



POLITECNICO
MILANO 1863

Giornata di studio

“Rifiuti e Life Cycle Thinking”

7^a edizione



Assessment on WASTE
and REsources

Sostenibilità ambientale degli imballaggi in plastica: indicazioni dagli studi LCA in letteratura

Milano, 28 gennaio 2025

Giovanni Dolci, Stefano Puricelli,
Giuseppe Cecere, Camilla Tua,
Floriana Fava, Lucia Rigamonti,
Mario Grosso

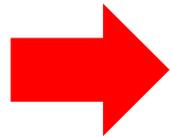
DICA Dipartimento di Ingegneria
Civile e Ambientale

Gruppo di ricerca AWARE

Publicati tra il 2019 e il maggio 2023

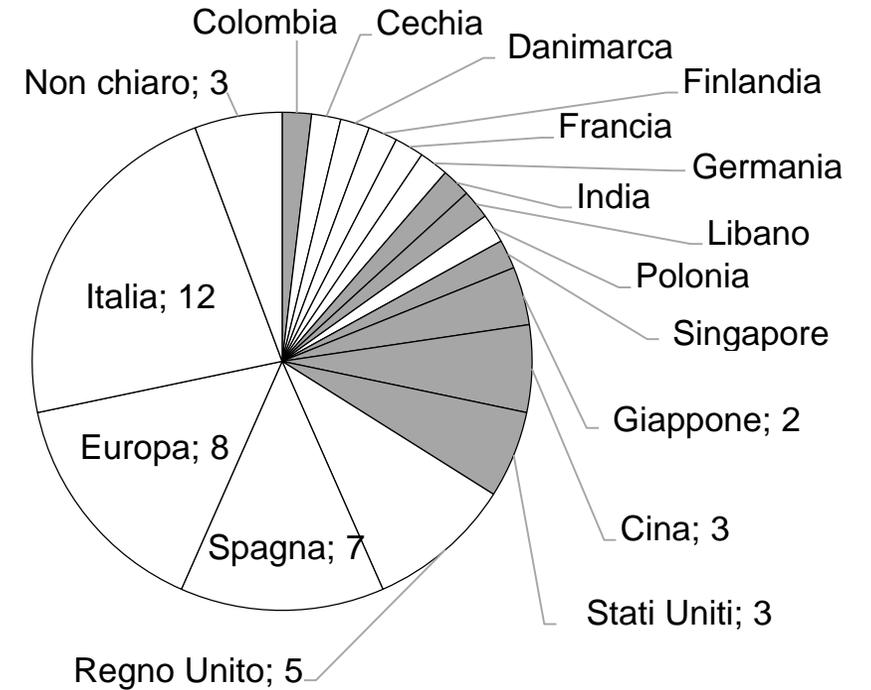
Parole chiave:

«*“life cycle assessment” OR LCA
AND packaging AND plastic*»



**53 studi comparativi
plastiche vs altri materiali**

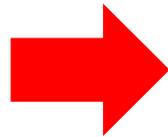
Contesto geografico degli studi analizzati



Publicati tra il 2019 e il maggio 2023

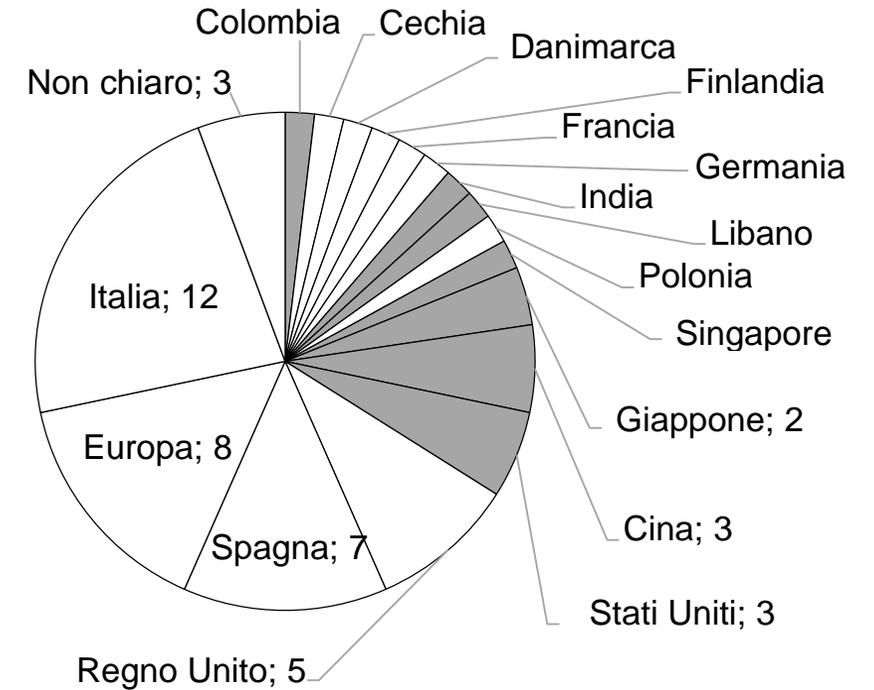
Parole chiave:

«*“life cycle assessment” OR LCA
AND packaging AND plastic*»



**53 studi comparativi
plastiche vs altri materiali**

Contesto geografico degli studi analizzati



Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy

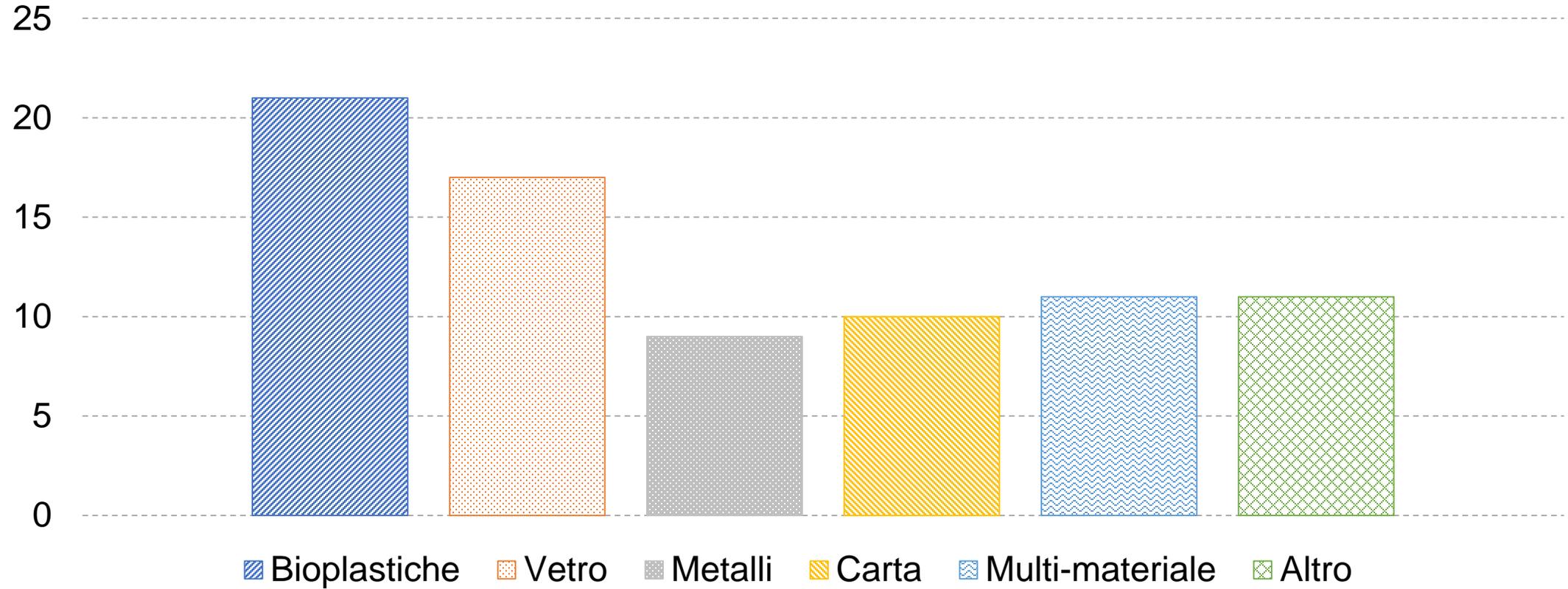


Impact Factor: 3.9 / 5-Year Impact Factor: 4.2

[JOURNAL HOMEPAGE](#)

Open access | | Review article | First published online April 5, 2024

How does plastic compare with alternative materials in the packaging sector? A systematic review of LCA studies



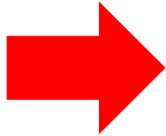
Numero di confronti tra le plastiche e gli altri materiali

Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy

 [Impact Factor: 3.9 / 5-Year Impact Factor: 4.2](#) [JOURNAL HOMEPAGE](#)

 Open access |  | [Review article](#) | First published online April 5, 2024

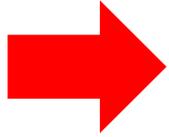
How does plastic compare with alternative materials in the packaging sector? A systematic review of LCA studies



Aspetti valutati:

- i) qual è lo **stato dell'arte della metodologia LCA** nella valutazione degli **impatti di imballaggi in plastica** quando confrontati con altri materiali?
- ii) quali sono le **prestazioni ambientali delle plastiche rispetto a** quelle di possibili **materiali alternativi** (bioplastiche, vetro, metalli, carta, legno e tessuti)?
- iii) la recente enfasi sulla **necessità di sostituire le plastiche** con altre alternative più sostenibili è supportata da **prove scientifiche**?

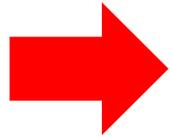
Analisi degli **aspetti generali** e delle **scelte metodologiche** per comprendere la completezza e il livello di accuratezza degli studi



Aspetti considerati:

- i) definizione del **confine del sistema**
- ii) scelta delle **categorie di impatto** e dei **metodi** di valutazione degli impatti
- iii) completezza e chiarezza dell'**inventario** e delle **fonti dei dati**
- iv) modellizzazione degli scenari di gestione a **fine vita**
- v) esecuzione di un'**analisi di sensibilità**
- vi) esecuzione di un'**analisi di incertezza**
- vii) principi modellistici
- viii) valutazioni di aspetti diversi dalla sostenibilità ambientale

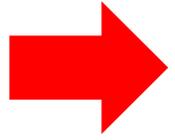
Analisi degli **aspetti generali** e delle **scelte metodologiche** per comprendere la completezza e il livello di accuratezza degli studi



Aspetti considerati:

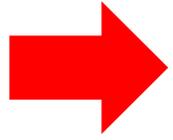
- i) definizione del **confine del sistema**
- ii) scelta delle **categorie di impatto** e dei **metodi** di valutazione degli impatti
- iii) completezza e chiarezza dell'**inventario** e delle **fonti dei dati**
- iv) modellizzazione degli scenari di gestione a **fine vita**
- v) esecuzione di un'**analisi di sensibilità**
- vi) esecuzione di un'analisi di incertezza
- vii) principi modellistici
- viii) valutazioni di aspetti diversi dalla sostenibilità ambientale

La corretta implementazione di questi aspetti è infatti rilevante per garantire l'affidabilità dei risultati delle LCA comparative



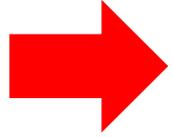
Confine del sistema

87% *cradle-to-grave* (un sistema completo è essenziale per una valutazione comparativa corretta)



Confine del sistema

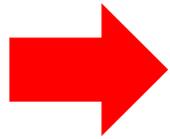
87% *cradle-to-grave* (un sistema completo è essenziale per una valutazione comparativa corretta)



Categorie e metodi di valutazione degli impatti

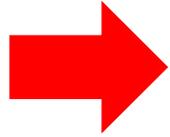
85% *midpoint* (4 studi *endpoint* e 4 studi *midpoint + endpoint*)

- *ReCiPe 2016* (14 studi)
- *CML 2001* (10)
- *Environmental Footprint* (6)
- *ILCD* (6)



Confine del sistema

87% *cradle-to-grave* (un sistema completo è essenziale per una valutazione comparativa corretta)

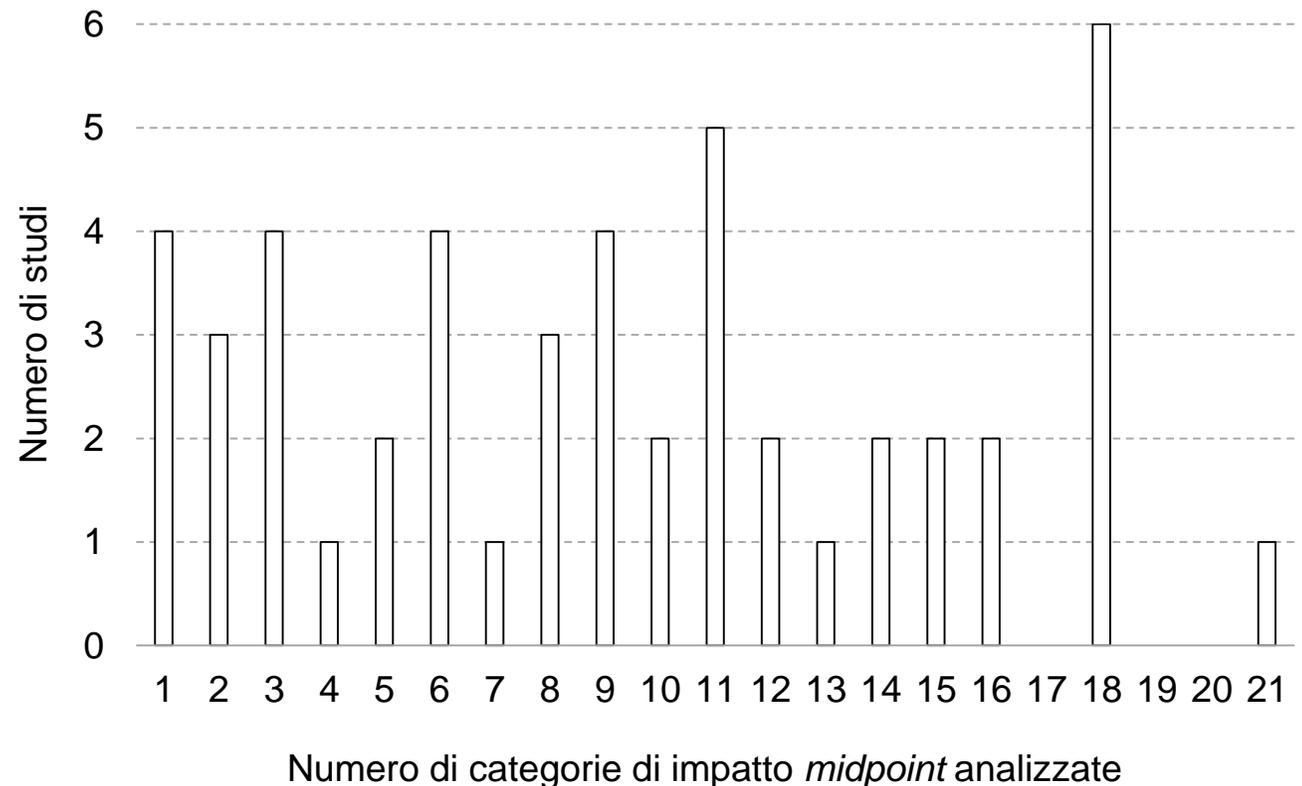


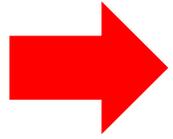
Categorie e metodi di valutazione degli impatti

85% *midpoint* (4 studi *endpoint* e 4 studi *midpoint* + *endpoint*)

- *ReCiPe 2016* (14 studi)
- *CML 2001* (10)
- *Environmental Footprint* (6)
- *ILCD* (6)

Numero di **categorie di impatto** valutate: **dovrebbe essere tale da permettere analisi complete** (che includano un'ampia gamma di effetti ambientali potenzialmente connessi ai sistemi analizzati)



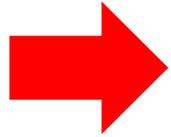


Inventario

Il **62%** degli studi specifica l'utilizzo di **dati primari** (spesso utilizzati insieme a dati non primari)

Dettaglio dell'inventario:

- **alto** (**58%** degli studi)
- medio (25%)
- limitato (17%)

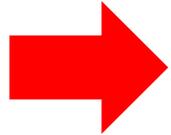


Inventario

Il **62%** degli studi specifica l'utilizzo di **dati primari** (spesso utilizzati insieme a dati non primari)

Dettaglio dell'inventario:

- **alto** (58% degli studi)
- medio (25%)
- limitato (17%)

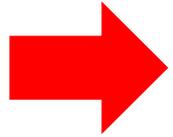


Scenari di gestione a fine vita

La scelta delle modalità di gestione dei rifiuti a fine vita **influisce sulla sostenibilità**

Modellizzazione:

- un singolo potenziale trattamento (risultato poco realistico quando si confrontano materiali diversi)
- diversi possibili trattamenti
- **scenari realistici in un determinato contesto geografico** (attuali o attesi in futuro)

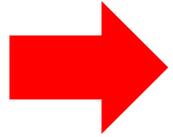


Inventario

Il **62%** degli studi specifica l'utilizzo di **dati primari** (spesso utilizzati insieme a dati non primari)

Dettaglio dell'inventario:

- **alto** (58% degli studi)
- medio (25%)
- limitato (17%)

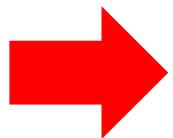


Scenari di gestione a fine vita

La scelta delle modalità di gestione dei rifiuti a fine vita **influisce sulla sostenibilità**

Modellizzazione:

- un singolo potenziale trattamento (risultato poco realistico quando si confrontano materiali diversi)
- diversi possibili trattamenti
- **scenari realistici in un determinato contesto geografico** (attuali o attesi in futuro)



Analisi di sensibilità

55% degli studi

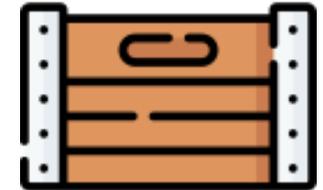
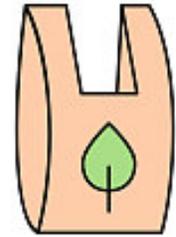
Confronto tra plastiche e ciascuno degli altri materiali:

- bioplastiche
- vetro
- metalli
- carta
- legno
- tessuti

Vengono esaminati i risultati del confronto tra le plastiche e ciascuno degli altri materiali evidenziando quale sia **l'opzione più favorevole dal punto di vista ambientale**

In caso di risultati diversi per le diverse categorie di impatto valutate, un materiale è stato ritenuto preferibile se confermato da almeno il 75% delle categorie

PLASTICHE VS



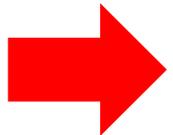


Tipologie di imballaggio:

- **bottiglie** per liquidi (quali acqua, latte e shampoo) - 6 studi
- **film o sacchetti** (5)
- **vassoi** (3)
- altri manufatti **rigidi** (5)

Tipologie di bioplastiche:

- **biodegradabili e compostabili** (biogeniche o fossili) - 16 studi
- 15 studi includono il PLA (quota di mercato > 40%)
- **non biodegradabili** (2)
- biodegradabili + non biodegradabili (3)



Aspetti rilevanti dell'analisi:

- stoccaggio di **carbonio** (biogeniche)
- **criticità** nei **trattamenti biologici** a fine vita (compostabili)

Tipologie di imballaggio:

- **bottiglie** per liquidi (quali acqua, latte e shampoo) - 6 studi
- **film o sacchetti** (5)
- **vassoi** (3)
- altri manufatti **rigidi** (5)

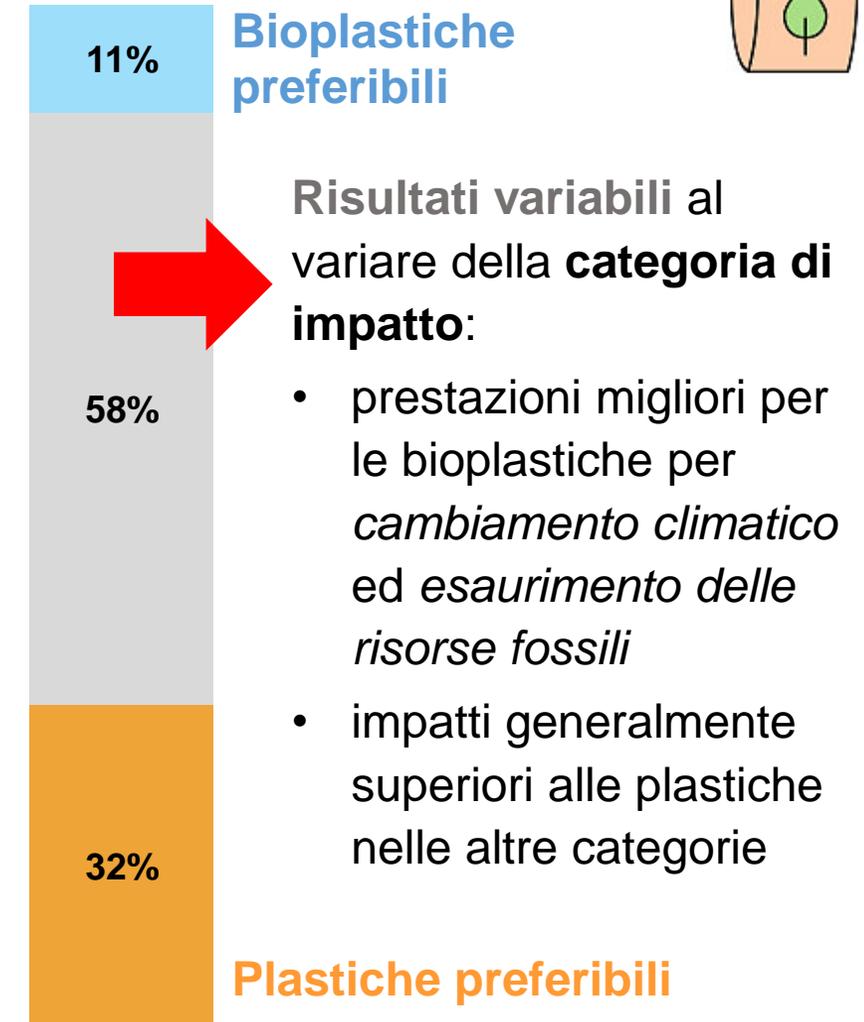
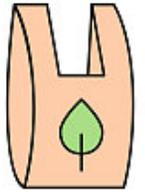
Tipologie di bioplastiche:

- **biodegradabili e compostabili** (biogeniche o fossili) - 16 studi
- 15 studi includono il PLA (quota di mercato > 40%)
- **non biodegradabili** (2)
- biodegradabili + non biodegradabili (3)

Aspetti rilevanti dell'analisi:

- stoccaggio di **carbonio** (biogeniche)
- **criticità** nei **trattamenti biologici** a fine vita (compostabili)

Risultati del confronto



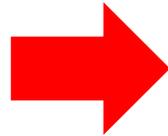


Tipologie di imballaggio:

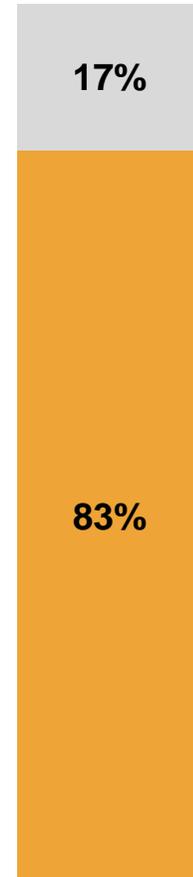
15 studi relativi a bottiglie per liquidi (quali acqua e latte)

Risultati del confronto

Monouso



Vetro poco raccomandabile a causa del **peso elevato** (incremento degli impatti nella produzione e nel trasporto)



Riutilizzo del vetro

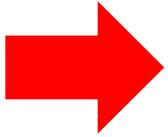
Un **miglioramento ambientale** è ottenibile attraverso il **riutilizzo** del **vetro**, ma solo a determinate condizioni (**elevato numero di riutilizzi e distanze di trasporto ridotte**) il materiale diventa raccomandabile rispetto all'utilizzo delle plastiche convenzionali

 plastiche  vetro  risultati variabili



Tipologie di imballaggio:

- contenitori per **bevande** (bottiglie/lattine)
- imballaggi per **alimenti**



Aspetti rilevanti dell'analisi:

- considerando il rapporto massa imballaggio/volume contenuto (**g/L**),
l'**alluminio non** sempre ha una massa **maggiore delle plastiche**



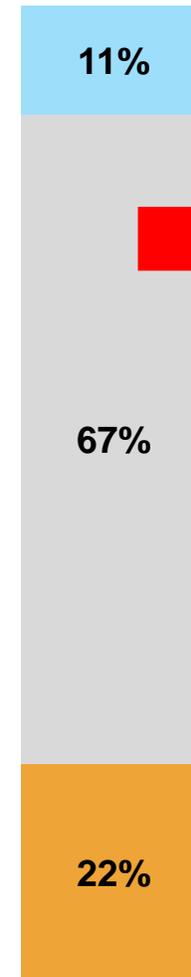
Tipologie di imballaggio:

- contenitori per **bevande** (bottiglie/lattine)
- imballaggi per **alimenti**

Aspetti rilevanti dell'analisi:

- considerando il rapporto massa imballaggio/volume contenuto (**g/L**), l'**alluminio non** sempre ha una massa **maggiore delle plastiche**

Risultati del confronto



Risultati variabili al variare dello scenario

Parametri rilevanti:

- **mix energetici** nella produzione di plastiche o metalli
- contenuto di **alluminio riciclato**
- scenari di **gestione a fine vita**





Carta:

- **sacchetti**
- **cassette** per il trasporto di **alimenti** (frutta e verdura)

Risultati del confronto

Sacchetti (3 studi)

Preferibili le **plastiche**

Cassette

Risultati variabili sulla base di:

- numero di cicli di riutilizzo
- scenari di gestione a fine vita

Carta:

- **sacchetti**
- **cassette** per il trasporto di **alimenti** (frutta e verdura)



Risultati del confronto

Sacchetti (3 studi)

Preferibili le **plastiche**

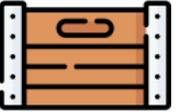
Cassette

Risultati variabili sulla base di:

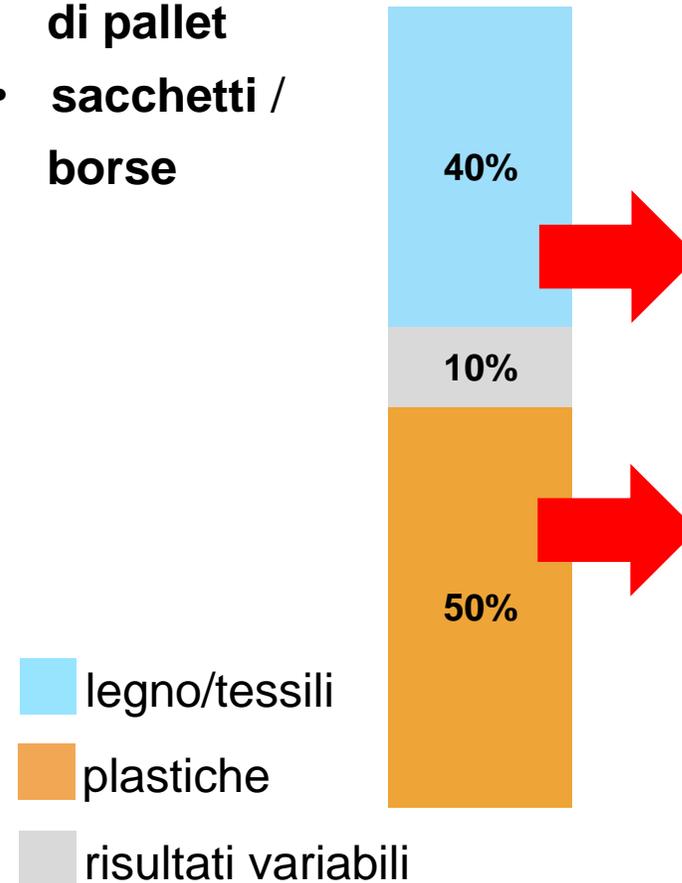
- numero di cicli di riutilizzo
- scenari di gestione a fine vita

Altri materiali (legno e tessuti):

- **cassette / componenti di pallet**
- **sacchetti / borse**



Risultati del confronto

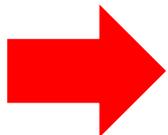


Risultati variabili per entrambi i materiali

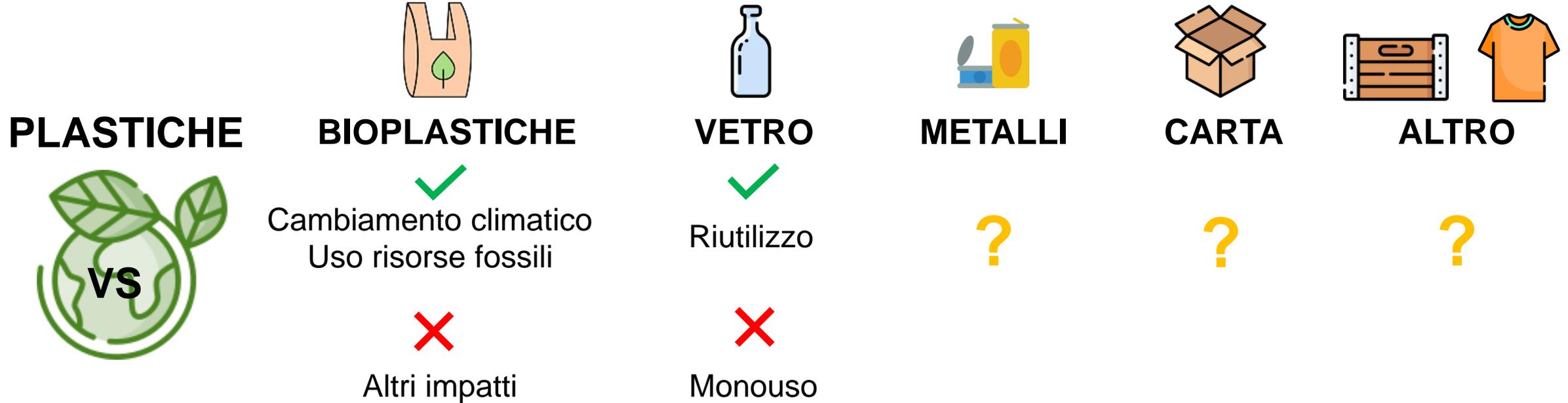
Il confronto evidenzia i **benefici dei manufatti riutilizzabili**, indipendentemente dal materiale in cui sono realizzati

Alcuni studi soffrono di **problemi metodologici**:

- alcuni studi presentano un **ridotto numero di categorie di impatto**
- quasi il 40% degli studi **non include dati primari o scenari realistici** di gestione del **fine vita**
- emerge una **mancanza di trasparenza** (completezza e la chiarezza dell'inventario sono garantite da non più del 60% degli studi)



Tali criticità possono influenzare il confronto tra gli scenari (e i materiali)



La plastica non risulta un materiale ad alto impatto ambientale quando si considera una prospettiva LCA (contrariamente alla percezione comune)

Il **confronto** è spesso **influenzato dagli scenari** → **LCA** applicata allo specifico contesto

Per una valutazione esaustiva:

→ analisi degli **impatti sociali** ed **economici** degli imballaggi, basata sull'approccio del ciclo di vita

Grazie per l'attenzione!

giovanni.dolci@polimi.it



Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy



Impact Factor: **3.9** / 5-Year Impact Factor: **4.2**

[JOURNAL HOMEPAGE](#)

 Open access |  | Review article | First published online April 5, 2024

How does plastic compare with alternative materials in the packaging sector? A systematic review of LCA studies

[Giovanni Dolci](#)  , [Stefano Puricelli](#) , [...], and [Mario Grosso](#)  [View all authors and affiliations](#)

<https://doi.org/10.1177/0734242X241241606>