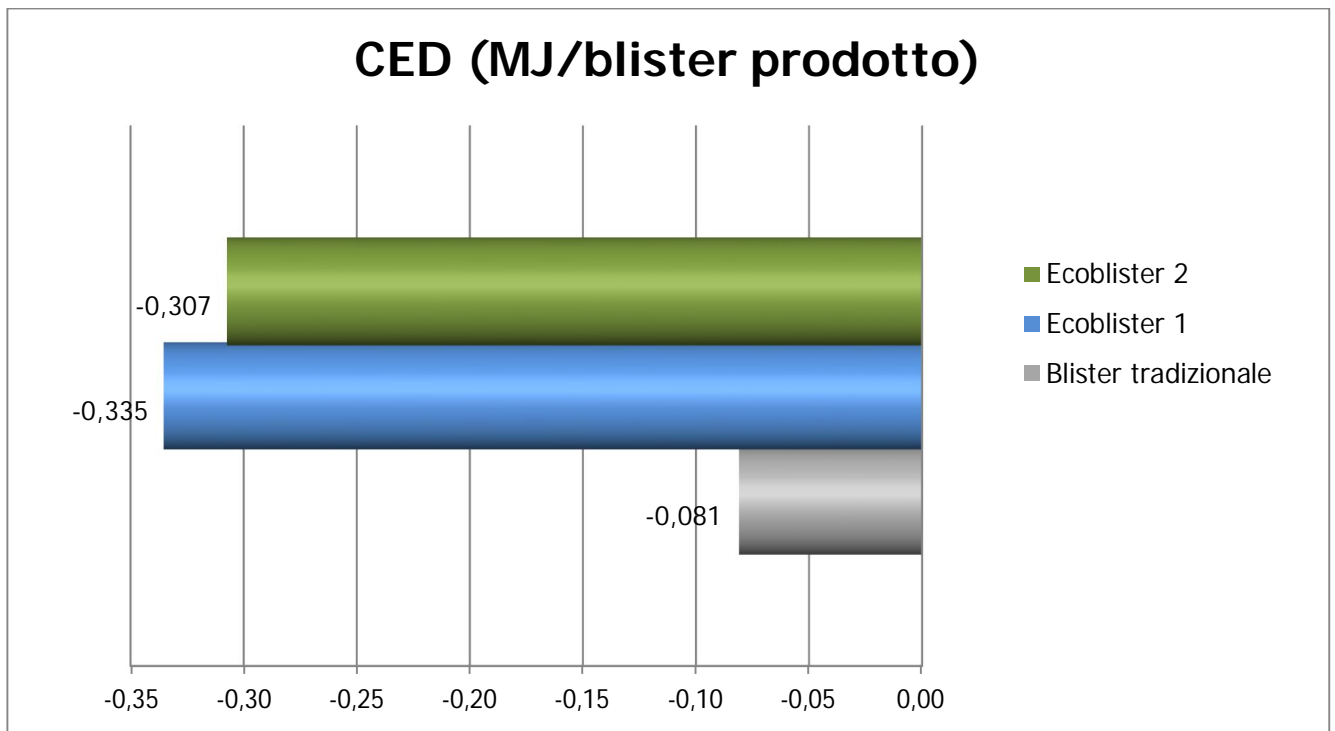


Figura 4.18 – Confronto tra i blister: Indicatore di CED associato alla fase di trattamento degli scarti (MJ/blister prodotto)

Da quanto si evince dalle figure 4.14÷4.18, gli indicatori di tutte e cinque le categorie ambientali/energetiche risultano di valore negativo per i due eco-blister: ciò si traduce in vantaggio per l'ambiente. Nel caso del blister tradizionale, gli indicatori di acidificazione, ossidazione fotochimica e CED riportano un valore negativo mentre l'indicatore di riscaldamento globale e quello di tossicità hanno un valore positivo quindi comportano uno svantaggio per l'ambiente.

Il blister meno impattante, in relazione alla fase di trattamento degli scarti, è l'eco-blister 2, per le prime quattro categoria di impatto mentre, per quanto riguarda la categoria di energetica "CED Cumulative energy demand", il blister meno impattante risulta l'eco-blister 1.

Tale risultato scaturisce da vari fattori:

- Nel caso della plastica (PET) l'efficienza del riciclo è stata stimata essere pari a 100% in quanto il materiale originato risulta non contaminato e soprattutto omogeneo. Essendo lo scarto derivante dall'eco-blister 2 costituito unicamente di PET, si spiega quindi il guadagno in termini di benefici ambientali.
- L'eco-blister 1 è molto simile all'eco-blister 2; si differenziano tra loro per via dello sfrido dell'inserito grafico. Nell'eco-blister 1 la componente è costituita da cartoncino, il quale comporta una percentuale di recupero pari al 92% con la generazione di uno scarto produttivo. Nell'eco-blister 2 invece, essendo lo scarto produttivo costituito unicamente da PET, accade quanto spiegato al punto precedente.
- Gli impatti sono positivi per due delle cinque categorie per il blister tradizionale e ciò risulta spiegato dal fatto che l'unico valore con segno negativo è il recupero energetico derivante dall'attività di incenerimento. Questo contributo, nel caso di queste due categorie ("*riscaldamento globale*" e "*tossicità umana*") risulta però poco rilevante rispetto a quello relativo alla discarica.

❖ **Risultati: dall'approvvigionamento delle materie prime al trattamento degli scarti di produzione**

Nelle figure 4.19÷4.23 è riportato il confronto in termini di impatti ambientali tra i tre blister analizzati relativo all'intero ciclo produttivo dei blister: dall'approvvigionamento delle materie prime, alla produzione del blister fino al trattamento degli scarti di produzione.

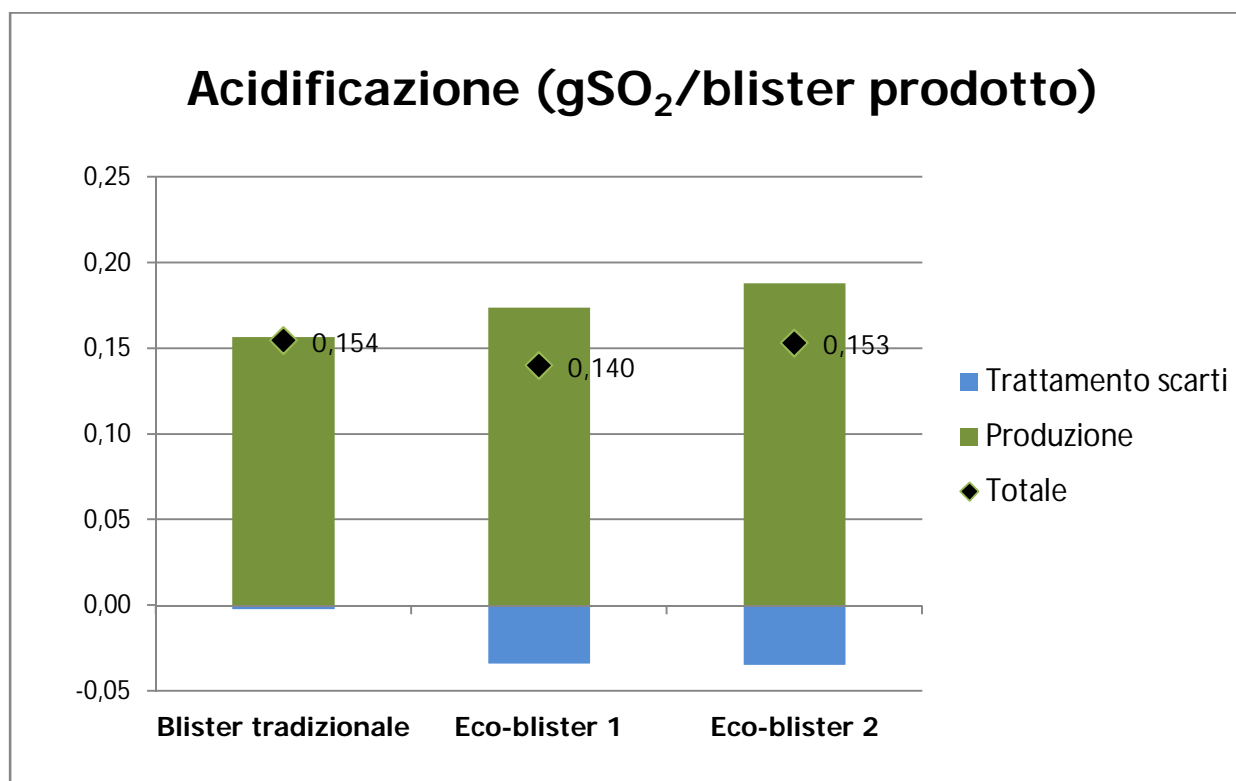


Figura 4.19 – Confronto tra i blister: Indicatore di acidificazione associato all'intero ciclo produttivo di un blister (gSO₂/blister prodotto)

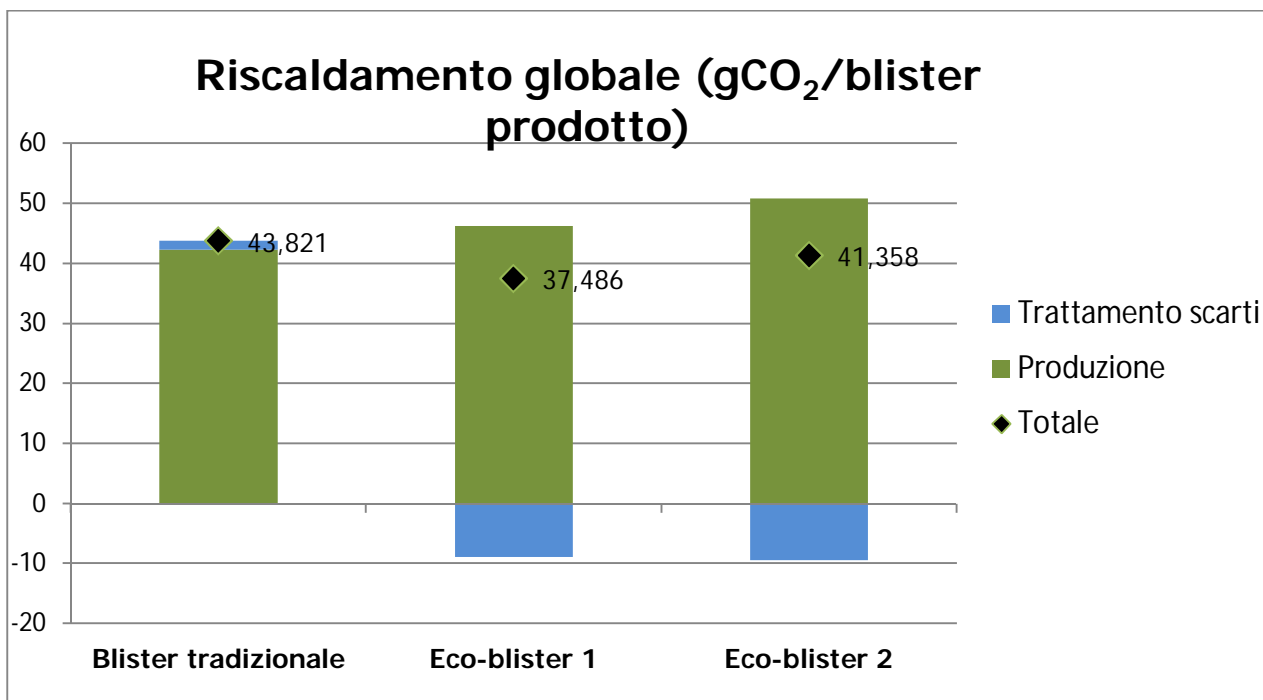


Figura 4.20 – Confronto tra i blister: Indicatore di riscaldamento globale associato all'intero ciclo produttivo di un blister (gCO₂/blister prodotto)

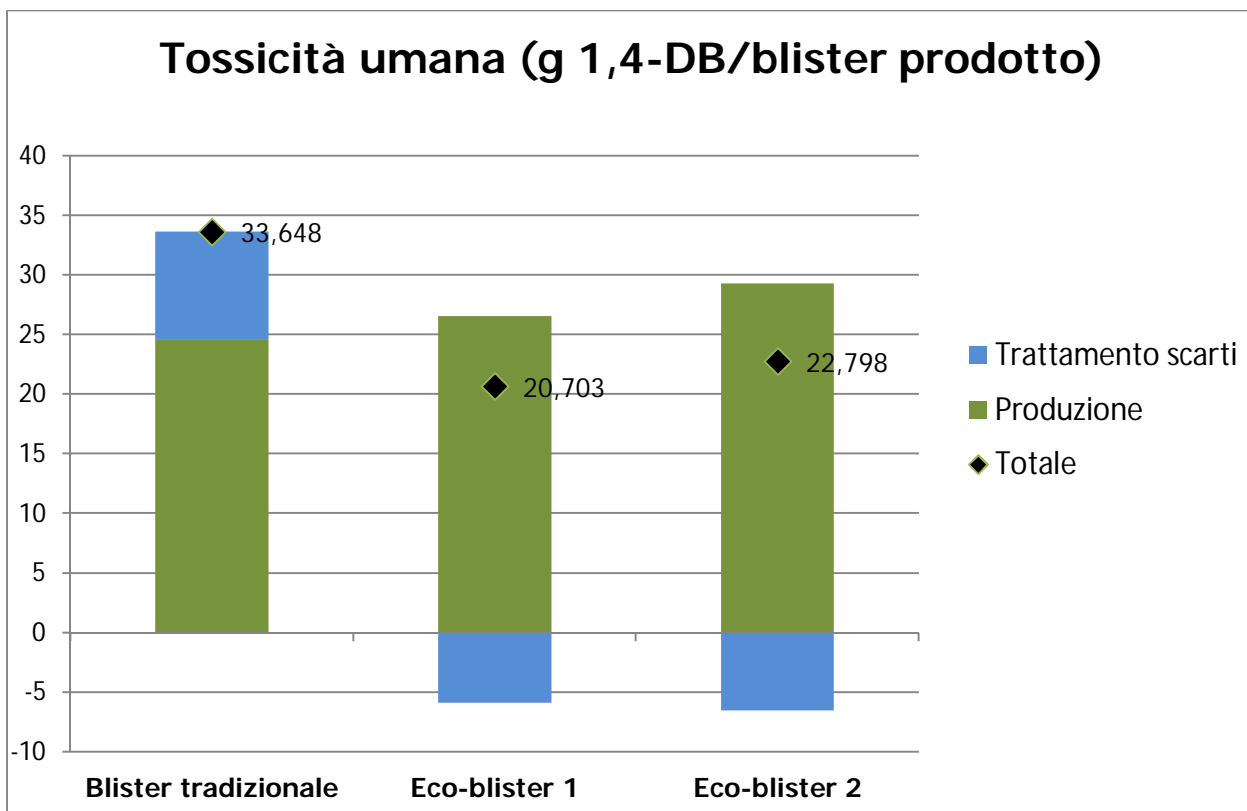


Figura 4.21 – Confronto tra i blister: Indicatore di tossicità umana associato all'intero ciclo produttivo di un blister (g1,4-DB/blister prodotto)

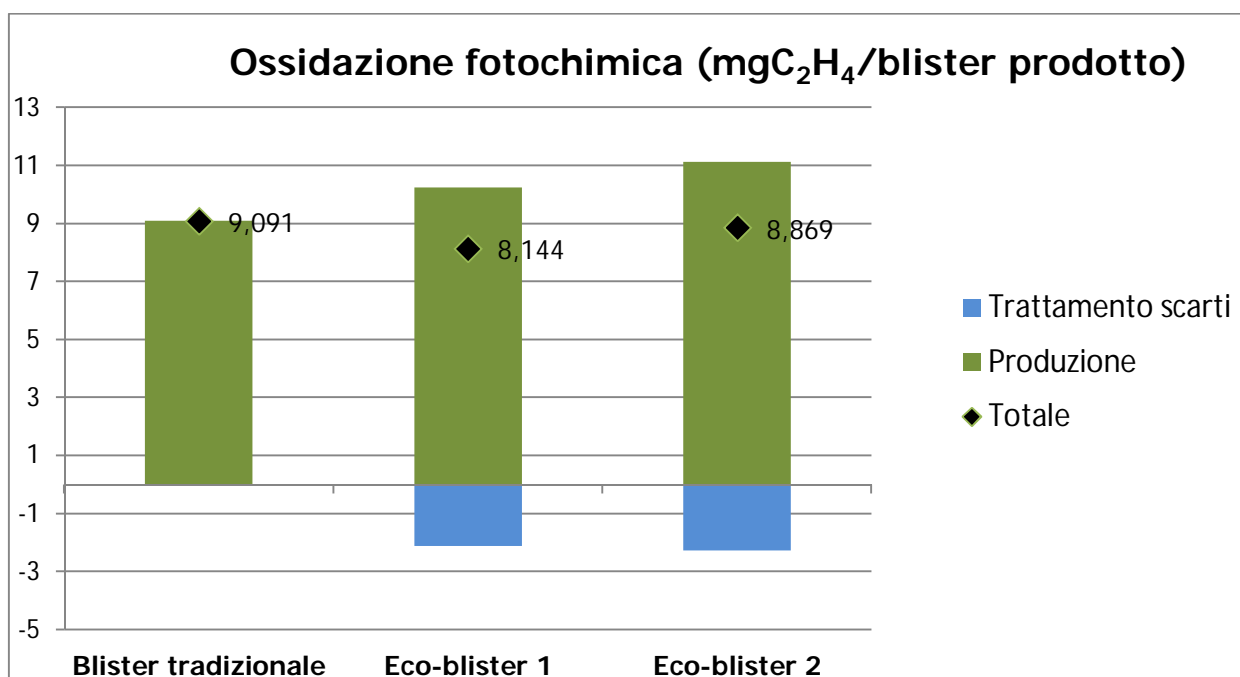


Figura 4.22 – Confronto tra i blister: Indicatore di ossidazione fotochimica associato all'intero ciclo produttivo di un blister (mgC₂H₄/blister prodotto)

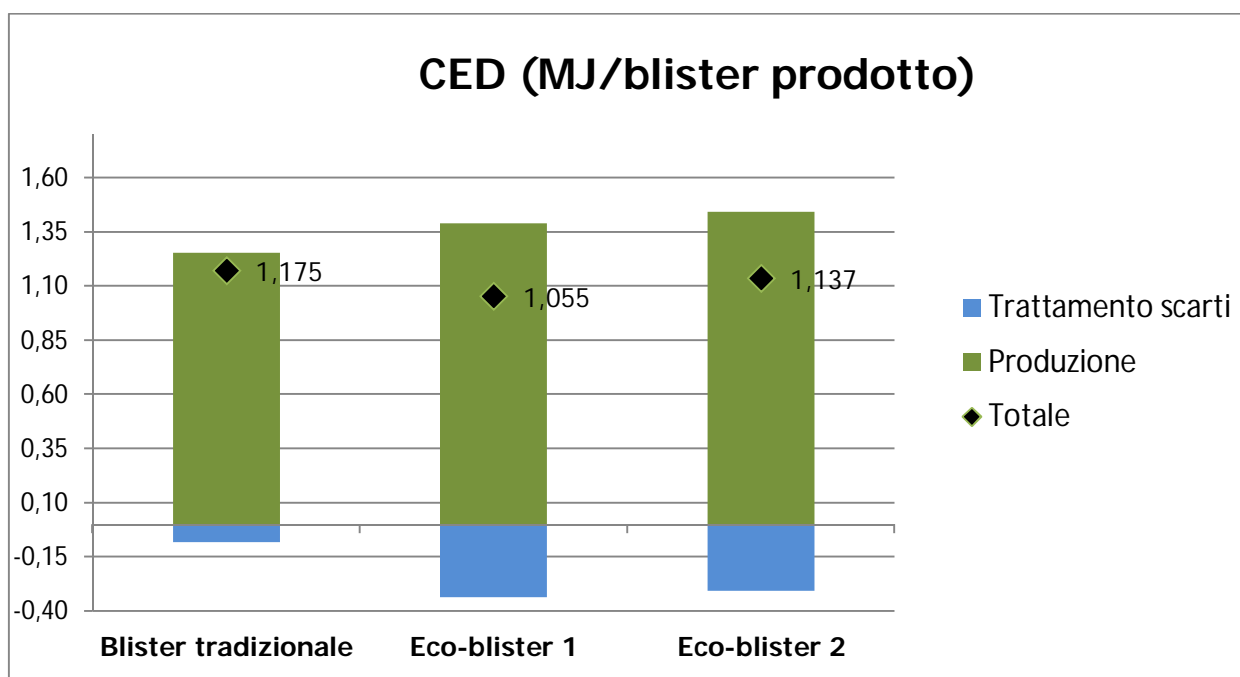


Figura 4.23 – Confronto tra i blister: Indicatore di CED associato all'intero ciclo produttivo di un blister (MJ/blister prodotto)

Da quanto riportato nelle figure 4.19÷4.23, gli indicatori di tutte le categorie di impatto risultano avere segno positivo per tutti e tre blister analizzati ciò si traduce in svantaggi per l'ambiente

I risultati sono molto simili tra loro; il ciclo produttivo che risulta comunque meno impattante è quello dell'eco-blister 1.

Tale risultato scaturisce da vari fattori:

- Dal punto di vista produttivo i due eco-blister risultano più impattanti rispetto al tradizionale, nel caso del trattamento degli scarti produttivi invece si evidenzia uno scarto molto maggiore. Quanto guadagnato in termini di benefici da parte della produzione del blister tradizionale viene azzerato e superato dal trattamento degli scarti che comporta degli impatti rilevanti. Si sottolinea il fatto che la scelta del trattamento degli scarti degli eco-blister è ipotizzata mentre il trattamento degli scarti del blister tradizionale rappresenta la situazione reale.
- L'eco-blister 1, non comporta l'impatto minore nella gestione dello scarto produttivo (come visto nel paragrafo precedente, è l'eco-blister 2), rappresenta invece la migliore risultante tra le due fasi (quella produttiva e quella del trattamento degli scarti).

4.2 - Valutazione del fine vita

In questo paragrafo vengono riportati i risultati relativi agli impatti generati dal fine vita del blister costituito da: fase di raccolta, fase di trasporto e trattamento finale.

Innanzitutto verranno analizzati i risultati relativi al totale del fine vita e successivamente si focalizzerà l'attenzione sulla fase di trattamento finale.

❖ Totale fine vita

Nelle figure 4.24÷4.28 è riportato il confronto in termini di impatti ambientali/energetici tra i tre blister analizzati. Tali risultati rappresentano i risultati totali del fine vita del blister: dalla fase di raccolta al trattamento finale.

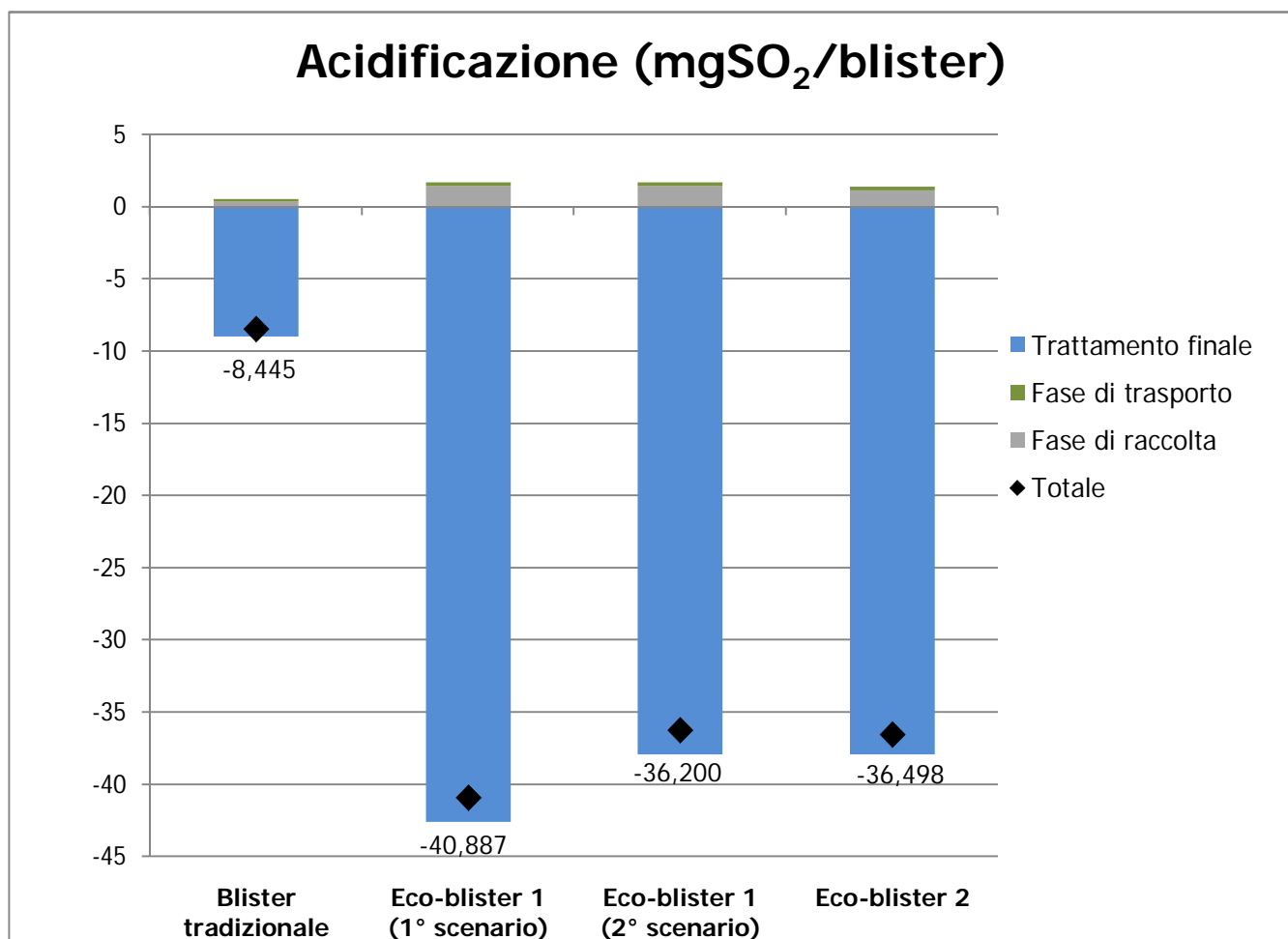


Figura 4.24 – Confronto tra i blister: Indicatore di acidificazione associato al fine vita di un blister (mgSO₂/blister)

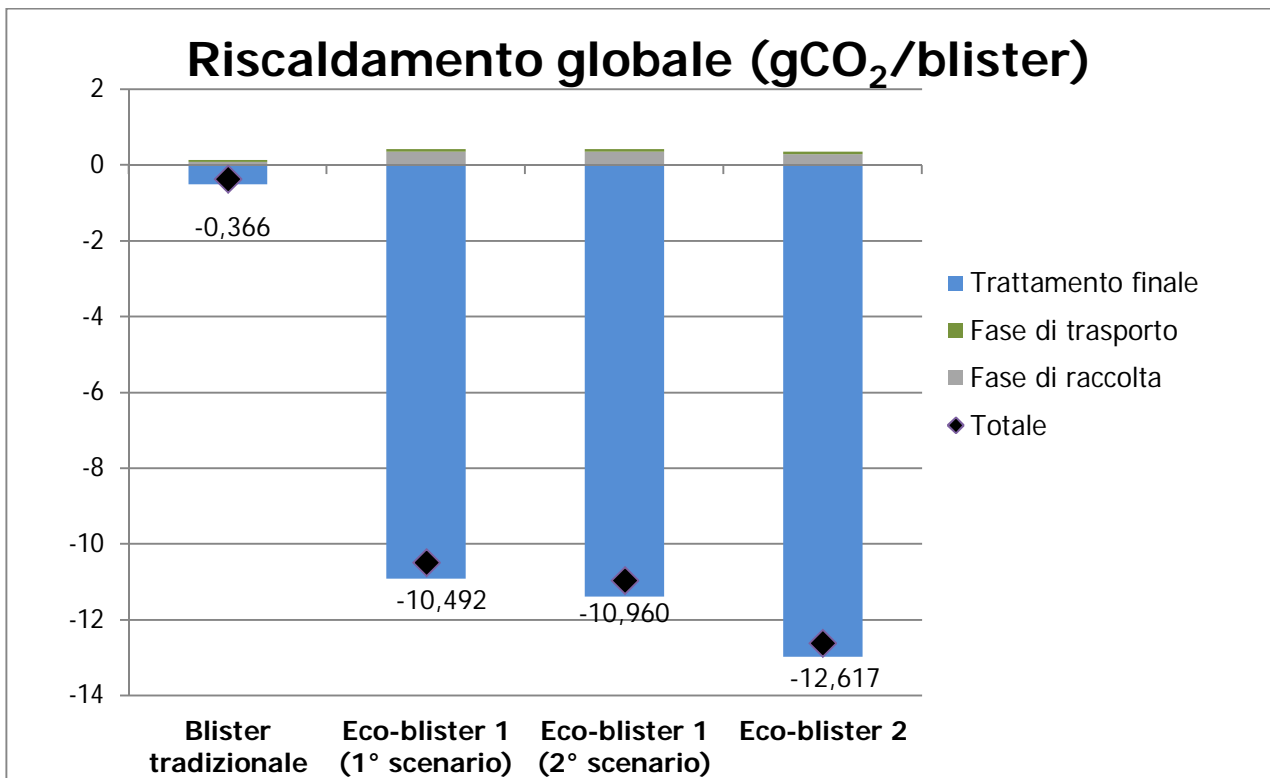


Figura 4.25 – Confronto tra i blister: Indicatore di riscaldamento globale associato al fine vita di un blister (gCO₂/blister)

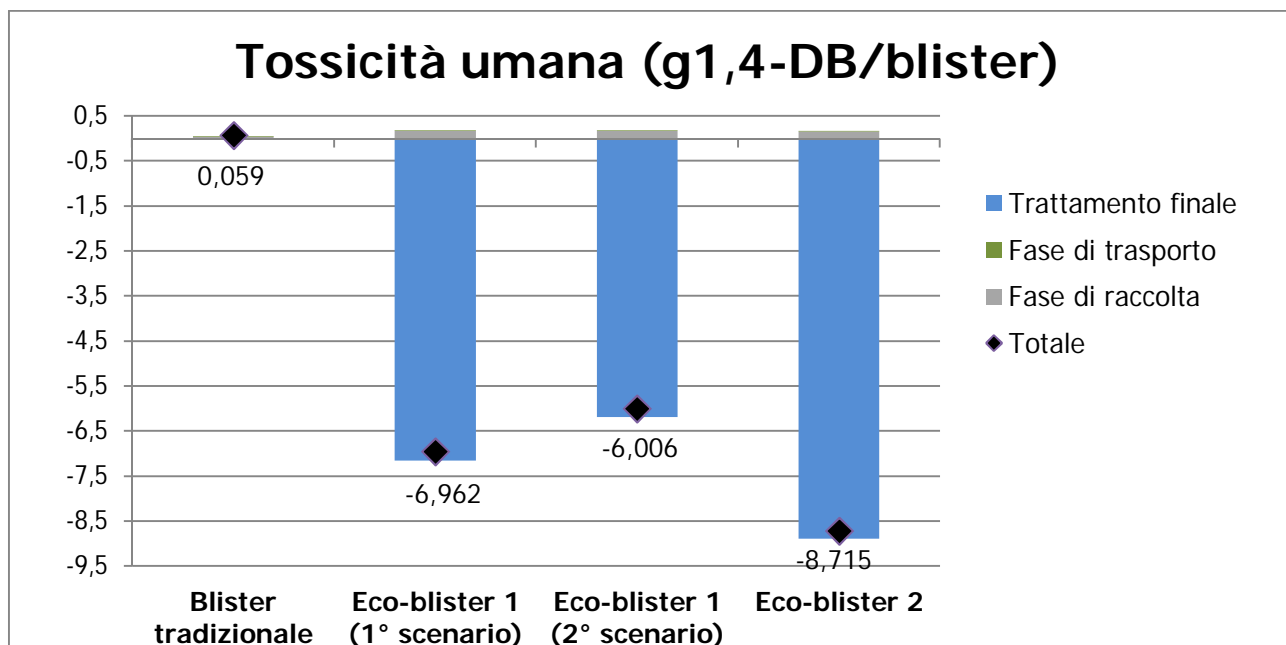


Figura 4.26 – Confronto tra i blister: Indicatore di tossicità umana associato al fine vita di un blister (g1,4-DB/blister)

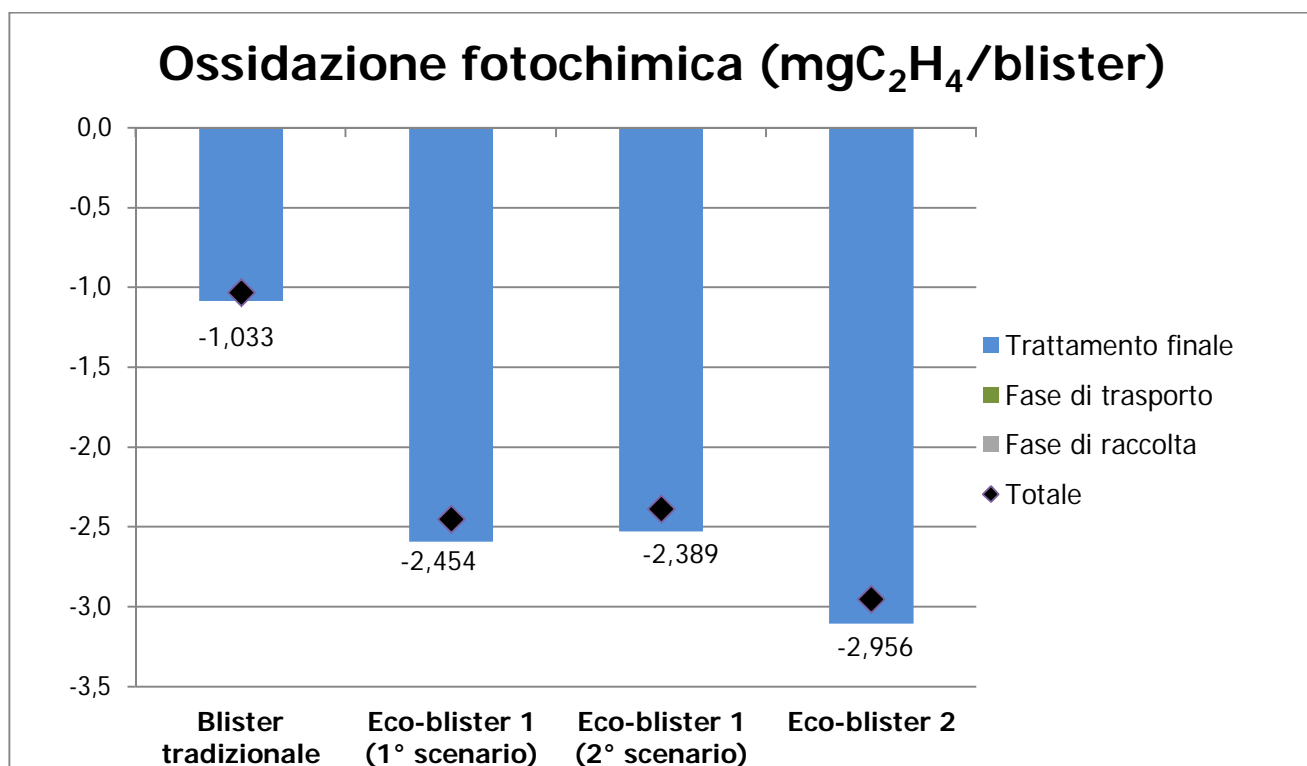


Figura 4.27 – Confronto tra i blister: Indicatore di ossidazione fotochimica associato al fine vita di un blister (mgC₂H₄/blister)

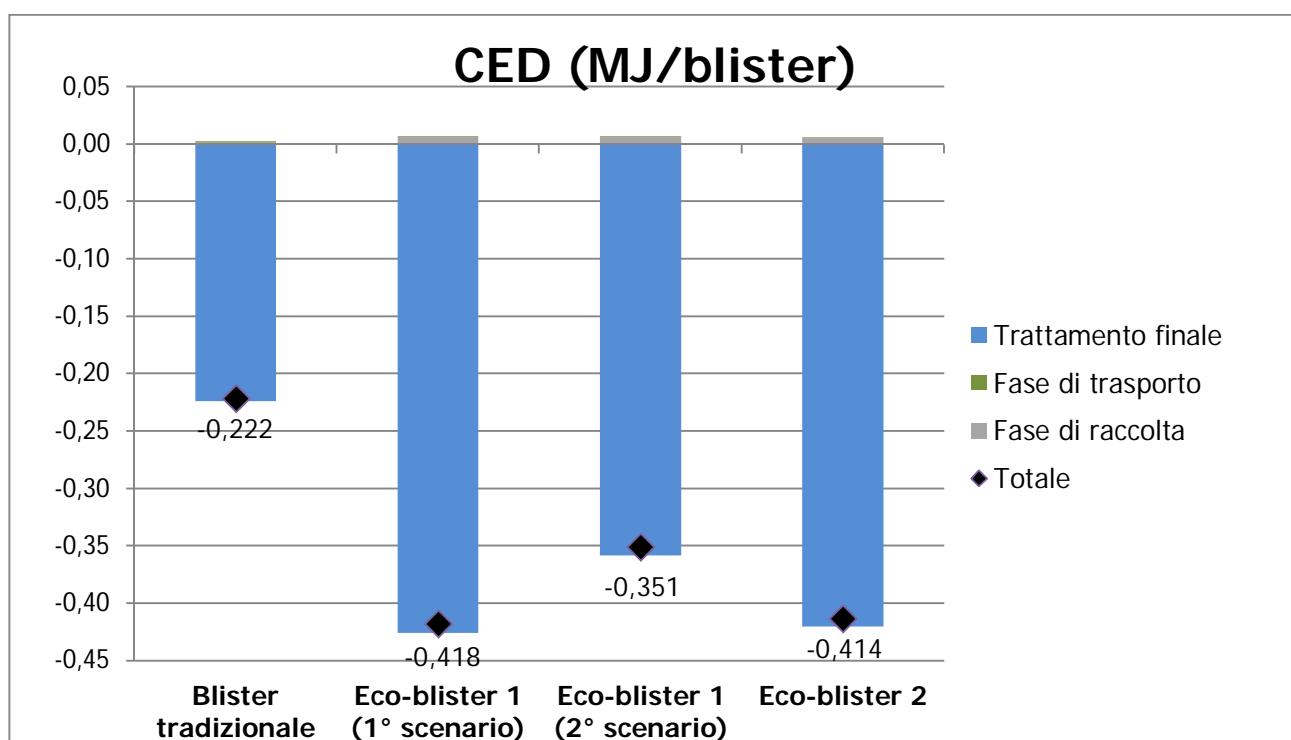


Figura 4.28 – Confronto tra i blister: Indicatore di CED associato al fine vita di un blister (MJ/blister)

Da quanto si evince dalle figure 4.24÷4.28, gli indicatori di tutte e cinque le categorie ambientali/energetiche risultano di valore negativo per gli eco-blister e il blister tradizionale: ciò si traduce in vantaggio per l'ambiente. Il blister meno impattante, in relazione al solo fine vita, è l'eco-blister 2, per tre delle cinque categorie di impatto mentre, per quanto riguarda le categorie di "Acidificazione" e "CED", il blister meno impattante risulta l'eco-blister 1 (primo scenario).

Emerge inoltre che le fasi di raccolta e di trasporto risultano ininfluenti nella determinazione degli impatti complessivi relativi al trattamento di fine vita del blister.

Per questo motivo, nel paragrafo successivo, si evidenzierà il contributo del solo trattamento finale.

❖ Fase di trattamento finale

Nel presente paragrafo sono riportati i risultati relativi al trattamento finale del blister. Inoltre si approfondirà tale fase evidenziando il contributo derivante da ciascuna operazione di trattamento.

Nelle figure 4.29÷4.38 è riportato il confronto in termini di impatti ambientali tra i tre blister analizzati relativo al trattamento finale dei blister.

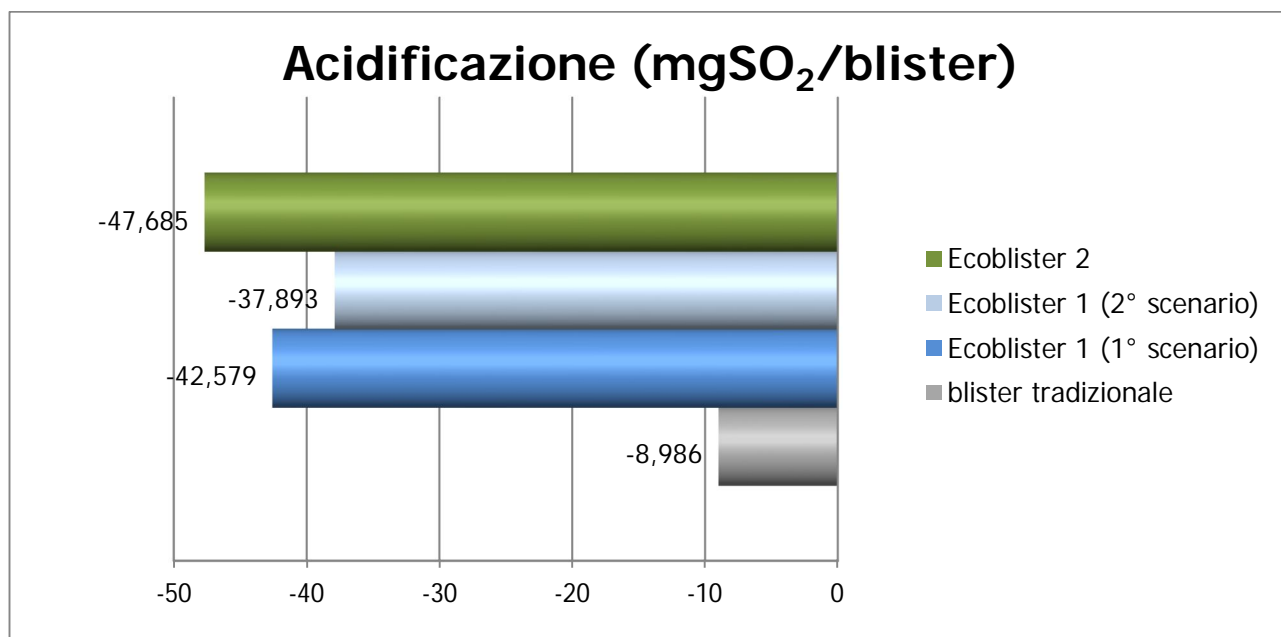


Figura 4.29 – Confronto tra i blister: Indicatore di Acidificazione associato alla fase di trattamento finale (mgSO₂/blister)

Di seguito, per ogni tipologia di blister, viene specificata l'entità degli impatti associati ai diversi trattamenti di fine vita:

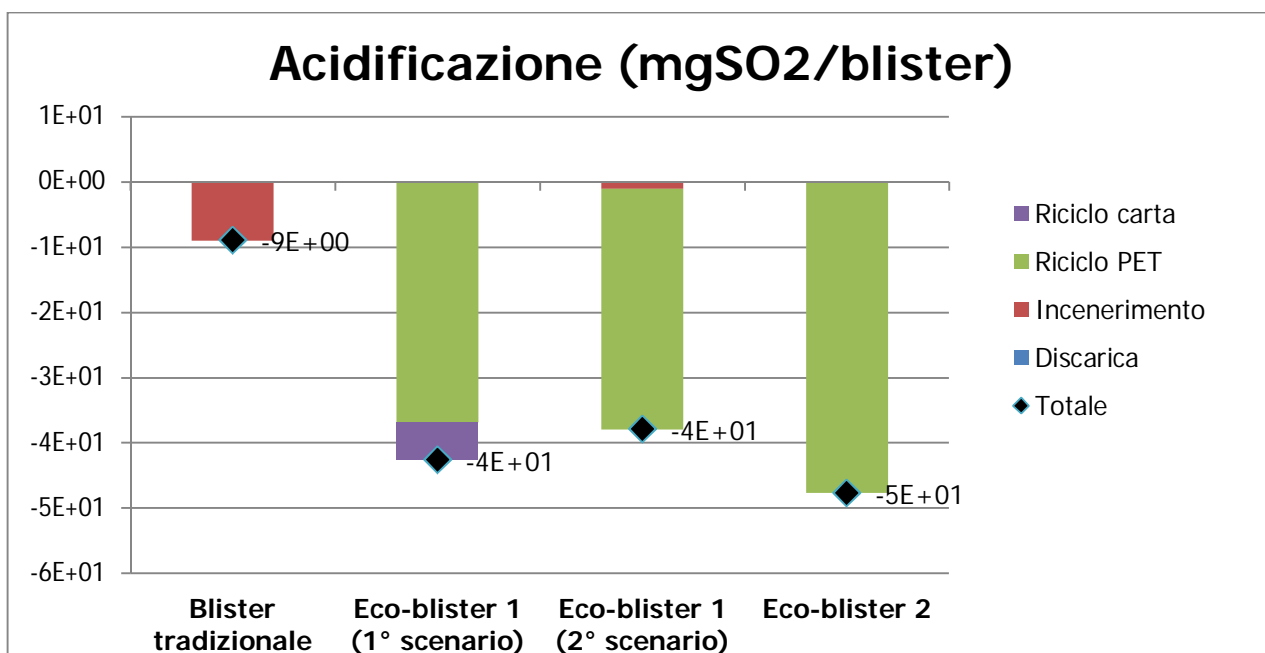


Figura 4.30 – Confronto tra i blister: Indicatore di Acidificazione associato alla fase di trattamento finale (mgSO₂/blister)

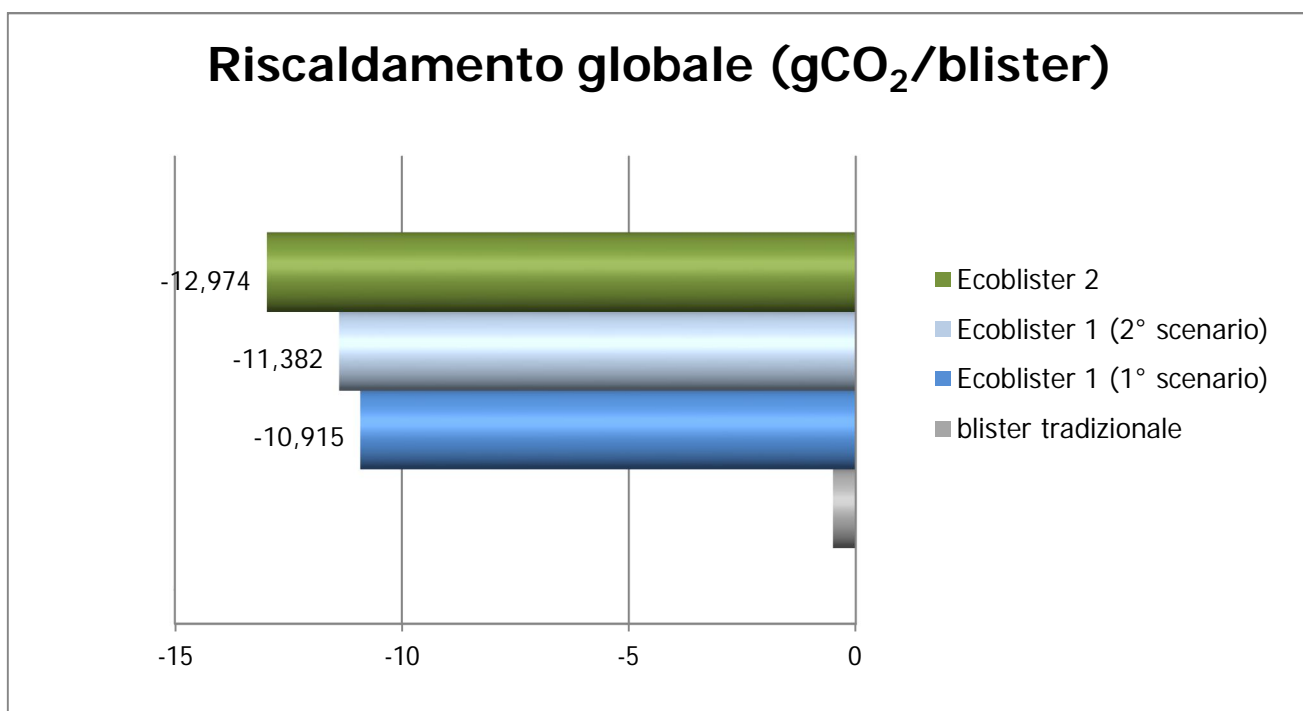


Figura 4.31 – Confronto tra i blister: Indicatore di Riscaldamento globale associato alla fase di trattamento finale (gCO₂/blister)

Di seguito, per ogni tipologia di blister, viene specificata l'entità degli impatti associati ai diversi trattamenti di fine vita:

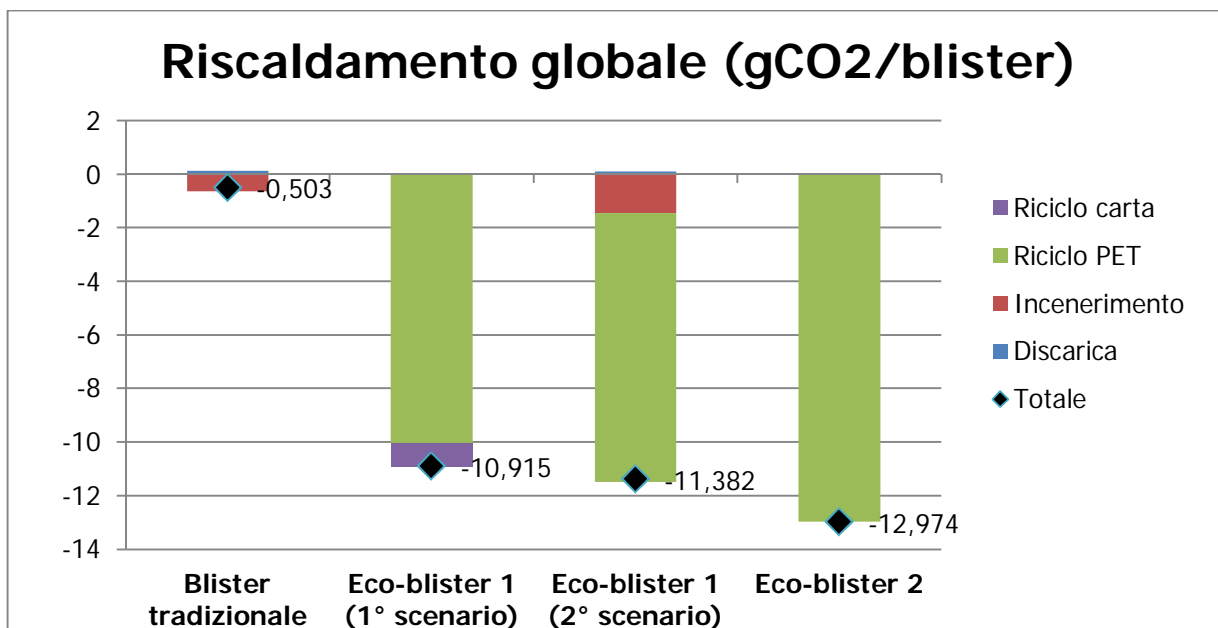


Figura 4.32 – Confronto tra i blister: Indicatore di Riscaldamento globale associato alla fase di trattamento finale (gCO₂/blister)

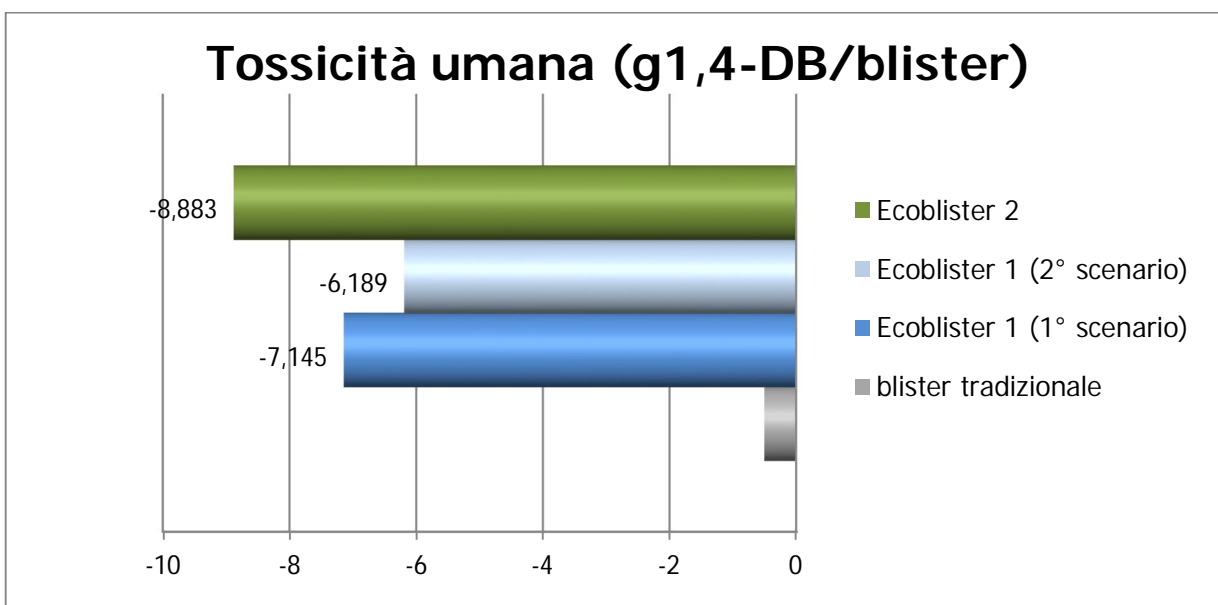


Figura 4.33 – Confronto tra i blister: Indicatore di tossicità umana associato alla fase di trattamento finale (g1,4-DB/blister)

Di seguito, per ogni tipologia di blister, viene specificata l'entità degli impatti associati ai diversi trattamenti di fine vita:

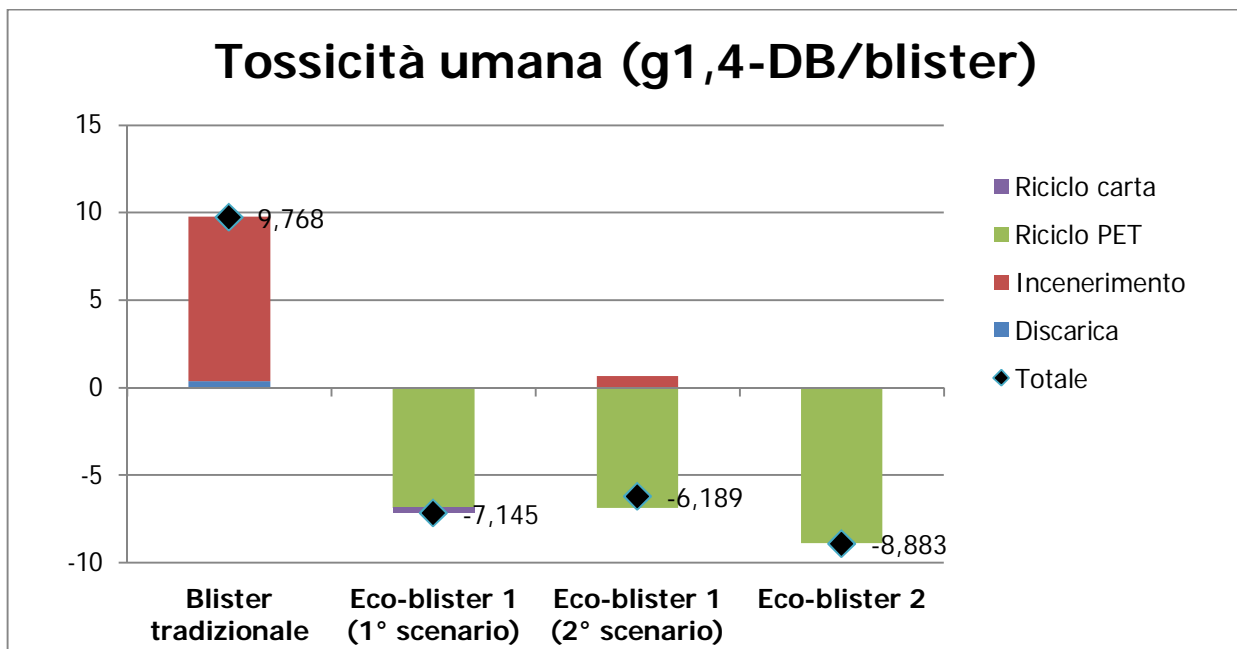


Figura 4.34 – Confronto tra i blister: Indicatore di tossicità umana associato alla fase di trattamento finale (g1,4-DB/blister)

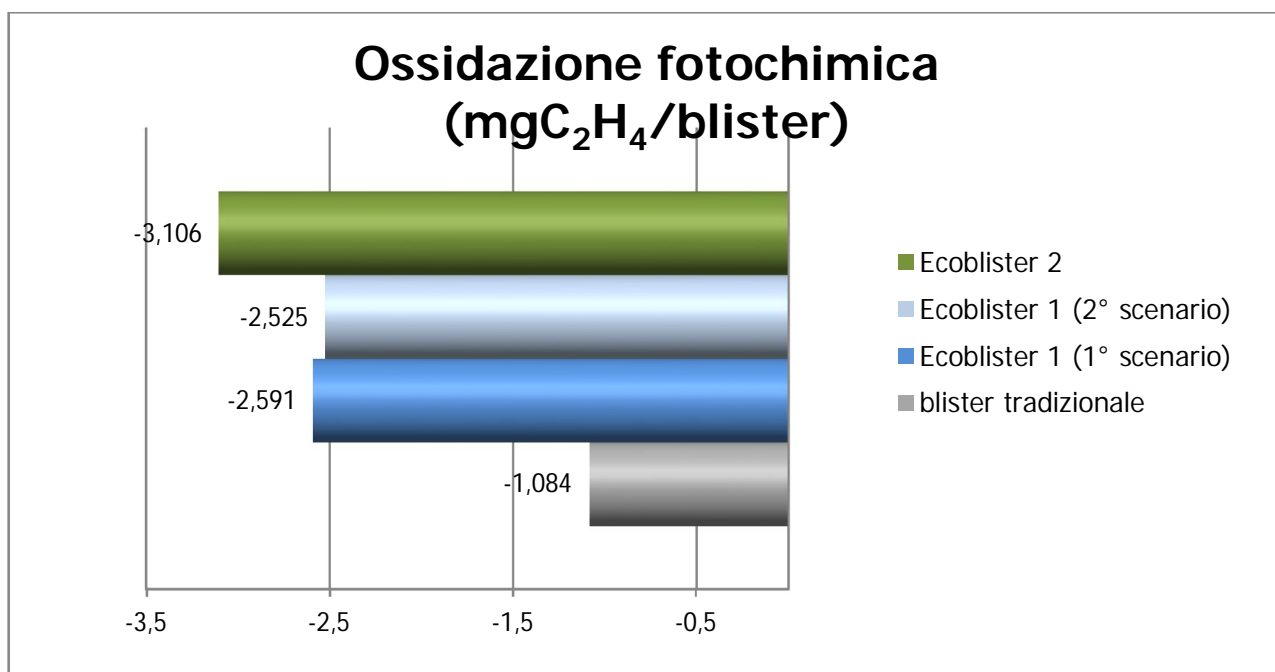


Figura 4.35 – Confronto tra i blister: Indicatore di ossidazione fotochimica associato alla fase di trattamento finale (mgC₂H₄/blister)

Di seguito, per ogni tipologia di blister, viene specificata l'entità degli impatti associati ai diversi trattamenti di fine vita:

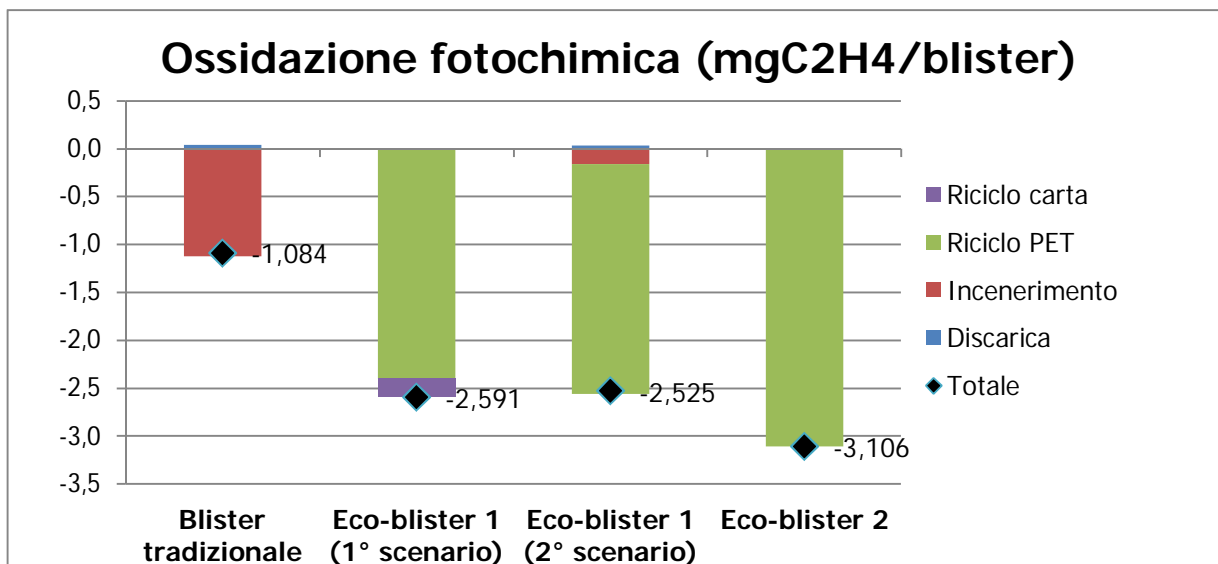


Figura 4.36 – Confronto tra i blister: Indicatore di ossidazione fotochimica associato alla fase di trattamento finale (mgC₂H₄/blister)

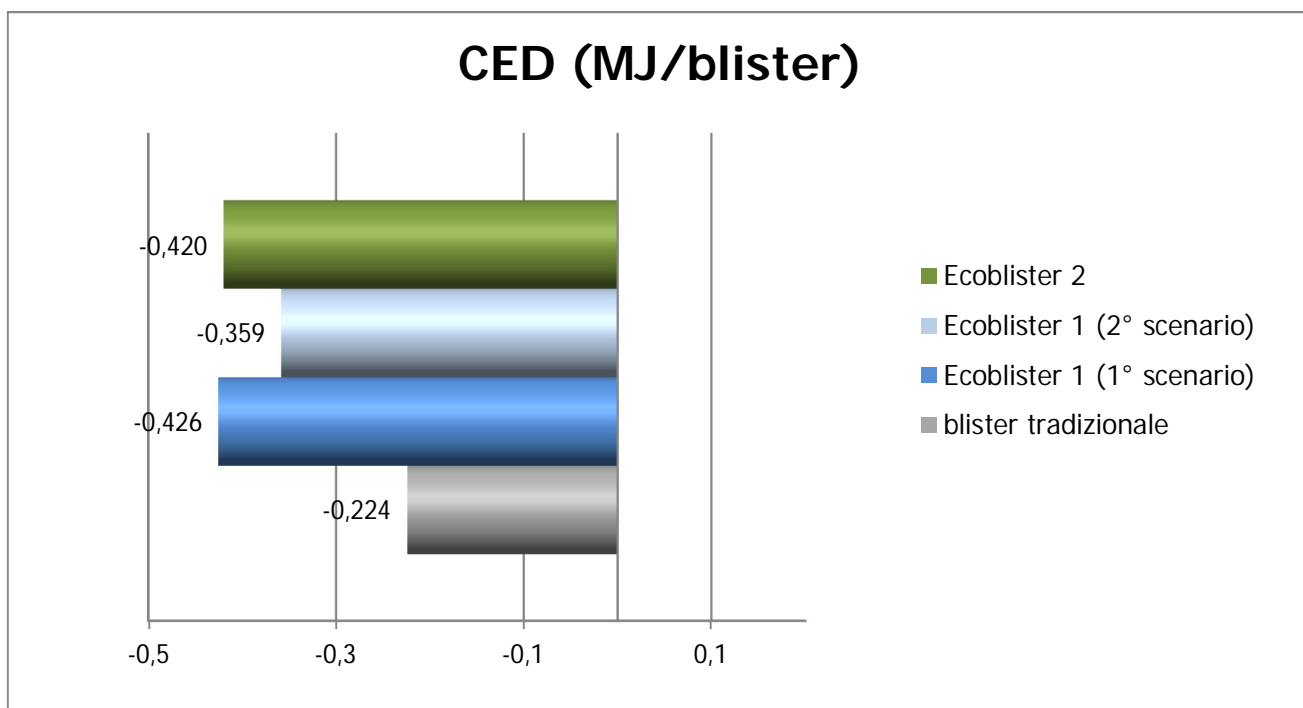


Figura 4.37 – Confronto tra i blister: Indicatore di CED associato alla fase di trattamento finale (MJ/blister)

Di seguito, per ogni tipologia di blister, viene specificata l'entità degli impatti associati ai diversi trattamenti di fine vita:

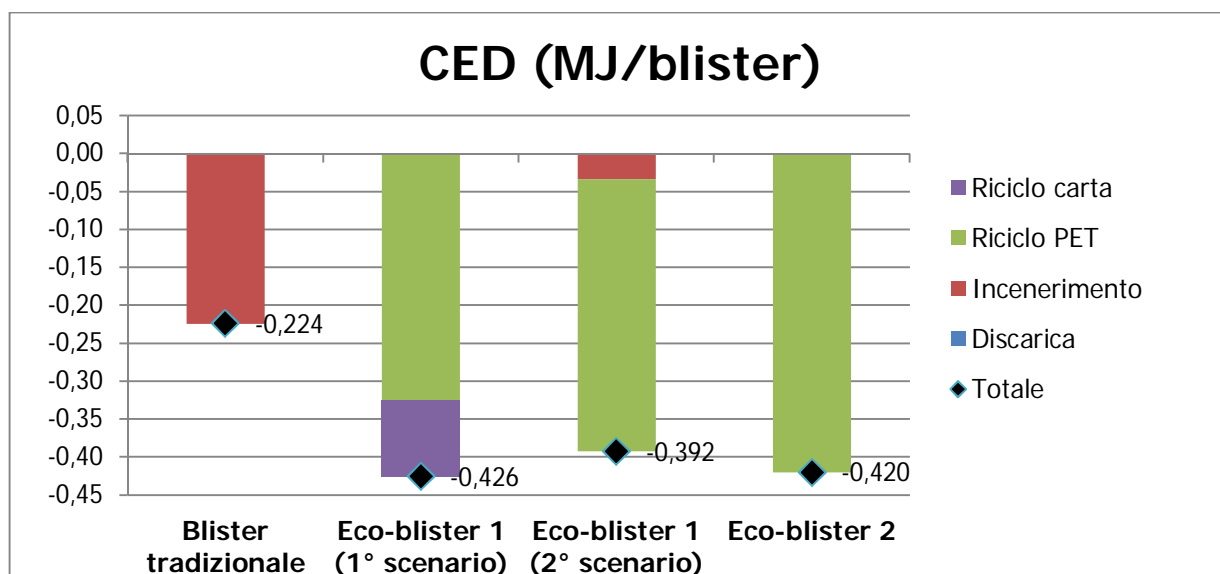


Figura 4.38 – Confronto tra i blister: Indicatore di CED associato alla fase di trattamento finale (MJ/blister)

Da quanto riportato in questo paragrafo, si evince che tutte e cinque le categorie considerate risultano di valore negativo per tutti i blister: ciò si traduce in un vantaggio per l'ambiente.

Il blister meno impattante, in relazione alla sola fase di trattamento finale del fine vita, è l'eco-blister 2 tranne che nel caso della categoria "CED" per la quale risulta l'eco-blister 1(primo scenario) il meno impattante. Tale risultato scaturisce da vari fattori:

- Nel caso della plastica (PET) l'efficienza del riciclo è stata stimata essere pari a 100% in quanto il materiale originato risulta non contaminato e soprattutto omogeneo. Essendo lo scarto derivante dall'eco-blister 2 costituito unicamente di PET, si spiega quindi il guadagno in termini di benefici ambientali.
- L'eco-blister 1 nel primo scenario è migliore rispetto al secondo scenario in quanto, nel caso di quest'ultimo, l'inserito grafico di cartoncino plastificato non viene riciclato ma inviato a smaltimento finale.
- Nel caso dell'eco-blister 1 (primo scenario), risulta evidente come il riciclo del PET sia migliore rispetto al riciclo della carta. Questo è dovuto al fatto che il riciclo del PET è più rilevante rispetto a quello della carta, sia dal punto di vista delle quantità

in gioco sia dal punto di vista del rendimento di processo (nel caso del PET si è stimato un rendimento pari al 100% mentre nel caso della carta il rendimento è stato stimato pari al 92%).

4.3 - Valutazione del fine vita e del ciclo produttivo

In questo paragrafo vengono riportati i risultati relativi agli impatti generati dal fine vita e dal ciclo produttivo dai blister.

Nelle figure 4.38÷4.42 è riportato il confronto in termini di impatti ambientali/energetici tra i tre blister analizzati. Tali risultati rappresentano i risultati totali suddivisi per contributi dell'intero ciclo di vita del blister: dall'approvvigionamento delle materie prime fino al fine vita del prodotto.

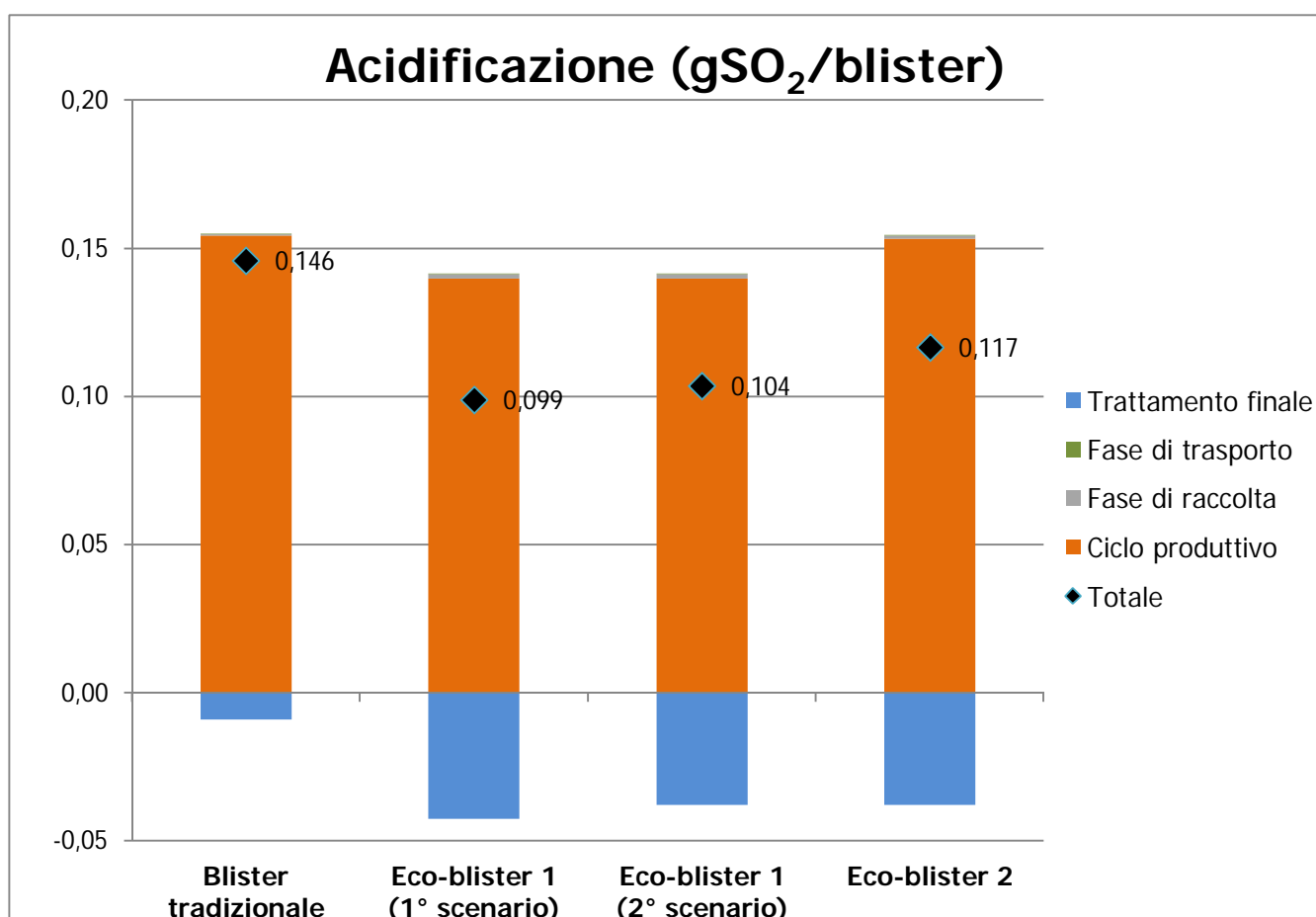


Figura 4.38 – Confronto tra i blister: Indicatore di acidificazione associato al ciclo di vita di un blister (gSO₂/blister)

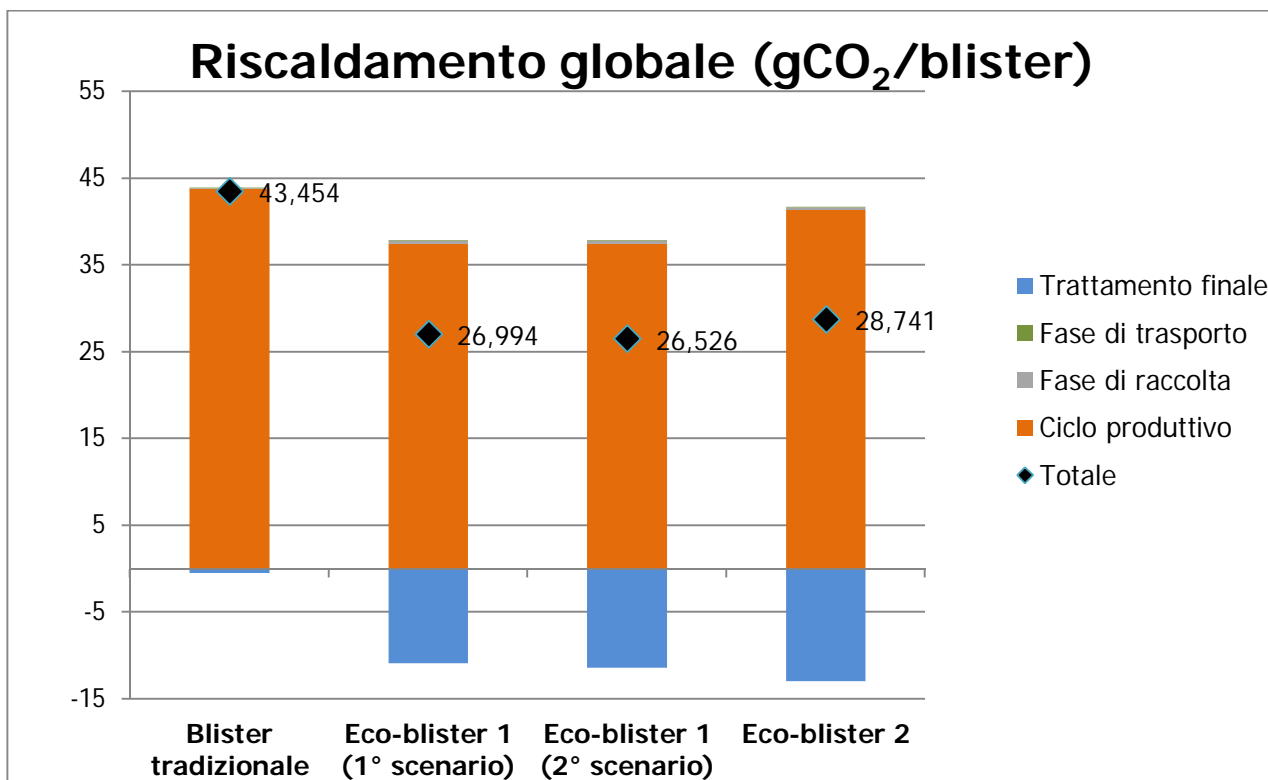


Figura 4.39 – Confronto tra i blister: Indicatore di riscaldamento globale associato al ciclo di vita di un blister (gCO₂/blister)

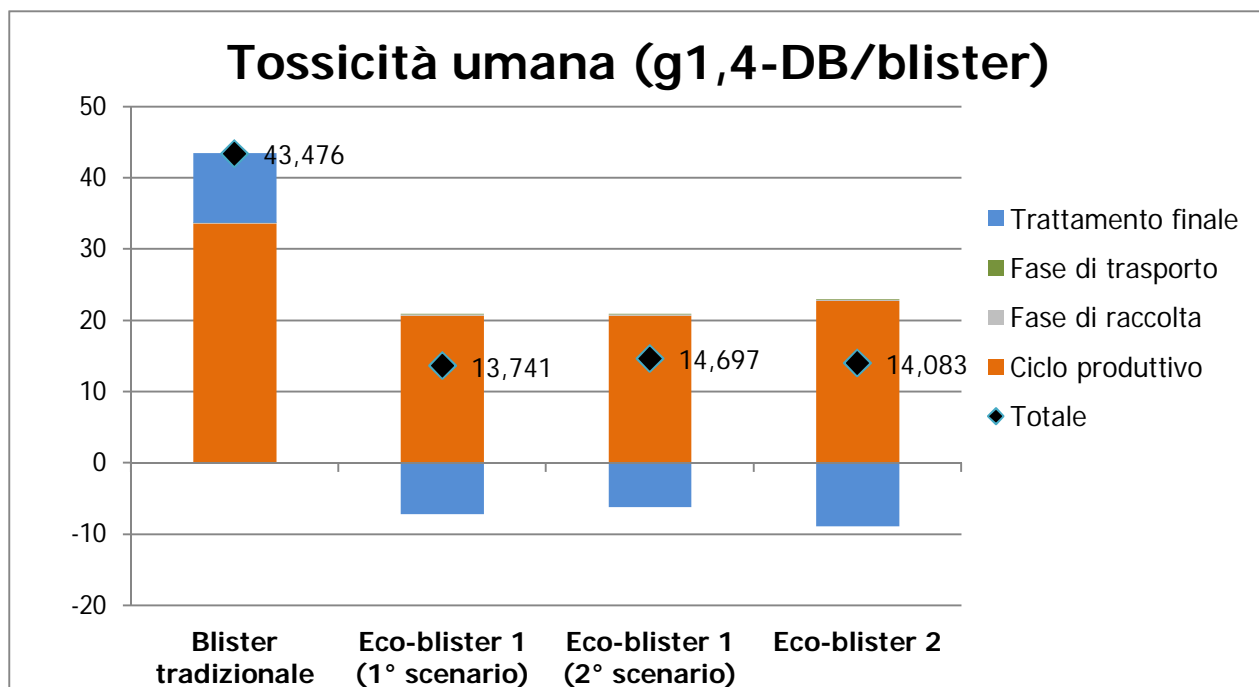


Figura 4.40 – Confronto tra i blister: Indicatore di tossicità umana associato al ciclo di vita di un blister (g1,4-DB/blister)

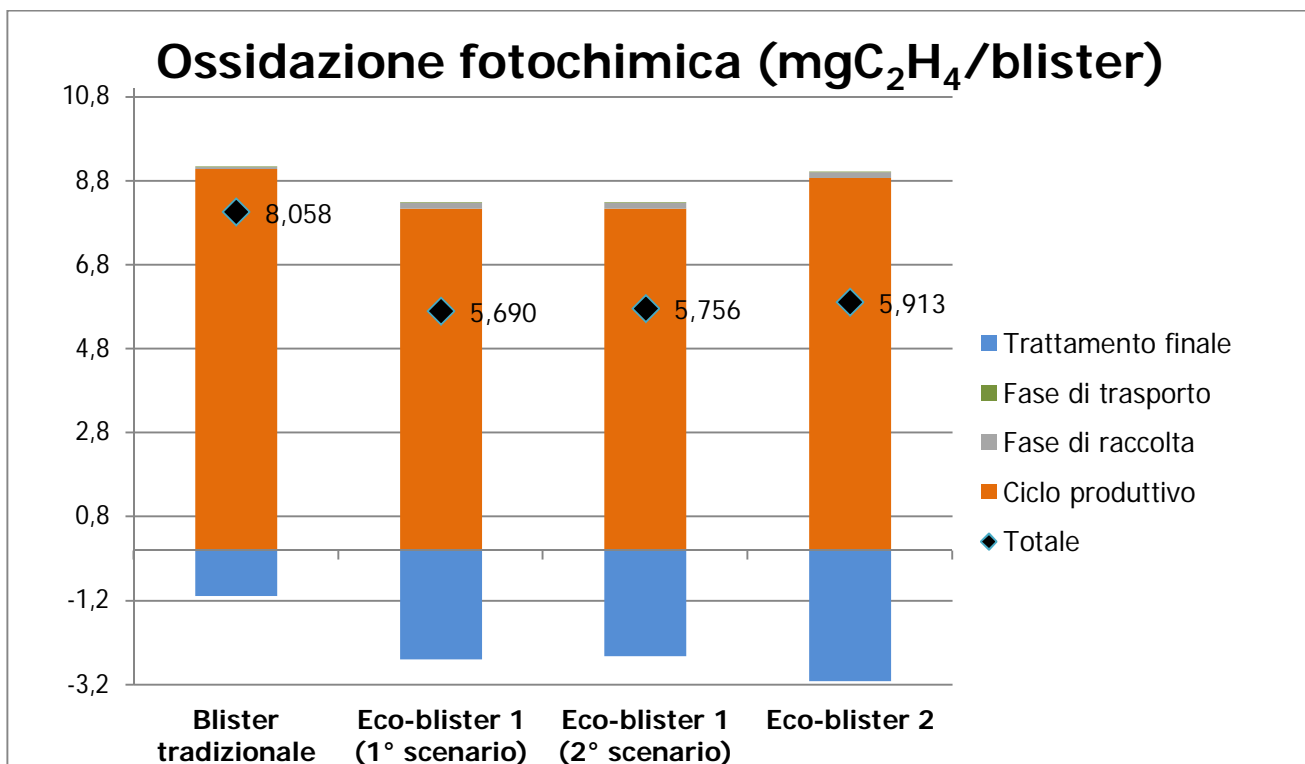


Figura 4.41 – Confronto tra i blister: Indicatore di ossidazione fotochimica al ciclo di vita di un blister (mgC₂H₄/blister)

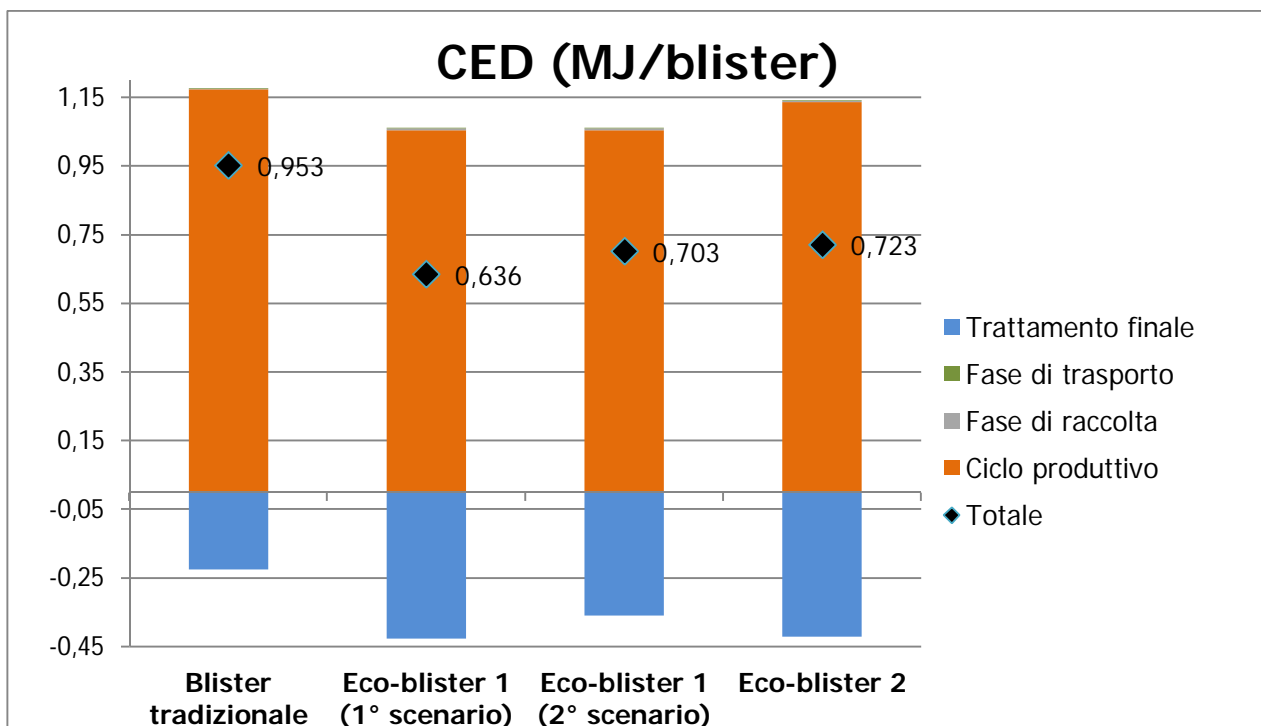


Figura 4.42 – Confronto tra i blister: Indicatore di CED associato al ciclo di vita di un blister (MJ/blister)

Dagli andamenti evidenziati dalle figure 4.38÷4.42 emerge come le fasi che contribuiscono maggiormente sul totale degli impatti sono il ciclo produttivo e il trattamento finale del fine vita. Le fasi di trasporto e di raccolta infatti, incidono poco sul totale degli impatti.

Risulta quindi che l'eco-blister 1, nel primo scenario ipotizzato, è il meno impattante. Ricordando che questo scenario rappresenta la situazione ottimale (entrambe le componenti di carta e PET sono inviate a riciclo) occorre evidenziare che anche il secondo scenario (dove la componente di PET viene inviata a riciclo mentre il cartoncino a smaltimento) dell'eco-blister1 mostra dei risultati simili al primo scenario. In generale si può quindi affermare che l'eco-blister 1, come visto per la valutazione del solo ciclo produttivo, rappresenta il blister meno impattante tra quelli considerati.

CONCLUSIONI

L'analisi LCA ha mostrato che per tutti gli scenari esaminati tutti gli indicatori di impatto analizzati (riscaldamento globale, acidificazione, tossicità umana, ossidazione fotochimica e impatto energetico), includendo gli impatti evitati, hanno segno positivo: questo significa che i benefici derivanti dal riciclo di materia ed energia dai rifiuti non riescono a compensare gli impatti aggiunti nell'ambiente per via del ciclo produttivo del blister.

Entrando nello specifico dei risultati emersi dalla valutazione, si vuole considerare prima il ciclo produttivo del blister (dall'approvvigionamento delle materie prime e loro utilizzo nel processo produttivo fino al trattamento degli scarti produttivi) e successivamente il fine vita del blister:

- Relativamente al ciclo produttivo, l'attuale blister tradizionale risulta più impattante rispetto agli eco-blister. Questo è dovuto al trattamento degli scarti produttivi. Infatti, se si focalizza l'analisi alla sola fase produttiva (approvvigionamento materie prime e loro utilizzo nel processo) il blister tradizionale risulta meno impattante rispetto agli eco-blister; la ragione sta nel fatto che questi ultimi necessitano di un nuovo materiale, la gomma laprene, che risulta decisivo per l'impatto totale avendo un impatto specifico molto elevato.

Spostando invece l'attenzione sul trattamento degli scarti produttivi, gli eco-blister hanno degli impatti negativi per ciascuna categoria di impatto considerata e ciò comporta dei vantaggi per l'ambiente. Questo è dovuto al fatto che, nel caso degli eco-blister, gli scarti produttivi sono inviati a processi di riciclo di carta e/o di plastica.

Considerando quindi il ciclo produttivo nel suo complesso, si evince che l'eco-blister 1 rappresenta lo scenario ottimale che comporta l'impatto minore rispetto alle altre due tipologie di blister.

L'eco-blister 1, per la fase produttiva ha un impatto minore dell'eco-blister 2 e maggiore del blister tradizionale mentre per la fase di trattamento degli scarti ha un impatto negativo minore dell'eco-blister 2 e maggiore del blister tradizionale.

- Relativamente al fine vita del blister, si evince innanzitutto come le fasi di raccolta e di trasporto siano ininfluenti sul totale degli impatti. Dai risultati emerge che è nuovamente l'eco-blister 1 il blister meno impattante. In particolare, è il primo scenario

quello che risulta ottimale; è previsto infatti il riciclo dei componenti costituiti da carta e plastica. L'eco-blister 1 nel secondo scenario invece, risulta più impattante rispetto al primo scenario (perché la carta viene gettata tra i rifiuti indifferenziati e quindi smaltita) ma risulta comunque meno impattante rispetto all'eco-blister 2 e al blister tradizionale.

Riassumendo tutti i risultati si può concludere che gli eco-blister, in particolare l'eco-blister 1, presentano degli impatti minori rispetto al ciclo produttivo attuale relativo al blister tradizionale.

Per tale ragione, l'Azienda potrebbe eventualmente ottenere benefici ambientali e quindi riduzione degli impatti di ciclo di vita, con l'introduzione degli eco-blister. I benefici deriverebbero principalmente dalla fase relativa al trattamento degli scarti di produzione che sarebbero riciclati, nel caso degli eco-blister, invece che smaltiti come nel caso del blister tradizionale.

BIBLIOGRAFIA

Progetto GERLA Relazione n. 2: Analisi LCA del sistema di gestione dei rifiuti urbani della Lombardia: situazione attuale e scenari evolutivi (Rev. 1, Luglio 2012); Grosso M., Rigamonti L., Brambilla V., Luglietti R., Falbo A.

Riciclo Rifiuti: Analisi del ciclo di vita dei materiali da imballaggio; Lucia Rigamonti, Mario Grosso.

Life Cycle Assessment (LCA): generalità e applicazione alla gestione dei rifiuti urbani; Lucia Rigamonti

Ridurre i rifiuti, un obiettivo necessario e possibile; Guido Viale, Economista ambientale (articolo comparso su "ecoscienza Numero 1, Anno 2011").

Eco-innovazione nella concezione del packaging; Ulisse Pedretti, Responsabile Innovazione imballaggio e tutela ambientale COOP Italia