



CFP Study Report
***Confronto di tre diversi scenari di gestione dei
bicchierini e palette (utilizzati nei distributori
automatici) alla fine del loro ciclo di vita***



*Parco Scientifico Tecnologico VEGA
Torre Hammon - via delle Industrie, 5
30175 Marghera (VE)*



*Venditalia Servizi Srl
Via Napo Torriani, 29
20124 Milano (MI)*

INDICE

PREMESSA	3
1 LCA: CENNI METODOLOGICI	4
2 ANALISI LCA FINALIZZATA ALLA QUANTIFICAZIONE DELLA CFP DEI TRE DIVERSI SCENARI	7
3.1 Obiettivo dello studio	7
3.1.1 Applicazioni previste e motivazioni dello studio.....	7
3.1.2 Destinatari	7
3.1.4 Committente dello studio.....	7
3.1.5 Limitazioni metodologiche	7
3.2 Campo di applicazione dello studio e confini di sistema.....	8
3.2.1 Unità funzionale	8
3.2.4 Qualità dei dati e fonti.....	8
3.2.5 Categorie di impatto, modelli e indicatori	8
3.3 Analisi dell'inventario del ciclo di vita.....	9
3.3.1 Elaborazione dati, ipotesi e assunzioni	9
3.4 Valutazione dell'impatto ambientale potenziale (CFP) ed interpretazione dei risultati....	12
3.4.1 Interpretazione dei risultati.....	15
3.4.2 Ulteriori approfondimenti	15
CONCLUSIONI	17
BIBLIOGRAFIA	18

PREMESSA

Lo studio descritto nel presente Rapporto tecnico è stato realizzato con l'obiettivo di confrontare gli impatti ambientali, in termini di kg CO₂ eq (**Carbon Footprint**), di tre diversi scenari di gestione dei bicchierini e palette (utilizzati nei distributori automatici) alla fine del loro ciclo di vita:

- Scenario A: raccolta indifferenziata con avvio a smaltimento
- Scenario B: raccolta differenziata, selezione e riciclo del flusso di polistirene
- Scenario C: raccolta dedicata e riciclo a ciclo chiuso.

In generale, la *Carbon Footprint* rappresenta il totale delle emissioni di gas climalteranti (emissioni GHG) attribuibili alla realizzazione (in questo caso della gestione a fine vita) di un prodotto. Viene così misurato l'impatto potenziale che tali emissioni hanno sui cambiamenti climatici di origine antropica, espresso in termini di kg di CO₂ equivalente.

La metodologia LCA, in generale, consente di stimare gli impatti ambientali potenziali legati al ciclo di vita di un prodotto e di ottenere risultati utilizzabili in modo operativo per il raggiungimento di obiettivi di miglioramento delle prestazioni ambientali e di processo.

Parte dei dati utilizzati derivano da studi svolti su aziende addette al recupero di rifiuti plastici.

1 LCA: CENNI METODOLOGICI

L'analisi del ciclo di vita dei processi produttivi, conosciuta a livello internazionale come LCA (*Life Cycle Assessment*), può essere considerata come l'evoluzione della tecnica d'analisi energetica, la REPA (*Resource and Environmental Profile Analysis*), i cui primi esempi d'applicazione risalgono agli anni 1960-1970, quando alcune grandi industrie hanno cominciato a rivolgere un interesse particolare ai temi del risparmio delle risorse energetiche e materiali e del contenimento delle emissioni nell'ambiente.

La metodologia LCA fornisce una valutazione degli impatti ambientali potenziali associati al ciclo di vita del prodotto o processo, che può essere utilizzata in varie forme e come strumento di comunicazione indirizzato ai diversi stakeholders.

La *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC), durante il congresso di Vermont in Canada del 1993 ha così definito l'LCA: "è un procedimento oggettivo di valutazione di carichi energetici ed ambientali relativi ad un processo o un'attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. La valutazione può includere l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale".

Importanti aspetti da sottolineare in questa definizione sono:

- ✓ l'oggettività del procedimento, per cui risulta essenziale che vengano seguiti precisi passaggi (fasi) e che la valutazione debba derivare dall'analisi di dati scientificamente verificabili e confrontabili;
- ✓ l'oggetto della valutazione sono i carichi energetici ed ambientali imputabili allo stato in essere di un processo o un'attività che portano alla produzione di un prodotto in senso lato o all'erogazione di un servizio;
- ✓ la possibilità di considerare l'intero ciclo di vita del processo o attività, senza tralasciare nessuna fase direttamente imputabile all'oggetto (unità funzionale/dichiarata) dello studio. Per ciclo di vita si intendono gli stadi consecutivi e collegati del sistema produttivo, dall'acquisizione della materia prima, al ciclo produttivo, all'uso e allo smaltimento finale.

La metodologia LCA è applicata seguendo le norme UNI EN ISO 14040:2021 Environmental management – Life cycle assessment - Principles and Framework e UNI EN ISO 14044:2021 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and provides guidelines for life cycle assessment (LCA) e prevede le seguenti quattro fasi:

1. Goal Definition and Scoping;
2. Life Cycle Inventory Analysis (LCI);
3. Life Cycle Impact Assessment (LCIA);
4. Life Cycle Interpretation.

Definizione degli obiettivi, del campo di applicazione e dei confini del sistema

Vengono definite le finalità dello studio, il campo di applicazione, l'unità funzionale/dichiarata, i confini del sistema, il fabbisogno di dati, le assunzioni e i limiti. Nella fase di definizione dello studio, perché sia caratterizzata da rapidità e adeguatezza, vengono valutati progressivamente:

- ✓ gli obiettivi dell'analisi LCA (definizione del problema da analizzare, ossia se, ad esempio, si vogliono confrontare due prodotti o migliorarne alcuni già esistenti o progettarne di nuovi);
- ✓ il livello di dettaglio (grado di accuratezza dell'analisi);
- ✓ l'oggetto dello studio (tipologia di prodotto, quantità, limiti temporali per la produzione, funzioni rilevanti).

L'**obiettivo** di uno studio LCA deve stabilire senza ambiguità quali siano l'applicazione prevista, le motivazioni che inducono a realizzare lo studio e il tipo di pubblico a cui è destinato, cioè a quali persone si intendono comunicare i risultati dello studio.

Il **campo di applicazione** di uno studio di LCA deve specificare chiaramente le funzioni del sistema allo studio. Il campo di applicazione dovrebbe essere sufficientemente ben definito, al fine di assicurare che l'ampiezza, la profondità e il dettaglio dello studio siano compatibili con l'obiettivo stabilito e sufficienti per conseguirlo. La LCA è una tecnica iterativa. Di conseguenza può essere necessario modificare il campo di applicazione dello studio, per effetto di informazioni supplementari raccolte nel corso dello studio [ISO 14040:2006, Par. 5.2.1.1 e 5.2.1.2].

Una **unità funzionale** costituisce una misura della prestazione del flusso in uscita funzionale del sistema di prodotto. In alternativa, una **unità dichiarata** rappresenta la quantità (in termini di massa, lunghezza o volume) di un prodotto, utilizzata come unità di riferimento nella quantificazione dei potenziali impatti ambientali associati al ciclo di vita del prodotto.

Lo scopo principale dell'unità funzionale/dichiarata è di fornire un riferimento a cui legare i flussi in entrata e in uscita. Questo riferimento è necessario per consentire la comparabilità dei risultati della LCA, che potrebbe essere particolarmente critica quando si valutano sistemi differenti, perché ci si deve assicurare che le comparazioni siano fatte su una base comune.

Un sistema può avere un gran numero di funzioni possibili e la funzione scelta per lo studio dipende dall'obiettivo e dal campo di applicazione. La corrispondente unità funzionale deve essere definita e misurabile. [ISO 14040: 2006, Par. 5.2.2].

I **confini del sistema** determinano le unità di processo che devono essere incluse nello studio LCA. Numerosi fattori determinano i confini del sistema, fra i quali le applicazioni previste dello studio, le ipotesi assunte, i criteri di esclusione, le costrizioni prodotte dai dati e dai costi, il pubblico destinatario. I criteri utilizzati nella definizione dei confini del sistema impongono il grado di confidenza per assicurare che i risultati dello studio non siano stati compromessi e l'obiettivo di un dato studio sia raggiunto (ISO 14040: 2006, Par. 5.2.3). Qualunque decisione di eliminare fasi del ciclo di vita, processi o flussi in ingresso/uscita deve essere chiaramente indicata e giustificata.

Analisi di inventario (LCI)

Consiste nell'individuazione e quantificazione dei flussi in ingresso e in uscita dal sistema oggetto di analisi. Verranno, quindi, identificati e quantificati i consumi di risorse e le emissioni in aria, acqua e suolo, arrivando così a strutturare un vero e proprio bilancio ambientale.

Questa fase è costituita da quattro parti fondamentali:

1. lo schema del diagramma di flusso (*Process flow-chart*): rappresentazione grafica e qualitativa di tutte le fasi rilevanti dei processi coinvolti nel ciclo di vita del sistema analizzato. È composto da sequenze di processi (*boxes*) collegati da flussi di materiali (freccette). La sua caratteristica fondamentale è quella di dividere un sistema in vari sottosistemi ed esplicitare azioni di interconnessione. Il flow-chart permette, inoltre, di visualizzare e poi raccogliere i dati di input e di output per ogni fase del processo.
2. La raccolta dei dati (*Data collection*).
3. La definizione delle condizioni al contorno (*System boundaries*): definizione dei punti di confine tra il sistema studiato e l'ambiente.
4. L'elaborazione dei dati (*Data processing*).

Analisi degli impatti potenziali (LCIA)

La fase di LCIA è lo studio dell'impatto ambientale provocato da un processo produttivo o da una attività, effettuato mediante l'ausilio di alcuni indicatori aggregati di uso internazionale che consentono di quantificare gli impatti potenziali e confrontare le eventuali alternative di processo o di prodotto e di software di calcolo. In questa fase si passa dal dato numerico calcolato nella fase precedente al giudizio di pericolosità.

L'Analisi degli impatti potenziali è suddivisa in quattro fasi:

1. Classificazione (fase qualitativa, nella quale i dati dell'inventario vengono suddivisi in gruppi di temi o categorie di impatti ambientali potenziali, queste sono riconducibili a tre grandi aree di protezione generale: esaurimento delle risorse, salute umana, conservazione dell'ambiente);
2. Caratterizzazione, in cui si quantificano e aggregano gli impatti potenziali per individuare il danno relativo alla sostanza emessa o alla risorsa usata;
3. Normalizzazione, che divide i valori ottenuti nella fase precedente per l'impatto della vita media di un anno del cittadino medio europeo (o della popolazione mondiale) nella stessa categoria, allo scopo di rendere confrontabili le categorie che hanno diverse unità di misura;
4. Valutazione, che attribuisce un valore in termini d'importanza a ciascun impatto e che può essere effettuata seguendo diverse prospettive culturali.

Le prime due fasi sono obbligatorie, mentre le altre sono facoltative. In questo studio sono state considerate solo le fasi di classificazione e caratterizzazione.

Interpretazione dei risultati

E' la fase finalizzata ad interpretare i risultati dell'analisi identificando le criticità ambientali e mettendo in evidenza le potenzialità di miglioramento, sia tecniche che gestionali, del ciclo di vita del prodotto oggetto di studio. A supporto dell'interpretazione dei risultati, possono essere effettuate delle analisi di sensibilità, allo scopo di indagare le principali assunzioni dello studio.

2 ANALISI LCA FINALIZZATA ALLA QUANTIFICAZIONE DELLA CFP DEI TRE DIVERSI SCENARI

3.1 *Obiettivo dello studio*

Lo studio è stato elaborato con l'obiettivo di calcolare la Carbon Footprint associata a tre diverse gestioni a fine vita di bicchierini e palette utilizzati nei distributori automatici di bevande.

3.1.1 *Applicazioni previste e motivazioni dello studio*

I risultati dello studio saranno utili all'azienda per confrontare le diverse gestioni dei bicchierini e palette alla fine del loro ciclo di vita e per supportare la campagna "RiVending", identificabile nel terzo scenario.

3.1.2 *Destinatari*

Lo studio sarà destinato alla comunicazione esterna, in particolare ai clienti e stakeholders di Venditalia srl.

3.1.4 *Committente dello studio*

Il committente dello studio è Venditalia S.r.l., azienda sita in via Napo Torriani, 29 (MI).
Lo studio è stato svolto da eAmbiente S.r.l.

3.1.5 *Limitazioni metodologiche*

Uno studio di CFP tramite LCA-Life Cycle Assessment, come altri modelli scientifico-matematici, rappresenta la semplificazione della realtà di un sistema fisico complesso e, pertanto, non si può pretendere una precisa e completa raffigurazione di ogni effetto sull'ambiente.

Le limitazioni propriamente tecniche, indicate dalle Norme ISO 14040 e ISO 14044, relative all'applicazione della metodologia LCA, sono riferite:

- ✓ all'impostazione dei confini del sistema che non contemplano tutti possibili processi unitari per il sistema di prodotto o che non includono tutti gli elementi in ingresso e in uscita a causa di esclusioni o dati mancanti;
- ✓ alla mancanza della dimensione spaziale e temporale nei risultati LCI.

Il calcolo della CFP riguarda una sola categoria di impatto (il riscaldamento globale), pertanto non è da sola sufficiente per una comunicazione esauriente sulla sostenibilità ambientale del prodotto. Inoltre, eventuali comparazioni con altri prodotti sono possibili solamente se sono utilizzate le stesse PCR di riferimento e le stesse caratteristiche tecniche e funzionali (sia di prodotto che di metodologie di calcolo).

I risultati e i valori di impatto ambientale del LCIA, e quindi di CFP, rappresentano impatti potenziali e non misurati, restano comunque espressioni "relative", non prevedono impatti sulle finalità di

categoria, superamenti di soglie, margini di sicurezza o rischi e non incidono sulle funzioni prestazionali di un prodotto rispetto ad un altro.

3.2 Campo di applicazione dello studio e confini di sistema

Il campo di applicazione dello studio CFP è il fine vita e l'eventuale riciclaggio associabile ai soli scenari B e C.

3.2.1 Unità funzionale

L'unità funzionale dello studio CFP sono 1000 kg di rifiuto.

La tonnellata di rifiuto raccolta ha quantità diverse di rifiuti di bicchieri in plastica nei 3 scenari considerati.

3.2.4 Qualità dei dati e fonti

I dati utilizzati per lo studio rispettano i requisiti di qualità dei dati richiesti per gli studi di questo genere. In particolare, sono stati utilizzati dati sito-specifici (dati primari) relativi a consumi energetici e di ausiliari, per la modellizzazione delle diverse fasi di trattamento a fine vita dei bicchierini e palette, provenienti da aziende che svolgono attività di recupero di rifiuti plastici.

I dati secondari (generici selezionati) sono stati estrapolati dalla banca dati Ecoinvent 3.8.

3.2.5 Categorie di impatto, modelli e indicatori

Per il calcolo della CFP sono utilizzati i fattori di caratterizzazione estrapolati dal *Fifth Assessment Report* (2013) dell'*International Panel on Climate Change* (IPCC).

Il software di elaborazione dei dati utilizzato è il SimaPro v. 9.3.0.3 (2021), dotato di uno specifico metodo di calcolo basato sui suddetti fattori di caratterizzazione.

La quantificazione della CFP è stata eseguita escludendo l'impatto associato alla realizzazione delle infrastrutture presenti nei processi di banca dati utilizzati.

3.3 Analisi dell'inventario del ciclo di vita

3.3.1 Elaborazione dati, ipotesi e assunzioni

Si riporta di seguito una descrizione delle modalità adottate per l'elaborazione dei dati raccolti e delle principali ipotesi/assunzioni effettuate in fase di modellizzazione dello studio LCA.

Scenario A

Il primo scenario analizzato prende in considerazione una raccolta indifferenziata dei bicchierini e palette ed uno loro successivo smaltimento.

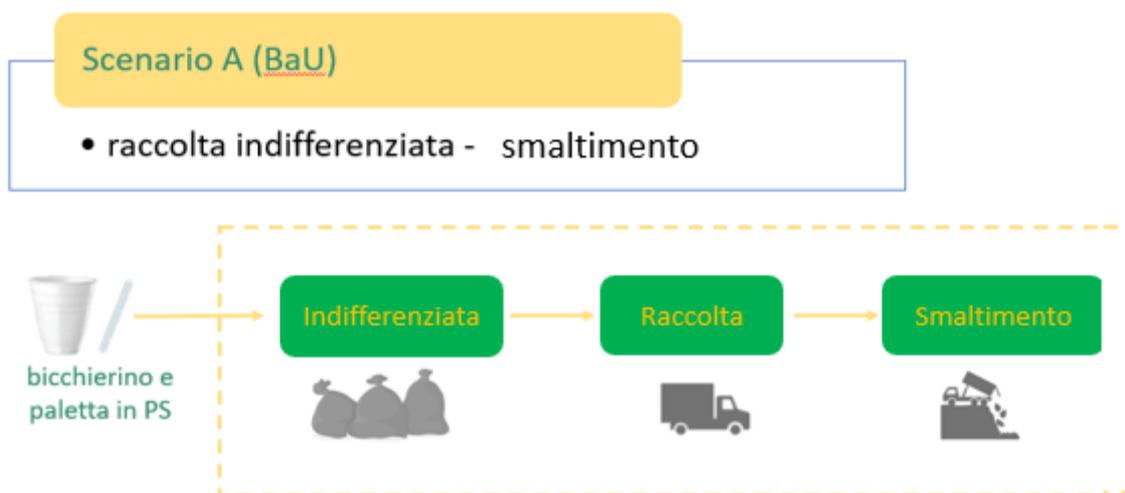


Figura 1 Scema in fasi - Scenario A

Per il trasporto di 1000 kg di rifiuto indifferenziato è stata ipotizzata una distanza di 50 km fino al centro di smaltimento. Per questa fase è stato considerato il processo: "Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 {RER}" selezionato da banca dati EcoInvent 3.8.

I rifiuti indifferenziati, basandosi sulle percentuali indicate per il territorio italiano nel "Rapporto Rifiuti urbani – ISPRA 2020", sono stati avviati per il 51% a discarica ("Municipal solid waste {CH} treatment of, sanitary landfill") e per il 49% ad incenerimento ("Municipal solid waste {IT} treatment of, incineration").

Scenario B

Il secondo scenario prende in considerazione una raccolta differenziata del materiale plastico, una conseguente cernita del rifiuto, un lavaggio, una macinazione ed una estrusione per la produzione di granuli in polistirene funzionali alla produzione di pannelli.

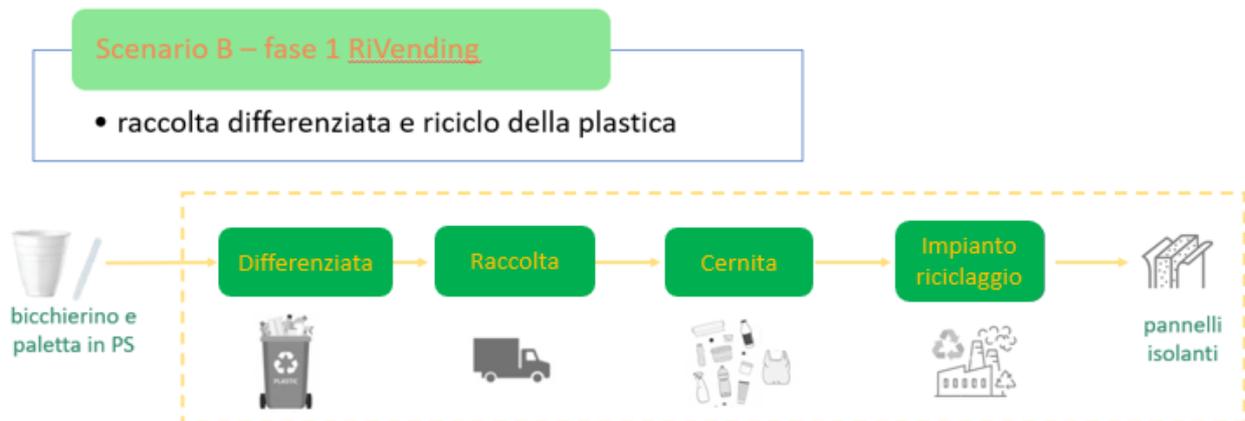


Figura 2 Schema in fasi - Scenario B

Per la raccolta differenziata, e il conseguente trasporto dei 1000 kg di rifiuto al centro di riciclaggio, è stata ipotizzata una distanza complessiva di 250 km; il trasporto è stato modellizzato con il medesimo processo selezionato per lo scenario A.

Per la fase di cernita e selezione sono stati considerati consumi energetici (energia elettrica – 24,15 kWh, metano – 0,03 m³ e gasolio – 0,9 litri), consumi di acqua – 0,17 m³ e di ausiliari ricavati da studi svolti su aziende di recupero rifiuti che svolgono tali attività; è stata inoltre considerata una resa di processo pari al 76%, come analizzato in tali studi. I 240 kg di rifiuti plastici scartati sono stati smaltiti considerando il processo: “Mixed plastics (waste treatment) {GLO} of mixed plastics”. I restanti 760 kg selezionati, costituiti da bicchierini e palette, sono stati poi avviati alla fase di lavaggio con un consumo specifico di energia elettrica pari a 23,08 kWh e di acqua pari a 1794 litri.

Segue la fase di macinazione del rifiuto lavato, con un consumo solo energetico per il funzionamento dei macchinari corrispondente a 207,7 kWh, e l’ultima fase di estrusione e rigranulazione per la produzione di granuli in PS utili alla creazione di pannelli. In questa fase sono stati considerati dei consumi di energia elettrica pari a 652,6 kWh e di GPL pari a 0,000108 m³ oltre che un impiego del 5% in peso di pentano necessario alle successive fasi di espansione dei granuli.

Essendo questi granuli destinati alla produzione di pannelli in PS, si è considerata una qualità del materiale recuperato pari all’85% di quello vergine.

Scenario C

Il terzo scenario analizzato prende in considerazione una raccolta dedicata dei bicchierini e delle palette, un trasporto fino all'impianto di riciclaggio, un conseguente lavaggio, una macinazione ed infine la produzione di nuovi bicchierini con diverse percentuali di PS riciclato.

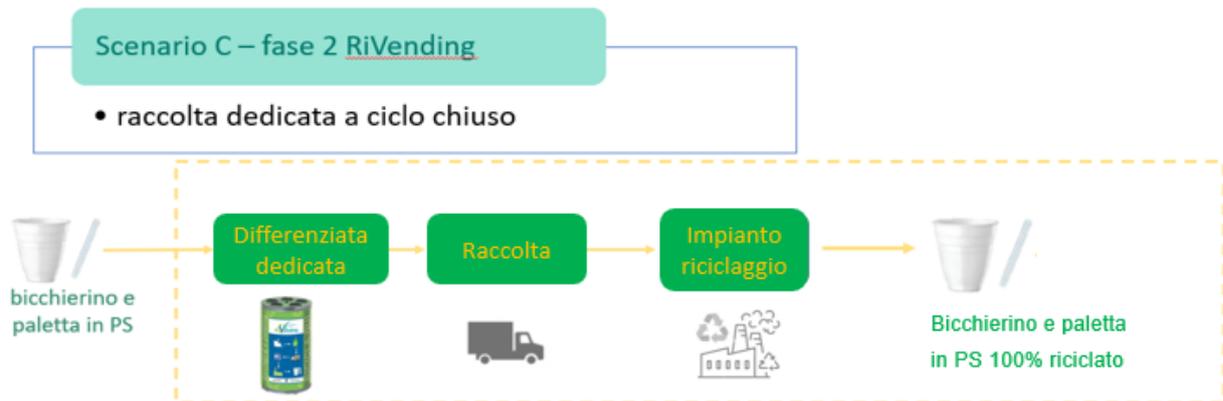


Figura 3 Schema in fasi - Scenario C

Per la raccolta dedicata dei bicchierini e delle palette è stato considerato un tipico contenitore per la raccolta solitamente disposto vicino ai distributori automatici di bevande. Tale contenitore ha un volume di 60 litri e riesce a contenere 650 bicchieri da 3,8 g l'uno per un totale di 2,47 kg. Considerando uno scarrabile come mezzo per la raccolta e quindi un volume di carico pari a 20 m³, si è calcolato che serviranno circa 1,2 viaggi ed una distanza stimata pari a 250 km per portare i 1000 kg di rifiuto al centro di riciclaggio. I km totali considerati in questa prima fase corrispondono a 350: 300 solo per la raccolta differenziata spinta più 50 km ipotizzati per il trasporto del rifiuto fino al centro di riciclaggio.

I consumi specifici relativi alle fasi di lavaggio, macinazione, estrusione e rigranulazione sono gli stessi dello scenario B, ma riferiti alla tonnellata di rifiuti non cernita in quanto già derivante da una raccolta dedicata. Nello scenario B, infatti, vengono scartati 240 kg nella fase di selezione iniziale del rifiuto; al contrario nello scenario C vengono lavati, macinati e rigranulati tutti i 1000 kg di rifiuti in PS.

3.4 Valutazione dell'impatto ambientale potenziale (CFP) ed interpretazione dei risultati

Si riportano di seguito i risultati LCIA (Life Cycle Impact Assessment), in termini di emissioni di CO₂ equivalente (emissioni GHG o *Carbon Footprint*), per ciascuno dei tre scenari considerati. Tutti i risultati sono riferiti all'unità funzionale, ossia ad **1 tonnellata di rifiuti**.

Scenario A

Il potenziale impatto sui cambiamenti climatici di 1 ton di bicchierini e palette avviate a smaltimento è pari a 588 kg CO₂eq.

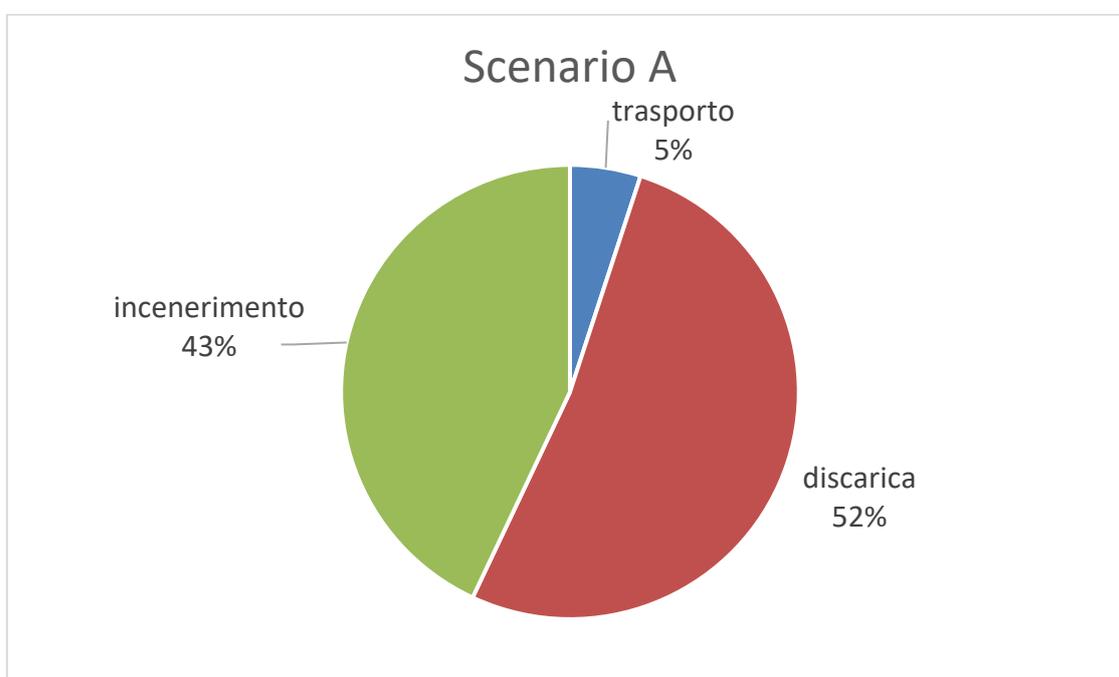


Figura 4 Grafico a torta dei rispettivi contributi delle diverse fasi di trattamento a fine vita nello Scenario A

Scenario B

Il potenziale impatto sui cambiamenti climatici di 1 ton di bicchierini e palette avviate a raccolta differenziata e successivo recupero per la produzione di granuli destinata alla realizzazione di pannelli in polistirene è pari a 479,6 kg CO₂eq.

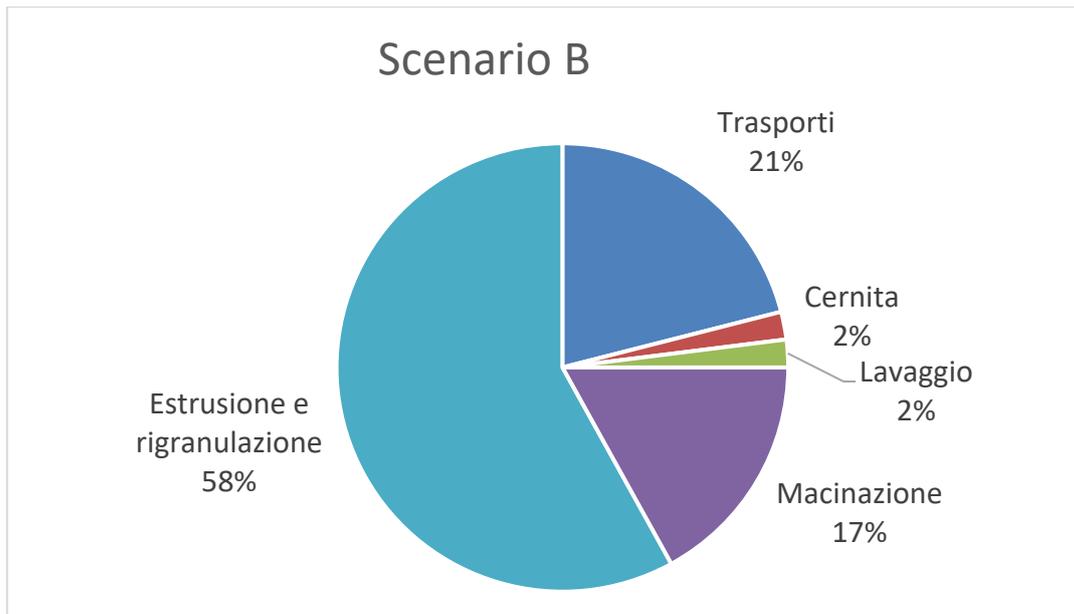


Figura 5 Grafico a torta dei rispettivi contributi delle diverse fasi di trattamento a fine vita nello Scenario B

Il processo di riciclo del flusso di PS contenente anche bicchierini e palette evita la produzione di nuovi granuli a partire da materia prima vergine; ciò apporta dei benefici in termini di impatti ambientali all'intero processo.

Essendo questi granuli destinati alla produzione di pannelli in PS, si è considerata una qualità del materiale recuperato pari all'85% di quello vergine.

I benefici, pari a 2.279 kg CO₂eq/ton, rendono negativo l'impatto complessivo sui cambiamenti climatici che corrisponderà a -1.799 kg CO₂eq/ton.

Scenario C

Il potenziale impatto sui cambiamenti climatici di 1 ton di bicchierini e palette avviate a raccolta dedicata e successivo recupero per la produzione di granuli destinati alla realizzazione di nuovi bicchierini e palette è pari a 623,5 kg CO₂eq.

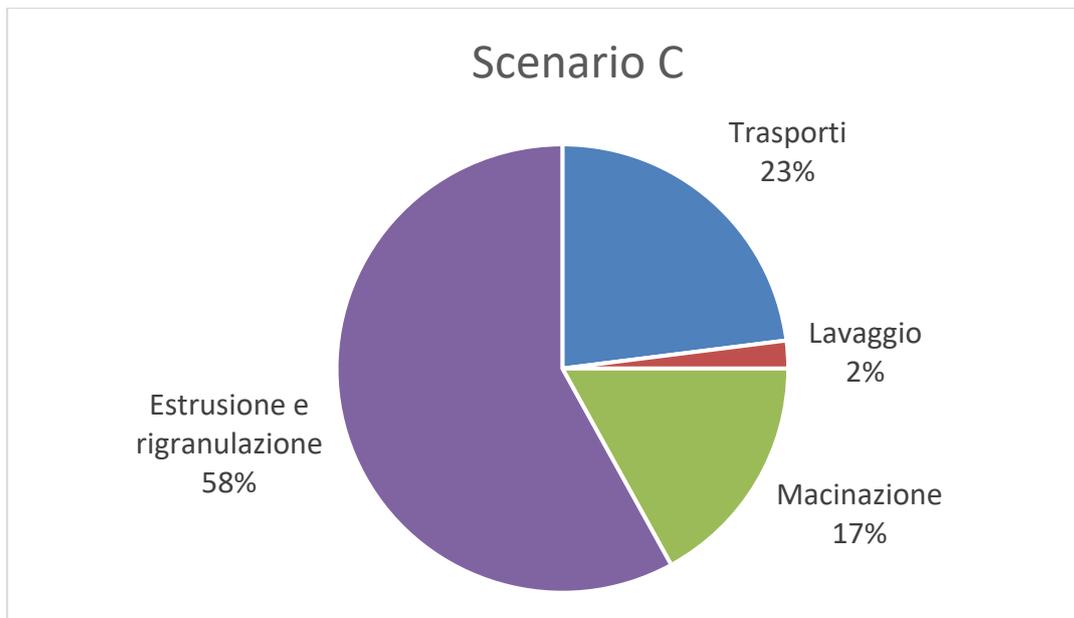


Figura 6 Grafico a torta dei rispettivi contributi delle diverse fasi di trattamento a fine vita nello Scenario C

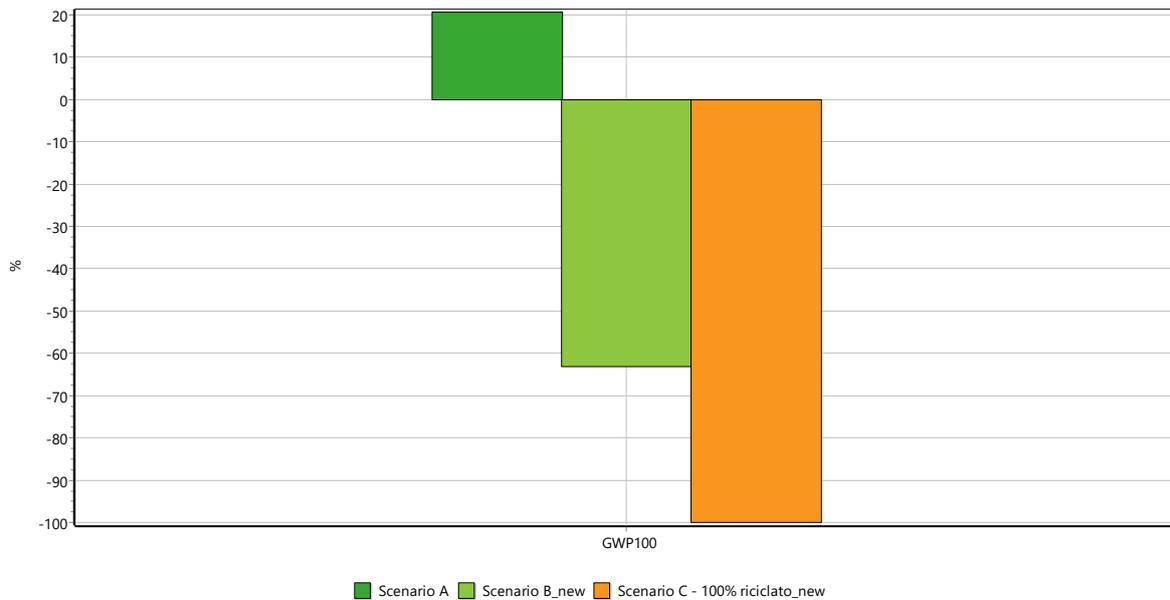
Come nello scenario precedente, il processo di riciclo di bicchierini e palette evita la produzione di nuovi granuli a partire da materia prima vergine; ciò apporta dei benefici in termini di impatti ambientali all'intero processo.

Essendo questi granuli destinati alla produzione di nuovi bicchierini e palette in PS, si è considerata una qualità del materiale recuperato pari al 95% di quello vergine.

I benefici, pari a 3.471 kg CO₂eq/ton, rendono negativo l'impatto complessivo sui cambiamenti climatici che corrisponderà a -2.848 kg CO₂eq/ton.

3.4.1 Interpretazione dei risultati

Al fine di facilitare l'interpretazione dei risultati illustrati precedentemente, si riporta di seguito un grafico ad istogramma che mette a confronto i tre scenari considerati.



Method: IPCC 2021 GWP100 V1.00 / Damage assessment / Excluding infrastructure processes
Comparing 1 ton 'Scenario A', 1 ton 'Scenario B_new' and 1 ton 'Scenario C - 100% riciclato_new';

Figura 7 Confronto in termini di impatti GWP per tonnellata di rifiuto (unità funzionale) tra tutte e tre gli scenari

Dal grafico si nota come tutti gli scenari che utilizzano il riciclaggio come metodo di trattamento dei rifiuti (B e C) apportino dei benefici; essi sono direttamente proporzionali alla qualità del prodotto finito e alla percentuale di riciclato.

3.4.2 Ulteriori approfondimenti

I risultati dello Scenario B e C sono stati espressi in funzione del singolo bicchierino dal peso di 3,8 g. Con una semplice proporzione si ottiene:

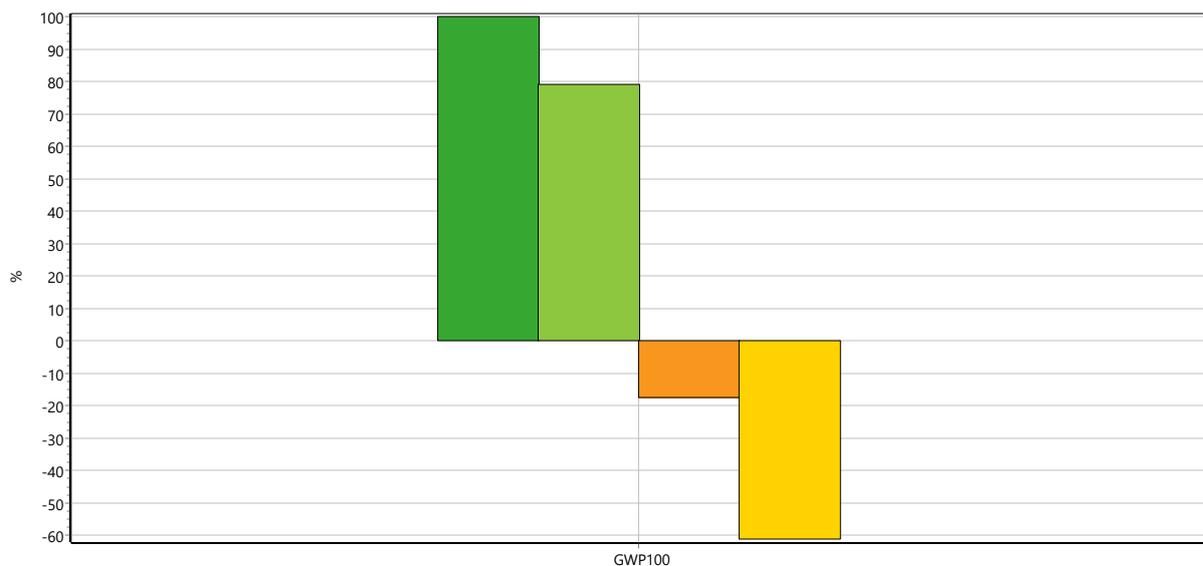
- per lo scenario B: un impatto di 8,66 g CO₂ eq./bicchierino se consideriamo gli interi benefici e di 6,84 g CO₂ eq./bicchierino al netto del processo di riciclaggio;
- per lo scenario C: un impatto di 13,19 g CO₂ eq./bicchierino se consideriamo gli interi benefici e di 10,82 g CO₂ eq./bicchierino al netto del processo di riciclaggio.

Nello Scenario C è stato fatto un ulteriore confronto degli impatti derivanti dalla rigenerazione dei bicchierini con diverse percentuali di riciclato e di PS vergine. Il processo per la modellizzazione del granulato in PS vergine è stato selezionato da banca dati E.I. 3.8: "Polystyrene, general purpose {RER}| production", mentre per il processo di stampaggio si è utilizzato il processo: "Thermoforming of plastic sheets {IT}".

Gli impatti in termini di CO₂eq per singolo bicchiere sono di seguito riportati.

Tabella 1 Impatti espressi in kg CO₂eq per singolo bicchiere con diverse percentuali di riciclato

Categoria d'impatto	U.M.	Bicchiere PS	Bicchiere PS	Bicchiere PS	Bicchiere PS
		0% riciclato	20% riciclato	80% riciclato	100% riciclato
GWP100	kg CO ₂ eq	0,0153	0,0121	-0,00269	-0,00937



Method: IPCC 2021 GWP100 V1.00 / Damage assessment / Excluding infrastructure processes
Comparing 1 p 'Bicchiere 0% riciclato_new', 1 p 'Bicchiere 20% riciclato_new', 1 p 'Bicchiere 80% riciclato_new' and 1 p 'Bicchiere 100% riciclato_new';

Figura 8 Confronto in termini di impatti GWP dei diversi bicchierini rigenerati nello Scenario C con differenti percentuali di riciclato

Analogamente a quanto visto in precedenza anche in questo caso è ben visibile come l'impatto complessivo sui cambiamenti climatici in termini di CO₂eq si riduce all'aumentare del contenuto di PS riciclato nei bicchierini.

CONCLUSIONI

Lo studio è stato elaborato con l'obiettivo di calcolare l'impatto ambientale potenziale, misurato in termini di *Carbon Footprint*, associata al trattamento a fine vita di 1000 kg di rifiuto plastico costituito da bicchierini e palette comunemente impiegati nei distributori automatici di bevande. I tre scenari considerano differenti raccolte del rifiuto funzionali a diverse tipologie di trattamento del materiale:

- la raccolta indifferenziata definita nello Scenario A da cui poi il rifiuto sarà destinato ad un semplice smaltimento;
- la raccolta differenziata del rifiuto plastico identificata nello Scenario B e funzionale alla produzione di pannelli in PS con però una minor resa dettata dalla necessaria cernita del materiale plastico;
- ed infine una raccolta differenziata spinta espressa nello scenario C che permette il completo riciclo dei bicchierini e delle palette con la conseguente produzione di granuli in PS riciclato di qualità.

Come già accennato lo studio ha portato ad identificare negli scenari che utilizzano riciclaggio come metodo di trattamento dei rifiuti la scelta migliore in termini di impatti ambientali, con benefici, in termini di kg CO₂ eq, direttamente proporzionali alla qualità del prodotto finito e alla percentuale di riciclato.

BIBLIOGRAFIA

- UNI EN ISO 14040:2021 (*Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*).
- UNI EN ISO 14044:2021 (*Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*).
- *Rapporto rifiuti urbani – ISPRA 2020*