



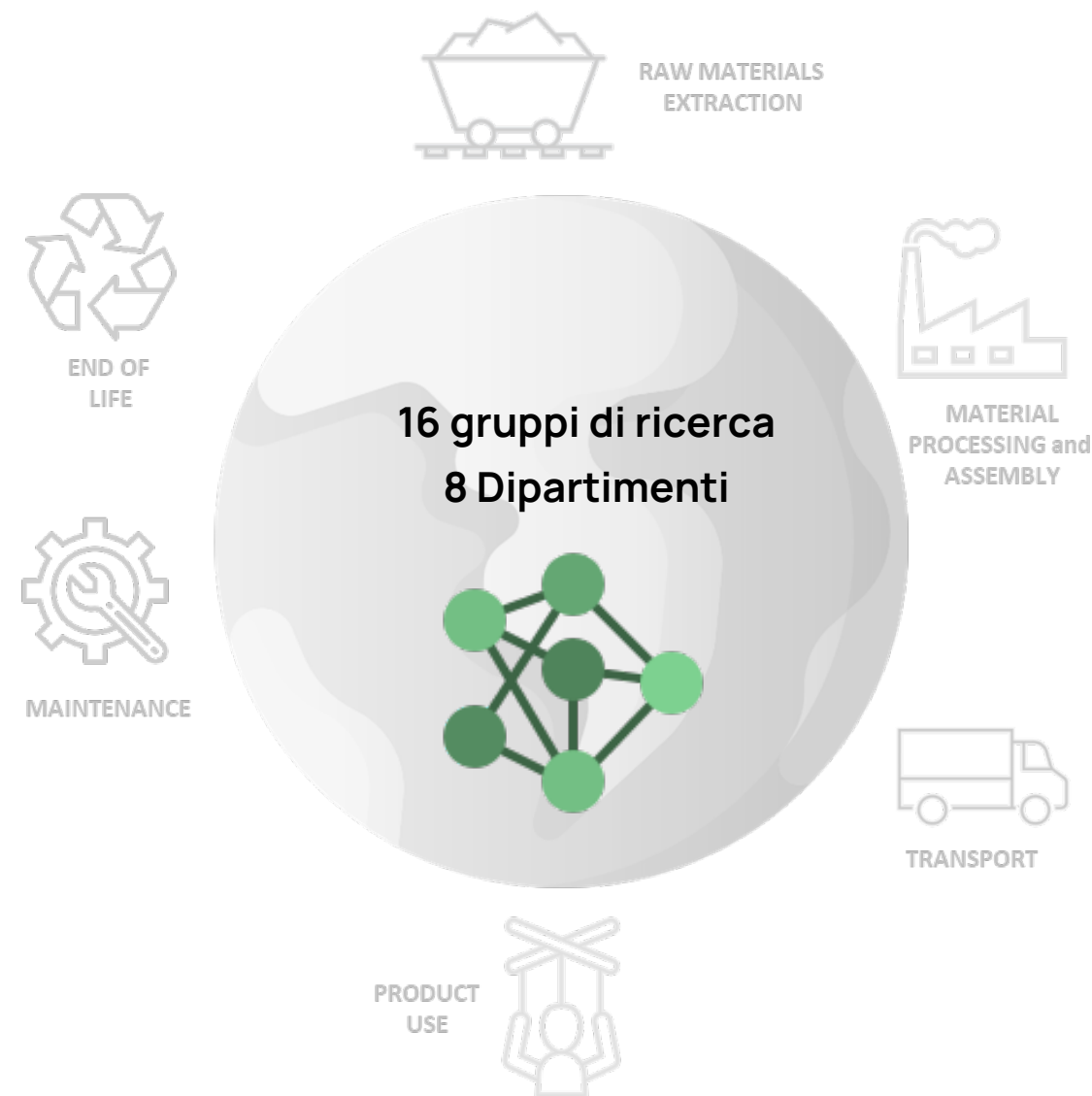
POLITECNICO
MILANO 1863

Introduzione alla metodologia LCA

31.10.2025 | Lucia Rigamonti – Polimi LCA network

Polimi LCA network: chi siamo

- Un nuovo network al Polimi composto da ricercatori e professori che applicano la metodologia **Life Cycle Assessment (LCA)** in diversi ambiti, nato su iniziativa del gruppo di ricerca AWARE (Assessment on WASTE and REsources) del DICA
- La LCA è ampiamente accettata come uno **strumento chiave di supporto alle decisioni** per l'attuazione di interventi e politiche che portano allo sviluppo sostenibile, sia a livello ambientale che sociale ed economico
- Il network è composto da **16 gruppi di ricerca** appartenenti a **8 Dipartimenti** del Polimi (DABC, DCMC, DDESIGN, DEIB, DICA, DENG, DIG e DMEC)



Polimi LCA network: chi siamo

Coordinamento: Prof.ssa Lucia Rigamonti; **Segreteria:** dott.ssa Camilla Tua, dott.ssa Giulia Cavenago

Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito (DABC)

LifeCycleTEAM (Prof.ssa Monica Lavagna)

SEED [Lab] (Francesco Pittau)

LCA for Sustainable Food Systems and Events (Prof.ssa Paola Caputo)
(+ DIG)

Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica “Giulio Natta” (DCMC)

ChiPLab (Prof.ssa Marinella Levi)

Making Materials (Prof.ssa Barbara Del Curto)

Mat4En2 (Prof. Giovanni Dotelli, Prof.ssa Paola Gallo Stampino)

Dipartimento di Design (DESIGN)

LeNSlab (Prof. Carlo Vezzoli)

Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria (DEIB)

Ecology Group (Prof. Paco Melià)

Dipartimento di Energia (DENG)

BEES (Jacopo Famiglietti)

GECOS (Prof. Davide Bonalumi)

SESAM (Prof. Matteo Vincenzo Rocco)

Dipartimento di Ingegneria Gestionale (DIG)

SoM Manufacturing Group (Elisa Amodeo)

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA)

AWARE (Prof.ssa Lucia Rigamonti, Prof. Mario Grosso)

Fabio Biondini's Research Group (Prof. Fabio Biondini)

Liberato Ferrara's Research Group (Laura Corti)

Dipartimento di Ingegneria Meccanica (DMEC)

Mario Guagliano's Research Group (Prof. Mario Guagliano)

Polimi LCA network: obiettivi principali



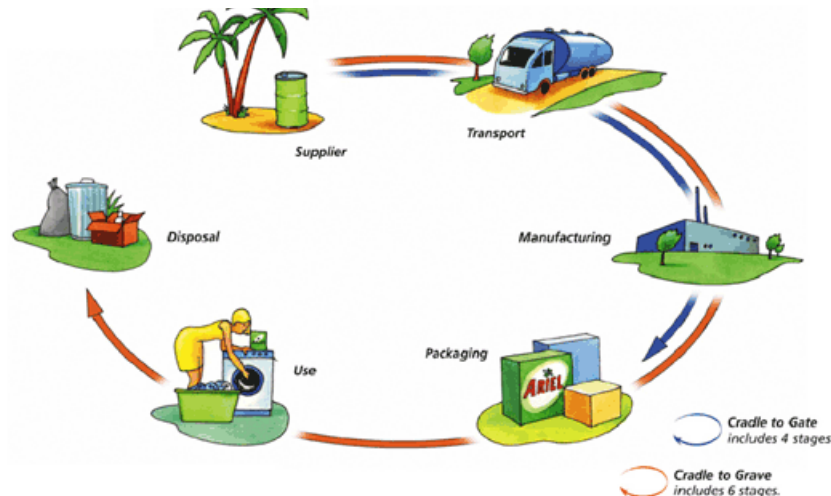
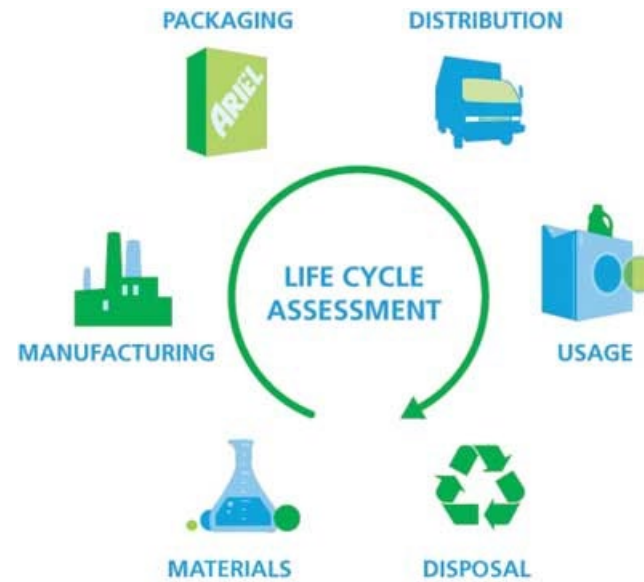
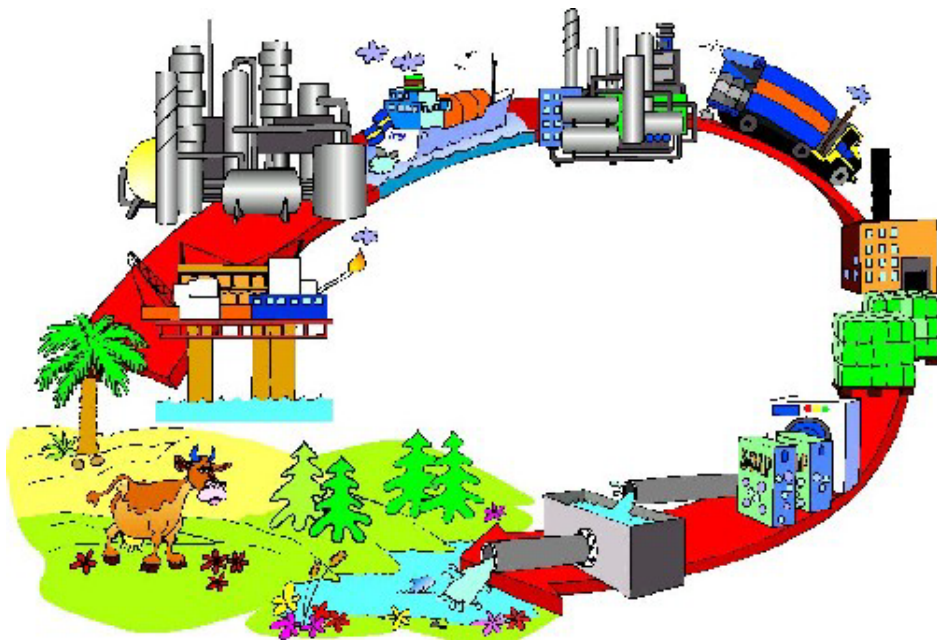
6 Gruppi di lavoro:

- Giovani ricercatori
- Comunicazione, Social & Networking
- Formazione LCA base
- Formazione LCA avanzata
- Supporto strategico all'Ateneo
- LCA Tech&Tools

Per saperne di più:

- Webinar di Allineamento Strategico sui Temi di Sostenibilità organizzato dalla Task Force Sostenibilità il 9/7/2025: [link registrazione](#) - [link slide](#)
- Materiale presentato durante l'evento di lancio dell'iniziativa il 13/11/2024 presso l'Aula Magna <https://www.eventi.polimi.it/events/polimi-lca-network/>

Life Cycle Assessment (LCA) e Life Cycle Thinking (LCT)



Life Cycle Assessment e Life Cycle Thinking

LIFE CYCLE THINKING (LCT):

è il concetto di ampliare il focus che tradizionalmente è sul sito produttivo e sui processi di produzione per includere tutte le attività comprese nell'intero ciclo di vita del prodotto, cioè, dall'estrazione delle risorse, attraverso la fabbricazione e l'uso del prodotto, fino al trattamento finale del prodotto smaltito

LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA):

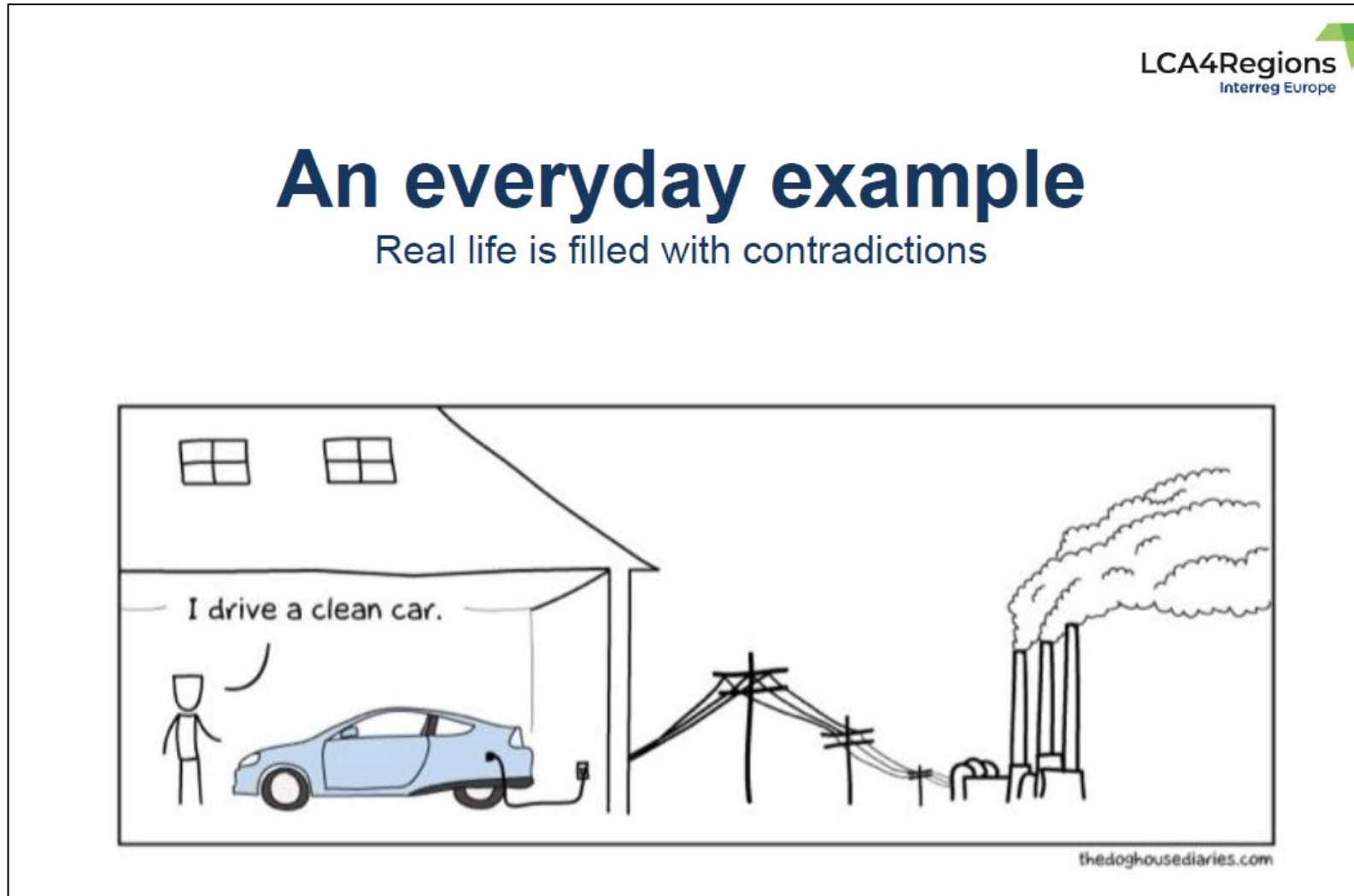
è una metodologia per valutare i potenziali impatti ambientali e le risorse utilizzate durante tutto il ciclo di vita di un prodotto

Life Cycle Assessment e Life Cycle Thinking: perché?

Il principale scopo del Life Cycle Thinking (e dell'LCA) è evitare il cosiddetto BURDEN SHIFTING ossia lo spostamento degli impatti

da una fase all'altra del ciclo di vita
da un problema ambientale ad un altro
da un'area geografica ad un'altra

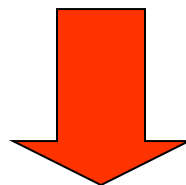
Life Cycle Assessment e Life Cycle Thinking: perché?



LCA: definizione e aspetto innovativo

La LCA valuta gli aspetti ambientali e i potenziali impatti ambientali relativi ad un processo o un'attività ("product system"): la valutazione include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale (ISO 14040)

VISIONE GLOBALE DEL SISTEMA PRODUTTIVO

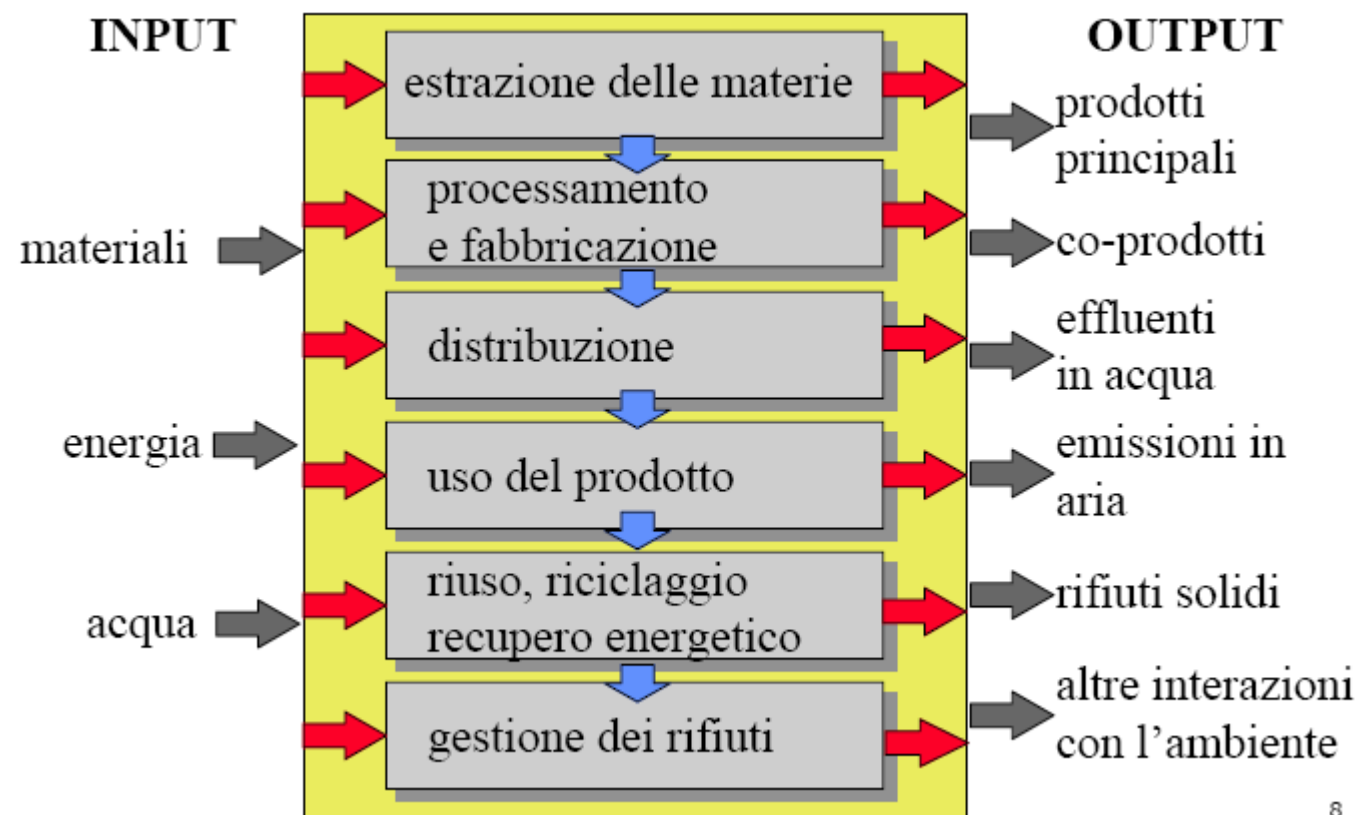


DALLA CULLA ALLA TOMBA
DALLA CULLA ALLA CULLA

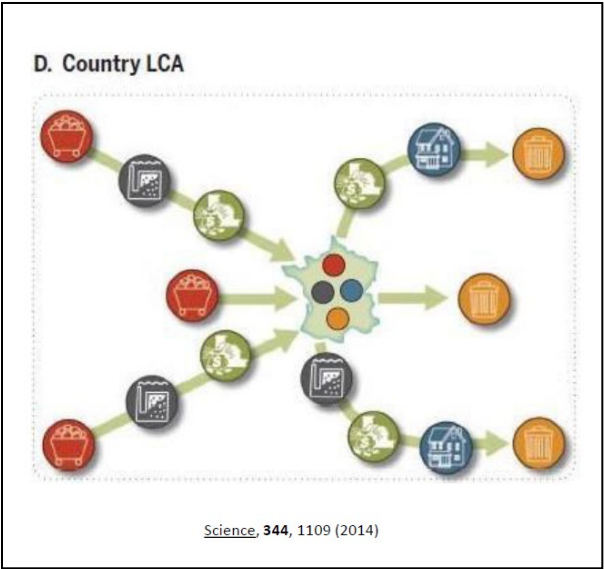
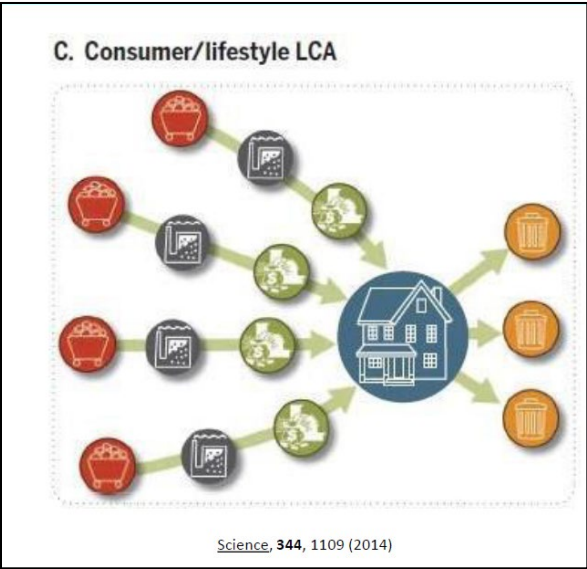
SI SEGUE PASSO PER PASSO IL CAMMINO DELLE MATERIE PRIME

LCA: definizione e aspetto innovativo

SI INCLUDE L'INTERO CICLO DI VITA DEL PRODOTTO



Applicazioni LCA



LCA: standard ISO

- ISO 14040 (2006 + Amd 1: 2020), Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework
- ISO 14044 (2006 + Amd 1: 2017 + Amd 2: 2020), Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines
- ISO/TR 14047 (2012), Environmental management -- Life cycle impact assessment -- Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations
- ISO/TR 14049 (2012), Environmental management -- Life cycle assessment -- Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to goal and scope definition and inventory analysis

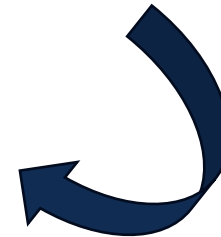
Standardizzazione a livello europeo



2. DEFINITIONS

For the purposes of this Recommendation, the following definitions apply:

- (a) Product Environmental Footprint (hereinafter ‘PEF’) method: general method to measure and communicate the potential life cycle environmental impact of a product as laid down in Annex I.
- (b) Organisation Environmental Footprint (hereinafter ‘OEF’) method: general method to measure and communicate the potential life cycle environmental impact of an organisation as laid down in Annex III.



LCA: la struttura



N.B.: Le 4 fasi non vanno considerate come blocchi separati, ma parte di un processo iterativo

LCA: la struttura



N.B.: Le 4 fasi non vanno considerate come blocchi separati, ma parte di un processo iterativo

Fase 1: definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione

* OBIETTIVO DELLO STUDIO: COSA, PERCHÉ, PER CHI (a chi verranno mostrati i risultati)

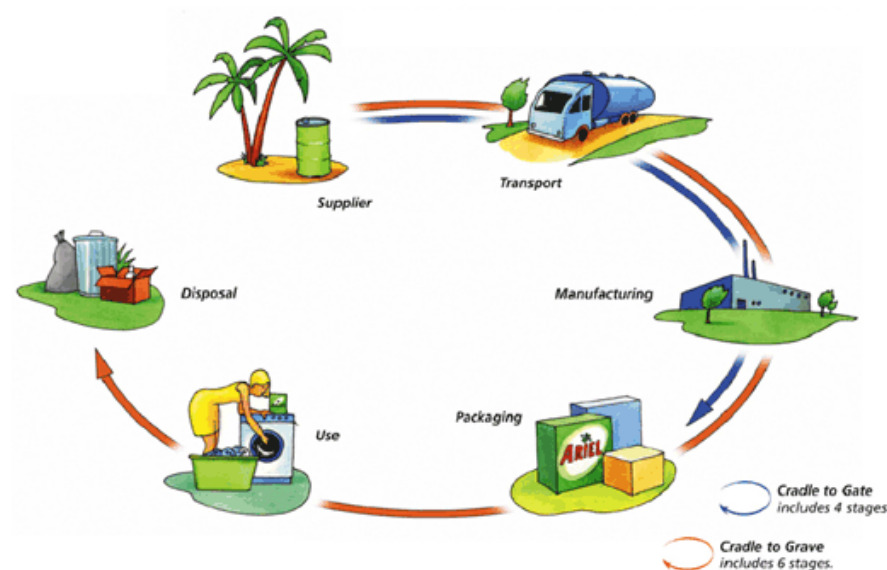
* CAMPO DI APPLICAZIONE:

- sistema da studiare
- funzioni del sistema
- unità funzionale
- confini del sistema
- procedure di allocazione
- categorie di impatto, indicatori e modelli di caratterizzazione
- modalità di interpretazione
- dati necessari
- ipotesi
- limitazioni
- qualità dei dati
- tipo di riesame critico
- tipo e formato del rapporto richiesto per lo studio

Fase 1: definizione del campo di applicazione – confini del sistema

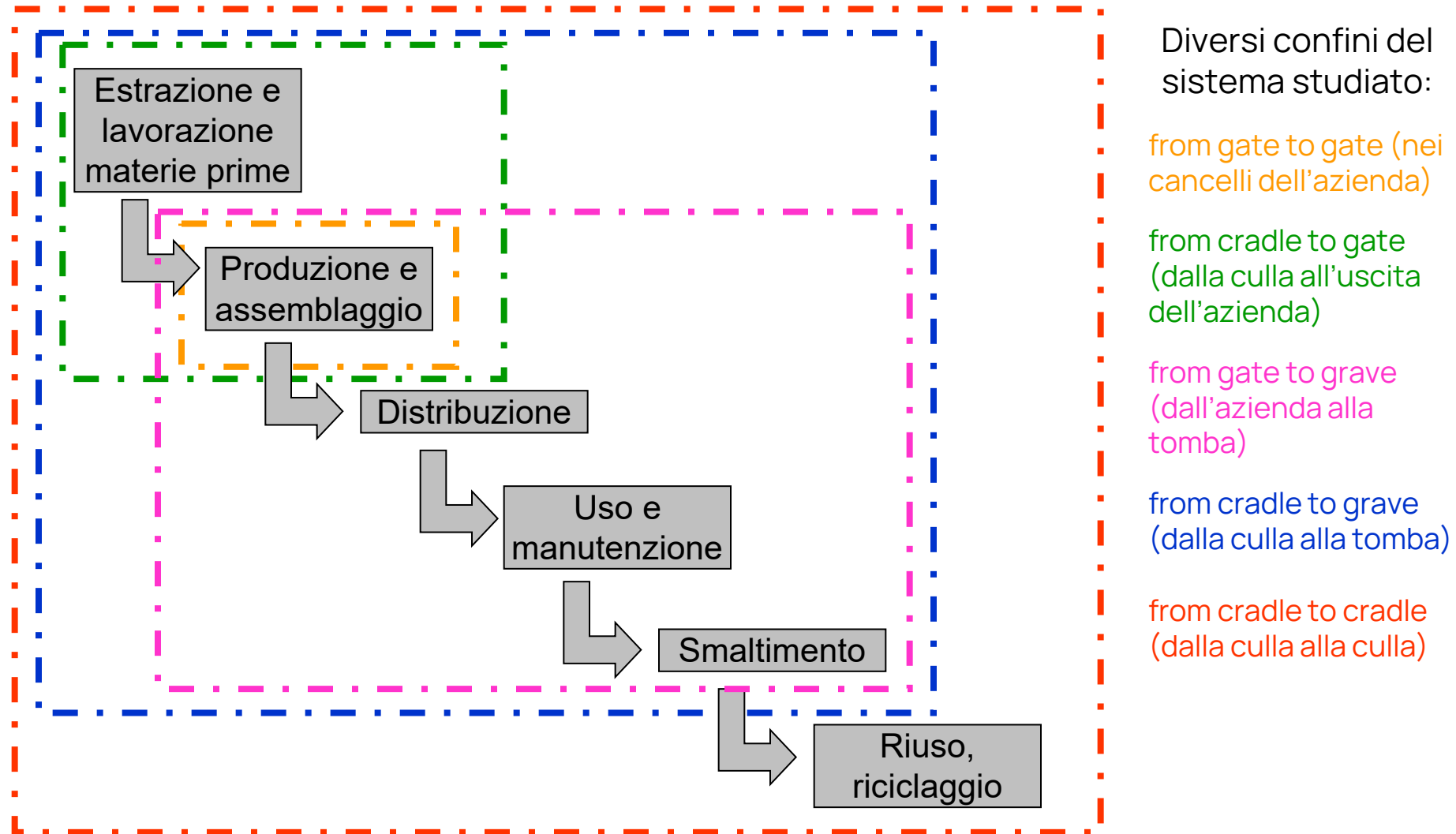
DEFINIZIONE DEI CONFINI DEL SISTEMA: si decide quali processi unitari vengono inclusi nell'analisi, a seconda delle finalità dello studio

N.B.: sistema = ma confini $\neq$
(ad es. dalla culla alla tomba o
dall'ingresso dello
stabilimento alla tomba o dalla
culla all'uscita dallo
stabilimento) darà risultati $\neq$

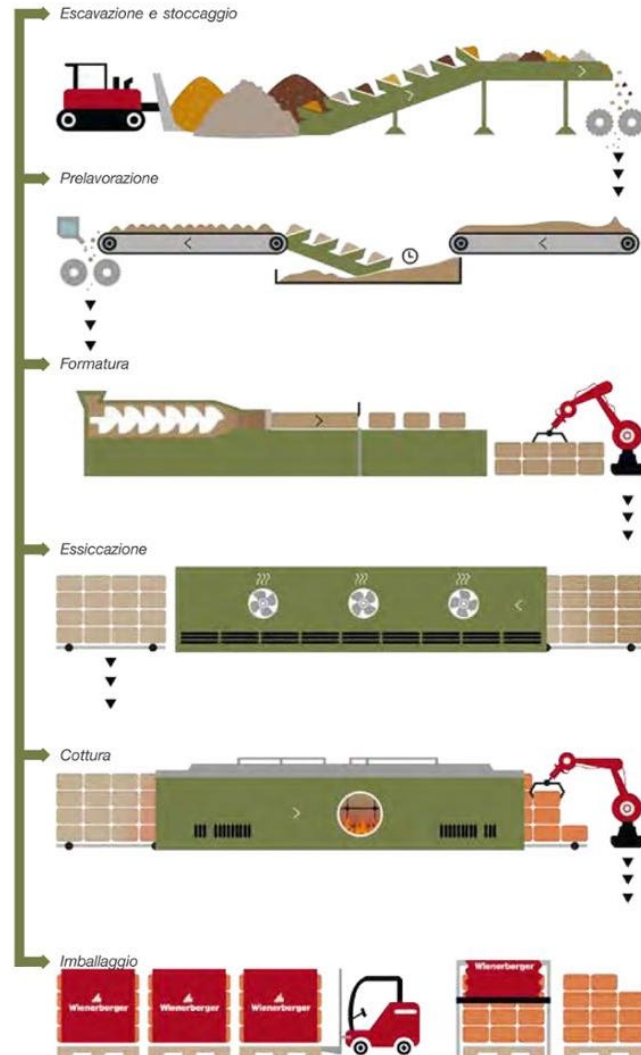


- la scelta di non considerare qualche processo/input/output deve essere ben esplicitata, così come devono esserne chiarite le ragioni e le implicazioni
- inoltre il sistema deve essere descritto con sufficienti dettagli e chiarezza di modo che un altro utente possa duplicare l'analisi di inventario

Fase 1: definizione del campo di applicazione – confini del sistema



Fase 1: definizione del campo di applicazione – confini del sistema



Produzione di laterizi:
confini del sistema?

Fase 1: definizione del campo di applicazione - unità funzionale

Un sistema può avere più di una **funzione**: ne si sceglie una (o più) a seconda dell'obiettivo e del campo di applicazione dell'LCA

UNITA' FUNZIONALE: *“prestazione quantificata del sistema di prodotto da utilizzare come unità di riferimento”*:

- indice delle prestazioni svolte dal sistema (quantifica la funzione del sistema considerata come principale)
- unità di misura di riferimento a cui legare gli elementi in ingresso e in uscita

!!! Il confronto tra diversi sistemi deve essere svolto sulla base della stessa funzione, quantificata dalla stessa unità funzionale !!!

Fase 1: definizione del campo di applicazione – unità funzionale

Esempio:

Funzione: asciugare le mani

Due sistemi: salvietta di carta e sistema ad aria



Unità funzionale (per entrambi i sistemi): ????

Flusso di riferimento: ????

Fase 1: definizione del campo di applicazione – unità funzionale

Se la funzione del prodotto nella fase di utilizzo è sconosciuta, se il prodotto può essere utilizzato per diverse funzioni o se la funzione non può essere definita chiaramente, è possibile utilizzare **un'unità dichiarata** (invece di un'unità funzionale)

L'unità dichiarata è definita come la quantità di un prodotto

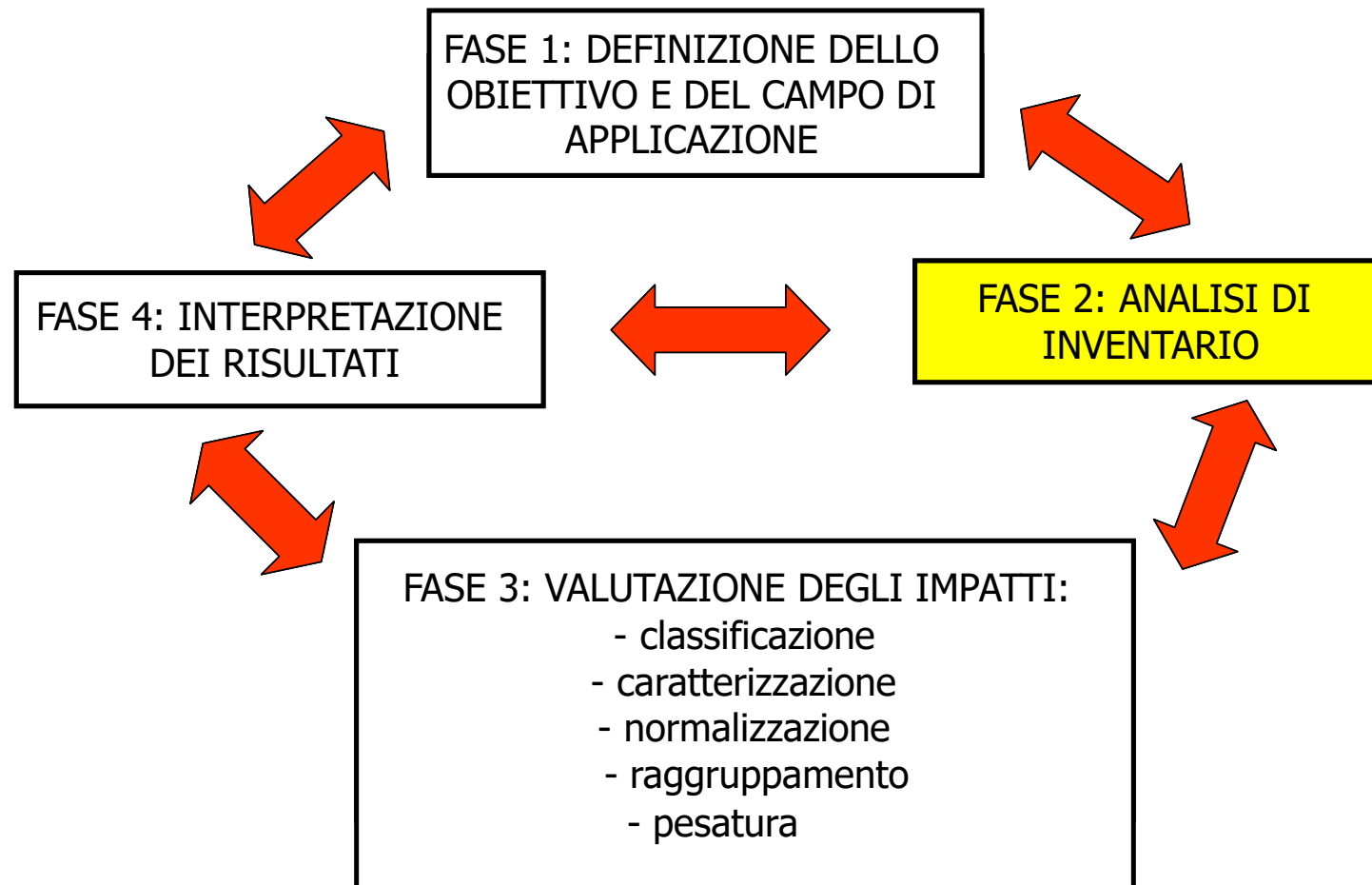
Esempi:

- Una unità, es. 1 computer
- Massa di prodotto, es. 1 kg di cemento
- Volume di prodotto, es. 1 litro di acqua

!!! L'uso di un'unità dichiarata riduce la comparabilità tra gli studi !!!

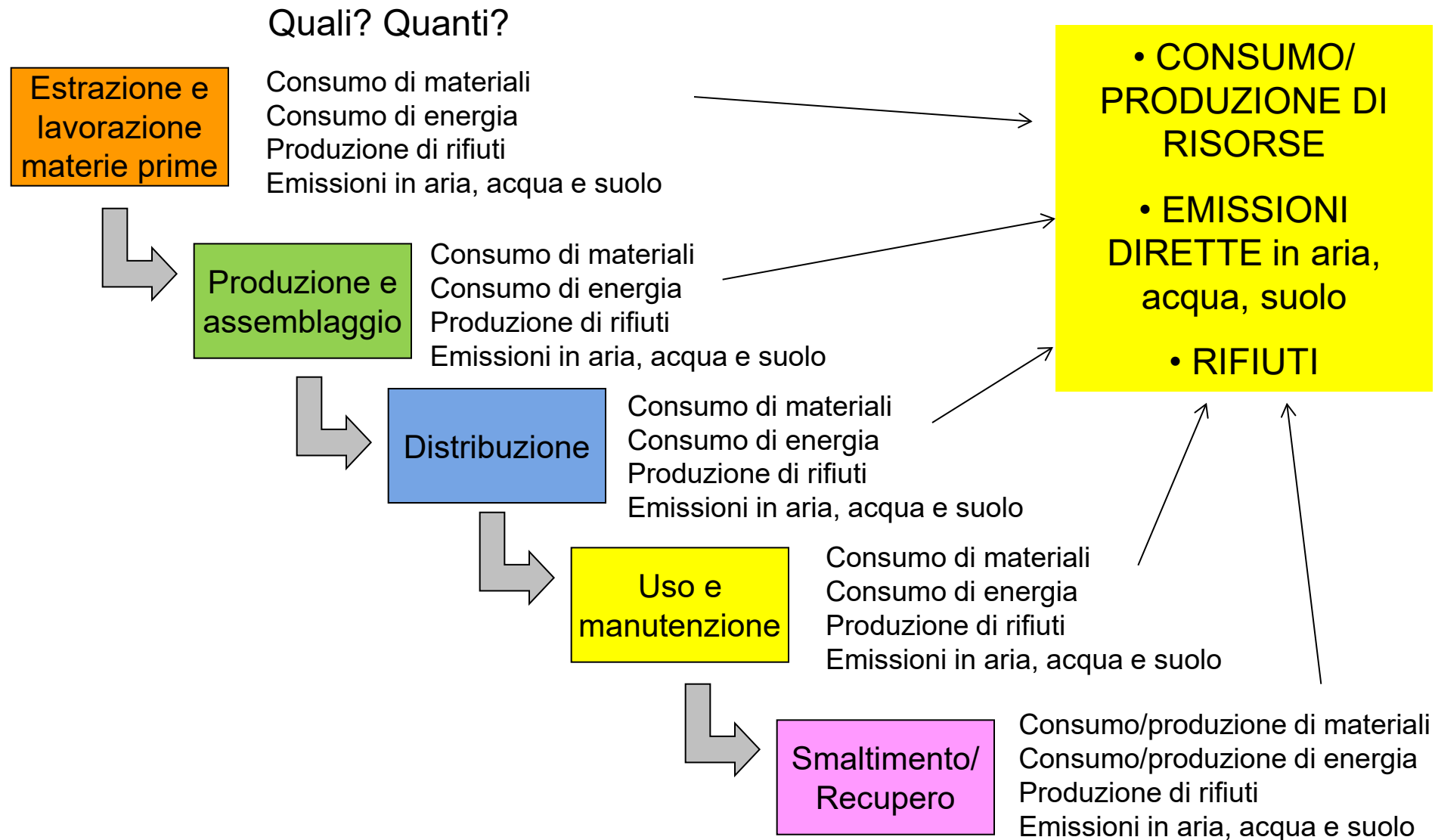
Per aumentare la comparabilità tra studi basati su un'unità dichiarata, è importante specificare le proprietà tecniche rilevanti per l'applicazione / uso del prodotto

LCA: la struttura

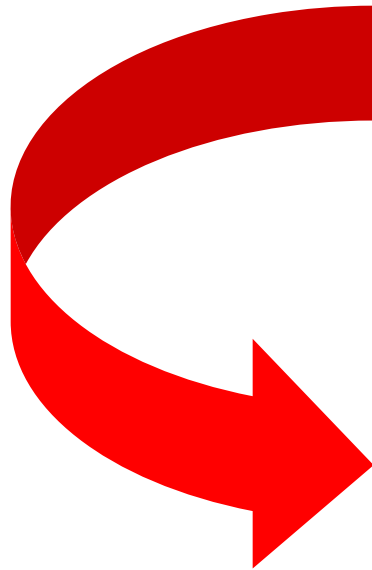


N.B.: Le 4 fasi non vanno considerate come blocchi separati, ma parte di un processo iterativo

Fase 2: analisi di inventario (LCI)



Fase 2: analisi di inventario



BILANCIO AMBIENTALE (riferito all'unità funzionale):

- CONSUMO/PRODUZIONE DI RISORSE
- EMISSIONI in aria, acqua, suolo
- produzione di RIFIUTI

TABELLA DI INVENTARIO:

- FLUSSI ELEMENTARI

tutti i flussi non elementari verranno modellizzati fino al livello di flussi elementari

Flusso elementare: materiale o energia che entra nel sistema sotto studio e che è stato estratto dall'ambiente senza precedente trasformazione umana, o materiale o energia che lascia il sistema studiato e che viene rilasciato nell'ambiente senza successiva trasformazione umana

Fase 2: esempio

1 kg PET

LCA database: ecoinvent dataset Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at plant/RER U

Professional; BeviMI - [View material process 'Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at plant/RER U']

File Edit Calculate Tools Window Help

Documentation **Input/output** Parameters System description

Products									
Outputs to technosphere: Products and co-products									
	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Waste type	Category	Comment		
Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at plant/RER U	1	kg	Mass	100 %	PET	...Thermc	Europe		
Outputs to technosphere: Avoided products									
	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment		
Inputs									
Inputs from nature									
Sub-compa	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment		
Water, unspecified natural origin/m3	in water	0,000163	m3	Lognormal	1,2		(2,3,1,1,1,5); european average value, based on industrial survey		
Water, cooling, unspecified natural orig	in water	0,0064	m3	Lognormal	1,2		(2,3,1,1,1,5); european average value, based on industrial survey		
Inputs from technosphere: materials/fuels									
	Amount	Unit	Distribution	SD2	Min	Max	Comment		
Purified terephthalic acid, at plant/RER U	0,875	kg	Lognormal	1,2			(2,3,1,1,1,5); european average value, based on industrial survey		
Ethylene glycol, at plant/RER U	0,334	kg	Lognormal	1,2			(2,3,1,1,1,5); european average value, based on industrial survey		
Nitrogen, liquid, at plant/RER U	0,0298	kg	Lognormal	1,2			(2,3,1,1,1,5); european average value, based on industrial survey		
Electricity, medium voltage, production UCTE, at grid/UCTE U	0,194	kWh	Lognormal	1,2			(2,3,1,1,1,5); european average value, based on industrial survey		
Heat, heavy fuel oil, at industrial furnace 1MW/RER U	0,494	MJ	Lognormal	1,6			(2,3,1,1,4,5); amount industrial survey - distribution according to cumulate		
Heat, light fuel oil, at industrial furnace 1MW/RER U	0,165	MJ	Lognormal	1,6			(2,3,1,1,4,5); amount industrial survey - distribution according to cumulate		
Heat, natural gas, at industrial furnace >100kW/RER U	0,665	MJ	Lognormal	1,6			(2,3,1,1,4,5); amount industrial survey - distribution according to cumulate		
Heat, at hard coal industrial furnace 1-10MW/RER U	0,306	MJ	Lognormal	1,6			(2,3,1,1,4,5); amount industrial survey - distribution according to cumulate		
Steam, for chemical processes, at plant/RER U	0,94	kg	Lognormal	1,2			(2,3,1,1,1,5); european average value, based on industrial survey		
Transport, lorry >16t, fleet average/RER U	0,124	tkm	Lognormal	2,1			(4,5,na,na,na,na); standard distances		
Transport, freight, rail/RER U	0,743	tkm	Lognormal	2,1			(4,5,na,na,na,na); standard distances		
Chemical plant, organics/RER/I U	0,0000000004	p	Lognormal	3,1			(4,na,na,na,na,na); estimation		
Inputs from technosphere: electricity/heat									
	Amount	Unit	Distrib	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment		
Outputs									
Emissions to air									
Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment		
Heat, waste	high. pop.	0,7	MJ	Lognormal	1,2		(2,3,1,1,1,5); calculated from electricity input		
Particulates, > 10 um	high. pop.	0,00000032	kg	Lognormal	1,6		(2,3,1,1,1,5); european average value, based on		

Fase 2: esempio

LCA database: ecoinvent
dataset Polyethylene
terephthalate, granulate,
amorphous, at plant/RER U

1 kg PET

Raw material Amount U% Default units

☐ Per sub-compartment Category ☐ Standard ☐ Exclude long-term emissions

☐ Skip unused ☐ Group ☐ Per impact category

No	Substance	Compartr	Unit	Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at
19	Oil, crude	Raw	g	770
20	Coal, brown	Raw	g	234
21	Gravel	Raw	g	231
22	Coal, hard	Raw	g	221
23	Clay	Raw	g	49,2
24	Calcite	Raw	g	33,7
25	Carbon dioxide, in air	Raw	g	30,6
26	Iron	Raw	g	14,9
27	Sodium chloride	Raw	g	3,01
28	Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crude ore	Raw	g	2,32
29	Aluminium	Raw	g	1,39
30	Chromium	Raw	mg	972
31	Barite	Raw	mg	843
32	Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% and Mo 8.2E-3% in crude ore	Raw	mg	660
33	Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore	Raw	mg	496
34	Zinc	Raw	mg	422
35	Basalt	Raw	mg	351
36	Clay, bentonite	Raw	mg	333
37	Magnesite	Raw	mg	219
38	Peat	Raw	mg	153
39	Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% and Mo 8.2E-3% in crude ore	Raw	mg	132
40	Fluorspar	Raw	mg	117
41	Manganese	Raw	mg	108
42	Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore	Raw	mg	90,3
43	Dolomite	Raw	mg	81
44	TiO ₂ , 54% in ilmenite, 2.6% in crude ore	Raw	mg	76,1
45	Sand	Raw	mg	75,1
46	Sulfur	Raw	mg	59,7
47	Sodium sulfate	Raw	mg	29,4
48	Shale	Raw	mg	18,6
49	Phosphorus, 18% in apatite, 4% in crude ore	Raw	mg	14,9
50	Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 1.83% in crude ore	Raw	mg	12,3
51	Uranium	Raw	mg	11,7
52	Lead	Raw	mg	10,3

Analyzing 1 kg 'Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at plant/RER U'

Fase 2: esempio

LCA database: ecoinvent
dataset Polyethylene
terephthalate, granulate,
amorphous, at plant/RER U

1 kg PET



Airborne emission Amount 0% ☐ Default units ☒ Per sub-compartment Category ☐ Skip unused ☒ Standard ☐ Group ☐ Exclude long-term emissions ☐ Per impact category				
No	Substance	Compartr	Unit	Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at
58	Carbon dioxide, fossil	Air	kg	2,38
59	Carbon dioxide, biogenic	Air	g	31,7
60	Methane, fossil	Air	g	12,3
61	Sulfur dioxide	Air	g	6,16
62	Nitrogen oxides	Air	g	4,27
63	Carbon monoxide, fossil	Air	g	2,97
64	NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	Air	g	2,16
65	Particulates, > 10 um	Air	mg	768
66	Particulates, < 2.5 um	Air	mg	457
67	Hydrocarbons, aromatic	Air	mg	358
68	Particulates, > 2.5 um, and < 10um	Air	mg	356
69	Acetic acid	Air	mg	222
70	Methanol	Air	mg	123
71	Hydrogen chloride	Air	mg	101
72	Water	Air	mg	63,1
73	Ethene	Air	mg	63,1
74	Aluminium	Air	mg	57,1
75	Methane, biogenic	Air	mg	53,5
76	Carbon dioxide, land transformation	Air	mg	51
77	Ethane	Air	mg	46,7
78	Hydrogen	Air	mg	38,7
79	Dinitrogen monoxide	Air	mg	28,8
80	Ammonia	Air	mg	28,8
81	Propane	Air	mg	22
82	Pentane	Air	mg	19,1
83	Silicon	Air	mg	15,6
84	Butane	Air	mg	14,8
85	Iron	Air	mg	12,7
86	Hydrogen fluoride	Air	mg	11,8
87	Sulfate	Air	mg	11,8
88	Carbon monoxide, biogenic	Air	mg	11,2
89	Nickel	Air	mg	8,91
90	Benzene	Air	mg	8,74
91	Carbon disulfide	Air	mg	8,4

Analyzing 1 kg 'Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at plant/RER U'

Fase 2: esempio

LCA database: ecoinvent
dataset Polyethylene
terephthalate, granulate,
amorphous, at plant/RER U

1 kg PET



Waterborne emission Amount 0% Default units				
Per sub-compartment Category Standard Exclude long-term emissions				
Skip unused Group Per impact category				
No	Substance	Compartr	Unit	Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at
50	Sulfate	Water	g	63,8
51	Silicon	Water	g	17,8
52	Calcium	Water	g	16,6
53	Sodium	Water	g	9,27
54	Magnesium	Water	g	8,14
55	Chloride	Water	g	7,78
56	COD (Chemical Oxygen Demand)	Water	g	6,05
57	Potassium	Water	g	5,19
58	BOD5 (Biological Oxygen Demand)	Water	g	3,73
59	Phosphate	Water	g	2,5
60	Iron	Water	g	2,48
61	Aluminium	Water	g	1,76
62	TOC, Total Organic Carbon	Water	g	1,64
63	DOC, Dissolved Organic Carbon	Water	g	1,62
64	Solids, inorganic	Water	mg	843
65	Manganese	Water	mg	694
66	Nitrate	Water	mg	649
67	Suspended solids, unspecified	Water	mg	609
68	Hydrocarbons, unspecified	Water	mg	526
69	Oils, unspecified	Water	mg	521
70	Fluoride	Water	mg	444
71	Strontium	Water	mg	255
72	Zinc	Water	mg	176
73	Boron	Water	mg	98,5
74	Carbonate	Water	mg	77,5
75	Nickel	Water	mg	71,9
76	Barite	Water	mg	59,6
77	Titanium	Water	mg	52,9
78	Carboxylic acids, unspecified	Water	mg	32,8
79	Barium	Water	mg	32,6
80	Copper	Water	mg	31,5
81	Cobalt	Water	mg	20,8
82	Bromine	Water	mg	15,6
83	Chromium VI	Water	mg	13,6

Analyzing 1 kg 'Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at plant/RER U'

Fase 2: esempio

LCA database: ecoinvent
dataset Polyethylene
terephthalate, granulate,
amorphous, at plant/RER U

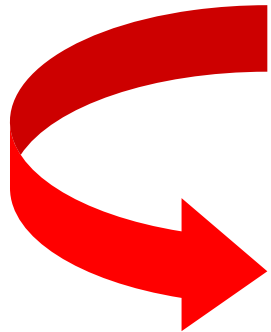
1 kg PET



Emission to soil Amount 0% ☐ Default units ☒ Per sub-compartment Category ☐ Skip unused ☒ Standard ☐ Exclude long-term emissions ☒ Group ☐ Per impact category				
No	Substance	Compartr	Unit	Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at
1	Oils, unspecified	Soil	mg	524
2	Iron	Soil	mg	94,5
3	Chloride	Soil	mg	76,8
4	Calcium	Soil	mg	24,2
5	Carbon	Soil	mg	14,2
6	Sodium	Soil	mg	10,2
7	Aluminium	Soil	mg	5,01
8	Magnesium	Soil	mg	4,32
9	Sulfur	Soil	mg	2,94
10	Potassium	Soil	mg	2,72
11	Barium	Soil	mg	2,28
12	Silicon	Soil	mg	2,21
13	Oils, biogenic	Soil	µg	971
14	Manganese	Soil	µg	597
15	Phosphorus	Soil	µg	431
16	Fluoride	Soil	µg	399
17	Zinc	Soil	µg	263
18	Chromium VI	Soil	µg	252
19	Copper	Soil	µg	173
20	Boron	Soil	µg	90,3
21	Glyphosate	Soil	µg	46,5
22	Strontium	Soil	µg	45,9
23	Titanium	Soil	µg	28,5
24	Chromium	Soil	µg	27,8
25	Metolachlor	Soil	µg	7,3
26	Nickel	Soil	µg	5,95
27	Lead	Soil	µg	4,75
28	Arsenic	Soil	µg	2,21
29	Mancozeb	Soil	µg	1,58
30	Chlorothalonil	Soil	µg	1,22
31	Linuron	Soil	µg	1,02
32	Cadmium	Soil	ng	895
33	Vanadium	Soil	ng	817
34	Cobalt	Soil	ng	380

Analyzing 1 kg 'Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at plant/RER U'

Fase 2: analisi di inventario



BILANCIO AMBIENTALE:

- CONSUMO/PRODUZIONE DI RISORSE
- EMISSIONI DIRETTE in aria, acqua, suolo
- produzione di RIFIUTI

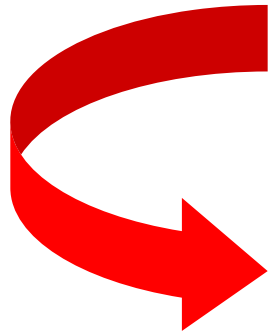


TABELLA DI INVENTARIO:

- FLUSSI ELEMENTARI

CALCOLO DEI POTENZIALI IMPATTI AMBIENTALI

LCA: la struttura



N.B.: Le 4 fasi non vanno considerate come blocchi separati, ma parte di un processo iterativo

Fase 3: valutazione degli impatti (LCIA)

STUDIO DELL' IMPATTO AMBIENTALE:

collegare i risultati dell'inventario con gli effetti ambientali

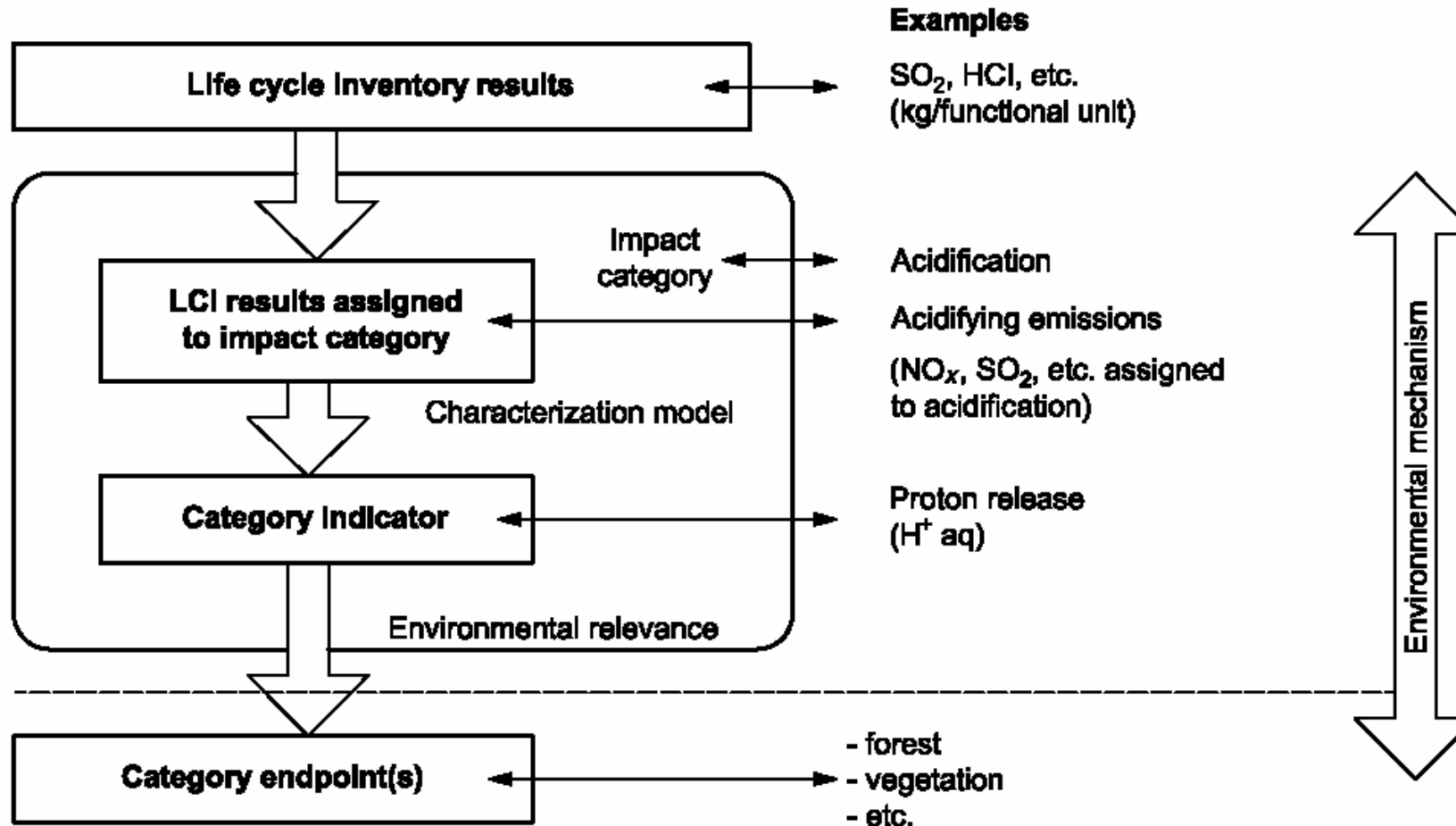
1. SCELTA DELLE CATEGORIE DI IMPATTO, DEGLI INDICATORI DI CATEGORIA E DEI MODELLI DI CARATTERIZZAZIONE
2. CLASSIFICAZIONE
3. CARATTERIZZAZIONE
4. NORMALIZZAZIONE
5. RAGGRUPPAMENTO
6. PESATURA

Obbligatorie
ISO 14040

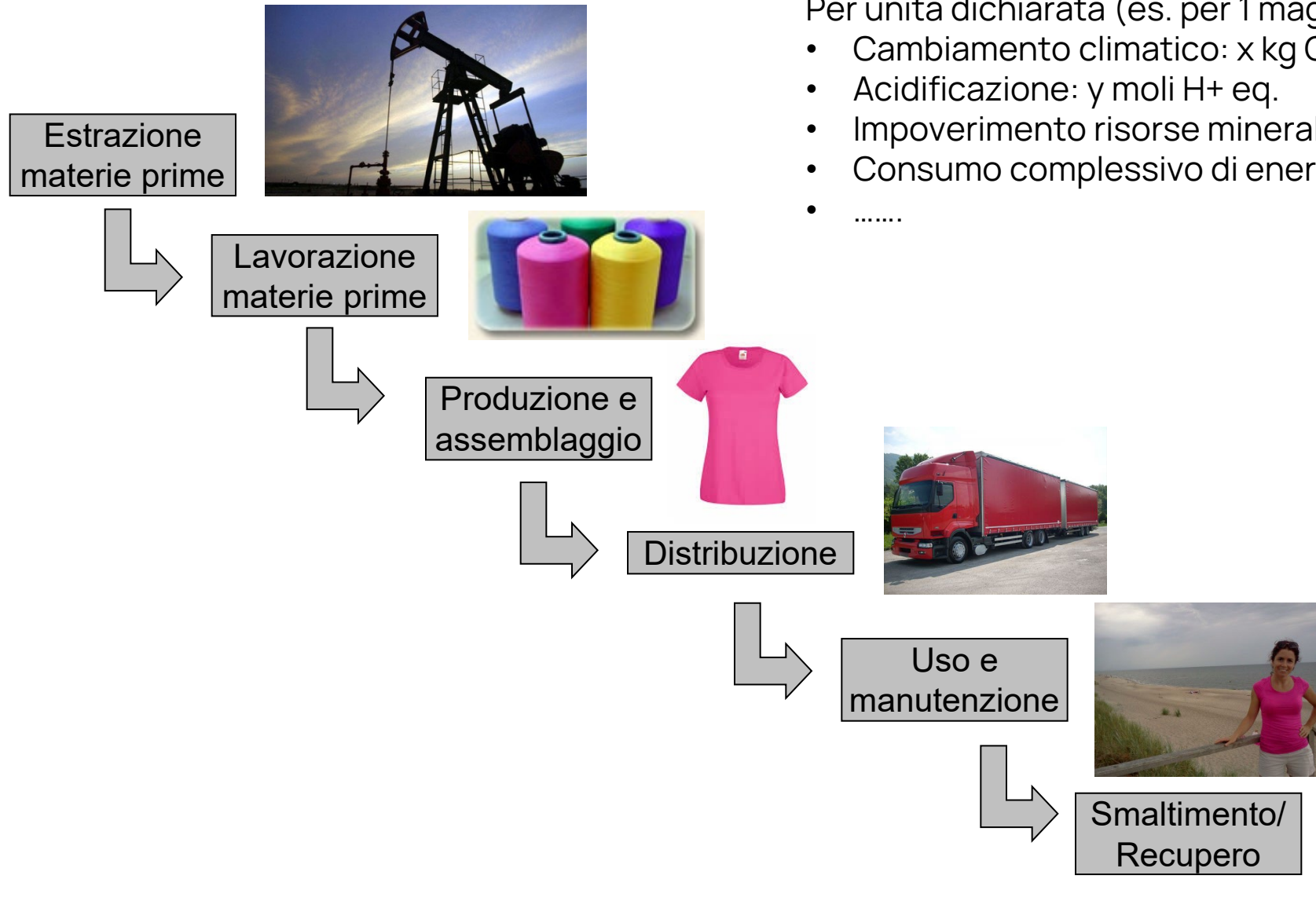
Opzionali
ISO 14040

Fase 3: valutazione degli impatti

ISO 14044



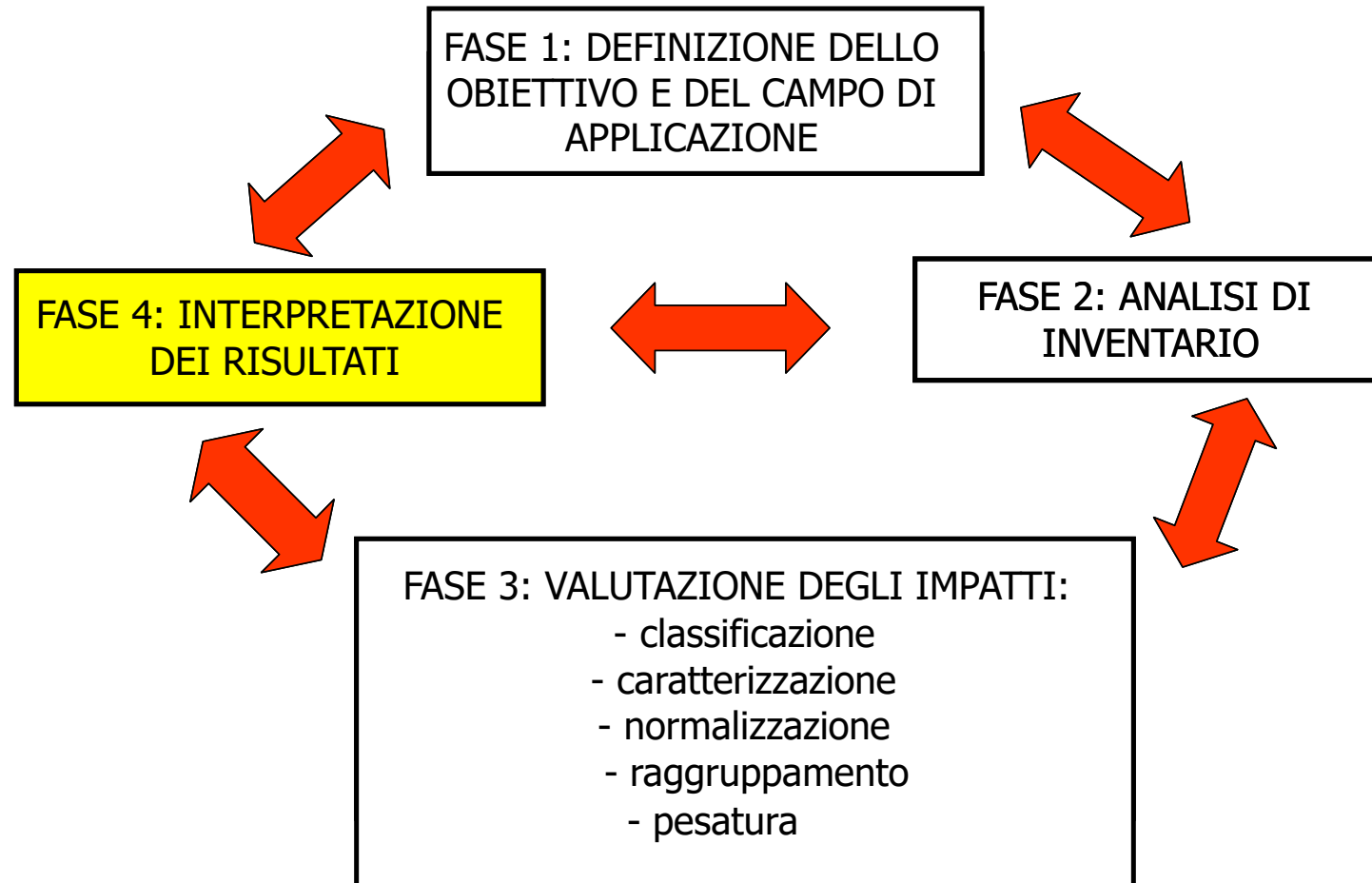
Fase 3: valutazione degli impatti



Per unità dichiarata (es. per 1 maglietta):

- Cambiamento climatico: x kg CO₂ eq.
- Acidificazione: y moli H⁺ eq.
- Impoverimento risorse minerali e fossili: z kg Sb eq.
- Consumo complessivo di energia: MJ
-

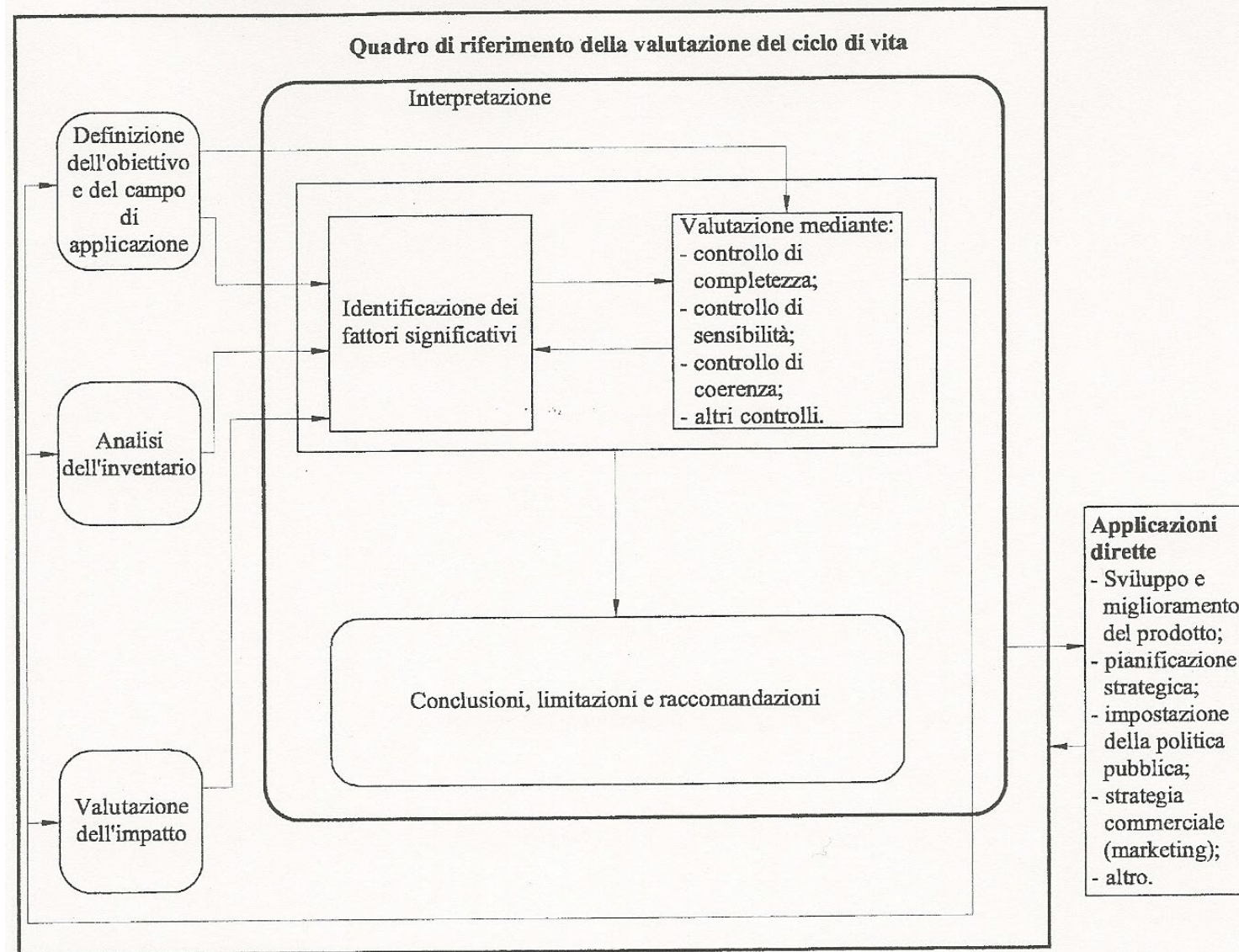
LCA: la struttura



N.B.: Le 4 fasi non vanno considerate come blocchi separati, ma parte di un processo iterativo

Fase 4: interpretazione dei risultati

ISO 14044



Fase 4: interpretazione dei risultati

Most relevant life cycle stages



CPT - Li-ion battery					
Impact category	Raw Material acquisition	Production of the main product	Product distribution	Use stage	End-of-Life
Climate Change (fossil) [kg CO2 eq.]	82%	8%	0%	7%	3%
Resource use, energy carriers [MJ]	77%	11%	0%	9%	3%
Resource use, mineral and metals [kg Sb eq.]	87%	0%	0%	0%	13%
Respiratory inorganics [kg PM2.5 eq.]	79%	4%	0%	3%	15%

ICT - Li-ion battery					
Impact category	Raw Material acquisition	Production of the main product	Product distribution	Use stage	End-of-Life
Climate Change (fossil) [kg CO2 eq.]	65%	15%	0%	11%	9%
Resource use, energy carriers [MJ]	60%	18%	0%	12%	10%
Resource use, mineral and metals [kg Sb eq.]	81%	1%	0%	0%	18%
Respiratory inorganics [kg PM2.5 eq.]	69%	5%	0%	3%	23%

ICT - NiMH battery					
Impact category	Raw Material acquisition	Production of the main product	Product distribution	Use stage	End-of-Life
Acidification terrestrial & freshwater [Mole of H+ eq.]	68%	2%	0%	1%	28%
Climate Change (fossil) [kg CO2 eq.]	63%	3%	0%	12%	22%
Resource use, energy carriers [MJ]	59%	4%	0%	15%	21%
Resource use, mineral and metals [kg Sb eq.]	67%	2%	0%	0%	31%
Respiratory inorganics [kg PM2.5 eq.]	70%	2%	0%	2%	27%

e-mobility Li-ion battery					
Impact category	Raw Material acquisition	Production of the main product	Product distribution	Use stage	End of Life
Climate Change (fossil) [kg CO2 eq.]	45%	26%	0%	17%	12%
Resource use, energy carriers [MJ]	43%	29%	0%	18%	10%
Resource use, mineral and metals [kg Sb eq.]	65%	1%	0%	0%	34%
Respiratory inorganics [kg PM2.5 eq.]	66%	13%	0%	6%	41%

Esempio di analisi dei contributi

Fase 4: interpretazione dei risultati



Per unità dichiarata (es. per 1 maglietta):

- **Cambiamento climatico:** $x \text{ kg CO}_2 \text{ eq.}$
- Acidificazione: $y \text{ moli H}^+ \text{ eq.}$
- Impoverimento risorse minerali e fossili: $z \text{ kg Sb eq.}$
- Consumo complessivo di energia: MJ
-

Fase 4: interpretazione dei risultati

In accordo con quanto stabilito nella fase di definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione SI RIASSUMONO E SI DISCUTONO I RISULTATI OTTENUTI NELLE FASI PRECEDENTI (LCI E LCIA) al fine di:

- trarre conclusioni
- spiegare le limitazioni
- fornire raccomandazioni



- quali sono le fasi critiche del ciclo di vita?
- esistono parti del sistema da modificare?
- bisogna riprogettare un'intera fase?
- quale tra le diverse alternative è la migliore?

Bontà di uno studio di LCA

The International Journal of Life Cycle Assessment (2024) 29:909–911
<https://doi.org/10.1007/s11367-024-02291-0>

LETTER TO THE EDITOR

Requirements for comparative life cycle assessment studies for single-use and reusable packaging and products: recommendation for decision and policy-makers

Dario Cottařava¹ · Gaia Brussa² · Giulia Cavenago² · Daniele Cespi³ · Lucia Rigamonti² · Alba Bala⁴ · Joana Beigbeder⁵ · Paul Refalo⁶ · Ilija Szadzovski⁴

<https://doi.org/10.1007/s11367-024-02291-0>
[Link](#)

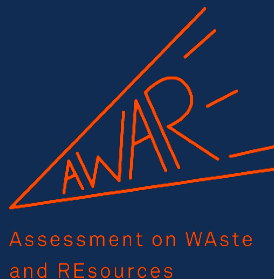


The International Journal of Life Cycle Assessment (2024) 29:909–911				
910				
Name of the study	McDonald's study (Kearney, 2022)	EPPA's study (Ramboll, 2020)	EPPA's study (Ramboll, 2022)	Tomra's study (Eunomia, 2023)
Proposed LCA criteria				
1.a. Peer-review (i.e., reviewed by third parties)				
1.b. Independent (i.e., without conflicts of interest)				
2.a. ISO LCA frameworks compliant				
2.b. Clear goal and scope definition				
2.c. Transparency of inventory data				
3.a. Assessment of the highest possible number of relevant environmental indicators				
3.b. Evaluation of full life-cycle				
4.a. Clear assumptions for reusable packaging (e.g., on breakage rate, return rate, weight and end-of-life)				
4.b. Sensitivity analysis on key parameters and assumptions				
4.c. Scenario analysis on business model configurations for use & end-of-life				
5. Environmental break-even points analysis				
Legend Criteria not fulfilled Criteria partially fulfilled Criteria fulfilled				

Fig. 1 Visual representation of the analysis of four life cycle assessment studies on single-use and reusable systems for dine-in and food take-away sector. The quality of the studies was assessed in light of the criteria and requirements for robust and methodologically sound analyses

Conclusioni

- ✓ LCA: metodologia riconosciuta dagli standard ISO per la valutazione dei potenziali impatti ambientali
- ✓ Applicazione a singolo sistema: per individuare le fasi più critiche e fornire delle indicazioni per ridurre l'impatto ambientale
- ✓ Utilizzo comparativo: confrontare per una stessa funzione diverse opzioni per individuare la migliore dal punto di vista ambientale
- ✓ Tutti i dati e le assunzioni effettuate devono essere ben dichiarati (trasparenza)
- ✓ I dati devono essere di qualità
- ✓ Nel prendere una decisione, lo studio di LCA è uno degli studi da considerare (non il solo)



Prof.ssa Lucia Rigamonti

lucia.rigamonti@polimi.it

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

lcanetwork@polimi.it

<http://linkedin.com/company/polimi-lca-network>

Domande?