

# ANCI-CONAI FORMAZIONE 2022 INCONTRI TERRITORIALI



Approccio Life Cycle  
Thinking e sua applicazione  
ai rifiuti



**Giulia Cavenago**

*Ricercatrice presso il Dipartimento di  
Ingegneria Civile e Ambientale del  
Politecnico di Milano*



# INDICE

- *Indicatori ambientali comunemente utilizzati per gestione rifiuti e sostenibilità*
- *Approccio Life Cycle Thinking*
- *LCA - metodologia e sua applicazione al servizio gestione dei rifiuti*
- *Cosa ha imparato il nostro gruppo di ricerca dall'applicazione della LCA alla gestione dei rifiuti: casi studio*
- *Cenni alla metodologia Life Cycle Costing (LCC)*
- *Cenni alla metodologia Social LCA (SLCA)*



### ➤ INDICATORI SULLA GESTIONE DEI RIFIUTI

- Quantità di rifiuti generata in un dato contesto territoriale in un arco temporale definito (valore complessivo e per singolo abitante)
- Quantità di rifiuti urbani generata in un dato contesto territoriale (valore complessivo e per singolo abitante)
- Percentuale di rifiuti raccolta per via differenziata
- Percentuale di rifiuti avviata a recupero di materia e altro recupero
- Destinazione finale dei rifiuti raccolti

### INDICATORI SUL CONSUMO DI MATERIE PRIME (APPROCCIO ECONOMICO/SOCIALE)

- Produzione di rifiuti per unità di prodotto interno lordo
- Produzione dei rifiuti urbani / consumo delle famiglie
- Zaino ecologico → Quantità complessiva di materiale rimosso dal suo contesto naturale (in kg) per produrre un bene o fornire un servizio (valore al netto del peso del prodotto finale)



### ➤ INDICATORI SULLA GESTIONE DEI RIFIUTI

- Quantità di rifiuti generata in un dato contesto territoriale in un arco temporale definito (valore complessivo e per singolo abitante)
- Quantità di rifiuti urbani generata in un dato contesto territoriale (valore complessivo e per singolo abitante)
- Percentuale di rifiuti raccolta per via differenziata
- Percentuale di rifiuti avviata a recupero di materia e altro recupero
- Destinazione finale dei rifiuti raccolti

### INDICATORI SUL CONSUMO DI MATERIE PRIME (APPROCCIO ECONOMICO/SOCIALE)

- Produzione di rifiuti per unità di prodotto interno lordo
- Produzione dei rifiuti urbani / consumo delle famiglie
- *Zaino ecologico* → *Quantità complessiva di materiale rimosso dal suo contesto naturale (in kg) per produrre un bene o fornire un servizio (valore al netto del peso del prodotto finale)*



# Indicatore zaino ecologico

*Zaino ecologico* → *Quantità complessiva di materiale rimosso dal suo contesto naturale (in kg) per produrre un bene o fornire un servizio (valore al netto del peso del prodotto finale)*

Risorse	Zaino ecologico
1 kg di ferro	2.3 kg
1 kg di zinco	8 kg
1 kg di acciaio	21 kg
1 kg di alluminio	85 kg
1 kg di rame	500 kg
1 kg d'oro	540.000 kg
Prodotti	Zaino ecologico
Lattina di alluminio da 33cl	1,2 kg
Dentifricio	1,5 kg
Secchio di plastica	26 kg
Un paio di jeans	32 kg
Telefono cellulare	75 kg
Computer	1.500 kg
Anello d'oro (5 gr)	2.000 kg



- I rifiuti urbani rappresentano solo *la punta dell'iceberg* del totale di rifiuti generato lungo tutto il ciclo di vita dei prodotti domestici
- Necessità di adottare una prospettiva di ciclo di vita per valutare gli impatti ambientali di prodotti/servizi → adozione di un approccio **LIFE CYCLE THINKING!**

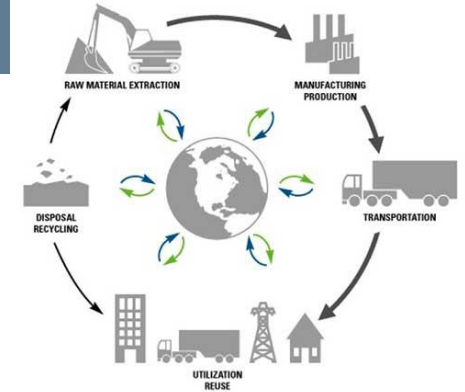
FONTE: Guida ACR+ - Parametri quantitativi per la prevenzione dei rifiuti (2010)





## Approccio Life Cycle Thinking (LCT)

*Principio di includere nella valutazione di un prodotto/servizio tutte le attività comprese nell'intero ciclo di vita dello stesso dall'estrazione delle materie prime, attraverso la fabbricazione e l'uso, fino al trattamento finale del prodotto diventato rifiuto*



### PERCHÉ?

- ridurre il consumo di risorse
- ridurre le emissioni in ambiente (aria/acqua e suolo)
- migliorare le prestazioni socio-economiche di un prodotto durante il suo ciclo di vita

*Ciò può facilitare la connessione tra le dimensioni economica, sociale e ambientale*

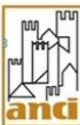
### LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)

Metodologia per valutare i potenziali impatti ambientali e il consumo di risorse durante tutto il ciclo di vita di un prodotto/servizio



### LIFE CYCLE COSTING (LCC) E SOCIAL LIFE CYCLE ASSESSMENT (SLCA)

Metodologie per valutare i costi e l'impatto sociale relativi all'intero ciclo di vita di un prodotto/servizio





# Metodologia LCA - Life Cycle Assessment

*“Il Life Cycle Assessment (LCA) è uno strumento che permette di valutare gli impatti ambientali associati al ciclo di vita di un prodotto, processo o attività, attraverso l’identificazione e la quantificazione dei consumi di materia, energia ed emissioni nell’ambiente e l’identificazione e la valutazione delle opportunità per diminuire questi impatti”.*

*Society of Environmental Toxicology and Chemistry (1993)*

La Commissione Europea ha concluso che la LCA (**Life Cycle Assessment**) "rappresenta il miglior strumento a oggi disponibile per la valutazione dei potenziali impatti ambientali dei prodotti"

<http://ec.europa.eu/environment/ipp/lca.htm>

The screenshot shows the top part of the European Commission website. It features the European Commission logo and the word "ENVIRONMENT" in large blue letters. Below this is a navigation bar with links for Home, About us, Policies, Funding, Legal compliance, and News & outreach. The main content area is titled "European Platform on Life Cycle Assessment (LCA)" and includes a paragraph of text: "In its Communication on Integrated Product Policy (COM (2003)302), the European Commission concluded that Life Cycle Assessments provide the best framework for assessing the potential environmental impacts of products currently available. In the document, the need for more consistent data and consensus LCA methodologies was underlined. It was therefore announced that the Commission will provide a platform to facilitate communication and exchanges on".





# Metodologia LCA - Life Cycle Assessment

*Society of Environmental Toxicology and Chemistry (1993)*

*“Il Life Cycle Assessment (LCA) è uno strumento che permette di valutare gli impatti ambientali associati al ciclo di vita di un prodotto, processo o attività, attraverso l’identificazione e la quantificazione dei consumi di materia, energia ed emissioni nell’ambiente e l’identificazione e la valutazione delle opportunità per diminuire questi impatti”.*

## STANDARDS ATTUALMENTE IN VIGORE



**14040**

ISO 14040 (2006, **2020**). *Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework*



**14044**

ISO 14044 (2006, **2017**, **2020**). *Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines*

## STANDARDIZZAZIONE E ARMONIZZAZIONE A LIVELLO EUROPEO

30.12.2021

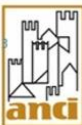
IT

Gazzetta ufficiale dell'Unione europea

RACCOMANDAZIONE (UE) 2021/2279 DELLA COMMISSIONE

del 15 dicembre 2021

sull'uso dei metodi dell'impronta ambientale per misurare e comunicare le prestazioni ambientali del ciclo di vita dei prodotti e delle organizzazioni



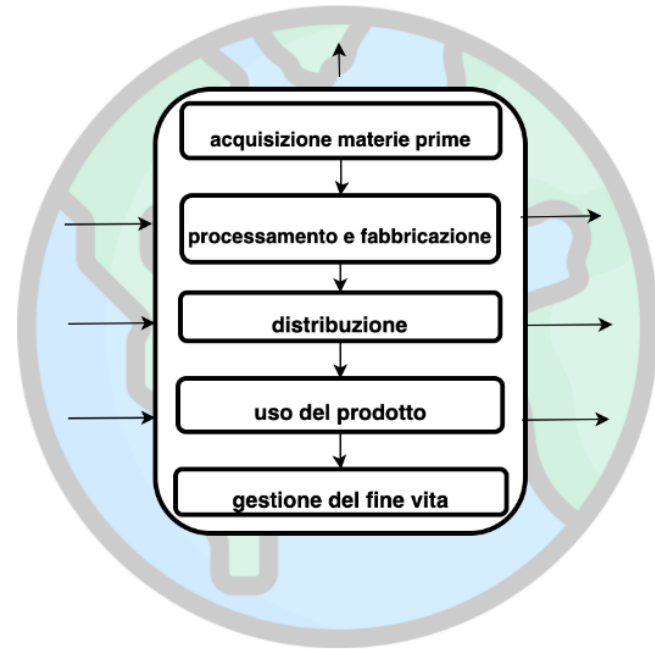




## LCA: perché utilizzarla?

- ❑ Il principale scopo dell'approccio Life Cycle Thinking è evitare il BURDEN SHIFTING, ossia lo spostamento degli impatti da:
  - una fase all'altra del ciclo di vita

### FASI DELLA FILIERA

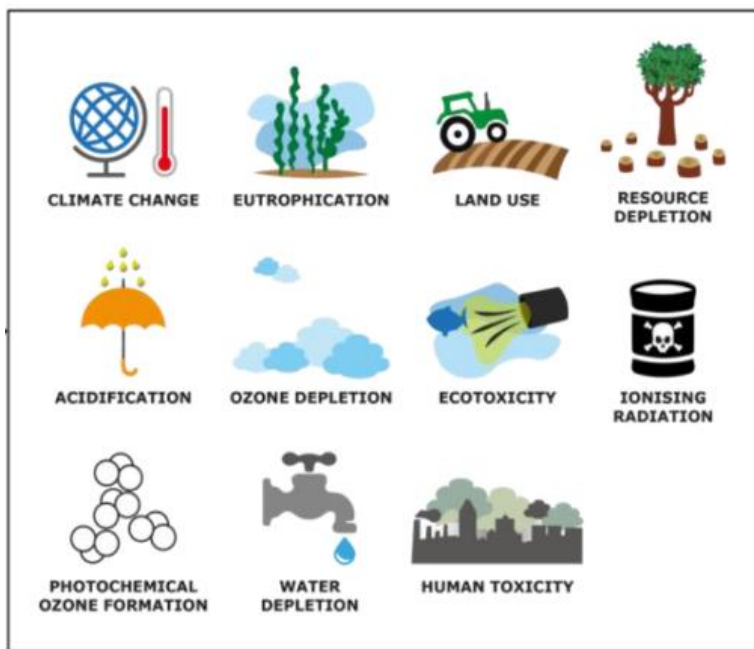




## LCA: perché utilizzarla?

❑ Il principale scopo dell'approccio *Life Cycle Thinking* è evitare il BURDEN SHIFTING, ossia lo spostamento degli impatti da:

- una fase all'altra del ciclo di vita
- un problema ambientale a un altro



## COMPARTI AMBIENTALI





## LCA: perché utilizzarla?

- ❑ Il principale scopo dell'approccio Life Cycle Thinking è evitare il BURDEN SHIFTING, ossia lo spostamento degli impatti da:
- una fase all'altra del ciclo di vita
  - un problema ambientale a un altro
  - **un'area geografica a un'altra**

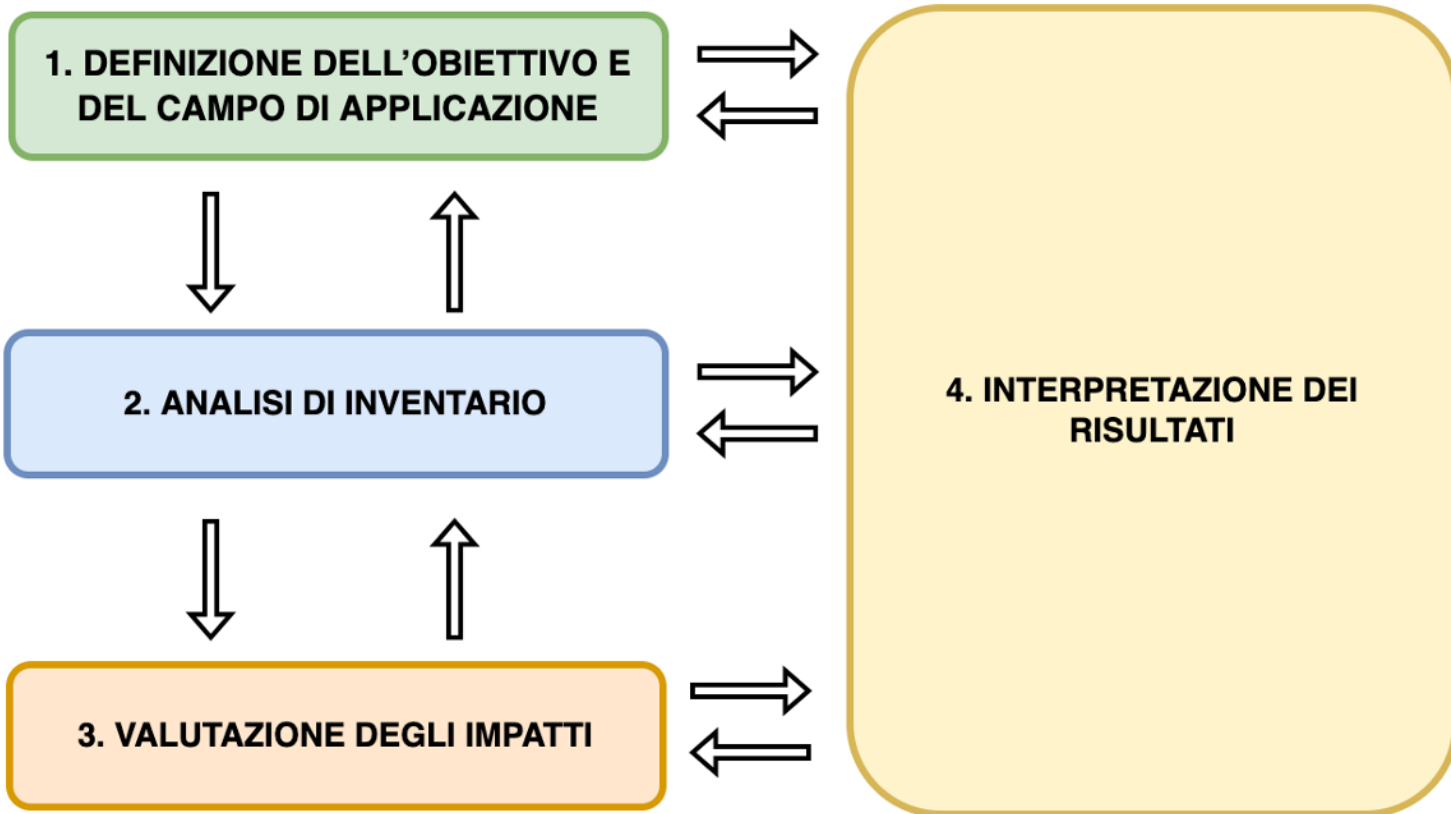
### AREE GEOGRAFICHE





# LCA: struttura

4 fasi da non considerarsi come blocchi separati ma parte di un processo iterativo





## LCA: aspetti metodologici - unità funzionale

Gli impatti di un prodotto/servizio vanno quantificati rispetto alla funzione scelta per il prodotto o il servizio in analisi

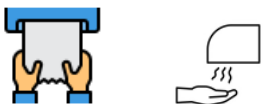


In uno studio LCA occorre sempre definire chiaramente  
**L'UNITÀ FUNZIONALE**

1. Quantifica la funzione del sistema assunta come rappresentativa
2. Rappresenta l'unità di misura rispetto a cui calcolare l'inventario e quantificare gli impatti
3. Il confronto tra prodotti/servizi diversi deve essere svolto sulla base della stessa funzione!



*Posso confrontare gli impatti ambientali di 1 kg di carne di manzo e quelli di 1 kg di lenticchie?*



*Come posso confrontare due diversi metodi di asciugatura delle mani?*





## LCA: aspetti metodologici - unità funzionale

*Per poter definire in maniera completa l'unità funzionale occorre rispondere a 4 quesiti*

COSA? Indicare la funzione svolta dal prodotto/servizio

QUANTO? Indicare il quantitativo fornito dalla funzione

IN CHE MODO? Indicare la qualità/proprietà della funzione fornita

PER QUANTO TEMPO? Indicare la durata del prodotto/servizio

**VETRO A PERDERE 1L**



220 bottiglie

**PET A PERDERE 1.5L**



147 bottiglie

**VETRO A RENDERE 1L**



11 bottiglie

20 usi prima smaltimento

**ESEMPIO**

**VS**

**VS**

COSA? Fornire acqua confezionata

QUANTO? Fornire 220 litri/anno (consumo medio di un abitante in Italia di acqua confezionata)

IN CHE MODO? Attraverso bottiglie di grande formato ( $\geq 1$  litro)

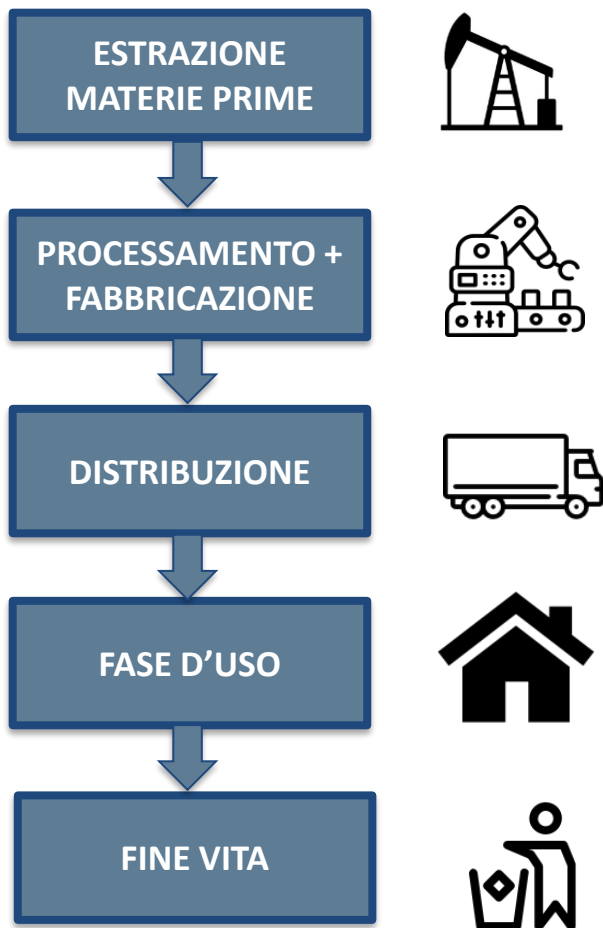
PER QUANTO TEMPO? Per un anno





# LCA: confini del sistema

LCA di PRODOTTO o di SERVIZIO



Quali fasi devo considerare nello studio?

- Includiamo tutte le fasi indicate?
- Se escludiamo delle fasi: giustifichiamo

*NOTA: è importante capire quali fasi si decide di includere per permettere un confronto tra diversi sistemi*



# LCA: confini del sistema

LCA di PRODOTTO o di SERVIZIO

ESTRAZIONE  
MATERIE PRIME



Quali fasi devo considerare nello studio?

PROCESSAMENTO +  
FABBRICAZIONE



- Includiamo tutte le fasi indicate?
- Se escludiamo delle fasi: giustifichiamo

DISTRIBUZIONE



FASE D'USO



FINE VITA

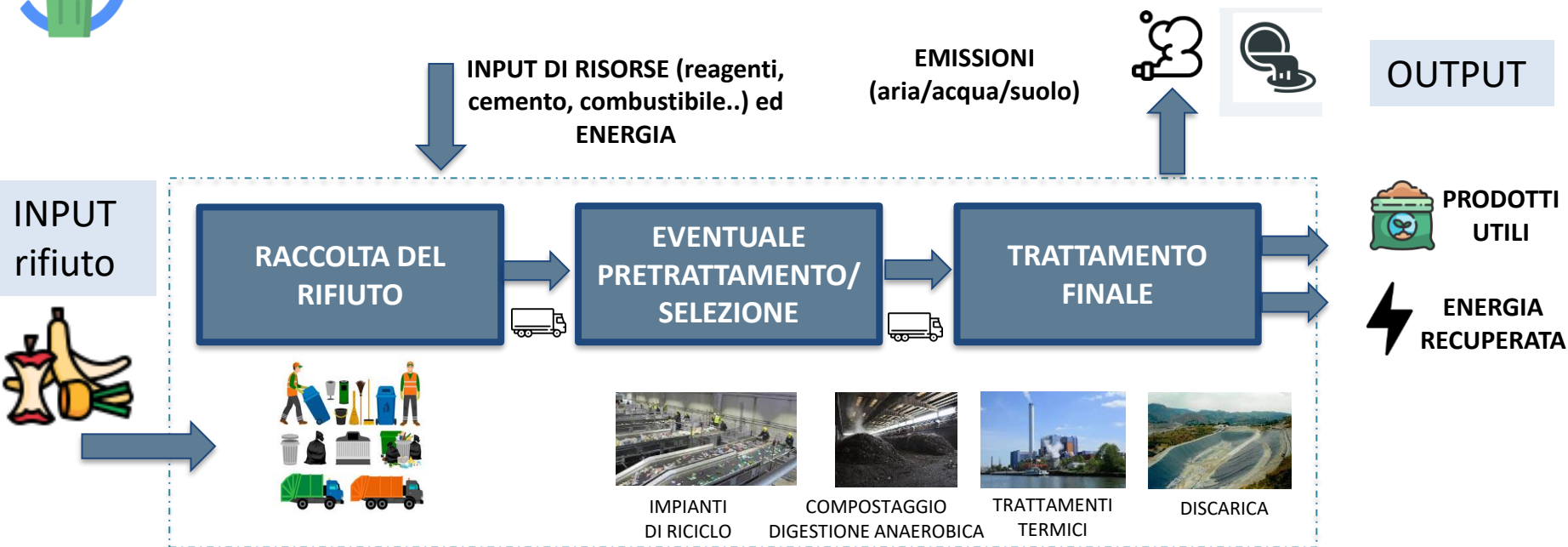


**LA GESTIONE DEI RIFIUTI COSTITUISCE  
UNA FASE DI QUALSIASI LCA DI  
PRODOTTO  
MA...**





# Metodologia LCA applicata alla gestione dei rifiuti



**DATA LA SUA COMPLESSITÀ, QUESTA FASE PUÒ ESSERE CONSIDERATA COME UN SISTEMA AUTONOMO → APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA LCA A UN SERVIZIO rappresentato dalla GESTIONE DEI RIFIUTI**



# Metodologia LCA applicata alla gestione dei rifiuti

INPUT DI RISORSE (reagenti, cemento, combustibile..) ed ENERGIA

EMISSIONI (aria/acqua/suolo)



OUTPUT

INPUT rifiuto



RACCOLTA DEL RIFIUTO



EVENTUALE PRETRATTAMENTO/ SELEZIONE



IMPIANTI DI RICICLO

TRATTAMENTO FINALE



COMPOSTAGGIO DIGESTIONE ANAEROBICA



TRATTAMENTI TERMICI



DISCARICA



PRODOTTI UTILI



ENERGIA RECUPERATA

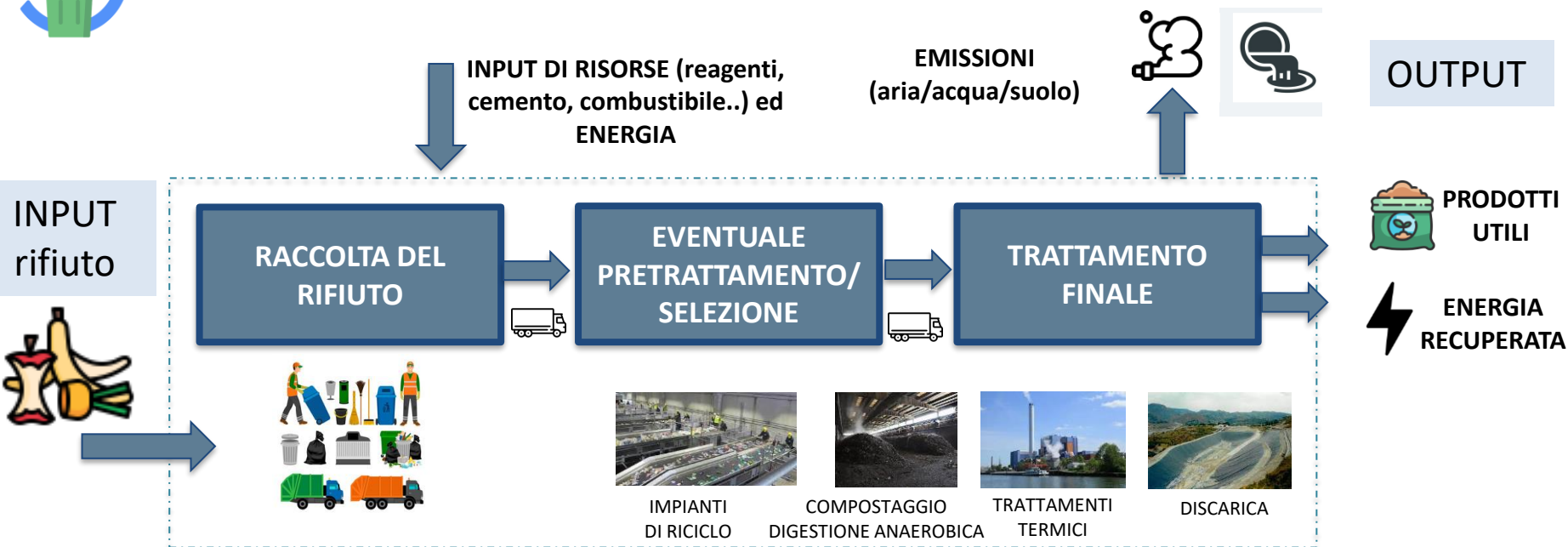
PRODUZIONE, DISTRIBUZIONE E USO DI TUTTI I PRODOTTI CHE COMPONGONO IL RIFIUTO

ADOZIONE DI UN APPROCCIO COSIDDETTO ZERO BURDENS → IL SISTEMA INCLUSO NELL'ANALISI PARTE DAL MOMENTO IN CUI SI HA IL RIFIUTO, LE ATTIVITÀ PRODUTTIVE A MONTE SONO ESCLUSE





# Metodologia LCA applicata alla gestione dei rifiuti



## UNITA' FUNZIONALE DA ADOTTARE

- 1 tonnellata di rifiuto (o altro quantitativo in massa)
- Rifiuti prodotti da un cittadino medio in un anno in una determinata area geografica
- Riportare la composizione per frazioni merceologiche e, se necessario, per elementi (C, N,..)



## Contesto legislativo nazionale ed europeo e LCA sulla gestione rifiuti

- [Direttiva 2008/98/CE](#) sulla gestione dei rifiuti recentemente modificata dalla [Direttiva 2018/851/UE](#)

*Articolo 4 (paragrafo 2): nell'applicare la gerarchia dei rifiuti, gli Stati membri adottano misure volte a incoraggiare le opzioni che danno il miglior risultato ambientale complessivo. A tal fine può essere necessario che FLUSSI DI RIFIUTI SPECIFICI SI DISCOSTINO DALLA GERARCHIA LADDOVE CIÒ SIA GIUSTIFICATO DALL'IMPOSTAZIONE IN TERMINI DI CICLO DI VITA in relazione agli impatti complessivi della produzione e della gestione di tali rifiuti.*

- [Programma nazionale di gestione dei rifiuti \(D.M. 257 del 24 giugno 2022\)](#)

*Il Programma indica la necessità di adottare a livello regionale pianificazioni basate su un'attenta quantificazione dei flussi dei rifiuti e individua nella metodologia LCA (Life Cycle Assessment) uno strumento fondamentale per la comparazione degli scenari di gestione, tenendo conto di tutti gli impatti ambientali*



### 9.5 La metodologia LCA come strumento di ottimizzazione del recupero di materia ed energia

Al fine di ottenere indicazioni utili e permettere un confronto corretto tra i potenziali impatti ambientali di scelte gestionali diverse, l'LCA deve essere applicata a un sistema completo di gestione rifiuti, indipendentemente dalla tipologia dei rifiuti considerati nello studio. Questo richiede che l'applicazione dell'LCA sia basata su un diagramma dei flussi derivato da una analisi dei flussi che traccia tutti i rifiuti gestiti in ogni Regione dalla produzione fino ai trattamenti finali o allo smaltimento a discarica.

La Figura che segue sintetizza gli elementi che compongono un sistema integrato di gestione dei rifiuti (linea tratteggiata interna) e gli scambi tra questo e la sfera techno-economica. La figura evidenzia che l'LCA applicata alla gestione rifiuti richiede un approccio che estende i confini del sistema per includere il recupero di materia ed energia dai rifiuti e le conseguenti sostituzioni di materie prime e vettori energetici.

L'utilizzo dell'analisi dei flussi a sostegno dell'LCA per la valutazione dell'impatto ambientale di un sistema di gestione esistente richiede una estesa base dati, in particolare per i flussi di rifiuti diversi da quelli dei rifiuti urbani.



# Piani Regionali di Gestione dei Rifiuti (PRGR) e LCA

I **Piani Regionali di Gestione dei Rifiuti - PRGR** devono prevedere, in linea con gli indirizzi europei di minimizzazione dei rifiuti (COM/2015/0614), **misure di riduzione delle quantità, dei volumi e della pericolosità dei rifiuti** e assicurare **una progressiva diminuzione di emissione di inquinanti** (D.Lgs 152/2006).

La possibilità di utilizzare la **Life Cycle Assessment (LCA)** a supporto di **analisi preliminari** e di **valutazione di scenario**, ha dato origine alle seguenti domande di ricerca:

- **i PRGR sono elaborati facendo riferimento a studi di LCA?**
- **gli studi LCA risultano utili alla redazione dei PRGR?**



## ANALISI DETTAGLIATA DEI PIANI DI TUTTE LE REGIONI ITALIANE

Carollo F.<sup>1,2</sup>, Cecere G.<sup>1,2</sup>, Bottausci S.<sup>1,3</sup>,  
Camana D.<sup>1,4</sup>, Cappucci M.G.<sup>1,5</sup>, Degli  
Esposti A.<sup>1,3</sup>, Demichelis F.<sup>1,6</sup>, Magrini C.<sup>1,3</sup>,  
Mazzi M.<sup>1,4</sup>, Miranda G.<sup>1</sup>, Sciarone M.<sup>1,4</sup>,  
Rigamonti L.<sup>1,2</sup>, Fedele A.<sup>1,4</sup>

- <sup>1</sup>GdL Gestione e Trattamento dei Rifiuti dell'Associazione Rete Italiana LCA
- <sup>2</sup>Politecnico di Milano
- <sup>3</sup>Università di Bologna
- <sup>4</sup>Università di Padova
- <sup>5</sup>Università di Modena e Reggio Emilia
- <sup>6</sup>Politecnico di Torino



# Piani Regionali di Gestione dei Rifiuti (PRGR) e LCA

Livello	Significato
Primo gruppo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il PRGR utilizza studi di LCA come base per la pianificazione territoriale</li> <li>• Riporta informazioni dettagliate sugli studi LCA condotti e i risultati di tali studi sono di supporto alla redazione del piano</li> <li>• Gli studi di LCA sono condotti allo scopo di supportare il PRGR, con assunzioni e dati coerenti con le caratteristiche del territorio</li> </ul>
Secondo gruppo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il PRGR utilizza studi di LCA come base per la pianificazione territoriale</li> <li>• Riporta informazioni dettagliate sugli studi LCA condotti e i risultati di tali studi sono di supporto alla redazione del piano</li> <li>• Gli studi LCA presentano alcune semplificazioni che limitano l'affidabilità dei risultati</li> </ul>
Terzo gruppo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il PRGR dichiara importante l'adozione di valutazioni LCA per la pianificazione nel medio-lungo periodo e utilizza risultati o considerazioni derivanti da studi di LCA già pubblicati</li> <li>• Mancano però dettagli sugli studi LCA e non si fa riferimento ad informazioni e dati specifici del territorio</li> </ul>
Quarto gruppo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il PRGR non contiene riferimento all'LCA o, pur dichiarando importante l'adozione di tale metodologia, non utilizza risultati derivanti da studi LCA già svolti</li> </ul>



PRGR  
SUPPORTATI DA  
ANALISI LCA  
COMPLETE E  
SITO-SPECIFICHE



PRGR  
SUPPORTATI  
DA ANALISI LCA  
SEMPLIFICATE



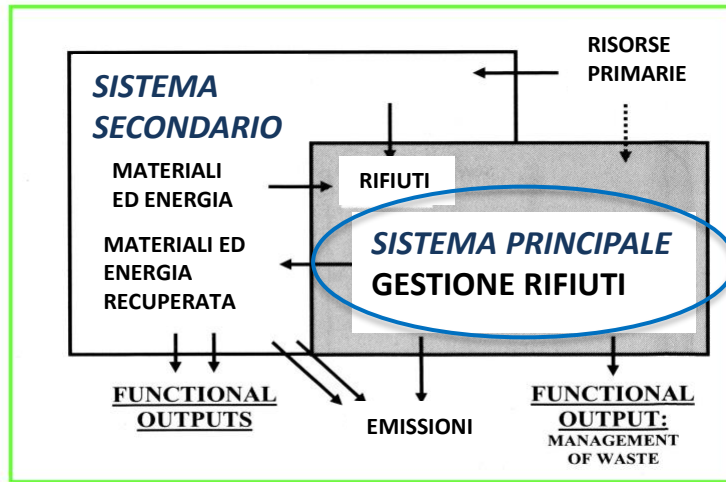
PRGR CON  
RIFERIMENTI  
GENERICI A  
STUDI LCA GIÀ  
SVOLTI



PRGR CON  
MINIMO/SENZA  
ALCUN RIFERIMENTO  
A STUDI LCA



# Modalità di calcolo degli impatti per LCA applicata ai rifiuti



Clift et al., 2000

In un'analisi LCA applicata alla gestione dei rifiuti si è soliti distinguere tra:

- **IMPATTI DIRETTI**
- **IMPATTI INDIRETTI**
- **IMPATTI EVITATI**

## SISTEMA PRINCIPALE

- comprende tutte le operazioni che avvengono all'interno del sistema di gestione rifiuti: raccolta, trasporto, operazioni di trattamento
- modellizzazione tipicamente effettuata con dati specifici e locali



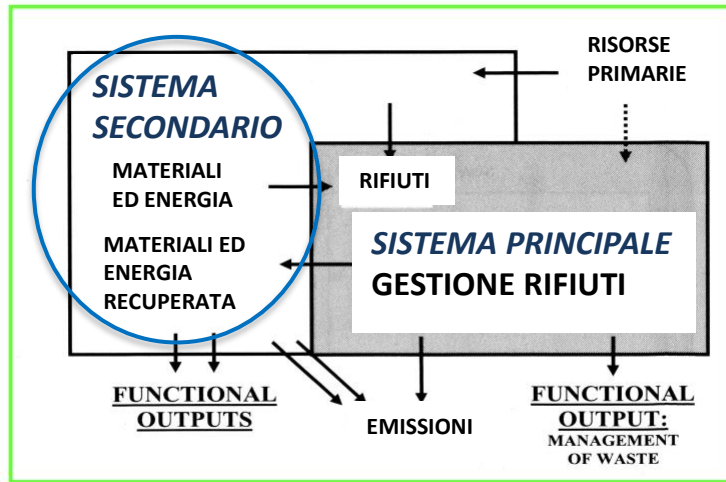
## **IMPATTI CON SEGNO +**

## IMPATTI DIRETTI

- emissioni in aria dai veicoli per la raccolta
- emissioni in aria da termovalorizzatore o da compostaggio o da biogas non captato
- rilascio di percolato non captato
- .....



# Modalità di calcolo degli impatti per LCA applicata ai rifiuti



Clift et al., 2000

In un'analisi LCA applicata alla gestione dei rifiuti si è soliti distinguere tra:

- **IMPATTI DIRETTI**
- **IMPATTI INDIRETTI**
- **IMPATTI EVITATI**

## SISTEMA SECONDARIO

- comprende tutte le attività che scambiano materia ed energia con il sistema principale
- modellizzazione con dati secondari, spesso nazionali o relativi al contesto europeo



## IMPATTI INDIRETTI

- approvvigionamento di energia elettrica
- approvvigionamento di reagenti
- approvvigionamento di diesel
- ... **IMPATTI CON SEGNO +**

## IMPATTI EVITATI

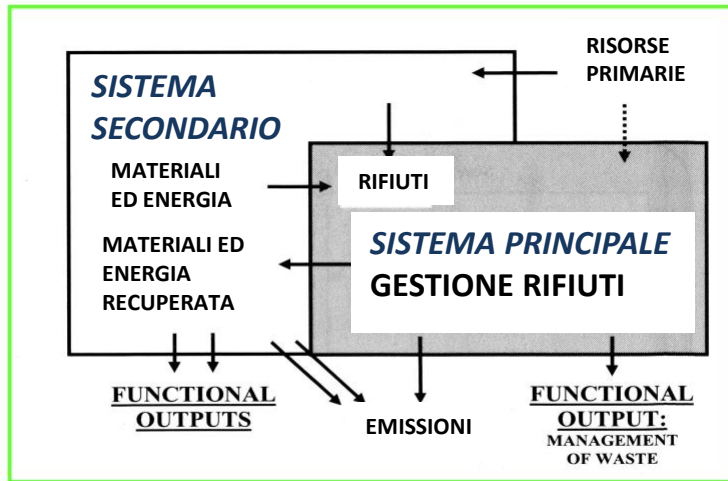
- recupero di materia ed energia. Si assume che questi evitino la produzione di materia/energia da materie prime vergini nel sistema secondario

## **IMPATTI CON SEGNO -**





# Modalità di calcolo degli impatti per LCA applicata ai rifiuti



Clift et al., 2000

In un'analisi LCA applicata alla gestione dei rifiuti si è soliti distinguere tra:

- **IMPATTI DIRETTI**
- **IMPATTI INDIRETTI**
- **IMPATTI EVITATI**

IMPATTI DIRETTI (sistema PRINCIPALE): segno POSITIVO

IMPATTI INDIRETTI (sistema SECONDARIO): segno POSITIVO

IMPATTI EVITATI (sistema SECONDARIO): segno NEGATIVO

**SOMMA**  
**ALGEBRICA**

IMPATTO  
TOTALE



segno **POSITIVO** → svantaggio ambientale. La gestione dei rifiuti determina degli impatti aggiuntivi nell'ambiente, nonostante il recupero di materia e di energia che l'operazione comporta



segno **NEGATIVO** → vantaggio ambientale. Il recupero di materia ed energia che avviene nel sistema rifiuti analizzato più che compensa gli impatti dovuti al trattamento degli stessi

# Presentazione dei casi studio

Cosa ha imparato il nostro gruppo di ricerca in questi anni in merito all'applicazione dell'LCA alla gestione dei rifiuti?

**Caso studio 1: gestione del rifiuto urbano residuo**

**Caso studio 2: gestione del rifiuto organico**

**Caso studio 3: analisi di attività di riutilizzo imballaggi**

**Caso studio 4: analisi di attività di prevenzione del rifiuto**



<https://www.aware.polimi.it/>

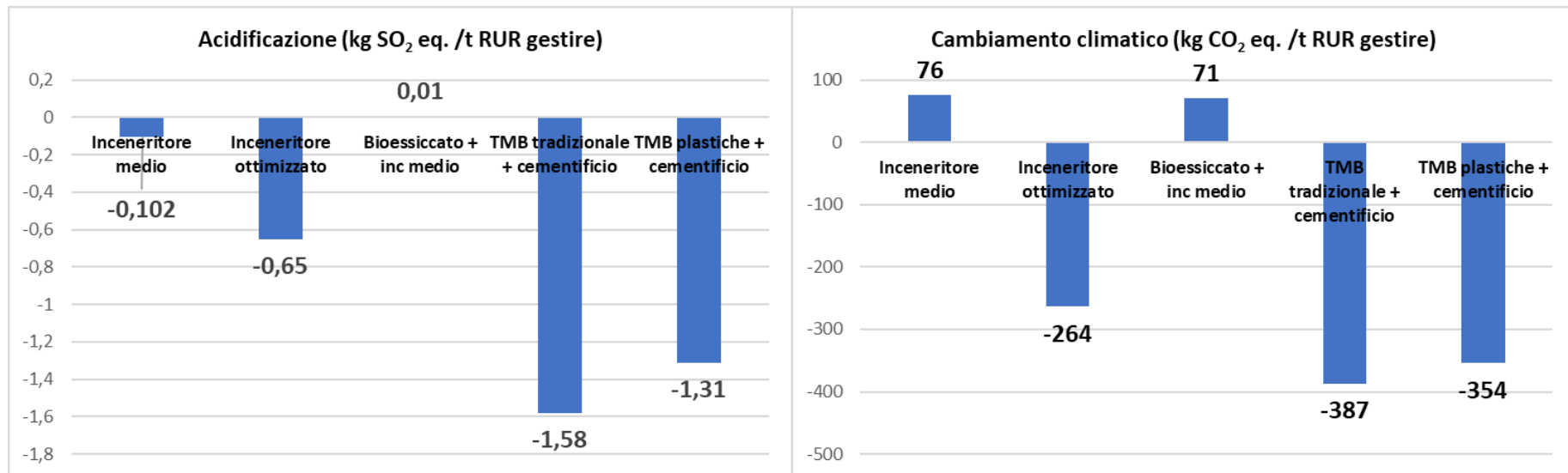
<https://it.linkedin.com/company/aware-assessment-on-waste-and-resources>

Assessment on WASTE and RESources  
Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale  
Politecnico di Milano



## Caso studio 1 - Gestione Rifiuto Urbano Residuo (RUR)

Progetto GERLA (2014). Ampia analisi di LCA per Regione Lombardia. Supporto nella formulazione di scenari di piano per la gestione dei rifiuti urbani in un contesto di gestione sostenibile



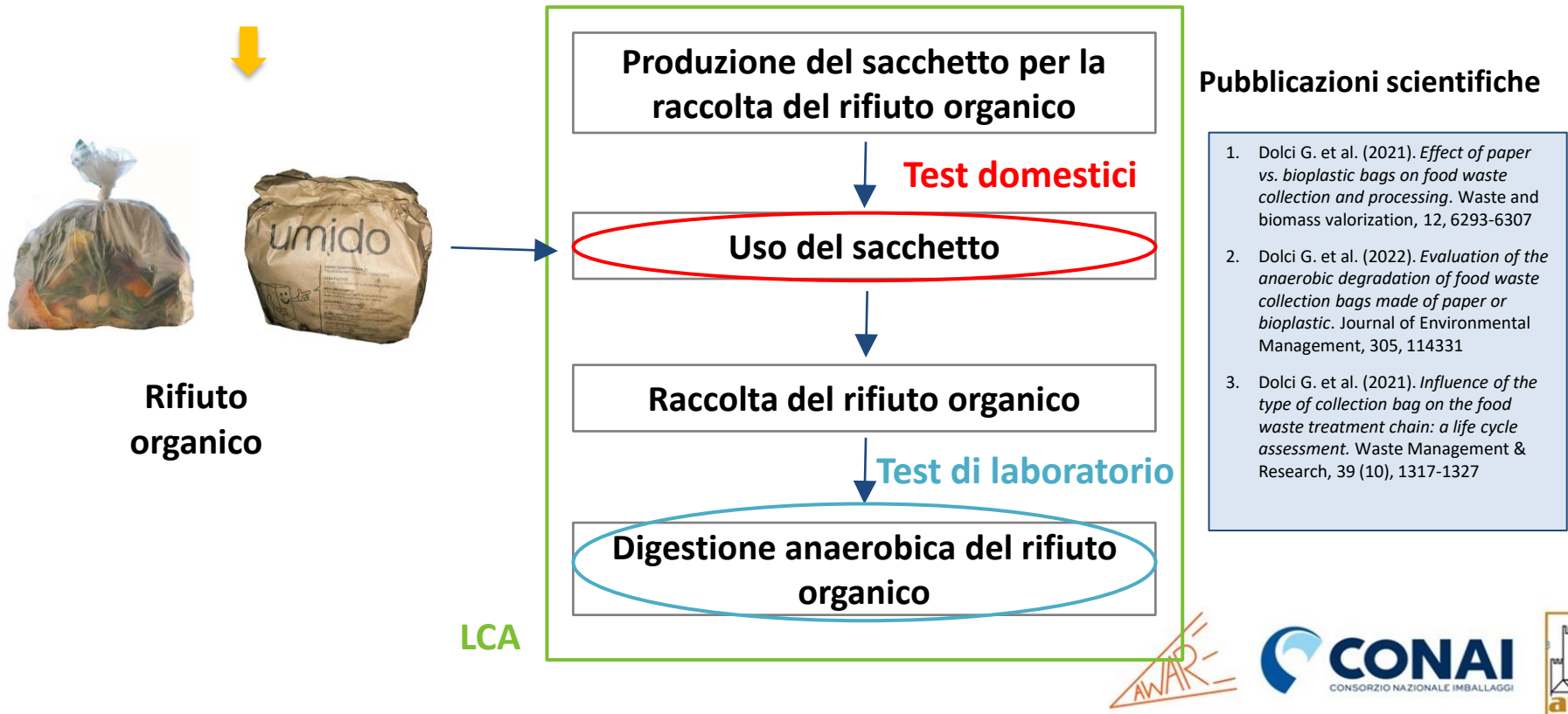
- Prediligere l'incenerimento diretto del RUR con forno a griglia piuttosto che effettuare un pretrattamento di bio-essiccazione e successivo incenerimento in forno a letto fluido
- In un processo di incenerimento si raccomanda di ottimizzare la produzione di energia, in particolare privilegiando la cogenerazione di elettricità e calore e il recupero dei metalli dalle scorie
- Il trattamento meccanico e biologico (TMB) del RUR con successiva produzione di CSS per cementificio risulta la soluzione da privilegiare (compatibilmente con le potenzialità del settore)

Fonte: Rigamonti et al. (2014). STRATEGIE DI GESTIONE DEL RIFIUTO URBANO RESIDUO IN LOMBARDIA: CONFRONTO CON ANALISI DEL CICLO DI VITA. Recycling: 28-31



## Caso studio 2 - Gestione del rifiuto organico

- **Prediligere** processi di **digestione anaerobica + post compostaggio** a processi di compostaggio aerobico tradizionale → La digestione anaerobica consente la **produzione di biogas** che può essere recuperato energeticamente tal quale oppure essere raffinato ulteriormente per produrre biometano da immettere in rete o alimentare i veicoli (presenta le stesse caratteristiche del metano fossile in aggiunta all'origine biogenica)
- La tipologia di sacchetto impiegata per la raccolta ha un'importante influenza sull'intera **filiera di raccolta e gestione del rifiuto organico**



## Caso studio 2 - Gestione del rifiuto organico

- L'intera **filiera di raccolta e gestione del rifiuto organico** può essere ottimizzata tramite l'uso di **sacchetti in carta** per la raccolta anziché sacchetti in plastica compostabile
- 1. Fase di gestione del rifiuto a livello domestico e raccolta (test in parallelo di confronto tra l'uso domestico di sacchetti in carta e plastica)
  - I sacchetti in **carta** permettono **maggiori perdite di peso del rifiuto** in essi contenuto (**fino al 44% superiori rispetto alla bioplastica**) e pertanto una **minore quantità di rifiuto** che deve essere successivamente raccolto
  - I sacchetti in **carta** permettono una **minore produzione di odori e di percolato**



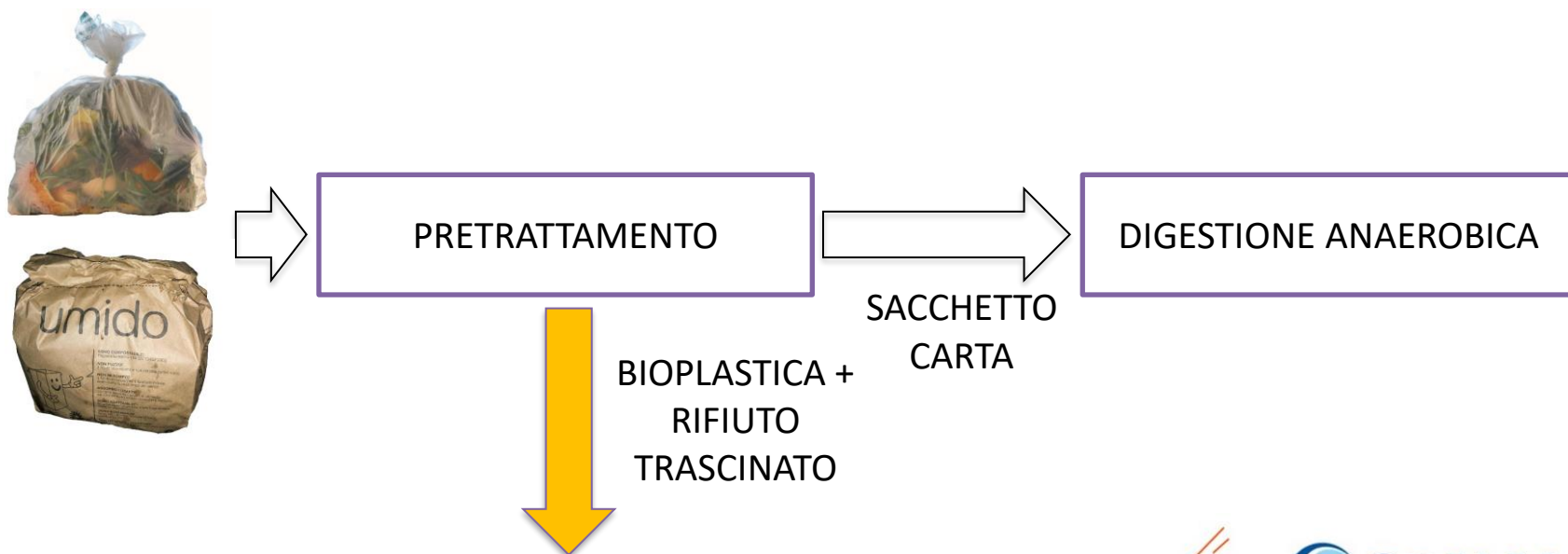
Potenziale riduzione della frequenza di raccolta dell'organico

## Caso studio 2 - Gestione del rifiuto organico

- L'intera **filiera di raccolta e gestione del rifiuto organico** può essere ottimizzata tramite l'uso di **sacchetti in carta** per la raccolta anziché sacchetti in plastica compostabile

### 2. Fase di trattamento del rifiuto (digestione anaerobica)

- ➔ I sacchetti in **plastica e in bioplastica compostabile** sono generalmente rimossi e gestiti come **scarti** in fase di pretrattamento del processo di digestione anaerobica, specialmente se a umido (problemi idraulici e co-presenza di plastiche tradizionali e bioplastiche compostabili). Inoltre tali materiali esercitano un effetto trascinamento con la **rimozione** di un certo quantitativo di **rifiuto organico**. **Gli scarti aumentano quindi fino a 4 volte il peso del sacchetto**
- ➔ **I sacchetti in carta non necessitano di rimozione**



## Caso studio 2 - Gestione del rifiuto organico

Qualora in futuro i problemi operativi relativi alla gestione delle bioplastiche compostabile fossero risolti, è importante **valutare la reale degradabilità anaerobica** di tali tipologie di manufatti

**Attualmente le bioplastiche** sono classificate compostabili (e pertanto **idonee a essere conferite in impianti di compostaggio e di digestione anaerobica**) in accordo con la norma UNI EN 13432:2002 che prevede tuttavia l'effettuazione di valutazioni solamente in **condizioni aerobiche!**

→ Prove di co-digestione di sacchetti e rifiuto organico per la valutazione della rispettiva degradabilità anaerobica in condizioni di alimentazione in semi-continuo (in termofilia). Tali prove simulano il più possibile a scala di laboratorio le condizioni reali di trattamento



Substrato	Degradabilità anaerobica
Sacchetto in bioplastica shopper	12%
Sacchetto in bioplastica dedicato	27%
Sacchetto in carta	82%



SHOPPER



DEDICATO



CARTA

**PRIMA  
DEL TEST**



**DOPO IL  
TEST**

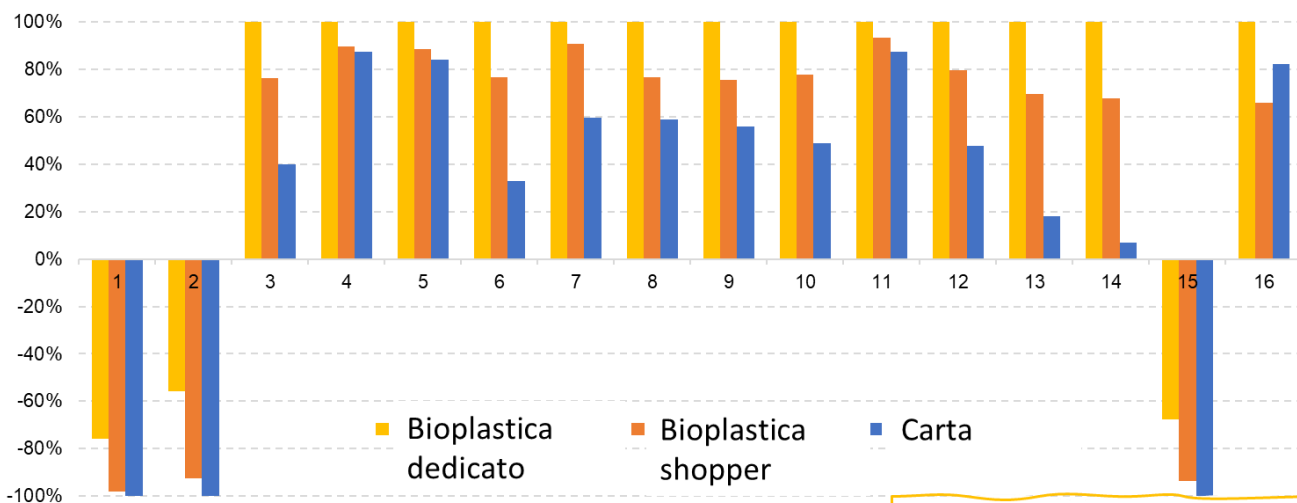


## Caso studio 2 - Gestione del rifiuto organico

➤ L'intera **filiera di raccolta e gestione del rifiuto organico** può essere ottimizzata tramite l'uso di **sacchetti in carta** per la raccolta anziché sacchetti in plastica compostabile

3. Analisi **LCA** relativa all'**intera filiera** di gestione del rifiuto organico (produzione del sacchetto, raccolta del rifiuto, digestione anaerobica del rifiuto e trattamento dei residui)

### IMPATTI RELATIVI ALLA FILIERA DI GESTIONE DEL RIFIUTO ORGANICO



#### CATEGORIA DI IMPATTO

- |                                        |                                           |
|----------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1 Cambiamento climatico                | 9 Eutrofizzazione - acqua dolce           |
| 2 Riduzione ozono                      | 10 Eutrofizzazione marina                 |
| 3 Radiazioni ionizzanti (salute umana) | 11 Eutrofizzazione terrestre              |
| 4 Formazione fotochimica di ozono      | 12 Ecotossicità acquatica                 |
| 5 Assunzione di materiale particolato  | 13 Uso del suolo                          |
| 6 Tossicità umana non cancerogena      | 14 Consumo di risorsa idrica              |
| 7 Tossicità umana cancerogena          | 15 Consumo di risorse energetiche fossili |
| 8 Acidificazione                       | 16 Consumo di risorse, minerali e metalli |

**L'uso di sacchetti di carta garantisce prestazioni ambientali migliori per l'intero sistema di gestione del rifiuto in:**

- **tutte le categorie di impatto se confrontato con il sacchetto in bioplastica esclusivamente dedicato alla raccolta del rifiuto**
- **9/16 categorie di impatto se confrontato con lo shopper in bioplastica**





## Caso studio 3 - Pratiche di riutilizzo degli imballaggi

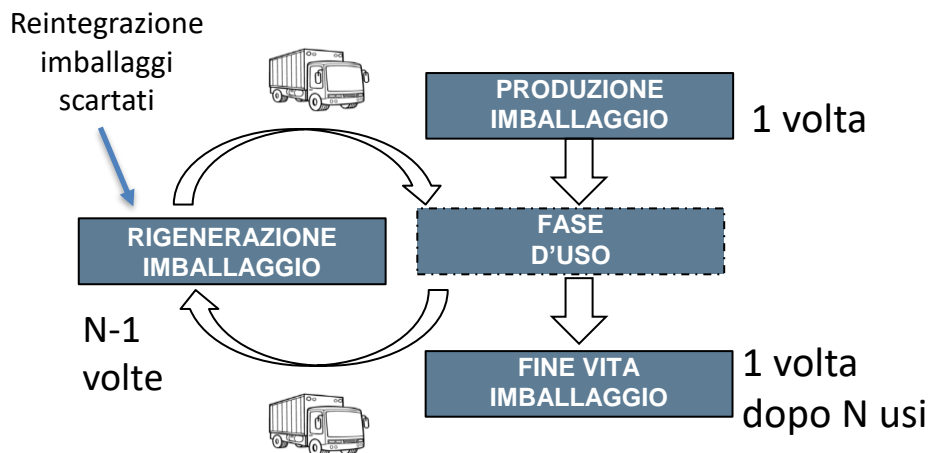
### PRATICHE DI RIUTILIZZO DEGLI IMBALLAGGI

1. Buone misure per ridurre la produzione di rifiuti
2. Richiedono generalmente delle operazioni di rigenerazione tra un utilizzo e il successivo con carichi ambientali aggiuntivi da valutare



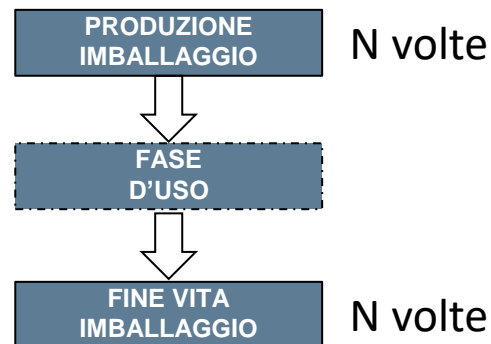
**OCCORRE ADOTTARE UNA PROSPETTIVA DI CICLO DI VITA PER UNA CORRETTA VALUTAZIONE DELLA CONVENIENZA AMBIENTALE**

#### SISTEMA BASATO SUL RIUSO (N utilizzi)



VS

#### SISTEMA MONO-USO







# Caso studio 3 - Pratiche di riutilizzo degli imballaggi

## CASO STUDIO A

MAPPATURA DELLE PRATICHE DI RIUTILIZZO  
DEGLI IMBALLAGGI  
IN ITALIA



Valutazione tramite metodologia LCA degli impatti associati al ciclo di vita di 4 imballaggi riutilizzabili e confronto con sistemi mono-uso basati su imballaggi dello stesso materiale e della stessa capacità

IMBALLAGGIO	MATERIALE	PESO MEDIO	MASSIMO n° di UTILIZZI	PUBBLICAZIONE SU RIVISTA INTERNAZIONALE
Cisternetta multimateriale (1 m <sup>3</sup> ) 	Gabbia - acciaio	22 kg	5	Biganzoli L., Rigamonti L., Grosso M. (2018). <i>Intermediate bulk containers re-use in the circular economy: an LCA evaluation</i> . Procedia of the 25 <sup>th</sup> CIRP LCE Conference, 69, 827-832. <a href="https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.010">https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.010</a>
	Otre - HDPE	16 kg		
	Pallet	Legno: 23 kg Plastica: 19 kg Acciaio: 20 kg		
Fusto in acciaio (215 litri) 	Acciaio	15,7 kg	10	Biganzoli L., Rigamonti L., Grosso M. (2019). <i>LCA evaluation of packaging re-use: the steel drums case study</i> . J Mater Cycles Waste, 21(1), 67-78. <a href="https://doi.org/10.1007/s10163-018-00817-x">https://doi.org/10.1007/s10163-018-00817-x</a>
Cassetta a rendere per ortofrutta (12 kg) 	Polipropilene	1,49 kg	125	Tua C., Biganzoli L., Grosso M., Rigamonti L. (2019). <i>Life Cycle Assessment of Reusable Plastic Crates (RPCs)</i> . Resources, 8(2), 1-15. <a href="https://doi.org/10.3390/resources8020110">https://doi.org/10.3390/resources8020110</a>
Bottiglia in vetro a rendere per acqua minerale (1 litro) 	Bottiglia - vetro	452 g	30	Tua C., Grosso M., Rigamonti L. (2020). <i>Reusing glass bottles in Italy: a life cycle assessment evaluation</i> . Accettato per la pubblicazione nei Procedia of the 27 <sup>th</sup> CIRP LCE Conference, Grenoble (2020)
	Tappo - alluminio (monouso)	1,8 g		
	Etichetta - carta (monouso)	1,0 g		



## Caso studio 3 - Pratiche di riutilizzo degli imballaggi

In accordo con un approccio LCA, il riutilizzo degli imballaggi è una pratica generalmente preferibile rispetto all'utilizzo di un imballaggio mono-uso della stessa capacità e dello stesso materiale. Questa affermazione è valida anche quando l'imballaggio mono-uso risulta più leggero e quando è previsto un processo di rigenerazione tra un uso e il successivo



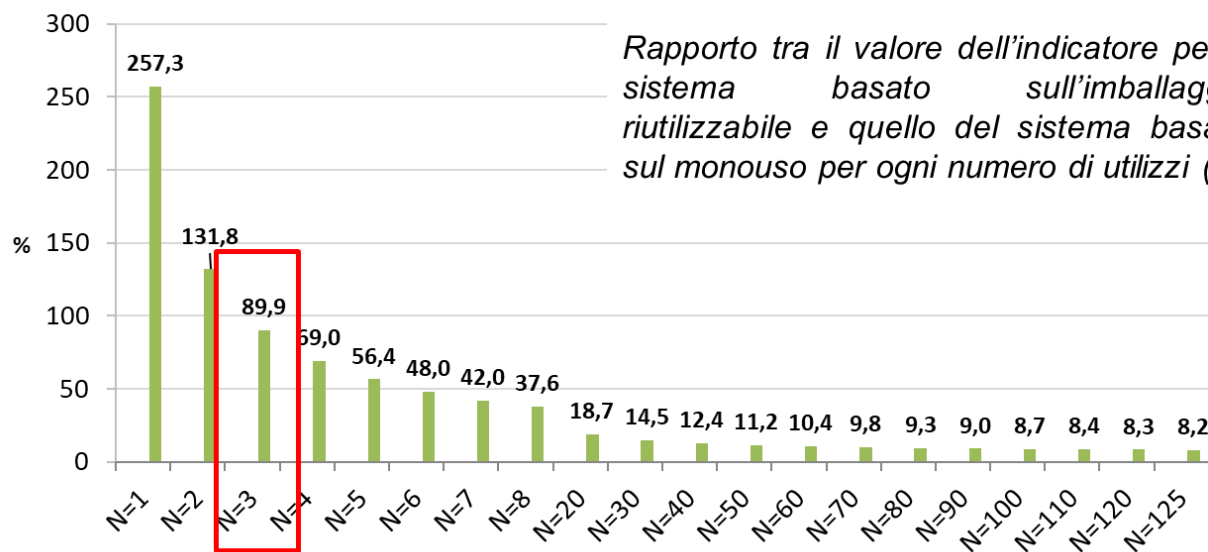
1.5 kg

VS



579 g

### CAMBIAMENTO CLIMATICO



### CASO STUDIO A

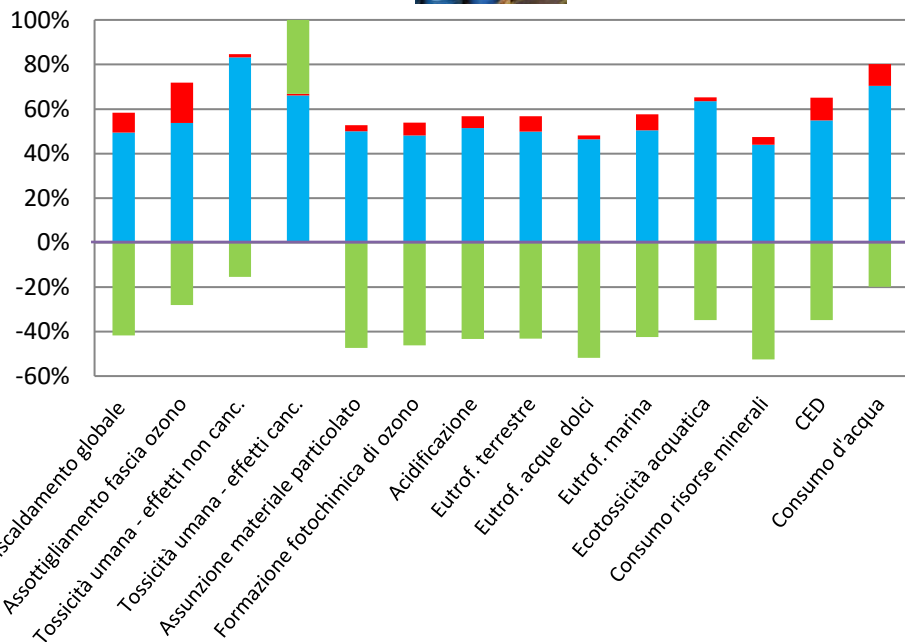
MAPPATURA DELLE PRATICHE DI RIUTILIZZO  
DEGLI IMBALLAGGI  
IN ITALIA

# Caso studio 3 - Pratiche di riutilizzo degli imballaggi

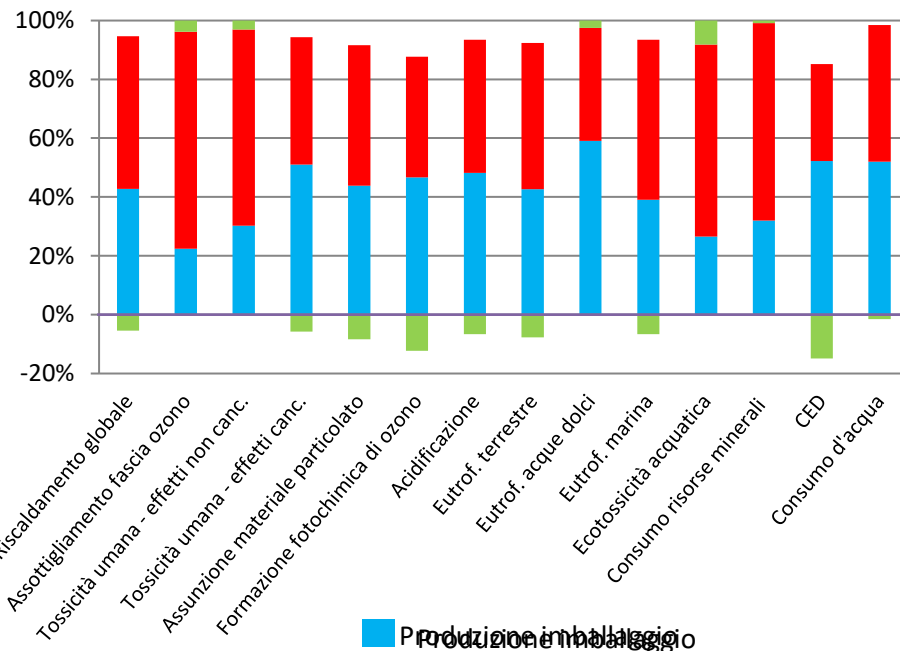
Per alcuni imballaggi (es. fusti), la rigenerazione mostra un contributo all'impatto ridotto anche per il numero massimo di rotazioni, mentre per altre tipologie (es. cassette per ortofrutta) il contributo acquista importanza all'aumentare degli utilizzi. A seconda della tipologia di imballaggio, i principali carichi ambientali della fase di rigenerazione sono associati ai consumi energetici, alla fase di trasporto al centro di rigenerazione e alla gestione dei residui



N=10



N=125



■ Produzione imballaggio  
■ Rigenerazione imballaggio  
■ Fine vita imballaggio

## CASO STUDIO A

MAPPATURA DELLE PRATICHE DI RIUTILIZZO DEGLI IMBALLAGGI IN ITALIA



# Caso studio 3 - Pratiche di riutilizzo degli imballaggi

## CASO STUDIO B

STUDIO LCA DI IMBALLAGGI IN VETRO E  
COMPARAZIONE CON ALTRI MATERIALI DI  
IMBALLAGGIO (ANNO 2020-2012)



Associazione Nazionale degli Industriali del Vetro



Assessment on WASTE  
and RESOURCES

PET A PERDERE 1.5L

VS

VETRO A RENDERE (VAR) 1L



Bottiglie per 1 consegna 0,67  
Bottiglie per 20 consegne 13,3 (**0,36 kg**)

Bottiglie per 1 consegna 1  
Bottiglie per 20 consegne 1 (**0,45 kg**)

UNITA' FUNZIONALE: distribuzione di 1 litro di  
acqua minerale ad ogni consegna in bottiglie di  
grande formato, per 20 consegne

	VAR	PET	
		100% vergine	50% R-PET
CC	100%	87%	80%
AO	100%	52%	51%
FO	100%	67%	60%
AP	100%	67%	61%
TU <sub>NC</sub>	100%	61%	56%
TU <sub>C</sub>	100%	61%	49%
A	100%	76%	70%
ED	100%	99%	81%
EM	100%	62%	56%
ET	100%	69%	67%
EC	100%	65%	60%
CA	100%	150%	134%
CR <sub>F</sub>	100%	103%	83%
CR <sub>M</sub>	100%	145%	125%

■ SCENARIO PET MIGLIORE  
■ SCENARIO PET PEGGIORE

■ IMPATTI  
CONFRONTABILI  
( $\Delta \leq 10\%$ )



# Caso studio 4 - Analisi LCA di prevenzione dei rifiuti

L’LCA è uno strumento di supporto nella scelta e definizione delle azioni di prevenzione dei rifiuti

- identifica le misure che garantiscono non solo una riduzione dei rifiuti e ma anche un’effettiva riduzione degli impatti ambientali complessivi
- Individua i carichi ambientali maggiori del sistema di prevenzione analizzato e definisce possibili strategie volte al superamento di eventuali criticità riscontrate
- Può fornire indicazioni utili ai diversi attori coinvolti, affinché i benefici attesi vengano effettivamente conseguiti



ATTIVITÀ	SERVIZIO TRADIZIONALE	ATTIVITÀ PREVENZIONE	PUBBLICAZIONE
Consumo di acqua minerale	Acqua in bottiglie in PET a perdere	Acqua di rete/case dell’acqua	Nessi et al. (2012). <i>LCA of waste prevention activities: a case study for drinking water in Italy</i> . Journal of Environmental Management, 108: 73-83
Acquisto di beni alimentari (pasta, cereali e riso) e detersivi	Prodotti confezionati in imballaggi a perdere	Vendita sfusa presso la GDO	Dolci et al. (2014). <i>Prevenzione dei rifiuti tramite la distribuzione di prodotti alimentari sfusi: un confronto basato sulla metodologia LCA</i> . Ingegneria dell’Ambiente, 1 (1): 47-64
Acquisto di prodotti ortofrutticoli	Vendita nel canale GDO	Spesa in cassetta (farm delivery)	Tua et al. (2015). <i>Prevenzione dei rifiuti nella distribuzione di prodotti ortofrutticoli: un confronto basato sull’analisi del ciclo di vita</i> . Ingegneria dell’Ambiente, 2 (1): 39-55
Acquisto di pile AA e AAA	Pile usa e getta	Pile ricaricabili	Dolci G. et al. (2016). <i>Life cycle assessment of consumption choices: a comparison between disposable and rechargeable household batteries</i> . The International Journal of Life Cycle Assessment, 21 (12): 1691-1705



VS



VS



VS



VS

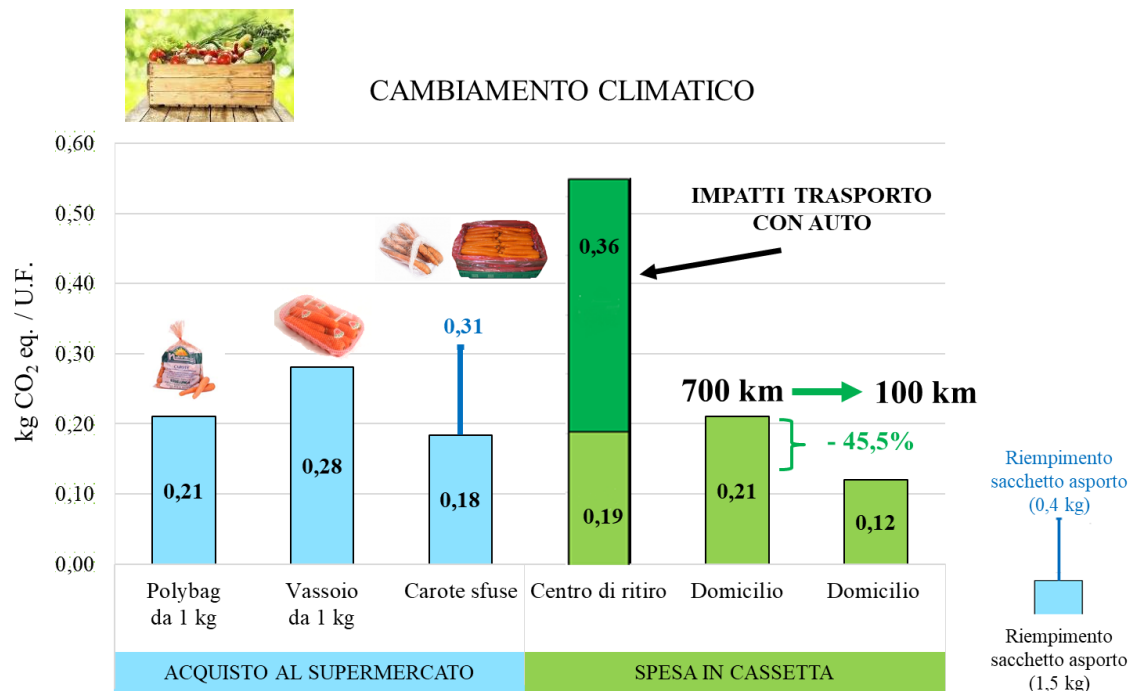


## ATTENZIONE!

*Quando si analizzano e confrontano scenari che comprendono una o più attività di prevenzione con scenari tradizionali, l’entità e/o la tipologia dei processi a monte del sistema di trattamento del rifiuto variano da scenario a scenario e non è possibile escluderli a priori dall’analisi (l’approccio ZERO BURDENS non è più valido)*

## Caso studio 4 - Analisi LCA di prevenzione dei rifiuti

- Non tutte le azioni di prevenzione, così come originariamente implementate, consentono un'effettiva riduzione del rifiuto e, a maggior ragione, degli impatti ambientali complessivi → **la prevenzione è la strategia migliore ma a patto che sia svolta bene!**
- I servizi tradizionali sostituiti spesso appartengono a filiere altamente ottimizzate, con cui può non essere facile competere attraverso iniziative nuove e potenzialmente suscettibili di ampi miglioramenti
- La convenienza ambientale delle azioni esaminate dipende frequentemente da diverse variabili legate al comportamento del consumatore e all'effettiva modalità di attuazione delle azioni sul territorio di riferimento da parte degli attori coinvolti



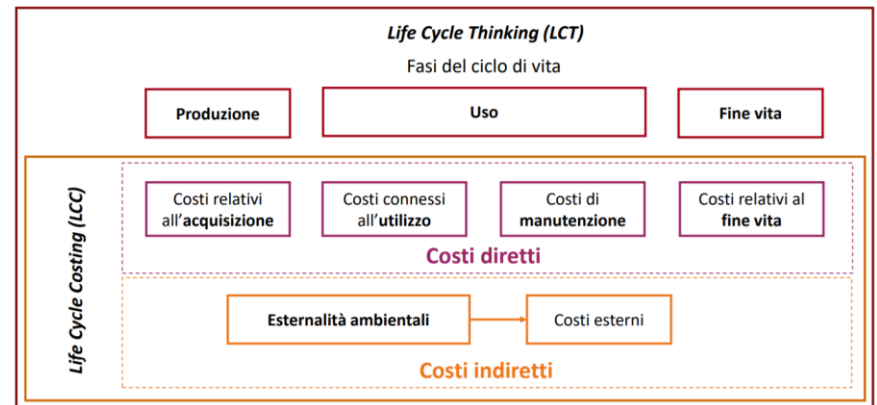
FARM DELIVERY competitiva solo se:

- si effettua una consegna delle cassette direttamente a domicilio;
- si prevede l'uso di cassette a rendere lungo l'intera filiera di distribuzione del prodotto e non solo per la consegna finale
- si varia l'offerta settimanale cercando di fornire soprattutto prodotti reperiti entro 100 km dal luogo di consumo



# Metodologia Life Cycle Costing - LCC

- L'analisi Life Cycle Costing (LCC) considera i costi totali di un prodotto, processo o servizio associati al suo intero ciclo di vita, e che sono direttamente sostenuti da uno o più attori di tale ciclo (es. fornitore, produttore, utilizzatore o gestore del fine vita)
- La LCC permette di svolgere un'analisi che evidenzia gli hot spot economici e quindi è molto utile allo scopo di aumentare l'efficienza e ridurre i costi. Come la LCA, anche la LCC può essere utilizzata per confrontare diversi scenari e alternative. Cresce l'utilizzo di questa metodologia anche nell'ambito del *green procurement*, nel caso in cui si desideri prediligere non il prodotto o servizio con il costo minore ma il prodotto con il costo minore considerandone l'intero ciclo di vita







## Metodologia Social LCA - SLCA

- Nel 1993, un Report della Society of Environmental Toxicology and Chemistry: “*Conceptual Framework for Life Cycle Impact Assessment*” (Fava et al., 1993) propose una categoria di impatto riguardo al **social welfare**.
- Nel 2003, la UNEP/SETAC Life Cycle Initiative riconobbe la necessità di una **Task Force** per integrare **gli impatti sociali nella valutazione di impatto del ciclo di vita**.
- Le prime **Guidelines for Social Life Cycle Assessment** furono pubblicate nel **2009** (UNEP/SETAC, 2009). Per un decennio hanno rappresentato il testo di riferimento in materia. Nel 2013 furono inoltre prodotte le **Methodological Sheets for Social Life Cycle Assessment**, fondamentali allo sviluppo dell’analisi.

**Nuove Linee Guida disponibili insieme a nuove Methodological Sheets!**



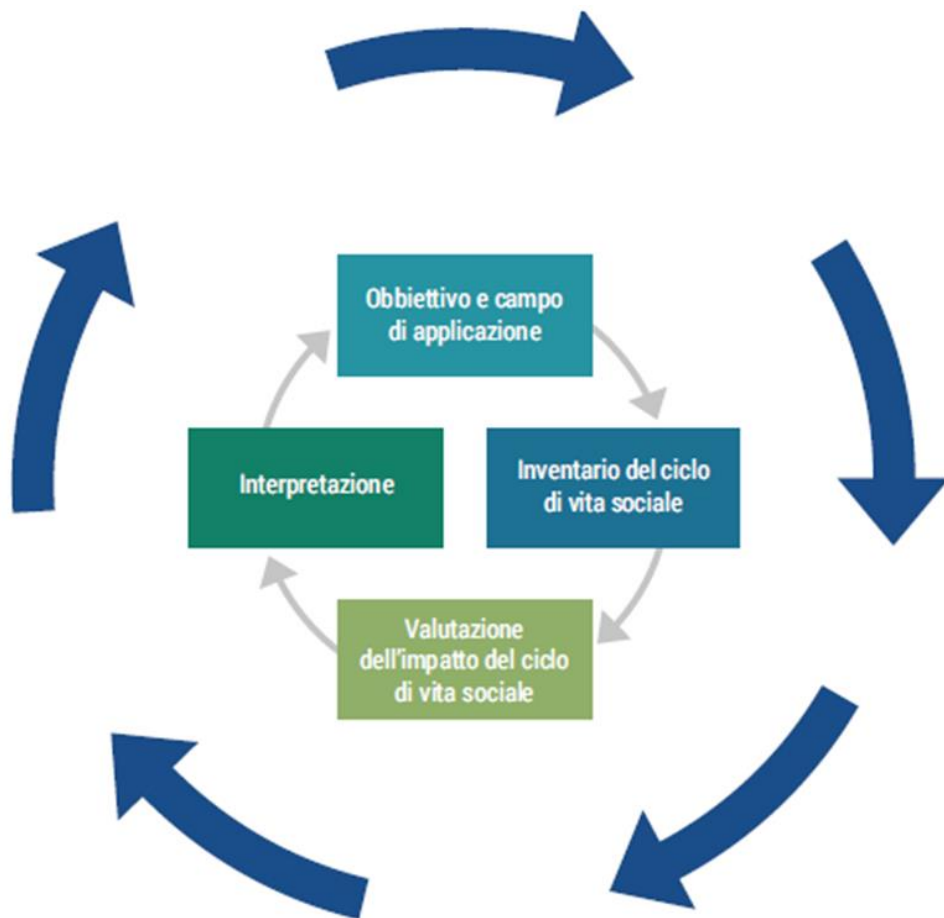


# Metodologia Social LCA - SLCA

## Struttura della Social LCA:

La S-LCA si basa in gran parte sul quadro di riferimento dettato dalla **ISO 14040 per l'E-LCA**.

È una metodologia **iterativa**, il che significa che si può migliorare la valutazione nel tempo, passando attraverso **diversi cicli di valutazione** e da risultati più generici/potenziali a quelli più **specifici** rispetto al sito e al caso analizzato.



**Uno standard ISO è in preparazione per la S-LCA!**



**ISO/AWI 14075**

Principles and framework for social life cycle assessment

### GENERAL INFORMATION

Status : © Under development

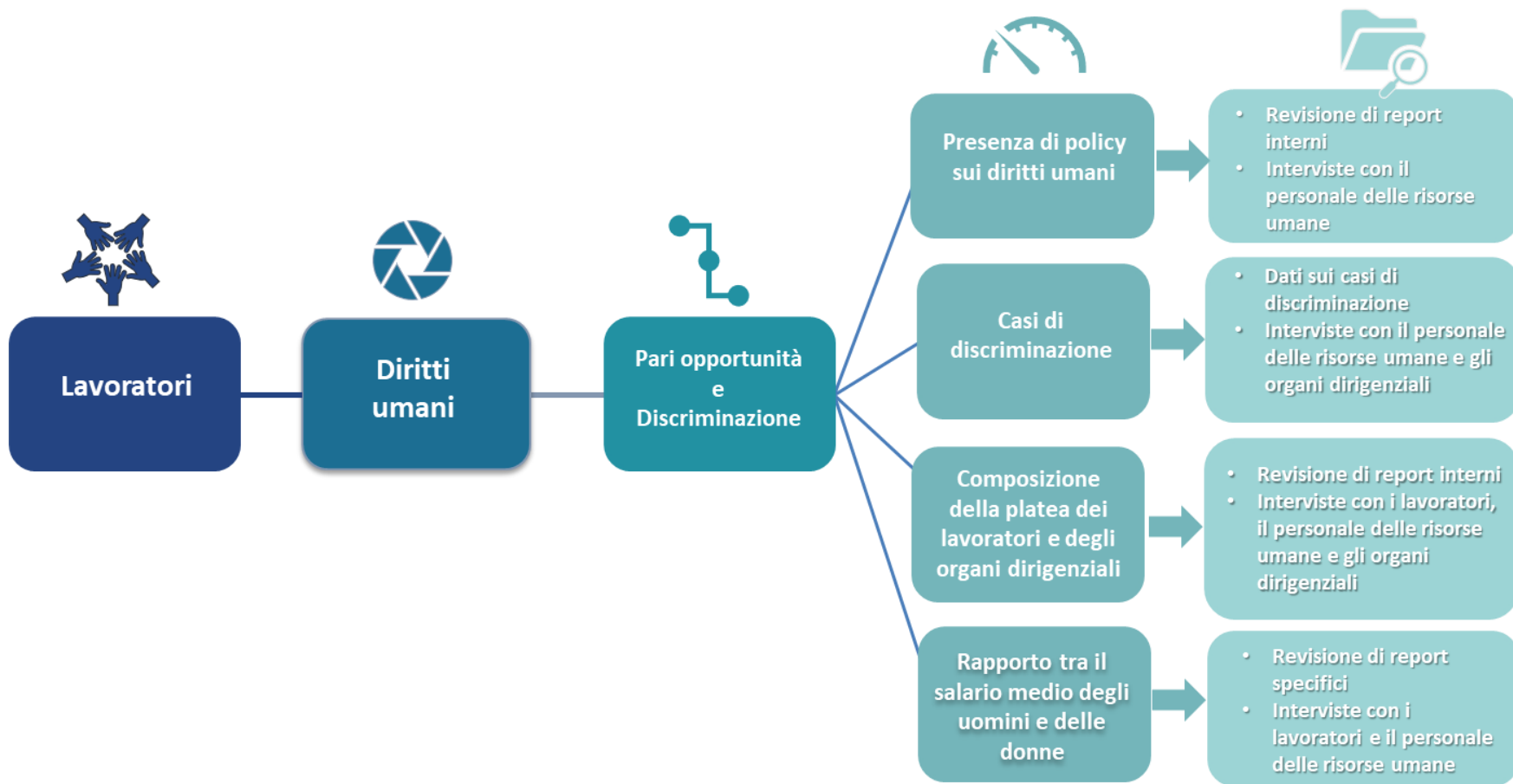
Edition : 1

Technical Committee : ISO/TC 207/SC 5 Life cycle assessment





# Metodologia Social LCA - SLCA





# Ringraziamenti

## GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

Per domande: [giulia.cavenago@polimi.it](mailto:giulia.cavenago@polimi.it)



**AWARE - Assessment on WASTE and RESources**

Assessment on WASTE and RESources  
Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale  
Politecnico di Milano

<https://www.aware.polimi.it/>

<https://it.linkedin.com/company/aware-assessment-on-waste-and-resources>

