



# WORKSHOP DI LCA – LIFE CYCLE ASSESSMENT

## Teoria e pratica dell'analisi a ciclo di vita

### PRIMO CONTRIBUTO

### INTRODUZIONE: IMPATTI AMBIENTALI E CICLO DI VITA

Milano 23 Novembre 2017

Ing. JACOPO FAMIGLIETTI

Dott. CARLO PROSERPIO

- ✓ Impatti ambientali del sistema di produzione e consumo
- ✓ L'approccio a ciclo di vita (ing. *Life Cycle Approach*)
- ✓ Fasi di uno studio di *Life Cycle Assessment* (LCA)
- ✓ Applicazione della LCA (casi studio)
- ✓ Limiti metodologici della LCA
- ✓ Cenni di *Life Cycle Cost Analysis* (LCCA)

- ✓ Impatti ambientali del sistema di produzione e consumo
- ✓ L'approccio a ciclo di vita (ing. *Life Cycle Approach*)
- ✓ Fasi di uno studio di *Life Cycle Assessment* (LCA)
- ✓ Applicazione della LCA (casi studio)
- ✓ Limiti metodologici della LCA
- ✓ Cenni di *Life Cycle Cost Analysis* (LCCA)

# IMPATTI AMBIENTALI DEL SISTEMA DI PRODUZIONE E CONSUMO 4

## LE ORIGINI DELLA POLITICA AMBIENTALE

Perché lo sviluppo della metodologia LCA è iniziata nei primi anni 70?

Ci sono almeno due ragioni chiave (Kloepffer et al. 2014):

1. stava crescendo il problema dei rifiuti (studi sul packaging);
2. consapevolezza sul limite delle risorse (es. risorse energetiche).

Ci furono le prime politiche ambientali sviluppate dalle autorità dei paesi industrializzati, principalmente volte alla responsabilizzazione del consumatore finale. Uscì il best-seller «The Limits to Growth» (il rapporto del Club of Rome - 1972), la cui teoria fu praticamente confermata dalla crisi del petrolio nel 1973/1974.

# IMPATTI AMBIENTALI DEL SISTEMA DI PRODUZIONE 5 E CONSUMO

## STORIA – I PRIMI STUDI LCA

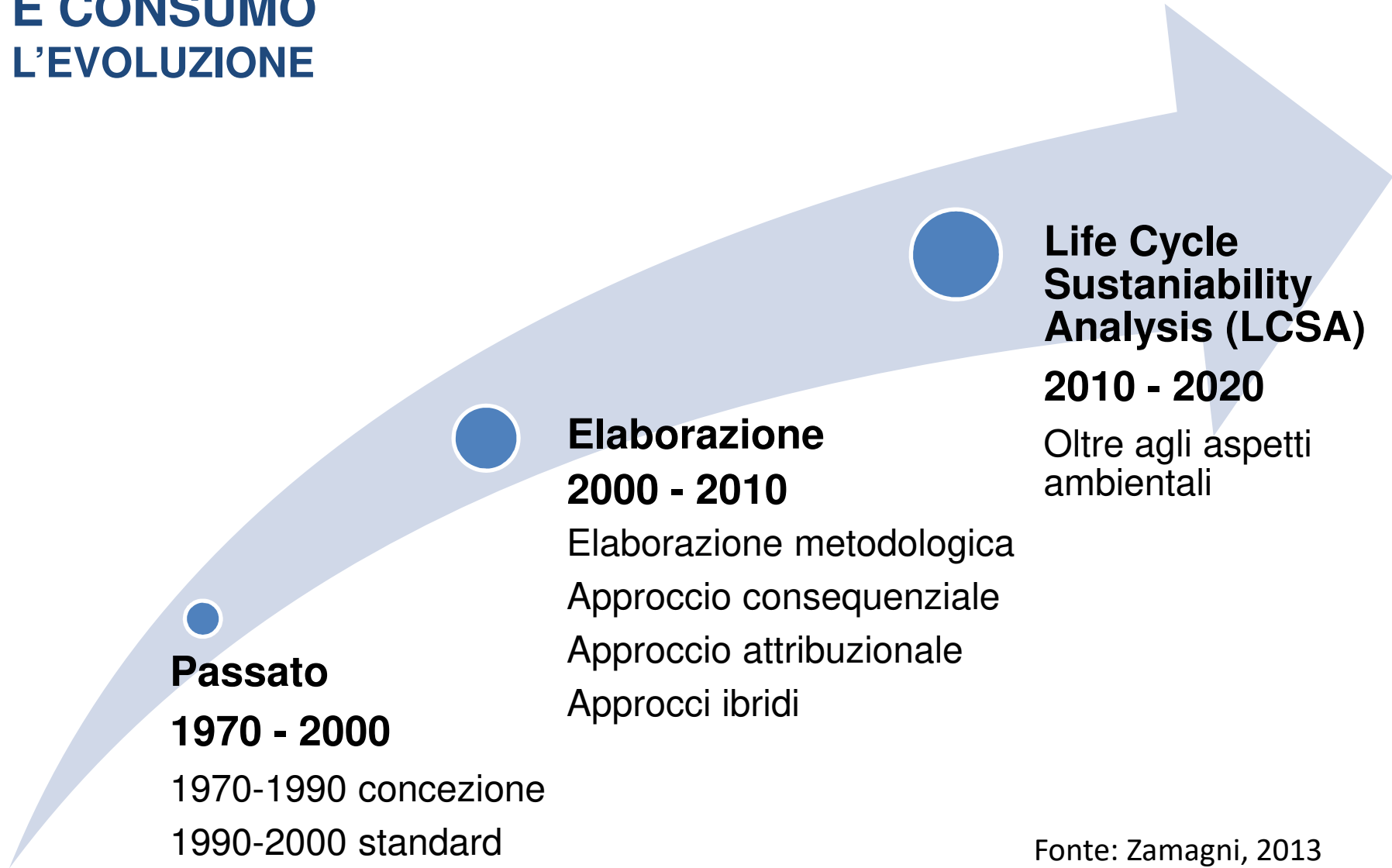
La metodologia LCA è relativamente recente, ma non così recente come molti credono.

L'economista e biologo scozzese Patrick Geddes sviluppò intorno al 1880 un procedura che può essere considerata il precursore del Life Cycle Inventory (LCI) (Kloepper et al. 2014). Il focus della metodologia era legato alla fornitura energetica (specialmente il carbone).

Il primo studio LCA (nel senso moderno del termine) è stato condotto intorno al 1970 dal Midwest Research Institute (USA), analizzava il consumo di risorse e le emissioni causate dal sistema prodotto. Fu applicato per comparare il packaging delle bevande.

# IMPATTI AMBIENTALI DEL SISTEMA DI PRODUZIONE E CONSUMO L'EVOLUZIONE

6



- ✓ Impatti ambientali del sistema di produzione e consumo
- ✓ L'approccio a ciclo di vita (ing. *Life Cycle Approach*)
- ✓ Fasi di uno studio di *Life Cycle Assessment* (LCA)
- ✓ Applicazione della LCA (casi studio)
- ✓ Limiti metodologici della LCA
- ✓ Cenni di *Life Cycle Cost Analysis* (LCCA)

# L'APPROCCIO A CICLO DI VITA

## DEFINIZIONE

8

Il Life Cycle Assessment (LCA) è un metodo definito da standard internazionali ISO 14040 e 14044 per analizzare aspetti ed impatti ambientali di un sistema prodotto.

ISO 14040 (1997): *LCA studies the environmental aspects and potential impacts throughout a product's life (i.e. cradle-to-grave) from raw material acquisition through production, use and disposal. The general categories of environmental impacts needing consideration include resource use, human health, and ecological consequences.*

Definizioni simili sono state adottate da:

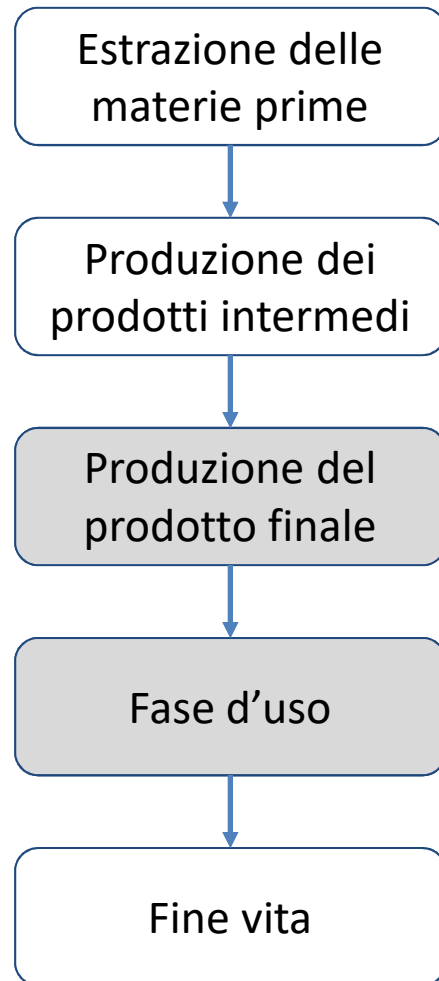
The Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) nel documento «The Code of Practice» (1993);

Ministero dell'Ambiente Scandinavo nelle linee guida di base del DIN-NAGUS (1994).



# L'APPROCCIO A CICLO DI VITA

## II CICLO DI VITA DI UN PRODOTTO



**Schematizzazione semplificata dell'approccio dalla culla alla tomba di un prodotto (in figura).**

Nella figura a fianco è schematizzata in modo semplificato la vita di un prodotto (schema ad albero semplificato). Se diversificassimo le celle in singoli processi (processi unitari), ovvero: trasporto, energia utilizzata, co-prodotti generati, etc. lo schema (ad albero semplificato) diventerebbe molto complesso.

**Sistema prodotto:** insieme dei processi unitari che espleta una o più funzioni definite e modella il ciclo di vita del prodotto (ISO, 2006).

**Processo unitario:** l'elemento più piccolo considerato nel LCI per il quale sono quantificati i dati in ingresso e in uscita (ISO, 2006).

### Legenda

Trasporto →

# L'APPROCCIO A CICLO DI VITA

## L'UNITÀ FUNZIONALE

10

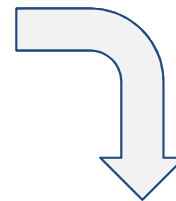
**Unità funzionale:** prestazione quantificata di un sistema prodotto da utilizzare come unità di riferimento (ISO, 2006b). *L'unità funzionale è il secondo termine base del LCA, dopo l'approccio a ciclo di vita* (Klopper et al. 2014).

### Esempio

La funzione del packaging di una bevanda è prima di tutto quella di contenere la bevanda stessa, prima della sua trasportabilità e capacità di conservazione. L'unità funzionale perciò, generalmente (nelle varie linee guida e regole internazionali), viene definita con il volume di liquido contenuto in modo da comprendere tutti gli aspetti tecnici prestazionali.

Tre esempi di sistemi di packaging che espletano la stessa funzione, da analizzare e comparare:

- Bottiglia di vetro da 0,5 litri riutilizzabile;
- Cartone per bevande da 1 litro monouso;
- Bottiglia in PET da 2 litri monouso.



Unità funzionale: 1 litro di bevanda confezionata, distribuita al consumatore finale e consumata.

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## ESERCIZIO UNITA' FUNZIONALE

Tipologia di prodotto	Unità funzionale	Esempi di Unità Funzionale	Fonti
Cartello stradale	.....		
Sacchetto di carta	.....		
Caffè	.....		
Latte	.....		
Lavatrice	.....		
Frigorifero	.....		
Zucchero	.....		
Automobile	.....		

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## ESERCIZIO UNITA' FUNZIONALE

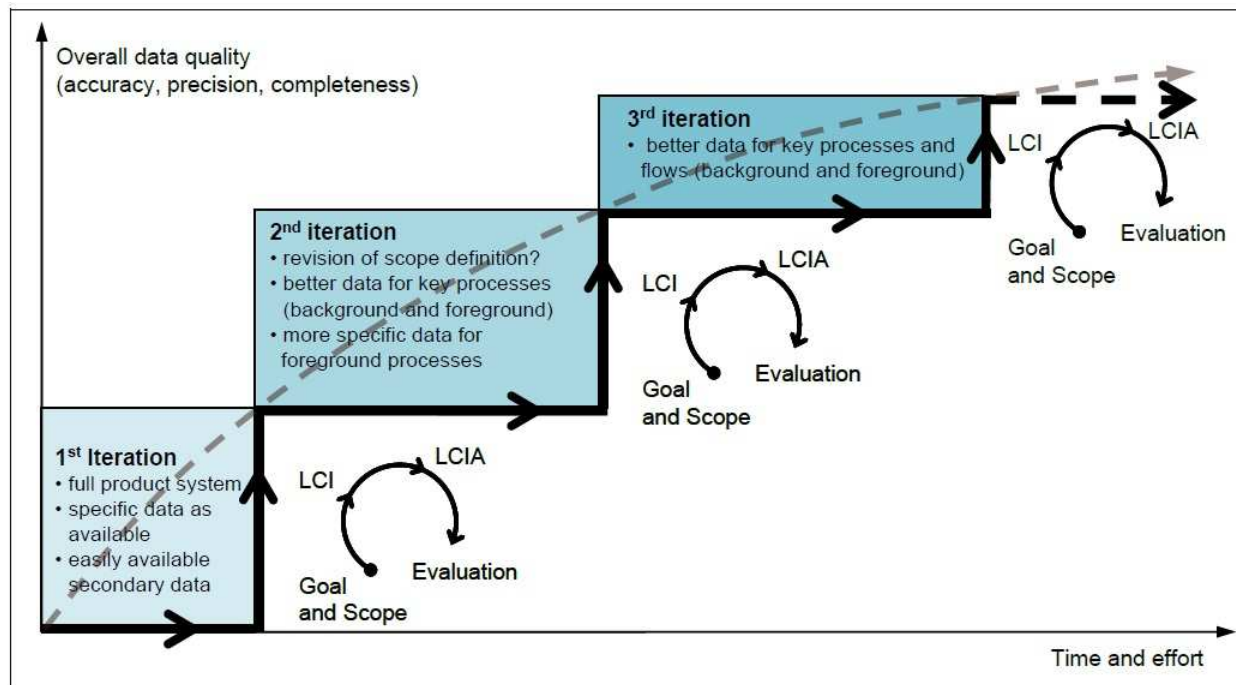
Tipologia di prodotto	Unità funzionale	Esempi di Unità Funzionale	Fonti
Cartello stradale	.....	1 mq/anno di comunicazione stradale	CFP aziendale
Sacchetto di carta	.....	1 dm <sup>3</sup> per il confezionamento di prodotti da forno	CFP aziendale
Caffè	.....	1 tazza di espresso (con caratteristiche ben definite)	EPD
Latte	.....	1 kg di latte / 1 L di latte	EPD/PEF
Lavatrice	.....	1 kg di vestiti lavati	LCA aziendale
Frigorifero	.....	0,5 m <sup>3</sup> /anno refrigerati a 4°C	LCA aziendale
Zucchero	.....	1 kg di zucchero	CFP aziendale
Automobile	.....	1 km/persona di spostamento veicolo/km (con un determ. carico)	LCA aziendale

- ✓ Impatti ambientali del sistema di produzione e consumo
- ✓ L'approccio a ciclo di vita (ing. *Life Cycle Approach*)
- ✓ Fasi di uno studio di *Life Cycle Assessment* (LCA)
- ✓ Applicazione della LCA (casi studio)
- ✓ Limiti metodologici della LCA
- ✓ Cenni di *Life Cycle Cost Analysis* (LCCA)

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

14

1. Definizione degli obiettivi e del campo di applicazione
2. Analisi dell'inventario (*Life Cycle Inventory analysis – LCI*)
3. Valutazione degli impatti (*Life Cycle Impact Assessment - LCIA*)
4. Valutazione e interpretazione dei risultati
5. Reportistica e revisione critica (facoltativa)



Fonte: ILCD Handbook – General guide for LCA (JRC, 2010)

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE

15

*ISO 14044: L'obiettivo e il campo di applicazione di uno studio LCA devono essere definiti chiaramente e devono essere coerenti con l'applicazione prevista. A causa della natura iterativa della metodologia, è possibile che il campo di applicazione debba essere corretto nel corso dello studio (ISO, 2006).*

### **Definizione degli obiettivi**

Gli obiettivi dello studio devono essere dichiarati dall'organizzazione che commissiona lo studio LCA, provvedendo a giustificare i seguenti punti:

- Il *range* dell'applicazione: qual è l'obiettivo dello studio?
- Gli interessi della realizzazione: perché deve essere condotto lo studio LCA?
- A chi deve essere rivolto: per chi deve essere condotto lo studio?
- Pubblicazioni o altra reportistica rivolta al pubblico: si prevedono asserzioni comparative nello studio?

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE

16

### Definizione del campo di applicazione

Dopo aver definito gli obiettivi dello studio si definisce il campo di applicazione, che si riassume in:

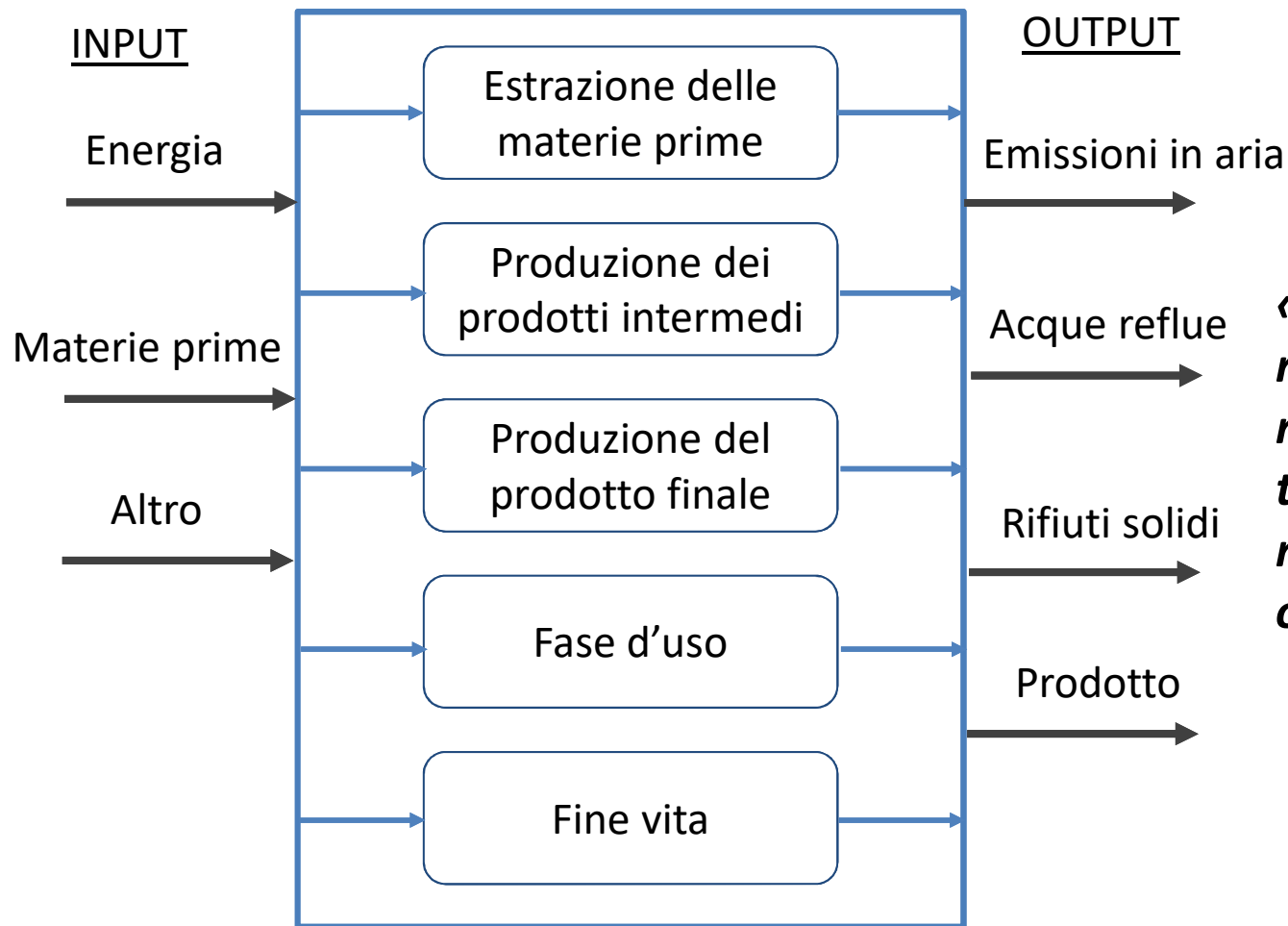
- il sistema prodotto (descritto con i vari processi unitari e relative interazioni – albero);
- i confini tecnici del sistema: criteri di *cut-off* (esclusione di *input* non significativi al sistema prodotto e regole di allocazione (co-prodotti, residui e rifiuti);
- i confini geografici del sistema;
- i confini temporali del sistema;
- l'unità funzionale;
- disponibilità dei dati e approfondimento dello studio;
- tipologie di impatti da valutare e metodi di caratterizzazione, normalizzazione e pesatura;
- reportistica e revisione critica dello studio.



# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE

### Confini del sistema



**«Il sistema analizzato riceve input dalla natura (ecosfera e tecnosfera non inclusa nell'analisi) e ne rilascia output»**

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE

18

### Regole di *cut-off*

La ISO 14044 indica tre criteri di *cut-off* da applicare all'intero sistema prodotto così come ai processi unitari:

1. *massa;*
2. *energia;*
3. *rilevanza ambientale.*

Spesso viene utilizzato come criterio il limite dell'1% (in massa, energia, etc.) dell'intero sistema.

#### Esempio 1

Supponiamo che per produrre un prodotto servono 11 materiali diversi, come primo *step* si devono determinare le singole percentuali in termini di massa. Se applicassimo la regola di *cut-off* dell'1% noteremo che i materiali n. 5-6-9 sono sotto al 1%, perciò da escludere nell'analisi. Analizzando meglio, però, noteremmo che per produrre il componente 9 si necessita del 2,7% dell'energia totale richiesta. La regola dell'1% in massa potrebbe non essere corretta, il componente n.9 dovrebbe essere analizzato nel suo ciclo di vita.

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE

19

### Regole di *cut-off*

Tipologia materiale	n. materiale	Massa [%]	Energia [%]
Materie prime	1	15,5	12,0
	2	33,3	54,7
	3	25,0	23,3
Materie ausiliari	4	1,2	1,3
	5	<0,1	<0,1
	6	0,1	<0,1
	7	1,7	0,6
	8	1,4	0,6
	9	0,2	2,7
Semilavorati	10	19,8	4,5
	11	1,8	0,3
Totale		100	100

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE

20

### Regole di *cut-off*

#### Esempio 2

Supponiamo che per produrre un prodotto servono 10 materiali:

Materiale	Massa [%]
1	52,2%
2	23,7%
3	9,5%
4	0,9%
5	0,9%
6	0,9%
7	0,9%
8	0,9%
9	0,9%
10	0,9%

Ad una prima analisi i materiali da 4 a 10, avendo una massa sotto l'1%, sarebbero esclusi. La loro somma però contribuisce al **6,30%** della massa totale utilizzata, valore non trascurabile.

La sola regola di *cut-off* dell'1% in termini di massa non basta. Dovrebbe essere corretta, ad esempio, con: possono essere omessi i flussi di materia in *input* aventi una massa minore dell'1% della massa totale, con valore cumulato totale inferiore al 5%.

### Multifunzionalità di processi e prodotti (allocazione tra co-prodotti)

Definizione di co-prodotto: due o più prodotti risultanti dalla stessa unità di processo o dallo stesso sistema produttivo (ISO, 2006). Ad esempio il grano e la paglia, ma anche il latte e la vacca da latte a fine vita.

Definizione di prodotti residui – sottoprodotti (ing. *by-products or residual material*): sono i prodotti non direttamente utilizzabili risultanti dalla stessa unità di processo di un prodotto. In base al potenziale di riciclabilità vengono suddivisi in: materia prima seconda (dopo il processo di riciclaggio) o rifiuti (Kloepper et al. 2014). Un sottoprodotto (ing. *by-product*) può essere considerato anche il letame prodotto in un allevamento (es. bovino o suino) se ceduto gratuitamente ad un altro sistema prodotto (Commissione europea, 2013).

Per quanto riguarda i co-prodotti e i sottoprodotti destinati a riciclaggio vengono applicate regole di allocazione per suddividere gli impatti generati dalle singole unità di processo. **Le regole di allocazione da utilizzare devono essere definite nella fase di «definizione degli obiettivi e del campo di applicazione».**

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE

22

### Multifunzionalità di processi e prodotti (allocazione tra co-prodotti)

In base alla UNI EN ISO 14040-44 e UNI CEN ISO/TS 14067:

1. l'allocazione tra co-prodotti dovrebbe essere evitata, tramite:
  - suddivisione del processo produttivo in questione in sub-processi;  
oppure
  - tramite espansione del sistema. Tramite sostituzione diretta o indiretta.
2. Quando non è possibile evitare l'allocazione si ricorre a regole basate su principi fisici (es. massa, energia, sostanze nutritive, etc.).
3. Solo in ultima analisi, si può ricorrere a regole basate sui principi economici, opportunamente valutate tramite analisi di sensibilità o indicate nelle varie linee guida di riferimento e/o regole di categoria di prodotto (PCR – *Product Category Rules*).

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE

23

### **Multifunzionalità di processi e prodotti (allocazione tra co-prodotti)**

#### Esempio di suddivisione del sistema

Gli impianti di produzione lattiero-casearia di solito producono più di un prodotto, ad esempio: latte AQ, panna, yogurt e formaggi, etc. I dati relativi ai carichi energetici e ambientali, necessari per stimare le emissioni associate ai vari coprodotti, sono disponibili o come dato aggregato per l'intero impianto di produzione (bollette) o stimati per ogni linea di produzione (audit o diagnosi energetica). In questo esempio lo stabilimento produce panna, latte UHT e latte fermentato, in cui sono stati determinati (stima o misurazione) i dati per ogni linea di produzione:

- il processo di pastorizzazione della panna viene direttamente assegnato al co-prodotto panna;
- il processo di coltivazione latte viene direttamente assegnato al co-prodotto latte fermentato;
- i processi di produzione e di riempimento dei cartoni del latte UHT vengono direttamente attribuiti al co-prodotto latte pastorizzato;
- i carichi ambientali dei sub-processi comuni (produzione del latte crudo, consumi energetici legati all'illuminazione degli ambienti, stoccaggio, standardizzazione, etc.) sono assegnati proporzionalmente alla massa secca dei tre co-prodotti ottenuti.

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE

24

### Multifunzionalità di processi e prodotti (allocazione tra co-prodotti)

#### Esempio di espansione del sistema

Ad un terreno agricolo viene applicato un effluente zootecnico. Al sistema di allevamento di animali dal quale si ottiene l'effluente viene attribuito un credito per il mancato utilizzo di un preciso fertilizzante sintetico (tenendo conto delle differenze in termini di trasporto, movimentazione ed emissioni): l'azoto apportato con l'effluente, infatti, va a sostituire una quantità equivalente di azoto che sarebbe altrimenti apportata dall'agricoltore attraverso lo spargimento di un determinato fertilizzante sintetico azotato.



# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

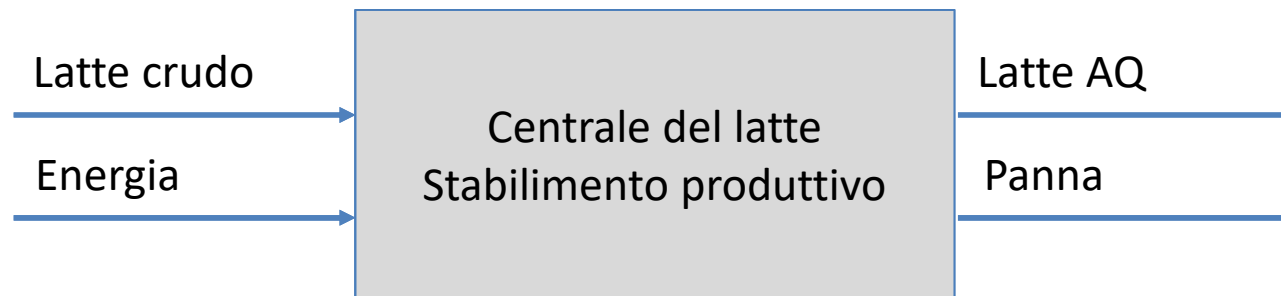
## DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE

25

### Multifunzionalità di processi e prodotti (allocazione tra co-prodotti)

#### Esercizio di allocazione – sostanza secca (SS)

Una centrale del latte che produce latte Alta Qualità (AQ) parzialmente scremato e panna, riceve ogni anno 100.000 tonnellate di latte crudo bovino. Produce ogni anno 91.410 tonnellate di latte AQ (SS 6%) e 5.320 tonnellate di panna con SS 7% (considerando uno sfrido di circa il 3%). Per la produzione dei due prodotti si utilizzano 13.000 MWh.



Determinare i fattori di allocazione ed allocare il latte crudo e l'energia utilizzata tra il latte AQ e la panna.

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

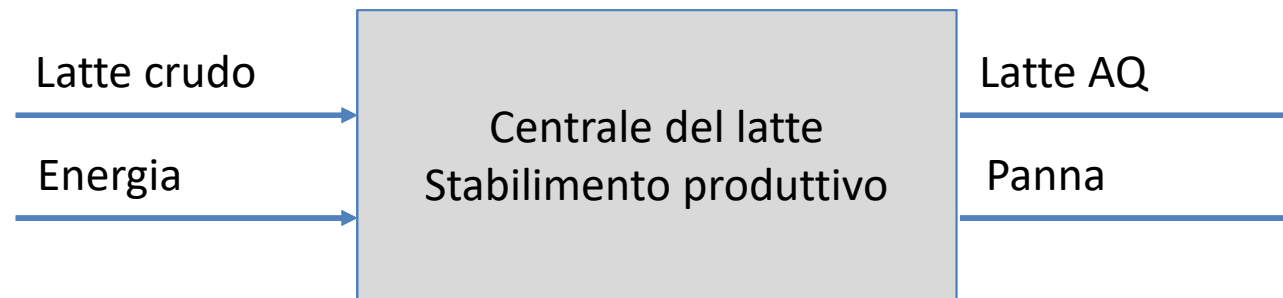
## DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE

26

### Multifunzionalità di processi e prodotti (allocazione tra co-prodotti)

#### Esempio di allocazione – sostanza secca (SS)

Una centrale del latte che produce latte Alta Qualità (AQ) parzialmente scremato e panna, riceve ogni anno 100.000 tonnellate di latte crudo bovino. Produce ogni anno 91.410 tonnellate di latte AQ (SS 6%) e 5.320 tonnellate di panna con SS 7% (considerando uno sfrido di circa il 3%). Per la produzione dei due prodotti si utilizzano 13.000 MWh.



$$\text{Fattore di allocazione del latte AQ} \rightarrow FA = \frac{91.410 \cdot 0,06}{91.410 \cdot 0,06 + 5230 \cdot 0,07} = 0,937$$

Pertanto al latte AQ verranno attribuiti:  $100 \text{ [kt]} \cdot 0,937 = 93,700 \text{ [kt]}$  di latte crudo e  $13 \text{ GWh} \cdot 0,937 = 12,181 \text{ GWh}$  di energia. Viceversa alla panna.

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE

27

### Confini geografici e temporali del sistema

#### Confini geografici

I confini geografici del sistema vengono definiti in base: al luogo di produzione del prodotto (es. prodotto A rispetto al prodotto B), provenienza delle materie prime, distribuzione del prodotto, luogo di smaltimento del prodotto, etc. Ne consegue l'allocatione degli impatti (regionali o locali) generati dal sistema (es. l'eutrofizzazione potenziale).

#### Confini temporali

I confini temporali sono più difficili da definire rispetto ai confini geografici, specialmente per i prodotti che hanno una lunga vita (es. mobili di arredo, edifici, etc.) – a causa della definizione degli scenari di smaltimento (es. gestione dei rifiuti tra 50 anni e % di riciclaggio, etc.). Per la raccolta dei dati relativi alla produzione del prodotto, generalmente viene considerato 1 anno come riferimento (es. 2016 come anno di produzione di riferimento per il prodotto X dell'azienda Y). Per i prodotti agricoli tre cicli di produzione. I confini temporali devono essere specificati anche per alcune categorie di impatto: ad esempio il *climate change* – orizzonte temporale a 20 o 100 anni.

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE

28

### Disponibilità dei dati e approfondimento dello studio

La disponibilità e la qualità dei dati sono argomento principale di un'analisi LCA (discusse in dettaglio nella parte legata al LCI). Nella definizione del campo di applicazione dello studio deve essere deciso quali dati primari devono essere raccolti, chi li raccoglie o elabora e come, se necessario, devono essere le informazioni su prodotti concorrenziali.

Tra le opzioni possibili per ottenere informazioni significative, con una raccolta di dati minima (es. individuazione degli *hot spots* nella filiera di produzione di un prodotto), le strade possibili sono due:

- effettuare una ricerca in letteratura degli studi LCA già eseguiti per la categoria di prodotto da analizzare;
- condurre un primo studio LCA semplificato (es. tutto tramite dati secondari), al fine di evidenziare le fasi più impattanti.

## DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE

### Tipologie di impatti da valutare e metodi di caratterizzazione, normalizzazione e pesatura

#### 1. Classificazione

Nella fase di Life Cycle Impact Assessment (LCIA), i dati raccolti ed elaborati (le sostanze in output) durante il Life Cycle Inventory (LCI) vengono assegnati ad una categoria di impatto (es. il *climate change*, l'acidificazione, etc.).

#### 2. Caratterizzazione

Successivamente alla fase di classificazione le sostanze assegnate ad una categoria di impatto vengono convertite (tramite fattori di caratterizzazione) ad una sostanza di riferimento (es. CO<sub>2</sub> per il *climate change*, SO<sub>2</sub> per l'acidificazione, etc.).

#### 3. Normalizzazione

Con la normalizzazione viene calcolata la magnitudo del risultato di una categoria di impatto (caratterizzazione) rispetto ad alcune informazioni di riferimento (es. il carico medio annuale, in una nazione o in un continente, diviso per il numero degli abitanti).

#### 4. Pesatura

Con la pesatura vengono convertiti ed aggregati i valori normalizzati.

## DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE

### Tipologie di impatti da valutare e metodi di caratterizzazione, normalizzazione e pesatura

Il metodo di caratterizzazione, normalizzazione e pesatura devono essere definiti nel campo di applicazione dello studio, in genere sono indicati nella norma/programma utilizzata ai fini di una possibile comunicazione verso il consumatore. È importante ricordare che:

- A. *benchmark*, confronto del prodotto con un prodotto di riferimento. Non definita da ISO ma definita dalla *Environmental Footprint* tramite Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) o Organisation Environmental Footprint Sector Rules (OEFSR);
- B. *comparison* (confronto): due etichette (es. Tipo III – EPD) consentono all'utente di effettuare il confronto;
- C. *comparative assertion* (asserzione comparativa), definita dalla ISO 14044 e specificata nel ILCD Handbook (Commissione europea, 2010). Lo scopo ed obiettivo come l'unità funzionale devono essere le stesse (es. all'interno di uno stesso studio).

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE

31

### Reportistica e revisione critica dello studio

Per asserzioni comparative e confronti (secondo la ISO 14040/44) lo studio deve essere sottoposto a revisione critica ad un *panel* indipendente (tre revisori in genere). I revisori critici devono rispondere alle seguenti domande:

- I metodi utilizzati per eseguire l'LCA sono coerenti con la norma ISO 14040/44?
- I metodi utilizzati sono scientificamente e tecnicamente validi?
- I dati utilizzati sono ragionevoli ed appropriati in relazione all'obiettivo dello studio?
- Le interpretazioni riflettono le limitazioni identificate e l'obiettivo dello studio?
- Il rapporto dello studio è trasparente e coerente? In genere l'indice del rapporto viene fornito dalla norma/programma di riferimento.

I metodi per condurre una revisione critica sono 2: a posteriori o effettuata in modo iterativo durante lo studio.

Per studi LCA ad uso interno la revisione critica è opzionale.

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

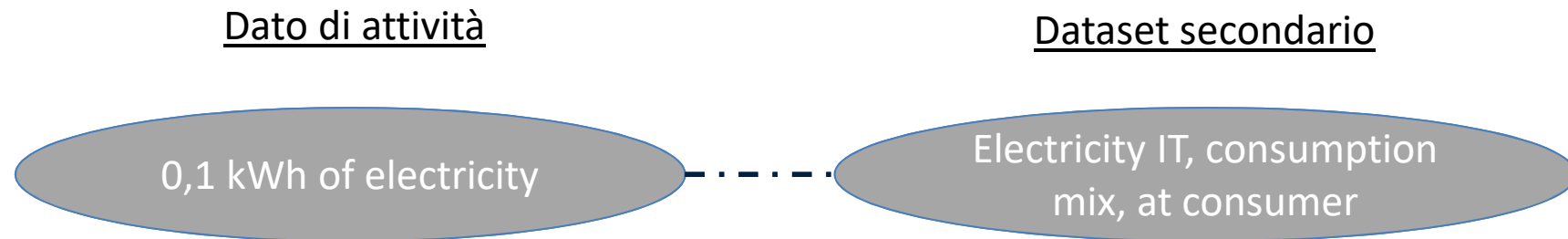
## ANALISI DELL'INVENTARIO (LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS)

32

### Definizione

La ISO 14040 (2006) definisce l'analisi dell'inventario (LCI) come la fase di uno studio LCA in cui vengono raccolti e quantificati gli input e gli output di un prodotto nel suo ciclo di vita.

Nella pratica questa fase viene eseguita: tramite schede per la raccolta dei dati e tramite file Excel per l'elaborazione dei dati raccolti. Successivamente i dati elaborati vengono caricati sul software di calcolo utilizzato (es. SimaPro, openLCA, Gabi, etc.) e collegati a *dataset* secondari (es. per la produzione di un dato prodotto utilizzo):



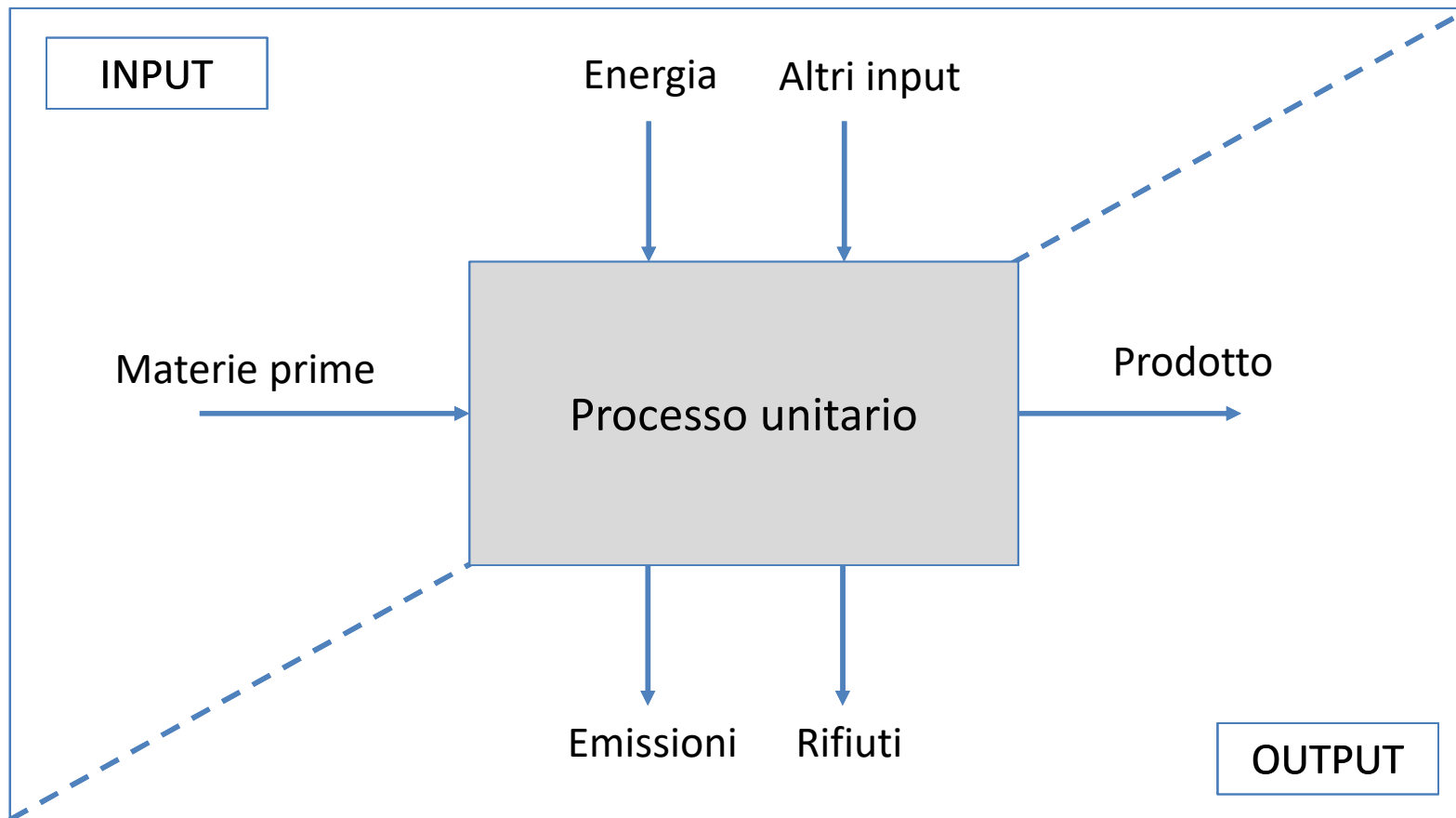


# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## ANALISI DELL'INVENTARIO (LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS)

33

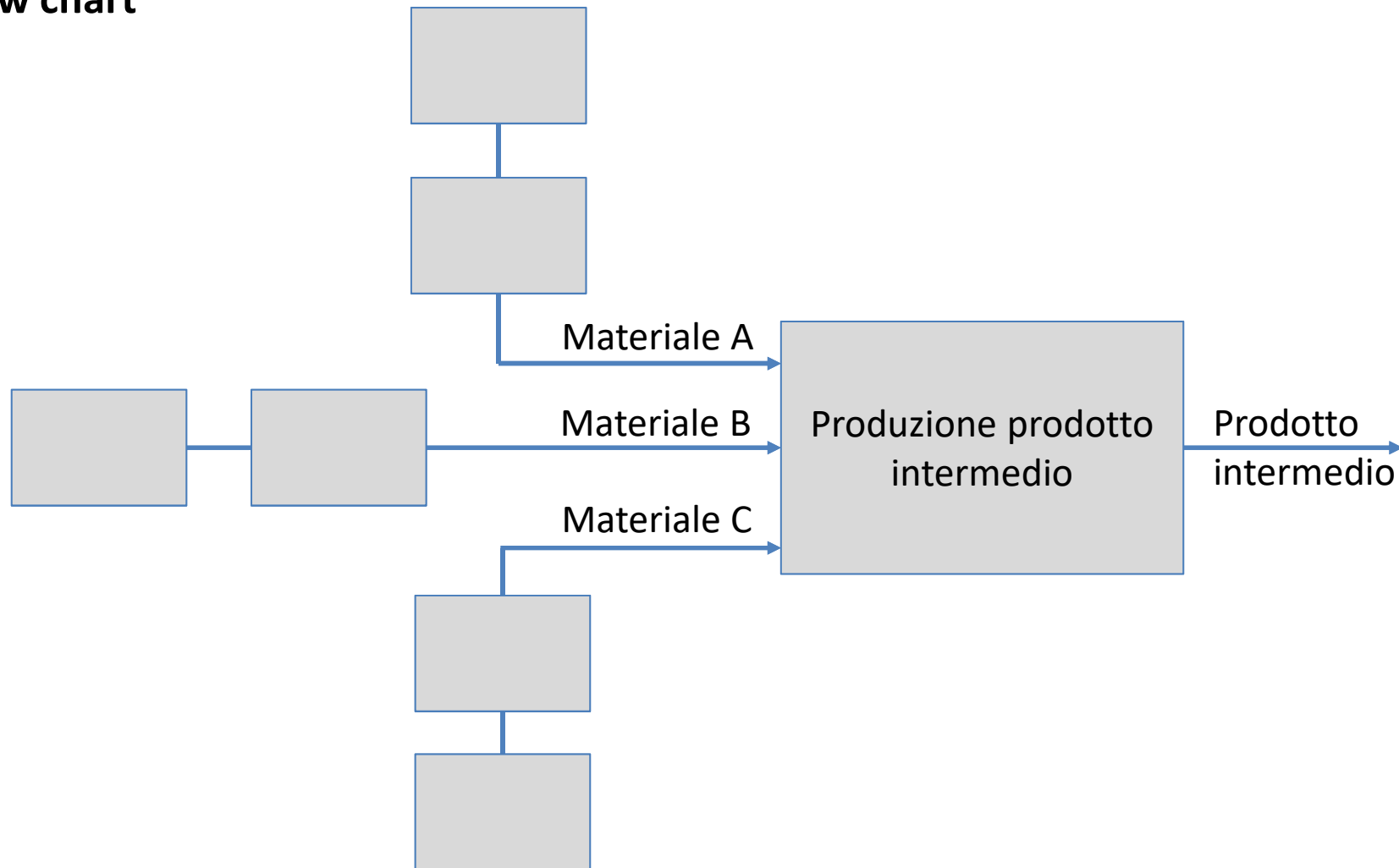
Dataset secondario



# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## ANALISI DELL'INVENTARIO (LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS)

Flow chart



# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## ANALISI DELL'INVENTARIO (LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS)

35

### Trasporti

Il trasporto di materie prime, risorse energetiche, materiali, prodotti e rifiuti è spesso al centro dell'attenzione in un'analisi LCA. Il trasporto di persone ricopre un ruolo minore generalmente (dipende dalla tipologia di studio). Il trasporto viene spesso valutato tramite 2 unità di misura chiave (a meno che il trasporto non sia l'argomento stesso dello studio):

- Persona chilometro [pkm]. 1 persona trasportata per 1 km;
- Tonnellata chilometro [tkm]. 1 tonnellata di merce trasportata per 1 km.

Viene in automatico che i dati di attività da raccogliere sono: il n. di persone trasportate; le tonnellate trasportate, i chilometri percorsi ed il mezzo utilizzato. Il dato di attività [pkm o tkm] verrà poi associato al dataset secondario.

Il coefficiente di occupazione del veicolo (n. persone o tonnellate trasportate) ricopre un ruolo molto importante sul carico ambientale generato (per approfondimenti consultare Famiglietti, 2016).

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## ANALISI DELL'INVENTARIO (LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS)

36

### **Riciclaggio a ciclo chiuso (ing. *closed loop recycling*) e riuso (CLR)**

Il riciclaggio ad anello chiuso si riferisce a quelle situazioni in cui il materiale generato all'interno del sistema produttivo considerato è riciclato nuovamente nel medesimo sistema produttivo. Un riciclaggio a ciclo chiuso o riutilizzo (senza azioni di pre-trattamento) al 100% porta una serie di vantaggi, quali:

- Ciclo ideale, smaltimento non necessario;
- Minori materie prime utilizzate (non necessariamente vero per l'energia: es. lavaggio delle bottiglie – vuoto a rendere).

Nella realtà, comunque, il riciclaggio completo non è possibile. I vantaggi ambientali sono strettamente legati al fattore di riutilizzo o al numero di riciclaggi massimo del materiale (Tagliabue et al. 2015).

### **Riciclaggio a ciclo aperto (ing. *open loop recycling*) (OLR)**

Il riciclaggio ad anello aperto si riferisce a quelle situazioni in cui il materiale generato all'interno del sistema produttivo considerato viene riciclato in sistemi produttivi esterni e il materiale subisce un cambiamento alle sue proprietà intrinseche.

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## ANALISI DELL'INVENTARIO (LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS)

37

### Regole di allocazione per riciclaggio

Le metodologie proposte e attualmente utilizzate nella pratica dell'LCA possono essere classificate in tre principali approcci (esistono poi anche approcci ibridi), ciascuno dei quali, avendo obiettivi differenti, adotta punti di vista diversi:

- **Approccio 100-0** (o “recycled content” o “cut-off”) - Il “credito da riciclo” è assegnato al sistema che utilizza il materiale secondario.
- **Approccio 0-100** (o “recyclability substitution”, o “End-of-life recycling approach”, o “avoided burden” o “*substitution approach*”) - Il “credito da riciclo” è assegnato al sistema che genera il materiale secondario (viene perciò incoraggiato l'ecodesign del prodotto), mentre non è riconosciuto nessun credito ambientale al contenuto di materiale riciclato nel prodotto.
- **Approccio 50-50** - . I “crediti da riciclo” sono assegnati equamente ai due sistemi in questione.
- **Altri**

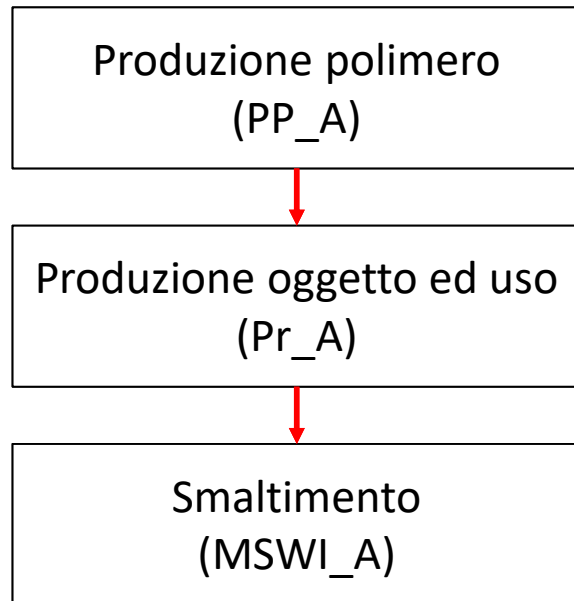
# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## ANALISI DELL'INVENTARIO (LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS)

38

### Esempio – Polipropilene (PP)

Sistema A (LCA):



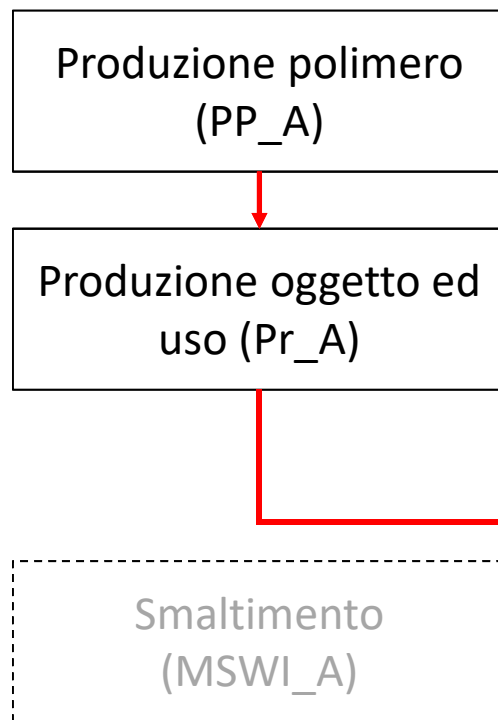
# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## ANALISI DELL'INVENTARIO (LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS)

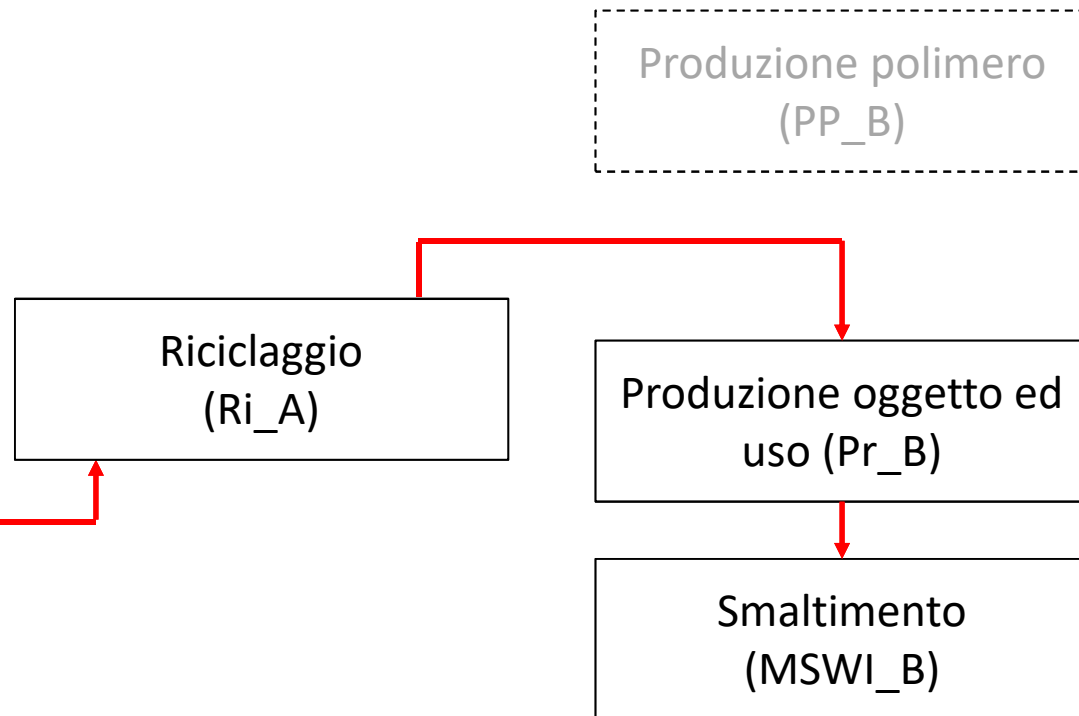
39

### Esempio – Polipropilene (PP)

Sistema A:



Sistema B:

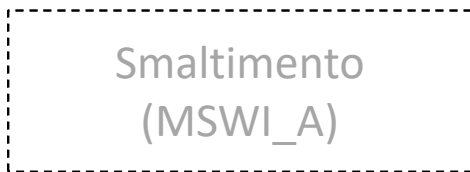
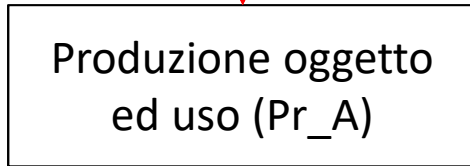
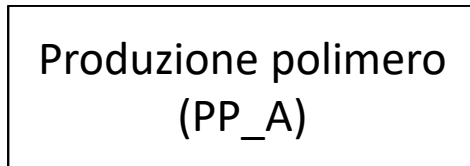


# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## ANALISI DELL'INVENTARIO (LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS)

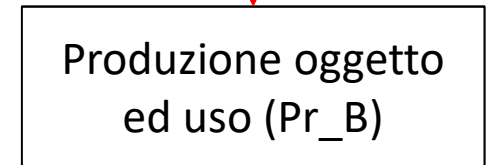
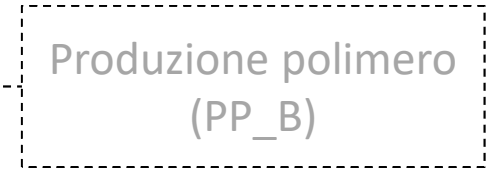
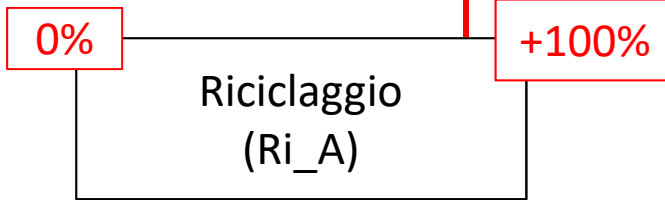
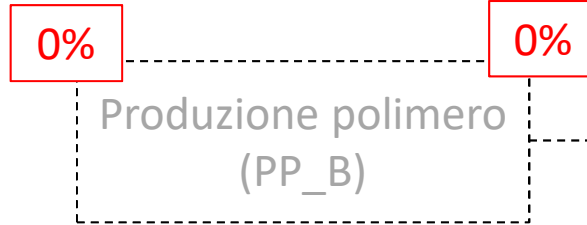
### Metodo *Recycled Content or cut off (100-0)* – International EPD System

Sistema A:



Sistema A: PP\_A + Pr\_A

Sistema B:



Sistema B: Ri\_A + Pr\_B + MSWI\_B



# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## ANALISI DELL'INVENTARIO (LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS)

### Metodo *Recyclability substitution* (0-100) – ISO/TS 14067

Sistema A:

Produzione polimero  
(PP\_A)

Produzione oggetto  
ed uso (Pr\_A)

Smaltimento  
(MSWI\_A)

-100%  
Produzione polimero  
(PP\_B)

+100%  
Riciclaggio  
(Ri\_A)

0%  
Smaltimento  
(MSWI\_A)

Sistema B:

Produzione polimero  
(PP\_B)

Produzione oggetto  
ed uso (Pr\_B)

Smaltimento  
(MSWI\_B)

Sistema A:  $PP_A + Pr_A + Ri_A - PP_B$

Sistema B:  $PP_B + Pr_B + MSWI_B$

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## ANALISI DELL'INVENTARIO (LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS)

### Metodo 50/50

Sistema A:

Produzione polimero  
(PP\_A)

Produzione oggetto  
ed uso (Pr\_A)

Smaltimento  
(MSWI\_A)

$$\text{Sistema A: } PP\_A + Pr\_A + 0,5 Ri\_A - 0,5 PP\_B + 0,5 MSWI\_A$$

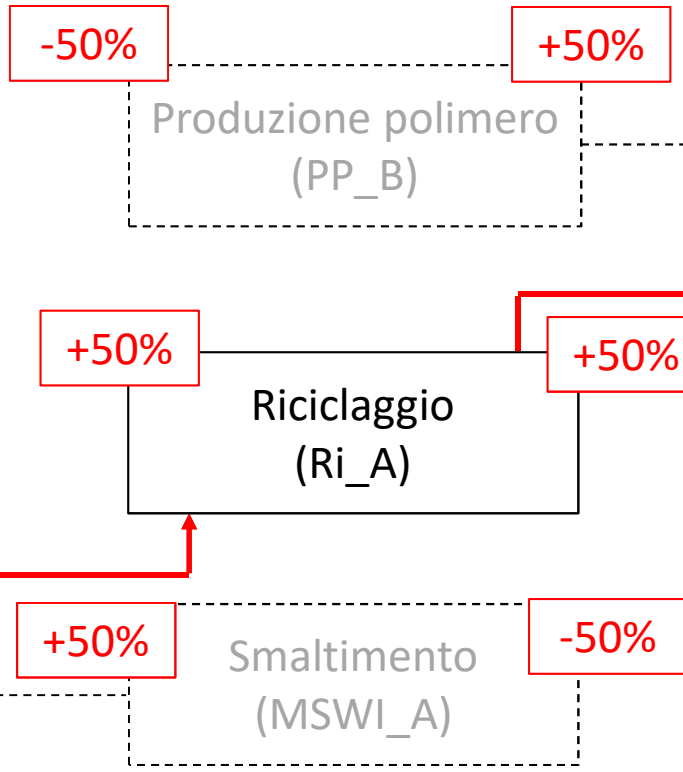
Sistema B:

Produzione polimero  
(PP\_B)

Produzione oggetto  
ed uso (Pr\_B)

Smaltimento  
(MSWI\_B)

$$\text{Sistema B: } Pr\_B + MSWI\_B + 0,5 PP\_B - 0,5 MSWI\_A$$



# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## ANALISI DELL'INVENTARIO (LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS)

43

### Qualità dei dati raccolti (primari e secondari)

In termini generali i dati utilizzati negli studi devono rispondere alle caratteristiche di: copertura temporale, geografica e tecnologica, precisione, completezza, rappresentatività, coerenza, riproducibilità dei metodi usati nell'analisi, fonte dei dati, incertezza dell'informazione.

Generalmente i dati vengono classificati in:

- **Dati primari:** sono dati quantitativi relativi ad una unità di processo o a un'attività ottenuti da misure dirette o da calcoli basati su misure dirette.
- **Dati secondari:** sono dati da utilizzare quando i dati primari non sono praticabili o per processi di minore importanza, reperibili da banche dati o da studi precedenti pubblicati in letteratura e validati da terza parte (es. fattori di emissione di default, dati basati su medie globali o regionali, raccolti da organizzazioni regionali o internazionali).

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## ANALISI DELL'INVENTARIO (LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS)

44

### Qualità dei dati raccolti (primari e secondari)

In generale, i dati ambientali (flussi di materia ed energia scambiati dal sistema) devono essere il più specifici possibile in quanto devono essere rappresentativi del processo studiato.

Vari programmi come l'International EDP System o l'Environmental Footprint (EF) specificano una soglia minima da rispettare in termini di qualità dei dati, (la soglia viene specificata nelle singole Product Category Rules - PCR). In particolare l'EF fornisce una formula per il calcolo del Data Quality Rating (DQR).

Viene dato un punteggio da 1 a 5 sia ai dati di attività utilizzati che ai dataset secondari, in merito alla:

- Rappresentatività tecnologia;
- Rappresentatività geografica;
- Rappresentatività temporale
- Precisione.

Le regole per l'attribuzione dei punteggi sono indicate nelle varie PCR.

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## ANALISI DELL'INVENTARIO (LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS)

45

### Database freeware e a pagamento

**Agribalyse (FR):** freeware. Contiene processi relativi al contesto produttivo agricolo francese.

**Agri-footprint (NL):** a pagamento. Contiene processi relativi al contesto produttivo agricolo olandese ed europeo.

**Ecoinvent (CH):** a pagamento. Al momento il database più ricco (più di 10.000 datasets) ed il più trasparente. Contiene processi rappresentativi svizzeri, europei e mondiali.

**ELCD (EU):** freeware. Database sviluppato dal Joint Research Centre della Commissione europea.

**Gabi (DE):** a pagamento. Contiene prevalentemente processi legati al settore dell'ingegneria (edile, meccanica, etc.).

**Industry data (EU):** freeware. Contiene dati raccolti da associazioni industriali ad esempio Plastic Europe.

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI (LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT)

46

### 1. Classificazione

Nella fase di Life Cycle Impact Assessment (LCIA), i dati raccolti ed elaborati (le sostanze in output) durante il Life Cycle Inventory (LCI) vengono assegnati ad una categoria di impatto (es. il *climate change*, l'acidificazione, etc.).

### 2. Caratterizzazione

Successivamente alla fase di classificazione le sostanze assegnate ad una categoria di impatto vengono convertite (tramite fattori di caratterizzazione) ad una sostanza di riferimento (es. CO<sub>2</sub> per il *climate change*, SO<sub>2</sub> per l'acidificazione, etc.).

### 3. Normalizzazione

Con la normalizzazione viene calcolata la magnitudo del risultato di una categoria di impatto (caratterizzazione) rispetto ad alcune informazioni di riferimento (es. il carico medio annuale, in una nazione o in un continente, diviso per il numero degli abitanti).

### 4. Pesatura

Con la pesatura vengono convertiti ed aggregati i valori normalizzati.

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA 47

## VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI (LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT)

LCIA (ISO 14040): fase di una analisi LCA con l'obiettivo di determinare e valutare la magnitudo dei potenziali impatti ambientali generati nel ciclo di vita di un prodotto.

Secondo la ISO 14040 e 14044 la fase di LCIA è composta da parti obbligatorie e parti opzionali:

- Parti obbligatorie:
  - ✓ selezione delle categorie di impatto, categorie di indicatori (es. GHG a 100 o a 20 anni) e dei modelli di caratterizzazione;
  - ✓ classificazione;
  - ✓ caratterizzazione.
  
- Parti opzionali:
  - ✓ calcolo della magnitudo del risultato della categoria di impatto relativa ad una informazione di riferimento (normalizzazione);
  - ✓ raggruppamento (come fa la PEF con i benchmark);
  - ✓ pesatura.

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI (LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT)





# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

49

## VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI (LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT)

**Normalizzazione:** viene calcolata la magnitudo del risultato di una categoria di impatto (caratterizzazione) rispetto ad alcune informazioni di riferimento (es. il carico medio annuale, in una nazione o in un continente, diviso per il numero degli abitanti).

### Esempio 1

L'impatto sul climate change del mio prodotto (UF) è di 500 kg CO<sub>2</sub>e. La produzione è avvenuta in Germania (nel 2003). Le emissioni di CO<sub>2</sub>e nel 2003 in Germania sono state di 1.017.916.500 tonnellate.

Emissione di CO <sub>2</sub> e per UF	Emissione annuale in Germania di CO <sub>2</sub> e	Contributo specifico
500 kg	1,02E+12	4,91E-10

### Esempio 2

In questo caso il riferimento sono i residenti equivalenti (*resident equivalents* – REQs).

Emissione di CO <sub>2</sub> e per UF	Emissione annuale in Germania di CO <sub>2</sub> e	Abitanti in Germania	Emissioni per abitante kgCO <sub>2</sub> e	Contributo specifico (REQ)
500 kg	1,02+12	8,25E+07	1,23E+04 kg per ab.	4,05E-02

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## VALUTAZIONE E INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

50

Nella fase di valutazione ed interpretazione i risultati della fase di LCIA sono rivisti in funzione degli scopi e degli obiettivi dello studio, tramite processo iterativo:

1. Identificazione: vengono identificati gli aspetti più significativi (es. dati di inventario, categorie di impatto, contributo delle fasi del ciclo di vita, etc.).
2. Valutazione: le assunzioni effettuate vengono giustificate tramite analisi di sensibilità (*sensitive analysis*), in più si verifica la completezza e la consistenza dei metodi e dei dati utilizzati.
3. Infine vengono prodotte conclusioni/limitazioni/raccomandazioni riguardanti i risultati ottenuti (eventualmente facendo una prima integrazione degli aspetti tecnologici, economici, prestazionali, etc.).

# FASI DI UNO STUDIO DI LCA

## REPORTISTICA E REVISIONE CRITICA

51

### Reportistica

Le varie norme/programmi in ambito LCA (ISO 14044, ISO/TS 14067, PEF, etc.) forniscono regole relative al reporting più o meno dettagliate. In linea generale un report LCA dovrebbe descrivere in modo accurato le varie fasi dello studio, i risultati e le conclusioni dovrebbero essere adeguati al pubblico destinato, nonché i dati, i metodi, le assunzioni e le limitazioni.

### Revisione critica

Due sono gli obiettivi della revisione critica: migliorare la qualità tecnica e scientifica dello studio ed aumentarne l'affidabilità. Due sono le tipologie di revisione critica:

- revisione critica effettuata da esperti interni ed esterni indipendenti (non valida per asserzioni comparative destinate al pubblico – ISO 14044);
- revisione critica effettuata da un *panel* di almeno tre esperti (valida per asserzioni comparative destinate al pubblico – ISO 14044).

- ✓ Impatti ambientali del sistema di produzione e consumo
- ✓ L'approccio a ciclo di vita (ing. Life Cycle Approach)
- ✓ Fasi di uno studio di Life Cycle Assessment (LCA)
- ✓ Applicazione della LCA (casi studio)
- ✓ **Limiti metodologici della LCA**
- ✓ Cenni di Life Cycle Cost Analysis (LCCA)

# LIMITI METODOLOGICI

## PREMESSA E LIMITI GENERALI

53

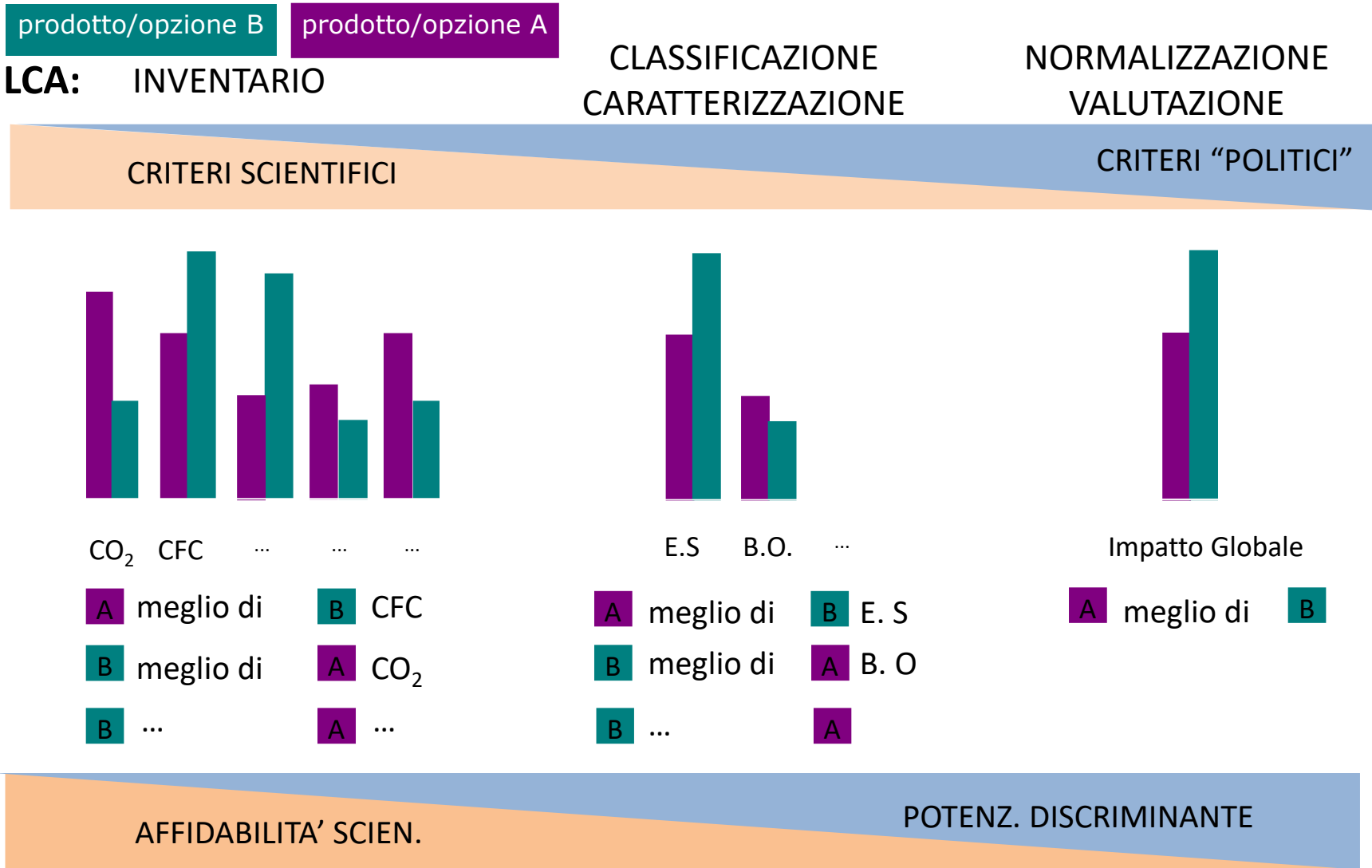
### Premessa

La Life Cycle Assessment è lo strumento scientificamente più affidabile per definire l'impatto ambientale di un prodotto e di un servizio.

### Limiti generali

- Non contempla aspetti economici ed etico-sociali
- Discussa validità scientifica dei modelli di calcolo (complessità delle analisi)
- Necessità di semplificazioni e assunzioni
- Possibile mancanza/non reperibilità/bassa qualità dati (non sempre ben documentata e non sempre realmente rappresentativa)
- Impossibilità di una verifica sperimentale dei risultati (comune a tutti i modelli di analisi ambientale)
- Tempi e costi
- Mancanza di Banche Dati Italiane

# LIMITI METODOLOGICI POTENZIALE DISCRIMINANTE E AFFIDABILITA' SCIENTIFICA



# LIMITI METODOLOGICI

## QUADRO SINOTTICO

55

### Limiti generali

- ✓ Potere discriminante VS affidabilità scientifica
- ✓ Difficoltà nel comunicare in modo semplice ma scientificamente corretto i risultati
- ✓ Difficoltà di un vero confronto fra prodotti diversi anche con funzione simile

### Identifica e quantifica gli impatti ambientali, ma non dice/suggerisce come risolverli

Non dimenticare mai la ragione vera di questo tipo di analisi: contribuire, con **dati quantitativi robusti e verificabili**, ad orientare le scelte dei decisori verso **soluzioni** che **riducano** gli impatti ambientali in modo significativo così da **disaccoppiare** la crescita del benessere dal degrado ambientale. *(P. Masoni)*

- ✓ Impatti ambientali del sistema di produzione e consumo
- ✓ L'approccio a ciclo di vita (ing. Life Cycle Approach)
- ✓ Fasi di uno studio di Life Cycle Assessment (LCA)
- ✓ Applicazione della LCA (casi studio)
- ✓ Limiti metodologici della LCA
- ✓ Cenni di *Life Cycle Cost Analysis* (LCCA)



# CENNI DI LIFE CYCLE COST ANALYSIS (LCCA)

## DEFINIZIONE

57

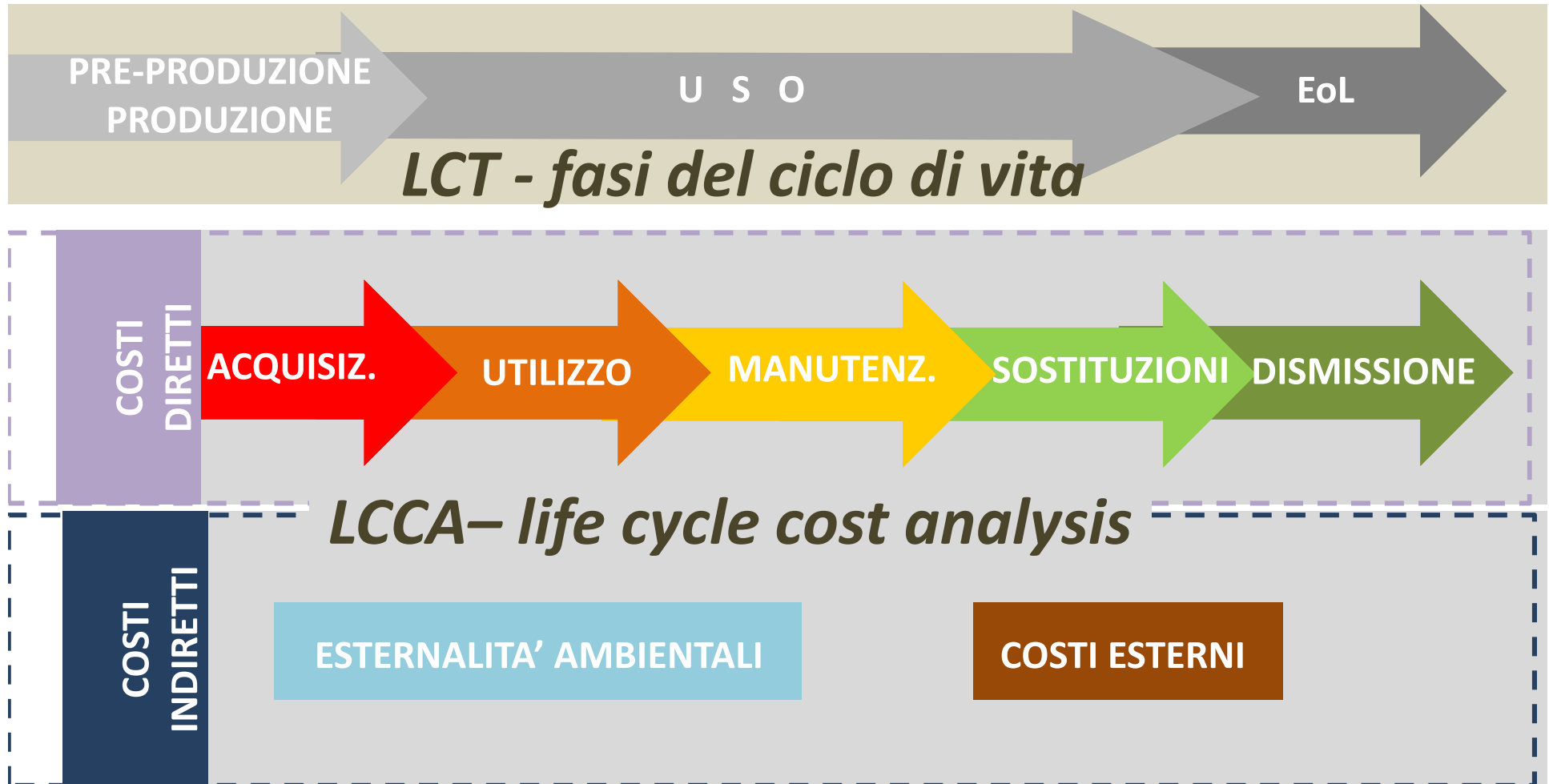
Il Life Cycle Cost Analysis (LCCA) o analisi del costo nel ciclo di vita è uno strumento economico che permette di valutare tutti i costi relativi ad un determinato componente o sistema, dalla “culla” alla “tomba”

**LCC = Costo di acquisto + Costo di uso/gestione + Costo di manutenzione + Costo di sostituzione + Costo di smaltimento - Valore residuo**



# CENNI DI LIFE CYCLE COST ANALYSIS (LCCA)

## STRUTTURA LCC



Fonte: Rillo, 2016

# CENNI DI LIFE CYCLE COST ANALYSIS (LCCA)

## COSTI DIRETTI

59

### **COSTI DI ACQUISTO**

Costi relativi all'estrazione di materie prime, di produzione fino alla consegna del prodotto finito (*es. acquisto, distribuzione, installazione*)

### **COSTI DI UTILIZZO**

Costi legati alla fase di uso (*es. consumi energetici*)

### **COSTI DI MANUTENZIONE**

Costi di manutenzione ordinaria e straordinaria (*es. interventi tecnici, controlli da norma*)

### **COSTI DI SOSTITUZIONE**

Costi di sostituzione (*es. pezzi di ricambio, mano d'opera*)

### **COSTI DI DISMISSIONE**

Costi per garantire un corretto smaltimento del bene (*es. costi di raccolta e riciclo*)

# CENNI DI LIFE CYCLE COST ANALYSIS (LCCA)

## COSTI INDIRETTI

60

Costi non direttamente sostenuti da chi usufruisce del bene

Costi imputati a esternalità ambientali legate ai prodotti, servizi o lavori nel corso del ciclo di vita

### Procedura di calcolo:

- Quantificare input e output
- Definire inventario
- Caratterizzazione inventario (es. Global Warming Potential)
- Applicazione fattori di monetizzazione (da KgCO<sub>2</sub> a €)

### Esempio

$$1 \text{ (KWh)} * \mathbf{0,57} \left( \frac{\text{KgCO}_2\text{eq}}{\text{KWh}} \right) * \mathbf{0,04} \left( \frac{\text{€}}{\text{KgCO}_2\text{eq}} \right) = \mathbf{0,23 \text{ €}}$$

*Fattore monetizzazione*  
*Direttiva 2009/33/CE*

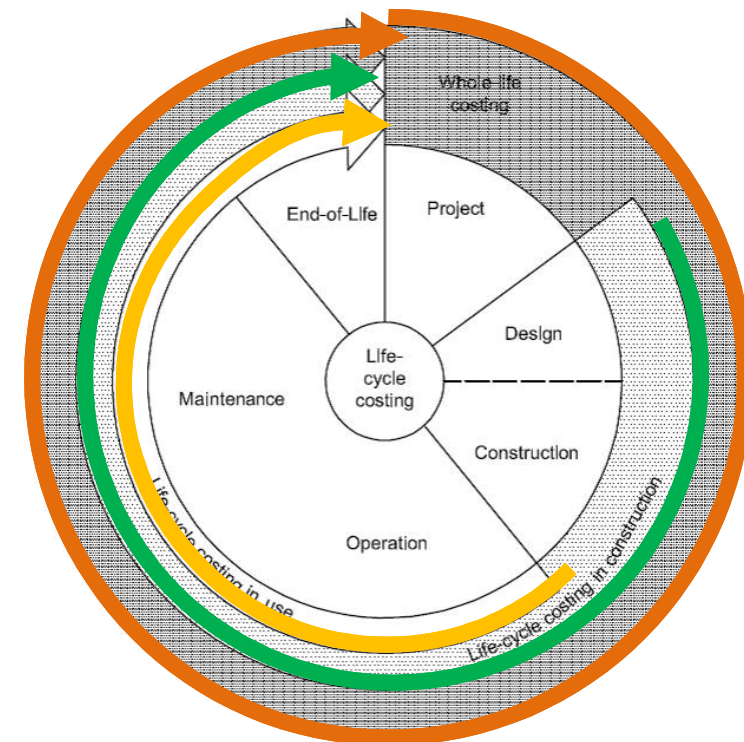
*Fattore caratterizzazione*  
*GWP – IPCC*

# CENNI DI LIFE CYCLE COST ANALYSIS (LCCA)

## CATEGORIE DI COSTO

WLC Whole Life Cycle  
 LCC LC in Costruzione  
 LCC LC in Use

CICLO DI VITA	FASI
Prospettiva dell'acquirente	Acquisizione Utilizzo Manutenzione e supporto Smaltimento
Prospettiva del produttore	Progettazione di prodotto Produzione Logistica e vendita Supporto e garanzia
Prospettiva di filiera	Acquisizione materie prime Produzione Distribuzione Smaltimento o Take- back
Prospettiva di prodotto from-cradle-to-grave	[Ricerca e Sviluppo] Estrazione materie prime Produzione beni intermedi Produzione dei beni finali Distribuzione Uso e Servizio Take-back/ demanufacturing Smaltimento
Prospettiva di mercato	Introduzione Crescita Maturità Declino o rivitalizzazione
Prospettiva della Società	Come la prospettiva di prodotto, ma considerando confini più ampi rispetto all'analisi economica



Fonte: B. Notarnicola

Fonte: ISO 15686

# CENNI DI LIFE CYCLE COST ANALYSIS (LCCA)

## APPLICAZIONI

62

La LCCA permette al decisore di compiere scelte più oculate, in particolare:

- scegliere tra più alternative applicabili allo stesso sistema quella economicamente più vantaggiosa (es. selezionare per un dato edificio, il sistema di riscaldamento: caldaia vs. pompa di calore);
- accettare o rifiutare un determinato progetto (es. decidere se installare o meno un pannello solare termico);
- specificare il valore ottimale di un progetto che generi il maggior ritorno economico (es. selezionare il valore ottimale di spessore per un isolante termico nelle pareti).

# CENNI DI LIFE CYCLE COST ANALYSIS (LCCA) DIRETTIVE E NORMATIVE

63

L'utilizzo del LCCA viene indicato (in termini e modalità differenti) da:

- UNI ISO 50001/4 Sistemi di gestione dell'energia – Linee guida per l'implementazione, il mantenimento e il miglioramento di un sistema di gestione dell'energia
- ISO 15686 Immobili e beni costruiti - Pianificazione della vita utile
- Direttiva 2014/24/CE appalti pubblici
- Direttiva 2009/33/CE promozione di veicoli puliti e a basso consumo

# CENNI DI LIFE CYCLE COST ANALYSIS (LCCA)

## SUPPORTO AL GPP

64

### Quadro normativo

Direttiva 2014/24/CE

Art 67 - Criteri di aggiudicazione dell'appalto "L'offerta economicamente più vantaggiosa dal punto di vista dell'amministrazione aggiudicatrice è individuata sulla base del prezzo o del costo, seguendo un approccio costo/efficacia, quale il costo del ciclo di vita conformemente all'articolo 68, e può includere il miglior rapporto qualità/prezzo, valutato sulla base di criteri, quali gli aspetti qualitativi, ambientali e/o sociali, connessi all'oggetto dell'appalto pubblico in questione."

Art 68 - I costi del ciclo di vita comprendono, in quanto pertinenti, tutti i seguenti costi, o parti di essi, legati al ciclo di vita di un prodotto, di un servizio o di un lavoro: a) costi sostenuti dall'amministrazione aggiudicatrice o da altri utenti, quali: i) costi relativi all'acquisizione; ii) costi connessi all'utilizzo, quali consumo di energia e altre risorse; iii) costi di manutenzione; iv) costi relativi al fine vita, come i costi di raccolta e di riciclaggio; b) costi imputati a esternalità ambientali legate ai prodotti, servizi o lavori nel corso del ciclo di vita, a condizione che il loro valore monetario possa essere determinato e verificato; tali costi possono includere i costi delle emissioni di gas a effetto serra e di altre sostanze inquinanti nonché altri costi legati all'attenuazione dei cambiamenti climatici.



# CENNI DI LIFE CYCLE COST ANALYSIS (LCCA)

## SUPPORTO AL GPP

65

### Quadro applicativo

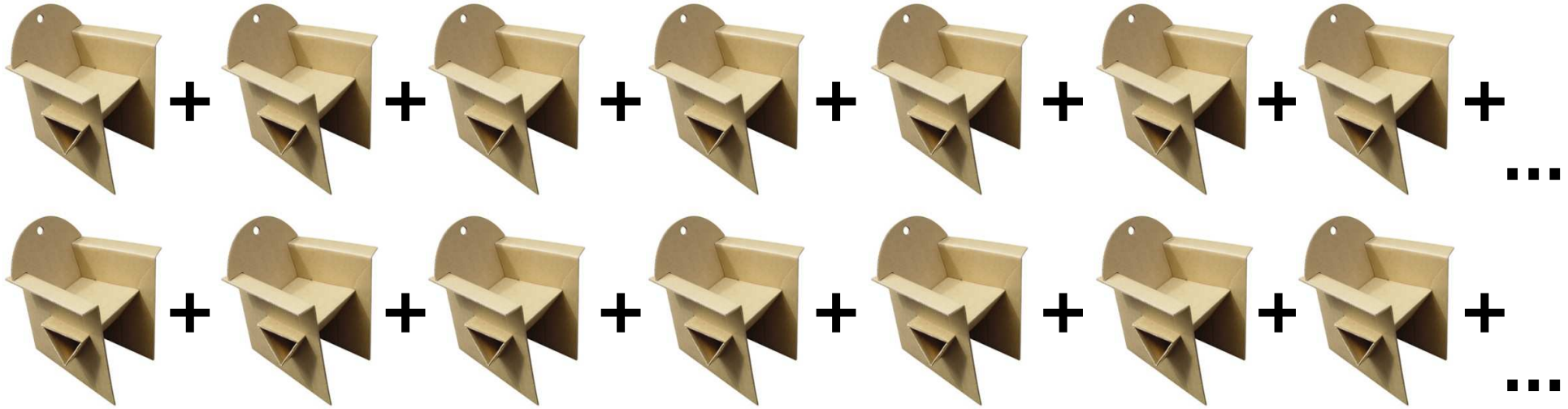
LCCA può essere usato come strumento del Green Public Procurement in momenti differenti della gara d'appalto:

- PRIMA In fase di comparazione di possibili soluzioni ad esigenze e problemi per definire la risposta ottimale. Determinazione specifiche tecniche;
- DURANTE: Comparazione delle diverse offerte;
- DOPO: In fase di monitoraggio e di valutazione ex post dei benefici economici derivati dalla scelta effettuata.

# CENNI DI LIFE CYCLE COST ANALYSIS (LCCA) APPLICAZIONI

66





=



tempo



POLITECNICO MILANO 1863

# CENNI DI LIFE CYCLE COST ANALYSIS (LCCA)

## CONCLUSIONI

68

“... sarebbe più ragionevole accettare alcune imprecisioni nel calcolo dei costi del ciclo di vita, rispetto al non provare a valutare per niente il costo del ciclo di vita.”

Fonte: Lindholm A., e Suomala P. "Present and future of life cycle costing: reflections from Finnish companies" - Presente e futuro dei costi del ciclo di vita: riflessioni di aziende finlandesi". The Finnish Journal of Business Economics 2: 282-291 (2005).

La metodologia “costi del ciclo di vita” è soprattutto uno strumento economico e ciò, mentre può avere implicazioni positive per un appalto sostenibile, non è una panacea. Come tale, l'adozione di una metodologia di costi sull'intera vita è necessaria, ma non sufficiente a garantire un appalto sostenibile.”

Fonte: Valutare il costo del futuro: garantire il valore del denaro attraverso appalti sostenibili. Westminster Sustainable



# WORKSHOP DI LCA – LIFE CYCLE ASSESSMENT

## Teoria e pratica dell'analisi a ciclo di vita

### SECONDO CONTRIBUTO: NORME E PROSPETTIVE FUTURE

Milano 23 Novembre 2017

Ing. JACOPO FAMIGLIETTI

Dott. CARLO PROSERPIO

✓ LCA: norme e standard di riferimento

✓ Prospettive future

# NORMATIVA DI RIFERIMENTO

## INTRODUZIONE

71

### **Il quadro di riferimento**

LCA come risultato di un processo di consenso internazionale, a partire dallo stimolo scientifico della SETAC

Standardizzazione maggior driver del successo dell'LCA

### **Framework legislativo**

UNI EN ISO 14040:2006 Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita, Principi e quadro di riferimento.

UNI EN ISO 14044:2006 Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita , Definizione e Linee guida

UNI ISO/TS 14067 Impronta di Carbonio di prodotto

ISO/CD 14046 Impronta idrica

ISO 14064-2:2006 Misurazione, Monitoraggio e rendicontazione delle emissioni GHG

ISO 14025:2010 Etichette e dichiarazioni ambientali - Dichiarazioni ambientali di Tipo III - Principi e procedure

### **Specifiche tecniche**

GHG – GreenHouse Gas Protocol (WRI – WBCSD)

PAS 2050 (BSI)

# NORMATIVA DI RIFERIMENTO

## ISO 14040

72

### UNI EN ISO 14040:2006

Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento

- *Fornisce un quadro generale delle pratiche, applicazioni e limitazioni dell'LCA*

### UNI EN ISO 14044:2006

Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida

- *Fornisce linee guida per la fase di valutazione dell'impatto dell'LCA, la fase di interpretazione dei risultati, la valutazione relativa alla qualità dei dati raccolti*

### UNI EN ISO 14048:2006

Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Formato della documentazione dei dati

- *Fornisce una descrizione per il formato relativo alla documentazione dei dati LCA*



# NORMATIVA DI RIFERIMENTO

## ISO 14020

73

### **ISO 14024 – Etichette di tipo I (es. Ecolabel)**

Etichette e dichiarazioni ambientali - Etichettatura ambientale di Tipo I - Principi e procedure

- *Etichette che dichiarano una superiorità ambientale del prodotto attraverso il rispetto di criteri prefissati*

### **ISO 14021 – Etichette di tipo II (es. Ciclo di Mobius)**

Etichette e dichiarazioni ambientali - Asserzioni ambientali auto-dichiarate

- *Autodichiarazioni – Non sempre applicate correttamente ma di elevata utilità in casi specifici*

### **ISO 14025 – Etichette di tipo III (es. EPD)**

Etichette e dichiarazioni ambientali - Dichiarazioni ambientali di Tipo III - Principi e procedure (DAP)

- *Strumento con maggior complessità, in costante diffusione. Fornisce informazioni ambientali complete basate su approccio metodologico rigoroso*

# **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

## **ISO 14067**

74

### **Storia**

Nel 2008 il BSI pubblica una norma (PAS) sulla CFP che ha un ottimo riscontro internazionale.

Nel 2013 viene (dopo lunga negoziazione) pubblicata la ISO/TS 14067.

### **Aspetti tecnici**

Regola le modalità di realizzazione e comunicazione per la CFP.

Compensazioni e stoccaggi non contemplati.

Allineata alle ISO 14040 per la quantificazione e alle ISO 14020 per la comunicazione.

### **Ampia diffusione**

Iniziativa «programma per la valutazione dell'impronta ambientale» del MATTM.

Indicatore ambientale conosciuto.

# **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

## **ALTRI RIFERIMENTI**

75

### **ILCD Handbook**

ILCD Handbook: European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability: International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - Specific guide for Life Cycle Inventory data sets. First edition March 2010. EUR 24709 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union; 2010

### **PEF**

Annex II alla raccomandazione della Commissione del 9 Aprile 2013 sull'uso di metodi comuni per misurare e comunicare la performance del ciclo di vita ambientale di prodotti e organizzazioni (2013/179/EU).

Product Environmental Footprint Guide (2013) e Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR)

✓ LCA: norme e standard di riferimento

✓ Prospettive future

# PROSPETTIVE FUTURE EVOLUZIONE NORMATIVA

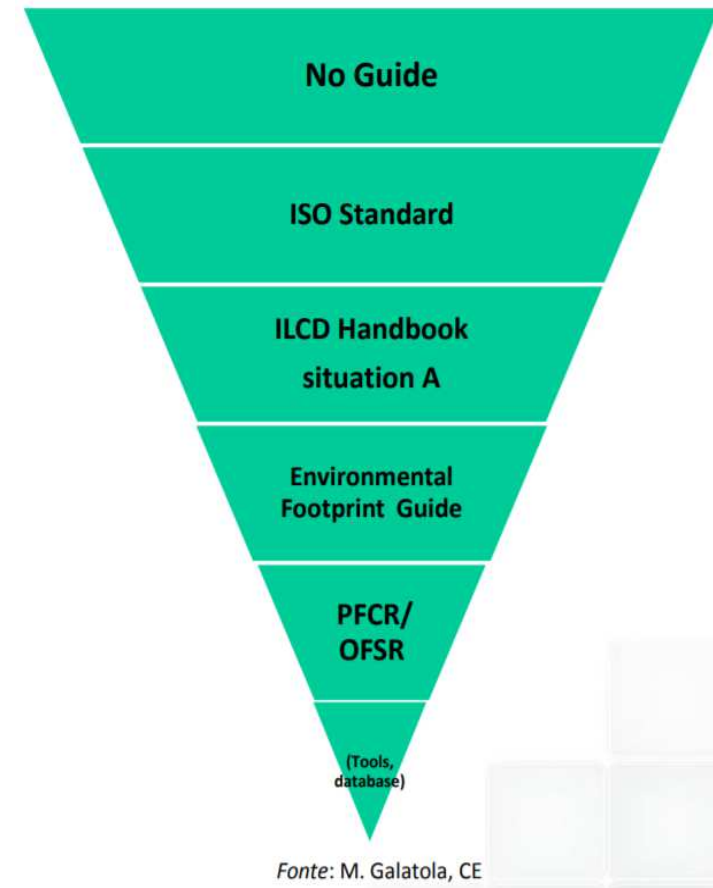
77

## Ambiti evolutivi della normativa:

- Affinamento dei metodi e dei modelli impiegati
- Ampliamento degli indicatori
- Allargamento del campo di applicazione
- Ambiti specifici di applicazione (CFP, WF, ..)

## Esempi:

- ISO 14045 > Eco-efficacenza di un settore produttivo
- ISO 14046 > Water Footprint
- ISO 14071 > Riesame critico
- ISO 14072 > LCA di organizzazioni



# PROSPETTIVE FUTURE

## PRODUCT ENVIROMENTAL FOOTPRINT - PEF

78

### Product Environmental Footprint - PEF

PEF (ed OEF Organisation Environmental Footprint) sono metodologie che consentono di misurare le prestazioni ambientali lungo il ciclo di vita dei prodotti o servizi

### Finalità

Mira ad introdurre metodologie comuni per misurare e comunicare (secondo un approccio standardizzato) le prestazioni ambientali nel ciclo di vita dei prodotti e delle organizzazioni. Al fine di permettere una scelta di acquisto basata anche sulle qualità ambientali dei prodotti/servizi sul mercato.

### Caratteristiche

Basata sulle metodologie LCA (14044-ILCD-14025-14067-GHG-PAS)

Ampio set di indicatori d'impatto

Valutazioni comparative (prodotti con stessa funzione e/o benchmark)

Alto livello di dettaglio e di istruzioni operative:

- Valutazione della qualità dei dati (prescrizioni minime)
- Istruzioni tecniche operative (PEFCR: riciclaggio, allocazione..)

**Riferimento:** Raccomandazione 2013/179/UE

# PROSPETTIVE FUTURE

## TAVOLI DI LAVORO - PEF

79

- Batterie e accumulatori
- Pitture decorative
- Tubi per acqua calda e fredda
- Detersivi per la casa
- Carta intermedia
- Attrezzatura IT
- Pelle
- Lamiere metalliche
- Scarpe non in pelle
- Produzione di elettricità fotovoltaica
- ~~Cancelleria~~
- Isolamento termico
- T-shirt
- Gruppo di continuità
- Birra
- ~~Coffee~~
- Dairy
- Mangimi per animali
- ~~Pesce per consumo umano~~
- ~~Carne (bovini, suini e ovini)~~
- Pasta
- Acqua confezionata
- Alimenti per animali domestici
- Olio d'oliva
- Vino

# PROSPETTIVE FUTURE

## MADE GREEN IN ITALY (fonte M. Galatola)

80

Attraverso l'adozione del Collegato Ambientale l'Italia si è assegnata una posizione di primo piano nel contesto europeo e mondiale per le politiche di produzione e consumo sostenibile.

La volontà di inserirsi pienamente nel contesto di lavoro europeo, attraverso il recepimento del metodo PEF così come sarà definita a valle della fase pilota europea, è fortemente apprezzata.

Il giudizio ufficiale sarà espresso a fronte di una notifica del Regolamento Attuativo che ad oggi non risulta ancora essere stata effettuata.

Considerazioni preliminari:

- Benchmark nazionale vs benchmark europeo;
- Collegamento con acquisti Verdi (GPP) potrebbe essere più chiaro e strutturato;
- Qualità vs performance ambientale;
- Carbon *storage* è considerato solo se il carbonio biogenico rimane nel prodotto per oltre 300 anni.



# PROSPETTIVE FUTURE

## MADE GREEN IN ITALY (fonte MATTM)

81

### Obiettivi Made Green in Italy:

Promuovere **modelli sostenibili di produzione e consumo** e contribuire ad attuare le indicazioni della strategia definita dalla Commissione Europea.

Stimolare il miglioramento continuo delle prestazioni ambientali dei prodotti  
Favorire **scelte informate e consapevoli da parte dei cittadini**, nella prospettiva di promuovere lo sviluppo del consumo sostenibile, garantendo la trasparenza e la comparabilità delle prestazioni ambientali di tali prodotti.

Rafforzare l'immagine, il richiamo e l'impatto comunicativo che distingue i prodotti, attraverso l'**adozione del metodo PEF** – Product Environmental Footprint associandovi inoltre aspetti di tracciabilità, qualità ambientale, qualità del paesaggio e sostenibilità sociale.

Definire le modalità più efficaci per **valutare e comunicare l'impronta ambientale** dei prodotti del sistema produttivo italiano, al fine di sostenerne la competitività sui mercati nazionali e internazionali.

Valorizzare le esperienze positive di qualificazione ambientale dei prodotti di *cluster* di piccole imprese, attraverso l'adozione di misure atte ad agevolare l'adesione allo Schema "**Made Green in Italy**" da parte di gruppi di imprese.

- ADEME, 2014. Agribalyse [WWW Document]. URL <http://www.ademe.fr/expertises/produire-autrement/production-agricole/passer-a-laction/dossier/levaluation-environnementale-agriculture/loutil-agribalyse-agribalyse-program> (accessed 3.1.16).
- Blonk Agri-footprint BV, 2016. Agri-footprint®\_ LCA food database v.3 [WWW Document]. URL <http://www.agri-footprint.com/> (accessed 6.20.03).
- Commissione europea, 2013. Raccomandazione della Commissione del 9 aprile 2013 relativa a relativa all'uso di metodologie comuni per misurare e comunicare le prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita dei prodotti e delle organizzazioni.
- Commissione europea, 2009. Direttiva 2009/33/CE relativa alla promozione di veicoli puliti e a basso consumo energetico nel trasporto su strada.
- Commissione europea, 2014. Direttiva 2014/24/UE relativa agli appalti pubblici.
- Estevan, H., Schaefer, B., 2017. Life Cycle Costs (LCC): State of the Art Report (SPP Regions project), Local Governments for Sustainability, European Secretariat
- Famiglietti, J., Caserini, S., 2016. Approfondimento metodologico: viaggi [WWW Document]. Minist. dell'Ambiente e della Tutela del Territ. e del Mare. URL [http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/impronta\\_ambientale/approfondimento metodologico\\_viaggi.pdf](http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/impronta_ambientale/approfondimento_metodologico_viaggi.pdf)
- ISO, 2016. UNI EN ISO 14021: Etichette e dichiarazioni ambientali - Asserzioni ambientali auto-dichiarate (etichettatura ambientale di Tipo II).
- ISO, 2013. ISO/TS 14067: Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification and communication.
- ISO, 2011a. EN ISO 50001: Sistemi di gestione dell'energia - Requisiti e linee guida per l'uso.
- ISO , 2011b. 15686: Immobili e beni costruiti - Pianificazione della vita utile - Principi generali e quadro.

- ISO, 2010. UNI EN ISO 14025 -Etichette e dichiarazioni ambientali di Tipo III. Principi e procedure.
- ISO, 2006a. ISO 14040: 2006 Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento.
- ISO, 2006b. ISO 14044: Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida, Environmental Management.
- ISO, 2001. UNI EN ISO 14024: Etichette e dichiarazioni ambientali - Etichettatura ambientale di Tipo I - Principi e procedure
- JRC, 2010. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance, Constraints. doi:10.2788/38479
- Klöpffer, W., Grahl, B., 2014. Life Cycle Assessment (LCA). A Guide to Best Practice. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., Behrens III, W.W., 1972. The Limits to Growth, Universe Books.
- Tagliabue, L., 2015. Modellazione di riciclo, riuso e recupero energetico nelle analisi del ciclo di vita dei prodotti: un confronto fra le equazioni disponibili nella normativa tecnica. Ing. dell'Ambiente 2, 45–63.
- Notarnicola, B., Settanni, E., Tassielli, G., 2009. Approcci all'integrazione dei costi in LCA: Life Cycle Costing, analisi input-output. Atti del convegno scientifico della rete italiana LCA, Palermo.
- Rillo, E., 2016. Life Cycle Costing: la metodologia per il calcolo dei costi del ciclo di vita di un prodotto o servizio. Sessione laboratoriale – Applicazione pratica del metodo del ciclo di vita dei costi (LCC) – Studio Fieschi. Città di Torino – 14 aprile 2016.
- Thinkstep, 2017. Gabi Database Content.
- Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., and Weidema, B., 2016. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology [WWW Document]. Int. J. Life Cycle Assess.
- Zamagni, A., 2013. Standardizzazione ed armonizzazione. Associazione Rete Italiana LCA.

- Baldo, G.L., Marino, M., Rossi, S., 2008. Analisi del Ciclo di Vita LCA. Gli strumenti per la progettazione sostenibile di materiali, prodotti e processi. Edizioni Ambiente.
- Famiglietti, J., Caserini, S., 2016. Approfondimento metodologico: viaggi [WWW Document]. Minist. dell'Ambiente e della Tutela del Territ. e del Mare. URL [http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/impronta\\_ambientale/approfondimento\\_metodologico\\_viaggi.pdf](http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/impronta_ambientale/approfondimento_metodologico_viaggi.pdf)
- JRC, 2010. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance, Constraints. doi:10.2788/38479
- Pernigotti, D., 2011. Carbon Footprint: calcolare e comunicare l'impatto dei prodotti sul clima, Edizioni Ambiente; Milano.
- Pernigotti, D., 2013. La carbon footprint alla luce della nuova norma UNI ISO/TS 14067. Edizioni Ambiente.
- Weidema BP, Wenzel H, Petersen C (2004) The product, functional unit and referenceflows in LCA. Environemtnal News Nr. 70

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

JACOPO FAMIGLIETTI

[jacopofamiglietti@gmail.com](mailto:jacopofamiglietti@gmail.com)

CARLO PROSERPIO

[c.proserpio1975@gmail.com](mailto:c.proserpio1975@gmail.com)