

RAPPORTO DI STUDIO

LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) COMPARATIVO DI STOVIGLIE PER USO ALIMENTARE

**piatti monouso in PP, PS, PLA, polpa di cellulosa e piatti riutilizzabili in
porcellana**

**bicchieri monouso in PP, PS, PLA, cartoncino laminato PE e bicchieri
riutilizzabili in vetro**

Rev.3 del 24/06/2015

Committente:
Pro.mo/Unionplast
Via San Vittore 36,
20123 Milano



Il presente documento è registrato e gestito in forma controllata. È vietato consegnare a terzi o riprodurre questo documento, utilizzarne il contenuto o renderlo comunque noto a terzi senza esplicita autorizzazione da parte del Committente dello studio. Sono riservati tutti i diritti derivanti dalla concessione di brevetti per invenzioni industriali.

STORICO DELLE REVISIONI		
Revisione	Data	Descrizione delle modifiche
0	30/05/2015	Prima emissione
1	12/06/2015	Recepimento dei rilievi emersi in Critical Review SGS - fase 1
2	19/06/2015	Recepimento dei rilievi emersi in Critical Review SGS - fase 2
3	24/06/2015	Finalizzazione Report LCA con inclusione del rapporto di Critical Review SGS

Supporto tecnico:

Prof. Anna Bortoluzzi, Ing. Paolo Simon Ostan

QUOTA SETTE S.r.L.

Villaggio S. Antonio, 11 - 36016 THIENE (VI)

Via Policarpo Petrocchi, 48 - 20127 MILANO

info@quotasette.it

Indice

Introduzione	5
1. Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione	7
1.1 Obiettivo dello studio	7
1.1.1 Motivazioni per la realizzazione dello studio	7
1.1.2 Applicazioni previste e destinatari dello studio	7
1.2 Campo di applicazione dello studio.....	8
1.2.1 Funzione, unità funzionale e flusso di riferimento.....	8
1.2.2 Confini del Sistema	10
1.2.3 Criteri di esclusione (cut-off)	11
1.2.4 Metodi di allocazione	12
1.2.5 Metodologia di valutazione degli impatti e categorie di impatto	12
1.2.6 Tipologia e sorgenti di dati	14
1.2.7 Requisiti di qualità dei dati	15
1.2.8 Ipotesi generali	17
1.2.9 Limitazioni dello studio LCA.....	20
1.2.10 Confronti fra i sistemi	21
1.2.11 Tipologia di riesame critico.....	21
1.2.12 Tipologia e formato del rapporto richiesto per lo studio.....	21
2. Analisi dell'inventario del ciclo di vita (LCI).....	23
2.1 Produzione dei materiali di base e packaging (Processi di pre-produzione).....	23
2.1.1 Produzione dei materiali di base	23
2.1.2 Produzione del packaging.....	28
2.2 Produzione delle stoviglie monouso e riutilizzabili (Processi di produzione)	28
2.2.1 Trasporto dei materiali di base in ingresso alla fase di produzione	29
2.2.2 Produzione delle stoviglie monouso in plastica PP, PS, PLA.....	29
2.2.3 Produzione del piatto monouso in polpa di cellulosa	32
2.2.4 Produzione del bicchiere monouso in cartoncino laminato PE.....	33
2.2.5 Produzione del piatto piano riutilizzabile in porcellana	34
2.2.6 Produzione del bicchiere riutilizzabile in vetro	34
2.3 Distribuzione, uso e fine vita dei prodotti (Processi di post-produzione).....	34
2.3.1 Distribuzione dei prodotti finiti	34
2.3.2 Uso del prodotto e lavaggio delle stoviglie riutilizzabili	35
2.3.3 Fine vita dei prodotti	35
2.4 Valutazione della qualità dei dati	37
2.4.1 Valutazione semiquantitativa della qualità dei dati - Dati Ecoinvent 3.1.....	37
2.4.2 Valutazione semiquantitativa della qualità dei dati - Dati specifici di produzione	44
3. Valutazione dell'impatto del ciclo di vita (LCIA)	47
3.1 Risultati LCIA – Piatti piani.....	48
3.1.1 Risultati con metodo CML	48
3.1.2 Risultati con metodo ILCD	51
3.2 Risultati LCIA – Bicchieri	57

3.2.1	Risultati con metodo CML	57
3.2.2	Risultati con metodo ILCD	60
3.3	Analisi di contributo	66
3.3.1	Analisi di contributo – PIATTI	67
3.3.2	Analisi di contributo – BICCHIERI.....	70
3.4	Analisi aggiuntive della qualità dei dati dell’LCIA.....	72
3.4.1	Analisi dell’incertezza	73
3.4.2	Analisi di sensibilità	74
4.	Interpretazione del ciclo di vita	86
4.1	Identificazione dei fattori significativi	86
4.2	Valutazione	87
4.2.1	Controllo di completezza.....	87
4.2.2	Controllo di sensibilità e incertezza.....	88
4.2.3	Controllo di coerenza	89
4.3	Conclusioni, limitazioni e raccomandazioni	90
4.3.1	Conclusioni	90
4.3.2	Limitazioni.....	91
4.3.3	Raccomandazioni.....	92
5.	Riesame critico	92
Appendice 1 – Glossario delle categorie di impatto ambientale		100
Appendice 2 - Risultati dell’analisi di incertezza con metodo Monte Carlo.....		103
Appendice 3 – Matrice di qualità dei dati PEF.....		112
Appendice 4 – Matrice di correlazione dei requisiti per il report di comunicazione esterna.....		113
Allegato 1 – Applicazione di metodi di calcolo aggiuntivi [<i>omissis</i>]		116
Allegato 2 – Validazione dei dati [<i>omissis</i>]		116
Bibliografia.....		117

La presente versione del Rapporto di studio LCA è priva degli Allegati 1 e 2, omissi su richiesta del Committente poiché contenenti informazioni e dati sensibili strettamente riservati.

Il presente Rapporto, destinato alla comunicazione esterna, è stato oggetto di Riesame Critico e ritenuto autoportante nei suoi contenuti anche in assenza dei sopracitati allegati (vedi sezione “Comunicazione esterna” del Rapporto di Critical Review, cap.5).

Introduzione

Il presente studio di LCA è stato realizzato da Pro.mo, Gruppo merceologico che raccoglie, all'interno della Federazione Gomma Plastica aderente a Confindustria, le aziende operanti nel settore della produzione di stoviglie monouso in plastica.

Il Gruppo è costituito da 6 aziende italiane (Aristea Spa, Dopla SpA, Flo SpA, Ilpa SpA, Isap SpA e Tim Monouso SpA), e può ritenersi rappresentativo della produzione nazionale di stoviglie monouso in plastica coprendo circa l'80% del fatturato del settore.

Scopi principali di Pro.mo sono la salvaguardia dell'immagine del comparto e l'approfondimento e la divulgazione di temi economici, sociali ed ambientali, legati alla categoria di prodotto.

Tra le attività realizzate da Pro.mo, per il raggiungimento di tali scopi, c'è il sostegno ad attività dimostrative di raccolta e valorizzazione delle stoviglie monouso usate nell'ambito della cosiddetta ristorazione collettiva, e attività di sensibilizzazione del consumatore rispetto all'educazione ambientale.

Oltre a ciò, il Gruppo è impegnato nella promozione e nel sostegno di studi scientifici sulle stoviglie monouso in plastica, sulle loro modalità di utilizzo e sul loro fine vita.

Quest'ultima area di attività è importante in quanto si inserisce in un contesto in cui l'impatto ambientale dei prodotti, e delle stoviglie monouso in plastica in particolare, è oggetto di forte attenzione anche da parte dell'amministratore pubblico (a livello europeo, nazionale e locale), pur nella scarsa disponibilità di dati oggettivi in materia.

Pro.mo, a partire dall'anno 2012, ha adottato un approccio orientato al Life Cycle Thinking al fine di acquisire maggiore conoscenza e consapevolezza dell'impatto ambientale relativo alla categoria di prodotti realizzati dalle aziende aderenti.

Ai fini della realizzazione del presente studio LCA, tutte le aziende del Gruppo Pro.mo hanno fornito dati e informazioni relative alla produzione di stoviglie monouso in materiali polimerici rendendosi, inoltre, disponibili alla condivisione di dati di una nuova tecnologia produttiva per la realizzazione degli stessi articoli in polpa di cellulosa (dettagli al paragrafo 2.2.3).

Come già anticipato, il Gruppo Pro.mo rappresenta la quasi totalità degli operatori del settore e per questo lo studio si configura come uno studio di settore e si presta, inoltre, ad una comparazione con prodotti di analogo uso ma provenienti da altri settori produttivi (es. stoviglie riutilizzabili).

Il presente rapporto illustra lo studio di Life Cycle Assessment (LCA) comparativo di stoviglie per uso alimentare seguendo un approccio Cradle-to-Grave (dalla culla alla tomba). L'analisi è stata applicata a due tipologie di stoviglie ovvero ai piatti piani (piatti monouso in PP, PS, PLA, polpa di cellulosa e piatti riutilizzabili in porcellana) e ai bicchieri (bicchieri monouso in PP, PS, PLA, cartoncino laminato PE e bicchieri riutilizzabili in vetro).

La valutazione del ciclo di vita è stata eseguita in conformità alle norme ISO 14044 e 14040, seguendo il percorso che include le fasi di definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione, l'analisi di inventario (LCI), la valutazione dell'impatto (LCIA) e l'interpretazione dei risultati.

Lo studio prende in esame le più attuali norme di riferimento (sia riguardanti la metodologia LCA che la gestione dei rifiuti) e tiene conto delle indicazioni supportate dallo stesso Gruppo Pro.mo per quanto riguarda il fine vita delle stoviglie monouso. Si valutano, inoltre, gli indicatori ambientali utilizzando i metodi

di calcolo più aggiornati e diffusi a livello internazionale tra cui il metodo utilizzato dal nuovo schema della Commissione Europea (metodologia PEF), attualmente in fase di sviluppo.

Per l'analisi è stato utilizzato il software SimaPro v8 e il database Ecoinvent v3.1. Sono stati inoltre utilizzati dati primari per le stoviglie monouso in plastica, acquisiti direttamente negli impianti produttivi di una delle aziende del Gruppo. Questi impianti produttivi sono stati identificati, a seguito di validazione svolta su base statistica, come rappresentativi del Gruppo per la produzione di stoviglie monouso.

Lo studio di LCA sarà soggetto a Riesame Critico (Critical Review) per la verifica della conformità alle metodologie e ai principi contenuti nelle norme ISO 14040 e ISO 14044.

Il Committente dello studio ha incaricato un Ente Terzo indipendente di condurre il Riesame Critico dello studio LCA, rinunciando ad affidare il riesame ad un comitato di parti interessate (come previsto dal punto 6.3 della norma ISO 14044). La scelta di incaricare un Organismo di Certificazione assicura, infatti, il pieno rispetto del principio di indipendenza e che la procedura di riesame venga svolta da revisori esperti e qualificati.

1. Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione

1.1 Obiettivo dello studio

1.1.1 Motivazioni per la realizzazione dello studio

Il principale obiettivo dello studio commissionato da Pro.mo è quello di acquisire conoscenza e quantificare gli impatti ambientali generati durante l'intero ciclo di vita delle stoviglie monouso, ovvero la categoria di prodotti realizzati dalle aziende aderenti. Lo studio si configura, inoltre, come analisi comparativa tra le prestazioni ambientali di stoviglie per uso alimentare prodotte con materiali differenti tra cui anche stoviglie riutilizzabili in materiali durevoli.

A supporto delle attività di ricerca e divulgazione realizzate da Pro.mo, il presente studio di Life Cycle Assessment comparativo ha quindi lo scopo di contribuire all'acquisizione di conoscenze che possano da un lato agevolare le aziende del Gruppo nelle loro strategie e politiche aziendali, ai fini della massima riduzione possibile dell'impatto ambientale dei prodotti e dall'altro che possano essere utili alle varie parti interessate per una maggiore comprensione dei temi legati al ciclo di vita dei prodotti oggetto di studio e dei relativi impatti ambientali.

Sotto altro punto di vista, coerentemente con lo spirito con cui Pro.mo ha operato ed opera, lo studio vuole essere un contributo al dibattito sui temi ambientali, una tappa del percorso di miglioramento delle aziende coinvolte e un punto di partenza per ulteriori futuri studi.

Lo studio di LCA è stato esteso a due diverse tipologie di stoviglie ovvero piatti piani e bicchieri, considerando le seguenti alternative:

PIATTI	BICCHIERI
Monouso in polipropilene (PP)	Monouso in polipropilene (PP)
Monouso in polistirene (PS)	Monouso in polistirene (PS)
Monouso in acido polilattico (PLA)	Monouso in acido polilattico (PLA)
Monouso in polpa di cellulosa	Monouso in cartoncino laminato polietilene (PE)
Riutilizzabile in porcellana	Riutilizzabile in vetro

Tab. 1.1 – Prodotti inclusi nello studio di LCA comparativo

1.1.2 Applicazioni previste e destinatari dello studio

I risultati del presente studio di LCA verranno condivisi all'interno del Gruppo Pro.mo fornendo informazioni utili alla comprensione dei potenziali impatti ambientali associati ai prodotti in esame e garantendo un confronto credibile tra diverse alternative.

Il presente rapporto di LCA sarà inoltre il documento di riferimento per la redazione di un report riassuntivo utilizzato ai fini della comunicazione ambientale che verrà stabilita, a seconda delle scelte del committente, a partire dalle parti asseverate del presente studio, in conformità al capitolo 5 della norma ISO 14044 (vedi Regole di divulgazione al paragrafo 4.3.3).

I destinatari sono quindi sia interni che esterni. Esternamente, i risultati dello studio potranno essere utilizzati per sostenere asserzioni comparative volte alla divulgazione al pubblico, una volta sottoposti al processo di critical review, secondo quanto previsto dalle norme ISO 14040 e ISO 14044.

Viste le caratteristiche del prodotto, destinato a contenere alimenti e correntemente utilizzato nella ristorazione pubblica, lo studio nella sua versione integrale è indirizzato non solo alle aziende associate Pro.mo ma anche al legislatore, all'amministratore e al referente tecnico dell'amministrazione pubblica e in generale ai portatori di interesse impegnati sui temi ambientali.

A tal proposito, la comunicazione ambientale verrà svolta nel rispetto dei principi definiti nella norma ISO 14063, qui di seguito riportati:

- **Trasparenza:** Mettere a disposizione di tutte le parti interessate i processi, le procedure, i metodi, le fonti di dati e le ipotesi utilizzati nella comunicazione ambientale, tenendo conto della riservatezza delle informazioni per quanto necessario. Informare le parti interessate del loro ruolo nella comunicazione ambientale;
- **Appropriatezza:** Fare in modo che le informazioni fornite nella comunicazione ambientale siano pertinenti per le parti interessate ed utilizzare formati, linguaggio e mezzi che soddisfino i loro interessi ed esigenze, favorendo una loro completa partecipazione;
- **Credibilità:** Condurre la comunicazione ambientale in modo onesto e leale, e fornire informazioni veritiere, accurate, concrete e non fuorvianti per le parti interessate. Sviluppare le informazioni ed i dati utilizzando metodi ed indicatori riconosciuti e riproducibili;
- **Reattività:** Assicurarsi che la comunicazione ambientale sia aperta alle esigenze delle parti interessate. Rispondere completamente e rapidamente alle domande ed alle preoccupazioni delle parti interessate. Informare le parti interessate su come le loro domande e preoccupazioni sono state trattate;
- **Chiarezza:** Assicurare che gli approcci ed il linguaggio utilizzati per la comunicazione ambientale siano comprensibili per le parti interessate in modo da evitare ogni ambiguità.

Un'ulteriore applicazione prevista riguarda l'utilizzo dello strumento LCA per l'individuazione delle soluzioni più vantaggiose, dal punto di vista ambientale, relativamente allo scenario di fine vita delle stoviglie, anche alla luce della più recente direttiva sugli imballaggi.

Si ricorda fin da ora che i risultati riportati nell'Allegato 1 del rapporto di studio sono ad esclusivo uso interno poiché utilizzano approcci di calcolo non ammessi dagli standard di riferimento per l'effettuazione di asserzioni ambientali comparative.

1.2 Campo di applicazione dello studio

1.2.1 Funzione, unità funzionale e flusso di riferimento

Il campo di applicazione dell'LCA deve specificare chiaramente la funzione del sistema/i allo studio.

La funzione dei sistemi in esame è quella di contenimento di un pasto nel caso dei piatti e di contenimento di una bevanda nel caso dei bicchieri.

L'unità funzionale è rappresentata da 1000 utilizzi della stoviglia per il contenimento di un pasto nel caso dei piatti e per il contenimento di 200 ml di bevanda nel caso dei bicchieri.

Una volta definita l'unità funzionale è necessario determinare il flusso di riferimento in ogni sistema di prodotto, al fine di soddisfare la funzione prevista, ovvero la quantità di prodotto necessaria a soddisfare la funzione. Nelle seguenti tabelle si riportano i flussi di riferimento per ogni sistema in esame.

PIATTI		
Tipologia	Flusso di riferimento	Peso (1 pezzo)
Monouso in polipropilene (PP)	1000 pezzi	15 g
Monouso in polistirene (PS)	1000 pezzi	15 g
Monouso in acido polilattico (PLA)	1000 pezzi	16 g
Monouso in polpa di cellulosa	1000 pezzi	18 g
Riutilizzabile in porcellana	1 pezzo*	470 g

Tab. 1.2 – Flusso di riferimento per le varie tipologie di piatto piano

*per il piatto in porcellana verrà considerato, nello studio di LCA, il lavaggio necessario a rendere la stoviglia riutilizzabile (per un totale di 1000 lavaggi).

BICCHIERI		
Tipologia	Flusso di riferimento	Peso (1 pezzo)
Monouso in polipropilene (PP)	1000 pezzi	6 g
Monouso in polistirene (PS)	1000 pezzi	6 g
Monouso in acido polilattico (PLA)	1000 pezzi	6 g
Monouso in cartoncino laminato polietilene (PE)	1000 pezzi	6 g
Riutilizzabile in vetro	1 pezzo*	190 g

Tab. 1.3 – Flusso di riferimento per le varie tipologie di bicchiere

*per il bicchiere in vetro verrà considerato, nello studio di LCA, il lavaggio necessario a rendere la stoviglia riutilizzabile (per un totale di 1000 lavaggi).

L'introduzione del flusso di riferimento per soddisfare l'unità funzionale stabilita è indispensabile in questo tipo di studio comparativo poiché si confrontano stoviglie monouso e stoviglie durevoli riutilizzabili che necessitano di una fase di lavaggio. Si considera infatti, per quest'ultime, la fase d'uso (che invece non è applicabile per le altre).

Risulta particolarmente complesso stimare la durata delle stoviglie riutilizzabili poiché la scelta di destinare a fine vita un piatto in porcellana o un bicchiere in vetro è totalmente soggettiva e dipende dai soggetti chiamati ad organizzare la ristorazione. Fattori che influiscono questa scelta sono primariamente fattori economici che nello scenario ipotizzato di ristorazione collettiva (vedi ipotesi al par. 1.2.8) risultano prioritari e prescindono da caratteristiche tecniche del piatto e del bicchiere.

Considerazioni tecniche dovrebbero però essere applicate per tener conto dell'usura dei materiali e in particolare dell'usura degli strati superficiali della stoviglia che, sia nel caso del piatto che del bicchiere, rendono poroso il materiale. La porosità è ritenuta un fattore di rischio per la sicurezza alimentare in quanto permette l'instaurarsi di un bio-film sul quale hanno facile possibilità di riprodursi batteri patogeni. Nel caso della ristorazione collettiva è di particolare importanza evitare quindi la formazione di bio-film mantenendo le superfici integre e non porose. A questo proposito sono di imminente pubblicazione studi dell'Università degli Studi di Milano (DISTAM, Prof. Piergiovanni) che hanno preso in esame come ciclo vita realistico una quantità di lavaggi molto inferiore ai mille ipotizzati come flusso di riferimento nel presente studio. Non sono al momento reperibili altri dati di letteratura in merito.

I flussi di riferimento definiti per il piatto in porcellana e per il bicchiere in vetro, 1 pezzo per 1000 utilizzi, si ritengono quindi cautelativi come anche i relativi pesi. Un'analisi di sensibilità, riportata nel paragrafo 3.4.2 del presente report, ha inoltre evidenziato come l'utilizzo di un flusso di riferimento pari a due pezzi anziché uno, comporti una variabilità non rilevante ai fini della comparazione; il maggior contributo agli impatti ambientali è infatti dato dalla fase di lavaggio della stoviglia.

I pesi delle stoviglie monouso sono anch'essi cautelativi poiché sono state considerate le stoviglie con le migliori caratteristiche di robustezza, che utilizzano cioè una maggior quantità di materiale di base e conseguentemente risultano maggiormente impattanti dal punto di vista ambientale.

1.2.2 Confini del Sistema

I confini del sistema, presentati in Figura 1.1, comprendono tutte le fasi del ciclo di vita dei prodotti considerati dalla culla alla tomba (*LCA cradle-to-grave*). Sono quindi incluse le fasi di pre-produzione e produzione dei vari articoli in esame oltre che le fasi di post-produzione.

I processi di pre-produzione comprendono:

- Estrazione e lavorazione delle materie prime vergini;
- Coltivazione e raccolta delle piante (es. mais);
- Produzione dei materiali di base per la produzione (es. polimeri, polpa di cellulosa, cariche minerali)
- Produzione dell'imballaggio dei materiali di base;
- Produzione dell'imballaggio primario e secondario per il prodotto finito;

I processi di produzione comprendono:

- Trasporto dei materiali di base in ingresso alla fase di produzione;
- Produzione:
 - Estrusione e termoformatura per le stoviglie in plastica e polpa di cellulosa;
 - Piegatura per le stoviglie in cartoncino;
 - Fusione e formatura per le stoviglie in vetro;
 - Formatura e cottura per le stoviglie in porcellana.

I processi di post-produzione comprendono:

- Distribuzione del prodotto finito;
- Fase d'uso (lavaggio del piatto in porcellana e del bicchiere in vetro);
- Fine vita del prodotto

I consumi di energia, acqua e la produzione di rifiuti durante le varie fasi del ciclo di vita sono inclusi nei confini di Sistema.



Fig. 1.1 – Confini del Sistema

Il dettaglio della costruzione dell'inventario per tutte le fasi incluse nei confini del sistema viene fornito nel capitolo 2.

1.2.3 Criteri di esclusione (cut-off)

Le regole dei programmi per lo sviluppo di Dichiarazioni Ambientali di Prodotto certificate, che operano secondo la ISO 14025, stabiliscono livelli di cut-off che variano dall' 1% al 5%. Nel presente studio di LCA la scelta del valore di cut-off è stata del 2% in termini di massa.

Tuttavia, vista la criticità dell'analisi svolta, si è ritenuto opportuno non applicare il cut-off per tutti i processi in cui si sono ottenuti dati certi e affidabili. In pratica il valore di cut-off al 2% è stato applicato

solamente alle specialities (molecole organiche coperte da brevetto) usate come additivi per le stoviglie monouso.

1.2.4 Metodi di allocazione

Lo studio di LCA ha richiesto l'applicazione di procedure di allocazione per la ripartizione dei consumi energetici e di acqua relativi ai processi a supporto della termoformatura delle stoviglie realizzate dal Gruppo. Per questi processi sono stati utilizzati dati primari a consuntivo annuale che sono stati allocati in massa alla produzione totale dell'anno di riferimento (2014). Maggiori dettagli sono forniti nel capitolo relativo all'Analisi dell'Inventario del Ciclo di Vita.

1.2.5 Metodologia di valutazione degli impatti e categorie di impatto

In accordo con l'obiettivo dello studio, le metodologie di valutazione degli impatti, accettate a livello internazionale, che sono state considerate nella fase di valutazione LCIA sono:

- 1. CML-IA baseline**, metodo midpoint, limitato alle 4 categorie di impatto richieste ai fini comunicativi per una Dichiarazione Ambientale di Prodotto EPD (*rif. General Programme Instructions dell'International EPD System, conforme a ISO 14025*). E' questo il metodo scelto come riferimento principale per il calcolo dei risultati e per lo svolgimento di tutte le analisi a supporto del calcolo (es. analisi sensibilità, analisi di contributo, ecc). Le categorie di impatto considerate sono infatti le più diffuse e riconosciute a livello internazionale grazie alla sempre più crescente diffusione delle Dichiarazioni Ambientali di Prodotto. Risultano inoltre tra le categorie più efficaci per la comunicazione del profilo ambientale di un prodotto;
- 2. ILCD 2011 Midpoint+**, metodo midpoint con 16 categorie di impatto, utilizzato dalla nuova metodologia PEF della Commissione Europea. Con la Raccomandazione 2013/179/UE del 9 aprile 2013 la Commissione Europea ha avviato una fase di studio ed applicazione di metodologie comuni per misurare e comunicare le prestazioni ambientali dei prodotti e delle organizzazioni. Questa metodologia è stata sviluppata sulla base dell'International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook, così come su altri standard metodologici e documenti guida quali le norme ISO 14040-44. Attualmente la metodologia è in fase di test con una serie di progetti pilota che stanno definendo specifiche regole per categoria di prodotto (PEFCR). Si ritiene importante portare all'attenzione degli stakeholders i risultati relativi alle categorie di impatto calcolati mediante il metodo ILCD, seguendo l'approccio comunitario e anticipando future misure di rendicontazione delle performance ambientali dei prodotti.

Nelle tabelle seguenti (Tab. 1.4, 1.5) si riportano le categorie di impatto dei due metodi utilizzati con i rispettivi modelli di valutazione, indicatori di categoria e fonte.

CML-IA baseline			
Categoria di impatto	Modello di valutazione di impatto	Indicatore di categoria	Fonte
Riscaldamento globale	Modello di Berna - Potenziali di riscaldamento globale in un arco temporale di 100 anni.	kg CO ₂ equivalente	Gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici, 2007
Formazione di ossidanti fotochimici	UNECE Trajectory model	kg C ₂ H ₄ equivalente	Jenkin & Hayman and Derwent
Acidificazione	RAINS 10	kg SO ₂ equivalente	Huijbregts
Eutrofizzazione	Modello di Heijungs	kg PO ₄ ³⁻ equivalente.	Heijungs

Tab. 1.4 – Categorie di impatto del metodo CML

ILCD 2011 Midpoint			
Categoria di impatto	Modello di valutazione di impatto	Indicatore di categoria	Fonte
Cambiamenti climatici	Modello di Berna - Potenziali di riscaldamento globale in un arco temporale di 100 anni.	kg di CO ₂ equivalente	Gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici
Riduzione dello strato di ozono	Modello EDIP basato sui potenziali di riduzione dello strato di ozono dell'Organizzazione meteorologica mondiale in un arco di tempo infinito.	kg di CFC-11 equivalente	OMM
Ecotossicità – acqua dolce	Modello USEtox	CTUe (unità tossica comparativa per gli ecosistemi)	Rosenbaum et al.
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	Modello USEtox	CTUh (unità tossica comparativa per gli esseri umani)	Rosenbaum et al.
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni	Modello USEtox	CTUh (unità tossica comparativa per gli esseri umani)	Rosenbaum et al.
Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche	Modello RiskPoll	kg di PM _{2,5} equivalente	Humbert
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	Modello di effetti sulla salute umana	kg di U ²³⁵ equivalente (nell'aria)	Dreicer et al.
Radiazione ionizzante – effetti sull'ecosistema	Modello USEtox	CTUe (unità tossica comparativa per gli ecosistemi)	Garnier-Laplace et al.
Formazione di ozono fotochimico	Modello LOTOS-EUROS	kg di NMVOC equivalente	Van Zelm et al., applicato in ReCiPe
Acidificazione	Modello di superamento accumulato	moli di H ⁺ equivalente	Seppälä et al., Posch et al

Eutrofizzazione – terrestre	Modello di superamento accumulato	moli di N equivalente	Seppälä et al., Posch et al.
Eutrofizzazione – acqua dolce	Modello EUTREND	acqua di mare: kg di N equivalente	Struijs et al., attuato in ReCiPe
Eutrofizzazione – acqua di mare	Modello EUTREND	acqua di mare: kg di N equivalente	Struijs et al., attuato in ReCiPe
Impoverimento delle risorse – acqua	Modello svizzero per la scarsità ecologica	uso di m ³ di acqua connesso alla scarsità locale di acqua	Frischknecht et al.
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	Modello CML2002	kg di Sb equivalente	van Oers et al.
Utilizzo del territorio	Modello della materia organica contenuta nel suolo	kg di C (carenza)	Milà i Canals et al.

Tab. 1.5 – Categorie di impatto del metodo ILCD

Per la valutazione delle categorie di impatto sono stati utilizzati i metodi *CML-IA baseline v. 3.02* e *ILCD 2011 Midpoint+ v.1.05* presenti all'interno del software *SimaPro*. Tali metodi contengono i modelli di caratterizzazione con i relativi fattori moltiplicativi e calcolano automaticamente i valori per ogni singola categoria.

Nell'appendice 1 del rapporto di studio è riportato il glossario delle categorie di impatto dei metodi CML e ILCD.

Allo scopo di fornire al Committente dello studio una serie esaustiva di risultati, utilizzando i modelli di caratterizzazione attualmente più aggiornati, sono stati applicati anche i metodi *IMPACT 2002+* e *ReCiPe Endpoint*. Tali metodi forniscono indicatori ambientali espressi in termini di punteggio singolo applicando la ponderazione ovvero la conversione e l'aggregazione dei risultati degli indicatori tra le categorie di impatto utilizzando fattori numerici basati su scelte di natura scientifica.

In conformità al punto 4.4.5 della norma ISO 14044, i risultati calcolati mediante i sopracitati metodi, poichè applicano un criterio di ponderazione, non potranno essere utilizzati ai fini comunicativi per effettuare asserzioni comparative. Saranno quindi riportati in allegato al presente report (allegato 1) e diffusi esclusivamente ad uso interno. Non saranno inoltre soggetti ad asseverazione di parte terza.

1.2.6 Tipologia e sorgenti di dati

Secondo quanto prescritto dalla norma ISO 14044 i dati selezionati per l'LCA dipendono dall'obiettivo e dal campo di applicazione dello studio. I dati possono essere raccolti direttamente nei siti di produzione (dati specifici o primari) e associati ai processi entro i confini del sistema, oppure da altre fonti pubbliche o stime (dati generici o secondari e dati terziari). In pratica, l'inventario può comprendere un insieme di dati misurati, calcolati o stimati.

Per lo studio LCA in esame sono state utilizzate le seguente tipologie di dati:

- **Specifici o primari:** dati relativi ai processi di produzione delle stoviglie monouso ovvero i prodotti realizzati dalle aziende del Gruppo. I dati sono stati acquisiti nell'anno 2014 direttamente negli impianti produttivi di una delle aziende del Gruppo. Questi impianti produttivi sono stati identificati, a seguito di validazione svolta su base statistica (vedi paragrafo 2.2.2 e allegato 2), come rappresentativi del Gruppo per la produzione di stoviglie monouso. I dati riguardano, in particolare, gli assorbimenti di energia elettrica, il consumo d'acqua e il consumo di materie prime in ingresso alla fase produttiva. L'utilizzo di dati specifici è limitato ai prodotti su cui il Committente ha un controllo diretto.

Per quanto riguarda il piatto in polpa di cellulosa i dati primari sono stati raccolti in uno stabilimento produttivo delocalizzato (est Europa), specializzato nella produzione di stoviglie in polpa di cellulosa, che è frutto di una joint venture realizzata da alcune delle sei Ragioni Sociali che costituiscono il Gruppo Pro.mo (vedi par. 1.2.8 e 2.2.3);

- **Generici o secondari:** ricavati dal database Ecoinvent v. 3.1. Tali dati sono stati utilizzati per i processi di pre-produzione e post-produzione ovvero per le fasi di estrazione e lavorazione delle materie prime, per la produzione dei materiali di base e sostanze chimiche, per la produzione di energia e in generale per tutti quei processi in cui non è stata possibile l'acquisizione di dati specifici;
- **Dati terziari** provenienti da stime basate su processi simili i cui dati sono noti o dalla letteratura. Questa tipologia di dati è stata utilizzata in mancanza di dati specifici o generici.

Per quanto riguarda i trasporti relativi all'approvvigionamento delle materie prime per i prodotti realizzati dalle aziende del Gruppo è stato utilizzato un mix di dati specifici e dati terziari (vedi dettaglio al paragrafo 2.2.1).

Maggiori informazioni sui dati utilizzati sono fornite nel successivo capitolo, relativo all'analisi di inventario.

1.2.7 Requisiti di qualità dei dati

Uno studio di LCA deve specificare dei requisiti sulla qualità dei dati, al fine di rispettare l'obiettivo e il campo di applicazione stabilito. In particolare in uno studio destinato ad essere oggetto di asserzioni comparative la valutazione del rispetto dei requisiti di qualità dei dati deve essere garantita.

La qualità dei dati nel presente studio è stata valutata sulla base dei criteri definiti dalla metodologia PEF della commissione europea (rif. 2013/179/EU - *Commission Recommendation of 9 April 2013*).

Il metodo utilizzato rappresenta lo sviluppo più attuale delle procedure di valutazione della qualità dei dati in conformità alle norme ISO 14040 e 14044 ed è stato applicato per garantire l'affidabilità e la trasparenza dei risultati anche nell'ottica della comunicazione esterna.

I requisiti di qualità utilizzati per la valutazione sono:

- **Completezza:** percentuale dei flussi di risorse ed emissioni coperti in fase d'inventario;
- **Adeguatezza e coerenza metodologiche:** conformità con i requisiti metodologici stabiliti dalle norme di riferimento;

- **Rappresentatività temporale:** età e livello di aggiornamento dei dati d’inventario;
- **Rappresentatività tecnologica:** grado di scostamento dei dati rilevati rispetto alla tecnologia effettivamente utilizzata;
- **Rappresentatività geografica:** vicinanza dei dati alla situazione reale per quanto riguarda la localizzazione geografica;
- **Incertezza dei parametri:** precisione e accuratezza dei dati d’inventario e in particolare di quelli legati a misure dirette.

Ad ogni requisito viene attribuito un indice di qualità da 1 a 5 (dove 1 indica il livello di qualità più elevata). La media degli indici (DQR, espressa dalla formula riportata di seguito) determina il livello di qualità complessivo del dato utilizzato.

$$DQR = \frac{TeR + GR + TiR + C + P + M}{6}$$

— DQR: indice di qualità dei dati del set di dati;

— TeR: rappresentatività tecnologica;

— GR: rappresentatività geografica;

— TiR: rappresentatività temporale;

— C: completezza;

— P: incertezza dei parametri;

— M: adeguatezza e coerenza metodologiche.

Una volta ottenuto l’indice di qualità dei dati complessivo è possibile stabilire il livello di qualità mediante le corrispondenze definite nella seguente tabella (tab. 1.6).

Indice di qualità dei dati complessivo (DQR)	Livello di qualità dei dati complessivo
≤ 1,6	“Ottima qualità”
da > 1,6 a ≤ 2,0	“Qualità molto buona”
da > 2,0 a ≤ 3,0 ⁽¹⁾	“Buona qualità”
da > 3,0 a ≤ 4,0	“Qualità soddisfacente”
> 4	“Scarsa qualità”

Tab. 1.6 – Livello di qualità dei dati complessivo in base all’indice di qualità dei dati raggiunto

La valutazione semiquantitativa è stata eseguita utilizzando, come supporto per l’attribuzione degli indici di qualità, la matrice di qualità dei dati riportata nella guida della PEF (Raccomandazione 2013/179/UE) ovvero la tabella 5 “*criteri per la valutazione semiquantitativa della qualità dei dati complessiva dei set di*

dati degli inventari del ciclo di vita utilizzati nello studio sull'impronta ambientale". La matrice è riportata nell'appendice 3 del presente report.

La valutazione della qualità dei dati è stata applicata alle due principali tipologie di dati utilizzati ovvero ai dati specifici acquisiti per la fase di produzione e ai dati generici della banca dati Ecoinvent.

In linea con quanto definito dalla raccomandazione PEF, si stabilisce che i dati, per essere considerati conformi, devono raggiungere almeno un livello di "buona qualità" ovvero un DQR compreso tra 2 e 3.

La valutazione della qualità dei dati è riportata nel paragrafo 2.4.

1.2.8 Ipotesi generali

Il confronto tra i risultati di differenti Sistemi Prodotto è possibile solamente se le ipotesi e il contesto di ciascun sistema analizzato sono esplicitamente definiti e dichiarati all'interno del campo di applicazione.

E' quindi importante specificare in maniera trasparente le ipotesi che sono state adottate nell'implementazione dello studio di LCA in esame in modo da rendere chiaro fin da subito al committente e alle parti terze autorizzate alla consultazione del presente report, i presupposti alla base delle successive fasi di analisi di inventario e valutazione degli impatti.

Si riportano di seguito le ipotesi generali adottate nel presente studio:

- Il Gruppo Pro.mo è costituito da aziende presenti prevalentemente in Italia e rappresenta circa l'80% del mercato italiano delle stoviglie monouso. Per lo studio di LCA si è fatto riferimento alla produzione di stoviglie monouso realizzate e commercializzate nel centro-nord Italia con l'intento di ottenere risultati validi a livello nazionale;
- Per quanto riguarda le stoviglie riutilizzabili (porcellana e vetro), che nel mercato italiano presentano una consistente componente di importazione (es. Cina), è stato considerato uno scenario che fa riferimento al mix produttivo a livello mondiale;
- Si è inoltre ipotizzato che le stoviglie monouso e riutilizzabili vengano distribuite e utilizzate presso mense scolastiche/aziendali in quanto i dati provenienti dall'uso collettivo sono i più strutturati per permettere uno studio LCA comparativo;
- Le fasi di pre-produzione e post-produzione sono state modellizzate interamente con dati secondari della banca dati Ecoinvent 3.1;
- L'utilizzo di dati specifici è stato esteso alla fase di produzione degli articoli realizzati dalle aziende del Gruppo Pro.mo: stoviglie monouso in PP, PS, PLA, su cui il committente ha un controllo diretto. I dati sono stati acquisiti direttamente negli impianti produttivi di una delle aziende del Gruppo. Questi impianti produttivi sono stati identificati, a seguito di validazione svolta su base statistica (vedi paragrafo 2.2.2 e allegato 2), come rappresentativi del Gruppo per la produzione di stoviglie monouso. La scelta dello stabilimento preso come campione rappresentativo è stata fatta in base al mix di tecnologie utilizzate (linee di termoformatura, stampi, servizi alle linee) e in base al fatto che lo stabilimento trasforma un'ampia gamma di materiali polimerici (PP, PS e PLA) in quantità significative. Presenta inoltre una significativa disponibilità di dati puntuali di consumo elettrico delle linee di termoformatura che consentono di ricavare dati di consumo diretto di elettricità differenziati in base alla materia prima utilizzata, alla tipologia di oggetto prodotto e al peso del prodotto stesso.

- Per quanto riguarda il piatto in polpa di cellulosa i dati primari sono stati raccolti in uno stabilimento produttivo delocalizzato (est Europa), specializzato nella produzione di stoviglie in polpa di cellulosa, che è frutto di una joint venture realizzata da alcune delle sei Ragioni Sociali che costituiscono il Gruppo Pro.mo. Questo impianto produttivo rappresenta la fase avanzata di un esperimento che ha lo scopo di industrializzare una tecnologia esistente nelle lavorazioni della polpa di cellulosa per adattarla alla formatura di stoviglie monouso. I prodotti in polpa di cellulosa presenti sul mercato italiano sono infatti oggi principalmente vaschette ottenute con diversi processi di formatura di fogli piani che però presentano alcune criticità come ad esempio le pieghe sui bordi con conseguenti problematiche relative alla robustezza della stoviglia. Nel mercato italiano sono anche commercializzati prodotti in polpa di cellulosa provenienti dal Far East probabilmente ottenuti con processi analoghi a quello che il Gruppo Pro.mo sta mettendo a punto in Europa e che è stato preso in esame per questo studio.

I dati primari acquisiti nello stabilimento campione, nel caso particolare di questa nuova tecnologia introdotta dal Gruppo Pro.mo, sono stati confrontati con i dati caratteristici della tecnologia messi a disposizione dal produttore degli impianti e che però corrispondono ad applicazioni diverse dalle stoviglie monouso (es. contenitori per uova). Da questa elaborazione si è ottenuto un dato che si può considerare rappresentativo del settore delle stoviglie monouso ottenute con questa specifica tecnologia in Europa. Infatti, al momento attuale, i dati resi disponibili dal Gruppo Pro.mo costituiscono anche il miglior stato dell'arte e per questo sono stati utilizzati come base per l'elaborazione dello studio LCA. Maggiori dettagli in merito all'elaborazione svolta per l'ottenimento dei dati utilizzati per la modellizzazione LCA del piatto in polpa di cellulosa sono forniti nel paragrafo 2.2.3 e nell'allegato 2.

- Nel caso del piatto in porcellana è stato considerato il lavaggio in lavastoviglie (uso mensa scolastica/aziendale) per il riutilizzo della stoviglia. Sono stati utilizzati dati stimati (terziari) relativi al consumo di acqua, energia elettrica e detersivo;
- Nel caso del bicchiere in vetro si assume che i consumi legati al lavaggio siano la metà di quelli per il lavaggio del piatto in quanto il minore ingombro dei bicchieri all'interno del cestello della lavastoviglie fa sì che, in un ciclo di lavaggio standard, venga lavata una quantità doppia di bicchieri rispetto ai piatti;
- Per le stoviglie monouso è stata considerata una distribuzione pari a 400 km su bilico presso un sito intermedio di stoccaggio e un successivo trasporto di 100 km su veicolo commerciale leggero per il conferimento alla mensa. Per le stoviglie riutilizzabili (porcellana e vetro) sono invece stati utilizzati i processi "market" della banca dati Ecoinvent che contengono già uno scenario di distribuzione predefinito.

1.2.8.1 Scenari di fine vita

Tra le ipotesi adottate rientrano anche gli scenari di fine vita utilizzati nello studio di LCA. Sono stati, infatti, definiti scenari di fine vita differenti per tener conto della variabilità di trattamenti finali a cui le stoviglie sono soggette una volta terminato il loro utilizzo.

Gli scenari di fine vita considerati sono:

1. **CAUTELATIVO:** è lo scenario peggiorativo per lo smaltimento dei vari articoli considerati nello studio e prevede l'avvio in discarica;
2. **TARGET:** scenario identificato come la soluzione tecnicamente applicabile per lo smaltimento dei vari materiali a fine vita che fa riferimento agli obiettivi stabiliti dalla Direttiva Europea sui rifiuti 2008/98/CE;
3. **REALE:** questo scenario è stato elaborato e applicato esclusivamente per lo smaltimento delle stoviglie monouso in plastica (PP e PS) per il quale sono disponibili dati affidabili relativi al fine vita degli imballaggi a livello nazionale (fonte: Corepla 2013).

Per quanto riguarda il piatto in porcellana, per cui non è previsto nessun genere di raccolta differenziata, è stato considerato un unico scenario di fine vita che prevede lo smaltimento in discarica per inerti.

Gli scenari di fine vita applicati ai vari materiali di base sono riassunti nella seguente tabella:

Scenario PLASTICA (PP, PS)			
	target	cautelativo	Reale (corepla 2013)
	%	%	%
Riciclo	50		38,6
Recupero energetico	50		36,8
Discarica		100	24,6

Scenario PLA/Polpa cellulosa		
	target	cautelativo
	%	%
Compostaggio	50	
Recupero energetico	50	
Discarica		100

Scenario CARTONCINO laminato polietilene (PE)		
	target	cautelativo
	%	%
Riciclo¹	50	
Recupero energetico	50	
Discarica		100

¹ I materiali con marcatura CA (simbolo del cartone accoppiato ad altri materiali "poliacoppiato" es. Tetra Pak) sono stati accettati come riciclabili. Indicazioni in merito vengono fornite anche da Tetra Pack nel sito <http://www.tiriciclo.it>

Scenario VETRO		
	target	cautelativo
	%	%
Riciclo	100	
Discarica		100
Scenario PORCELLANA		
	%	
Discarica	100	

Tab. 1.7 – Scenari di fine vita per tipologia di materiale

Nello studio di LCA sono stati considerati i benefici dovuti al riciclo e al recupero energetico in incenerimento. E' stata cioè applicata la procedura di "espansione del Sistema" andando a contabilizzare gli impatti evitati nei sistemi prodotto successivi al Sistema/i in esame.

I benefici considerati derivano cioè dall'evitata produzione di nuova materia prima vergine (in seguito a riciclo) ed energia elettrica/termica (in seguito a termovalorizzazione) in nuovi Sistemi Prodotto.

Per quanto riguarda il PLA e la polpa di cellulosa non sono stati considerati i benefici per l'attività di compostaggio. In questo ambito, i processi di compostaggio, risultano ancora basati su modelli non correntemente condivisi, come dimostra ad esempio la banca dati Ecoinvent che ha scelto di non prevedere per questi processi l'individuazione di prodotti evitati.

Nel presente studio, a titolo di approfondimento, è stata svolta un'analisi di sensibilità (vedi paragrafo 3.4.2) per valutare l'incidenza nei risultati nel caso di inclusione dei prodotti evitati.

La scelta di utilizzare l'approccio di espansione del Sistema con l'inclusione dei crediti dovuti agli impatti evitati deriva dalla necessità di rendere realistici gli scenari complessivi di comparazione, alla luce della sempre più crescente attenzione e sensibilità degli stakeholders verso le tematiche legate al fine vita dei prodotti. Ai fini comunicativi l'approccio risponde, inoltre, al principio di reattività della comunicazione ambientale che prevede che la comunicazione sia aperta alle esigenze delle parti interessate, rispondendo completamente e rapidamente alle loro domande ed alle loro preoccupazioni.

1.2.9 Limitazioni dello studio LCA

Le principali limitazioni del presente studio di LCA sono legate all'utilizzo limitato di dati primari per la modellizzazione LCA dei processi di produzione dei vari articoli oggetto di studio con particolare riferimento alle stoviglie riutilizzabili (porcellana e vetro) per cui risulta non praticabile l'acquisizione di dati specifici.

Tale limite risulta superato dal fatto che il principale contributo alle varie categorie di impatto ambientale è a carico della produzione dei materiali di base (es. polimeri), nel caso delle stoviglie monouso, e alle operazioni di lavaggio, nel caso delle stoviglie riutilizzabili. Per questi processi di pre-produzione e post-produzione sono stati utilizzati dati secondari della medesima banca dati (Ecoinvent 3.1), che presentano un livello di qualità tale da garantire una comparazione affidabile, rispettando i criteri di qualità dei dati stabiliti nel presente studio (par. 1.2.7). Dettagli sulla valutazione della qualità dei dati sono disponibili al paragrafo 2.4 e ulteriori considerazioni sulle limitazioni sono riportate nel capitolo 4 relativo all'Interpretazione dello Studio LCA.

1.2.10 Confronti fra i sistemi

Negli studi LCA comparativi, prima di interpretare i risultati, deve essere valutata l'equivalenza dei sistemi posti a confronto. Di conseguenza, il campo di applicazione dello studio deve essere definito in modo tale da consentire il confronto dei sistemi.

Nel presente studio comparativo è stata valutata l'equivalenza dei sistemi garantendo l'utilizzo di parametri e approcci comuni ed in particolare:

- l'utilizzo della medesima funzione e unità funzionale;
- la medesima prestazione;
- confini del sistema equivalenti;
- le stesse modalità di decisione sulla valutazione degli elementi in ingresso e in uscita e sulla valutazione dell'impatto.

Per quanto riguarda la qualità dei dati, sono stati definiti dei requisiti minimi da rispettare (vedi paragrafo 1.2.7) per garantire che il confronto tra le varie alternative di prodotto risulti affidabile. Tuttavia l'utilizzo di dati specifici per la categoria delle stoviglie monouso realizzate dal Gruppo, consente di raggiungere un livello di qualità più elevato rispetto a quello raggiunto per le altre tipologie di stoviglie in esame, come confermato dalla valutazione della qualità dei dati svolta al paragrafo 2.4. Tali considerazioni verranno riprese nel capitolo 4 relativo all'Interpretazione e tenute in considerazione nel valutare le limitazioni dello studio.

1.2.11 Tipologia di riesame critico

I risultati del presente studio di LCA potranno essere utilizzati ai fini comunicativi per effettuare asserzioni ambientali e per questo è necessario un Riesame Critico (Critical Review) in conformità alle norme ISO 14040/44.

Il committente dello studio ha incaricato l'organismo di certificazione SGS Italia S.p.A. di condurre la Critical Review, in veste di comitato di riesame. La scelta di affidare il riesame ad un ente esterno assicura, allo stesso tempo, il rispetto del principio di indipendenza e che la procedura di riesame venga svolta da revisori esperti qualificati, dotati di specifiche competenze tra cui la conoscenza approfondita dei requisiti delle norme applicabili.

Il riesame critico verrà condotto dall'ente incaricato in 3 fasi distinte, che saranno articolate come di seguito descritto:

Fase 1: on-site, analisi della documentazione, controllo ed analisi dei contenuti degli studi LCA;

Fase 2: on-site, controllo delle procedure e metodologie di quantificazione, coerenza dei dati e della loro implementazione;

Fase 3: off-site, elaborazione di rapporto di Critical Review per ogni studio LCA comparativo presentato.

1.2.12 Tipologia e formato del rapporto richiesto per lo studio

Il presente rapporto di studio è redatto in conformità alla norma ISO 14044, nel rispetto dei contenuti minimi da includere nei rapporti di terza parte che prevedano asserzioni ambientali destinate alla divulgazione pubblica.

Il presente documento è registrato e gestito in forma controllata. È quindi vietato consegnare a terzi o riprodurre questo documento, utilizzarne il contenuto o renderlo comunque noto a terzi senza esplicita autorizzazione da parte del committente dello studio. Sono riservati tutti i diritti derivanti dalla concessione di brevetti per invenzioni industriali.

2. Analisi dell'inventario del ciclo di vita (LCI)

I dati raccolti per l'analisi di inventario, in conformità con quanto definito nel campo di applicazione, comprendono dati specifici, generici e dati terziari.

Per quanto riguarda la produzione di energia elettrica è stato utilizzato il processo relativo ai mix italiano di produzione energetica a medio voltaggio del database *Ecoinvent 3.1*.

L'analisi di inventario verrà trattata nei successivi paragrafi, considerando separatamente le fasi di:

- Produzione dei materiali di base e packaging (Processi di pre-produzione);
- Produzione delle stoviglie monouso e riutilizzabili (Processi di produzione);
- Distribuzione, uso e fine vita dei prodotti (Processi di post-produzione).

Per ogni fase si riportano una serie di osservazioni e assunzioni, utili a comprendere le scelte fatte nel progetto implementato con il software *SimaPro*.

2.1 Produzione dei materiali di base e packaging (Processi di pre-produzione)

L'analisi di inventario di questa prima fase è stata condotta utilizzando le banche dati *Ecoinvent*. In mancanza di processi specifici sono stati utilizzati processi alternativi, relativi a processi e prodotti equiparabili, nei quali le principali fasi del ciclo di vita del processo/prodotto sono ritenute equivalenti.

2.1.1 Produzione dei materiali di base

I materiali di base utilizzati per la produzione delle stoviglie monouso possono essere considerati delle commodities; non esistono quindi particolari distinzioni tra le materie prime utilizzate dalle varie aziende del Gruppo Pro.mo.

Si riporta in seguito una descrizione dei materiali di base con le indicazioni relative ai databases utilizzati per l'analisi di inventario.

Polipropilene (PP)

Materiale	Utilizzato per	Descrizione	Note relative al database utilizzato
Polipropilene (PP)	Piatto monouso in PP Bicchieri monouso in PP	Polimero termoplastico che può mostrare diversa tatticità. Il prodotto più interessante dal punto di vista commerciale è quello isotattico: è un polimero semicristallino caratterizzato da un elevato carico di rottura, una bassa densità, una buona resistenza termica e all'abrasione. La densità del polipropilene isotattico è di 900 kg/m ³ e il punto di fusione è spesso oltre i 165 °C. Il propilene proviene dal cracking di raffineria e deve essere purificato da residui di acqua, ossigeno, monossido	<i>Polypropylene, granulate {RER} production</i> <ul style="list-style-type: none">• I dati sono ricavati dall'eco-profilo dell'associazione europea delle plastiche PlasticsEurope.• Le attività incluse comprendono tutti i processi dall'estrazione delle materie prime fino alla produzione dei chips di polimero.• I dati sono stati raccolti in 28 stabilimenti situati nel territorio europeo.• Ultimo aggiornamento della banca dati:

		<p>di carbonio e composti solforati che possono avvelenare il catalizzatore. Il processo avviene a 60-70 °C e 10 atm di pressione.</p> <p>Il prodotto isotattico viene recuperato per centrifugazione, asciugato e additivato da stabilizzanti prima di essere esposto all'aria. La polvere viene quindi estrusa in pellet.</p>	anno 2014.
--	--	---	------------

Per la produzione del piatto monouso in PP viene utilizzato, oltre al materiale vergine di base, un compound in PP additivato con carica minerale (PPCA, 70% carbonato di calcio). E' stata creata un'apposita scheda in SimaPro per il compound comunemente utilizzato nelle miscele per la realizzazione del piatto.

Polistirene (PS)

Materiale	Utilizzato per	Descrizione	Note relative al database utilizzato
Polistirene (PS)	<p>Piatto monouso in PS</p> <p>Bicchiere monouso in PS</p>	<p>Polimero aromatico termoplastico dalla struttura lineare. A temperatura ambiente è un solido vetroso; al di sopra della sua temperatura di transizione vetrosa, circa 100 °C, acquisisce plasticità ed è in grado di fluire; comincia a decomporsi alla temperatura di 270 °C.</p> <p>La polimerizzazione dello stirene, spontanea benché lentissima anche a temperatura ambiente se lo stirene non contiene appositi composti inibitori, è una reazione per addizione che viene spesso cominciata da prodotti (detti iniziatori) capaci di produrre radicali, come ad esempio i perossidi.</p> <p>La produzione avviene secondo diverse modalità, a seconda del tipo di impianto e dei volumi di produzione coinvolti.</p> <p>Il polistirene viene generalmente venduto in forma di sferette o piccoli chips trasparenti, adatti per essere fusi e iniettati negli stampi o trasformati, per calandratura, in lastre per termoformatura o per l'accoppiaggio.</p>	<p><i>Polystyrene, general purpose {RER} production</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • I dati sono ricavati dall'eco-profilo dell'associazione europea delle plastiche PlasticsEurope. • Le attività incluse comprendono tutti i processi dall'estrazione delle materie prime fino alla produzione dei chips di polimero. • I dati sono stati raccolti in 20 stabilimenti situati nel territorio europeo. • Ultimo aggiornamento della banca dati: anno 2014.
Polistirene ad alto impatto (HIPS)	Piatto monouso in PS	<p>Polimero termoplastico costituito da polistirene e gomma stirene-butadiene (o gomma SBR).</p> <p>Rispetto al polistirene comune, il polistirene antiurto presenta le seguenti peculiarità, dovute alla presenza della gomma SBR:</p> <ul style="list-style-type: none"> - maggiore tenacità, cioè maggiore 	<p><i>Polystyrene, high impact {RER} production</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • I dati sono ricavati dall'eco-profilo dell'associazione europea delle plastiche PlasticsEurope. • Le attività incluse comprendono tutti i processi dall'estrazione delle materie

		<p>allungamento a rottura;</p> <ul style="list-style-type: none"> - maggiore resilienza, cioè maggiore resistenza all'urto; - lieve diminuzione della resistenza a trazione; - lieve diminuzione della resistenza a flessione; - leggera diminuzione del modulo di Young; - leggera diminuzione della durezza; 	<p>prime fino alla produzione dei chips di polimero.</p> <ul style="list-style-type: none"> • I dati sono stati raccolti in 15 stabilimenti situati nel territorio europeo. • Ultimo aggiornamento della banca dati: anno 2014.
--	--	---	---

Per la produzione del piatto monouso in PS viene utilizzato, oltre al materiale vergine di base, un compound in PS ad alto impatto additivato con carica minerale (PSCA, 70% carbonato di calcio). E' stata creata un'apposita scheda in SimaPro per il compound comunemente utilizzato nelle miscele per la realizzazione del piatto.

Acido polilattico (PLA)

Materiale	Utilizzato per	Descrizione	Note relative al database utilizzato
Acido Polilattico (PLA)	<p>Piatto monouso in PLA</p> <p>Bicchieri monouso in PLA</p>	<p>Polimero derivato da piante come il mais, il grano o la barbabietola, ricche di zucchero naturale (destrosio). Esiste in due forme enantiomeriche (L-D), ma soltanto dall'isomero otticamente attivo (L) è possibile ottenere il polimero cristallino che fonde a 180 °C. L'unico modo per ottenere la forma otticamente attiva è ricorrere alla fermentazione che produce l'isoforma L.</p> <p>Le fasi di preparazione possono così riassumersi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Separazione dell'amido da fibre e glutine - Liquefazione e saccharificazione dell'amido - Fermentazione con riutilizzo nel brodo di coltura della parte proteica separata dall'amido - Purificazione e concentrazione delle soluzioni di sale dell'acido lattico - Polimerizzazione <p>Due stadi distinti: sintesi per via fermentativa e isolamento dell'acido L-lattico, polimerizzazione dell'acido ottenuto.</p> <p>Le principali proprietà sono reologiche, meccaniche e di biodegradabilità</p>	<p><i>Poly lactide, granulate {GLO}} production</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • L'inventario include i dati LCI ricavati dal report LCA del produttore NatureWorks; • Le attività incluse comprendono tutti i processi dalla coltivazione e raccolta delle piante di mais fino alla produzione dei chips di polimero; • I dati sono stati raccolti nel più grande stabilimento produttivo a livello mondiale (NatureWorks); • Ultimo aggiornamento della banca dati: anno 2014.

Polpa di cellulosa

Materiale	Utilizzato per	Descrizione	Note relative al database utilizzato
Polpa di cellulosa	Piatto monouso in polpa di cellulosa	La polpa di cellulosa si ottiene dal legno mediante diversi processi. In tutti i casi si parte dal tronco di legno o dai chip, pezzetti di legno ricavati dai sottoprodotti della lavorazione del legname. Qualora si lavorino tronchi interi, questi dopo essere stati scortecciati, vengono spaccati o macinati, riducendo il legno ad una pezzatura idonea alle seguenti lavorazioni. Le tre principali filiere di produzione della polpa sono il ciclo al solfato (circa 80%), il ciclo al solfito ed il semichimico.	<p><i>Thermo-mechanical pulp {RER} production</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • L'inventario include i dati ricavati da uno studio LCA sulla polpa di cellulosa prodotta in Svizzera e Germania e da studi svolti dall'Agenzia per la protezione dell'ambiente svedese; • Le attività incluse comprendono tutti i processi dalla coltivazione degli alberi fino alla produzione della polpa; • I dati sono stati raccolti in vari stabilimenti europei • Ultimo aggiornamento della banca dati: anno 2014.

Cartoncino laminato con polietilene PE

Materiale	Utilizzato per	Descrizione	Note relative al database utilizzato
Cartoncino laminato polietilene (PE)	Bicchieri monouso in cartoncino laminato PE	Cartoncino adatto al contatto alimentare, accoppiato con un sottile strato di polietilene mediante laminazione.	<p><i>Liquid packaging board container {RER} production</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Per la modellizzazione LCA del bicchiere in cartoncino è stato utilizzato un processo ecoinvent già predisposto, relativo alla produzione di contenitori in cartone per liquidi. • L'inventario include i dati ricavati da uno studio LCA sui contenitori realizzati da un produttore svizzero di materiali da imballaggio; • Le materie prime necessarie alla produzione del cartoncino laminato sono comprese nel processo ecoinvent che include, inoltre, le fasi di produzione e laminazione del cartoncino stesso e le successive operazioni di taglio, laminazione e piegatura per formare il bicchiere. • Il processo originale ecoinvent è stato modificato eliminando le componenti di alluminio e colla (non presenti nel bicchiere) e portando a 10% il contenuto di polietilene.

			<ul style="list-style-type: none"> • Ultimo aggiornamento della banca dati: anno 2014.
--	--	--	---

Materie prime per la produzione della porcellana

Materiale	Utilizzato per	Descrizione	Note relative al database utilizzato
Minerali (caolino, quarzo e feldspato)	Piatto riutilizzabile in porcellana	Per la fabbricazione della porcellana si ricorre a miscele di più componenti, di solito caolino, quarzo e feldspato. Il caolino conferisce plasticità e lavorabilità agli impasti, mentre quarzo e feldspato agiscono su questi come smagranti e riducono i ritiri; la presenza del caolino, che è abbastanza refrattario, impone, per ottenere un sufficiente grado di vetrificazione, temperature di cottura elevate; il feldspato agisce da fondente, formando alla temperatura di cottura, insieme ad altri componenti (impurezze, parte della silice), una massa fusa che consente di realizzare una sufficiente vetrificazione a temperature di cottura relativamente basse. La massa fusa che si forma durante la cottura nel raffreddamento si solidifica e i componenti cristallini (silice, prodotti di trasformazione del caolino) sono inglobati in una massa compatta.	<p><i>Sanitary ceramics {GLO} market for</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Per la modellizzazione LCA del piatto in porcellana è stato utilizzato un processo ecoinvent già predisposto, relativo alla produzione di ceramica sanitaria. Processi specifici relativi alla porcellana per stoviglie non sono reperibili in Ecoinvent ma il processo sostitutivo scelto può considerarsi adeguato in quanto sia le materie prime utilizzate che i processi di formatura e cottura sono equivalenti; • L'inventario include i dati ricavati da studi LCA di un produttore europeo; • Le materie prime necessarie alla fabbricazione del prodotto sono comprese nel processo ecoinvent che include, inoltre, le fasi di formatura e cottura del prodotto finito; • I dati sono stati raccolti in 2 stabilimenti austriaci; • Ultimo aggiornamento della banca dati: anno 2014.

Materie prime per la produzione del vetro

Materiale	Utilizzato per	Descrizione	Note relative al Database utilizzato
Minerali (silice, carbonato di calcio e carbonato di sodio)	Bicchiere riutilizzabile in vetro	Le materie prime fondamentali impiegate per ottenere la miscela vetrificabile, che per fusione e solidificazione diventa vetro, sono sabbia di silice, carbonato di sodio e carbonato di calcio. La sabbia è la materia prima vetrificante, apportatrice di silice (SiO ₂) ed è presente in proporzioni diverse a seconda dei tipi di vetro, solitamente attorno al 70-74% nei vetri per contenitori di produzione industriale. L'ossido di sodio (Na ₂ O) viene impiegato come fondente ovvero come sostanza coadiuvante il processo di	<p><i>Packaging glass, white {GLO} market for</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Per la modellizzazione LCA del bicchiere in vetro è stato utilizzato un processo ecoinvent già predisposto, relativo alla produzione di contenitori in vetro bianco; • L'inventario include dati relativi alle materie prime in ingresso ricavati da fonti di letteratura e da impianti di produzione europei. I

		<p>fusione, in proporzioni variabili tra il 13-16% nei vetri per contenitori. Viene introdotto nella miscela vetrificabile attraverso la soda, carbonato sodico di provenienza industriale.</p> <p>Il carbonato di calcio viene utilizzato per introdurre nel vetro l'ossido di calcio (CaO), uno stabilizzante che rende i vetri più stabili sia chimicamente che meccanicamente ed influisce sulla viscosità del fuso accorciando l'intervallo di lavorazione. Partecipa alla composizione dei vetri in quantità generalmente non superiore al 12-13% in peso.</p>	<p>dati relativi a energia, consumo di acqua, emissioni e produzione di rifiuti sono ricavati da fonti di letteratura;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le materie prime necessarie alla fabbricazione del prodotto sono comprese nel processoecoinvent che include, inoltre, tutte le fasi di produzione del contenitore; • I dati si basano sul rapporto EU-IPCC sull'industria del vetro europea • Ultimo aggiornamento della banca dati: anno 2014.
--	--	--	--

2.1.2 Produzione del packaging

L'inventario relativo ai materiali di imballaggio ha coinvolto il packaging con cui vengono conferiti al sito di produzione i materiali di base e quello dei prodotti finiti.

Per quanto riguarda le stoviglie monouso (es. polimeri), i materiali di base vengono conferiti in autosilos tranne il PLA che è imballato in octabin con saccone in polietilene contenenti una tonnellata di materiale.

Per i prodotti finiti è stato considerato l'imballaggio primario (film in polietilene) e secondario (scatola in cartone). Sono stati utilizzati dati primari per le quantità di materiali da imballaggio per ciascuna tipologia di stoviglia (Tabella 2.1).

Prodotto	Film PE [kg/kg di prodotto]	Cartone, scatola [kg/kg di prodotto]
Bicchieri PP	0,0160	0,1067
Bicchieri PS e PLA	0,0160	0,0943
Piatti PP	0,0083	0,0749
Piatti PS e PLA	0,0075	0,0586
Bicchieri cartoncino	0,0160	0,0943
Piatto polpa di cellulosa	0,0107	0,1167

Tab. 2.1 – Quantità di packaging primario e secondario per le stoviglie monouso

Per le stoviglie riutilizzabili in porcellana e vetro, delle quali non si dispone di dati specifici, sono stati utilizzati i processi "market" del database Ecoinvent che prevedono anche il consumo di materiali di imballaggio per la distribuzione del prodotto finito.

2.2 Produzione delle stoviglie monouso e riutilizzabili (Processi di produzione)

L'analisi di inventario dei processi di produzione comprende sia dati specifici che dati generici della banca dati Ecoinvent.

In mancanza di processi specifici sono stati utilizzati processi alternativi, relativi a processi e prodotti equiparabili, nei quali le principali fasi del ciclo di vita del processo/prodotto sono ritenute equivalenti.

2.2.1 Trasporto dei materiali di base in ingresso alla fase di produzione

Per quanto riguarda l'approvvigionamento dei materiali di base per i prodotti realizzati dalle aziende del Gruppo è stato utilizzato un mix di dati specifici e di dati stimati (terziari). I dati specifici sono relativi alle distanze di trasporto del PLA, di cui si conosce con esattezza la provenienza poiché esiste attualmente un unico impianto produttivo al mondo (Stati Uniti). Sono state considerate le seguenti distanze di trasporto:

- per PP e PS un approvvigionamento con trasporto da Europa a Centro-Nord Italia di 1500 km su autosilos;
- Per il PLA, la materia prima è prodotta in Nord America, spostata sulla costa (1500 km), trasportata su nave fino a Rotterdam (6000 km) e poi nuovamente trasportata su camion fino al sito nel Centro-Nord Italia (1500 km);
- Per la polpa di cellulosa è stato considerato un trasporto dalle vicinanze dello stabilimento produttivo (400Km); comunemente questo tipo di materiale è infatti ricavato in zone limitrofe agli stabilimenti;
- Per il compound con carbonato di calcio (PPCA e PSCA) dopo la compoundazione c'è un secondo trasporto per approvvigionamento del "trasformatore" (chi esegue la termoformatura) dal centro-nord Italia (400km) sempre su autosilos.

Per l'approvvigionamento dei materiali di base per il bicchiere in vetro e il piatto in porcellana sono stati utilizzati i processi "market" della banca dati Ecoinvent che contengono già uno scenario di approvvigionamento.

L'approvvigionamento dei materiali non è rendicontata nel caso del bicchiere in cartoncino poiché comunemente il cartoncino viene prodotto e laminato all'interno dello stesso sito in cui viene poi realizzato l'articolo (ipotesi confermata anche dal database Ecoinvent).

2.2.2 Produzione delle stoviglie monouso in plastica PP, PS, PLA.

Il processo di produzione di stoviglie monouso in plastica analizzato è quello di termoformatura in linea che consiste nelle seguenti fasi:

- Estrusione: Processo di trasformazione di un materiale plastico atto alla produzione di film, foglie e lastre;
- Calandratura: Il processo si effettua tramite calandre che schiacciano e raffreddano la foglia o la lastra dopo l'estrusione e ne determinano la planarità e la costanza degli spessori;
- Termoformatura: Processo di produzione di articoli attraverso modellazione a caldo di una lastra o foglia su stampo e controstampo

Il processo di termoformatura in linea si differenzia dalla termoformatura semplice (dove in ingresso viene utilizzata una bobina di foglia di materiale plastico prodotta separatamente) perché l'estrusione e la calandratura sono effettuate direttamente in ingresso alla termoformatrice. Nel processo di termoformatura dalla foglia in ingresso vengono prodotti da una a diverse decine di articoli ad ogni ciclo, il materiale della foglia che non va' a costituire gli articoli viene chiamato sfrido che si può considerare in generale dal 30% al 50% della foglia presa in ingresso. In queste produzioni lo sfrido è sistematicamente recuperato in linea attraverso un processo di macinazione con mulini dedicati che alimentano direttamente la tramoggia della linea di estrusione. Quindi, nello specifico, sia i consumi energetici che le altre

informazioni relative alla sua rilavorazione sono sempre comprese nella raccolta dei dati delle singole produzioni.

Per le stoviglie monouso in PP, PS e PLA sono stati acquisiti dati specifici relativi al consumo di materie prime, acqua ed elettricità. I dati primari utilizzati sono stati raccolti in uno stabilimento che utilizza la tecnologia della termoformatura in linea per ottenere i propri articoli, facente parte di una azienda del Gruppo Pro.mo.

La scelta dello stabilimento è stata fatta in base al mix di tecnologie utilizzate (linee di termoformatura, stampi, servizi alle linee) e in base al fatto che lo stabilimento trasforma un'ampia gamma di materiali polimerici (PP, PS e PLA) in quantità significative. Lo stabilimento preso a campione presenta inoltre una significativa disponibilità di dati puntuali di consumo elettrico delle linee di termoformatura che consentono di ricavare dati di consumo diretto di elettricità differenziati in base alla materia prima utilizzata, alla tipologia di oggetto prodotto e al peso del prodotto stesso.

E' stata inoltre svolta una validazione su base statistica (vedi allegato 2), a dimostrazione della rappresentatività dello stabilimento preso a campione. La validazione è stata eseguita a partire da dati primari forniti dalle sei aziende del Gruppo, relativi ai consumi di energia elettrica per kg di prodotto finito, calcolati su elaborazioni di consuntivo annuo. Ogni azienda ha associato a questi dati una descrizione delle tecnologie e dei materiali correntemente utilizzati.

Per l'analisi statistica si è ipotizzato che la variabilità nei consumi di kWh/kg che contraddistingue le diverse commesse dello stabilimento campione (variabilità within) sia paragonabile o maggiore della variabilità degli stessi consumi associati ai singoli stabilimenti delle sei aziende (variabilità between). In pratica si è ipotizzato che il mix di articoli prodotti, e di tecnologie utilizzate, dallo stabilimento campione abbia una variabilità del valore di kWh/kg maggiore o uguale della variabilità che si riscontra tra i valori tipici di kWh/kg associati ai diversi stabilimenti del Gruppo. Questa ipotesi, se confermata, permetterebbe di concludere che il mix di articoli e di tecnologie dello stabilimento campione copre sicuramente le diverse casistiche che si possono presentare negli stabilimenti del Gruppo Pro.mo e quindi nella gran parte delle aziende del settore produttivo.

La validazione ha dimostrato che lo stabilimento campione presenta consumi energetici con un valore medio cautelativo, cioè superiore ai valori delle altre aziende del Gruppo Pro.mo. A questo valore è associata una variabilità che possiamo chiamare "produttiva" con un valore doppio rispetto alla variabilità "tecnologica" presentata dalle aziende del Gruppo che si differenziano tra loro per diverse soluzioni impiantistiche e di stabilimento. Lo stabilimento preso a campione è quindi pienamente rappresentativo delle tecnologie del settore e può essere preso come riferimento per la sperimentazione della raccolta dati di dettaglio.

Le distinte base per le varie stoviglie monouso in plastica utilizzate per la modellizzazione LCA, riportate nelle successive tabelle, sono rappresentative dei prodotti così come utilizzati dal mercato italiano della ristorazione collettiva (vedi validazione in Allegato 2):

PIATTI		
Tipologia	Materiale	%
Monouso in polipropilene (PP)	Polipropilene	64,3
	Compound PP (70% carbonato di calcio)	35,7
Monouso in polistirene (PS)	Polistirene ad alto impatto	56,7
	Polistirene	7,6
	Compound PS (70% carbonato di calcio)	35,7
Monouso in acido polilattico (PLA)	Acido polilattico	100

Tab. 2.2 – Composizione distinta base piatti

BICCHIERI		
Tipologia	Materiale	%
Monouso in polipropilene (PP)	Polipropilene	100
Monouso in polistirene (PS)	Polistirene	100
Monouso in acido polilattico (PLA)	Acido polilattico	100

Tab. 2.3 – Composizione distinta base bicchieri

Per i consumi di elettricità, lo stabilimento in questione monitora costantemente i consumi elettrici forniti direttamente alle linee di termoformatura per ogni tipologia di polimero.

Per quanto riguarda la produzione delle stoviglie in PLA è stata condotta un’analisi approfondita (vedi allegato 2, par A5.3) sui consumi energetici in quanto la messa a punto delle linee produttive è ancora in corso, vista la recente immissione di questo tipo di polimero sul mercato. Negli ultimi cinque anni, il principale produttore del polimero ha infatti gestito, in partnership con i più significativi produttori di stoviglie europei, una serie di test di industrializzazione per adattare le attuali tecnologie di termoformatura al PLA. Dalle rilevazioni puntuali di consumo delle produzioni in PLA presso lo stabilimento di riferimento sono emersi dei valori di consumo energetico più elevati rispetto a quelli relativi a PP e PS, a conferma delle inefficienze tipicamente connesse alla fase di industrializzazione di nuovi polimeri. Il Gruppo Pro.mo ha quindi deciso di non penalizzare il PLA utilizzando come dati di energia di trasformazione quelli relativi al PS che, vista la natura dei due polimeri, si può assumere come il valore target che sarà raggiunto una volta a regime.

Oltre a questi consumi energetici definiti “diretti” ci sono altri consumi attribuiti ai servizi di supporto al processo principale, generalizzati per tutte le linee (distribuzione acqua, aria compressa, vuoto). Per la stima del contributo di questi servizi sul totale dell’energia fornita alla linea si è lavorato ancora una volta per eccesso: si sono considerati i consumi totali di stabilimento nel 2014 (che comprendono anche gli utilizzi degli uffici, dei carrelli elevatori, del magazzino, etc.) a cui sono stati sottratti quelli monitorati e rilevati sulle linee di termoformatura. Il dato ricavato dalla differenza è stato suddiviso per tutte le produzioni, suddividendolo cioè sui kg totali prodotti nell’anno.

Per i consumi di acqua si sono considerati, per eccesso, i consumi totali di stabilimento del 2014 suddividendoli sui kg di articoli prodotti sempre nello stesso periodo.

La seguente tabella riporta i dati relativi ai consumi energetici e di acqua per la produzione delle stoviglie in plastica.

	Energia elettrica		Acqua
	Consumo [kWh/kg]		Consumo [litri/kg]
	Piatti	Bicchieri	Piatti/Bicchieri
PS	1,42	1,63	2,41
PP	1,68	1,95	
PLA	1,42	1,63	

Tab. 2.4 – Consumi energetici e di acqua per la produzione delle stoviglie in plastica

Per il processo di estrusione, calandratura e termoformatura sono state utilizzate le banche dati Ecoinvent, rispettivamente *Extrusion, plastic pipes {RER} production* e *Thermoforming, with calendaring {RER} production*. I due processi Ecoinvent sono stati adattati al processo di produzione delle stoviglie in plastica, mantenendone invariata la struttura di input/output e inserendo i consumi specifici di energia elettrica e acqua per le tre tipologie di plastica.

2.2.3 Produzione del piatto monouso in polpa di cellulosa

Nel processo di produzione dei piatti, la polpa di cellulosa (costituita da fibre con lunghezze e origini vegetali diverse) viene diluita progressivamente in acqua fino ad arrivare a concentrazioni molto basse che consentano un'elevata mobilità relativa delle fibre. Il liquido ottenuto viene versato su una preforma su cui viene eliminata la maggior parte dell'acqua e si forma una "pelle" di fibre non ancora consistente. Dopo di che questa pelle viene posta all'interno di uno stampo microforato in cui, attraverso pressione, applicazione di vuoto e temperatura si toglie la restante componente acquosa in modo da ottenere un piatto con le caratteristiche necessarie all'uso.

Per quanto riguarda il piatto in polpa di cellulosa, come già anticipato al paragrafo 1.2.8 (ipotesi generali), i dati primari sono stati raccolti in uno stabilimento produttivo delocalizzato (est Europa), specializzato nella produzione di stoviglie in polpa di cellulosa. Questo impianto produttivo nasce da una joint venture realizzata da alcune aziende del Gruppo Pro.mo e rappresenta la fase avanzata di un esperimento che ha lo scopo di industrializzare una tecnologia esistente nelle lavorazioni della polpa di cellulosa per adattarla alla formatura di stoviglie monouso. Questo approccio costituisce un'innovazione rispetto ai tradizionali impianti fino ad oggi utilizzati in Europa.

Per i consumi di elettricità nello stabilimento, essendo il processo ancora in fase di messa a punto, vengono monitorati tutti i consumi, compresi quelli dei servizi accessori: è stato quindi possibile ottenere dati consistenti dell'intero processo. I consumi di acqua sono essenzialmente relativi al reintegro perché il processo è a ciclo chiuso e si è stimato, per eccesso, un consumo totale di circa 1l di acqua ogni 100 kg di piatti prodotti.

I dati relativi ai consumi energetici sono stati sottoposti a verifica di coerenza per confronto con i dati di targa dell'impianto messi a disposizione dal costruttore che dispone di una consolidata esperienza, a livello

mondiale, nelle diverse applicazioni di queste tecnologie. Dalla verifica è emerso che i dati specifici dell'impianto preso in esame risultavano significativamente superiori al dato medio della tecnologia applicata in termini di kWh/kg di prodotto finito. Si è resa quindi necessaria una verifica critica delle informazioni a disposizione che ha permesso di evidenziare come le modalità costruttive dell'impianto preso a campione fossero la principale causa della "penalizzazione" in termini di consumo energetico. L'impianto preso in esame è infatti stato realizzato come impianto per testare una tecnologia, già consolidata nel campo di alcune "commodities" (es. contenitori per uova), nella produzione di articoli ad alta criticità qualitativa come i piatti e le vaschette monouso per contatto diretto alimentare.

La realizzazione dell'impianto, nella funzione di impianto innovativo, ha portato la joint venture delle aziende Pro.mo a costruire una linea con il 50% in meno della resa produttiva, rispetto allo standard proposto dal costruttore, e questo limite è chiaramente la prima causa del dato energetico sovrastimato. Tuttavia la resa produttiva pari al 50% dell'ottimale non può essere il criterio utilizzato per riproporzionare il calcolo del dato energetico. Infatti la realizzazione impiantistica, e i servizi ad essa associati, fanno sì che a una produttività inferiore del 50% corrisponda un dato energetico inferiore solamente del 30% e questo è confermato dalla verifica tra i dati specifici di impianto e i dati forniti dal costruttore come tipici di queste tecnologie. Per poter utilizzare, nel presente studio, i dati specifici dell'impianto (unico ad oggi operativo con questa tecnologia e su questi specifici prodotti) come dati rappresentativi del settore, è stata eseguita una validazione che ha preso in esame parametri di dettaglio delle tecnologie e delle produzioni effettivamente realizzate. La validazione ha permesso quindi di ottenere un dato rappresentativo del settore e specifico di questa tecnologia in un'applicazione che si può ancora considerare nelle fasi iniziali di industrializzazione.

Maggiori dettagli in merito alla validazione e all'elaborazione svolta per l'ottenimento dei dati utilizzati per la modellizzazione LCA del piatto in polpa di cellulosa sono forniti nell'appendice 2.

	Energia elettrica		Acqua
	Consumo [kWh/kg]		Consumo [litri/kg]
Polpa di cellulosa	5,78	/	0,01

Tab. 2.5 – Consumi energetici e di acqua per la produzione delle piatto in polpa di cellulosa

2.2.4 Produzione del bicchiere monouso in cartoncino laminato PE

Il processo di produzione del bicchiere in cartoncino consiste nel taglio a misura del cartoncino laminato che andrà a formare il corpo e il fondo del bicchiere e nella successiva fase di piegatura e assemblaggio dei due componenti mediante saldatura a caldo.

Per la modellizzazione LCA del bicchiere in cartoncino laminato PE è stato utilizzato il database Ecoinvent *Liquid packaging board container {RER}| production*.

2.2.5 Produzione del piatto piano riutilizzabile in porcellana

Il processo produttivo delle stoviglie in porcellana inizia con la preparazione dell'impasto dei principali minerali (caolino, quarzo e feldspato) mediante miscelazione. La successiva fase prevede la formatura del "biscotto" che può avvenire con varie tecniche a seconda della tipologia di stoviglia (es. pressatura isostatica, collaggio in stampi). Si passa poi ai trattamenti termici che includono l'essiccamento, la cottura del biscotto e la successiva cottura dello smalto applicato.

Per la modellizzazione LCA del piatto in porcellana è stato utilizzato un processo Ecoinvent *Sanitary ceramics {RoW}* market for, relativo alla produzione di ceramica sanitaria. Processi specifici relativi alla porcellana per stoviglie non sono reperibili in Ecoinvent ma il processo sostitutivo scelto può considerarsi adeguato in quanto sia le materie prime utilizzate che i processi di formatura e cottura possono essere ritenuti equivalenti.

2.2.6 Produzione del bicchiere riutilizzabile in vetro

I contenitori in vetro cavo prodotti industrialmente si ottengono da un procedimento di soffiatura del materiale fuso in stampi.

Le fasi di produzione si possono così sintetizzare:

- **Fusione:** le materie prime, contenute in silos, vengono opportunamente dosate, miscelate e immesse nel forno fusorio per mezzo di nastri trasportatori. Il forno, costruito in materiale refrattario in grado di resistere per anni alle elevate temperature di fusione (1.600°C), è prevalentemente alimentato con gas metano e autoregolato in tutte le sue funzioni.
- **Formatura:** il liquido fuso in uscita dal forno, entra in canali di condizionamento termico e, raggiunta l'opportuna viscosità, viene "tagliato" in gocce di dimensione e peso proporzionale all'oggetto che si vuole realizzare. La goccia di vetro incandescente (1.200°C circa) giunge, per caduta verticale guidata, allo stampo della macchina formatrice.
- **Ricottura:** Alla formatura segue la fase di "ricottura", procedimento che consente di eliminare le tensioni del vetro mediante riscaldamento preliminare e successivo raffreddamento graduale dell'oggetto fino a raggiungere la temperatura ambiente.

Per la modellizzazione LCA del bicchiere in vetro è stato utilizzato il processo Ecoinvent *Packaging glass, white {GLO}* market for, relativo alla produzione di contenitori in vetro bianco.

2.3 Distribuzione, uso e fine vita dei prodotti (Processi di post-produzione)

L'analisi di inventario dei processi di post-produzione è stata condotta utilizzando le banche dati *Ecoinvent*. In mancanza di processi specifici sono stati utilizzati processi alternativi, relativi a processi e prodotti equiparabili, nei quali le principali fasi del ciclo di vita del processo/prodotto sono ritenute equivalenti.

2.3.1 Distribuzione dei prodotti finiti

Per quanto riguarda lo scenario di distribuzione delle stoviglie monouso è stato ipotizzato un primo trasporto di 400 km su bilico verso un sito intermedio di stoccaggio e il successivo conferimento del prodotto al punto di utilizzo (mensa scolastica/aziendale) mediante veicolo commerciale leggero, pari a 100

km. Tali distanze si ritengono adeguate a rappresentare lo scenario tipico della distribuzione di questa tipologia di prodotti all'interno del territorio del centro-nord Italia.

Sono stati utilizzati dati specifici acquisiti in una delle aziende del Gruppo per stabilire le quantità di prodotto comunemente trasportate sulle due tipologie di mezzo.

Per quanto riguarda le stoviglie riutilizzabili, per le quali non si dispone di dati specifici, sono stati utilizzati i processi "market" della banca dati Ecoinvent che contengono già uno scenario di distribuzione predefinito e validato per la tipologia di prodotto.

2.3.2 Uso del prodotto e lavaggio delle stoviglie riutilizzabili

Le stoviglie monouso, in quanto tali, non prevedono alcun lavaggio e non vi sono quindi impatti ambientali legati alla fase di utilizzo. A contrario le stoviglie in porcellana e vetro, per poter essere riutilizzate, devono subire un lavaggio che comunemente avviene in lavastoviglie in seguito ad un primo risciacquo per eliminare i residui di cibo più grossolani.

Nel modello LCA è stato rendicontato il lavaggio tenendo conto dei consumi di energia elettrica, acqua e detersivo della lavastoviglie. Nella tabella sottostante si riportano i dati utilizzati per il lavaggio di una stoviglia, provenienti da stime fatte a partire da dati tecnici di lavastoviglie professionali commercializzate in Italia da tre dei maggiori produttori (fonti in Bibliografia). In particolare è stata considerata una lavastoviglie "a capote" con cestello 50X50 cm (16 piatti) e un ciclo di lavaggio della durata di 120 secondi.

Consumo	Unità di misura	Piatto in porcellana	Bicchieri in vetro
Energia elettrica	kWh	0,015	0,0075
Acqua	litri	0,25	0,125
Detersivo	grammi	2	1

Tab. 2.6 – Consumi energetici, acqua e detersivo per il lavaggio di una stoviglia riutilizzabile

2.3.3 Fine vita dei prodotti

Le stoviglie monouso, dopo il loro utilizzo vengono comunemente smaltite nella frazione del "secco" dei rifiuti solidi urbani e sono quindi destinate principalmente alla discarica o alla termovalorizzazione. Negli ultimi anni però l'attenzione nei confronti della tematica del fine vita di questa tipologia di prodotti è notevolmente aumentata e le abitudini dei consumatori stanno via via cambiando verso una cultura che promuove sempre più il recupero differenziato.

La definizione di un singolo scenario di fine vita per le varie tipologie di stoviglie risulta molto complicata e per questo lo studio ha previsto tre diverse opzioni di scenario, come già precedentemente introdotte al paragrafo 1.2.8.1.

1. **CAUTELATIVO:** è lo scenario peggiorativo per lo smaltimento dei vari articoli considerati nello studio e prevede l'avvio in discarica – *oggi questo scenario non è più rappresentativo, infatti in tutto l'ambito europeo l'adeguamento alle direttive ha ridotto significativamente la frazione di questi materiali avviati a discarica;*

2. **TARGET:** scenario identificato come la soluzione tecnicamente applicabile per lo smaltimento dei vari materiali a fine vita – *questo scenario segue le indicazioni relative all’ottimizzazione dello smaltimento dei rifiuti come definite negli obiettivi del legislatore Europeo (Direttiva Europea 2008/98/CE: “entro il 2020, la preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio di rifiuti quali, come minimo, carta, metalli, plastica e vetro provenienti dai nuclei domestici, [...] sarà aumentata complessivamente almeno al 50 % in termini di peso”);*
3. **REALE:** questo scenario è stato elaborato e applicato esclusivamente per lo smaltimento delle stoviglie monouso in plastica (PP e PS) per il quale sono disponibili dati affidabili relativi al fine vita degli imballaggi a livello nazionale (fonte Corepla 2013).

In futuro si potrà inoltre considerare, nello studio LCA, un quarto scenario considerato “IDEALE” che potrà prevedere il riciclo dei materiali post-consumo all’interno dello stesso ciclo produttivo, come auspicato nei recenti documenti “end-of-waste” e come già applicabile tecnicamente dal Regolamento 282/2008.

La modellizzazione LCA dei processi di trattamento dei rifiuti è stata eseguita con le banche dati Ecoinvent. E’ stato considerato un trasporto pari a 150 km per l’avvio dei rifiuti ai vari trattamenti di fine vita considerati nei tre scenari.

Si riporta, nella successiva tabella, una descrizione della banche dati utilizzate e dei relativi benefici (prodotti evitati) previsti dal modello di calcolo per ognuno dei materiali coinvolti.

Materiale	Smaltimento	Database Ecoinvent	Prodotti evitati (da Ecoinvent)
PP	Riciclo	<i>PP (waste treatment) {GLO} recycling of PP</i>	1kg PP/kg (per bicchiere) 0,643 kg PP/kg (per piatto)
	Recupero energetico	<i>Waste polypropylene {CH} treatment of, municipal incineration</i>	Energia elettrica: 3,74 MJ/kg Energia termica: 7,54 MJ/kg
	Discarica	<i>Waste polypropylene {CH} treatment of, sanitary landfill</i>	/
PS	Riciclo	<i>PS (waste treatment) {GLO} recycling of PS</i>	1kg PS/kg (per bicchiere) 0,643 kg PS/kg (per piatto)
	Recupero energetico	<i>Waste polystyrene {CH} treatment of, municipal incineration</i>	Energia elettrica: 4,51 MJ/kg Energia termica: 9,05 MJ/kg
	Discarica	<i>Waste polystyrene {CH} treatment of, sanitary landfill</i>	/
PLA	Compostaggio	<i>Biowaste {RoW} treatment of, composting</i>	/(*)
	Recupero energetico	<i>Biowaste {GLO} treatment of biowaste, municipal incineration</i>	Energia elettrica: 0,41 MJ/kg Energia termica: 1 MJ/kg
	Discarica	<i>Municipal solid waste {RoW} treatment of, sanitary landfill</i>	/
Polpa	Compostaggio	<i>Biowaste {RoW} treatment of, composting</i>	/(*)

di cellulosa	Recupero energetico	<i>Biowaste {GLO} treatment of biowaste, municipal incineration</i>	Energia elettrica: 0,41 MJ/kg Energia termica: 1 MJ/kg
	Discarica	<i>Waste paperboard {RoW} treatment of, sanitary landfill</i>	/
Cartoncino	Riciclo	<i>Paper (waste treatment) {GLO} recycling of paper</i>	0,9 kg, polpa di cellulosa/kg
	Recupero energetico	<i>Waste paperboard {CH} treatment of, municipal incineration</i>	Energia elettrica: 1,55 MJ/kg Energia termica: 3,23 MJ/kg
	Discarica	<i>Waste paperboard {RoW} treatment of, sanitary landfill</i>	/
Vetro	Riciclo	<i>Packaging glass, white (waste treatment) {GLO} recycling of packaging glass, white</i>	0,68 kg silice/kg 0,22 kg carbonato di sodio/kg 0,16 kg carbonato di calcio/kg
	Discarica	<i>Waste glass {CH} treatment of, inert material landfill</i>	/
Porcellana	Discarica	<i>Inert waste, for final disposal {RoW} treatment of inert waste, inert material landfill</i>	/

(*) Per quanto riguarda il PLA e la polpa di cellulosa non sono stati considerati i benefici per l'attività di compostaggio. In questo ambito, i processi di compostaggio, risultano ancora basati su modelli non correntemente condivisi, come dimostra ad esempio la banca dati Ecoinvent che ha scelto di non prevedere per questi processi l'individuazione di prodotti evitati. Nel presente studio, a titolo di approfondimento, è stata svolta un'analisi di sensibilità (vedi paragrafo 3.4.2) per valutare l'incidenza nei risultati nel caso di inclusione dei prodotti evitati.

2.4 Valutazione della qualità dei dati

La valutazione della qualità dei dati è stata eseguita secondo il metodo introdotto al paragrafo 1.2.7 del presente report e applicata alle categorie di dati generici della banca dati Ecoinvent 3.1 e dati specifici utilizzati per i processi di produzione.

L'analisi semiquantitativa è stata eseguita utilizzando, come supporto per l'attribuzione degli indici di qualità, la matrice di qualità dei dati della guida della PEF (Raccomandazione 2013/179/UE). La matrice è, inoltre, riportata nell'appendice 3 del presente report.

2.4.1 Valutazione semiquantitativa della qualità dei dati - Dati Ecoinvent 3.1

2.4.1.1 Processi di produzione materiali di base: PP e PS

	Commenti	Esito della valutazione	Livello di qualità	Indice di qualità
Completezza	Il sistema di costruzione della banca dati Ecoinvent, basato sui processi unitari, assicura una completezza dei dati elevata. In via	Buona completezza (tra 80% e 90%)	Buono	2

	cautelativa si assegna un livello di completezza tra 80% e 90%			
Adeguatezza e coerenza metodologiche	I metodi di inventario del ciclo di vita applicati e le scelte metodologiche (per esempio, allocazione, ecc) sono in linea con l'obiettivo e l'ambito del set di dati e conformi ai requisiti delle norme ISO 14040 e ISO 14044	Piena conformità a tutti i requisiti delle norme ISO 14040/44	Molto buono	1
Rappresentatività temporale	L'utilizzo dell'ultima versione della banca dati (Ecoinvent 3.1), emessa nell'anno 2015, assicura una rappresentatività temporale elevata. Si ritiene quindi lecito assegnare un livello di qualità dei dati "buono"	Rappresentatività temporale buona	Buono	2
Rappresentatività tecnologica	La tecnologia utilizzata per la polimerizzazione è specificata nel database Ecoinvent e rappresentativa del contesto europeo (processi svolti in Europa, RER) per questa tipologia di polimeri: PP e PS. I polimeri PP e PS considerati nello studio provengono da produttori europei e per questo si ritiene lecito assegnare un livello di qualità dei dati almeno "buono" per ciò che concerne la loro rappresentatività tecnologica.	Rappresentatività tecnologica buona	Buono	2
Rappresentatività geografica	I dati Ecoinvent sono ricavati dall'eco-profilo dell'associazione europea delle plastiche PlasticsEurope, in stabilimenti situati nel territorio europeo. I polimeri PP e PS considerati nello studio provengono da produttori europei e per questo si ritiene che la rappresentatività geografica dei dati utilizzati nello studio sia di livello "buono".	Rappresentatività geografica buona	Buono	2
Incertezza dei parametri	L'incertezza di misura che la banca dati Ecoinvent, o altre fonti utilizzate, associano ai dati in ingresso o alle emissioni risulta a volte piuttosto elevata, intorno al 20%. Si ritiene quindi cautelativo dichiarare un'incertezza complessiva tra il 20 e il 30%.	Incertezza accettabile, tra 20% e 30%	Soddisfacente	3

$$DQR = \frac{2+1+2+2+2+3}{6} = 2 \rightarrow \text{Qualità molto buona}$$

2.4.1.2 Processi di produzione materiali di base: PLA

	Commenti	Esito della valutazione	Livello di qualità	Indice di qualità
Completezza	Il sistema di costruzione della banca dati Ecoinvent, basato sui processi unitari, assicura una completezza dei dati elevata. In via cautelativa si assegna un livello di	Buona completezza (tra 80% e 90%)	Buono	2

	completezza tra 80% e 90%			
Adeguatezza e coerenza metodologiche	I metodi di inventario del ciclo di vita applicati e le scelte metodologiche (per esempio, allocazione, ecc) sono in linea con l'obiettivo e l'ambito del set di dati e conformi ai requisiti delle norme ISO 14040 e ISO 14044	Piena conformità a tutti i requisiti delle norme ISO 14040/44	Molto buono	1
Rappresentatività temporale	L'utilizzo dell'ultima versione della banca dati (Ecoinvent 3.1), emessa nell'anno 2015, assicura una rappresentatività temporale elevata. Si ritiene quindi lecito assegnare un livello di qualità dei dati "buono"	Rappresentatività temporale buona	Buono	2
Rappresentatività tecnologica	L'inventario Ecoinvent include i dati LCI ricavati dal report LCA del produttore NatureWorks, al momento principale produttore di PLA a livello mondiale. I dati si riferiscono alla tecnologia specifica utilizzata per la produzione del PLA e per questo si ritiene lecito assegnare un livello di qualità dei dati almeno "buono" per ciò che concerne la loro rappresentatività tecnologica.	Rappresentatività tecnologica buona	Buono	2
Rappresentatività geografica	I dati Ecoinvent sono stati raccolti nello stabilimento produttivo di NatureWorks, situato negli Stati Uniti. Il PLA considerato nello studio è fornito dallo stesso produttore americano e per questo si ritiene che la rappresentatività geografica dei dati utilizzati nello studio sia di livello "buono".	Rappresentatività geografica buona	Buono	2
Incertezza dei parametri	L'incertezza di misura che la banca dati Ecoinvent, o altre fonti utilizzate, associano ai dati in ingresso o alle emissioni risulta a volte piuttosto elevata, intorno al 20%. Si ritiene quindi cautelativo dichiarare un'incertezza complessiva tra il 20 e il 30%.	Incertezza accettabile, tra 20% e 30%	Soddisfacente	3

$$DQR = \frac{2+1+2+2+2+3}{6} = 2 \rightarrow \text{Qualità molto buona}$$

2.4.1.3 Processi di produzione materiali di base: Polpa di cellulosa

	Commenti	Esito della valutazione	Livello di qualità	Indice di qualità
Completezza	Il sistema di costruzione della banca dati Ecoinvent, basato sui processi unitari, assicura una completezza dei dati elevata. In via cautelativa si assegna un livello di completezza tra 80% e 90%	Buona completezza (tra 80% e 90%)	Buono	2
Adeguatezza e coerenza	I metodi di inventario del ciclo di vita applicati e le scelte metodologiche (per esempio,	Piena conformità a tutti i requisiti	Molto buono	1

metodologiche	allocazione, ecc) sono in linea con l'obiettivo e l'ambito del set di dati e conformi ai requisiti delle norme ISO 14040 e ISO 14044	delle norme ISO 14040/44		
Rappresentatività temporale	L'utilizzo dell'ultima versione della banca dati (Ecoinvent 3.1), emessa nell'anno 2015, assicura una rappresentatività temporale elevata. Si ritiene quindi lecito assegnare un livello di qualità dei dati "buono"	Rappresentatività temporale buona	Buono	2
Rappresentatività tecnologica	L'inventario Ecoinvent include i dati ricavati da uno studio LCA sulla polpa di cellulosa prodotta in Svizzera e Germania e da studi svolti dall'Agenzia per la protezione dell'ambiente svedese. I dati si riferiscono alle tecnologie utilizzate a livello europeo che sono pienamente rappresentative dei processi produttivi che costituiscono l'analisi LCA del prodotto in esame. Per questo si ritiene lecito assegnare un livello di qualità dei dati almeno "buono" per ciò che concerne la loro rappresentatività tecnologica.	Rappresentatività tecnologica buona	Buono	2
Rappresentatività geografica	I dati Ecoinvent sono stati raccolti in vari stabilimenti europei e si ritiene la rappresentatività geografica dei dati sullo studio LCA applicato al piatto in polpa di cellulosa di "buona" qualità.	Rappresentatività geografica buona	Buono	2
Incertezza dei parametri	L'incertezza di misura che la banca dati Ecoinvent, o altre fonti utilizzate, associano ai dati in ingresso o alle emissioni risulta a volte piuttosto elevata, intorno al 20%. Si ritiene quindi cautelativo dichiarare un'incertezza complessiva tra il 20 e il 30%.	Incertezza accettabile, tra 20% e 30%	Soddisfacente	3

$$DQR = \frac{2+1+2+2+2+3}{6} = 2 \rightarrow \text{Qualità molto buona}$$

2.4.1.4 Processi di produzione piatto in porcellana (Sanitary ceramics)

	Commenti	Esito della valutazione	Livello di qualità	Indice di qualità
Completezza	Il sistema di costruzione della banca dati Ecoinvent, basato sui processi unitari, assicura una completezza dei dati elevata. In via cautelativa si assegna un livello di completezza tra 80% e 90%	Buona completezza (tra 80% e 90%)	Buono	2
Adeguatezza e coerenza metodologiche	I metodi di inventario del ciclo di vita applicati e le scelte metodologiche (per esempio, allocazione, ecc) sono in linea con l'obiettivo e l'ambito del set di dati e conformi ai	Piena conformità a tutti i requisiti delle norme ISO 14040/44	Molto buono	1

	requisiti delle norme ISO 14040 e ISO 14044			
Rappresentatività temporale	L'utilizzo dell'ultima versione della banca dati (Ecoinvent 3.1), emessa nell'anno 2015, assicura una rappresentatività temporale elevata. Si ritiene quindi lecito assegnare un livello di qualità dei dati "buono"	Rappresentatività temporale buona	Buono	2
Rappresentatività tecnologica	Processi specifici relativi alla porcellana per stoviglie non sono reperibili in Ecoinvent ma il processo sostitutivo scelto (Ceramica sanitaria) può considerarsi rappresentativo in quanto sia le materie prime in ingresso alla produzione che i processi di formatura e cottura sono equivalenti. Per questo si ritiene lecito assegnare un livello di qualità dei dati almeno "soddisfacente" per ciò che concerne la loro rappresentatività tecnologica.	Rappresentatività tecnologica soddisfacente	Soddisfacente	3
Rappresentatività geografica	L'inventario Ecoinvent include i dati ricavati da studi LCA di un produttore europeo in 2 stabilimenti austriaci. Per quanto riguarda il piatto in porcellana, che nel mercato italiano ed europeo presenta una consistente componente di importazione, è stato considerato, nello studio LCA, uno scenario che fa riferimento al mix produttivo a livello mondiale. Per questo è stato utilizzato il processo Ecoinvent "GLO" che adatta i dati specifici europei ad un contesto mondiale, integrando ad esempio, i mix energetici e gli scenari di distribuzione globali. In via cautelativa, essendo comunque i dati acquisiti in Europa, si assegna un livello di qualità dei dati soddisfacente.	Rappresentatività geografica soddisfacente	Soddisfacente	3
Incertezza dei parametri	L'incertezza di misura che la banca dati Ecoinvent, o altre fonti utilizzate, associano ai dati in ingresso o alle emissioni risulta a volte piuttosto elevata, intorno al 20%. Si ritiene quindi cautelativo dichiarare un'incertezza complessiva tra il 20 e il 30%.	Incertezza accettabile, tra 20% e 30%	Soddisfacente	3

$$DQR = \frac{2+1+2+3+3+3}{6} = 2,3 \rightarrow \text{Qualità buona}$$

2.4.1.5 Processi di produzione bicchiere in cartoncino (Liquid packaging board container)

	Commenti	Esito della valutazione	Livello di qualità	Indice di qualità
Completezza	Il sistema di costruzione della banca dati Ecoinvent, basato sui processi unitari, assicura una completezza dei dati elevata. In via	Buona completezza (tra 80% e 90%)	Buono	2

	cautelativa si assegna un livello di completezza tra 80% e 90%			
Adeguatezza e coerenza metodologiche	I metodi di inventario del ciclo di vita applicati e le scelte metodologiche (per esempio, allocazione, ecc) sono in linea con l'obiettivo e l'ambito del set di dati e conformi ai requisiti delle norme ISO 14040 e ISO 14044	Piena conformità a tutti i requisiti delle norme ISO 14040/44	Molto buono	1
Rappresentatività temporale	L'utilizzo dell'ultima versione della banca dati (Ecoinvent 3.1), emessa nell'anno 2015, assicura una rappresentatività temporale elevata. Si ritiene quindi lecito assegnare un livello di qualità dei dati "buono"	Rappresentatività temporale buona	Buono	2
Rappresentatività tecnologica	Il processo Ecoinvent è relativo alla produzione di contenitori in cartone per liquidi poliaccoppiati PE e alluminio. Tale processo può considerarsi rappresentativo per la modellizzazione LCA del bicchiere in cartoncino in quanto sia le materie prime in ingresso alla produzione che i processi di laminazione, taglio e piegatura sono equivalenti. Per questo si ritiene lecito assegnare un livello di qualità dei dati almeno "soddisfacente" per ciò che concerne la loro rappresentatività tecnologica.	Rappresentatività tecnologica soddisfacente	Soddisfacente	3
Rappresentatività geografica	L'inventario Ecoinvent include i dati ricavati da uno studio LCA sui contenitori realizzati da un produttore svizzero. Si ritiene la rappresentatività geografica dei dati sullo studio LCA applicato al bicchiere in cartoncino di cellulosa di "buona" qualità.	Rappresentatività geografica buona	Buono	2
Incertezza dei parametri	L'incertezza di misura che la banca dati Ecoinvent, o altre fonti utilizzate, associano ai dati in ingresso o alle emissioni risulta a volte piuttosto elevata, intorno al 20%. Si ritiene quindi cautelativo dichiarare un'incertezza complessiva tra il 20 e il 30%.	Incertezza accettabile, tra 20% e 30%	Soddisfacente	3

$$DQR = \frac{2+1+2+3+2+3}{6} = 2,2 \rightarrow \text{Qualità buona}$$

2.4.1.6 Processi di produzione bicchiere in vetro

	Commenti	Esito della valutazione	Livello di qualità	Indice di qualità
Completezza	Il sistema di costruzione della banca dati Ecoinvent, basato sui processi unitari, assicura una completezza dei dati elevata. In via cautelativa si assegna un livello di	Buona completezza (tra 80% e 90%)	Buono	2

	completezza tra 80% e 90%			
Adeguatezza e coerenza metodologiche	I metodi di inventario del ciclo di vita applicati e le scelte metodologiche (per esempio, allocazione, ecc) sono in linea con l'obiettivo e l'ambito del set di dati e conformi ai requisiti delle norme ISO 14040 e ISO 14044	Piena conformità a tutti i requisiti delle norme ISO 14040/44	Molto buono	1
Rappresentatività temporale	L'utilizzo dell'ultima versione della banca dati (Ecoinvent 3.1), emessa nell'anno 2015, assicura una rappresentatività temporale elevata. Si ritiene quindi lecito assegnare un livello di qualità dei dati "buono"	Rappresentatività temporale buona	Buono	2
Rappresentatività tecnologica	I dati si riferiscono alle tecnologie più utilizzate a livello mondo per la produzione di contenitori in vetro bianco che sono, in generale, pienamente rappresentative dei processi produttivi e dei servizi che costituiscono l'analisi LCA del bicchiere in vetro bianco in esame. Per questo si ritiene lecito assegnare un livello di qualità dei dati almeno "buono" per ciò che concerne la loro rappresentatività tecnologica.	Rappresentatività tecnologica buona	Buono	2
Rappresentatività geografica	L'inventario Ecoinvent include i dati ricavati da studi LCA di produttori Europei. Per quanto riguarda il bicchiere in vetro, che nel mercato italiano ed europeo presenta una consistente componente di importazione, è stato considerato, nello studio LCA, uno scenario che fa riferimento al mix produttivo a livello mondiale. Per questo è stato utilizzato il processo Ecoinvent "GLO" che adatta i dati specifici europei ad un contesto mondiale, integrando ad esempio, i mix energetici e gli scenari di distribuzione globali. In via cautelativa, essendo comunque i dati acquisiti in Europa, si assegna un livello di qualità dei dati soddisfacente.	Rappresentatività geografica soddisfacente	Soddisfacente	3
Incertezza dei parametri	L'incertezza di misura che la banca dati Ecoinvent, o altre fonti utilizzate, associano ai dati in ingresso o alle emissioni risulta a volte piuttosto elevata, intorno al 20%. Si ritiene quindi cautelativo dichiarare un'incertezza complessiva tra il 20 e il 30%.	Incertezza accettabile, tra 20% e 30%	Soddisfacente	3

$$DQR = \frac{2 + 1 + 2 + 2 + 3 + 3}{6} = 2,2 \rightarrow \text{Qualità buona}$$

2.4.2 Valutazione semiquantitativa della qualità dei dati - Dati specifici di produzione

2.4.2.1 Produzione degli articoli in PP, PS e PLA

	Commenti	Esito della valutazione	Livello di qualità	Indice di qualità
Completezza	I dati specifici includono tutti i flussi rilevanti ovvero almeno il 98% dei flussi input/output in termini di massa ed energia e risultano quindi completi per il calcolo di ogni categoria d'impatto.	Completezza molto buona ($\geq 90\%$)	Molto buono	1
Adeguatezza e coerenza metodologiche	I metodi di inventario del ciclo di vita applicati e le scelte metodologiche (per esempio, allocazione, ecc) sono in linea con l'obiettivo e l'ambito del set di dati e pienamente conformi ai requisiti delle norme ISO 14040 e ISO 14044.	Piena conformità a tutti i requisiti delle norme ISO 14040/44	Molto buono	1
Rappresentatività temporale	I dati si riferiscono all'anno 2014.	Età dei dati compatibile con le tecnologie attualmente in uso	Molto buono	1
Rappresentatività tecnologica	I dati sono specifici degli impianti di produzione in cui si realizzano i prodotti in esame ovvero pienamente rappresentativi dei processi di estrusione e termoformatura dei vari materiali oggetto di studio.	Rappresentatività tecnologica pienamente soddisfatta	Molto buono	1
Rappresentatività geografica	I dati sono specifici degli impianti produttivi in cui si realizzano i prodotti in esame e rappresentativi della produzione italiana. I dati relativi al piatto in polpa di cellulosa sono gli unici che non sono stati acquisiti in impianti italiani ma possono essere considerati di buona qualità poiché acquisiti all'interno dell'unione europea. In via cautelativa si assegna un livello di "buona qualità".	Rappresentatività geografica buona	Molto buono	1
Incerteza dei parametri	L'incerteza di misura che si può associare ai dati in ingresso relativi ai diversi processi oggetto dello studio LCA, si può considerare sempre minore o uguale a 10%. Si tratta infatti di dati disponibili in forma di popolazione (tutti i dati di produzione sono registrati al 100% nel gestionale aziendale e da questo sono stati estratti per la compilazione dei fogli di raccolta dati) dalla quale si è potuta stimare l'incerteza che appunto risulta compresa entro il 10% del valore medio.	Incerteza molto bassa ($\leq 10\%$)	Molto Buono	1

$$DQR = \frac{1+1+1+1+1+1}{6} = 1 \rightarrow \text{Qualità ottima}$$

2.4.2.2 Produzione del piatto in polpa di cellulosa

	Commenti	Esito della valutazione	Livello di qualità	Indice di qualità
Completezza	I dati specifici includono tutti i flussi rilevanti ovvero almeno il 98% dei flussi input/output in termini di massa ed energia e risultano quindi completi per il calcolo di ogni categoria d'impatto.	Completezza molto buona ($\geq 90\%$)	Molto buono	1
Adeguatezza e coerenza metodologiche	I metodi di inventario del ciclo di vita applicati e le scelte metodologiche (per esempio, allocazione, ecc) sono in linea con l'obiettivo e l'ambito del set di dati e pienamente conformi ai requisiti delle norme ISO 14040 e ISO 14044.	Piena conformità a tutti i requisiti delle norme ISO 14040/44	Molto buono	1
Rappresentatività temporale	I dati si riferiscono all'anno 2014.	Età dei dati compatibile con le tecnologie attualmente in uso	Molto buono	1
Rappresentatività tecnologica	I dati sono specifici degli impianti di produzione in cui si realizzano i prodotti in esame anche se non si possono ritenere pienamente rappresentativi dei processi di formatura del piatto in polpa di cellulosa poiché l'impianto, nell'anno di acquisizione dei dati, lavorava al 50% della propria capacità produttiva.	Rappresentatività tecnologica soddisfacente	Soddisfacente	3
Rappresentatività geografica	I dati relativi al piatto in polpa di cellulosa sono gli unici che non sono stati acquisiti in impianti italiani ma possono essere considerati di buona qualità poiché acquisiti all'interno dell'Unione Europea. In via cautelativa si assegna un livello di qualità "soddisfacente".	Rappresentatività geografica soddisfacente	Soddisfacente	3
Incertezza dei parametri	L'incertezza di misura che si può associare ai dati in ingresso relativi ai diversi processi oggetto dello studio LCA, si può considerare sempre minore o uguale a 10%. Si tratta infatti di dati disponibili in forma di popolazione (tutti i dati di produzione sono registrati al 100% nel gestionale aziendale e da questo sono stati estratti per la compilazione dei fogli di raccolta dati) dalla quale si è potuta stimare l'incertezza che appunto risulta compresa entro il 10% del valore medio.	Incertezza molto bassa ($\leq 10\%$)	Molto Buono	1

$$DQR = \frac{1+1+1+3+3+1}{6} = 1,7 \rightarrow \text{Qualità molto buona}$$

La valutazione effettuata ha permesso di confermare l'affidabilità dei dati utilizzati nello studio conforme ai requisiti delle norme ISO 14040/44. I requisiti definiti in fase di campo di applicazione richiedono che la qualità di tali dati sia nel complesso di "buona qualità" (DQR tra 2 e 3): l'analisi effettuata nel presente report ha evidenziato una qualità uguale o superiore al livello richiesto.

Si evidenzia inoltre che gli indici di qualità emersi sono tutti compatibili con i requisiti minimi di qualità previsti dalla metodologia PEF.

3. Valutazione dell'impatto del ciclo di vita (LCIA)

La fase di LCIA ha lo scopo di quantificare la portata dei potenziali impatti ambientali utilizzando i dati dell'analisi d'inventario del ciclo di vita. Consiste cioè nell'associare i dati di inventario, relativi alle sostanze inquinanti, a determinate categorie di impatto ambientale.

Per la valutazione delle categorie di impatto, coerentemente con quanto definito nella fase relativa al campo di applicazione, sono stati utilizzati il metodo *ILCD 2011 Midpoint+ v.1.05* e *CML-IA baseline v.3.02*, presenti all'interno del software *SimaPro*.

L'applicazione di tali metodi all'interno del software di calcolo consente l'esecuzione automatica delle operazioni di classificazione e caratterizzazione previste dalle norme ISO 14040/44, fornendo i risultati delle categorie d'impatto nelle unità di misura desiderate.

La comparazione è eseguita secondo l'unità funzionale definita ovvero "1000 utilizzi della stoviglia per il contenimento di un pasto nel caso dei piatti e per il contenimento di 200 ml di bevanda nel caso dei bicchieri". Si ripropongono, nelle successive tabelle, i flussi di riferimento definiti per soddisfare l'unità funzionale.

PIATTI	
Tipologia	Flusso di riferimento
Monouso in polipropilene (PP)	1000 pezzi
Monouso in polistirene (PS)	1000 pezzi
Monouso in acido polilattico (PLA)	1000 pezzi
Monouso in polpa di cellulosa	1000 pezzi
Riutilizzabile in porcellana	1 pezzo*

*per il piatto in porcellana verrà considerato, nello studio di LCA, il lavaggio necessario a rendere la stoviglia riutilizzabile (per un totale di 1000 lavaggi).

BICCHIERI	
Tipologia	Flusso di riferimento
Monouso in polipropilene (PP)	1000 pezzi
Monouso in polistirene (PS)	1000 pezzi
Monouso in acido polilattico (PLA)	1000 pezzi
Monouso in cartoncino laminato polietilene (PE)	1000 pezzi
Riutilizzabile in vetro	1 pezzo*

*per il bicchiere in vetro verrà considerato, nello studio di LCA, il lavaggio necessario a rendere la stoviglia riutilizzabile (per un totale di 1000 lavaggi).

Nei successivi paragrafi si riportano i risultati relativi alla valutazione di impatto dell'intero ciclo di vita per le due categorie di stoviglie: piatti piani e bicchieri.

I risultati della valutazione sono riportati in termini comparativi secondo i tre scenari di fine vita ipotizzati. L'analisi di sensibilità (vedi paragrafo 3.4.2) applicata ai diversi scenari di fine vita ha infatti evidenziato differenze significative nel calcolo delle categorie di impatto e per questo i risultati dello studio LCA verranno riportati separatamente per ogni singolo scenario ipotizzato.

Si evidenzia che, come precisato dalla norma ISO 14044, i risultati dell'LCIA sono espressioni relative e non prevedono impatti sulle finalità di categoria, superamenti di soglie, margini di sicurezza o rischi.

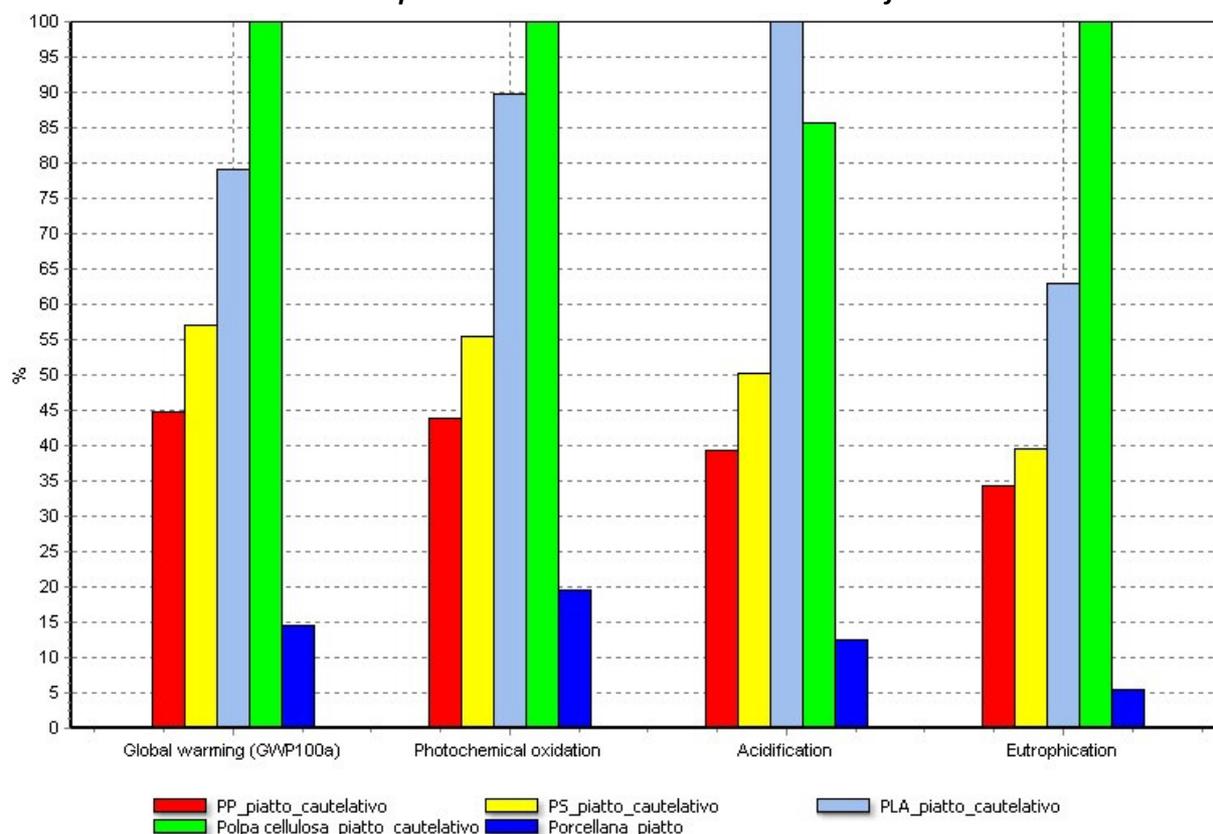
3.1 Risultati LCIA – Piatti piani

Nei grafici seguenti sono riportati i risultati comparativi per ciascuna categoria di impatto. La rappresentazione grafica è espressa in termini percentuali: viene assegnato il valore 100% all'alternativa che ha il maggior impatto ambientale in riferimento a ciascuna singola categoria di impatto, mentre le rimanenti opzioni vengono quantificate in modo proporzionale.

Si riporta inoltre, ad integrazione del grafico comparativo, una tabella con i valori assoluti delle categorie di impatto espresse secondo le unità di misura standard dello specifico metodo di caratterizzazione.

3.1.1 Risultati con metodo CML

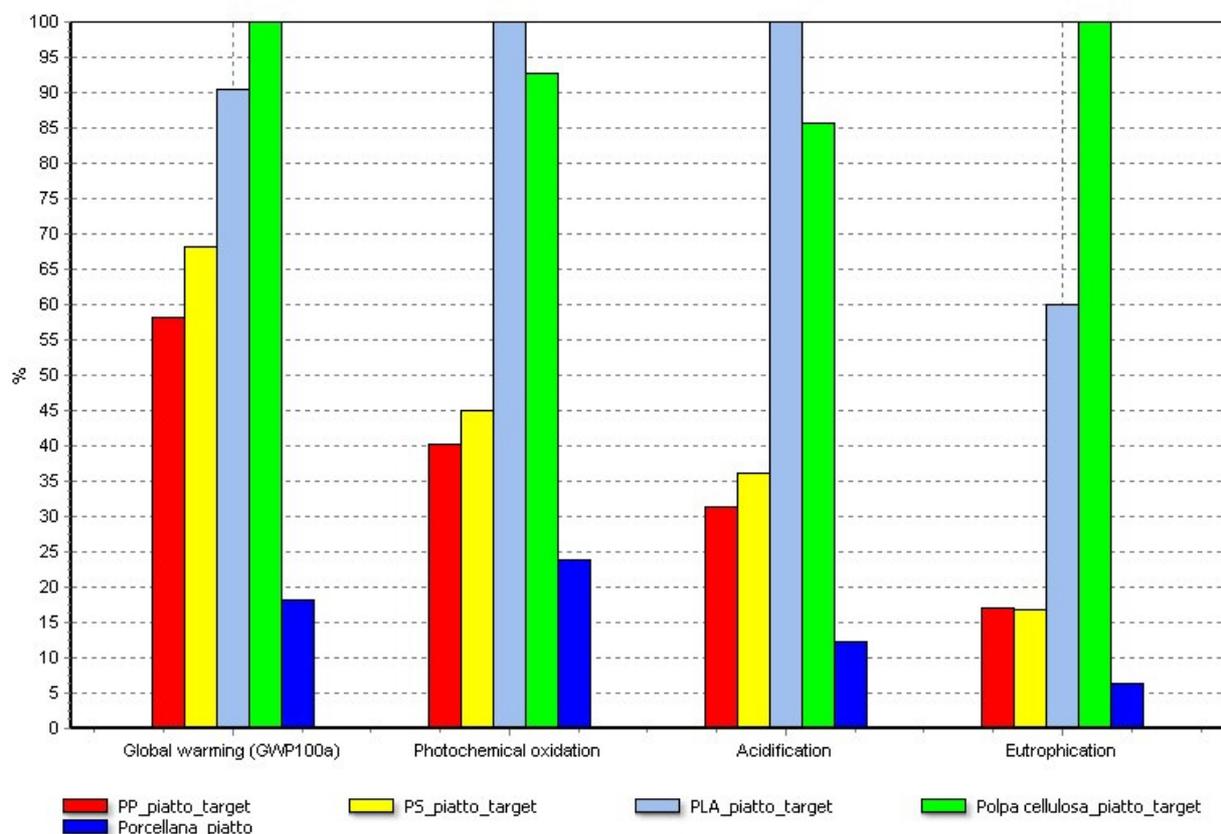
3.1.1.1 Risultati dell'Analisi dell'Impatto del Ciclo di Vita con lo scenario di fine vita CAUTELATIVO



Confronto di fasi del prodotto; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

Risultati LCIA con scenario CAUTELATIVO – metodo CML						
Categoria di impatto	Unità di misura	PP	PS	PLA	Polpa cellulosa	Porcellana
Riscaldamento globale	kg CO ₂ eq.	54,390	69,199	95,969	121,191	17,562
Formazione di ossidanti fotochimici	kg C ₂ H ₄ eq.	0,012	0,015	0,024	0,027	0,005
Acidificazione	kg SO ₂ eq.	0,203	0,259	0,516	0,442	0,064
Eutrofizzazione	kg PO ₄ ³⁻ eq.	0,123	0,142	0,226	0,359	0,020

3.1.1.2 Risultati dell'Analisi dell'Impatto del Ciclo di Vita con lo scenario di fine vita TARGET

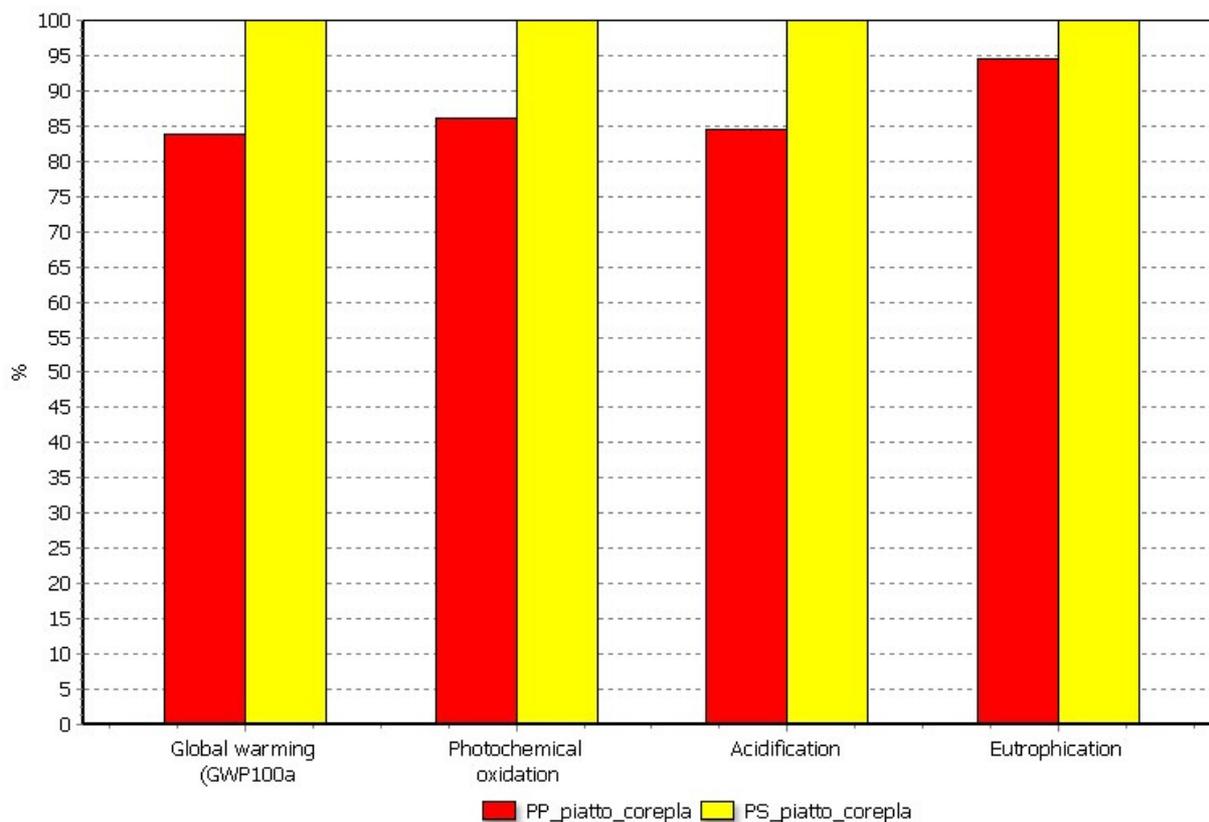


Confronto di fasi del prodotto; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

Risultati LCIA con scenario TARGET – metodo CML						
Categoria di impatto	Unità di misura	PP	PS	PLA	Polpa cellulosa	Porcellana
Riscaldamento globale	kg CO ₂ eq.	56,623	66,262	87,886	97,176	17,562
Formazione di ossidanti fotochimici	kg C ₂ H ₄ eq.	0,009	0,010	0,022	0,021	0,005
Acidificazione	kg SO ₂ eq.	0,164	0,188	0,520	0,446	0,064
Eutrofizzazione	kg PO ₄ ³⁻ eq.	0,053	0,052	0,185	0,309	0,020

3.1.1.3 Risultati dell'Analisi dell'Impatto del Ciclo di Vita con lo scenario di fine vita REALE (Corepla)

Questo scenario è stato elaborato e applicato esclusivamente per lo smaltimento delle stoviglie monouso in plastica (PP e PS) per il quale sono disponibili dati affidabili relativi al fine vita degli imballaggi a livello nazionale (fonte Corepla 2013).



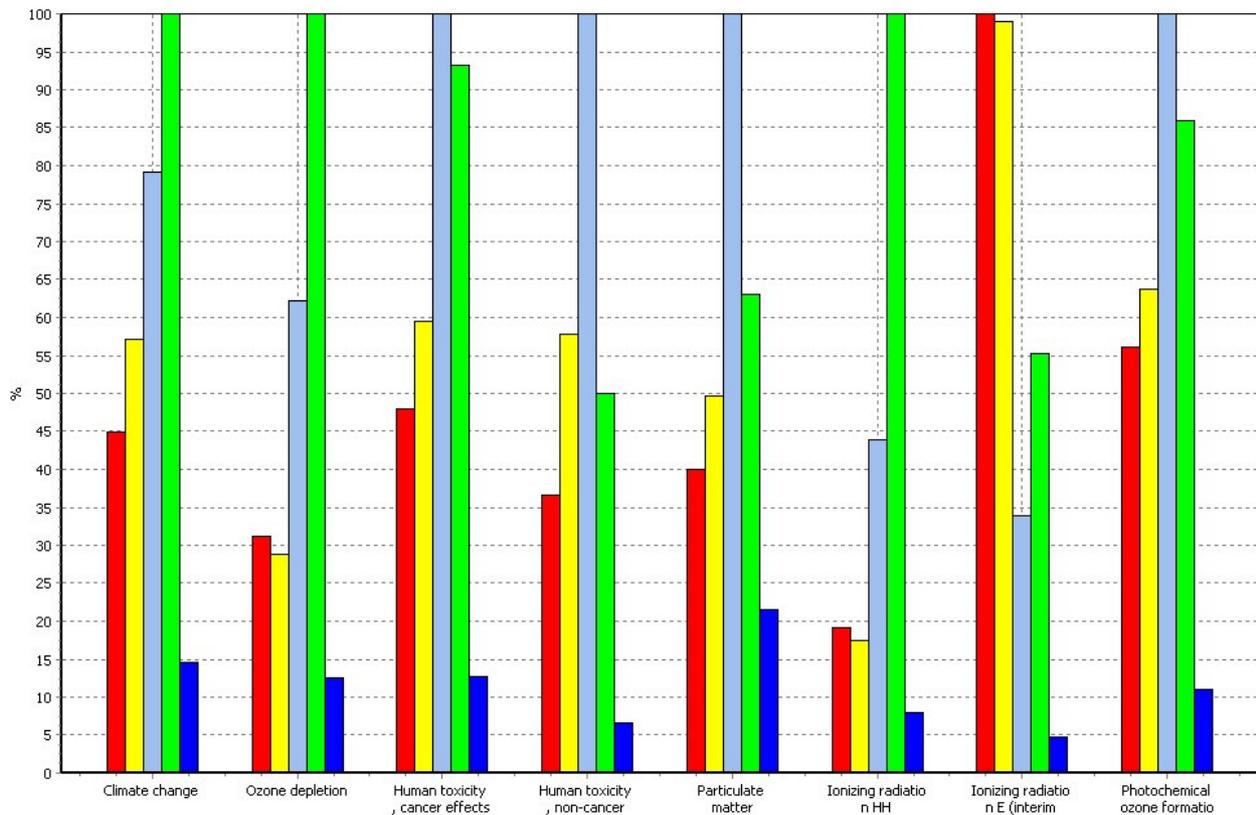
Confronto di 1E3 p 'PP_piatto_corepla' con 1E3 p 'PS_piatto_corepla'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

Risultati LCIA con scenario REALE – metodo CML			
Categoria di impatto	Unità di misura	PP	PS
Riscaldamento globale	kg CO ₂ eq.	55,755	66,473
Formazione di ossidanti fotochimici	kg C ₂ H ₄ eq.	0,010	0,011
Acidificazione	kg SO ₂ eq.	0,174	0,205
Eutrofizzazione	kg PO ₄ ³⁻ eq.	0,070	0,074

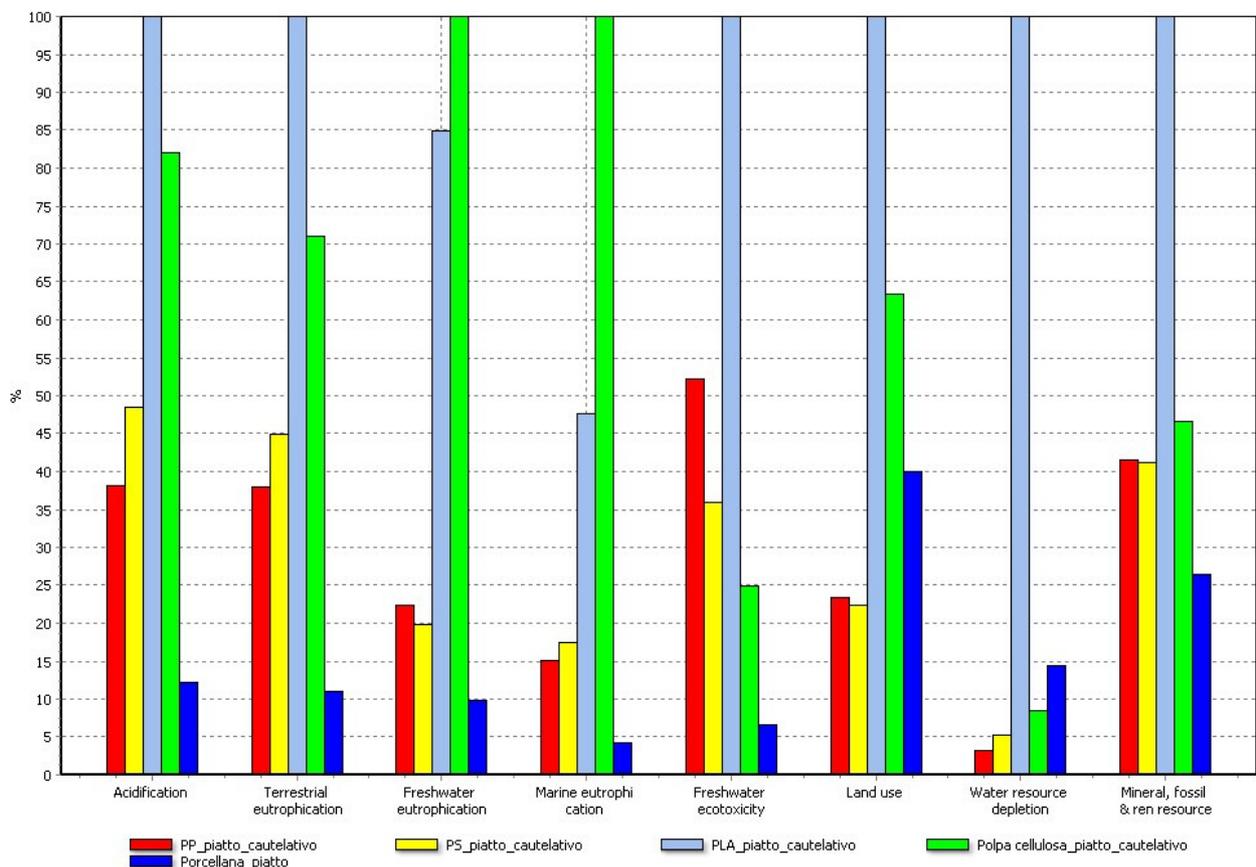
3.1.2 Risultati con metodo ILCD

3.1.2.1 Risultati dell'Analisi dell'Impatto del Ciclo di Vita con lo scenario di fine vita CAUTELATIVO

Parte 1



Parte 2

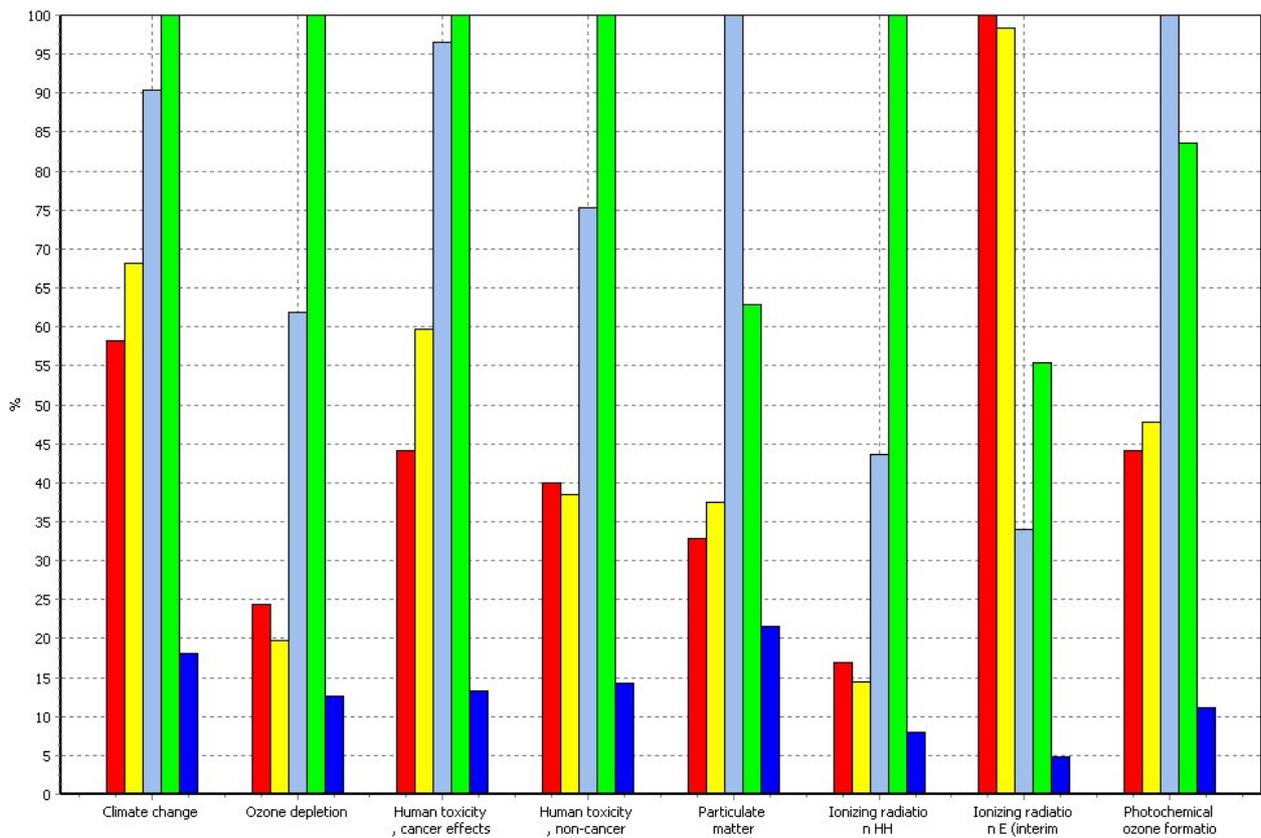


Confronto di fasi del prodotto; Metodo: ILCD 2011 Midpoint+ V1.05 / EU27 2010, equal weighting / Caratterizzazione

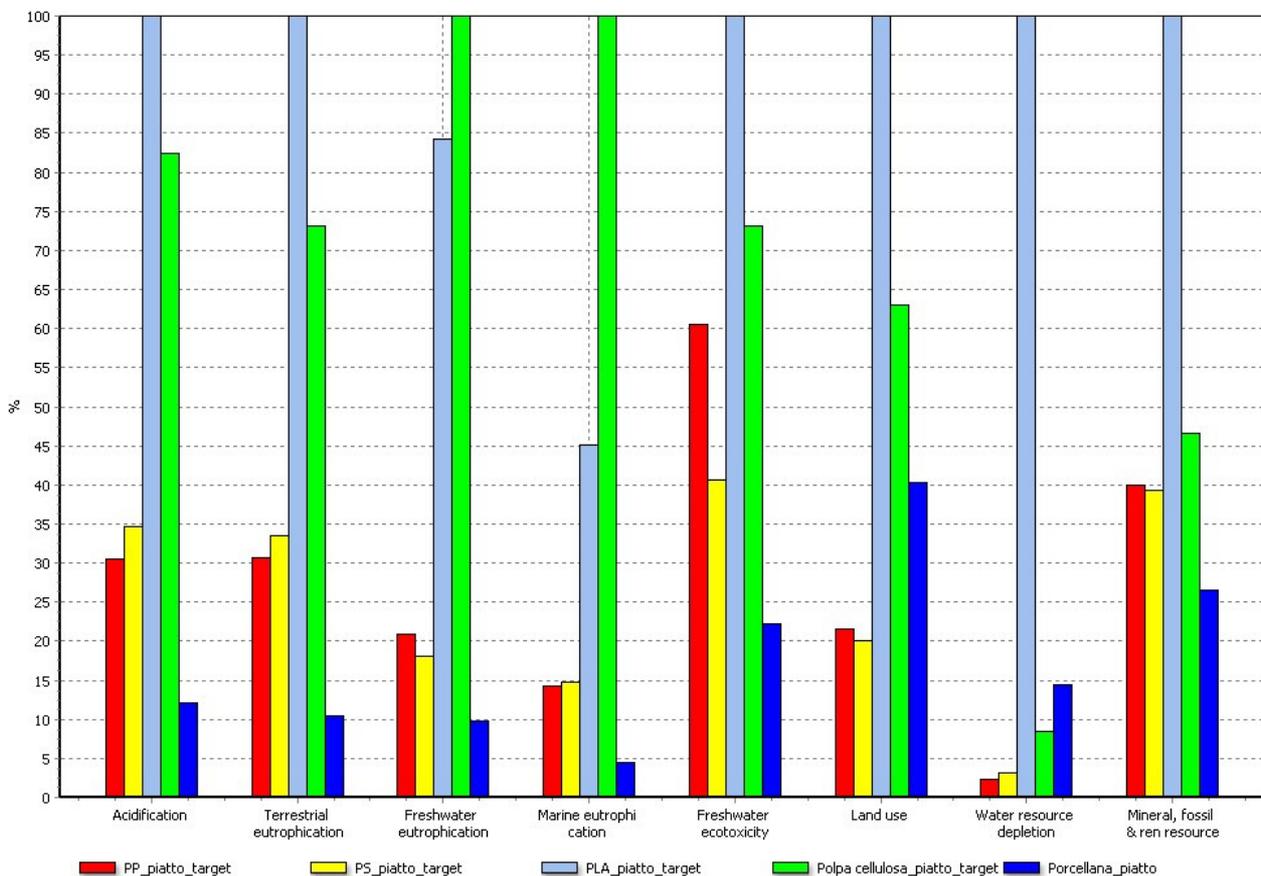
Risultati LCIA con scenario CAUTELATIVO – metodo ILCD						
Categoria di impatto	Unità di misura	PP	PS	PLA	Polpa cellulosa	Porcellana
Cambiamenti climatici	kg CO ₂ eq.	5,44E+01	6,92E+01	9,60E+01	1,21E+02	1,76E+01
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq.	4,15E-06	3,82E-06	8,27E-06	1,33E-05	1,66E-06
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	CTUh	1,72E-06	2,14E-06	3,59E-06	3,35E-06	4,56E-07
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni	CTUh	1,42E-05	2,25E-05	3,89E-05	1,94E-05	2,54E-06
Particolato/smog, emissioni di sostanze inorganiche	kg PM _{2,5} eq.	2,42E-02	3,01E-02	6,06E-02	3,82E-02	1,31E-02
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	kg di U ²³⁵ eq.	4,75E+00	4,32E+00	1,09E+01	2,47E+01	1,96E+00
Radiazione ionizzante – effetti sull’ecosistema	CTUe	8,90E-05	8,81E-05	3,02E-05	4,91E-05	4,26E-06
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq.	1,87E-01	2,12E-01	3,33E-01	2,86E-01	3,69E-02
Acidificazione	moli H+ eq.	2,45E-01	3,11E-01	6,42E-01	5,27E-01	7,86E-02
Eutrofizzazione – terrestre	moli N eq.	5,03E-01	5,95E-01	1,32E+00	9,39E-01	1,46E-01
Eutrofizzazione – acqua dolce	kg P eq.	6,40E-03	5,69E-03	2,43E-02	2,86E-02	2,81E-03
Eutrofizzazione – acqua di mare	kg di N eq.	7,96E-02	9,22E-02	2,52E-01	5,30E-01	2,21E-02
Ecotossicità – acqua dolce	CTUe	1,44E+03	9,91E+02	2,77E+03	6,89E+02	1,85E+02
Utilizzo del territorio	kg C (carenza)	7,42E+01	7,10E+01	3,18E+02	2,02E+02	1,27E+02
Impoverimento delle risorse – acqua	m ³ di acqua	9,14E-02	1,50E-01	2,89E+00	2,44E-01	4,19E-01
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	kg di Sb eq.	1,43E-03	1,42E-03	3,45E-03	1,61E-03	9,11E-04

3.1.2.2 Risultati dell'Analisi dell'Impatto del Ciclo di Vita con lo scenario di fine vita TARGET

Parte 1



Parte 2



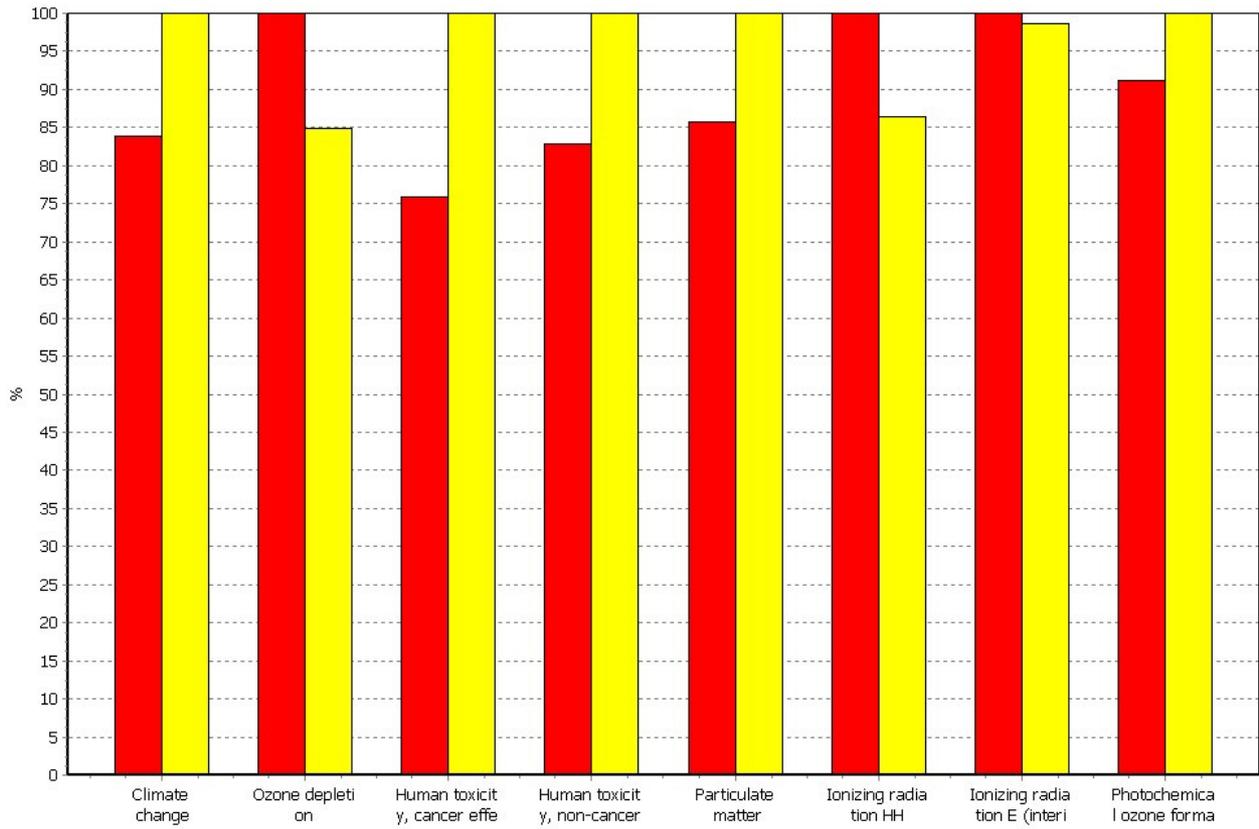
Confronto di fasi del prodotto; Metodo: ILCD 2011 Midpoint+ V1.05 / EU27 2010, equal weighting / Caratterizzazione

Risultati LCIA con scenario TARGET – metodo ILCD						
Categoria di impatto	Unità di misura	PP	PS	PLA	Polpa cellulosa	Porcellana
Cambiamenti climatici	kg CO ₂ eq.	5,66E+01	6,63E+01	8,79E+01	9,72E+01	1,76E+01
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq.	3,18E-06	2,59E-06	8,08E-06	1,31E-05	1,66E-06
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	CTUh	1,51E-06	2,04E-06	3,30E-06	3,42E-06	4,56E-07
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni	CTUh	7,10E-06	6,82E-06	1,34E-05	1,78E-05	2,54E-06
Particolato/smog, emissioni di sostanze inorganiche	kg PM _{2,5} eq.	2,00E-02	2,28E-02	6,07E-02	3,82E-02	1,31E-02
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	kg di U ²³⁵ eq.	4,17E+00	3,52E+00	1,07E+01	2,46E+01	1,96E+00
Radiazione ionizzante – effetti sull’ecosistema	CTUe	8,78E-05	8,64E-05	2,98E-05	4,87E-05	4,26E-06
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq.	1,46E-01	1,58E-01	3,31E-01	2,77E-01	3,69E-02
Acidificazione	moli H+ eq.	1,99E-01	2,27E-01	6,53E-01	5,38E-01	7,86E-02
Eutrofizzazione – terrestre	moli N eq.	4,27E-01	4,66E-01	1,39E+00	1,02E+00	1,46E-01
Eutrofizzazione – acqua dolce	kg P eq.	6,05E-03	5,23E-03	2,43E-02	2,89E-02	2,81E-03
Eutrofizzazione – acqua di mare	kg di N eq.	7,03E-02	7,33E-02	2,24E-01	4,95E-01	2,21E-02
Ecotossicità – acqua dolce	CTUe	5,04E+02	3,38E+02	8,33E+02	6,09E+02	1,85E+02
Utilizzo del territorio	kg C (carenza)	6,82E+01	6,34E+01	3,16E+02	1,99E+02	1,27E+02
Impoverimento delle risorse – acqua	m ³ di acqua	6,61E-02	9,09E-02	2,89E+00	2,42E-01	4,19E-01
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	kg di Sb eq.	1,37E-03	1,35E-03	3,44E-03	1,60E-03	9,11E-04

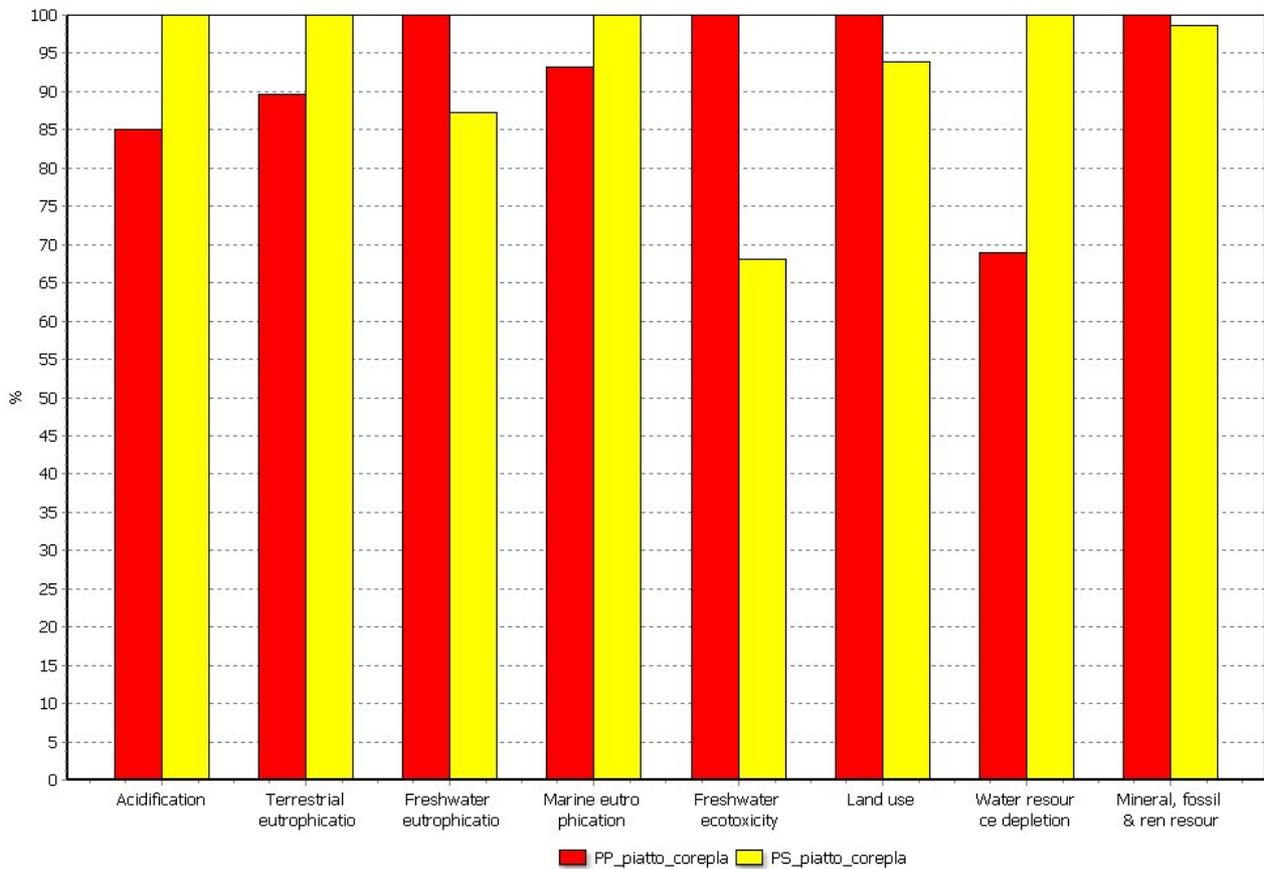
3.1.2.3 Risultati dell’Analisi dell’Impatto del Ciclo di Vita con lo scenario di fine vita REALE (Corepla)

Questo scenario è stato elaborato e applicato esclusivamente per lo smaltimento delle stoviglie monouso in plastica (PP e PS) per il quale sono disponibili dati affidabili relativi al fine vita degli imballaggi a livello nazionale (fonte Corepla 2013).

Parte 1



Parte 2



Confronto di 1E3 p 'PP_piatto_corepla' con 1E3 p 'PS_piatto_corepla'; Metodo: ILCD 2011 Midpoint+ V1.05 / EU27 2010, equal weighting / Caratterizzazione

Risultati LCIA con scenario REALE – metodo ILCD			
Categoria di impatto	Unità di misura	PP	PS
Cambiamenti climatici	kg CO ₂ eq.	5,58E+01	6,65E+01
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq.	3,45E-06	2,93E-06
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	CTUh	1,56E-06	2,05E-06
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni	CTUh	8,86E-06	1,07E-05
Particolato/smog, emissioni di sostanze inorganiche	kg PM _{2,5} eq.	2,10E-02	2,45E-02
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	kg di U ²³⁵ eq.	4,34E+00	3,75E+00
Radiazione ionizzante – effetti sull’ecosistema	CTUe	8,82E-05	8,69E-05
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq.	1,56E-01	1,71E-01
Acidificazione	moli H+ eq.	2,11E-01	2,47E-01
Eutrofizzazione – terrestre	moli N eq.	4,45E-01	4,97E-01
Eutrofizzazione – acqua dolce	kg P eq.	6,17E-03	5,38E-03
Eutrofizzazione – acqua di mare	kg di N eq.	7,27E-02	7,80E-02
Ecotossicità – acqua dolce	CTUe	7,31E+02	4,97E+02
Utilizzo del territorio	kg C (carenza)	6,99E+01	6,55E+01
Impoverimento delle risorse – acqua	m ³ di acqua	7,24E-02	1,05E-01
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	kg di Sb eq.	1,39E-03	1,37E-03

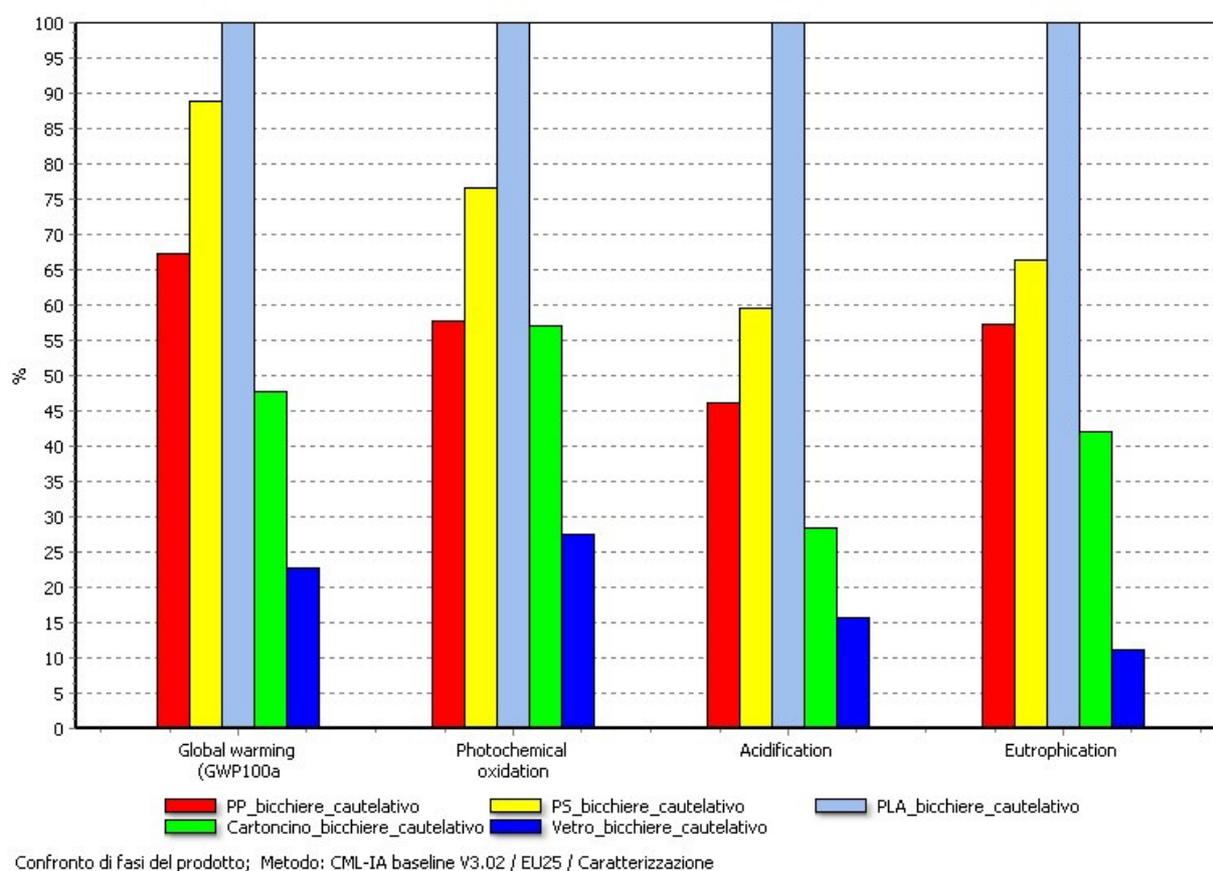
3.2 Risultati LCIA – Bicchieri

Nei grafici seguenti sono riportati i risultati comparativi per ciascuna categoria di impatto. La rappresentazione grafica è espressa in termini percentuali: viene assegnato il valore 100% all'alternativa che ha il maggior impatto ambientale in riferimento a ciascuna singola categoria di impatto, mentre le rimanenti opzioni vengono quantificate in modo proporzionale.

Si riporta inoltre, ad integrazione del grafico comparativo, una tabella con i valori assoluti delle categorie di impatto espresse secondo le unità di misura standard dello specifico metodo di caratterizzazione.

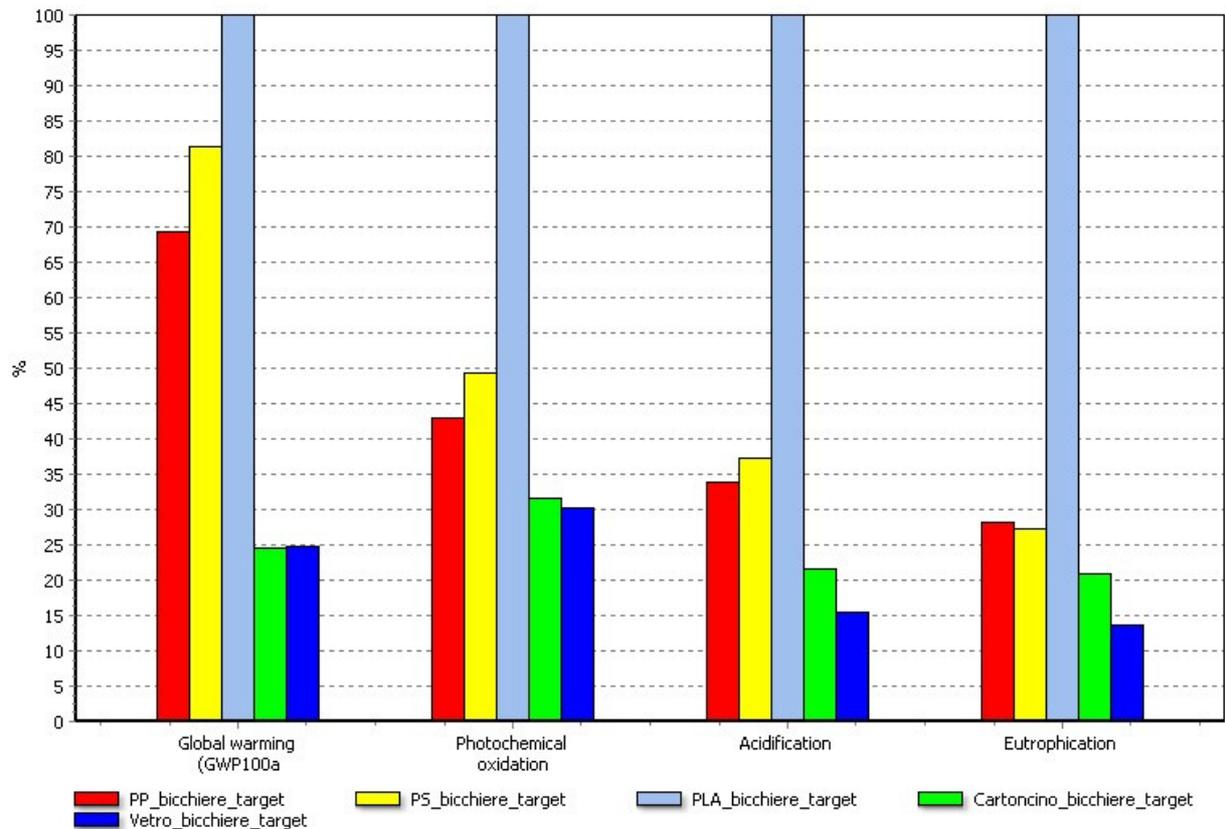
3.2.1 Risultati con metodo CML

3.2.1.1 Risultati dell'Analisi dell'Impatto del Ciclo di Vita con lo scenario di fine vita CAUTELATIVO



Risultati LCIA con scenario CAUTELATIVO – metodo CML						
Categoria di impatto	Unità di misura	PP	PS	PLA	Cartoncino laminato	Vetro
Riscaldamento globale	kg CO ₂ eq.	25,083	33,163	37,295	17,785	8,471
Formazione di ossidanti fotochimici	kg C ₂ H ₄ eq.	0,005	0,007	0,009	0,005	0,003
Acidificazione	kg SO ₂ eq.	0,092	0,118	0,199	0,057	0,031
Eutrofizzazione	kg PO ₄ ³⁻ eq.	0,050	0,058	0,087	0,037	0,010

3.2.1.2 Risultati dell'Analisi dell'Impatto del Ciclo di Vita con lo scenario di fine vita TARGET

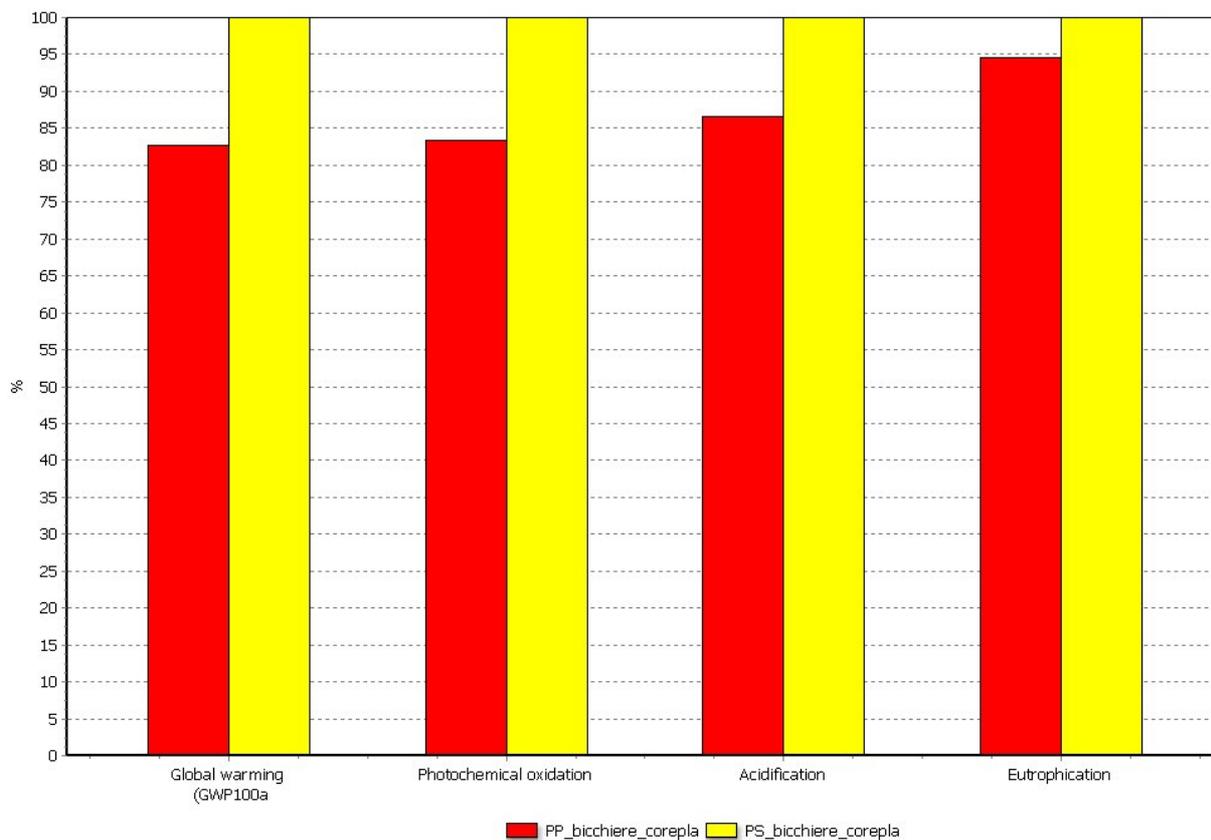


Confronto di fasi del prodotto; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

Risultati LCIA con scenario TARGET – metodo CML						
Categoria di impatto	Unità di misura	PP	PS	PLA	Cartoncino laminato	Vetro
Riscaldamento globale	kg CO ₂ eq.	23,636	27,769	34,140	8,390	8,446
Formazione di ossidanti fotochimici	kg C ₂ H ₄ eq.	0,004	0,004	0,009	0,003	0,003
Acidificazione	kg SO ₂ eq.	0,068	0,075	0,200	0,043	0,031
Eutrofizzazione	kg PO ₄ ³⁻ eq.	0,020	0,020	0,072	0,015	0,010

3.2.1.3 Risultati dell'Analisi dell'Impatto del Ciclo di Vita con lo scenario di fine vita REALE (Corepla)

Questo scenario è stato elaborato e applicato esclusivamente per lo smaltimento delle stoviglie monouso in plastica (PP e PS) per il quale sono disponibili dati affidabili relativi al fine vita degli imballaggi a livello nazionale (fonte Corepla 2013).



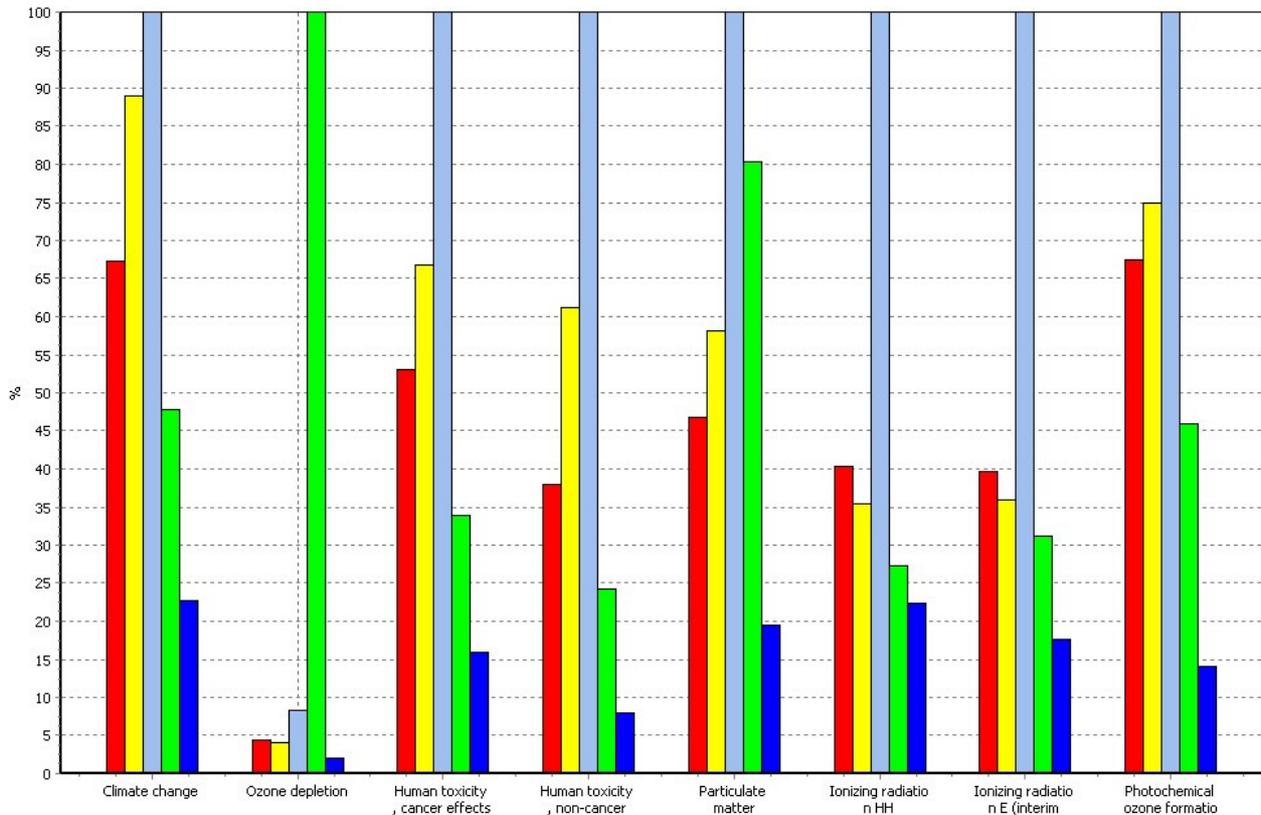
Confronto di 1E3 p 'PP_bicchieri_corepla' con 1E3 p 'PS_bicchieri_corepla'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

Risultati LCIA con scenario REALE – metodo CML			
Categoria di impatto	Unità di misura	PP	PS
Riscaldamento globale	kg CO ₂ eq.	23,817	28,808
Formazione di ossidanti fotochimici	kg C ₂ H ₄ eq.	0,004	0,005
Acidificazione	kg SO ₂ eq.	0,074	0,085
Eutrofizzazione	kg PO ₄ ³⁻ eq.	0,027	0,029

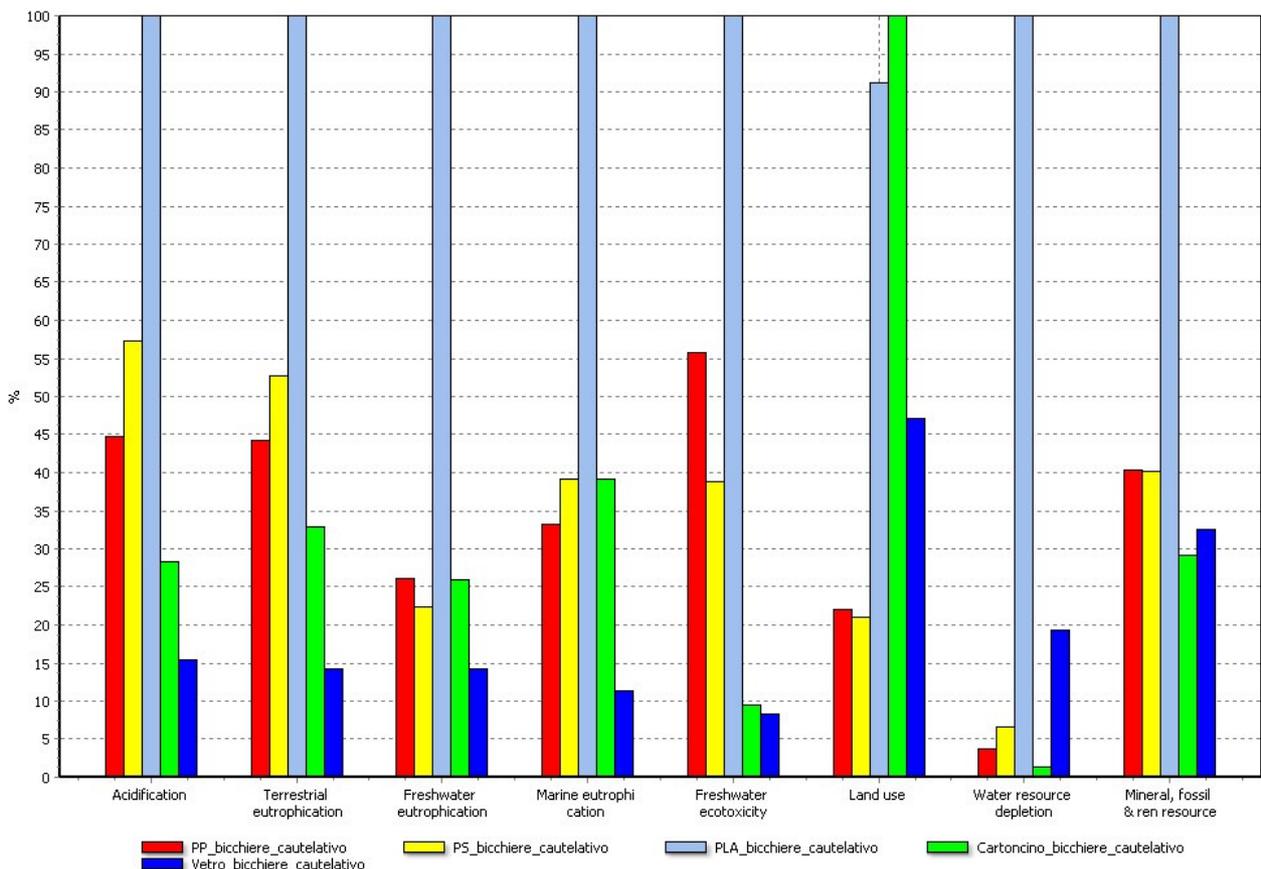
3.2.2 Risultati con metodo ILCD

3.2.2.1 Risultati dell'Analisi dell'Impatto del Ciclo di Vita con lo scenario di fine vita CAUTELATIVO

Parte 1



Parte 2



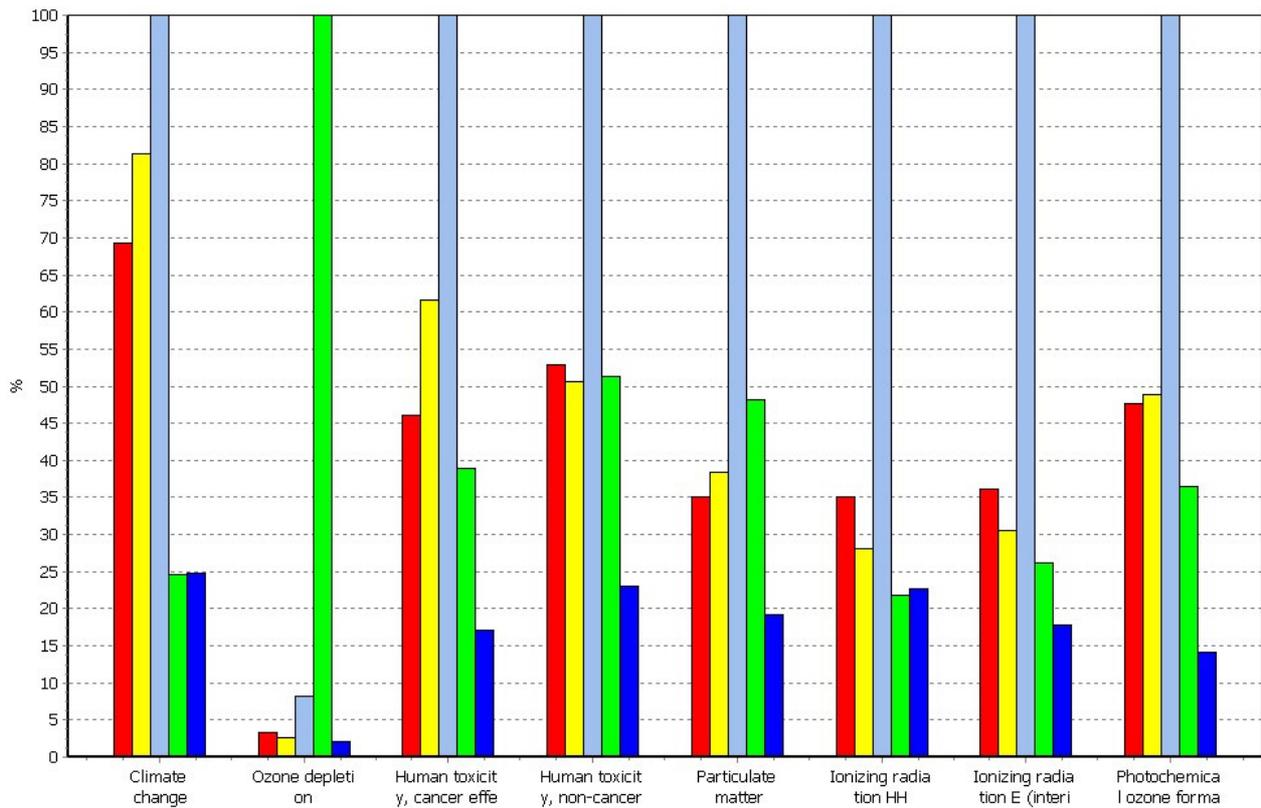
■ PP_bicchiere_cautelativo
 ■ PS_bicchiere_cautelativo
 ■ PLA_bicchiere_cautelativo
 ■ Cartoncino_bicchiere_cautelativo
■ Vetro_bicchiere_cautelativo

Confronto di fasi del prodotto; Metodo: ILCD 2011 Midpoint+ V1.05 / EU27 2010, equal weighting / Caratterizzazione

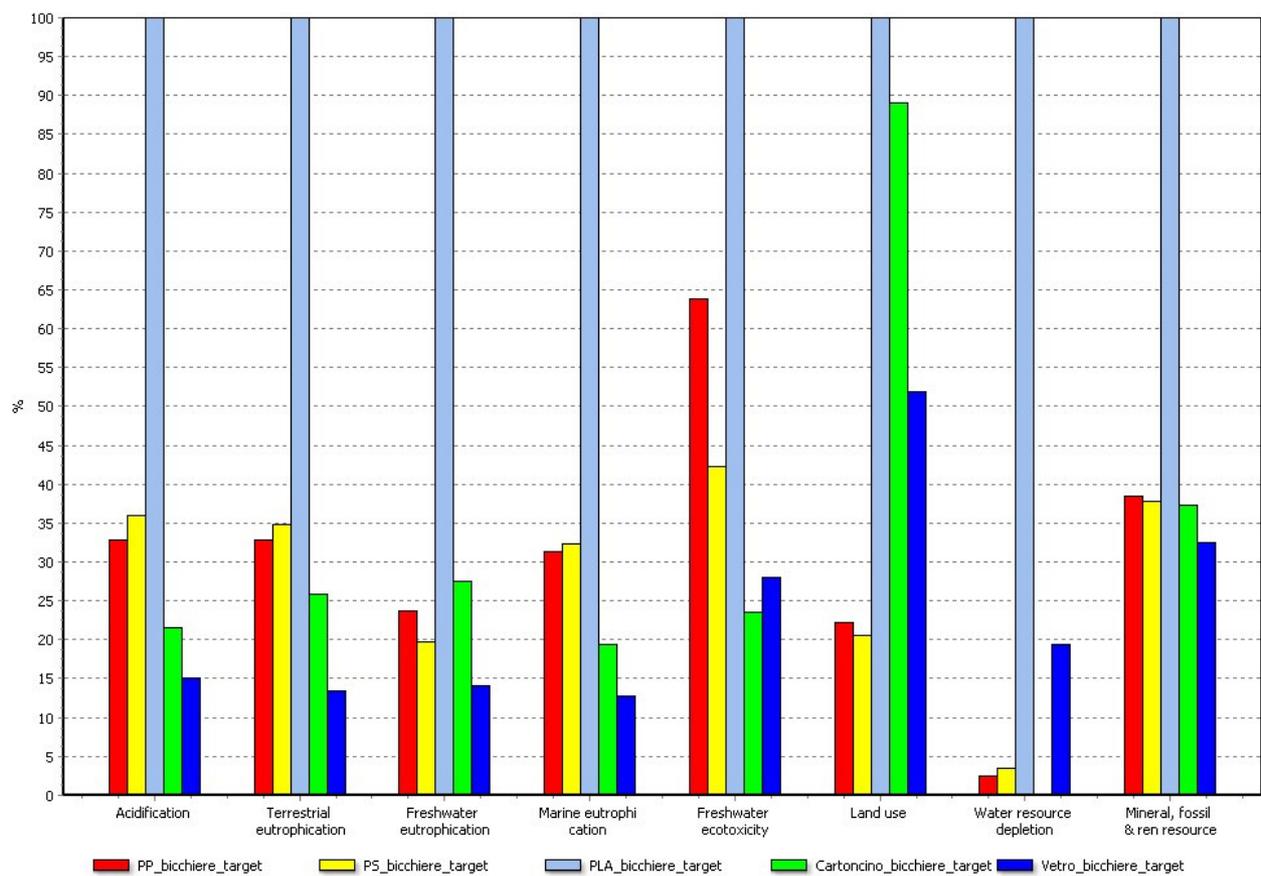
Risultati LCIA con scenario CAUTELATIVO – metodo ILCD						
Categoria di impatto	Unità di misura	PP	PS	PLA	Cartoncino laminato	Vetro
Cambiamenti climatici	kg CO ₂ eq.	2,51E+01	3,32E+01	3,73E+01	1,78E+01	8,49E+00
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq.	1,71E-06	1,56E-06	3,23E-06	3,88E-05	8,14E-07
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	CTUh	7,41E-07	9,31E-07	1,40E-06	4,74E-07	2,21E-07
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni	CTUh	5,75E-06	9,27E-06	1,52E-05	3,67E-06	1,21E-06
Particolato/smog, emissioni di sostanze inorganiche	kg PM _{2,5} eq.	1,09E-02	1,35E-02	2,32E-02	1,87E-02	4,51E-03
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	kg di U ²³⁵ eq.	1,72E+00	1,51E+00	4,26E+00	1,16E+00	9,51E-01
Radiazione ionizzante – effetti sull’ecosistema	CTUe	4,66E-06	4,23E-06	1,18E-05	3,68E-06	2,08E-06
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq.	8,64E-02	9,60E-02	1,28E-01	5,88E-02	1,81E-02
Acidificazione	moli H+ eq.	1,10E-01	1,41E-01	2,47E-01	6,98E-02	3,82E-02
Eutrofizzazione – terrestre	moli N eq.	2,23E-01	2,67E-01	5,06E-01	1,66E-01	7,22E-02
Eutrofizzazione – acqua dolce	kg P eq.	2,45E-03	2,09E-03	9,38E-03	2,43E-03	1,34E-03
Eutrofizzazione – acqua di mare	kg di N eq.	3,25E-02	3,83E-02	9,77E-02	3,83E-02	1,10E-02
Ecotossicità – acqua dolce	CTUe	5,98E+02	4,16E+02	1,07E+03	1,01E+02	9,00E+01
Utilizzo del territorio	kg C (carenza)	2,95E+01	2,81E+01	1,22E+02	1,34E+02	6,31E+01
Impoverimento delle risorse – acqua	m ³ di acqua	4,07E-02	7,27E-02	1,09E+00	1,53E-02	2,10E-01
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	kg di Sb eq.	5,37E-04	5,34E-04	1,33E-03	3,88E-04	4,33E-04

3.2.2.2 Risultati dell'Analisi dell'Impatto del Ciclo di Vita con lo scenario di fine vita TARGET

Parte 1



Parte 2



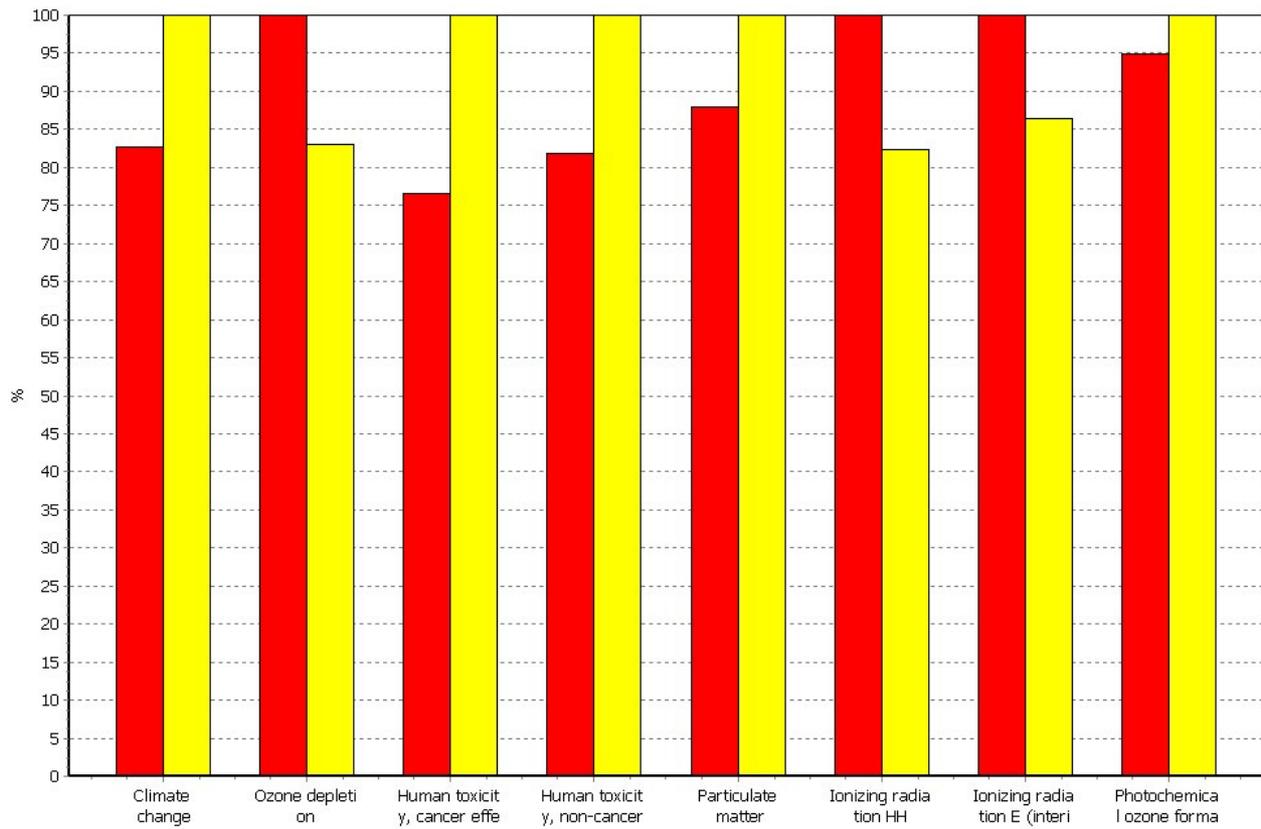
Confronto di fasi del prodotto; Metodo: ILCD 2011 Midpoint+ v1.05 / EU27 2010, equal weighting / Caratterizzazione

Risultati LCIA con scenario TARGET – metodo ILCD						
Categoria di impatto	Unità di misura	PP	PS	PLA	Cartoncino laminato	Vetro
Cambiamenti climatici	kg CO ₂ eq.	2,36E+01	2,78E+01	3,41E+01	8,39E+00	8,46E+00
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq.	1,31E-06	1,04E-06	3,16E-06	3,85E-05	8,12E-07
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	CTUh	5,93E-07	7,91E-07	1,29E-06	5,01E-07	2,20E-07
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni	CTUh	2,76E-06	2,64E-06	5,22E-06	2,68E-06	1,21E-06
Particolato/smog, emissioni di sostanze inorganiche	kg PM _{2,5} eq.	8,17E-03	8,95E-03	2,33E-02	1,12E-02	4,48E-03
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	kg di U ²³⁵ eq.	1,47E+00	1,18E+00	4,20E+00	9,12E-01	9,49E-01
Radiazione ionizzante – effetti sull’ecosistema	CTUe	4,18E-06	3,54E-06	1,16E-05	3,03E-06	2,07E-06
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq.	6,06E-02	6,23E-02	1,27E-01	4,64E-02	1,80E-02
Acidificazione	moli H+ eq.	8,23E-02	9,02E-02	2,51E-01	5,40E-02	3,79E-02
Eutrofizzazione – terrestre	moli N eq.	1,75E-01	1,86E-01	5,32E-01	1,38E-01	7,15E-02
Eutrofizzazione – acqua dolce	kg P eq.	2,22E-03	1,85E-03	9,39E-03	2,58E-03	1,33E-03
Eutrofizzazione – acqua di mare	kg di N eq.	2,70E-02	2,79E-02	8,65E-02	1,68E-02	1,10E-02
Ecotossicità – acqua dolce	CTUe	2,04E+02	1,35E+02	3,20E+02	7,54E+01	8,98E+01
Utilizzo del territorio	kg C (carenza)	2,69E+01	2,49E+01	1,21E+02	1,08E+02	6,30E+01
Impoverimento delle risorse – acqua	m ³ di acqua	2,71E-02	3,81E-02	1,09E+00	-3,86E-04	2,10E-01
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	kg di Sb eq.	5,12E-04	5,02E-04	1,33E-03	4,95E-04	4,31E-04

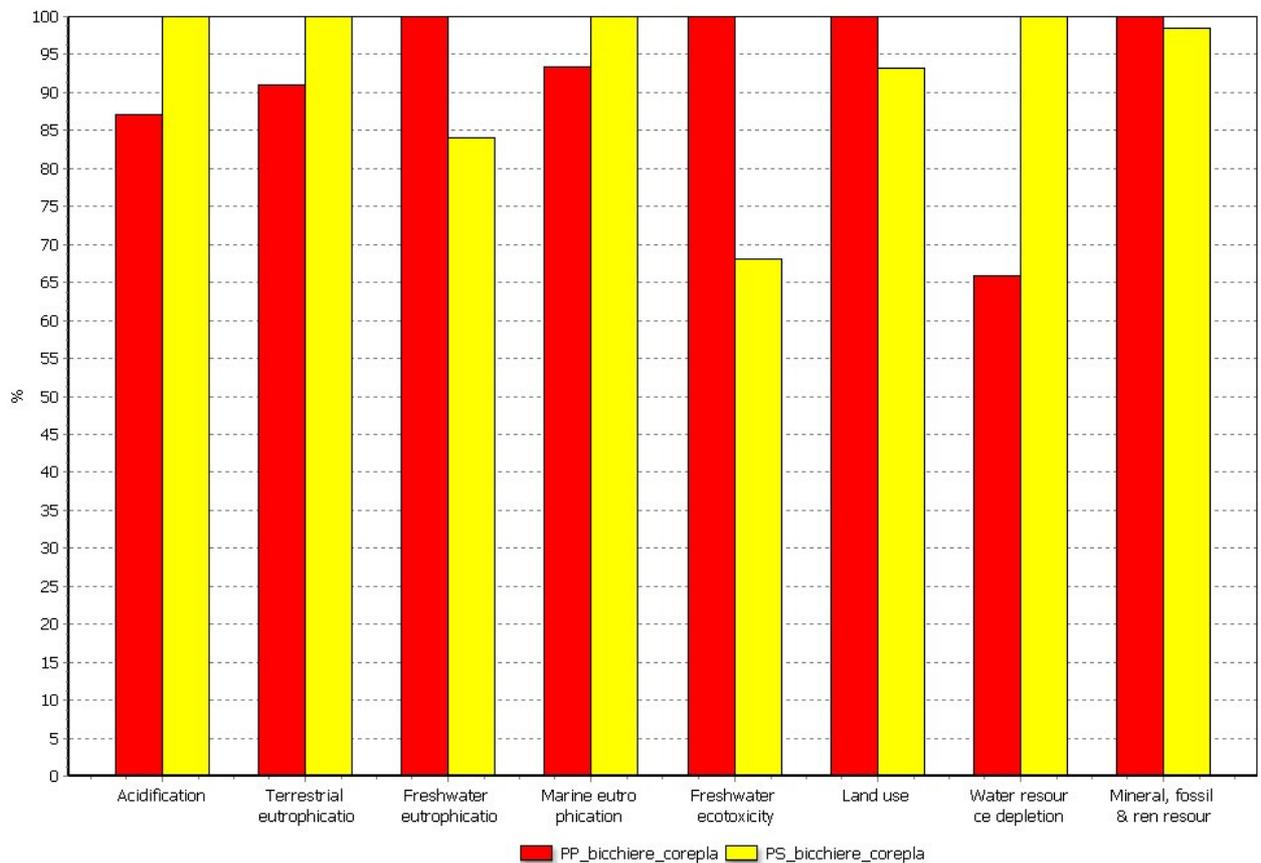
3.2.2.3 Risultati dell'Analisi dell'Impatto del Ciclo di Vita con lo scenario di fine vita REALE (Corepla)

Questo scenario è stato elaborato e applicato esclusivamente per lo smaltimento delle stoviglie monouso in plastica (PP e PS) per il quale sono disponibili dati affidabili relativi al fine vita degli imballaggi a livello nazionale (fonte Corepla 2013).

Parte 1



Parte 2



Confronto di 1E3 p 'PP_bicchiere_corepla' con 1E3 p 'PS_bicchiere_corepla'; Metodo: ILCD 2011 Midpoint+ V1.05 / EU27 2010, equal weighting / Caratterizzazione

Risultati LCIA con scenario REALE – metodo ILCD			
Categoria di impatto	Unità di misura	PP	PS
Cambiamenti climatici	kg CO ₂ eq.	2,38E+01	2,88E+01
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq.	1,42E-06	1,18E-06
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	CTUh	6,27E-07	8,19E-07
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni	CTUh	3,49E-06	4,27E-06
Particolato/smog, emissioni di sostanze inorganiche	kg PM _{2,5} eq.	8,82E-03	1,00E-02
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	kg di U ²³⁵ eq.	1,54E+00	1,27E+00
Radiazione ionizzante – effetti sull’ecosistema	CTUe	4,33E-06	3,74E-06
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq.	6,67E-02	7,02E-02
Acidificazione	moli H+ eq.	8,92E-02	1,02E-01
Eutrofizzazione – terrestre	moli N eq.	1,86E-01	2,05E-01
Eutrofizzazione – acqua dolce	kg P eq.	2,29E-03	1,93E-03
Eutrofizzazione – acqua di mare	kg di N eq.	2,84E-02	3,04E-02
Ecotossicità – acqua dolce	CTUe	2,99E+02	2,04E+02
Utilizzo del territorio	kg C (carenza)	2,76E+01	2,58E+01
Impoverimento delle risorse – acqua	m ³ di acqua	3,05E-02	4,62E-02
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	kg di Sb eq.	5,18E-04	5,10E-04

3.3 Analisi di contributo

Allo scopo di individuare le fasi del ciclo di vita più significative dal punto di vista dell'impatto ambientale è stata svolta un'analisi del contributo delle varie fasi sul risultato finale delle categorie di impatto ambientale per ciascuno degli articoli studiati.

L'analisi è stata applicata ai risultati calcolati con il metodo *CML* che raccoglie le categorie di impatto più significative; si utilizza inoltre il caso dello scenario cautelativo, in cui si hanno i maggiori impatti legati alla fase di fine vita del prodotto.

Per le stoviglie monouso le fasi del ciclo di vita indagate sono:

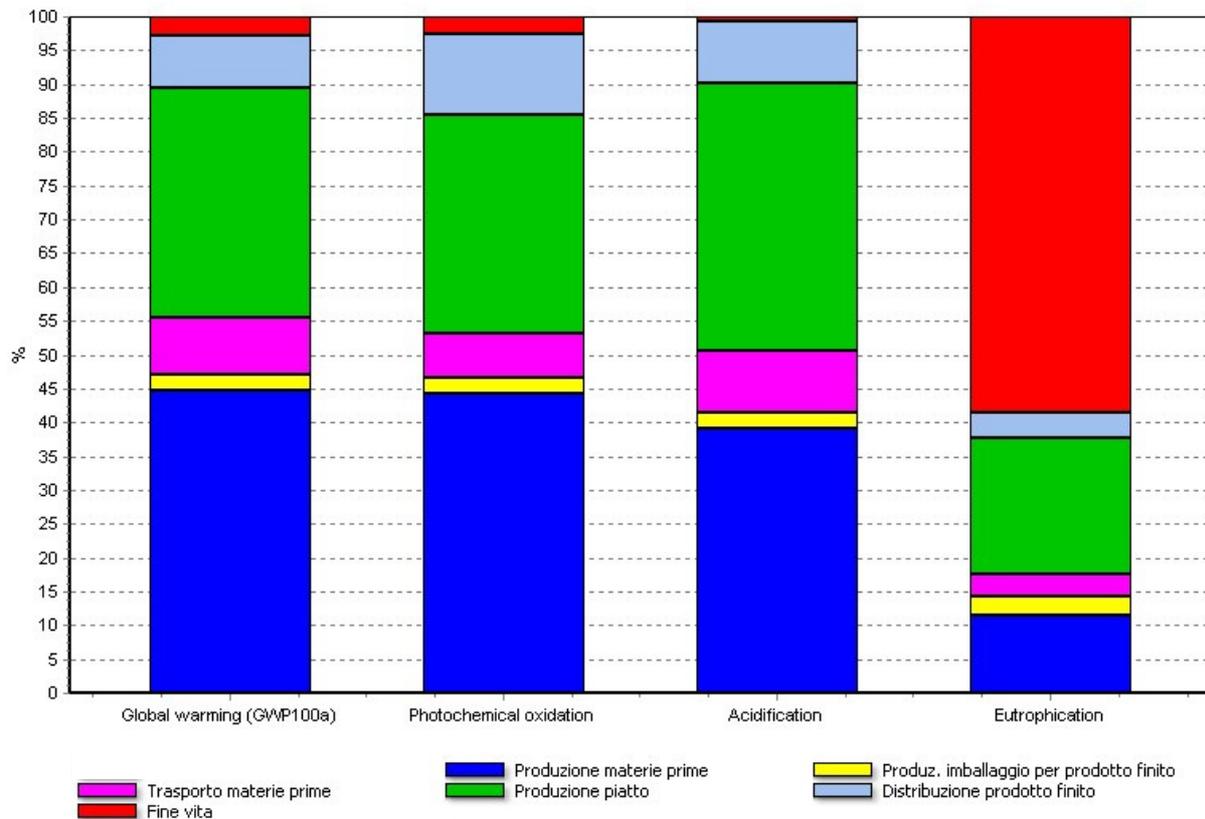
- Produzione dei materiali di base per la produzione (es. polimeri, polpa di cellulosa, cariche minerali);
- Produzione dell'imballaggio primario e secondario per il prodotto finito;
- Trasporto dei materiali di base in ingresso alla fase di produzione;
- Produzione dell'articolo (piatto/bicchiere);
- Distribuzione del prodotto finito;
- Fine vita del prodotto.

Per quanto riguarda le stoviglie riutilizzabili (piatto in porcellana e bicchiere in vetro) l'analisi di contributo ha coinvolto le fasi del ciclo di vita per la produzione della stoviglia (1 pezzo), la fase di lavaggio (1000 usi) e il fine vita del prodotto, senza entrare nel dettaglio delle fasi intermedie secondo l'elenco riportato sopra (le fasi intermedie risultano comunque incluse nel ciclo di vita della stoviglia). Il contributo della fase di lavaggio è infatti molto elevato e rende non apprezzabile - e poco significativo ai fini dell'analisi - l'apporto delle fasi intermedie.

Si riportano, nei successivi paragrafi, i grafici ricavati dal software SimaPro con l'evidenza dei contributi delle fasi del ciclo di vita per le 4 categorie di impatto analizzate nel metodo CML e per ognuno degli articoli studiati.

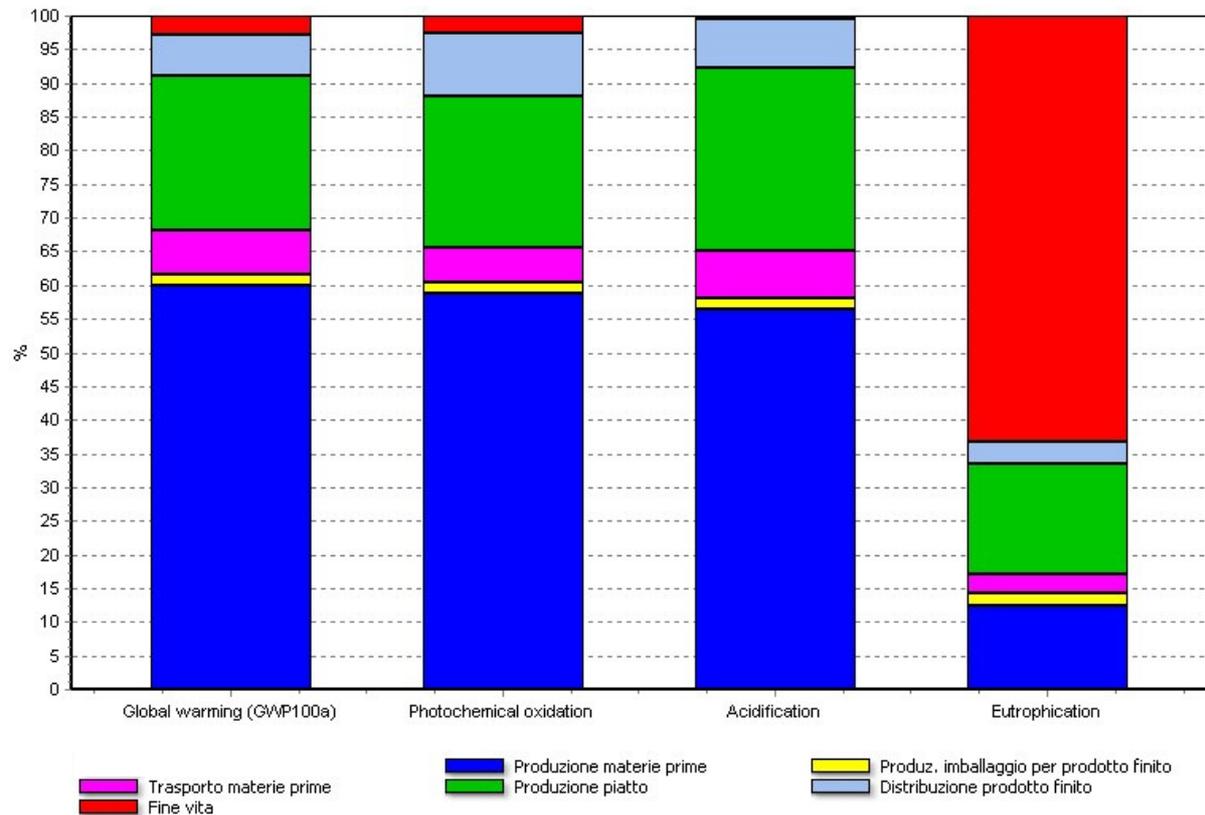
3.3.1 Analisi di contributo – PIATTI

3.3.1.1 Piatto in PP



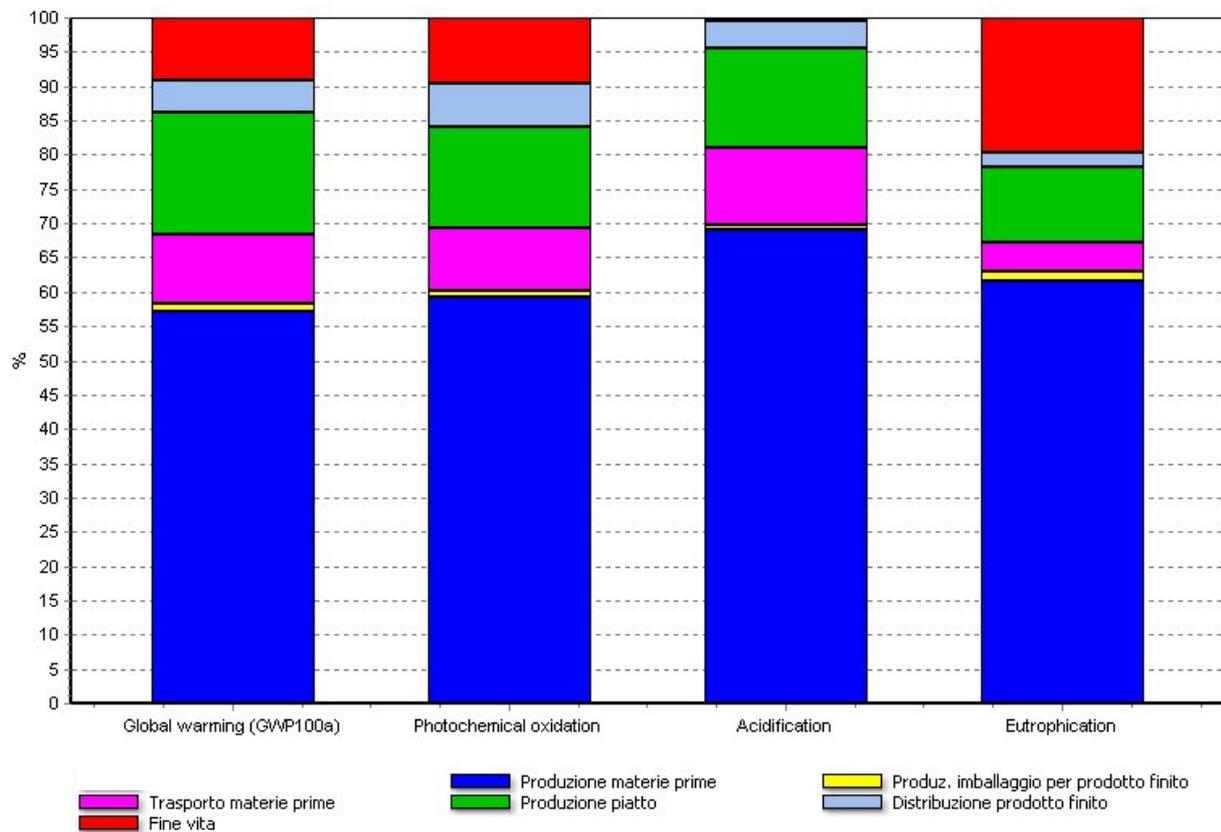
Analizzando 1 p 'PP piatto cautelativo'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

3.3.1.2 Piatto in PS



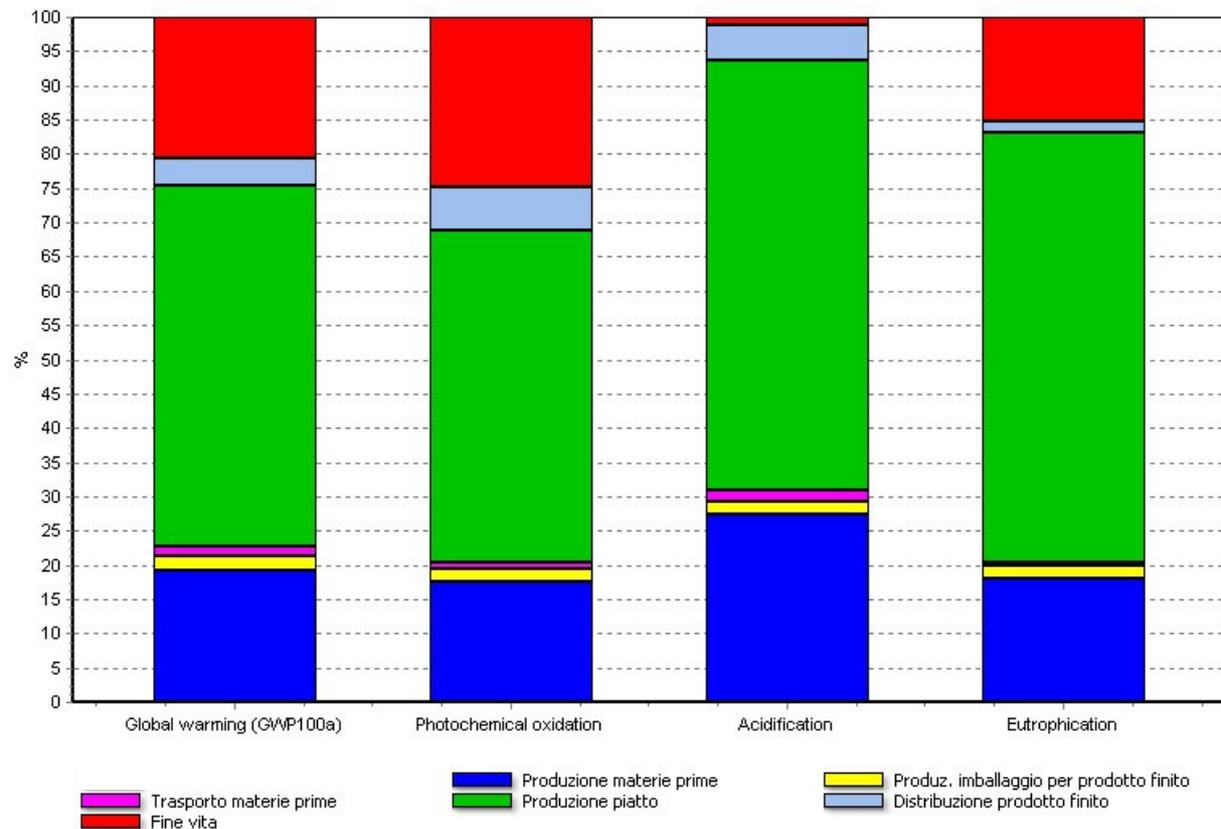
Analizzando 1 p 'PS_piatto_cautelativo'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

3.3.1.3 Piatto in PLA



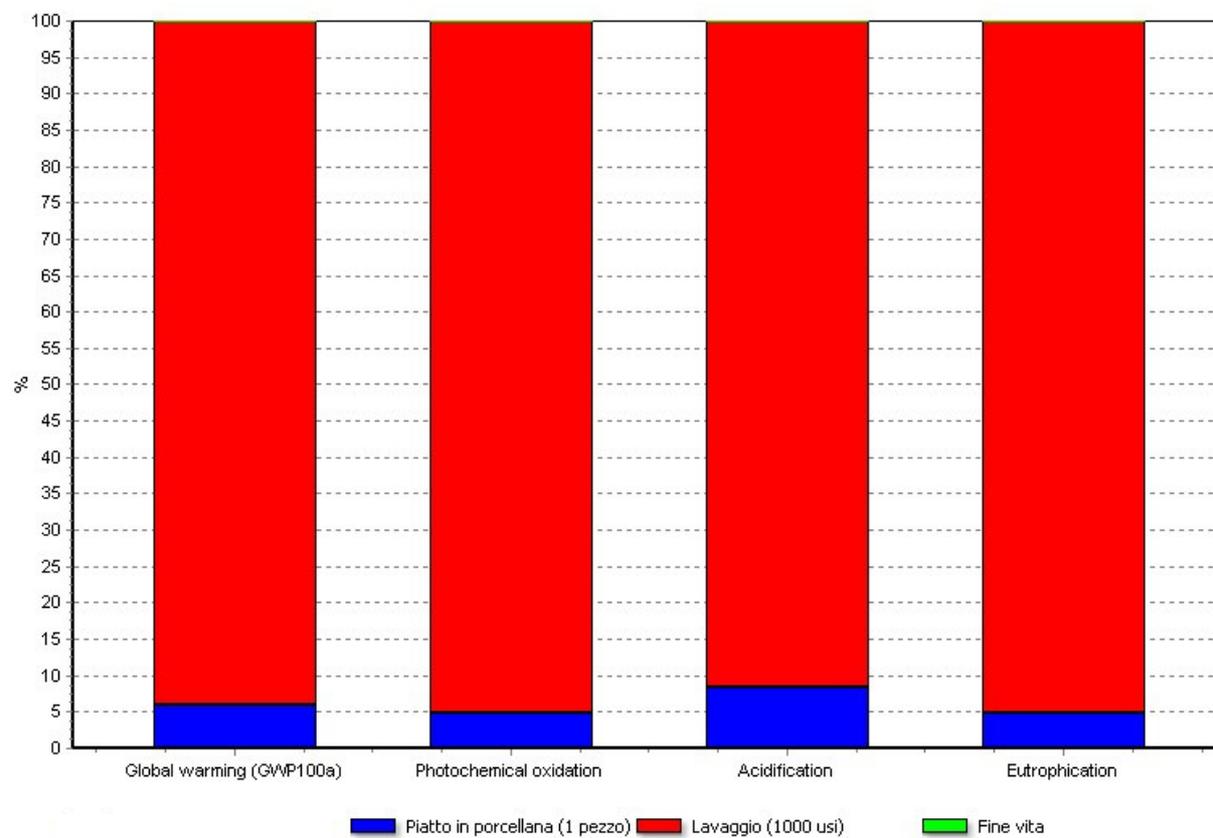
Analizzando 1 p 'PLA_piatto_cautelativo'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

3.3.1.4 Piatto in Polpa di cellulosa



Analizzando 1 p 'Polpa cellulosa_piatto_cautelativo'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

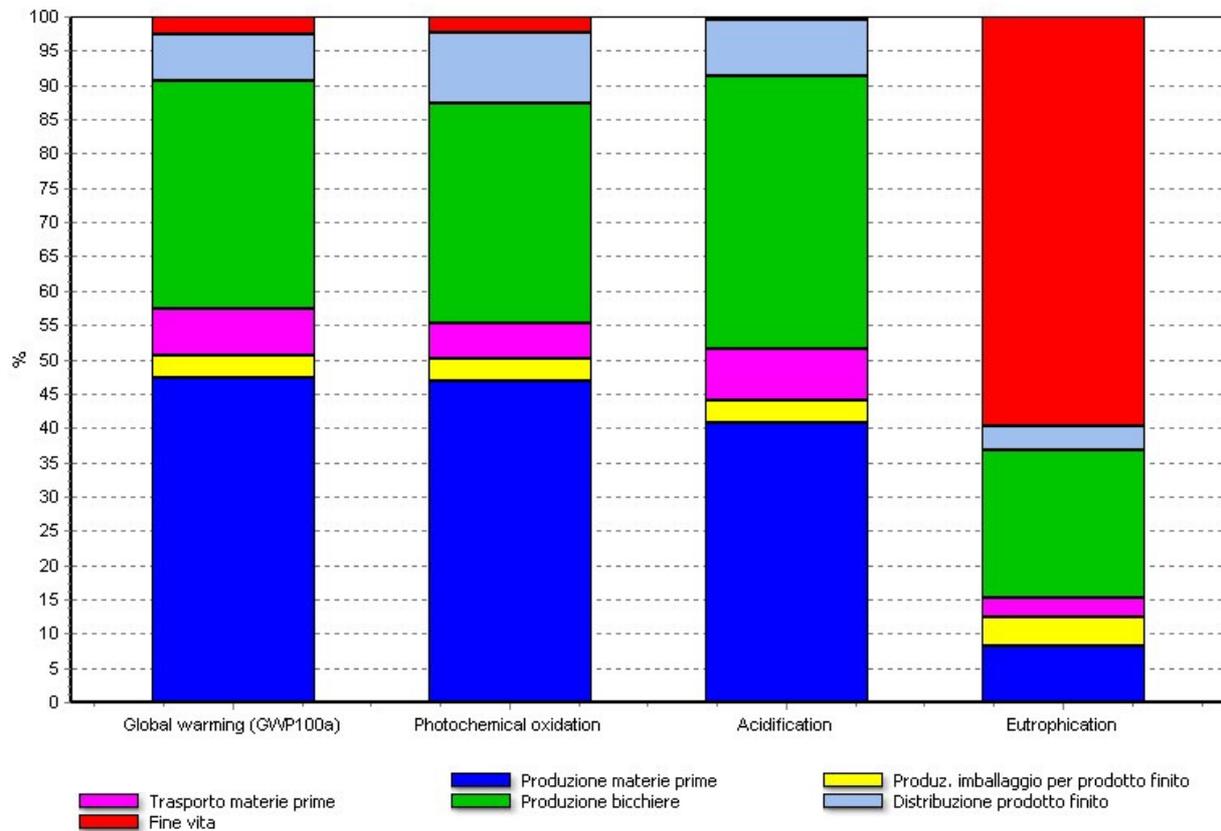
3.3.1.5 Piatto in Porcellana



Analizzando 1 p 'Porcellana_piatto'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

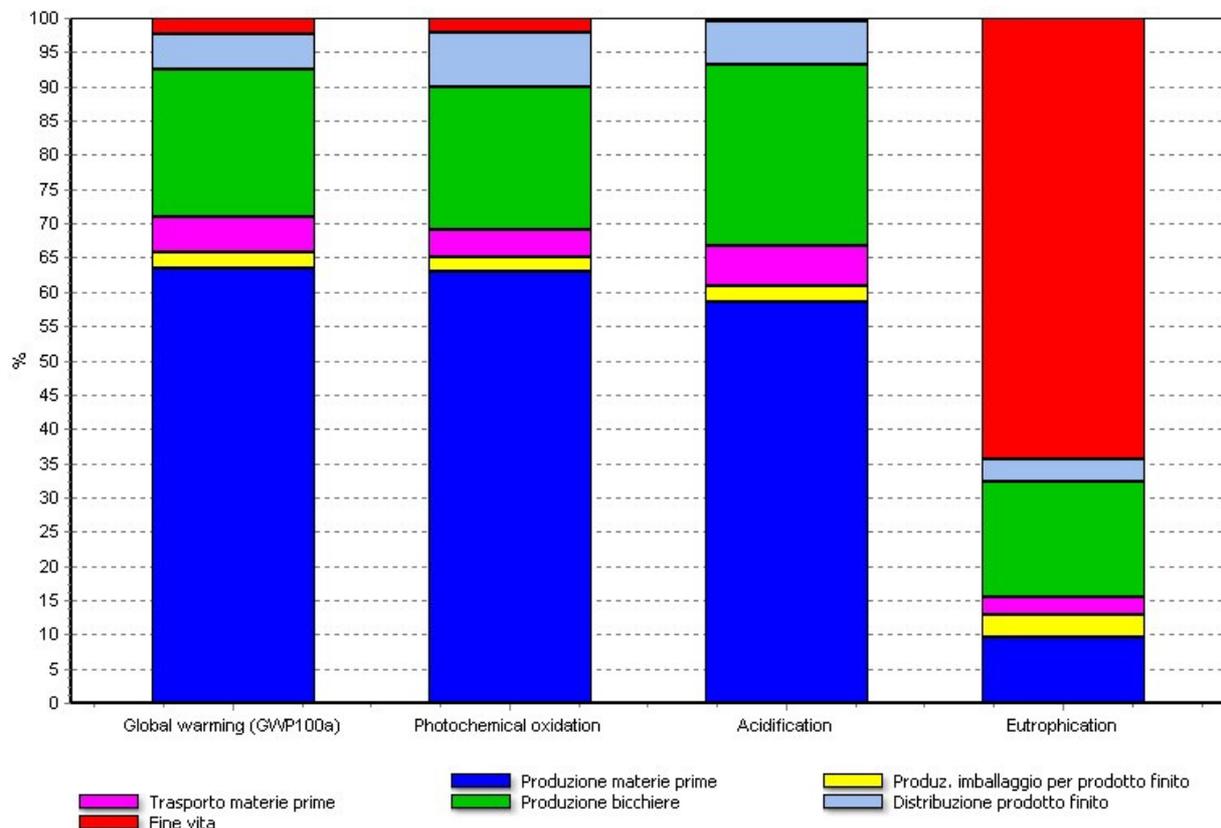
3.3.2 Analisi di contributo – BICCHIERI

3.3.2.1 Bicchiere in PP



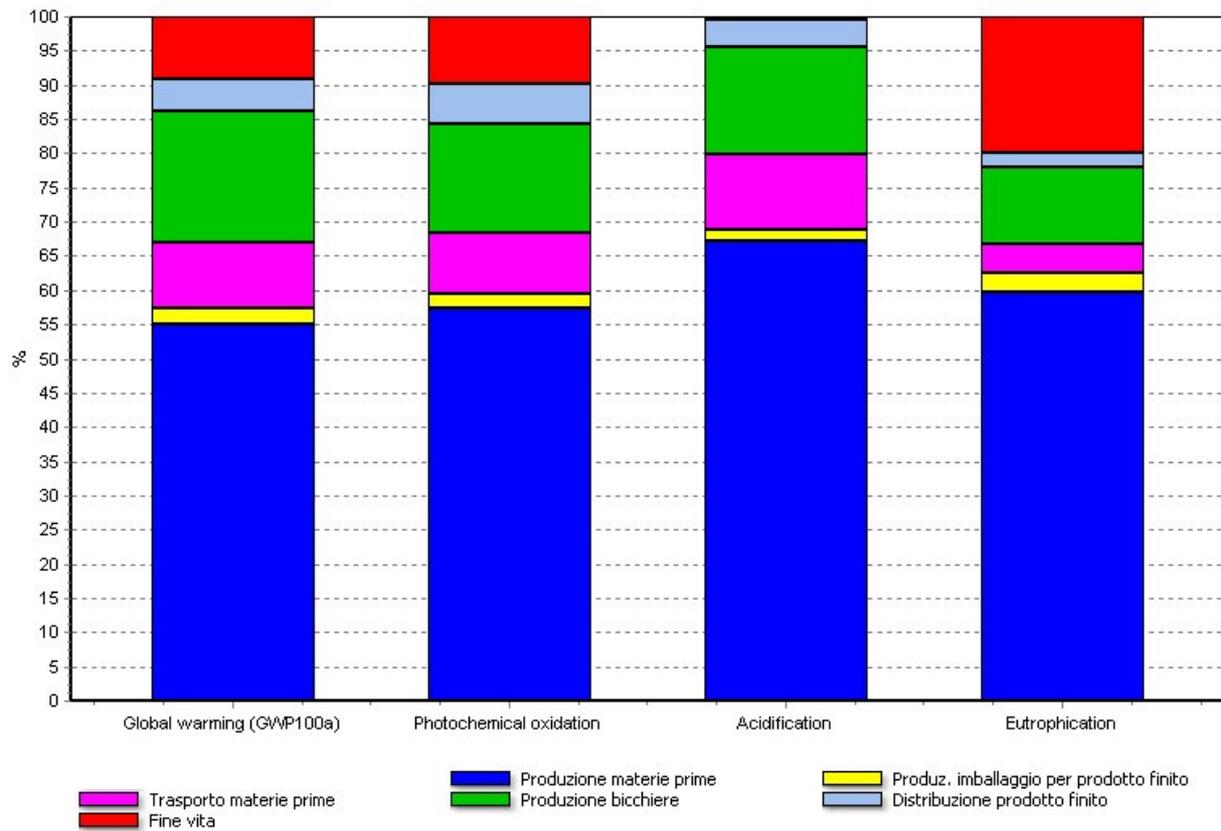
Analizzando 1 p 'PP_bicchiere_cautelativo'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

3.3.2.2 Bicchiere in PS



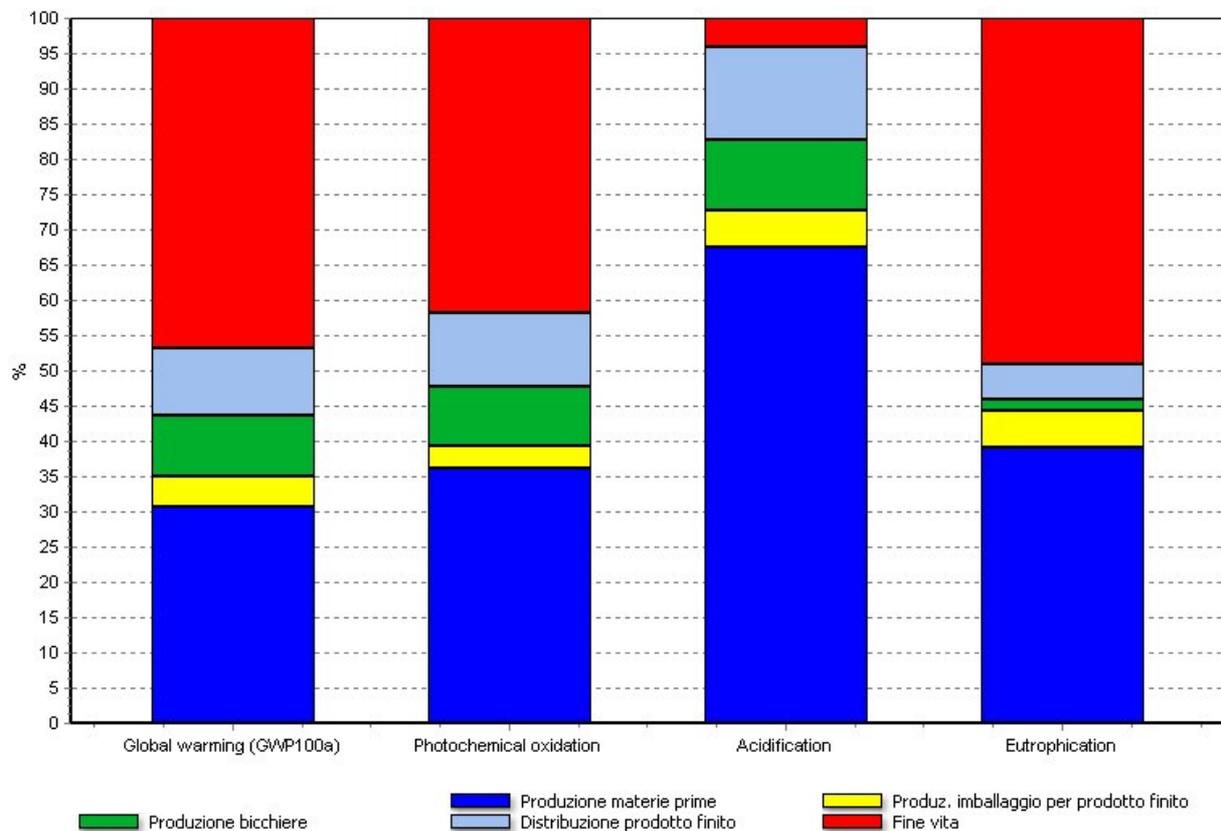
Analizzando 1 p 'PS_bicchiere_cautelativo'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

3.3.2.3 Bicchiere in PLA



Analizzando 1 p 'PLA_bicchiere_cautelativo'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

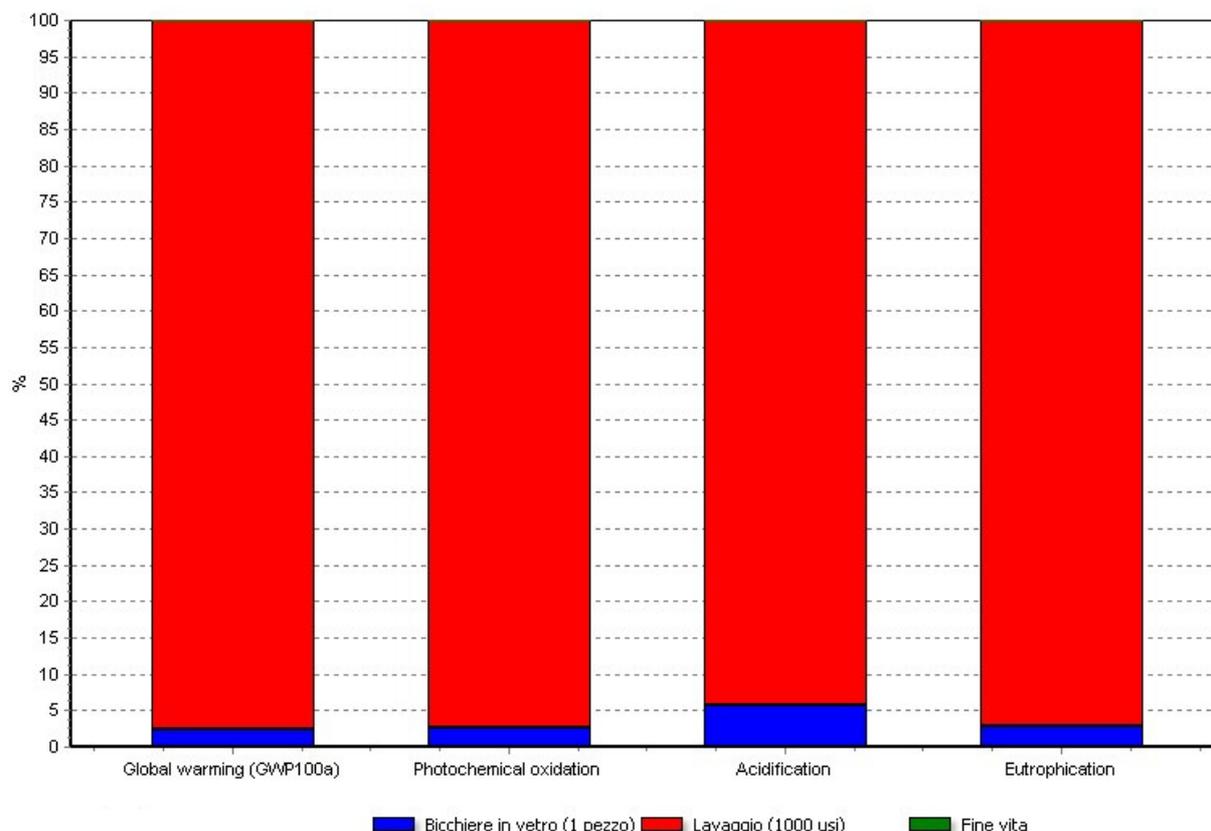
3.3.2.4 Bicchiere in cartoncino



Analizzando 1 p 'Cartoncino_bicchiere_cautelativo_per fasi'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

La fase relativa al trasporto dei materiali di base in ingresso alla fase di produzione non è rendicontata nel caso del bicchiere in cartoncino poiché comunemente il cartoncino viene prodotto e laminato all'interno dello stesso sito in cui viene poi realizzato l'articolo (ipotesi confermata anche dal database Ecoinvent).

3.3.2.5 Bicchiere in vetro



Analizzando 1 p 'Vetro_bicchiere_cautelativo'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

3.4 Analisi aggiuntive della qualità dei dati dell'LCIA

Come prescritto dalla norma ISO 14044 possono essere necessarie tecniche e informazioni aggiuntive per meglio comprendere la significatività, l'incertezza e la sensibilità dei risultati dell'LCIA, nell'ordine:

- per contribuire a distinguere se siano presenti o meno differenze significative;
- per identificare i risultati dell'LCI trascurabili; oppure
- per guidare il processo iterativo dell'LCIA

La necessità e la scelta delle tecniche dipende dall'accuratezza e dal dettaglio necessari per soddisfare l'obiettivo e il campo di applicazione dell'LCA.

Nel caso di studi comparativi destinati ad essere usati per effettuare asserzioni comparative è necessario procedere alle seguenti analisi aggiuntive:

1. **Analisi dell'incertezza** è una procedura per determinare in che modo le incertezze nei dati e nelle ipotesi progrediscono nei calcoli e come incidono sull'affidabilità dei risultati dell'LCIA;

2. **L'analisi della sensibilità** è una procedura per determinare in che modo le modifiche delle scelte metodologiche e dei dati incidono sui risultati dell'LCIA.

Nei successivi paragrafi vengono descritte le analisi svolte per la valutazione dell'incertezza e della sensibilità.

3.4.1 Analisi dell'incertezza

L'analisi di incertezza è una procedura sistematica per quantificare l'incertezza introdotta nei risultati di un'analisi di inventario del ciclo di vita dagli effetti cumulativi dell'imprecisione del modello, dall'incertezza degli elementi in ingresso e dalla variabilità dei dati.

Le procedure più affidabili per la stima dell'incertezza prevedono un'analisi quantitativa e a questo proposito si possono distinguere essenzialmente due diverse modalità operative: attraverso un campionamento statistico o mediante l'applicazione di formule analitiche basate sulla propagazione degli errori.

Uno dei metodi di campionamento casuale è l'analisi di Monte Carlo, che si basa sulla seguente procedura:

1. I vari parametri in ingresso vengono considerati come variabili stocastiche, aventi ognuno una specificata distribuzione di probabilità.
2. Il modello LCA viene costruito con una determinata configurazione di ogni parametro stocastico;
3. I risultati dello studio di LCA vengono calcolati con questa particolare configurazione;
4. Le due fasi precedenti vengono ripetute per un numero di volte prestabilito;
5. Il campione dei risultati viene indagato in riferimento alle sue proprietà statistiche (come la media, la deviazione standard, gli intervalli di confidenza).

L'analisi relativa alle incertezze è stata eseguita mediante l'applicativo incluso nel software di calcolo SimaPro che utilizza il metodo Monte Carlo per la stima delle incertezze sui risultati finali delle categorie di impatto.

In appendice 2 sono riportate le tabelle riassuntive delle analisi di incertezza svolte sui risultati ottenuti con i due diversi metodi di caratterizzazione (CML e ILCD). L'analisi è stata svolta per ogni singolo prodotto, utilizzando, anche in questo caso, i risultati relativi allo scenario di fine vita cautelativo.

Di seguito vengono riportati i parametri e le informazioni in ingresso relative alle analisi eseguite:

Numero di esecuzioni effettuate	1000
Parte di valori che contengono dati di incertezza	70%
Intervallo di confidenza	95%
Tipo di distribuzione prevalente nei parametri	lognormale

Tab. 4.1 – Parametri e informazioni in ingresso relative all'analisi di incertezza

Tra gli aspetti più significativi che emergono dall'analisi delle incertezze si segnala:

- Il numero di esecuzioni dell'algoritmo effettuate per il calcolo dell'incertezza dello studio è pari a 1000 ed è sicuramente un numero più che adeguato a garantire la robustezza con cui viene stimato il valore dell'incertezza associata ai valori delle categorie di impatto;
- Le parti del database che contengono valori di incertezza sono mediamente pari al 70% (con oscillazione tra 68% e 71%) e quindi la stima dell'incertezza risulta affidabile in quanto è disponibile il contributo di incertezza di 3 dati su 4;
- L'utilizzo del metodo di Monte Carlo si può considerare conservativo rispetto ad altri approcci che permetterebbero invece una stima dell'incertezza più mirata ma avrebbero la necessità di uno studio dettagliato delle curve di distribuzione dei dati specifici.

Una prima interpretazione dei valori di incertezza calcolati con il metodo Monte Carlo evidenzia come le incertezze relative ai valori delle categorie di impatto, ottenuti con il metodo CML, risultino nel complesso accettabili: l'ordine di grandezza dell'incertezza è infatti sempre paragonabile (uguale o inferiore) all'ordine di grandezza della media dei valori a cui viene applicato.

Per quanto riguarda invece il metodo ILCD, le incertezze da associare ai risultati presentano valori molto elevati in alcune specifiche categorie di impatto:

- Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni;
- Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni;
- Utilizzo del territorio;
- Impoverimento delle risorse – acqua.

In fase di interpretazione dello studio LCA (capitolo 4) verranno analizzati e approfonditi i risultati relativi alla valutazione dell'incertezza.

3.4.2 Analisi di sensibilità

L'analisi di contributo descritta al paragrafo 3.3 ha permesso di individuare le fasi più impattanti del ciclo di vita dei vari prodotti, consentendo di focalizzare l'analisi di sensibilità sulle scelte metodologiche e sui dati che hanno prodotto tali contributi significativi.

L'analisi di sensibilità è stata svolta variando alcuni parametri all'interno delle fasi più significative dal punto di vista ambientale e verificando le variazioni prodotte nelle categorie di impatto rispetto ai risultati definitivi riportati nel presente report. Le analisi svolte hanno coinvolto:

1. Produzione dei materiali di base per le stoviglie monouso in PP, PS, PLA e cartoncino;
2. Produzione del piatto in polpa di cellulosa;
3. Lavaggio del piatto in porcellana e del bicchiere in vetro;
4. Durate delle stoviglie riutilizzabili;
5. Fine vita dei materiali compostabili;
6. Scenari di fine vita dei prodotti.

Le analisi di sensibilità sono state svolte prendendo come riferimento i risultati ricavati con il metodo CML.

Le prime quattro analisi si riferiscono ai risultati LCA applicando lo scenario di fine vita cautelativo mentre la quinta si riferisce allo scenario target (nella quale è applicato il compostaggio); nei vari grafici a supporto, le barre di colore rosso corrispondono ai risultati finali (riportati nel capitolo dell'LCIA nel presente report) mentre le barre di colore blu corrispondono ai risultati ottenuti variando i parametri.

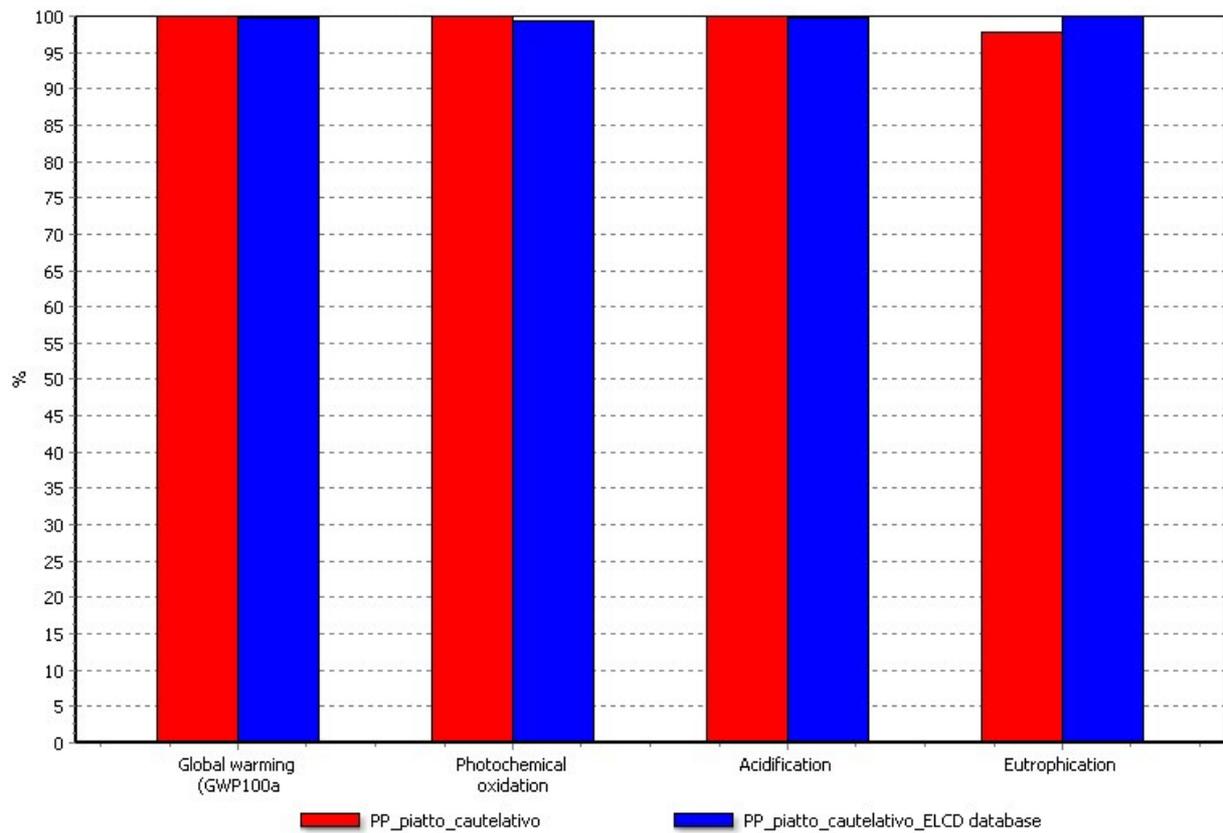
L'analisi di sensibilità si considererà conclusa positivamente quando almeno tre categorie di impatto su quattro risultino presentare una variazione inferiore al 10%. Questo valore di accettazione è mutuato dall'approccio di alcuni programmi, operanti secondo ISO 14025, che considerano valori inferiori al 10% come ininfluenti rispetto ai risultati delle categorie di impatto riportati nelle Dichiarazioni Ambientali di Prodotto.

Il presente studio verrà quindi considerato "robusto" rispetto alla variazione di parametri considerati significativi se, a seguito dell'analisi di sensibilità, la maggior parte delle categorie di impatto contiene la propria variazione all'interno del 10%. Di conseguenza i parametri utilizzati nello svolgimento dello studio si potranno ritenere convalidati e lo studio stesso approvato.

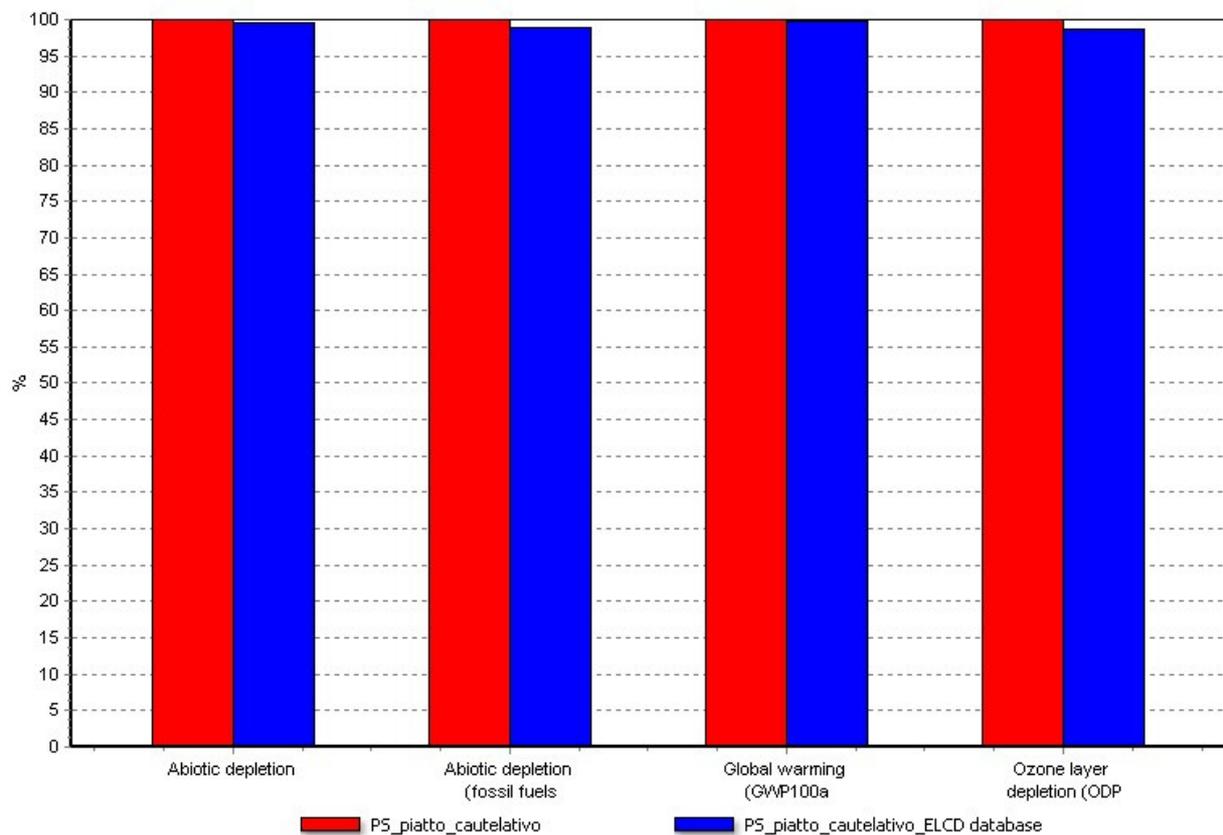
Analisi n. 1 - Produzione dei materiali di base

PP e PS: confronto ciclo di vita del piatto piano con database ELCD

Per quanto riguarda i materiali PP e PS l'analisi è stata condotta variando il database relativo alle materie prime, utilizzando la banca dati ELCD. Essendo la costruzione del modello per il piatto e il bicchiere equivalente, si riporta il solo confronto relativo all'analisi svolta sul piatto che si ritiene pienamente rappresentativa anche nel caso del bicchiere. Come si può vedere dai grafici seguenti, i risultati ottenuti dalla comparazione presentano una variazione minima, inferiore al 5% in tutte e quattro le categorie di impatto.



Confronto di 1 p 'PP_piatto_cautelativo' con 1 p 'PP_piatto_cautelativo_ELCD database'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

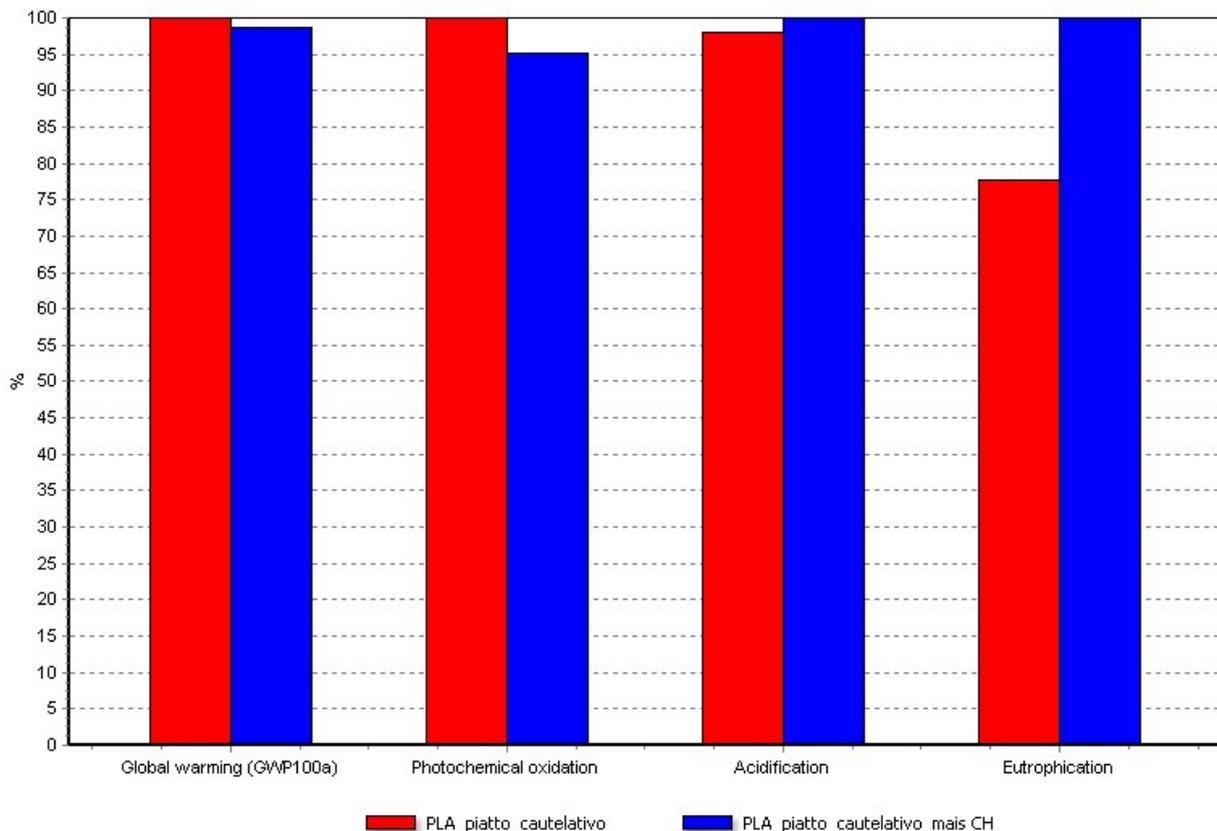


Confronto di 1 p 'PS_piatto_cautelativo' con 1 p 'PS_piatto_cautelativo_ELCD database'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

PLA: confronto ciclo di vita del piatto piano con produzione del mais Europeo

Nel caso del PLA, non si hanno a disposizione altre banche dati per un confronto, oltre a quella di Ecoinvent, utilizzata per il calcolo dei risultati definitivi dello studio. Essendo però la produzione del mais una fase significativa, l'analisi di sensibilità è stata eseguita variando, all'interno del database del PLA, il solo processo unitario relativo alla produzione del mais, da produzione globale a produzione Europea, Svizzera (vista la scarsa produzione di mais in Svizzera i dati si ritengono cautelativi). Si riportano, anche in questo caso, i risultati del confronto svolto per il piatto, vista l'equivalenza tra i modelli di piatto e bicchiere.

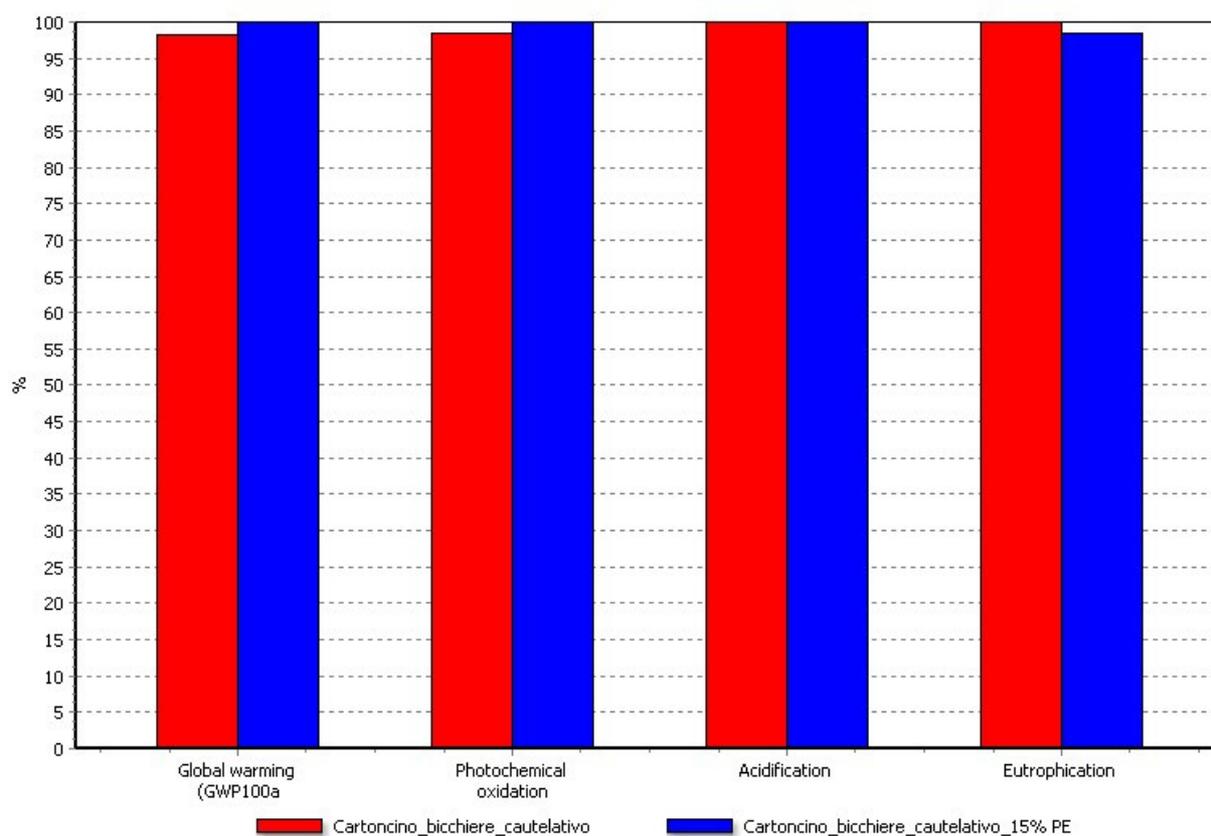
Nel grafico che segue si nota una variazione inferiore al 5% in tutte le categorie tranne che per l'eutrofizzazione su cui si ha una variazione di circa il 20%.



Confronto di 1 p 'PLA_piatto_cautelativo' con 1 p 'PLA_piatto_cautelativo_mais CH'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

Cartoncino: confronto ciclo di vita del bicchiere, 15% PE (laminazione)

Per quanto riguarda la produzione del cartoncino laminato, non sono disponibili, anche in questo caso, database alternativi oltre a quello Ecoinvent. L'analisi di sensibilità si è quindi incentrata su un parametro che frequentemente può presentare variabilità all'interno di questa tipologia di prodotto ovvero il contenuto di polietilene presente sul cartoncino laminato. E' stato quindi incrementata la percentuale di PE sul prodotto passando dal 10 al 15%. Come si può vedere dal grafico che segue, il confronto evidenzia come le variazioni nei risultati rimangano inferiori al 5% in tutte le categorie di impatto.

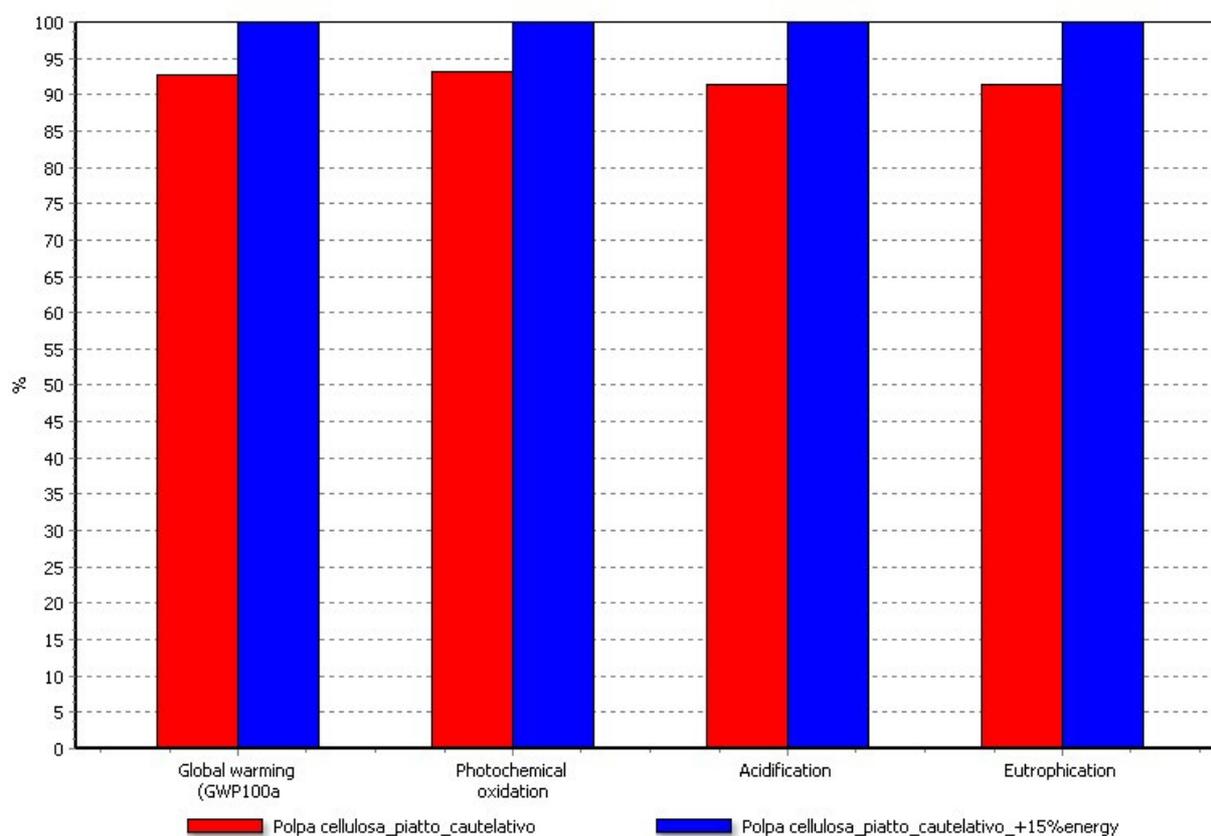


Confronto di 1 p 'Cartoncino_bicchieri_cautelativo' con 1 p 'Cartoncino_bicchieri_cautelativo_15% PE'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazio

Analisi n. 2 - Produzione del piatto in polpa di cellulosa

Nel caso del piatto in polpa di cellulosa, la fase maggiormente impattante è quella relativa alla produzione del piatto a partire dalla polpa di cellulosa; produzione che viene realizzata mediante un processo particolarmente energivoro. L'analisi di sensibilità in questo caso ha coinvolto il consumo di energia elettrica della fase di formatura che è stata incrementata del 15% in modo da valutare come questa variazione influisca sui risultati finali dello studio.

Come si può vedere dal grafico le variazioni nelle categorie di impatto non superano mai il 10%.



Confronto di 1 p 'Polpa cellulosa_piatto_cautelativo' con 1 p 'Polpa cellulosa_piatto_cautelativo_+15%energy'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratter

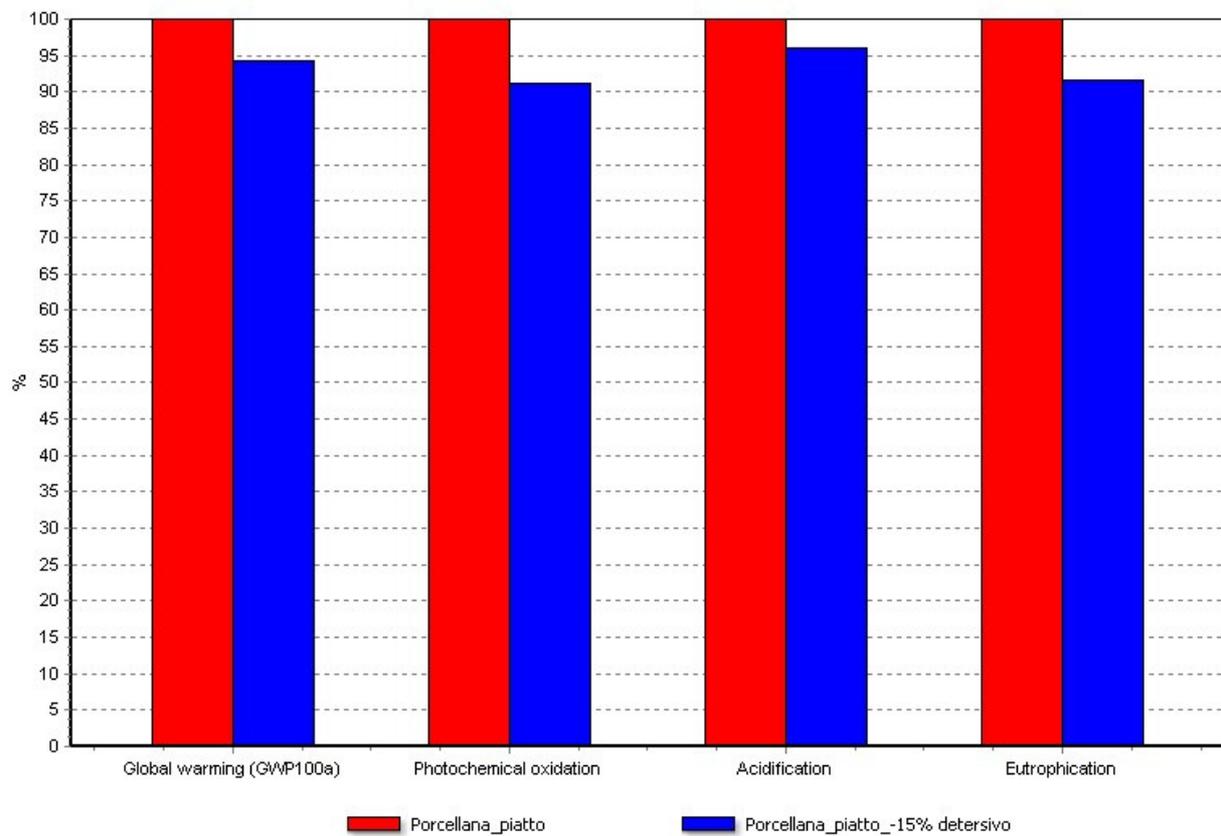
Analisi n. 3 - Lavaggio del piatto in porcellana e del bicchiere in vetro

L'impatto della fase di lavaggio (1000 usi) nel caso delle stoviglie riutilizzabili è molto significativa tanto da rendere poco apprezzabile il contributo relativo al ciclo del vita della stoviglia stessa. L'analisi di sensibilità svolta ha coinvolto uno degli input più significativi della fase di lavaggio ovvero il detersivo: si può infatti pensare che la quantità di detersivo utilizzata possa essere molto variabile (anche a seconda di scelte specifiche legate ai diversi paesi in cui il lavaggio viene eseguito e alle abitudini degli utilizzatori). In questo caso è stata applicata una riduzione del 15% alla quantità di detersivo utilizzata.

Si riportano in seguito i grafici comparativi per il caso del piatto in porcellana e per il bicchiere in vetro.

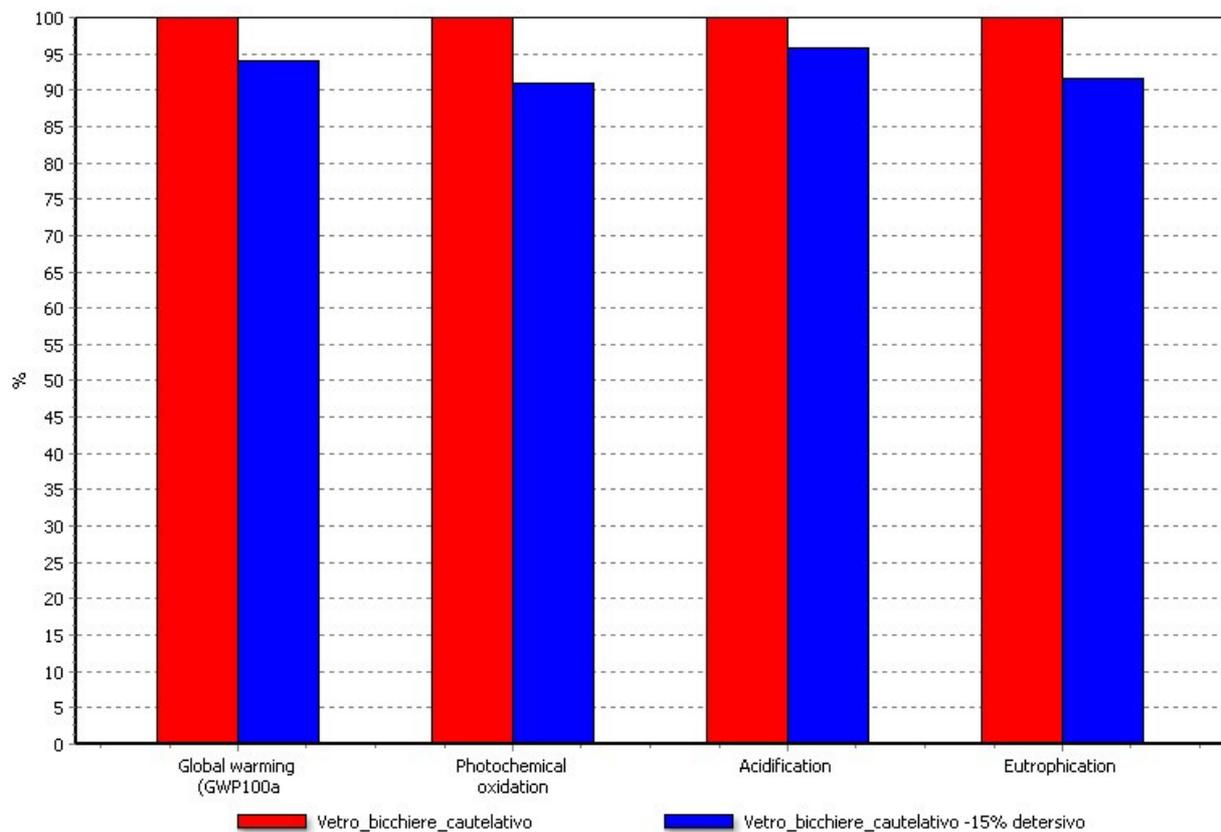
I risultati mostrano delle diminuzioni degli impatti contenute nel 10% in tutte le categorie di impatto studiate.

Confronto ciclo di vita con riduzione del detersivo pari a 15% - PIATTO IN PORCELLANA



Confronto di 1 p 'Porcellana_piatto' con 1 p 'Porcellana_piatto_-15% detersivo'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

Confronto ciclo di vita con riduzione del detersivo pari a 15% - BICCHIERE IN VETRO



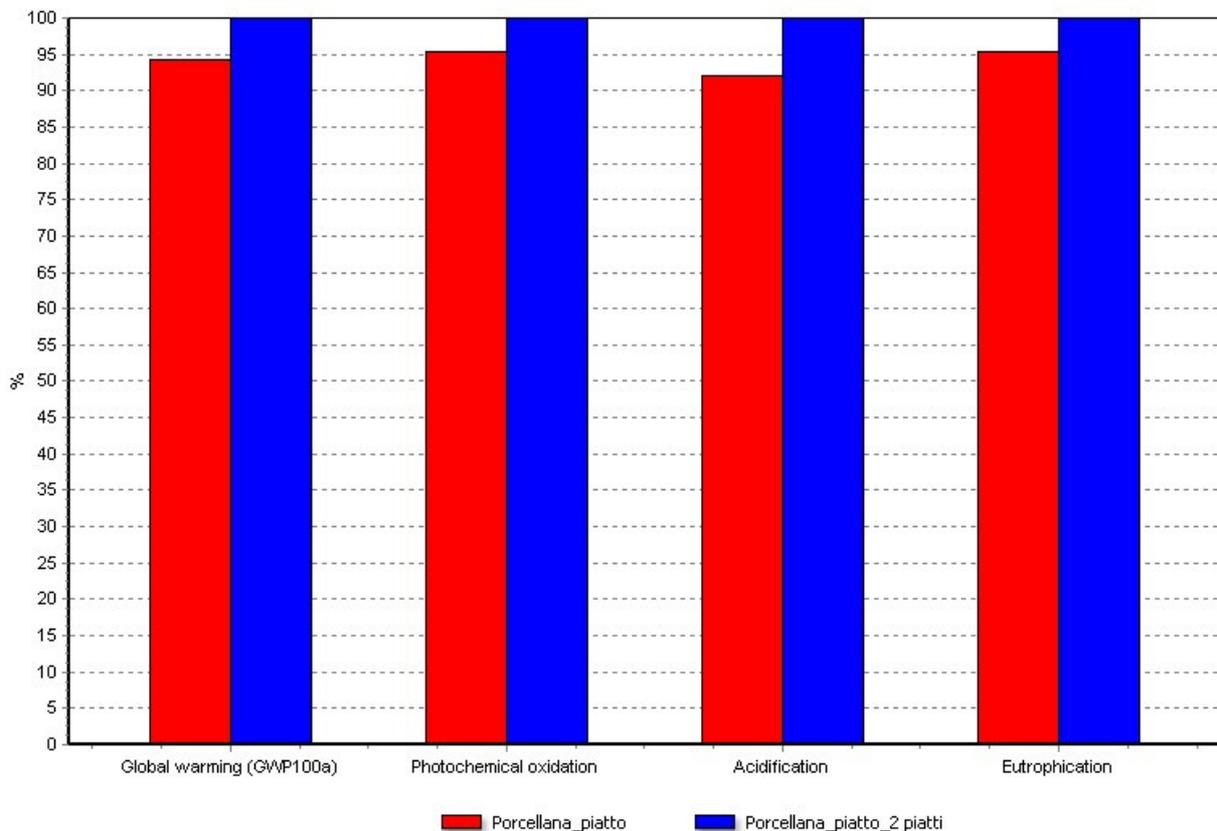
Confronto di 1 p 'Vetro_bicchiere_cautelativo' con 1 p 'Vetro_bicchiere_cautelativo_-15% detersivo'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

Analisi n. 4 – Durate delle stoviglie riutilizzabili

E' stata eseguita un'analisi di sensibilità per valutare le variazioni negli impatti ambientali nel caso in cui venga considerata una durata delle stoviglie riutilizzabili pari alla metà (500 utilizzi), portando cioè il flusso di riferimento a due pezzi anziché uno nei 1000 utilizzi previsti dall'unità funzionale.

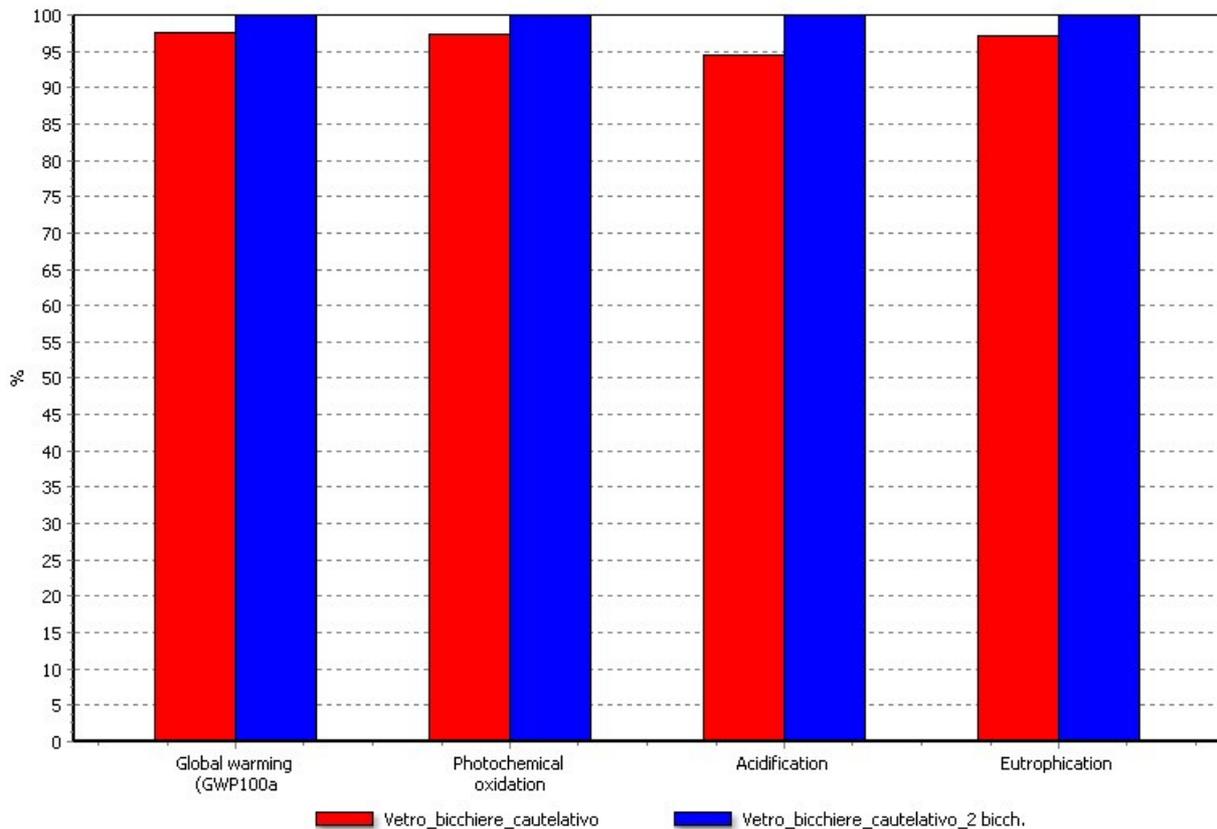
Come si può vedere dai grafici che seguono, il confronto evidenzia come le variazioni nei risultati rimangano inferiori al 10% in tutte le categorie di impatto.

Piatto in porcellana: confronto ciclo di vita con due pezzi nei 1000 utilizzi



Confronto di 1 p 'Porcellana_piatto' con 1 p 'Porcellana_piatto_2 piatti'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

Bicchiere in vetro: confronto ciclo di vita con due pezzi nei 1000 utilizzi



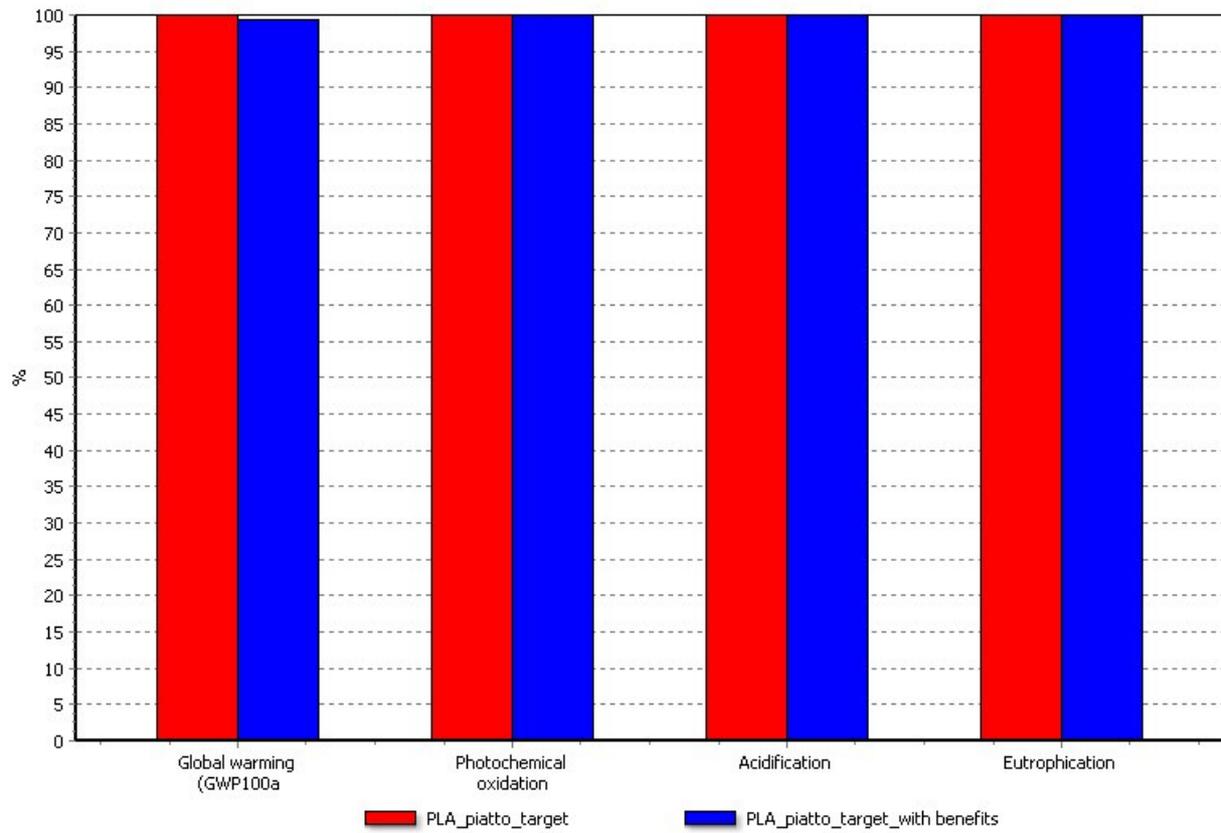
Confronto di 1 p 'Vetro_bicchiere_cautelativo' con 1 p 'Vetro_bicchiere_cautelativo_2 bicch.'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

Analisi n. 5 – Fine vita dei materiali compostabili

L'analisi è stata svolta per valutare le variazioni nei risultati derivanti dall'applicazione dell'approccio di espansione del Sistema anche nel caso dei materiali compostabili (PLA e Polpa di cellulosa) con l'inclusione di benefici dovuti alla mancata produzione di ammendante. Nell'allegato 2 è stata inclusa una validazione per la determinazione della tipologia e delle quantità di prodotto evitato derivante dalle operazioni di compostaggio dei materiali in esame. Il materiale scelto come prodotto evitato è la torba ad uso vivaistico in quantità pari a 50 gr per kg di rifiuti compostati in PLA e di 250 gr per kg di rifiuti compostati in Polpa di cellulosa.

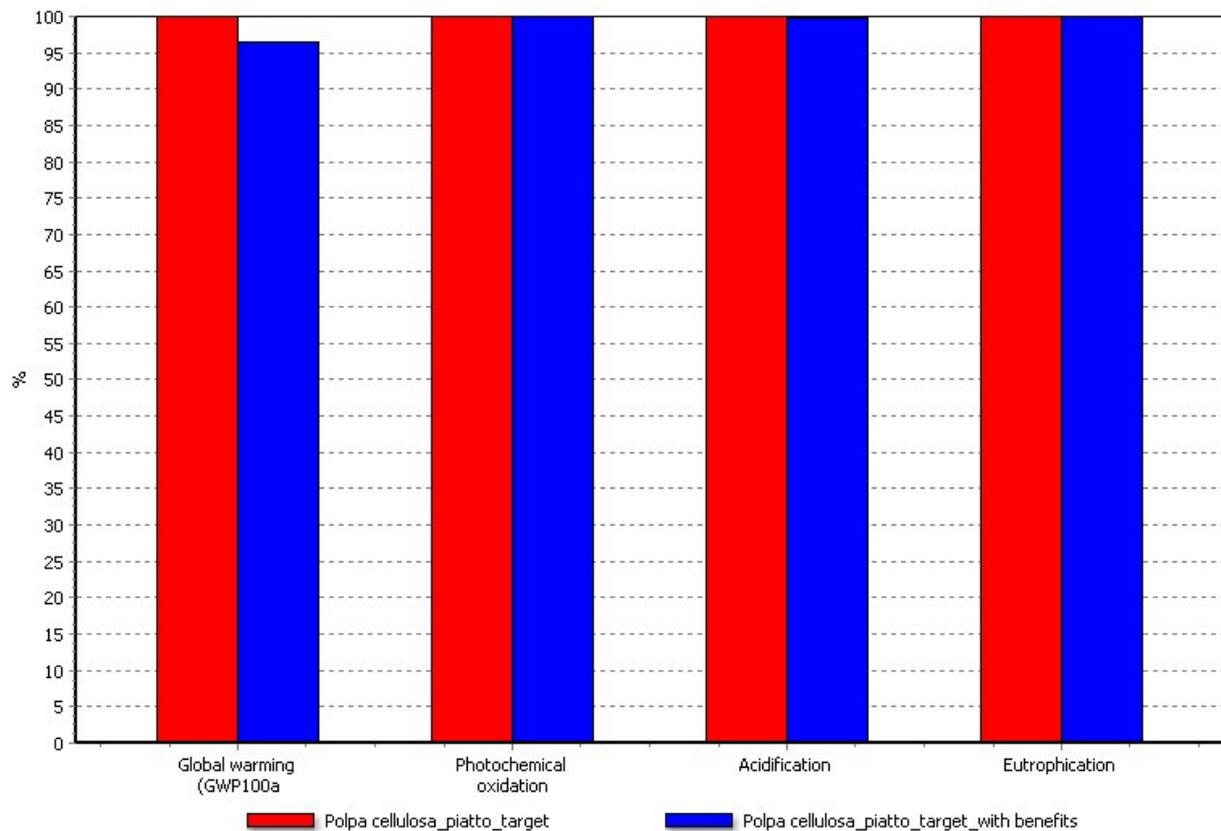
Si riportano in seguito i grafici comparativi per il caso del piatto in PLA e del piatto in Polpa di cellulosa. Il confronto evidenzia come non vi siano variazioni apprezzabili nelle categorie di impatto. L'unico indicatore che ha una minima incidenza (inferiore al 4%) e la categoria di Riscaldamento Globale nel caso del piatto in Polpa di cellulosa.

Confronto ciclo di vita con approccio di espansione del Sistema – Piatto in PLA



Confronto di 1 p 'PLA_piatto_target' con 1 p 'PLA_piatto_target_with benefits'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

Confronto ciclo di vita con approccio di espansione del Sistema – Piatto in Polpa di cellulosa



Confronto di 1 p 'Polpa cellulosa_piatto_target' con 1 p 'Polpa cellulosa_piatto_target_with benefits'; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

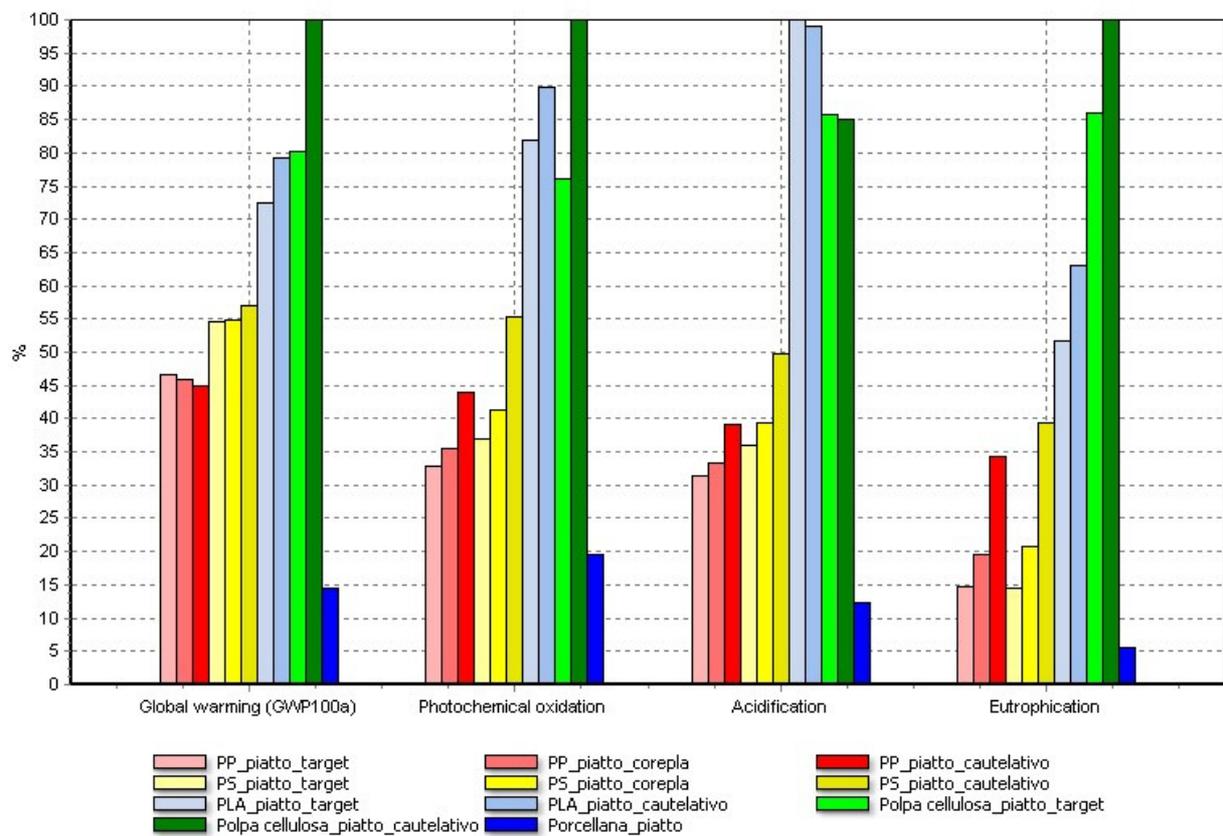
Analisi n. 6 - Scenari di fine vita dei prodotti

L'analisi ha confrontato i risultati finali dello studio calcolati applicando i tre diversi scenari di fine vita ipotizzati: cautelativo, target e reale.

I seguenti grafici riportano i confronti eseguiti per le due diverse tipologie di stoviglie: piatti e bicchieri.

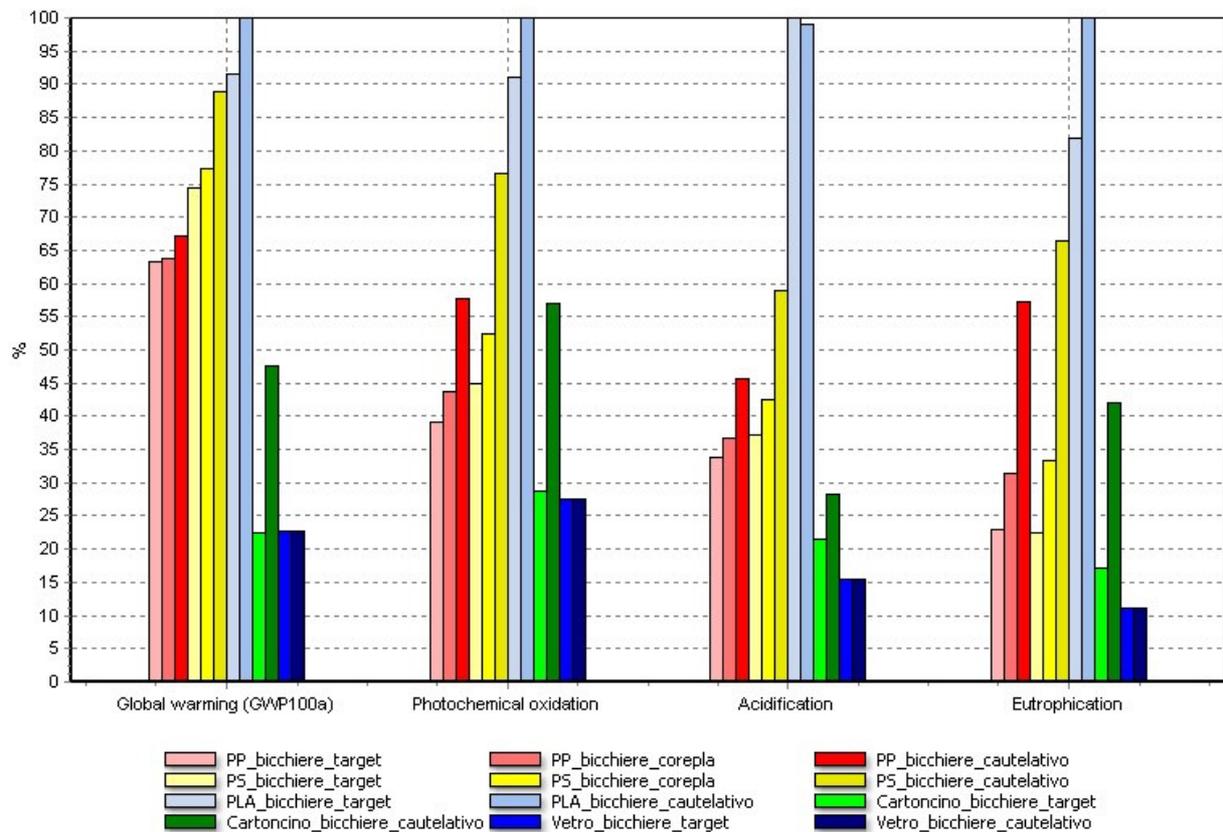
Come si può notare, le variazioni che si hanno tra le diverse opzioni di scenario sono molto significative tanto da risultare, in alcuni casi superiori al 50% (es. per bicchiere in cartoncino). Per questo motivo la valutazione degli impatti del ciclo di vita (LCIA, paragrafi 3.1 e 3.2) è stata estesa a tutti e tre gli scenari e i risultati del ciclo di vita dei vari prodotti vengono riportati separatamente per ciascun scenario ipotizzato.

Confronto ciclo di vita con i tre scenari di fine vita - PIATTI



Confronto di fasi del prodotto; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

Confronto ciclo di vita con i tre scenari di fine vita - BICCHIERI



Confronto di fasi del prodotto; Metodo: CML-IA baseline V3.02 / EU25 / Caratterizzazione

4. Interpretazione del ciclo di vita

In conformità alla norma ISO 14044 la fase di interpretazione del ciclo di vita dello studio di LCA ha preso in considerazione i seguenti aspetti:

- Identificazione dei fattori significativi sulla base dei risultati della fase di LCIA;
- Valutazione, comprensiva dei controlli di completezza, sensibilità e coerenza;
- Conclusioni, limitazioni e raccomandazioni.

4.1 Identificazione dei fattori significativi

Nel presente paragrafo sono stati individuati i contributi essenziali dalle fasi del ciclo di vita ai risultati finali riportati nel capitolo 3 relativo alla fase di LCIA. L'identificazione delle fasi maggiormente impattanti all'interno del ciclo di vita di ogni singolo Sistema Prodotto in esame consente di entrare più nel merito alla comparazione fornendo un profilo più approfondito del ciclo di vita dei vari prodotti.

Nel paragrafo 3.3 è stata svolta un'analisi di contributo delle varie fasi sul risultato finale delle categorie di impatto ambientale per ciascuno degli articoli studiati; nella seguente tabella si riporta uno schema sinottico che riassume l'analisi svolta.

PIATTI - Fasi maggiormente impattanti per categoria di impatto (metodo CML)				
Tipologia	Riscaldamento globale	Formazione di ossidanti fotochimici	Acidificazione	Eutrofizzazione
Monouso in polipropilene (PP)	1. Produzione materie prime (45%) 2. Produzione piatto (34%)	1. Produzione materie prime (44%) 2. Produzione piatto (32%)	1. Produzione materie prime (39%) 2. Produzione piatto (40%)	1. Fine vita (58%) 2. Produzione piatto (20%)
Monouso in polistirene (PS)	1. Produzione materie prime (60%) 2. Produzione piatto (23%)	1. Produzione materie prime (59%) 2. Produzione piatto (23%)	1. Produzione materie prime (57%) 2. Produzione piatto (27%)	1. Fine vita (63%) 2. Produzione piatto (16%)
Monouso in acido polilattico (PLA)	1. Produzione materie prime (57%) 2. Produzione piatto (18%)	1. Produzione materie prime (60%) 2. Produzione piatto (15%)	1. Produzione materie prime (70%) 2. Produzione piatto (15%)	1. Produzione materie prime (62%) 2. Fine vita (20%)
Monouso in polpa di cellulosa	1. Produzione piatto (53%) 2. Fine vita (21%) 3. Produzione materie prime (19%)	1. Produzione piatto (48%) 2. Fine vita (25%) 3. Produzione materie prime (18%)	1. Produzione piatto (63%) 2. Produzione materie prime (27%)	1. Produzione piatto (63%) 2. Produzione materie prime (18%) 3. Fine vita (15%)
Riutilizzabile in porcellana	1. Lavaggi (94%) 2. Ciclo di vita piatto (6%)	1. Lavaggi (95%) 2. Ciclo di vita piatto (5%)	1. Lavaggi (92%) 2. Ciclo di vita piatto (8%)	1. Lavaggi (95%) 2. Ciclo di vita piatto (5%)

BICCHIERI - Fasi maggiormente impattanti per categoria di impatto (metodo CML)

Tipologia	Riscaldamento globale	Formazione di ossidanti fotochimici	Acidificazione	Eutrofizzazione
Monouso in polipropilene (PP)	1. Produzione materie prime (47%) 2. Produzione piatto (33%)	1. Produzione materie prime (47%) 2. Produzione piatto (32%)	1. Produzione materie prime (41%) 2. Produzione piatto (40%)	1. Fine vita (60%) 2. Produzione piatto (21%)
Monouso in polistirene (PS)	1. Produzione materie prime (64%) 2. Produzione piatto (22%)	1. Produzione materie prime (63%) 2. Produzione piatto (21%)	1. Produzione materie prime (58%) 2. Produzione piatto (27%)	1. Fine vita (64%) 2. Produzione piatto (17%)
Monouso in acido polilattico (PLA)	1. Produzione materie prime (55%) 2. Produzione piatto (19%)	1. Produzione materie prime (58%) 2. Produzione piatto (16%)	1. Produzione materie prime (67%) 2. Produzione piatto (16%)	1. Produzione materie prime (60%) 2. Fine vita (20%)
Monouso in cartoncino laminato polietilene (PE)	1. Fine vita (47%) 2. Produzione materie prime (31%)	1. Fine vita (42%) 2. Produzione materie prime (36%)	1. Produzione materie prime (68%) 2. Distribuzione prodotto finito (13%)	1. Fine vita (49%) 2. Produzione materie prime (39%)
Riutilizzabile in vetro	1. Lavaggi (97%) 2. Ciclo di vita piatto (3%)	1. Lavaggi (97%) 2. Ciclo di vita piatto (3%)	1. Lavaggi (94%) 2. Ciclo di vita piatto (6%)	1. Lavaggi (97%) 2. Ciclo di vita piatto (3%)

4.2 Valutazione

Come previsto dalla norma di riferimento, la valutazione deve essere intrapresa in conformità con l'obiettivo e il campo di applicazione dello studio prendendo in considerazione le seguenti tre tecniche:

- controllo di completezza;
- controllo di sensibilità;
- controllo di coerenza.

4.2.1 Controllo di completezza

L'obiettivo del controllo di completezza è garantire che tutte le informazioni e i dati pertinenti necessari all'interpretazione, siano disponibili e completi.

Lo studio di LCA è stato realizzato utilizzando un approccio cradle-to-grave includendo tutte le fasi del ciclo di vita dei prodotti in esame. Si ritiene che l'obiettivo e il campo di applicazione siano stati rispettati, siano coerenti e non richiedano rettifica. Non si registrano informazioni mancanti al di fuori di quelle escluse dalla soglia di cut-off definita. Le fasi precedenti (LCI e LCIA) non richiedono di essere riesaminate per mancanza o omissione di dati rilevanti.

4.2.2 Controllo di sensibilità e incertezza

L'analisi di sensibilità permette di valutare l'entità delle scelte metodologiche e la robustezza dei risultati mediante una valutazione degli aspetti più critici che possono generare variabilità.

L'analisi è stata svolta al paragrafo 3.4.2 variando alcuni parametri all'interno delle fasi più significative dal punto di vista ambientale per i vari prodotti in esame e verificando le conseguenti variazioni prodotte nelle categorie di impatto rispetto ai risultati definitivi riportati nel presente report.

Le analisi di sensibilità svolte hanno coinvolto:

1. Produzione dei materiali di base per le stoviglie monouso in PP, PS, PLA e cartoncino;
2. Produzione del piatto in polpa di cellulosa;
3. Lavaggio del piatto in porcellana e del bicchiere in vetro;
4. Durate delle stoviglie riutilizzabili;
5. Fine vita dei materiali compostabili;
6. Scenari di fine vita dei prodotti.

I risultati delle varie analisi svolte confermano che lo studio può ritenersi robusto: non è infatti mai stato superato il valore del 10% di variazione nelle categorie di impatto fissato come soglia significativa di variazione. Il controllo di sensibilità si considera quindi concluso positivamente e i parametri utilizzati nello svolgimento dello studio si possono ritenere convalidati.

Al paragrafo 3.4.1 del presente report è stata inoltre svolta una valutazione dell'incertezza. La valutazione è stata eseguita mediante l'applicativo incluso nel software di calcolo SimaPro che utilizza il metodo Monte Carlo per la stima delle incertezze sui risultati finali delle categorie di impatto.

In appendice 2 sono riportate le tabelle riassuntive delle analisi di incertezza svolte sui risultati ottenuti con i due diversi metodi di caratterizzazione (CML e ILCD) per ogni singolo prodotto.

Come già anticipato nel paragrafo 3.4.1, tra gli aspetti più significativi che emergono dall'analisi delle incertezze si segnala:

- Il numero di esecuzioni dell'algoritmo effettuate per il calcolo dell'incertezza dello studio è pari a 1000 ed è sicuramente un numero più che adeguato a garantire la robustezza con cui viene stimato il valore dell'incertezza associata ai valori delle categorie di impatto;
- Le parti del database che contengono valori di incertezza sono mediamente pari al 70% (con oscillazione tra 68% e 71%) e quindi la stima dell'incertezza risulta affidabile in quanto è disponibile il contributo di incertezza di 3 dati su 4;
- L'utilizzo del metodo di Monte Carlo si può considerare conservativo rispetto ad altri approcci che permetterebbero invece una stima dell'incertezza più mirata ma avrebbero la necessità di uno studio dettagliato delle curve di distribuzione dei dati specifici.

L'interpretazione dei valori di incertezza calcolati con il metodo Monte Carlo evidenzia come le incertezze relative ai valori delle categorie di impatto, ottenuti con il metodo CML, risultino nel complesso accettabili: l'ordine di grandezza dell'incertezza è infatti sempre paragonabile (uguale o inferiore) all'ordine di grandezza della media dei valori a cui viene applicato.

Per quanto riguarda invece il metodo ILCD, le incertezze da associare ai risultati presentano valori molto elevati in alcune specifiche categorie di impatto:

- Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni;
- Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni;
- Utilizzo del territorio;
- Impoverimento delle risorse – acqua.

I valori di incertezza elevata, per le categorie di cui sopra, si spiegano con la complessità dei modelli utilizzati dal metodo ILCD. Questo livello di complessità permette di valutare categorie di impatto molto specifiche come quelle della Tossicità umana e ambientale per le quali, a livello internazionale, sono ancora aperte valutazioni scientifiche. Questo aspetto fa del metodo ILCD uno strumento particolarmente avanzato e sfidante, come è evidente dalla scelta della Comunità Europea attraverso la raccomandazione 2013/179/UE (metodologia PEF), e che necessita per questo lo sviluppo di banche dati dedicate.

Per questo motivo è previsto uno sviluppo e un aggiornamento delle banche dati gestite dalla Comunità Europea per far in modo che vi sia una completa compatibilità tra i dati in input e la caratterizzazione svolta mediante il metodo ILCD. Questo aggiornamento, che per il momento non è ancora arrivato a conclusione, garantirà la robustezza del calcolo dei risultati delle categorie di impatto che attualmente non è ancora possibile ottenere nel presente studio.

Alla luce di questi aspetti si considera comunque accettabile l'analisi di incertezza svolta in quanto rappresentativa dello stato dell'arte attuale. Queste considerazioni verranno riprese nelle conclusioni e nelle limitazioni dello studio al paragrafo 4.3.

4.2.3 Controllo di coerenza

L'obiettivo del controllo di coerenza è determinare se le ipotesi, i metodi e i dati siano coerenti con l'obiettivo e campo di applicazione.

Il controllo di coerenza effettuato per lo studio in esame ha dimostrato che:

- Le differenze temporali e/o regionali sono state applicate in modo coerente;
- Le Regole di allocazione e i confini del sistema sono stati applicati in modo coerente a tutti i sistemi di prodotto;
- Gli elementi della valutazione dell'impatto sono stati applicati in modo coerente.

Per quanto riguarda la qualità dei dati, sono stati definiti dei requisiti minimi da rispettare (vedi paragrafo 1.2.7) per garantire che il confronto tra le varie alternative di prodotto risulti affidabile. La valutazione della qualità dei dati svolta al paragrafo 2.4 ha confermato il rispetto di tali requisiti: il livello raggiunto è infatti sempre di buona qualità o superiore. Tuttavia l'utilizzo di dati specifici per la categoria delle stoviglie monouso realizzate dal Gruppo, consente di raggiungere un livello di qualità più elevato rispetto a quello raggiunto per le altre tipologie di stoviglie in esame e questo aspetto dovrà essere tenuto in considerazione nelle limitazioni e raccomandazioni finali.

4.3 Conclusioni, limitazioni e raccomandazioni

L'obiettivo di questa parte dell'interpretazione del ciclo di vita consiste nel trarre conclusioni, nell'identificare i limiti e nel fare raccomandazioni per il pubblico destinatario dell'LCA.

4.3.1 Conclusioni

Il presente studio LCA costituisce la prima analisi comparativa, asseverata da un Ente Terzo, realizzata nel settore delle stoviglie per uso alimentare in Italia e in quanto tale si può pensare che si distinguerà come un documento di riferimento per il settore. Per questo motivo il Gruppo Pro.mo ha richiesto che venisse realizzato un modello particolarmente articolato e robusto sul quale basare la comparazione.

Tra i punti di forza che rendono affidabile lo studio, e permettono quindi di considerarlo rappresentativo del settore, si evidenziano:

- una scelta accurata degli articoli da comparare, piatti e bicchieri, e una coerente applicazione delle unità funzionali (es. 1000 utilizzi), e dei confini dei sistemi, in modo da rappresentare al meglio il contesto dell'uso delle stoviglie nella ristorazione collettiva in Italia;
- la scelta di eseguire lo studio comparativo secondo tre possibili scenari di fine ciclo vita (cautelativo, target, reale) in modo da non trascurare nessuna delle casistiche che si possono presentare nel variabile e complesso ambito dello smaltimento e/o del riutilizzo dei materiali che costituiscono le stoviglie oggetto dello studio;
- l'utilizzo di due metodi di calcolo, CML e ILCD, che oggi rappresentano i più interessanti approcci al LCA come strumento di divulgazione della valutazione ambientale dei prodotti: CML infatti rappresenta l'ambito di certificazione di prodotto EPD secondo ISO 14025 (es. IES) mentre ILCD colloca lo studio nell'ambito della Raccomandazione 2013/179/UE e della futura applicazione di requisiti ambientali ai prodotti secondo la Comunità Europea;
- l'approccio di espansione di sistema che rende realistici gli scenari di comparazione e quindi coerenti con gli obiettivi dello studio;
- l'utilizzo di regole internazionali consolidate per l'individuazione di criteri di riferimento non definiti nelle norme ISO 14040 e ISO 14044. Tra questi il valore di cut-off (rif. EPD), il criterio di accettazione per le prove di sensibilità (rif. EPD), il criterio di accettazione per la qualità dei dati (Rif. Raccomandazione 2013/179/UE) e per l'analisi di incertezza (Rif. Raccomandazione 2013/179/UE);
- una numerosa serie di analisi di sensibilità centrate sugli aspetti più critici dello studio e tutte in grado di dimostrare la robustezza dello studio stesso;
- l'utilizzo di dati specifici, quindi di migliore qualità, supportati da un utilizzo estensivo dell'approccio di validazione (anche validazione secondo modelli statistici) a garanzia della loro effettiva rappresentatività del settore;
- la scelta di sottoporre lo studio a riesame critico da parte di un Ente Terzo rappresentato da un Organismo di Certificazione esperto in studi di ciclo di vita e accreditato Accredia per la valutazione EPD secondo ISO 14025.

Lo studio LCA si presenta attraverso un report impostato secondo i requisiti delle norme di riferimento ISO 14040 e ISO 14044 e in grado di fornire, con grande dettaglio e trasparenza, tutte le informazioni necessarie alle parti interessate per la valutazione delle prestazioni ambientali rappresentate. La presenza

di spiegazioni tecniche chiare illustra alcune scelte operate nell'utilizzo dei dati e nella definizione degli scenari. Il report inoltre è corredato di appendici e di bibliografia rivolte a supportare l'utilizzatore non professionale facilitandolo nella comprensione dei contenuti.

I risultati sono raccolti nel report secondo sezioni che seguono i requisiti delle norme di riferimento e la suddivisione per articoli, scenari e modelli di calcolo. Questo livello di completezza di informazioni permette un'ampia gamma di interpretazioni possibili, a seconda delle necessità dell'utilizzatore e delle situazioni reali che si intende valutare. Anche in questo caso, come in tutti gli studi LCA, non ci sono chiavi di lettura dei risultati in termini assoluti, ma le considerazioni possono variare a seconda delle categorie di impatto e dei prodotti che di volta in volta si prendono in considerazione e si comparano. Tuttavia vale la pena di fare alcuni cenni a risultati che, essendo ricorrenti all'interno dello studio, si potrebbero considerare di valore generale per le stoviglie per uso alimentare:

- i diversi risultati associati ai prodotti, in termini di categorie di impatto, mantengono in generale rapporti e proporzioni costanti tra loro al variare degli scenari di fine vita e dei metodi di caratterizzazione (CML, ILCD), come confermato dalla robustezza dello studio dimostrata nella fase di analisi di sensibilità;
- il modello ILCD offre interessanti dettagli, come le categorie di impatto tipiche del modello USEtox (es. vari tipi di tossicità umana ed ambientale) o la categoria di Land Use o di Water Depletion, ma al momento presenta ancora valori di incertezza molto alti;
- i prodotti realizzati in bio-polimeri presentano valori mediamente più alti di quelli realizzati con polimeri tradizionali per numerose categorie di impatto significative;
- le stoviglie riutilizzabili presentano valori di categorie di impatto significativamente inferiori alle stoviglie monouso ma nel loro caso la fase più impattante risulta essere la fase d'uso con il processo di lavaggio. Ulteriori approfondimenti in merito alla fase di lavaggio potranno essere eseguiti alla luce dei recenti studi che si stanno occupando delle problematiche connesse all'igiene e alle garanzie di sicurezza alimentare connesse al lavaggio delle stoviglie nella ristorazione collettiva.
- i prodotti derivati dalla filiera del legno (fibra di cellulosa o cartoncino) hanno prestazioni ambientali molto influenzate dalle tecnologie di produzione della stoviglia;
- il processo di compostaggio, per le stoviglie monouso che possono seguire questo fine ciclo vita, non sembra introdurre particolari benefici ai fini dell'impatto ambientale dei prodotti, come confermato anche dalle analisi di sensibilità.

4.3.2 Limitazioni

Il presente studio LCA contiene una vasta serie di risultati e di informazioni, tutti diffusamente corredati di commenti e spiegazioni tecniche. Tuttavia è opportuno ricordare qui alcune limitazioni, già illustrate nel testo, che devono essere fonte di attenzione da parte dell'utilizzatore dei contenuti del report:

- i vari sistemi presentano qualità dei dati tra loro non omogenee e questo può influire sul valore di incertezza dei risultati finali. Tuttavia la qualità dei dati complessiva risulta sempre rientrare nei requisiti di qualità dei dati definiti dalla Raccomandazione 2013/179/UE per il calcolo e per la comunicazione dell'impronta ambientale;

- il metodo ILCD presenta valori di incertezza calcolati con il metodo di Monte Carlo e che quindi, nel caso di alcune categorie di impatto, si presentano molto elevati;
- la tecnologia applicata alle stoviglie in polpa di cellulosa ha fornito dati specifici ma raccolti in una fase ancora sperimentale e di prima industrializzazione. Per considerarli rappresentativi del settore delle stoviglie monouso, ottenute con questa specifica tecnologia produttiva in Europa, è stata eseguita una validazione che ha preso in esame parametri di dettaglio degli impianti e delle produzioni in corso di messa a punto. Tale validazione è stata oggetto di verifica da parte dell'Organismo incaricato del Riesame Critico.

4.3.3 Raccomandazioni

La divulgazione del presente rapporto LCA, secondo quanto anticipato al Par. 1.1.2, comprenderà anche una divulgazione al pubblico.

Il presente documento nella sua versione integrale comprensiva di appendici ed allegati è custodito in forma riservata presso la Federazione Gomma Plastica, che ne è proprietaria, e potrà essere messo a disposizione su richiesta esclusivamente per approfondimenti scientifici collegati allo studio stesso.

Lo studio, in una versione emendata delle informazioni sensibili e riservate (contenute negli allegati 1 e 2) viene parimenti custodito presso Federazione Gomma Plastica, ed è reso disponibile dietro richiesta inoltrata tramite modulo di richiesta contenuto sul sito di Pro.mo (www.pro-mo.it) in via di realizzazione.

Pro.mo si riserva la possibilità di inserire parti integrali dello studio, debitamente evidenziate come "dati ed informazioni derivate dallo studio Life Cycle Assessment (LCA) comparativo di stoviglie per uso alimentare, Rev. 3 del 24/06/2015" in comunicazione di divulgazione al pubblico.

Ogni riferimento sarà accompagnato dall'indicazione delle modalità con cui avere accesso allo studio (vedi sopra), e comunque secondo i principi della norma ISO 14063 già citati al par. 1.1.2.

La quantità di informazioni e di dati, resi disponibili da Pro.mo con questo studio, è in grado di creare valore per tutte le aziende del settore se utilizzata per proseguire nell'approfondimento delle prestazioni ambientali dei prodotti monouso. Tra gli utilizzi di maggiore interesse si può ricordare l'ecodesign supportato dalla metodologia LCA. Questo infatti rappresenta lo strumento "ingegneristico" più attuale per realizzare il miglioramento dei prodotti in quanto integra caratteristiche tecniche e prestazioni ambientali già nelle primissime fasi di sviluppo e progettazione.

5. Riesame critico

Il presente capitolo riporta il Rapporto di Riesame Critico (Critical Review) che è stato svolto dall'Organismo di Certificazione SGS Italia S.p.A. Il rapporto riassume tutte le fasi della verifica effettuata, i rilievi emersi durante la procedura di riesame e come questi sono stati recepiti nello studio di LCA definitivo.

Rapporto di Critical Review
capitolo 6, ISO 14044:2006

Organizzazione:	Pro.mo		
Indirizzo Sede e siti auditati :	Via San Vittore 36, 20123 Milano		
Norma (e)/Ed. :	ISO 14040:2006, ISO 14044:2006, ISO\TS 14071:2014		
Rappresentante Organizzazione:	Marco Omboni	Data(e) dell' audit(s):	04/06/2015 15/06/2015 24/06/2015
Lead auditor:	Ambra Morelli	Altri Componenti del GA :	Cristiana Reho

Il presente rapporto è confidenziale e la sua distribuzione è limitata al GA, al Rappresentante del Cliente e alla SGS Italia

1. Obiettivi del processo di Critical Review

Il processo di Critical Review (riesame critico) è un tecnica per verificare se lo studio LCA sia stato condotto in conformità alle metodologie e principi contenuti nella norma ISO 14044, consentendo all'Organizzazione che la richiede di rafforzare la credibilità dello studio LCA condotto.

Il processo di Critical Review *“dovrebbe assicurare che gli elementi di classificazione, caratterizzazione, normalizzazione, raggruppamento e ponderazione siano sufficienti e documentati in modo tale da consentire la fase di interpretazione del ciclo di vita dell'LCA da eseguire”*.

Così come indicato al §7.1 della ISO 14040 *“il riesame critico non può né verificare né convalidare gli obiettivi che sono stati scelti per l'LCA da chi ha commissionato lo studio, né in che modo sono utilizzati i risultati dell'LCA”*.

Scopo del processo di Critical Review è quello di consentire al destinatario dello studio di LCA di comprendere le complessità e l'attendibilità/limiti dello studio stesso.

Il processo di Critical Review è stato condotto da un team SGS (di seguito gruppo di verifica) al fine di accertare che:

1. Il campo di applicazione e il tipo di riesame critico siano stati definiti nella fase di definizione del campo di applicazione dell'LCA (§ 4.2.3.8 ISO 14044);
2. I metodi utilizzati siano coerenti con la norma ISO 14044 e validi dal punto di vista scientifico e tecnico;
3. I dati utilizzati siano coerenti in rapporto all'obiettivo dello studio
4. Le interpretazioni riflettano le limitazioni identificate e l'obiettivo dello studio
5. Il rapporto sullo studio sia trasparente e coerente.

Rif. n°:	IT/ITE.20151012.0/1	Data Rapporto:	29/06/2015	File Name	_IT_Rapporto_Critical Review		
CONFIDENZIALE	Documento:	Rapporto di Critical Review	Rev. n°:	1	Pag. n°:	1 di 7	

2. Rapporto di Critical Review

Generalità

Documento oggetto della presente Critical Review:

“RAPPORTO DI STUDIO: LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) COMPARATIVO DI STOVIGLIE PER USO ALIMENTARE

- **Piatti monouso in PP, PS, PLA , polpa di cellulosa e piatti riutilizzabili in porcellana**
- **Bicchieri monouso in PP, PS, PLA, cartoncino laminato PE e bicchieri riutilizzabili in vetro revisione 3 del 24.06.2015”**

comprensivo dei seguenti allegati ed appendici:

Appendice 1 – Glossario delle categorie di impatto ambientale

Appendice 2 - Risultati dell'analisi di incertezza con metodo Monte Carlo

Appendice 3 – Matrice di qualità dei dati PEF

Appendice 4 – Matrice di correlazione dei requisiti per il report di comunicazione esterna

Allegato 1 – Applicazione di metodi di calcolo aggiuntivi

Allegato 2 – Validazione dei dati

Il processo di Critical Review si è sviluppato attraverso una prima fase di analisi documentale preliminare dello studio e una seconda fase di confronto con il committente dello studio in cui sono stati analizzati gli aspetti metodologici e tecnici del LCA condotto.

A seguito dell'analisi documentale preliminare il gruppo di verifica ha elaborato ed inoltrato al committente un rapporto di analisi nel quale sono stati evidenziati potenziali elementi significativi dello studio su cui era necessario effettuare un ulteriore approfondimento.

L'analisi successiva effettuata dal gruppo di verifica, che ha visto la partecipazione diretta delle persone che a vario titolo hanno contribuito alla realizzazione dello studio LCA, ha riguardato l'appropriatezza del metodo di raccolta dati, dei modelli di calcolo utilizzati in accordo con quanto già identificato anche in fase di analisi documentale preliminare.

Si precisa che non essendo tra gli obiettivi del Critical Review la verifica degli impatti calcolati nello studio il gruppo di verifica non ha effettuato un controllo sistematico delle fonti originarie dei dati utilizzati nello studio ma ha proceduto con tecniche di campionamento.

Il gruppo di verifica ha potuto confrontarsi con le seguenti persone responsabili per la raccolta dati e stesura dello studio LCA:

Dott. Marco Omboni (Presidente Associazione Pro.mo)

Ing. Bruno Spozio (Amministratore Delegato – ISAP Packaging)

Ing Mauro Biasiolo (Direttore Operation – RSPP– ISAP Packaging)

Ing. Luca Borghi (Referente Tecnico Ricerca e Sviluppo– ISAP Packaging)

Dott.ssa Valeria Danti (Responsabile assicurazione qualità – ISAP Packaging))

Dott.ssa Michela Zangrandi (referente Ufficio programmazione aziendale – ISAP Packaging))

Ing. Paolo Simon Ostan (LCA Specialist – Consulente della PRO.MO)

Dott.ssa Anna Bortoluzzi (Consulente di Direzione della PRO.MO)

Note Introduttive

Lo studio comparativo riporta una valutazione sull'equivalenza dei sistemi posti a confronto, il campo di applicazione dello studio è stato definito in modo tale da consentire il confronto dei sistemi.

Rif. n°:	IT/ITE.20151012.0/1	Data Rapporto:	29/06/2015	File Name	_IT_Rapporto_Critical Review		
CONFIDENZIALE	Documento:	Rapporto di Critical Review	Rev. n°:	1	Pag. n°:	2 di 7	

I sistemi utilizzano la medesima unità funzionale e considerazioni metodologiche equivalenti, quali la prestazione, i confini del sistema, la qualità dei dati, le procedure di allocazione, le modalità di decisione sulla valutazione degli elementi in ingresso e in uscita e sulla valutazione dell'impatto.

Ogni differenza fra i sistemi relativa a questi parametri è stata identificata e messa in evidenza.

Lo studio è stato commissionato da Pro.mo, Gruppo merceologico che raccoglie, all'interno della Federazione Gomma Plastica aderente a Confindustria, le aziende operanti nel settore della produzione di stoviglie monouso in plastica.

Il Gruppo è costituito da 6 aziende italiane (Aristea Spa, Dopla SpA, Flo SpA, Ilpa SpA, Isap SpA e Tim Monouso)

SpA), e può ritenersi rappresentativo della produzione nazionale di stoviglie monouso in plastica coprendo circa l'80% del fatturato del settore.

Obiettivi e scopo dello studio

Gli obiettivi, lo scopo e il campo di applicazione sono stati indicati in modo chiaro; sono stati identificati i soggetti destinatari dello studio e le limitazioni dell'analisi.

Lo studio infatti riporta in dettaglio nel capitolo "campo di applicazione": la descrizione dell'unità funzionale, i confini del sistema, i criteri di cut off, i metodi di allocazione, le metodologie di valutazione degli impatti e categorie di impatto, le tipologie di sorgenti dei dati, la qualità dei dati, le limitazioni dello studio, le ipotesi generali, il confronto tra i sistemi e la descrizione del processo di Critical Review.

Il gruppo di verifica ha richiesto di dettagliare meglio nello studio i seguenti elementi:

1. Informazioni riguardanti il gruppo rappresentato dalla Pro.mo e della loro posizione \ rappresentatività nell'ambito della produzione di stoviglie monouso a livello Italiano.
2. Informazioni relative alle motivazioni che hanno spinto il gruppo Pro.Mo allo sviluppo dello studio LCA.

La revisione del report risulta integrata con tali informazioni (introduzione, § 1.2.8, allegato 2-A5.1).

Confini del sistema ed esclusioni

I confini del sistema sono stati chiaramente dichiarati e coprono l'intero ciclo di vita dei prodotti considerati dalla culla alla tomba (LCA cradle to grave). Si giudica tale approccio coerente con l'obiettivo dello studio.

Il ciclo di vita coinvolge i processi a monte e a valle della produzione, la produzione, la distribuzione, l'uso (ove applicabile) e lo smaltimento dei prodotti (fase di fine vita).

- ✓ Il gruppo di verifica ha richiesto di chiarire meglio al Paragrafo 1.2.2 le modalità di selezione dei processi di produzione indicati al paragrafo 1.2.2. e nel caso di omissioni dichiarare la loro assenza nel ciclo di vita.

La revisione del report risulta integrata con i chiarimenti richiesti (§ 1.2.2, 2.2.2, allegato 2-A5.2).

- ✓ Per quanto riguarda la completezza del ciclo di vita, relativamente ai contenuti al paragrafo 1.2.8.1, si è richiesto di chiarire la scelta di inserire nello scenario cautelativo per il PP e PS una componente pari al 50% di smaltimento in termovalorizzazione, mentre viene indicato lo 0% per gli altri materiali in esame

Il rapporto risulta modificato con inserimento di uno scenario di fine vita omogeneo.

- ✓ E' stato inoltre richiesto di chiarire nelle limitazioni dello studio l'aspetto correlato all'assenza di dati primari relativi ai processi di produzione delle stoviglie riutilizzabili e la ripercussione che tale limite può avere a fronte della valutazione sulla qualità dei dati e analisi di sensitività.

Rif. n°:	IT/ITE.20151012.0/1	Data Rapporto:	29/06/2015	File Name	_IT_Rapporto_Critical Review		
CONFIDENZIALE	Documento:	Rapporto di Critical Review	Rev. n°:	1	Pag. n°:	3 di 7	

La revisione del report risulta integrato con i chiarimenti richiesti (§ 1.2.9 –2.4.1.4 - 3.4.2).

Selezione degli indicatori ambientali

Le metodologie di valutazione degli impatti ambientali utilizzate nella fase di valutazione del LCIA sono:

1. **CML – IA baseline**, metodo midpoint, limitato alle 4 categorie di impatto: Riscaldamento Globale, Formazione di ossidanti fotochimici, Acidificazione ed Eutrofizzazione.
2. **ILCD 2011 Midpont+**, metodo midpoint con 16 categorie di impatto: Cambiamenti climatici, Riduzione dello strato di ozono, Ecotossicità – acqua dolce, Tossicità per gli esseri umani – effetti cancerogeni, Tossicità per gli esseri umani – effetti non cancerogeni, Particolato smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche, radiazioni ionizzate- effetti sulla salute umana, radiazione ionizzante – effetti sull'ecosistema, formazioni di ozono fotochimico , acidificazione, eutrofizzazione terrestre, eutrofizzazione acqua dolce, eutrofizzazione acqua di mare, impoverimento delle risorse – acqua, impoverimento delle risorse minerali, fossili, utilizzo del territorio

Altri aspetti metodologici

Il gruppo di verifica ha richiesto di chiarire nel rapporto i seguenti aspetti metodologici:

- ✓ In generale ogni dato specifico, oggetto di “elaborazioni” o stime, deve subire un processo di validazione che va descritto nello studio con particolare riferimento a:
 - Validazione a dimostrazione della rappresentatività dello stabilimento preso a campione per la produzione di stoviglie in plastica
 - Validazione dei dati (consumi energetici di produzione) per stoviglie monouso in PLA
 - Validazione dei dati (consumi energetici di produzione) per stoviglie monouso in polpa di cellulosa

L'analisi dei dati, criteri di validazione ed esito sono esplicitati nella revisione del report nell'Allegato 2.

L'allegato 2 Validazione dei dati riporta:

- *La validazione a dimostrazione della rappresentatività dello stabilimento preso a campione per la produzione di stoviglie in plastica. Il processo di validazione adottato parte da un processo di analisi e comparazione di informazioni qualitative, polimeri utilizzati e linee di produzione e di validazione statistica al fine di calcolare la media e deviazione standard del campione selezionato.*
- *La validazione a dimostrazione della rappresentatività dei dati specifici per la produzione di stoviglie in polpa di cellulosa. Confronto tra dati di impianto, ad oggi realizzato con il 50% in meno della sua capacità produttiva, e i dati di targa dichiarati nel contratto d'acquisto. I valori risultano coerenti con i dati relativi alla media di settore.*
- *La validazione dei dati sui consumi energetici di produzione per il PLA*

- ✓ Paragrafo 1.2.1
 - Chiarire i criteri di selezione per l' identificazione della “durata” delle stoviglie riutilizzabili e se disponibile inserire le fonti di riferimento.

La revisione del report risulta integrata con i chiarimenti richiesti (§ 1.2.1). Il rapporto dichiara l'assenza di una pubblicazione ufficiale di riferimento.

Rif. n°:	IT/ITE.20151012.0/1	Data Rapporto:	29/06/2015	File Name	_IT_Rapporto_Critical Review		
CONFIDENZIALE	Documento:	Rapporto di Critical Review	Rev. n°:	1	Pag. n°:	4 di 7	

Sebbene l'approccio utilizzato sia cautelativo (vista comunicazione Prof. Piergiovanni) si raccomanda, in caso di revisione \ aggiornamento dello studio, l'uso di pubblicazioni ufficiali se disponibili (quali articoli scientifici, dichiarazioni di prodotto, studi di settore).

- Specificare meglio il significato del termine “caratteristiche prestazionali” (se in riferimento alla qualità del prodotto o alle prestazioni ambientali) e come queste possono correlarsi ad uno scenario cautelativo.

La frase è stata sostituita ed intergrata “i pesi delle stoviglie monouso sono anch'essi cautelativi poiché sono state considerate le stoviglie con le migliori caratteristiche di robustezza, che utilizzano cioè maggiore quantità di materiale di base e conseguentemente risultano maggiormente impattanti dal punto di vista ambientali”.

✓ Paragrafo 1.2.3

Chiarire se gli impatti associati agli additivi sono effettivamente trascurabili.

Il paragrafo 1.2.3 nel rapporto risulta completamente riformulato, dichiarando un Cut Off in termini di massa del 2%, e sua applicazione esclusivamente alle specialities (molecole organiche coperte da brevetto) usate come additivi per le stoviglie monouso.

✓ Paragrafo 1.2.6

In merito ai dati di trasporto materie prime chiarire in quale tipologia di dati rientrano.

Il rapporto risulta integrato con il chiarimento richiesto; al paragrafo 1.2.6 viene chiarita l'origine dei dati relativi al trasporto e relativi all'approvvigionamento delle materie prime per i prodotti realizzati dalle aziende del Gruppo.

✓ Paragrafo 1.2.8:

Al fine di aumentare ulteriormente la trasparenza dello studio si richiede di intergere e chiarire alcuni aspetti quali ad esempio: l'estensione geografica di rappresentatività dei dati, i criteri utilizzati per la determinazione del numero di lavaggi per i bicchieri, il numero di aziende coinvolte nel progetto.

Il rapporto risulta integrato con i chiarimenti richiesti

✓ Paragrafo 2.2.2

- Risulta dichiarata una allocazione in massa, tale allocazione deve essere esplicitata al par 1.2.4

Il rapporto risulta integrato con modifica del paragrafo 1.2.4. con chiarimento in merito all'allocazione di massa fatta per i consumi generali.

- Specificare le modalità di calcolo dei consumi di energia ed acqua e come vengono considerati gli sfridi.

- *La revisione del report risulta integrato con i chiarimenti richiesti*

✓ Paragrafo 2.2.3

Chiarire l'origine dei dati relativi ai piatti in polpa

Il rapporto risulta integrato.

✓ Paragrafo 2.3.2

- Specificare con maggior dettaglio i riferimenti tecnici utilizzati per i dati di consumo delle lavastoviglie industriali ed allocazioni. Si ricorda che in caso di allocazione questa deve essere dichiarata nel paragrafo di riferimento.

La revisione del report risulta integrato con i chiarimenti richiesti (§2.3.2 e bibliografia)

✓ Paragrafo 2.4 - valutazione della qualità dei dati

Rif. n°:	IT/ITE.20151012.0/1	Data Rapporto:	29/06/2015	File Name	_IT_Rapporto_Critical Review		
CONFIDENZIALE	Documento:	Rapporto di Critical Review	Rev. n°:	1	Pag. n°:	5 di 7	

In riferimento alla valutazione sulla qualità valutare l'opportunità di estendere l'applicazione del modello proposto nello studio ad ogni tipologia di materia prima considerata.

Il rapporto risulta integrato, la valutazione sulla qualità dei dati è stata estesa ad ogni tipologia di materia prima.

- ✓ Paragrafo 2.3.3
Si raccomanda di valutare l'effettuazione di un'analisi di sensitività per valutare l'impatto dello scenario di espansione di sistema per il PLA e Polpa di cellulosa (compostaggio)
Il rapporto è stato integrato con l'analisi di sensitività che ha dimostrato come l'applicazione dell'approccio di espansione di sistema, nel caso del compostaggio di PLA e polpa di cellulosa, risulti ininfluente nei risultati finali
- ✓ Paragrafo 3.4.2
Inserire analisi di sensitività relativa alla variazione della durata della stoviglia riutilizzabile.
Il rapporto risulta integrato con i chiarimenti richiesti (§ 3.4.2 analisi 4)

Risultati e Interpretazione

Il gruppo di verifica ha giudicato un punto di forza il fatto che lo studio sia stato progettato e sviluppato utilizzando strumenti di analisi e database gestionali già presenti nell'azienda campione, che garantiscono il monitoraggio continuo dei dati.

Il risultato è presentato per unità funzionale sviluppato anche in funzione di tre scenari di fine vita differenti al fine di massimizzare la trasparenza nei confronti dei destinatari dello studio.

Lo studio riporta in appendice 2 i risultati dell'analisi di incertezza con metodo di Montecarlo, elemento di input utilizzato e commentato anche nelle conclusioni.

- ✓ In riferimento alle tipologie di materie prime utilizzate nella produzione delle stoviglie monouso e riutilizzabili il gruppo di verifica ha raccomandato di evidenziare le differenze della qualità dei dati anche nelle limitazioni dello studio.
Il rapporto dichiara in modo consapevole la limitazione riguardante la diversa tipologia di dati afferenti alle materie prime e ai processi.
- ✓ Paragrafo 4.3.1, 4.3.2
Il Gruppo di verifica ha richiesto di: rendere più coerenti con le ipotesi e l'analisi di sensitività i commenti in merito alle stoviglie riutilizzabili, di chiarire in merito alle stoviglie in polpa il percorso di validazione dei dati eseguita ed allegata allo studio, di riportare – se presenti – raccomandazioni sull'analisi dell'incertezza.
Il rapporto risulta integrato con i chiarimenti richiesti.

Comunicazione esterna

Ai fini della comunicazione esterna gli studi di LCA a sostegno delle asserzioni comparative destinate alla divulgazione al pubblico, devono comprendere quanto indicato ai punti 5.1, 5.2 e 5.3 della ISO 14044.

Come previsto dalla 14044, §5.2, informazioni riservate possono essere non incluse nel documento pubblico.

Il gruppo di verifica valuta lo studio LCA oggetto della presente Critical Review, autoportante (in termini di contenuti inclusi nello studio ai fini della comunicazione esterna) rispetto agli allegati 1 e 2 ove sono inserite informazioni sensibili. I risultati e le conclusioni dell'LCA sono comunicati in modo equo,

Rif. n°:	IT/ITE.20151012.0/1	Data Rapporto:	29/06/2015	File Name	_IT_Rapporto_Critical Review		
CONFIDENZIALE	Documento:	Rapporto di Critical Review	Rev. n°:	1	Pag. n°:	6 di 7	

completo e preciso al pubblico interessato. I dati, i metodi le ipotesi e le limitazioni sono trasparenti e presentati in modo sufficientemente dettagliato tale da permettere al lettore di capire le complessità dello studio.

3. Conclusioni

Il gruppo di verifica valuta che lo studio sia trasparente nella descrizione dell'analisi effettuata, dei principali contributi all'impatto considerato e dei risultati e relativi fattori di incertezza.

Il modello LCI risulta coerente con gli obiettivi dello studio e i dati campionati di riferimento per il LCI sono stati valutati attendibili.

Il software di calcolo scelto (SimaPro v8) le ipotesi e le scelte metodologiche (es. allocazioni \ limitazioni) sono appropriate rispetto agli obiettivi dichiarati.

Il gruppo di verifica incoraggia l'uso di dati e informazioni sempre più dettagliati e pertinenti ai processi coinvolti nel ciclo di vita dei prodotti, perché tale approccio potrà favorire la pianificazione di azioni che siano realmente incisive per la riduzione degli impatti.

Milano, 29/06/2015

Technical Reviewer: ANGELO FERLINI



Authorized by: PAOLA SANTARELLI



Technical Reviewer: ANGELO FERLINI

Authorized by: PAOLA SANTARELLI

SGS ITALIA S.p.A. – System and Service Certification Services

Via Caldera, 21 20153 MILANO - Italy

t + 39 0273931 f +39 0270109489

www.sgs.com

Rif. n°:	IT/ITE.20151012.0/1	Data Rapporto:	29/06/2015	File Name	_IT_Rapporto_Critical Review		
CONFIDENZIALE	Documento:	Rapporto di Critical Review	Rev. n°:	1	Pag. n°:	7 di 7	

Appendice 1 – Glossario delle categorie di impatto ambientale

Nella presente appendice si riportano le definizioni delle categorie di impatto utilizzate per la fasi di valutazione degli impatti del ciclo di vita (LCIA), relative ai metodi di caratterizzazione *CML-IA baseline* e *ILCD 2011 Midpoint+*. Si ricorda che le varie emissioni in aria, acqua e suolo, menzionate nelle definizioni - che consentono il calcolo delle categorie di impatto – riguardano l'intero ciclo di vita di un prodotto/servizio e non si riferiscono a emissioni direttamente rilasciate dal prodotto in esame.

ILCD 2011 Midpoint+ <i>(fonte: Raccomandazione della Commissione Europea 2013/179/UE)</i>	
Categoria di impatto	Definizione
Cambiamenti climatici	Categoria di impatto che si riferisce alla capacità di influenzare i cambiamenti della temperatura media globale dell'aria a livello del suolo e alle successive variazioni di diversi parametri climatici e dei loro effetti, come la frequenza e l'intensità delle tempeste, l'intensità di precipitazione e la frequenza delle piene, ecc.
Riduzione dello strato di ozono	Categoria di impatto che rappresenta la degradazione dell'ozono stratosferico dovuta alle emissioni di sostanze lesive dell'ozono, quali gas contenenti cloro e bromo di lunga durata (per esempio CFC, HCFC, halon).
Ecotossicità – acqua dolce	Categoria di impatto relativa agli impatti tossici su un ecosistema, che danneggiano le singole specie e modificano la struttura e la funzione dell'ecosistema. L'ecotossicità deriva da vari meccanismi tossicologici causati dall'emissione di sostanze aventi un effetto diretto sulla salute dell'ecosistema.
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	Categoria di impatto dell'impronta ambientale che rappresenta gli effetti negativi sulla salute degli esseri umani causati dall'assunzione di sostanze tossiche per inalazione di aria, ingestione di cibo/acqua, penetrazione cutanea, nella misura in cui si tratta di sostanze cancerogene.
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni	Categoria di impatto che rappresenta gli effetti negativi sulla salute degli esseri umani causati dall'assunzione di sostanze tossiche per inalazione di aria, ingestione di cibo/acqua, penetrazione cutanea, nella misura in cui si tratta di sostanze non cancerogene non causate da particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche o da radiazioni ionizzanti.
Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche	Categoria di impatto dell'impronta ambientale che rappresenta gli effetti avversi sulla salute umana causati dalle emissioni di particolato (PM) e dai suoi precursori (NO _x , SO _x , NH ₃).
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	Categoria di impatto che rappresenta gli effetti negativi sulla salute umana causati da emissioni radioattive.
Radiazione ionizzante – effetti sull'ecosistema	Categoria di impatto che riguarda le radiazioni ionizzanti sugli ecosistemi. Si esprime in CTUe, stima della frazione di specie potenzialmente interessate (PAF) al fenomeno, integrata nel corso del tempo e volume per unità di massa di un radionuclide emesso (PAF m ³ anno / kg).

Formazione di ozono fotochimico	Categoria di impatto che rappresenta la formazione di ozono al livello del suolo della troposfera causata da ossidazione fotochimica di composti organici volatili (VOC) e monossido di carbonio (CO) in presenza di ossidi di azoto (NO _x) e luce solare. Alte concentrazioni di ozono troposferico a livello del suolo risultano dannose per la vegetazione, le vie respiratorie dell'uomo e i materiali artificiali attraverso la reazione con materiali organici.
Acidificazione	Categoria di impatto che riguarda le ripercussioni delle sostanze acidificanti sull'ambiente. Le emissioni di NO _x , NH ₃ e SO _x comportano il rilascio di ioni idrogeno (H ⁺) quando i gas sono mineralizzati. I protoni favoriscono l'acidificazione dei suoli e delle acque, se rilasciati in superfici dove la capacità tampone è bassa, con conseguente deterioramento delle foreste e acidificazione dei laghi.
Eutrofizzazione – terrestre	I nutrienti (principalmente azoto e fosforo) di scarichi fognari e terreni agricoli fertilizzati accelerano la crescita di alghe e altra vegetazione nelle acque. Il deterioramento di materiale organico consuma ossigeno provocando così carenza dello stesso e, in alcuni casi, moria ittica. L'eutrofizzazione traduce la quantità di sostanze emesse in una misura comune espressa come l'ossigeno necessario per la decomposizione della necromassa.
Eutrofizzazione – acqua dolce	
Eutrofizzazione – acqua di mare	
Impoverimento delle risorse – acqua	Categoria di impatto che riguarda l'utilizzo di risorse naturali, rinnovabili e non rinnovabili, biotiche o abiotiche.
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	
Utilizzo del territorio	Categoria di impatto riguardante l'utilizzo (occupazione) e la conversione (trasformazione) del territorio con attività quali agricoltura, costruzione di strade, case, miniere, ecc. L'occupazione del suolo considera gli effetti della destinazione del suolo, la superficie del territorio interessato e la durata della sua occupazione (variazioni della qualità moltiplicate per superficie e durata). La trasformazione del suolo considera l'entità delle variazioni delle proprietà del suolo e la superficie interessata (variazioni della qualità moltiplicate per la superficie).

CML-IA baseline	
Categoria di impatto	Definizione
Riscaldamento globale	I cambiamenti climatici sono correlati alle emissioni di gas serra in atmosfera. I fattori di caratterizzazione, sviluppati dall'IPPC (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>), sono espressi come "Potenziale di riscaldamento globale" per un orizzonte temporale di 100 anni (GWP100), in kg CO ₂ equivalenti/kg emissione. L'indicatore è calcolato a scala globale.
Formazione di ossidanti fotochimici	All'interno di questa categoria sono raggruppate tutte quelle sostanze organiche volatili che contribuiscono alla formazione fotochimica (in presenza di radiazione solare) di ozono troposferico. Il fattore di caratterizzazione è il "Potenziale di creazione di ozono fotochimico (POCP)" e la sostanza di riferimento è l'etilene: di conseguenza il fattore viene espresso in kg C ₂ H ₄ equivalenti/kg emissione. L'indicatore

	varia con la scala spaziale di applicazione.
Acidificazione	L'indicatore di acidificazione è legato alle emissioni in aria di particolari sostanze acidificanti quali ossidi di azoto e ossidi di zolfo. I fattori di caratterizzazione sono espressi come "Potenziale di acidificazione (AP)" in kg SO ₂ equivalenti/kg emissione. La scala spaziale è variabile.
Eutrofizzazione	Questa categoria valuta l'aumento della concentrazione di sostanze nutritive in ambienti acquatici. Le sostanze che concorrono a tale fenomeno sono i composti a base di azoto e fosforo. Il fattore di caratterizzazione è il "Potenziale di eutrofizzazione (EP)" e la sostanza di riferimento è lo ione fosfato; il fattore viene espresso in kg PO ₄ ³⁻ equivalenti/kg emissione. La scala spaziale è variabile.

Appendice 2 - Risultati dell'analisi di incertezza con metodo Monte Carlo

La presente appendice riporta i risultati delle analisi di incertezza svolte con il software SimaPro. Si riportano separatamente i risultati relativi alla categorie di piatti e bicchieri.

A2.1 Analisi di incertezza – PIATTI

A2.1.1 Piatto in PP

Risultati incertezza – Metodo CML								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	kg SO ₂ eq.	1,79E-01	1,79E-01	6,49E-03	3,62%	1,68E-01	1,95E-01	1,14E-03
Eutrofizzazione	kg PO ₄ ³⁻ eq.	8,54E-02	7,80E-02	2,90E-02	34%	5,25E-02	1,64E-01	1,07E-02
Riscaldamento globale	kg CO ₂ eq.	6,43E+01	6,39E+01	4,20E+00	6,53%	5,72E+01	7,42E+01	2,07E-03
Formazione di ossidanti fotochimici	kg C ₂ H ₄ eq.	1,04E-02	1,03E-02	7,62E-04	7,31%	9,55E-03	1,21E-02	2,31E-03
Risultati incertezza – Metodo ILCD								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	moli H+ eq.	2,45E-01	2,44E-01	7,87E-03	3,22%	0,232	2,63E-01	1,02E-03
Cambiamenti climatici	kg CO ₂ eq.	5,44E+01	5,43E+01	1,06E+00	1,95%	52,7	5,70E+01	6,15E-04
Ecotossicità – acqua dolce	CTUe	1,48E+03	1,05E+03	1,40E+03	94,5%	442	4,74E+03	2,99E-02
Eutrofizzazione – acqua dolce	kg P eq.	6,40E-03	6,03E-03	1,70E-03	26,6%	0,00452	1,04E-02	8,41E-03
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	CTUh	1,76E-06	1,59E-06	1,07E-06	61,1%	9,76E-07	3,61E-06	1,93E-02
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancer.	CTUh	1,50E-05	1,38E-05	5,57E-05	373%	-8,9E-05	1,30E-04	1,18E-01
Radiazione ionizzante – effetti sull'ecosistema	CTUe	8,89E-05	8,85E-05	2,32E-06	2,61%	0,000086	9,54E-05	8,24E-04
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	kg di U ²³⁵ eq.	4,83E+00	4,28E+00	1,90E+00	39,3%	3,41	1,03E+01	1,24E-02
Utilizzo del territorio	kg C (carenza)	7,41E+01	7,20E+01	2,11E+01	28,5%	41,5	1,26E+02	9,00E-03
Eutrofizzazione – acqua di mare	kg di N eq.	8,00E-02	7,79E-02	1,20E-02	15%	0,063	1,10E-01	4,75E-03
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	kg di Sb eq.	1,42E-03	1,27E-03	7,84E-04	55,1%	0,000656	3,18E-03	1,74E-02
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq.	4,14E-06	3,95E-06	8,17E-07	19,8%	3,13E-06	6,24E-06	6,25E-03
Particolato/smog, emissioni di sostanze inorganiche	kg PM _{2,5} eq.	2,42E-02	2,40E-02	1,20E-03	4,94%	0,0223	2,73E-02	1,56E-03
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq.	1,87E-01	1,86E-01	5,08E-03	2,72%	0,178	1,98E-01	8,60E-04
Eutrofizzazione – terrestre	moli N eq.	5,03E-01	5,00E-01	1,87E-02	3,72%	0,472	5,45E-01	1,18E-03
Impoverimento delle risorse – acqua	m ³ di acqua	1,23E-01	1,57E-01	1,48E+00	1,21E3%	-2,79	3,01E+00	3,81E-01

A2.1.2 Piatto in PS

Risultati incertezza – Metodo CML								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	kg SO ₂ eq.	2,59E-01	2,59E-01	6,48E-03	2,5%	2,49E-01	2,74E-01	7,90E-04
Eutrofizzazione	kg PO ₄ ³⁻ eq.	1,44E-01	1,23E-01	7,77E-02	54,1%	6,99E-02	3,13E-01	1,71E-02
Riscaldamento globale	kg CO ₂ eq.	6,92E+01	6,90E+01	1,25E+00	1,8%	6,73E+01	7,22E+01	5,70E-04
Formazione di ossidanti fotochimici	kg C ₂ H ₄ eq.	1,51E-02	1,50E-02	6,76E-04	4,47%	1,42E-02	1,67E-02	1,41E-03
Risultati incertezza – Metodo ILCD								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	moli H+ eq.	3,11E-01	3,10E-01	8,55E-03	2,75%	2,98E-01	3,29E-01	8,70E-04
Cambiamenti climatici	kg CO ₂ eq.	6,92E+01	6,91E+01	1,28E+00	1,85%	6,73E+01	7,25E+01	5,86E-04
Ecotossicità – acqua dolce	CTUe	1,02E+03	8,74E+02	5,32E+02	51,9%	4,77E+02	2,48E+03	1,64E-02
Eutrofizzazione – acqua dolce	kg P eq.	5,73E-03	5,33E-03	1,58E-03	27,7%	3,75E-03	9,97E-03	8,75E-03
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	CTUh	2,12E-06	1,92E-06	8,84E-07	41,7%	1,16E-06	4,22E-06	1,32E-02
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancer.	CTUh	2,28E-05	2,33E-05	5,11E-05	224%	-8,02E-05	1,27E-04	7,09E-02
Radiazione ionizzante – effetti sull'ecosistema	CTUe	8,81E-05	8,75E-05	2,40E-06	2,72%	8,49E-05	9,44E-05	8,61E-04
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	kg di U ²³⁵ eq.	4,33E+00	3,81E+00	2,02E+00	46,6%	2,95E+00	8,49E+00	1,47E-02
Utilizzo del territorio	kg C (carenza)	7,09E+01	6,84E+01	1,94E+01	27,3%	4,10E+01	1,15E+02	8,64E-03
Eutrofizzazione – acqua di mare	kg di N eq.	9,24E-02	8,91E-02	1,45E-02	15,7%	7,31E-02	1,27E-01	4,96E-03
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	kg di Sb eq.	1,41E-03	1,25E-03	6,60E-04	46,8%	6,62E-04	3,14E-03	1,48E-02
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq.	3,87E-06	3,68E-06	8,78E-07	22,7%	2,83E-06	6,30E-06	7,17E-03
Particolato/smog, emissioni di sostanze inorganiche	kg PM _{2,5} eq.	3,01E-02	2,99E-02	1,26E-03	4,18%	2,82E-02	3,32E-02	1,32E-03
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq.	2,12E-01	2,12E-01	5,13E-03	2,41%	2,03E-01	2,23E-01	7,64E-04
Eutrofizzazione – terrestre	moli N eq.	5,95E-01	5,93E-01	1,75E-02	2,94%	5,64E-01	6,32E-01	9,29E-04
Impoverimento delle risorse – acqua	m ³ di acqua	1,45E-01	2,15E-01	1,40E+00	965%	-2,85E+00	2,69E+00	3,05E-01

A2.1.3 Piatto in PLA

Risultati incertezza – Metodo CML								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	kg SO ₂ eq.	5,19E-01	5,16E-01	3,83E-02	7,37%	4,53E-01	6,01E-01	2,33E-03
Eutrofizzazione	kg PO ₄ ³⁻ eq.	2,27E-01	2,20E-01	4,03E-02	17,8%	1,72E-01	3,33E-01	5,63E-03

Riscaldamento globale	kg CO ₂ eq.	9,61E+01	9,56E+01	5,11E+00	5,32%	8,73E+01	1,08E+02	1,68E-03
Formazione di ossidanti fotochimici	kg C ₂ H ₄ eq.	2,44E-02	2,42E-02	2,13E-03	8,73%	2,09E-02	2,89E-02	2,76E-03
Risultati incertezza – Metodo ILCD								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	moli H+ eq.	6,43E-01	6,37E-01	5,00E-02	7,78%	5,58E-01	7,56E-01	2,46E-03
Cambiamenti climatici	kg CO ₂ eq.	9,62E+01	9,56E+01	5,07E+00	5,27%	8,78E+01	1,07E+02	1,67E-03
Ecotossicità – acqua dolce	CTUe	2,66E+03	2,43E+03	1,19E+03	44,8%	1,25E+03	5,47E+03	1,42E-02
Eutrofizzazione – acqua dolce	kg P eq.	2,43E-02	2,22E-02	9,49E-03	39%	1,41E-02	4,83E-02	1,23E-02
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	CTUh	3,58E-06	2,79E-06	3,46E-06	96,8%	1,72E-06	1,09E-05	3,06E-02
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancer.	CTUh	3,69E-05	3,18E-05	8,05E-05	218%	-1,01E-04	1,97E-04	6,90E-02
Radiazione ionizzante – effetti sull'ecosistema	CTUe	3,00E-05	2,90E-05	6,04E-06	20,1%	2,16E-05	4,50E-05	6,36E-03
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	kg di U ²³⁵ eq.	1,06E+01	8,32E+00	8,52E+00	80,5%	5,39E+00	2,81E+01	2,55E-02
Utilizzo del territorio	kg C (carenza)	2,37E+02	2,64E+02	4,70E+03	1,98E3%	-8,91E+03	9,24E+03	6,26E-01
Eutrofizzazione – acqua di mare	kg di N eq.	2,52E-01	2,50E-01	2,69E-02	10,7%	2,05E-01	3,12E-01	3,37E-03
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	kg di Sb eq.	3,40E-03	3,11E-03	1,37E-03	40,3%	1,66E-03	6,93E-03	1,27E-02
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq.	8,22E-06	7,88E-06	1,99E-06	24,2%	5,64E-06	1,27E-05	7,66E-03
Particolato/smog, emissioni di sostanze inorganiche	kg PM _{2,5} eq.	6,05E-02	5,87E-02	8,74E-03	14,5%	4,80E-02	8,19E-02	4,57E-03
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq.	3,34E-01	3,33E-01	1,86E-02	5,59%	3,00E-01	3,73E-01	1,77E-03
Eutrofizzazione – terrestre	moli N eq.	1,33E+00	1,32E+00	1,01E-01	7,6%	1,16E+00	1,55E+00	2,40E-03
Impoverimento delle risorse – acqua	m ³ di acqua	2,53E+00	2,62E+00	1,13E+01	447%	-1,91E+01	2,39E+01	1,41E-01

A2.1.4 Piatto in Polpa di cellulosa

Risultati incertezza – Metodo CML								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	kg SO ₂ eq.	4,42E-01	4,38E-01	3,49E-02	7,91%	3,84E-01	5,23E-01	2,50E-03
Eutrofizzazione	kg PO ₄ ³⁻ eq.	3,58E-01	3,44E-01	8,78E-02	24,5%	2,29E-01	5,61E-01	7,74E-03
Riscaldamento globale	kg CO ₂ eq.	1,21E+02	1,20E+02	1,14E+01	9,44%	1,02E+02	1,47E+02	2,99E-03
Formazione di ossidanti fotochimici	kg C ₂ H ₄ eq.	2,72E-02	2,68E-02	3,08E-03	11,3%	2,21E-02	3,43E-02	3,58E-03
Risultati incertezza – Metodo ILCD								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	moli H+ eq.	5,27E-01	5,22E-01	4,16E-02	7,89%	4,61E-01	6,22E-01	2,49E-03

Cambiamenti climatici	kg CO ₂ eq.	1,22E+02	1,20E+02	1,18E+01	9,72%	1,02E+02	1,51E+02	3,07E-03
Ecotossicità – acqua dolce	CTUe	7,59E+02	7,60E+02	2,22E+03	292%	-3,41E+03	5,42E+03	9,24E-02
Eutrofizzazione – acqua dolce	kg P eq.	2,78E-02	2,50E-02	1,22E-02	44%	1,33E-02	5,96E-02	1,39E-02
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	CTUh	3,73E-06	3,54E-06	1,30E-05	349%	-1,93E-05	3,00E-05	1,10E-01
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancer.	CTUh	6,11E-05	6,60E-05	1,42E-03	2,33E3%	-2,64E-03	3,01E-03	7,36E-01
Radiazione ionizzante – effetti sull’ecosistema	CTUe	4,92E-05	4,87E-05	6,89E-06	14%	3,77E-05	6,48E-05	4,43E-03
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	kg di U ²³⁵ eq.	2,26E+01	1,74E+01	1,69E+01	74,9%	8,36E+00	6,56E+01	2,37E-02
Utilizzo del territorio	kg C (carenza)	2,00E+02	1,93E+02	6,45E+01	32,3%	9,35E+01	3,41E+02	1,02E-02
Eutrofizzazione – acqua di mare	kg di N eq.	5,35E-01	5,07E-01	1,57E-01	29,3%	3,10E-01	9,12E-01	9,28E-03
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	kg di Sb eq.	1,59E-03	1,46E-03	5,53E-04	34,9%	9,20E-04	2,96E-03	1,10E-02
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq.	1,33E-05	1,28E-05	2,81E-06	21,2%	8,77E-06	2,02E-05	6,70E-03
Particolato/smog, emissioni di sostanze inorganiche	kg PM _{2,5} eq.	3,79E-02	3,76E-02	3,27E-03	8,62%	3,25E-02	4,57E-02	2,73E-03
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq.	2,86E-01	2,83E-01	2,69E-02	9,39%	2,43E-01	3,47E-01	2,97E-03
Eutrofizzazione – terrestre	moli N eq.	9,38E-01	9,26E-01	1,07E-01	11,4%	7,61E-01	1,19E+00	3,60E-03
Impoverimento delle risorse – acqua	m ³ di acqua	-3,21E+00	4,14E+00	8,28E+01	-2,58E3%	-1,83E+02	1,37E+02	-8,15E-01

A2.1.5 Piatto in Porcellana

Risultati incertezza – Metodo CML								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	kg SO ₂ eq.	6,28E-02	6,25E-02	7,09E-03	11,3%	5,00E-02	7,80E-02	3,57E-03
Eutrofizzazione	kg PO ₄ ³⁻ eq.	2,00E-02	1,96E-02	8,42E-03	42%	4,82E-03	3,81E-02	1,33E-02
Riscaldamento globale	kg CO ₂ eq.	1,76E+01	1,78E+01	7,26E+00	41,1%	2,73E+00	3,23E+01	1,30E-02
Formazione di ossidanti fotochimici	kg C ₂ H ₄ eq.	5,38E-03	5,30E-03	8,02E-04	14,9%	4,09E-03	7,23E-03	4,71E-03
Risultati incertezza – Metodo ILCD								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	moli H+ eq.	7,85E-02	7,81E-02	8,14E-03	10,4%	6,43E-02	9,60E-02	3,28E-03
Cambiamenti climatici	kg CO ₂ eq.	1,75E+01	1,69E+01	7,13E+00	40,8%	3,30E+00	3,19E+01	1,29E-02
Ecotossicità – acqua dolce	CTUe	1,57E+03	1,12E+03	2,39E+04	1,52E3%	-4,48E+04	4,94E+04	4,82E-01
Eutrofizzazione – acqua dolce	kg P eq.	2,91E-03	2,55E-03	1,41E-03	48,6%	1,29E-03	6,48E-03	1,54E-02
Tossicità per effetti cancerogeni	CTUh	3,30E-07	2,61E-07	2,66E-06	806%	-4,87E-06	5,55E-06	2,55E-01
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancer.	CTUh	2,07E-03	1,99E-03	2,92E-02	1,41E3%	-5,64E-02	5,98E-02	4,46E-01

Radiazione ionizzante – effetti sull’ecosistema	CTUe	4,23E-06	4,12E-06	8,23E-07	19,4%	2,97E-06	6,05E-06	6,15E-03
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	kg di U ²³⁵ eq.	1,85E+00	1,27E+00	1,77E+00	95,7%	5,66E-01	6,95E+00	3,02E-02
Utilizzo del territorio	kg C (carenza)	1,28E+02	1,25E+02	3,53E+01	27,6%	6,84E+01	2,11E+02	8,74E-03
Eutrofizzazione – acqua di mare	kg di N eq.	2,19E-02	2,13E-02	6,73E-03	30,8%	1,02E-02	3,66E-02	9,73E-03
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	kg di Sb eq.	8,88E-04	7,80E-04	4,53E-04	51%	4,57E-04	1,98E-03	1,61E-02
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq.	1,66E-06	1,59E-06	3,87E-07	23,4%	1,07E-06	2,57E-06	7,39E-03
Particolato/smog, emissioni di sostanze inorganiche	kg PM _{2,5} eq.	1,31E-02	1,28E-02	2,35E-03	17,9%	9,54E-03	1,86E-02	5,65E-03
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq.	3,69E-02	3,65E-02	5,70E-03	15,5%	2,67E-02	4,97E-02	4,89E-03
Eutrofizzazione – terrestre	moli N eq.	1,46E-01	1,45E-01	2,62E-02	18%	9,85E-02	2,01E-01	5,68E-03
Impoverimento delle risorse – acqua	m ³ di acqua	8,34E-01	2,04E+00	1,20E+01	1,44E3%	-2,56E+01	2,12E+01	4,54E-01

A2.2 Analisi di incertezza – BICCHIERI

A2.2.1 Bicchiere in PP

Risultati incertezza – Metodo CML								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	kg SO ₂ eq.	9,24E-02	9,22E-02	2,50E-03	2,71%	8,81E-02	9,85E-02	8,57E-04
Eutrofizzazione	kg PO ₄ ³⁻ eq.	5,02E-02	4,37E-02	2,49E-02	49,6%	2,59E-02	1,18E-01	1,57E-02
Riscaldamento globale	kg CO ₂ eq.	2,51E+01	2,50E+01	4,53E-01	1,8%	2,44E+01	2,61E+01	5,71E-04
Formazione di ossidanti fotochimici	kg C ₂ H ₄ eq.	5,47E-03	5,43E-03	2,27E-04	4,14%	5,14E-03	6,01E-03	1,31E-03
Risultati incertezza – Metodo ILCD								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	moli H+ eq.	1,11E-01	1,10E-01	3,43E-03	3,1%	1,06E-01	1,19E-01	9,81E-04
Cambiamenti climatici	kg CO ₂ eq.	2,51E+01	2,50E+01	4,48E-01	1,78%	2,44E+01	2,61E+01	5,64E-04
Ecotossicità – acqua dolce	CTUe	5,90E+02	4,39E+02	5,28E+02	89,4%	1,74E+02	1,90E+03	2,83E-02
Eutrofizzazione – acqua dolce	kg P eq.	2,44E-03	2,36E-03	4,05E-04	16,6%	1,93E-03	3,50E-03	5,25E-03
Tossicità per i mammiferi - effetti cancerogeni	CTUh	7,41E-07	6,75E-07	3,12E-07	42%	4,30E-07	1,55E-06	1,33E-02
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancer.	CTUh	4,97E-06	4,56E-06	2,64E-05	530%	-4,71E-05	6,19E-05	1,68E-01
Radiazione ionizzante – effetti sull’ecosistema	CTUe	4,66E-06	4,46E-06	9,09E-07	19,5%	3,53E-06	7,02E-06	6,17E-03
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	kg di U ²³⁵ eq.	1,72E+00	1,62E+00	4,17E-01	24,2%	1,40E+00	2,56E+00	7,66E-03
Utilizzo del territorio	kg C (carenza)	2,96E+01	2,90E+01	8,73E+00	29,5%	1,47E+01	5,02E+01	9,32E-03

Eutrofizzazione – acqua di mare	kg di N eq.	3,23E-02	3,15E-02	4,38E-03	13,6%	2,63E-02	4,36E-02	4,29E-03
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	kg di Sb eq.	5,39E-04	4,76E-04	2,54E-04	47,2%	2,62E-04	1,16E-03	1,49E-02
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq.	1,71E-06	1,63E-06	3,36E-07	19,6%	1,33E-06	2,56E-06	6,20E-03
Particolato/smog, emissioni di sostanze inorganiche	kg PM _{2,5} eq.	1,09E-02	1,08E-02	4,64E-04	4,27%	1,01E-02	1,20E-02	1,35E-03
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq.	8,64E-02	8,62E-02	2,01E-03	2,33%	8,30E-02	9,05E-02	7,37E-04
Eutrofizzazione – terrestre	moli N eq.	2,23E-01	2,22E-01	7,03E-03	3,15%	2,11E-01	2,38E-01	9,95E-04
Impoverimento delle risorse – acqua	m ³ di acqua	5,09E-02	5,38E-02	3,60E-01	707%	-6,79E-01	7,63E-01	2,24E-01

A2.2.2 Bicchiere in PS

Risultati incertezza – Metodo CML								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	kg SO ₂ eq.	1,18E-01	1,17E-01	2,49E-03	2,11%	1,13E-01	1,23E-01	6,68E-04
Eutrofizzazione	kg PO ₄ ³⁻ eq.	5,69E-02	4,96E-02	2,66E-02	46,7%	2,80E-02	1,29E-01	1,48E-02
Riscaldamento globale	kg CO ₂ eq.	3,32E+01	3,31E+01	5,41E-01	1,63%	3,24E+01	3,45E+01	5,16E-04
Formazione di ossidanti fotochimici	kg C ₂ H ₄ eq.	7,26E-03	7,21E-03	2,64E-04	3,64%	6,90E-03	7,92E-03	1,15E-03
Risultati incertezza – Metodo ILCD								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	moli H+ eq.	1,41E-01	1,41E-01	2,91E-03	2,06%	1,37E-01	1,48E-01	6,50E-04
Cambiamenti climatici	kg CO ₂ eq.	3,32E+01	3,31E+01	5,08E-01	1,53%	3,24E+01	3,43E+01	4,85E-04
Ecotossicità – acqua dolce	CTUe	4,13E+02	3,56E+02	2,31E+02	55,8%	1,77E+02	9,73E+02	1,77E-02
Eutrofizzazione – acqua dolce	kg P eq.	2,09E-03	2,01E-03	4,42E-04	21,1%	1,52E-03	3,29E-03	6,67E-03
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	CTUh	9,21E-07	8,28E-07	3,90E-07	42,4%	5,02E-07	1,89E-06	1,34E-02
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancer.	CTUh	9,23E-06	8,13E-06	2,54E-05	275%	-3,96E-05	5,88E-05	8,71E-02
Radiazione ionizzante – effetti sull'ecosistema	CTUe	4,20E-06	3,98E-06	9,28E-07	22,1%	3,12E-06	6,52E-06	7,00E-03
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	kg di U ²³⁵ eq.	1,50E+00	1,42E+00	2,84E-01	19%	1,20E+00	2,24E+00	6,01E-03
Utilizzo del territorio	kg C (carenza)	2,84E+01	2,76E+01	8,70E+00	30,7%	1,39E+01	4,78E+01	9,70E-03
Eutrofizzazione – acqua di mare	kg di N eq.	3,82E-02	3,72E-02	5,50E-03	14,4%	3,09E-02	5,22E-02	4,55E-03
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	kg di Sb eq.	5,37E-04	4,76E-04	2,62E-04	48,7%	2,52E-04	1,22E-03	1,54E-02
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq.	1,55E-06	1,49E-06	3,16E-07	20,3%	1,18E-06	2,35E-06	6,42E-03
Particolato/smog, emissioni di sostanze inorganiche	kg PM _{2,5} eq.	1,35E-02	1,35E-02	4,75E-04	3,51%	1,28E-02	1,47E-02	1,11E-03
Formazione di ozono	kg NMVOC	9,60E-02	9,58E-02	2,01E-03	2,1%	9,27E-02	1,00E-01	6,63E-04

fotochimico	eq.							
Eutrofizzazione – terrestre	moli N eq.	2,67E-01	2,66E-01	7,36E-03	2,76%	2,55E-01	2,81E-01	8,73E-04
Impoverimento delle risorse – acqua	m ³ di acqua	6,23E-02	5,45E-02	3,83E-01	615%	-7,03E-01	8,09E-01	1,95E-01

A2.2.3 Bicchiere in PLA

Risultati incertezza – Metodo CML								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	kg SO ₂ eq.	2,00E-01	1,98E-01	1,50E-02	7,52%	1,76E-01	2,34E-01	2,38E-03
Eutrofizzazione	kg PO ₄ ³⁻ eq.	8,72E-02	8,48E-02	1,44E-02	16,5%	6,78E-02	1,22E-01	5,23E-03
Riscaldamento globale	kg CO ₂ eq.	3,73E+01	3,71E+01	1,88E+00	5,03%	3,42E+01	4,14E+01	1,59E-03
Formazione di ossidanti fotochimici	kg C ₂ H ₄ eq.	9,49E-03	9,39E-03	8,41E-04	8,87%	8,12E-03	1,14E-02	2,80E-03
Risultati incertezza – Metodo ILCD								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	moli H ⁺ eq.	2,46E-01	2,45E-01	1,95E-02	7,91%	2,14E-01	2,89E-01	2,50E-03
Cambiamenti climatici	kg CO ₂ eq.	3,73E+01	3,71E+01	1,95E+00	5,23%	3,40E+01	4,15E+01	1,66E-03
Ecotossicità – acqua dolce	CTUe	1,05E+03	9,31E+02	4,76E+02	45,1%	5,04E+02	2,29E+03	1,43E-02
Eutrofizzazione – acqua dolce	kg P eq.	9,32E-03	8,65E-03	3,00E-03	32,2%	5,48E-03	1,64E-02	1,02E-02
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	CTUh	1,38E-06	1,08E-06	1,55E-06	112%	6,86E-07	3,62E-06	3,56E-02
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancer.	CTUh	1,62E-05	1,55E-05	2,67E-05	165%	-3,54E-05	7,04E-05	5,20E-02
Radiazione ionizzante – effetti sull'ecosistema	CTUe	1,18E-05	1,14E-05	2,38E-06	20,1%	8,57E-06	1,79E-05	6,35E-03
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	kg di U ²³⁵ eq.	4,22E+00	3,35E+00	2,84E+00	67,3%	2,20E+00	1,15E+01	2,13E-02
Utilizzo del territorio	kg C (carezza)	9,48E+01	1,11E+02	1,84E+03	1,94E3%	-3,59E+03	3,81E+03	6,15E-01
Eutrofizzazione – acqua di mare	kg di N eq.	9,75E-02	9,68E-02	9,76E-03	10%	7,99E-02	1,18E-01	3,16E-03
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	kg di Sb eq.	1,32E-03	1,19E-03	5,19E-04	39,3%	7,18E-04	2,61E-03	1,24E-02
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq.	3,25E-06	3,08E-06	7,42E-07	22,8%	2,32E-06	5,33E-06	7,22E-03
Particolato/smog, emissioni di sostanze inorganiche	kg PM _{2,5} eq.	2,32E-02	2,25E-02	3,44E-03	14,8%	1,84E-02	3,10E-02	4,68E-03
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq.	1,28E-01	1,27E-01	7,17E-03	5,6%	1,15E-01	1,43E-01	1,77E-03
Eutrofizzazione – terrestre	moli N eq.	5,05E-01	5,01E-01	3,63E-02	7,18%	4,41E-01	5,85E-01	2,27E-03
Impoverimento delle risorse – acqua	m ³ di acqua	9,25E-01	8,84E-01	4,59E+00	495%	-7,42E+00	1,04E+01	1,57E-01

A2.2.4 Bicchiere in cartoncino

Risultati incertezza – Metodo CML								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	kg SO ₂ eq.	6,10E-02	6,00E-02	8,28E-03	13,6%	4,75E-02	7,99E-02	4,29E-03
Eutrofizzazione	kg PO ₄ ³⁻ eq.	3,74E-02	3,49E-02	1,12E-02	29,8%	2,36E-02	6,49E-02	9,43E-03
Riscaldamento globale	kg CO ₂ eq.	1,79E+01	1,74E+01	3,48E+00	19,5%	1,26E+01	2,62E+01	6,16E-03
Formazione di ossidanti fotochimici	kg C ₂ H ₄ eq.	5,43E-03	5,33E-03	9,99E-04	18,4%	3,91E-03	7,76E-03	5,82E-03
Risultati incertezza – Metodo ILCD								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	moli H+ eq.	6,98E-02	6,92E-02	9,59E-03	13,7%	5,35E-02	9,08E-02	4,34E-03
Cambiamenti climatici	kg CO ₂ eq.	1,78E+01	1,73E+01	3,38E+00	19%	1,29E+01	2,59E+01	6,00E-03
Ecotossicità – acqua dolce	CTUe	1,02E+02	9,59E+01	3,24E+01	31,8%	5,85E+01	1,82E+02	1,01E-02
Eutrofizzazione – acqua dolce	kg P eq.	2,42E-03	2,39E-03	4,48E-04	18,5%	1,68E-03	3,39E-03	5,86E-03
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	CTUh	4,76E-07	4,57E-07	1,36E-07	28,6%	3,14E-07	7,00E-07	9,03E-03
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancer.	CTUh	3,60E-06	4,07E-06	1,50E-05	416%	-2,85E-05	3,26E-05	1,32E-01
Radiazione ionizzante – effetti sull'ecosistema	CTUe	3,70E-06	3,60E-06	7,17E-07	19,4%	2,57E-06	5,40E-06	6,13E-03
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	kg di U ²³⁵ eq.	1,16E+00	1,11E+00	2,64E-01	22,8%	7,82E-01	1,79E+00	7,22E-03
Utilizzo del territorio	kg C (carenza)	1,34E+02	1,32E+02	2,55E+01	19,1%	8,82E+01	1,90E+02	6,03E-03
Eutrofizzazione – acqua di mare	kg di N eq.	3,83E-02	3,73E-02	6,30E-03	16,5%	2,77E-02	5,26E-02	5,21E-03
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	kg di Sb eq.	3,93E-04	3,56E-04	1,76E-04	44,7%	2,24E-04	8,23E-04	1,41E-02
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq.	3,87E-05	3,72E-05	9,39E-06	24,2%	2,30E-05	6,01E-05	7,66E-03
Particolato/smog, emissioni di sostanze inorganiche	kg PM _{2,5} eq.	1,86E-02	1,84E-02	3,28E-03	17,6%	1,31E-02	2,62E-02	5,57E-03
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq.	5,88E-02	5,84E-02	6,41E-03	10,9%	4,71E-02	7,21E-02	3,45E-03
Eutrofizzazione – terrestre	moli N eq.	1,66E-01	1,65E-01	2,22E-02	13,4%	1,28E-01	2,15E-01	4,23E-03
Impoverimento delle risorse – acqua	m ³ di acqua	2,06E-02	1,90E-02	2,20E-01	1,07E3%	-4,45E-01	4,47E-01	3,37E-01

A2.2.5 Bicchiere in vetro

Risultati incertezza – Metodo CML								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	kg SO ₂ eq.	3,03E-02	3,03E-02	3,22E-03	10,6%	2,46E-02	3,77E-02	3,35E-03
Eutrofizzazione	kg PO ₄ ³⁻ eq.	9,51E-03	9,24E-03	4,00E-03	42,1%	2,15E-03	1,80E-02	1,33E-02

Riscaldamento globale	kg CO ₂ eq.	8,26E+00	8,04E+00	3,70E+00	44,8%	1,35E+00	1,65E+01	1,42E-02
Formazione di ossidanti fotochimici	kg C ₂ H ₄ eq.	2,60E-03	2,54E-03	3,82E-04	14,7%	1,95E-03	3,49E-03	4,66E-03
Risultati incertezza – Metodo ILCD								
Categoria d'impatto	Unità	Media	Mediana	SD	CV (Coef. di Variaz.)	2,5%	97,5%	Err. std. di media
Acidificazione	moli H+ eq.	3,84E-02	3,79E-02	4,17E-03	10,9%	3,13E-02	4,75E-02	3,44E-03
Cambiamenti climatici	kg CO ₂ eq.	8,54E+00	8,54E+00	3,76E+00	44,1%	1,20E+00	1,60E+01	1,39E-02
Ecotossicità – acqua dolce	CTUe	5,15E+01	-2,68E+02	1,19E+04	2,32E4%	-2,32E+04	2,34E+04	7,34E+00
Eutrofizzazione – acqua dolce	kg P eq.	1,33E-03	1,20E-03	5,73E-04	43%	6,05E-04	2,73E-03	1,36E-02
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	CTUh	3,20E-07	3,55E-07	1,29E-06	401%	-2,16E-06	2,97E-06	1,27E-01
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancer.	CTUh	3,81E-04	-4,19E-04	1,50E-02	3,92E3%	-2,76E-02	3,18E-02	1,24E+00
Radiazione ionizzante – effetti sull'ecosistema	CTUe	2,08E-06	2,01E-06	4,14E-07	19,9%	1,44E-06	3,06E-06	6,28E-03
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	kg di U ²³⁵ eq.	9,55E-01	6,27E-01	1,11E+00	117%	2,85E-01	3,90E+00	3,69E-02
Utilizzo del territorio	kg C (carezza)	6,25E+01	6,08E+01	1,88E+01	30%	2,96E+01	1,03E+02	9,49E-03
Eutrofizzazione – acqua di mare	kg di N eq.	1,13E-02	1,09E-02	3,49E-03	31%	5,38E-03	2,00E-02	9,80E-03
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	kg di Sb eq.	4,35E-04	3,75E-04	2,24E-04	51,5%	2,19E-04	1,03E-03	1,63E-02
Riduzione dello strato di ozono	kg CFC-11 eq.	8,22E-07	7,91E-07	2,12E-07	25,8%	5,24E-07	1,31E-06	8,16E-03
Particolato/smog, emissioni di sostanze inorganiche	kg PM _{2,5} eq.	4,53E-03	4,38E-03	8,77E-04	19,4%	3,25E-03	6,81E-03	6,12E-03
Formazione di ozono fotochimico	kg NMVOC eq.	1,83E-02	1,80E-02	2,99E-03	16,4%	1,29E-02	2,49E-02	5,17E-03
Eutrofizzazione – terrestre	moli N eq.	7,31E-02	7,21E-02	1,37E-02	18,8%	4,94E-02	1,03E-01	5,95E-03
Impoverimento delle risorse – acqua	m ³ di acqua	9,68E-02	7,51E-01	5,87E+00	6,06E3%	-1,24E+01	1,06E+01	1,92E+00

Appendice 3 – Matrice di qualità dei dati PEF

Livello di qualità	Indice di qualità	Definizione	Completezza	Adeguatezza e coerenza metodologiche	Rappresentatività temporale	Rappresentatività tecnologica	Rappresentatività geografica	Incertezza dei parametri
			Da valutare rispetto all'ambito di ciascuna categoria di impatto ambientale e in confronto a una qualità dei dati ideale ipotetica.	I metodi di inventario del ciclo di vita applicati e le scelte metodologiche (per esempio, allocazione, sostituzione e simili) sono in linea con l'obiettivo e l'ambito del set di dati, soprattutto con le sue applicazioni previste quale sostegno alle decisioni. I metodi sono inoltre stati applicati in modo coerente tra tutti i dati (*).	Grado al quale il set di dati riflette le condizioni specifiche del sistema in esame riguardo al tempo/all'età dei dati e compresi gli eventuali set di dati di background. Commento: ossia dell'anno interessato (e delle eventuali differenze annuali o giornaliere).	Grado al quale il set di dati riflette la popolazione effettiva interessata per quanto riguarda la tecnologia, compresi gli eventuali set di dati di background. Commento: ossia delle caratteristiche tecnologiche, ivi comprese le condizioni operative.	Grado al quale il set di dati riflette la popolazione effettiva interessata per quanto riguarda la geografia, compresi gli eventuali set di dati di background. Commento: ossia del luogo/sito, della regione, del paese, del mercato, del continente interessato e così via.	Giudizio qualitativo di esperti o deviazione relativa dalle norme come % se si utilizza una simulazione di Montecarlo. Commento: la valutazione dell'incertezza riguarda unicamente i dati relativi al profilo di utilizzo delle risorse e di emissioni e non la valutazione di impatto dell'impronta ambientale.
Molto buono	1	Soddisfa il criterio a un grado molto elevato, senza richiedere alcun miglioramento.	Completezza molto buona (≥ 90 %)	Piena conformità a tutti i requisiti della guida sulla PEF	Specifico per il contesto	Specifico per il contesto	Specifico per il contesto	Incertezza molto bassa Incertezza molto bassa (≤ 10 %)
Buono	2	Soddisfa il criterio a un grado elevato, con scarsa esigenza di miglioramenti.	Buona completezza (tra 80% e 90%)	Metodo basato su un processo attributivo (*) E: Sono soddisfatti i tre requisiti relativi ai metodi previsti dalla guida sulla PEF di seguito riportati: — viene affrontata la questione della multifunzionalità — Modellazione di fine vita — confine del sistema	Specifico per il contesto	Specifico per il contesto	Specifico per il contesto	Incertezza bassa Incertezza bassa (tra 10% e 20%)
Soddisfacente	3	Soddisfa il criterio a un grado accettabile, tuttavia richiede un miglioramento.	Completezza soddisfacente (tra 70% e 80%)	Metodo basato su un processo attributivo E: Sono soddisfatti due dei tre requisiti relativi ai metodi previsti dalla guida sulla PEF di seguito riportati: — viene affrontata la questione della multifunzionalità — Modellazione di fine vita — confine del sistema	Specifico per il contesto	Specifico per il contesto	Specifico per il contesto	Incertezza accettabile Incertezza accettabile (tra 20% e 30%)
Scarso	4	Non soddisfa il criterio a un grado sufficiente. Richiede miglioramenti.	Scarsa completezza (tra 50% e 70%)	Metodo basato su un processo attributivo E: È soddisfatto uno dei tre requisiti relativi ai metodi previsti dalla guida sulla PEF di seguito riportati: — viene affrontata la questione della multifunzionalità — Modellazione di fine vita — confine del sistema	Specifico per il contesto	Specifico per il contesto	Specifico per il contesto	Incertezza elevata Incertezza elevata (tra 30% e 50%)
Molto scarso	5	Non soddisfa il criterio. Sono necessari miglioramenti sostanziali O: Questo criterio non è stato giudicato/esaminato o la sua qualità non ha potuto essere verificata/non è nota.	Completezza molto scarsa o non nota (< 50 %)	Metodo basato su un processo attributivo MA: Non è soddisfatto nessuno dei tre requisiti relativi ai metodi previsti dalla guida sulla PEF di seguito riportati: — viene affrontata la questione della multifunzionalità — Modellazione di fine vita — confine del sistema	Specifico per il contesto	Specifico per il contesto	Specifico per il contesto	Incertezza molto elevata Incertezza molto elevata (> 50 %)

Appendice 4 – Matrice di correlazione dei requisiti per il report di comunicazione esterna

La seguente tabella consente di identificare la collocazione delle informazioni richieste per il report di comunicazione esterna dallo standard ISO 14044 (punti 5.2 e 5.3.1), indicando il paragrafo in cui ogni singolo requisito viene preso in considerazione nel presente rapporto di LCA.

a) Aspetti generali	
Requisito	Paragrafo
1) chi commissiona e chi realizza l'LCA (interni o esterni);	Frontespizio e 1^pagina
2) la data del rapporto;	Frontespizio
3) la dichiarazione che lo studio è stato condotto secondo i requisiti della presente norma internazionale.	Introduzione
b) Obiettivo dello studio	
Requisito	Paragrafo
1) motivazioni per effettuare lo studio;	1.1.1
2) sue applicazioni previste;	1.1.2
3) i destinatari dello studio;	1.1.2
4) indicazioni che precisano se lo studio è destinato ad essere usato per sostenere asserzioni comparative destinate alla divulgazione al pubblico.	1.1.2
c) Campo di applicazione dello studio	
Requisito	Paragrafo
1) la funzione, ad inclusione di: i) dichiarazione delle caratteristiche prestazionali, e ii) ogni omissione di funzioni aggiuntive nei confronti;	1.2.1
2) unità funzionale, ad inclusione di: i) coerenza con l'obiettivo e il campo di applicazione, ii) definizione, iii) risultato della misurazione della prestazione;	1.2.1
3) confine del sistema, comprendente: i) omissioni di fasi, di processi o dati necessari del ciclo di vita, ii) quantificazione dei flussi di energia e materiali in ingresso e in uscita, e iii) ipotesi sulla produzione di elettricità;	1.2.2
4) criteri di esclusione per l'inclusione iniziale degli elementi in ingresso e in uscita, comprendenti: i) descrizione dei criteri di esclusione e delle ipotesi, ii) effetto della scelta sui risultati, iii) inclusione dei criteri di esclusione di massa, di energia e di ambiente;	1.2.3
d) Analisi dell'inventario del ciclo di vita	
Requisito	Paragrafo
1) procedimenti di raccolta dei dati;	2.1, 2.2, 2.3
2) descrizione qualitativa e quantitativa di processi unitari;	2.1, 2.2, 2.3
3) fonti della letteratura pubblicata;	2.1, 2.2, 2.3
4) procedure di calcolo;	2.1, 2.2, 2.3

5) validazione dei dati, comprendente: i) valutazione della qualità dei dati, e ii) trattamento dei dati mancanti;	2.4
6) analisi di sensibilità per correggere i confini del sistema;	3.4.2
7) principi e procedimenti di allocazione, comprendenti: i) documentazione e giustificazione dei procedimenti di allocazione, e ii) applicazione uniforme dei procedimenti di allocazione.	1.2.4
e) Valutazione dell'impatto del ciclo di vita, se applicabile	
Requisito	Paragrafo
1) le procedure dell'LCIA, i calcoli e i risultati dello studio;	3, 3.1
2) le limitazioni dei risultati dell'LCIA relativi all'obiettivo e al campo di applicazione definiti dell'LCA;	n.a
3) la relazione dei risultati dell'LCIA rispetto all'obiettivo e al campo di applicazione;	3
4) la relazione dei risultati dell'LCIA rispetto ai risultati dell'LCI;	3
5) le categorie di impatto e gli indicatori di categoria considerati, compreso un rationale per la loro selezione e un riferimento alla fonte;	1.2.5, Appendice 1
6) le descrizioni o il riferimento a tutti i modelli di caratterizzazione, i fattori di caratterizzazione e i metodi utilizzati, incluse tutte le ipotesi e limitazioni;	1.2.5, 3
7) le descrizioni o il riferimento a tutte le scelte di valori utilizzate in relazione alle categorie di impatto, ai modelli di caratterizzazione, ai fattori di caratterizzazione, a normalizzazione, raggruppamento, ponderazione e, in altri punti dell'LCIA, una giustificazione per il loro uso e influenza su risultati, conclusioni e raccomandazioni;	1.2.5, 3
8) una dichiarazione che i risultati dell'LCIA sono espressioni relative e non prevedono impatti sulle finalità di categoria, superamenti delle soglie, margini di sicurezza o rischi. e, quando inclusi come parte dell'LCA, anche:	3
i) una descrizione e giustificazione della definizione e descrizione di tutte le nuove categorie di impatto, indicatori di categoria o modelli di caratterizzazione utilizzati per l'LCIA,	1.2.5, Appendice 1
ii) una dichiarazione e giustificazione degli eventuali raggruppamenti delle categorie di impatto,	n.a
iii) tutte le ulteriori procedure che trasformano i risultati degli indicatori e una giustificazione dei riferimenti selezionati, fattori di ponderazione, ecc.,	n.a
iv) qualsiasi analisi dei risultati degli indicatori, per esempio l'analisi di sensibilità e incertezza o l'uso di dati ambientali, comprese le implicazioni per i risultati, e	3.4.1, 3.4.2
v) i dati e i risultati degli indicatori raggiunti prima di normalizzazione, raggruppamento o ponderazione dovrebbero essere resi disponibili unitamente ai risultati della normalizzazione, del raggruppamento o della ponderazione.	n.a
f) Interpretazione del ciclo di vita	
Requisito	Paragrafo
1) i risultati;	4.1
2) le ipotesi e limitazioni associate all'interpretazione dei risultati, relative alla metodologia e ai dati correlati;	4.3
3) la valutazione della qualità dei dati;	4.3
4) la trasparenza completa in termini di scelte di valori, razionali e giudizi di esperti.	4.2.1

g) Riesame critico	
Requisito	Paragrafo
1) nome ed appartenenza dei revisori;	5
2) rapporti di riesame critico;	5
3) risposte alle raccomandazioni.	5
Ulteriori requisiti di comunicazione per le asserzioni comparative destinate alla divulgazione al pubblico	
Requisito	Paragrafo
a) l'analisi dei flussi di materiali ed energia per giustificarne la loro inclusione o esclusione;	2.1, 2.2, 2.3
b) la valutazione di precisione, completezza e rappresentatività dei dati utilizzati;	2.4
c) la descrizione dell'equivalenza dei sistemi confrontati, in conformità al punto 4.2.3.7;	1.2.10
d) la descrizione del processo di riesame critico;	5
e) una valutazione della completezza dell'LCIA;	4.2.1
f) una dichiarazione in merito all'esistenza o meno dell'accettazione internazionale per gli indicatori di categoria selezionati e una giustificazione per il loro uso;	1.2.5
g) una spiegazione della validità scientifica e tecnica e della rilevanza ambientale degli indicatori di categoria utilizzati nello studio;	1.2.5
h) i risultati delle analisi di incertezza e sensibilità;	3.4.1, 3.4.2, Appendice 2
i) la valutazione della significatività delle differenze riscontrate.	4.3

Allegato 1 – Applicazione di metodi di calcolo aggiuntivi

[Il presente allegato è stato omissso su richiesta del Committente poiché contenente informazioni e dati sensibili strettamente riservati.

Il Rapporto di LCA è stato oggetto di Riesame Critico ed è stato ritenuto autoportante nei suoi contenuti anche in assenza del presente allegato (vedi sezione “Comunicazione esterna” del Rapporto di Critical Review , cap.5)]

Allegato 2 – Validazione dei dati

[Il presente allegato è stato omesso su richiesta del Committente poiché contenente informazioni e dati sensibili strettamente riservati.

Il Rapporto di LCA è stato oggetto di Riesame Critico ed è stato ritenuto autoportante nei suoi contenuti anche in assenza del presente allegato (vedi sezione “Comunicazione esterna” del Rapporto di Critical Review , cap.5)]

Bibliografia

- ISO (UNI EN), 2006. Environmental Management - *Life Cycle Assessment - Principles and Framework*, ISO 14040:2006, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO (UNI EN), 2006. Environmental Management - *Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines*, ISO 14044:2006, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO (UNI), 2006. Environmental labels and declarations - *Type III environmental declarations - Principles and procedures*, ISO 14025:2006, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO (UNI EN), 2006. Environmental Management - *Life Cycle Assessment - Principles and Framework*, ISO 14040:2006, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO (UNI EN), 2012. Environmental Management - *Life cycle assessment — Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to goal and scope definition and inventory analysis*, ISO/TR 14049:2012, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- 2013/179/UE: *Raccomandazione della Commissione, del 9 aprile 2013, relativa all'uso di metodologie comuni per misurare e comunicare le prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita dei prodotti e delle organizzazioni.*
- Direttiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive.
- Università degli Studi di Trento, Dipartimento di Ingegneria Industriale – *Analisi del ciclo di vita (LCA) di stoviglie per usi alimentari. Relazione riassuntiva risultati del progetto*, Milano, 12/03/2013.
- Istituto Superiore di Sanità. Progetto CAST (Contatto Alimentare Sicurezza e Tecnologia) - *Linee guida per l'applicazione del Regolamento 2023/2006/CE alla filiera dei materiali e oggetti destinati al contatto con gli alimenti*. A cura di Dipartimento di Ambiente e Connessa Prevenzione Primari.
- IEC, 2015. *General Programme Instructions for the International EPD® System*. The International EPD Cooperation. Document version 2.5, dated 2015-05-11, www.environdec.com.
- COREPLA 2013, *Relazione sulla gestione 2013*.
- PE International, 2009. *Comparative Life Cycle Assessment Ingeo™ biopolymer, PET, and PP Drinking Cups*, PE International. www.natureworkslc.com
- Mascaro Center for Sustainable Innovation, Department of Chemical Engineering, Department of Chemistry, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Pittsburgh. 2010. *Sustainability Metrics: Life Cycle Assessment and Green Design in Polymers*
- Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2015. *Ecoinvent v. 3.1 database*.
- <http://www.natureworkslc.com/The-Ingeo-Journey/Eco-Profile-and-LCA/Life-Cycle-Analysis>
- Schede tecniche lavastoviglie professionali da: www.colged.eurotecgroupp.com, www.comenda-ali.it, www.assistenzamiele.it.