

La Valutazione del Ciclo di Vita

Maurizio Fieschi

Università di Torino

—

Corso di formazione per dottorandi

Ciclo di vita del prodotto

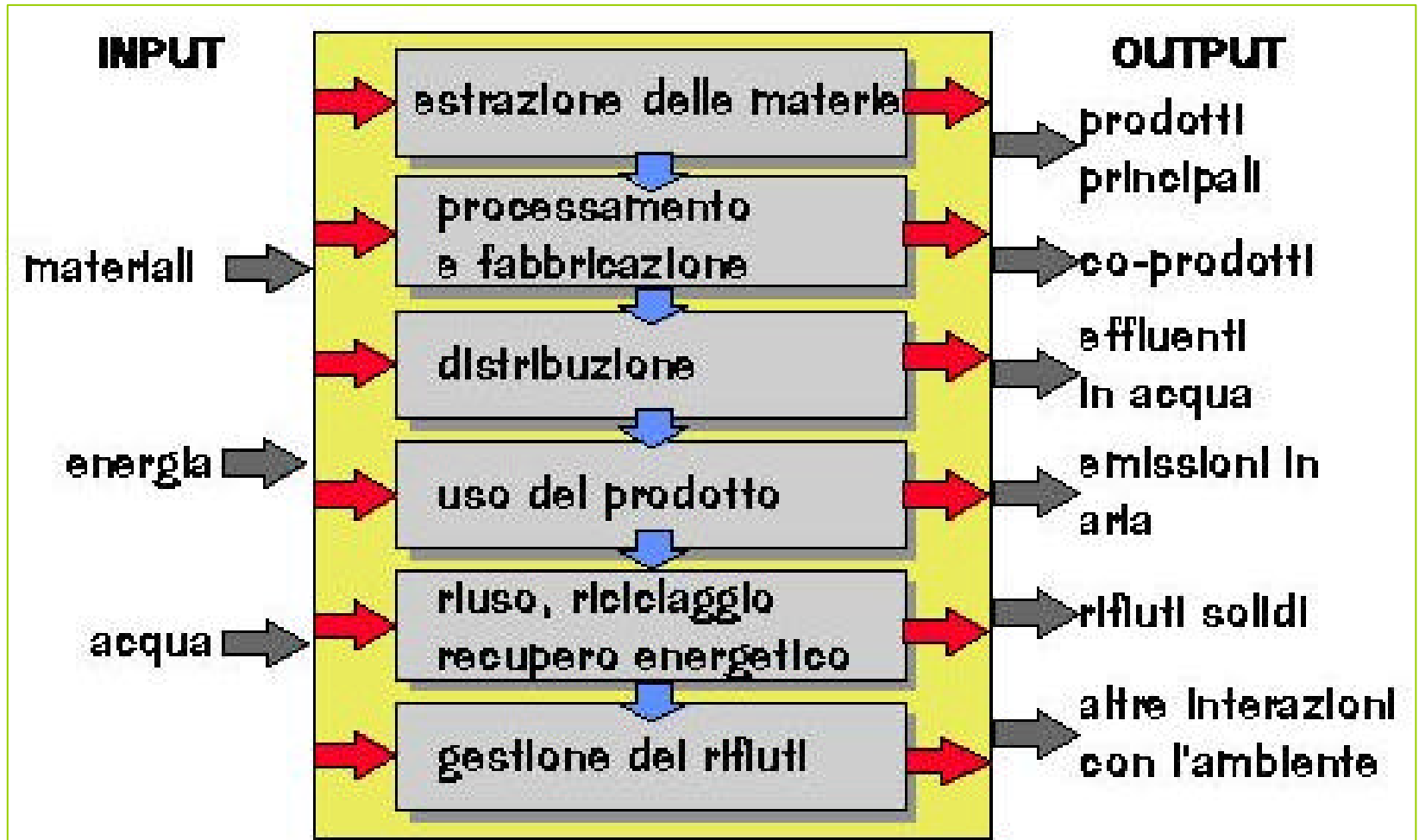
Il prodotto è interpretato in relazione ai flussi di materia, energia ed emissioni delle attività che lo accompagnano durante tutta la sua vita.

Tutta la vita del prodotto è intesa come un insieme di attività e di processi, ognuno dei quali assorbe una certa quantità di materia ed energia, opera una serie di trasformazioni e rilascia **emissioni di varia natura** (es. Rifiuti solidi, emissioni in aria, in acqua, sul suolo).

LCA - Life Cycle Assessment

Una LCA “è un procedimento oggettivo di valutazione dei carichi energetici ed ambientali relativi ad un processo o ad un’attività, effettuato attraverso l’identificazione dell’energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell’ambiente. La valutazione include l’intero ciclo di vita del processo/attività/prodotto, 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”.

CICLO DI VITA DEL PRODOTTO

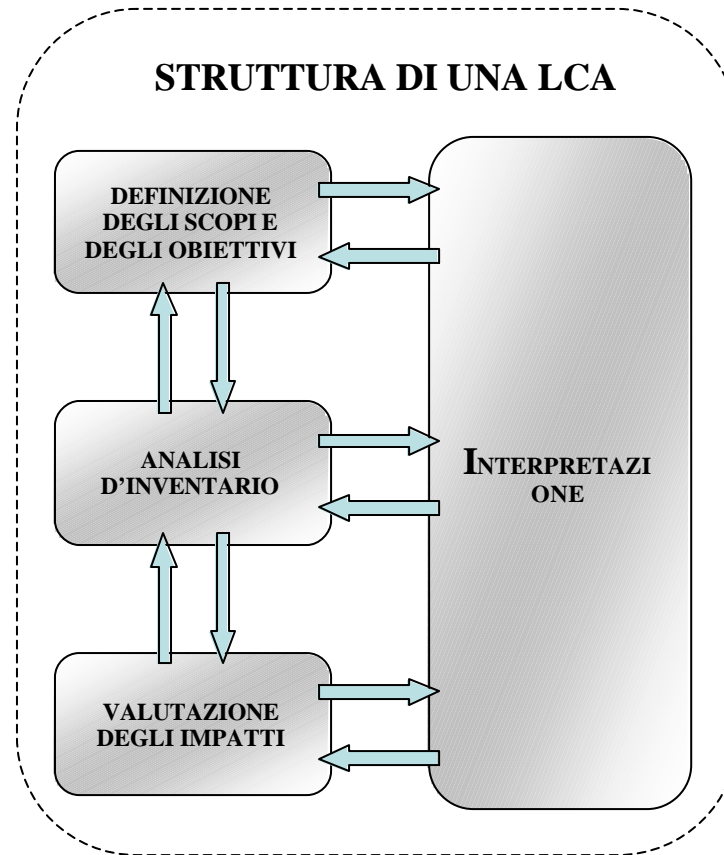


L'importanza del LCA in azienda

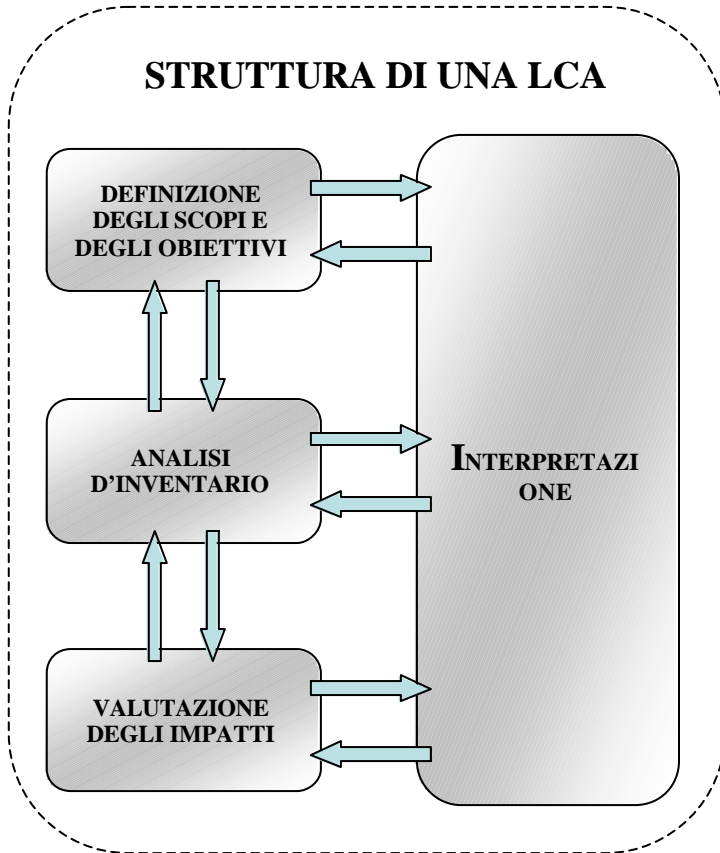
La LCA può risultare utile per le imprese come strumento:

- Per **generare informazioni** dettagliate ed affidabili sulle proprie operazioni, facilitando l'adeguamento dei propri processi a Sistemi di Gestione Ambientale;
- Per **identificare le opportunità di miglioramento**, dal punto di vista ambientale, di un particolare ciclo produttivo di un prodotto, contribuendo anche all'ottimizzazione dell'uso delle risorse;
- Per **supportare decisioni** di pianificazione strategica, progettazione o ri-progettazione di prodotti o di processi;
- Per **commercializzare** un prodotto mediante una **dichiarazione ambientale**, un sistema di etichettatura ambientale, o un'asserzione ambientale auto-dichiarata dallo stesso produttore.

Struttura di riferimento di un LCA



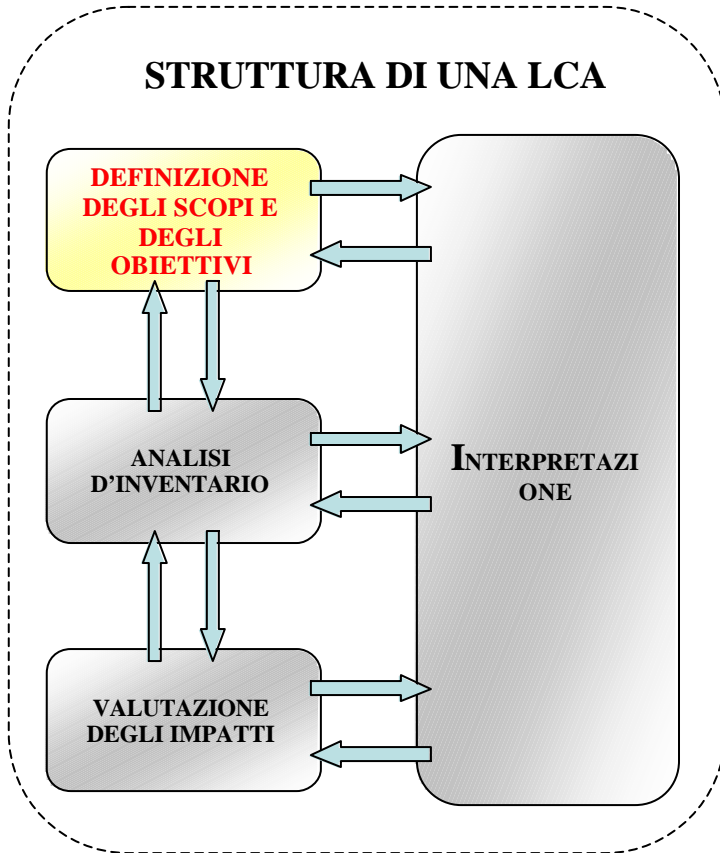
FASI DEL CICLO VITA



FASI DEL CICLO VITA

- Definizione degli scopi e degli obiettivi
- Analisi di inventario
- Valutazione degli impatti
- Interpretazione e miglioramento

DEFINIZIONE SCOPI ED OBIETTIVI

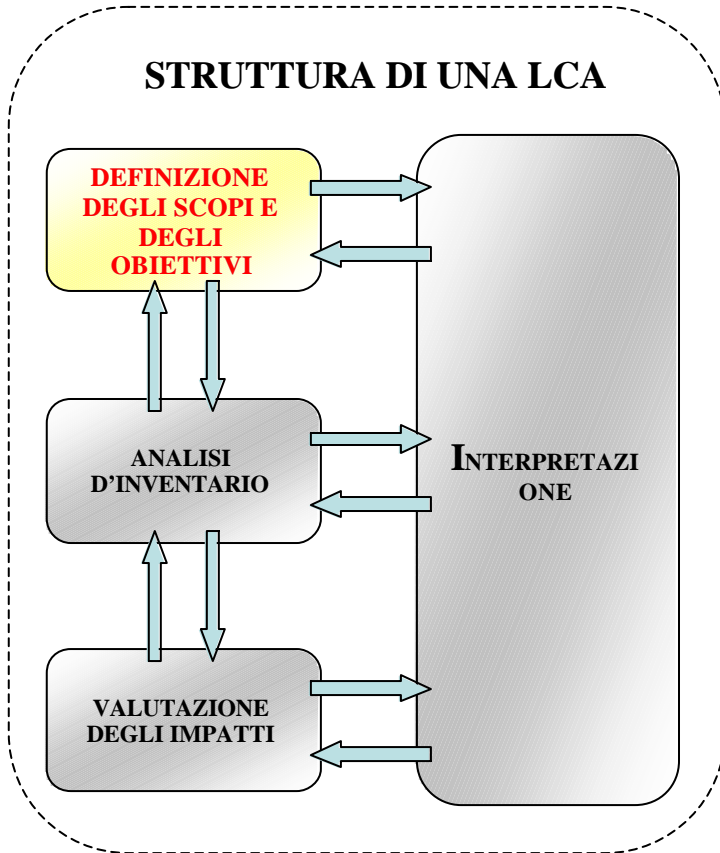


DEFINIZIONE DELL'OBIETTIVO E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE

- 1 Obiettivo dello studio
- 2 Unità funzionale
- 3 Confini del sistema
- 4 Categorie dei dati
- 5 Criteri per l'inclusione di input e output
- 6 Requisiti di qualità dei dati

La definizione degli scopi e degli obiettivi è importante perché definisce la ragione per cui svolgere una LCA (compreso l'uso che si intende fare dei risultati) e perché descrive il sistema e le categorie di dati da studiare.

DEFINIZIONE SCOPI ED OBIETTIVI



UNITA' FUNZIONALE

L'unità funzionale è un parametro arbitrario di standardizzazione usato per descrivere i risultati finali. A tale parametro si riferiscono tutti i dati in entrata ed uscita nonché i risultati della LCA.

Tale parametro può essere sia un prodotto (un'auto) sia un servizio (trasporto di 100 persone per 1000 km)

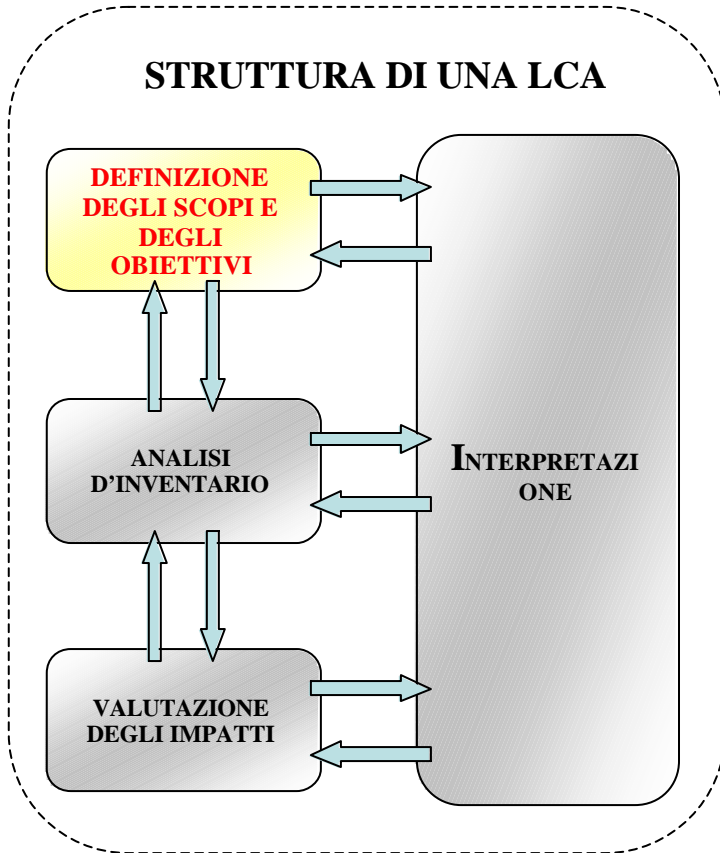
Esempi di possibili unità funzionali

- km percorso
- Litro consumato
- Contenitore consegnato
- Litro consegnato

DEFINIZIONE SCOPI ED OBIETTIVI

UNITA' FUNZIONALE

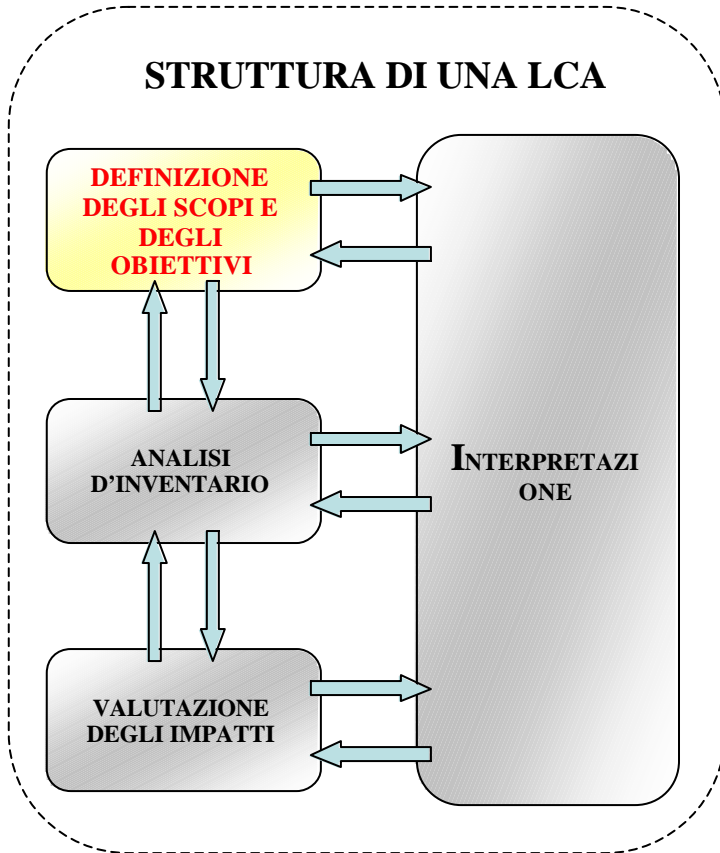
EXAMPLE In the function of drying hands, both a paper towel and an air-dryer system are studied. The selected functional unit may be expressed in terms of the identical number of pairs of hands dried for both systems. For each system, it is possible to determine the reference flow, e.g. the average mass of paper or the average volume of hot air required for one pair of hand-dry, respectively. For both systems, it is possible to compile an inventory of inputs and outputs on the basis of the reference flows. At its simplest level, in the case of paper towel, this would be related to the paper consumed. In case of the air-dryer, this would be related to the mass of hot air needed to dry the hands.



DEFINIZIONE SCOPI ED OBIETTIVI

Confini del sistema

- inputs and outputs in the main manufacturing /processing sequence;
- distribution/transportation;
- production and use of fuels, electricity and heat;
- use and maintenance of products;
- disposal of process wastes and products;
- recovery of used products (including reuse, recycling and energy recovery);
- manufacture of ancillary materials;
- manufacture, maintenance and decommissioning of capital equipment;
- additional operations, such as lighting and heating;
- other considerations related to impact assessment (if any) e.g. impact categories and category indicators, temporal and spatial extension, and position of category indicators in the cause-effect chain.



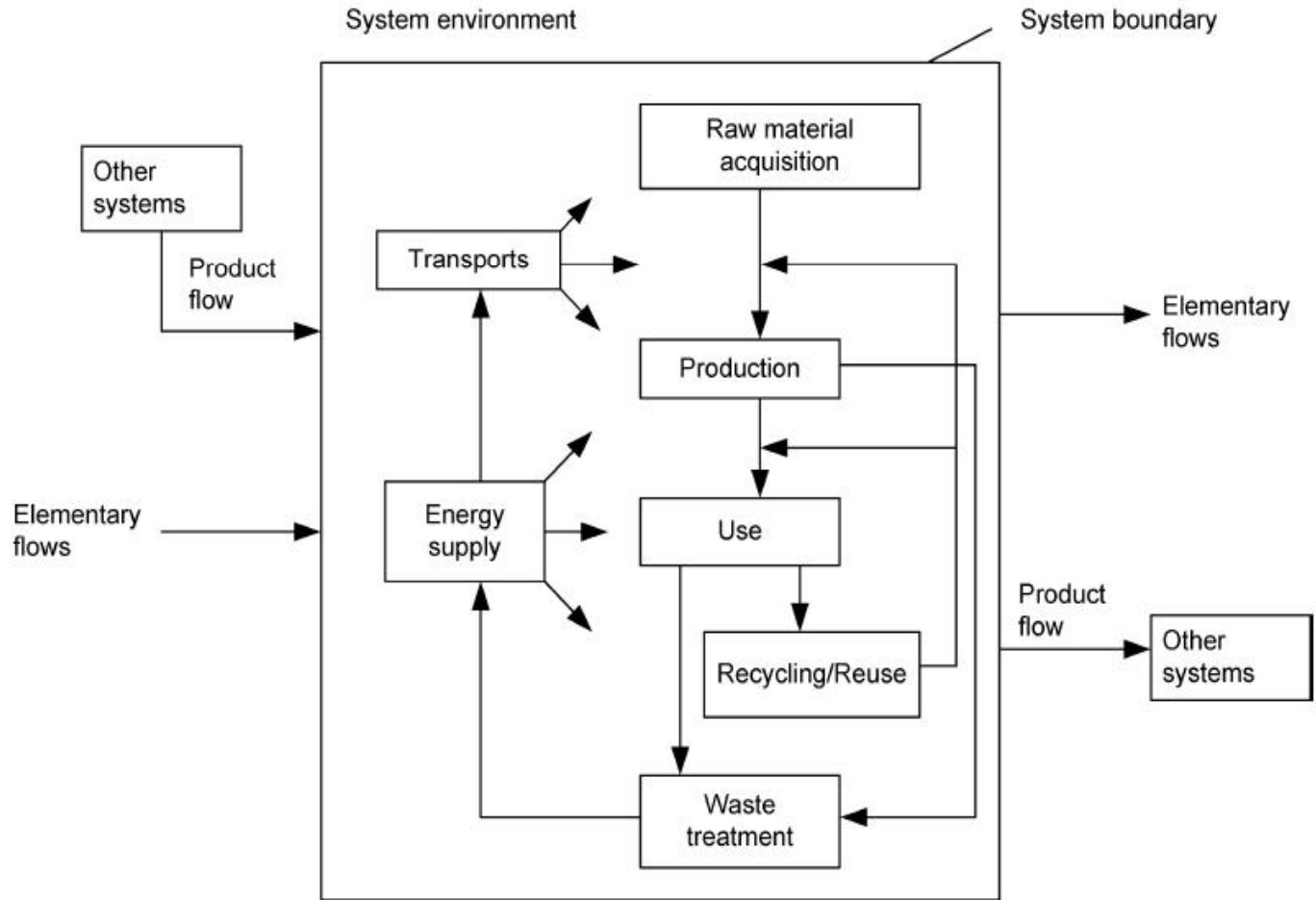


Figure 2 – An example of a product system for LCA

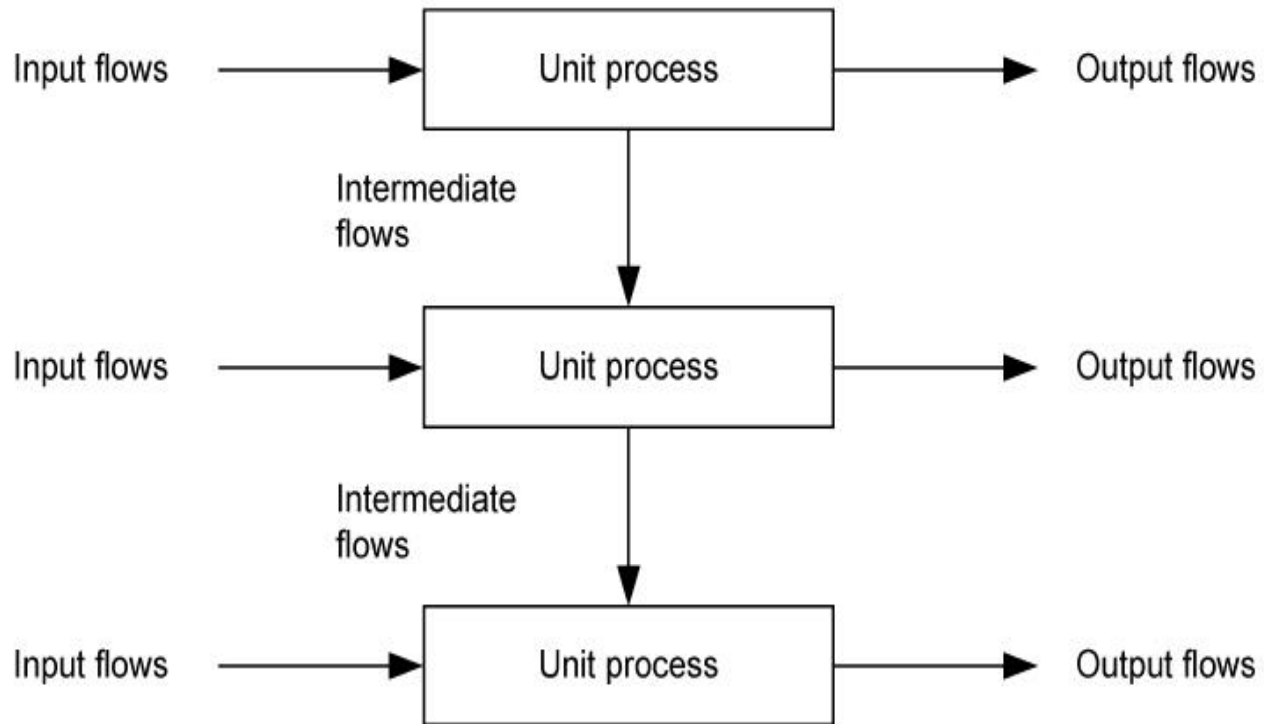
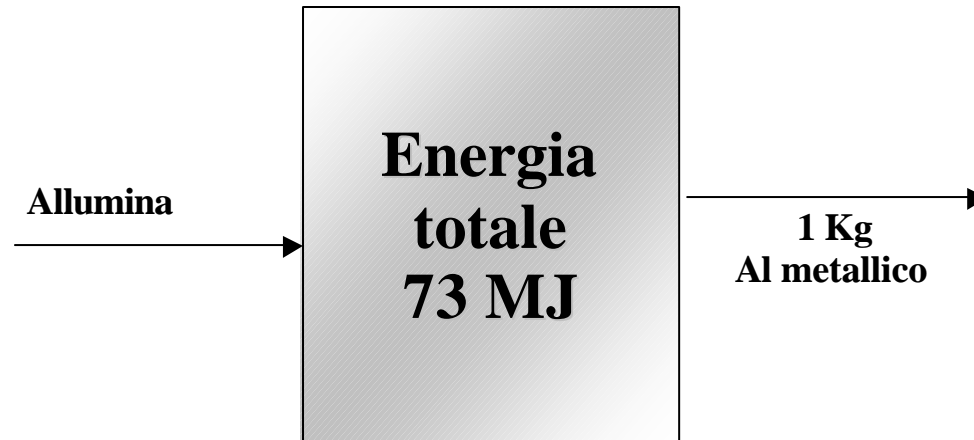
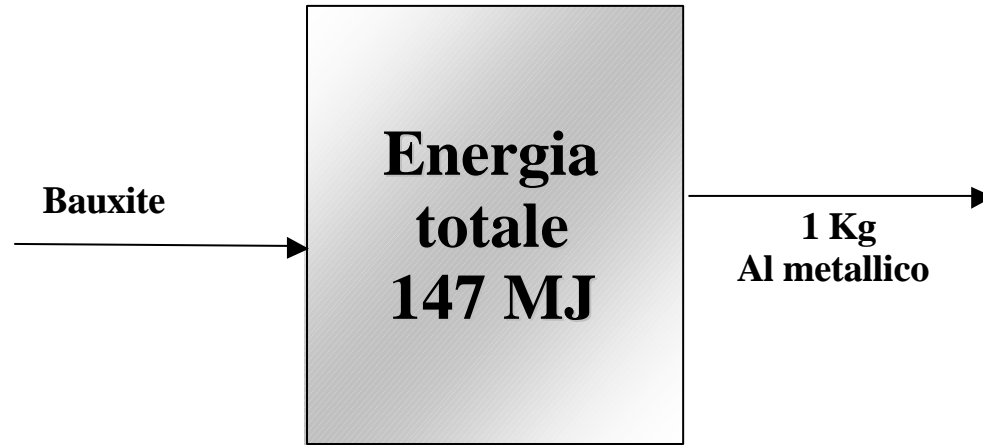
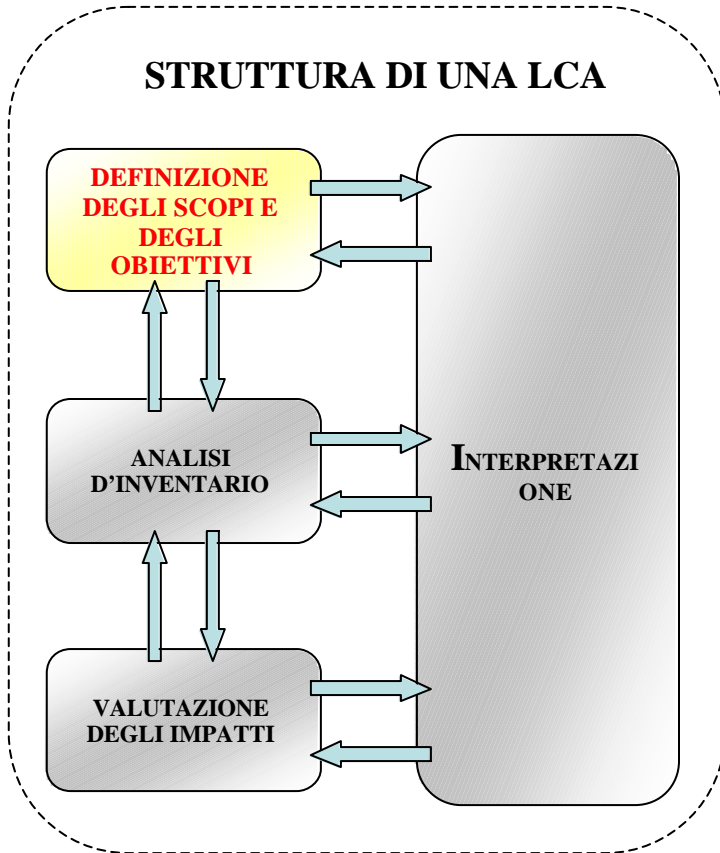


Figure 3 – An example of a set of unit processes within a product system e.g. for "Production"

DEFINIZIONE SCOPI ED OBIETTIVI



DEFINIZIONE SCOPI ED OBIETTIVI



REQUISITI DI QUALITA' DEI DATI

L'accuratezza dei risultati dipende in modo cruciale dall'accuratezza dei dati forniti dalle singole aziende:

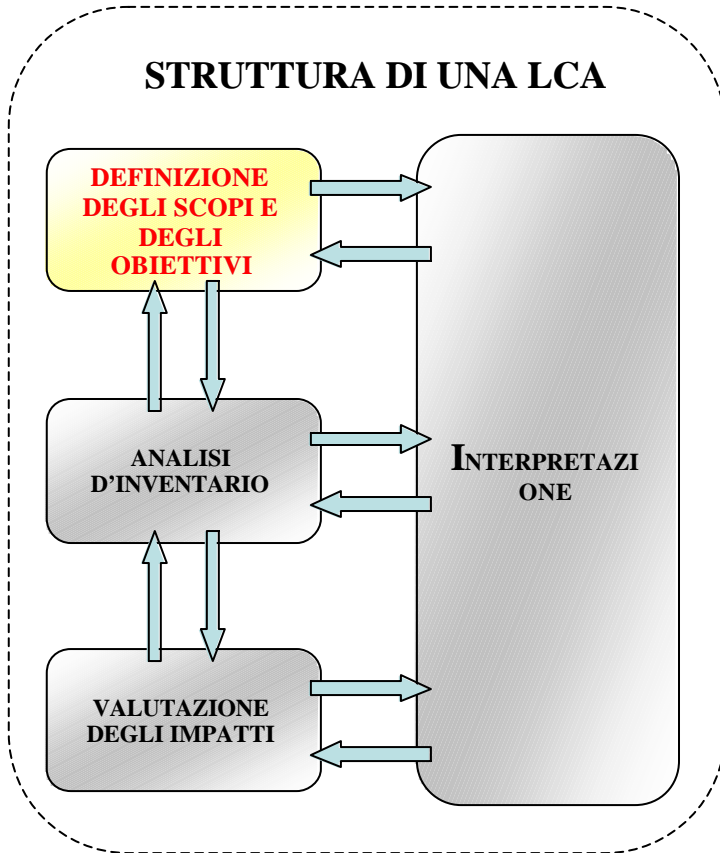
Dati primari

- Dati derivanti direttamente dal sito dove il processo produttivo specifico ha luogo.

Dati secondari:

- Informazioni derivanti da banche dati o altre fonti

REQUISITI DI QUALITA' DEI DATI



time-related coverage; age of data and the minimum length

time over which data should be collected;

geographical coverage; geographical area from which data

unit processes should be collected to satisfy the goal of the study;

technology coverage; specific technology or technology mix

precision: measure of the variability of the data values for each data expressed (e.g. variance);

completeness: percentage of flow that is measured or estimated;

representativeness: qualitative assessment of the degree to which the data set reflects the true population of interest (i.e. geographical coverage, time period and technology coverage);

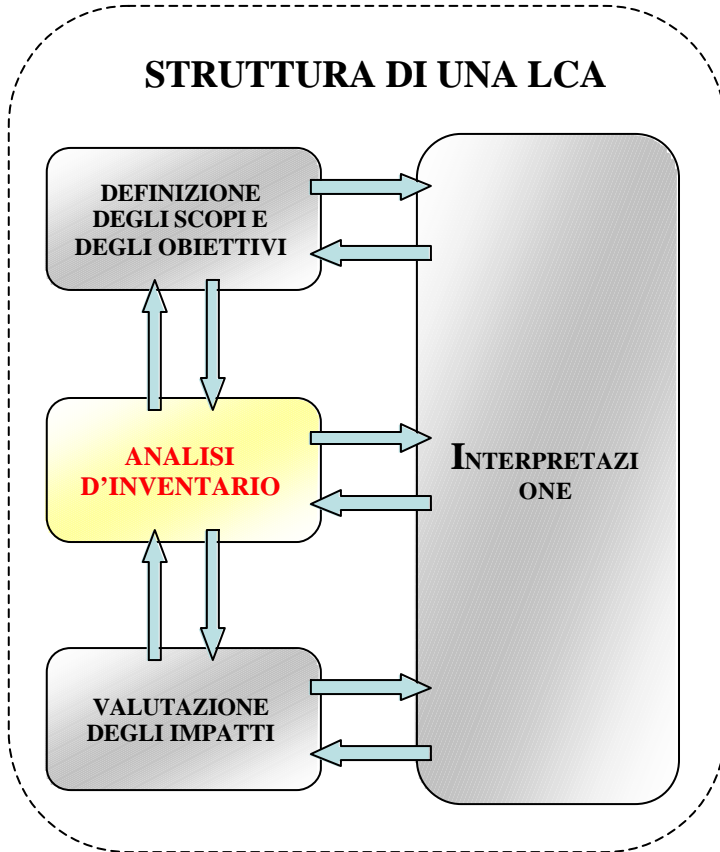
consistency: qualitative assessment of how uniformly the study methodology is applied to the various components of the analysis;

reproducibility: qualitative assessment of the extent to which information about the methodology and data values allows an independent practitioner to reproduce the results reported in the study;

sources of the data;

uncertainty of the information, e.g. data, models, and assumptions.

ANALISI DI INVENTARIO



ANALISI DI INVENTARIO

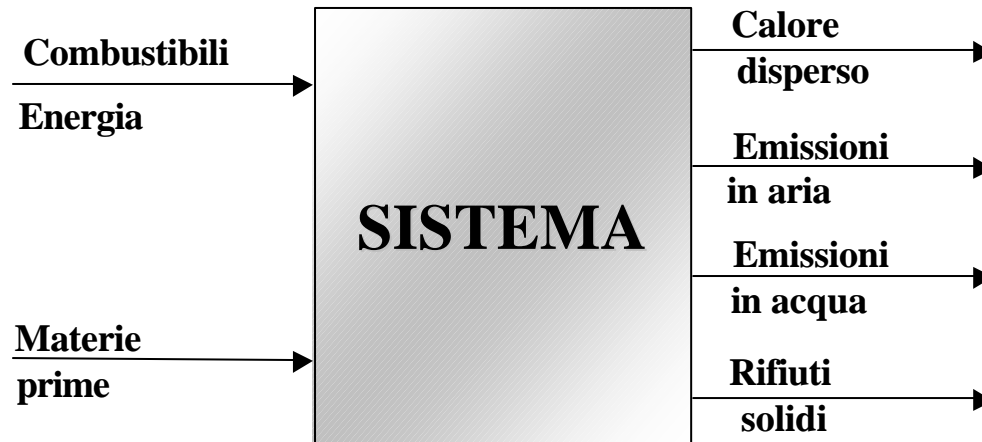
- 4.1 Diagramma di flusso
- 4.2 Raccolta dei dati
- 4.3 Procedure di allocazione

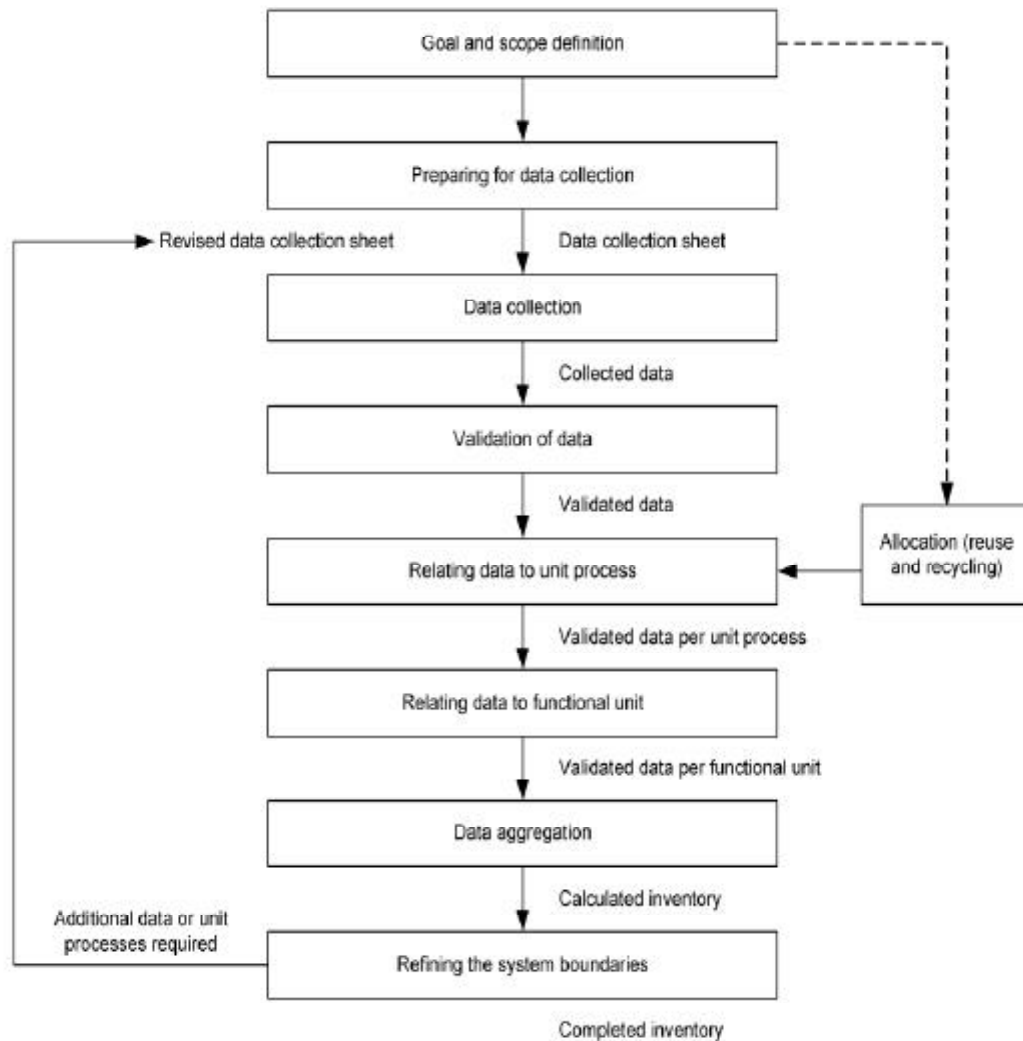
L'analisi di inventario è quella fase della LCA che prevede, per un sistema-prodotto, la raccolta e la quantificazione degli ingressi e delle uscite nonché la loro organizzazione in un modello analogico lungo l'intero ciclo di vita.

ANALISI DI INVENTARIO

INPUT

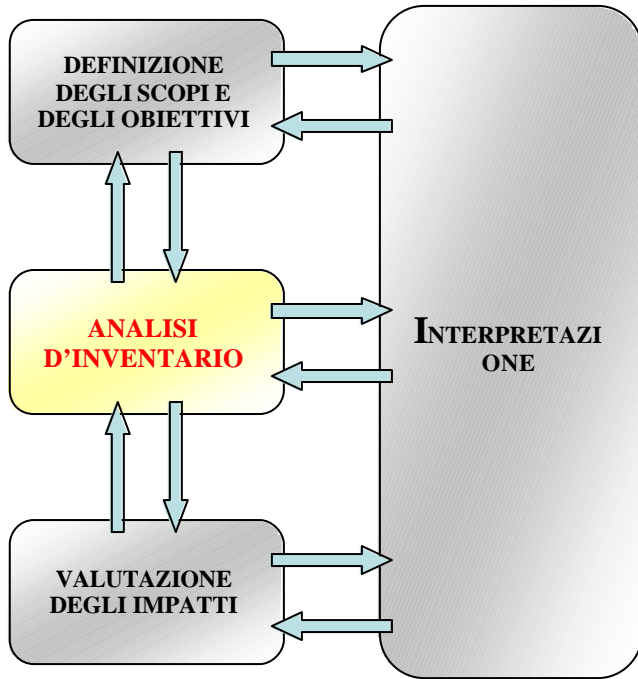
OUTPUT





ANALISI DI INVENTARIO

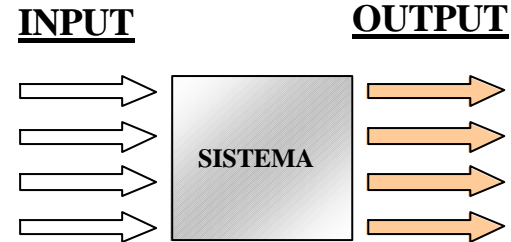
STRUTTURA DI UNA LCA



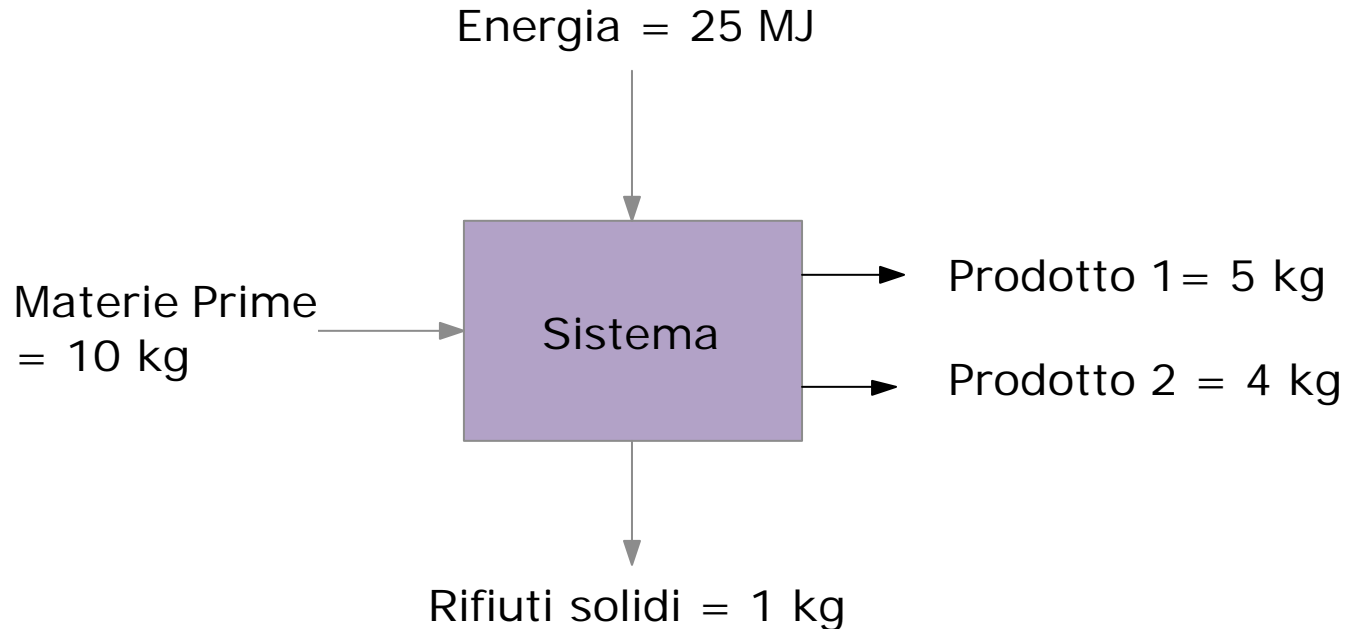
4.3 Procedure di allocazione

L'allocazione è una metodologia di calcolo che permette una “ripartizione nel sistema di prodotto allo studio dei flussi in entrata e in uscita di una unità di processo”.

Tale metodologia si rende necessaria quando il processo in esame prevede la produzione di co-prodotti, al fine di imputare il giusto carico ambientale al prodotto in esame.



Allocazione in massa: esempio numerico



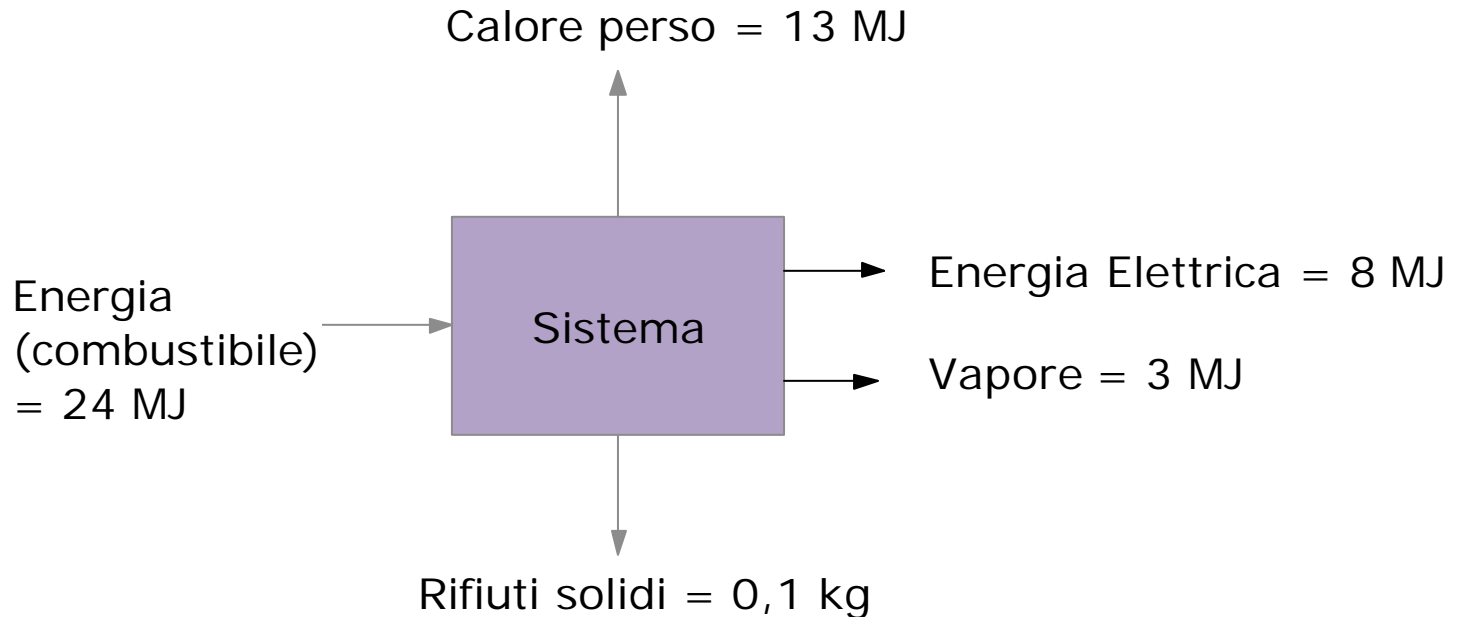
Totale output utile (vendibile) = $(5+4) = 9$ kg

Materie prime/kg output = $10/9 = 1,111$ kg/kg output

Energia/kg output = $25/9 = 2,778$ MJ/kg output

Rifiuti solidi/kg output = $1/9 = 0,111$ kg/kg output

Allocazione su base energetica: esempio numerico



Totale output utile (vendibile) = $(8+3) = 11$ MJ

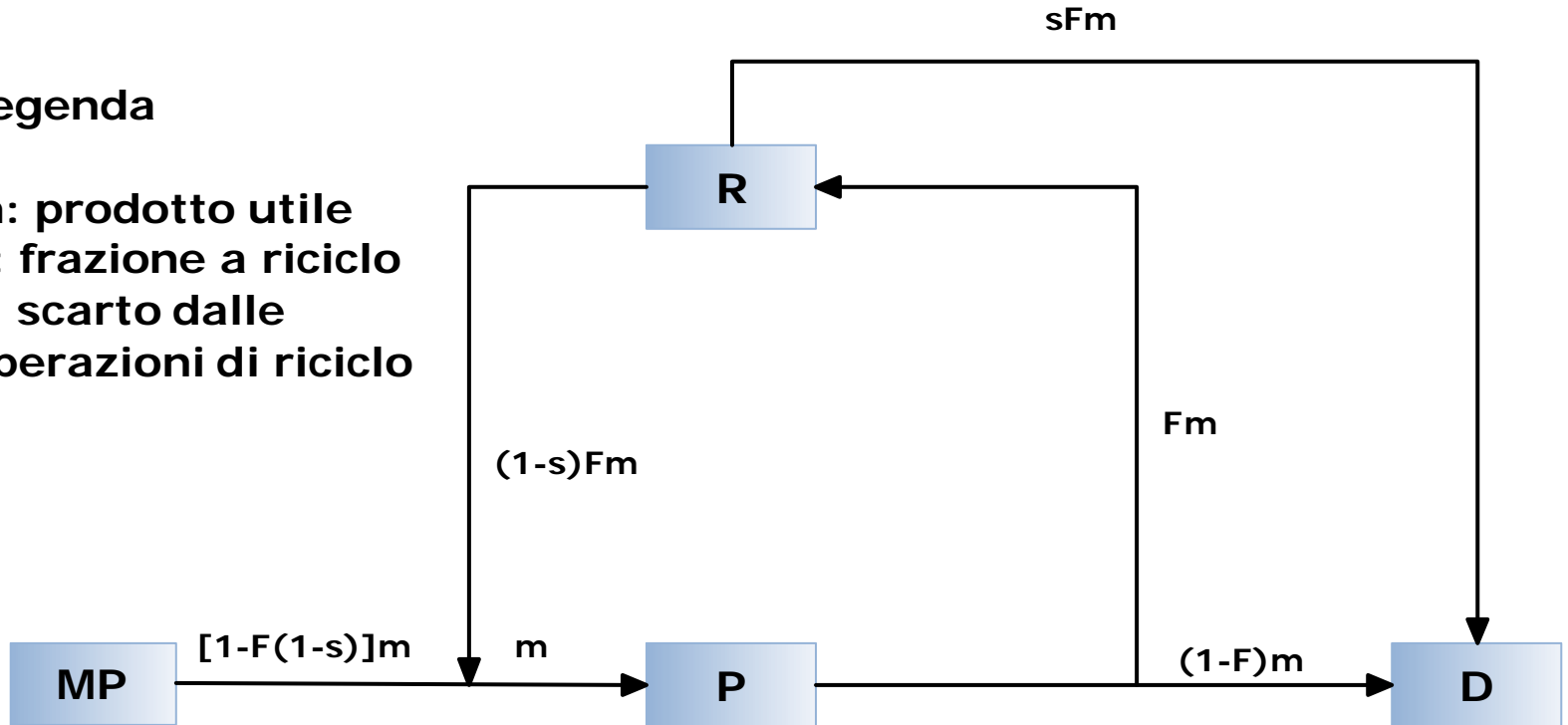
Input di energia per MJ di output = $24/11 = 2,182$

Rifiuti solidi/MJ output = $0,1/11 = 0,009$ kg/MJ output

Riciclo chiuso

Legenda

m: prodotto utile
F: frazione a riciclo
s: scarto dalle operazioni di riciclo



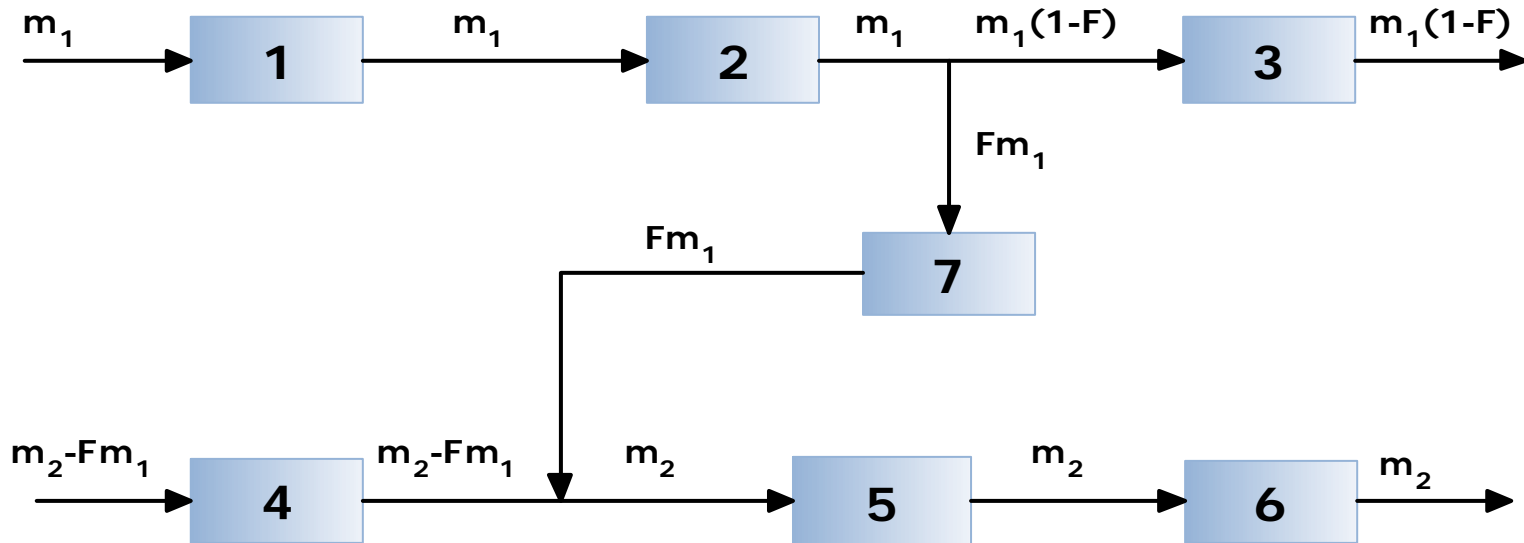
MP: approvvigionamento materie prime

P: produzione ed uso di contenitori di vetro

D: smaltimento finale

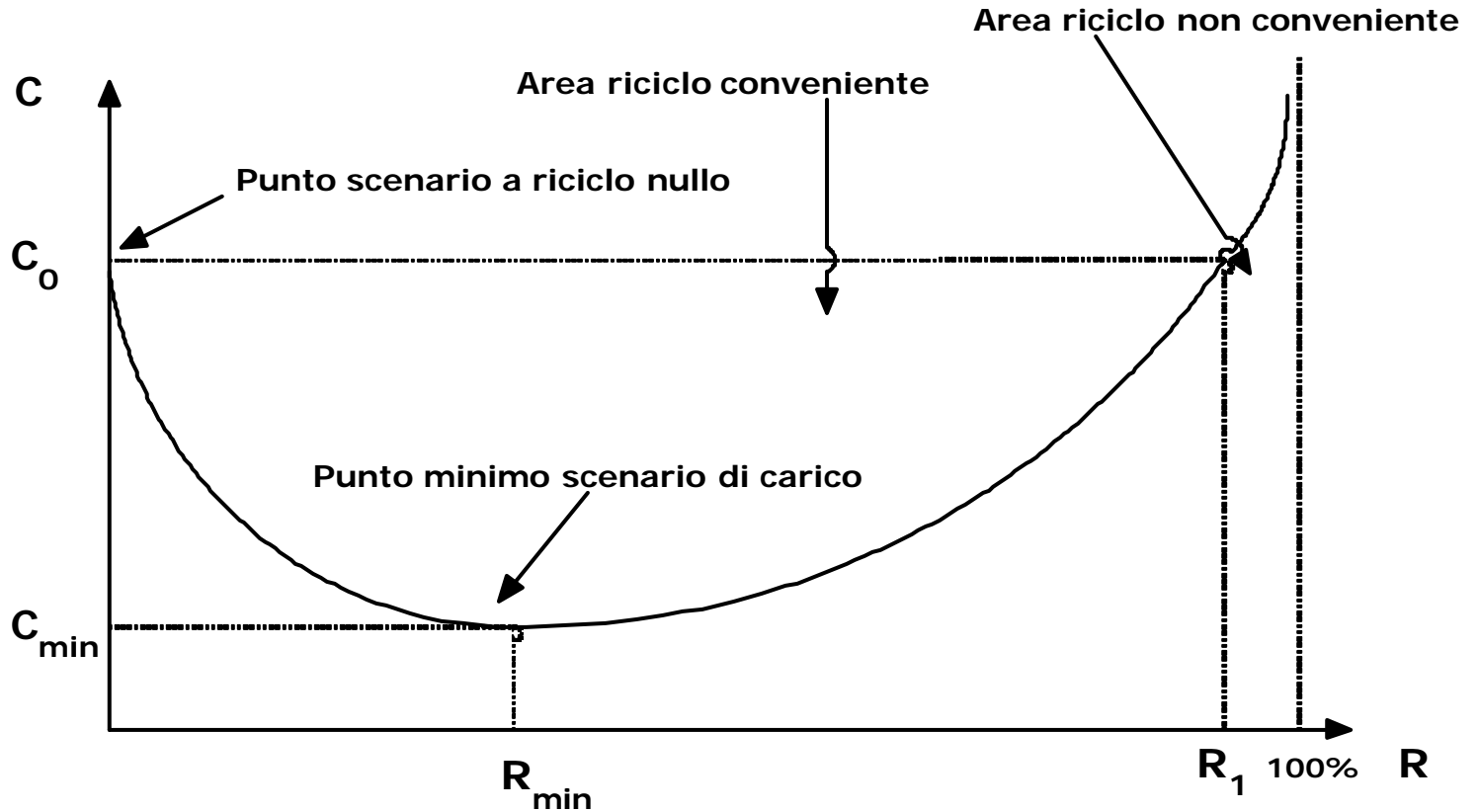
R: raccolta e trattamento dei contenitori a fine vita

Riciclo aperto



In un riciclo aperto il materiale recuperato viene riutilizzato in un sistema diverso da quello che lo ha generato

**Andamento del carico ambientale (C)
con la frazione (R) recuperata con il riciclo**

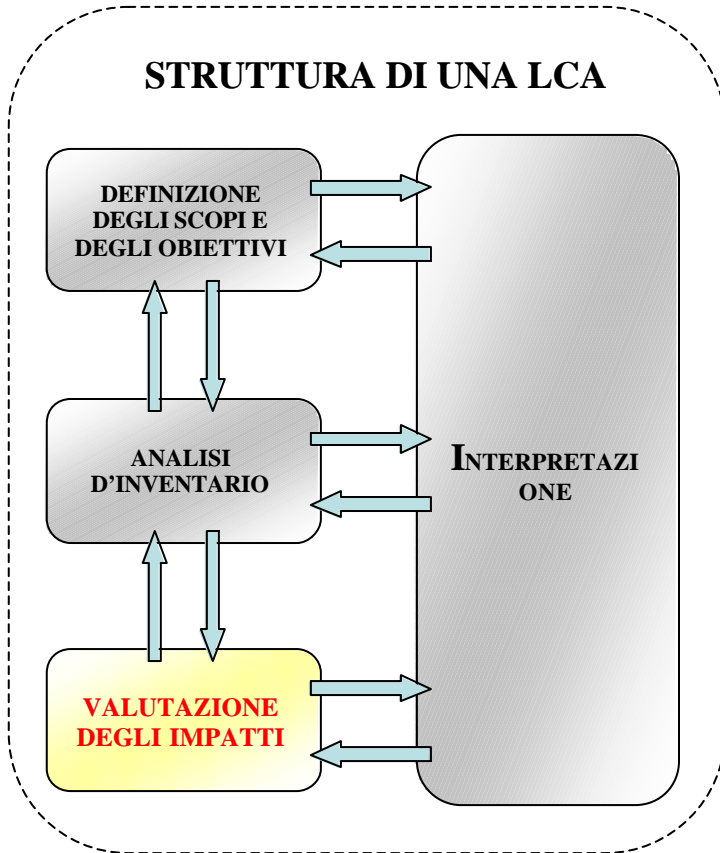


Fonte: Baldo e al. Analisi del ciclo di vita LCA, Edizioni Ambiente

ESEMPIO DI ANALISI D'INVENTARIO (Pneumatico)

Inputs				
Raw materials (kg):	Carbon black/rayon	Silica/rayon	Carbon black/polyester	Silica/polyester
Process water	194.81	195.70	94.77	92.12
Cooling water	434.25	455.44	434.25	455.44
Hard coal	2.16	2.24	2.16	2.24
Lignite	3.46	3.48	3.46	3.48
Natural gas	5.41	5.73	5.36	5.69
Petroleum	205.52	185.43	206.02	185.04
Sulfur	0.20	1.01	0.04	0.84
Dead heap	28.06	26.32	28.06	26.32
Latex	2.57	2.51	2.57	2.51
Iron ore	1.17	1.00	1.17	1.00
Air	2099.37	1904.57	2100.50	1905.85
Outputs				
Products:	Carbon black/rayon	Silica/rayon	Carbon black/polyester	Silica/polyester
Mileage (km)	50,000	50,000	50,000	50,000
Worn tire (kg)	5.47	5.68	5.47	5.47
Atmospheric emissions (kg):	Carbon black/rayon	Silica/rayon	Carbon black/polyester	Silica/polyester
Water vapor	7.83	7.83	7.83	7.83
Polluted air	1464.50	1329.60	1465.58	1330.09
Dust	1.02	0.95	1.02	0.95
SO ₂	0.25	0.23	0.25	0.24
CO	6.81	6.14	6.81	6.14
CO ₂	576.74	622.01	576.66	623.99
NO _x	0.24	0.22	0.24	0.23
N ₂ O	0.057	0.052	0.057	0.052
Methane	0.32	0.29	0.32	0.29
NM VOC	0.35	0.33	0.34	0.32
Water pollution (kg):	Carbon black/rayon	Silica/rayon	Carbon black/polyester	Silica/polyester
Waste water	270.31	310.13	174.29	210.71
Waste water - cooling water	422.83	436.14	422.83	436.14
BOD	0.0060	0.0078	0.0062	0.0060
COD	0.02	0.02	0.01	0.01
Sulfate ions	0.48	2.07	0.054	1.63
Sodium ions	0.29	0.77	0.20	0.68
Chloride ions	1.13	1.17	0.94	0.97
Calcium ions	0.000018	0.27	0.000018	0.27
Waste (kg):	Carbon black/rayon	Silica/rayon	Carbon black/polyester	Silica/polyester
Overburden	57.06	53.96	57.08	53.57
Ore dressing residue	2.18	2.21	2.18	2.21
Waste, solid and liquid	1.33	1.49	0.97	1.11
Rubber waste	0.19	0.19	0.19	0.19
Waste particularly subject to monitoring	0.055	0.067	0.056	0.067
Household waste	0.80	0.80	0.80	0.80
Slurry	0.081	0.084	0	0
Ash and slags	0.047	0	0.048	0
Environmental potential:	Carbon black/rayon	Silica/rayon	Carbon black/polyester	Silica/polyester
Cumulative energy input (MJ)	7851.12	7117.16	7863.48	7113.67
Global warming effect (kg CO ₂ equiv.)	623.25	584.15	625.17	588.14
Acidification (kg SO ₂ equiv.)	0.63	0.59	0.62	0.57
Nutrication (kg PO ₄ equiv.)	0.067	0.062	0.067	0.062

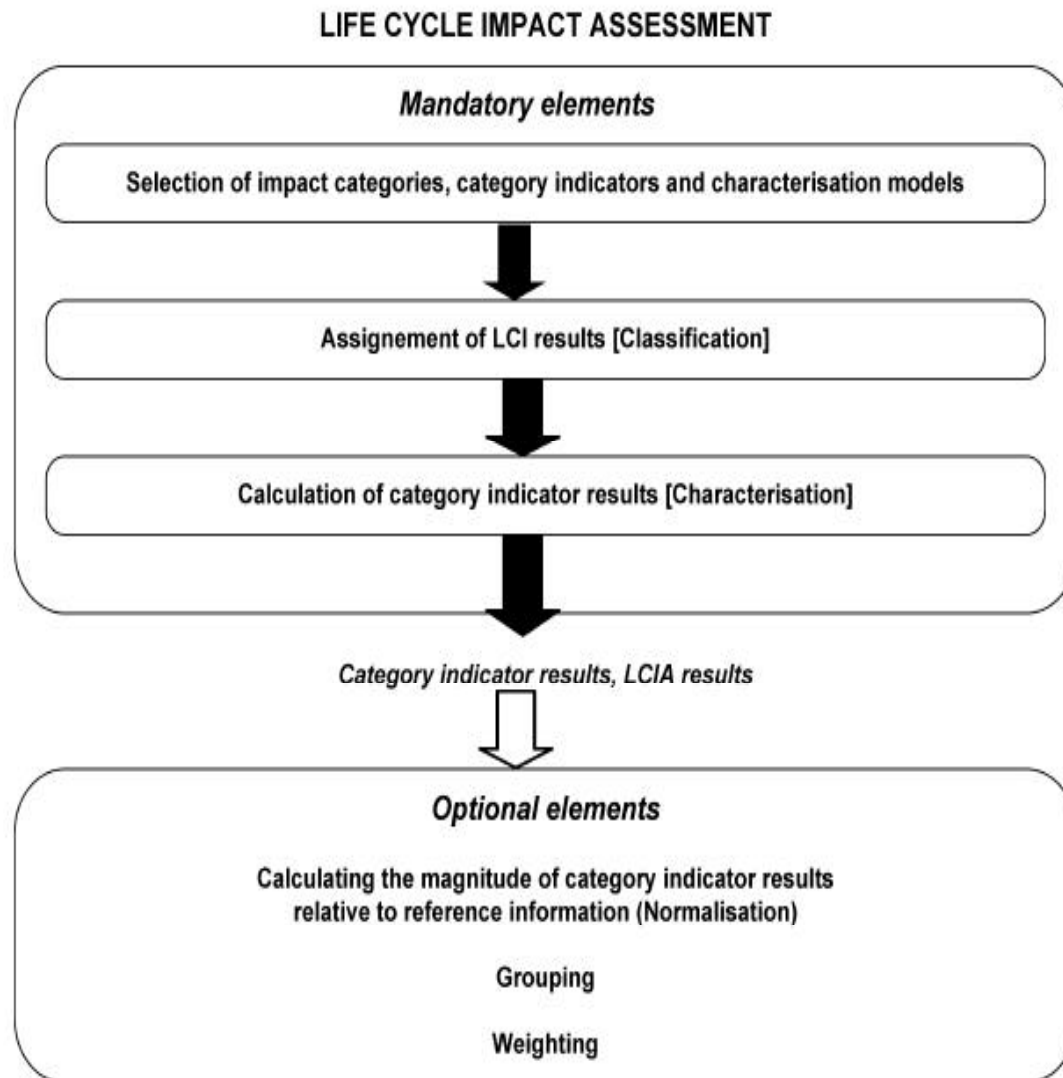
VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI



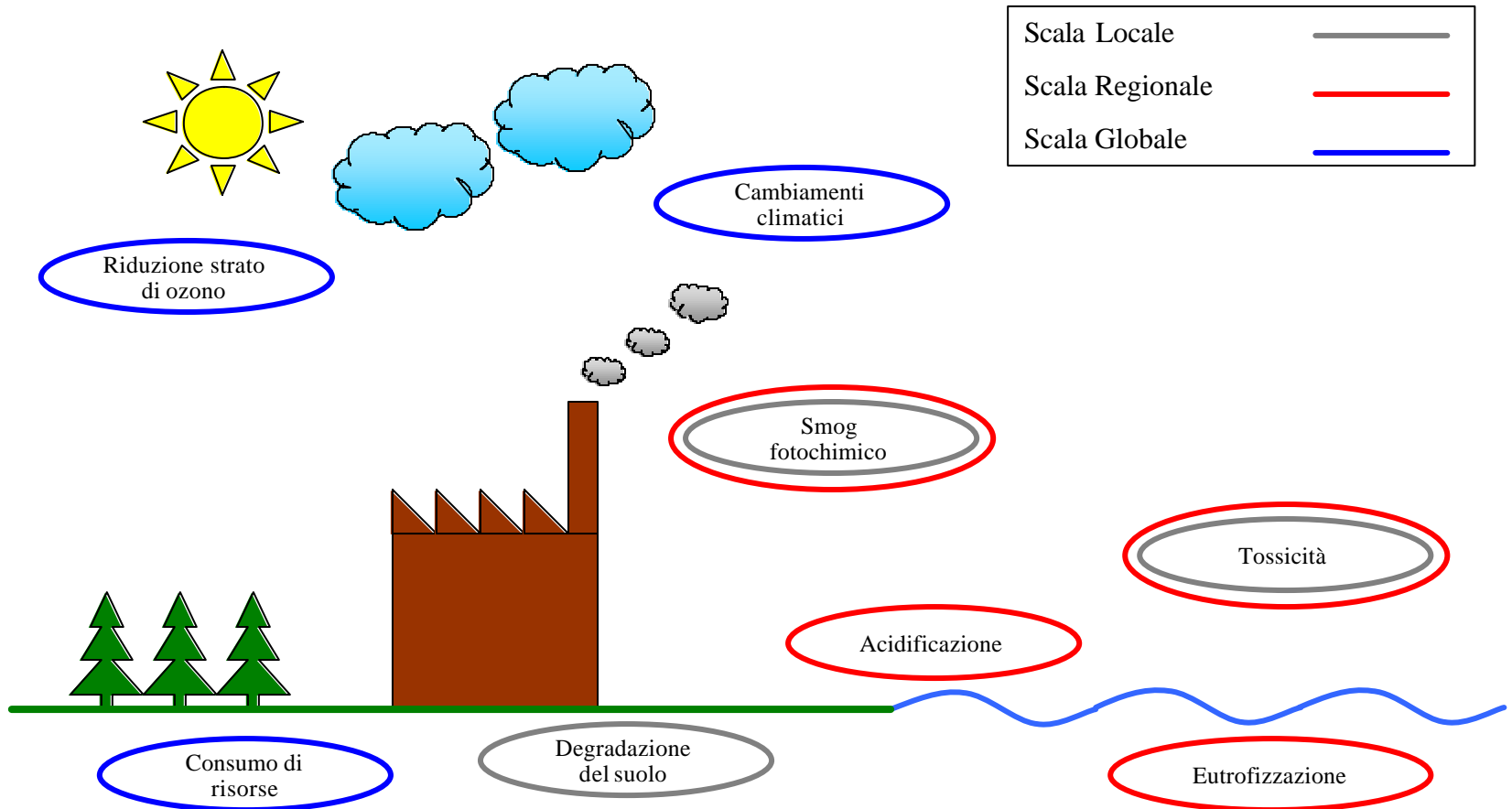
VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

- 5.1 Classificazione
- 5.2 Caratterizzazione
- 5.3 Normalizzazione
- 5.4 Valutazione

Il fine di tale fase consiste nel valutare i risultati dell'Inventario allo scopo di comprendere gli effetti ambientali, definiti come **categorie d'impatto**, associati al sistema. Per ogni categoria di impatto vengono definiti degli **indicatori di categoria** al fine di interpretare quantitativamente i risultati dell'Inventario.



CICLO DI VITA DEL PRODOTTO: Categorie di impatto: scala di azione



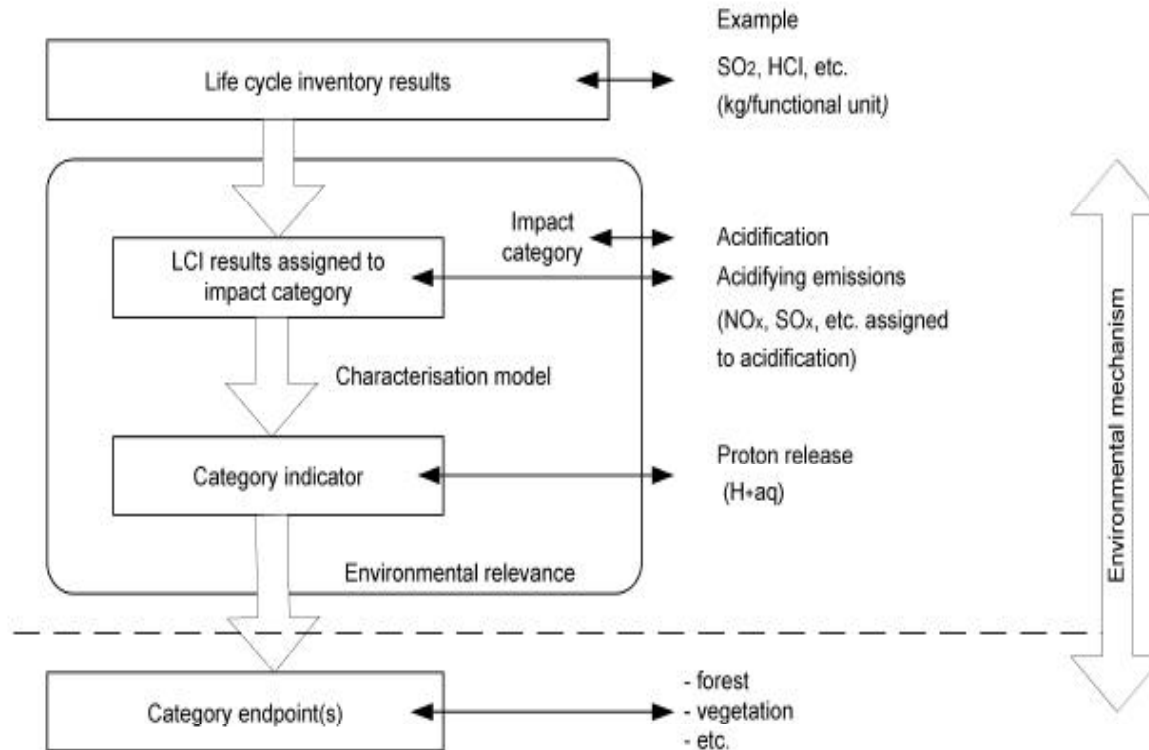
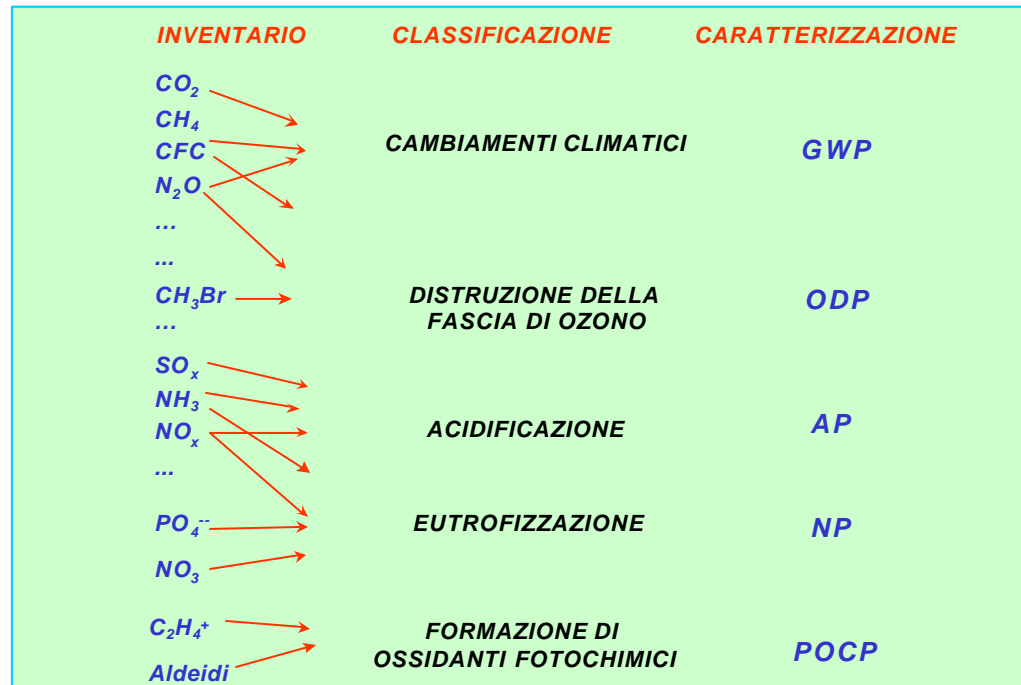


Figure 3 — Concept of category indicators

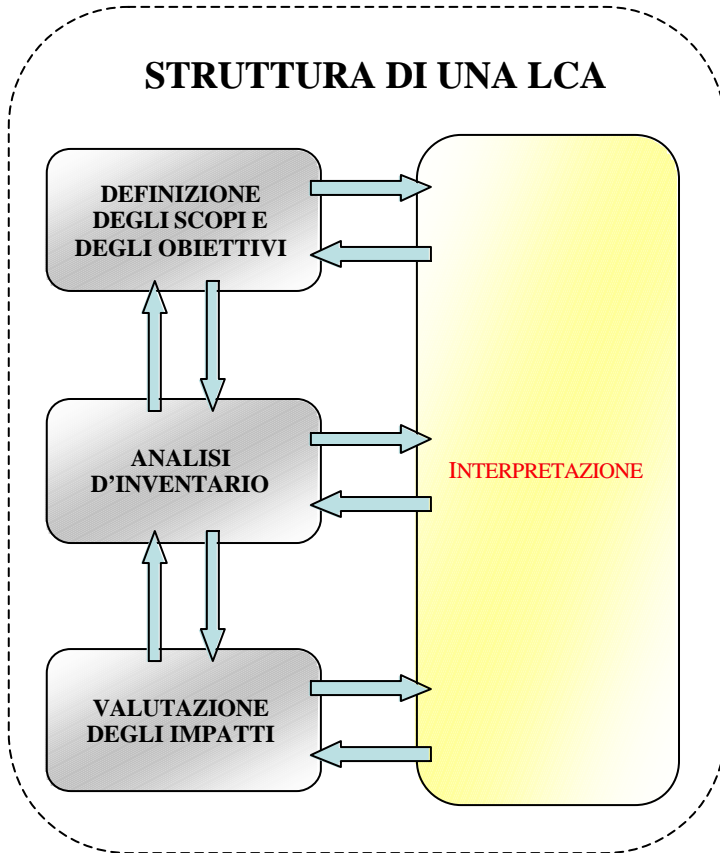
VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

INDICATORI DI CATEGORIA

- CO₂ equivalente - Effetto serra (GWP₁₀₀)
- CFC-11 equivalente - Assottigliamento strato ozono (ODP₂₀)
- H⁺ equivalente - Acidificazione (AP)
- C₂H₄ equivalente - Fotosmog (POCP)
- O₂ equivalente - Eutrofizzazione



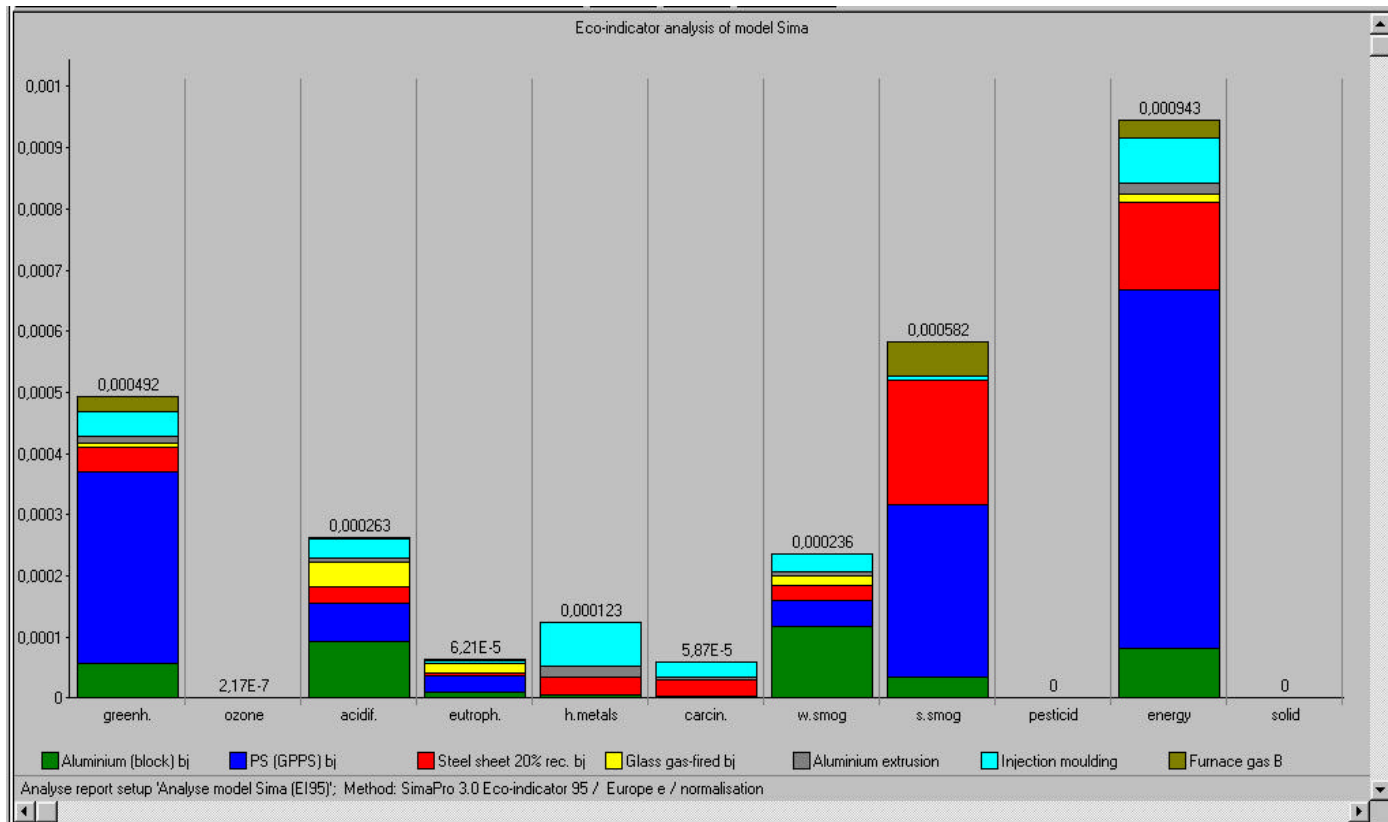
INTERPRETAZIONE E MIGLIORAMENTO



INTERPRETAZIONE E MIGLIORAMENTO

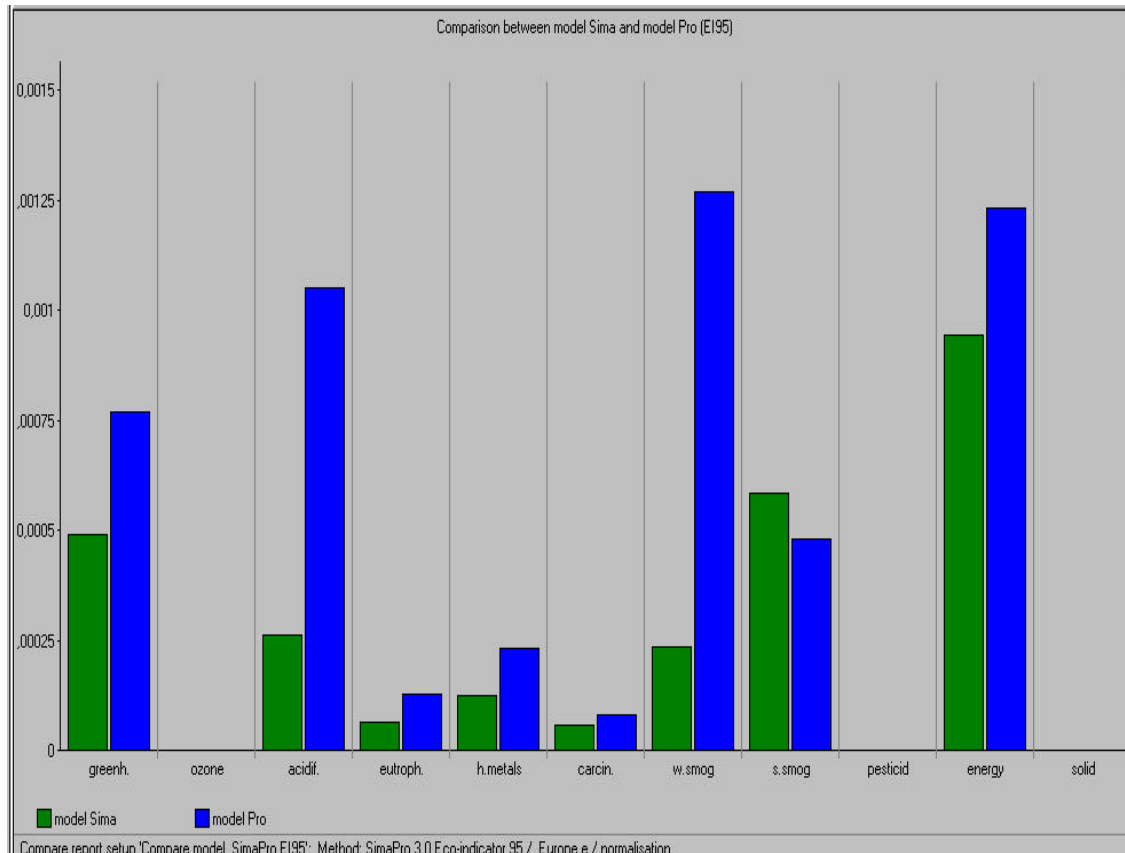
In tale fase i risultati dell'Inventario e della Valutazione di impatto vengono combinati in modo conforme alla definizione degli scopi ed obiettivi così da ottenere conclusioni e consigli.

INTERPRETAZIONE E MIGLIORAMENTO



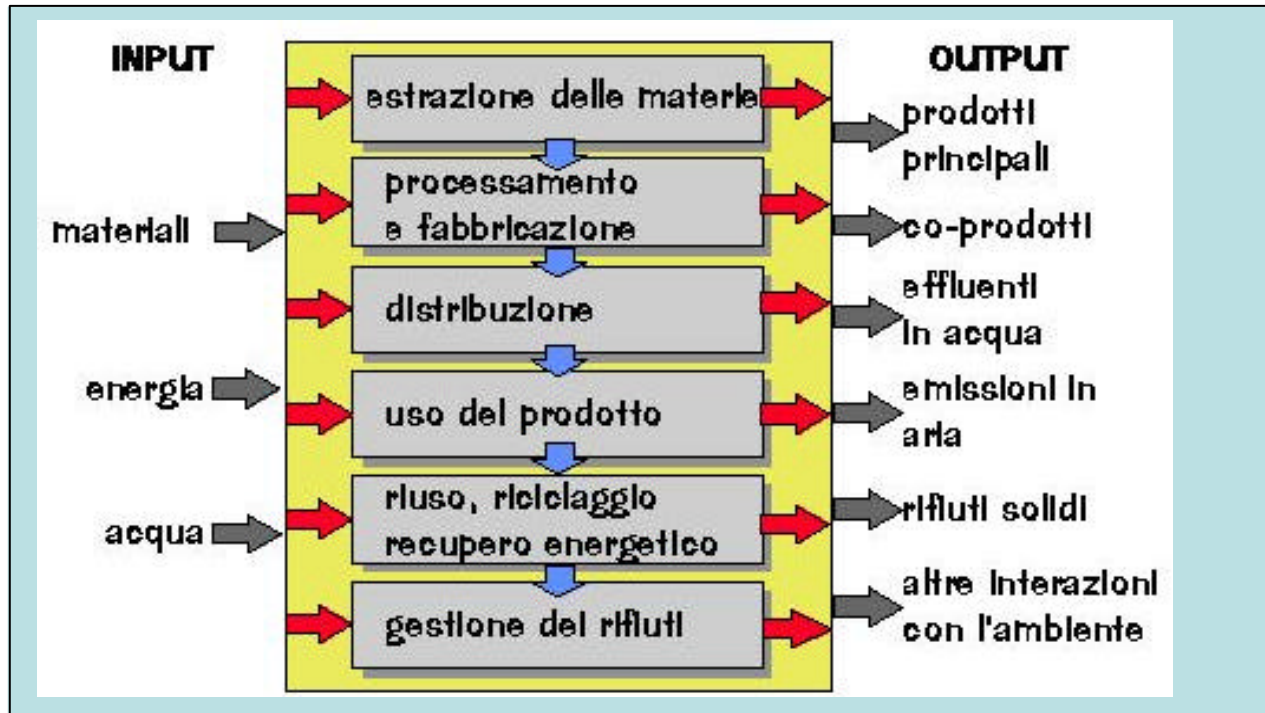
ANALISI DEL PRODOTTO

INTERPRETAZIONE E MIGLIORAMENTO



CONFRONTO TRA PROCESSI

ASSERZIONI DI TIPO III



1. LCA

2. Dichiarazione informazioni significative

Assezzioni ambientali di tipo III: Dichiarazione ambientale

E' una dichiarazione consistente in una scheda di prodotto dei potenziali impatti ambientali associati al ciclo di vita del prodotto es. Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD).

Esempio di EPD

Frigo-congelatore

Electrolux

Pag.1

DICHIARAZIONE AMBIENTALE DI PRODOTTO PER ER9096B(A/G/E)

Descrizione del prodotto

Il frigo-congelatore ER9096B(A/GE) è un prodotto ad alta efficienza energetica con un consumo giornaliero di 1 kWh/giorno

Il frigorifero è dotato internamente di ripiani in vetro e di un ripiano per le bottiglie. Inoltre è fornito di cassetti per frutta e vegetali e mensole controporta in plastica trasparente. La sezione freezer contiene quattro cassetti trasparenti.

La dotazione del frigo-congelatore include un display per la temperatura, un allarme sonoro e luminoso, un sistema di sbrinamento automatico per il vano frigorifero ed una funzione per il congelamento rapido.

Modello	ER9096B(A/G/E)
Volume (frigo/congelatore) ¹	290+82 litri
Larghezza	595 mm
Altezza	1950 mm
Profondità	600 mm
Classe energetica ²	A
Consumo energetico ³	365 kWh/anno 1 kWh/giorno
Silenziosità ⁴	40 dB(A)
Fluido refrigerante	Isobutano R600a
Agente di espansione	Ciclopentano

Dichiarazione dei materiali

Il frigo-congelatore pesa 94 kg e consiste dei seguenti materiali:

Materiali	
Metalli	
• Acciaio	48.4%
• Rame	0.9%
• Zinco	1.6%
• Alluminio	1.7%
Plastiche	
• Poliuretano	8.2%
• Altre plastiche	24.9%
Vetro	
• Agente di espansione	0.5%
• Fluido refrigerante	0.1%
• Componenti elettronici	1.7%
• Altro	6.1%

I metalli non sono stati sottoposti a trattamenti superficiali con Cd, Cr o Ni. Nelle vernici dei metalli non sono presenti pigmenti o additivi contenenti Cd, Cr, Pb, o Hg o loro composti. Le parti in plastica non contengono Cd, Pb, Hg o loro composti.



Produttore

Il prodotto è fabbricato da Electrolux AB presso Mariestad, Svezia. L'impianto produttivo è certificato con il Sistema di Gestione Ambientale ISO 14001. I dati LCA per il sito produttivo di Mariestad sono relativi all'anno 2000.

Per le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto in Italia contattare:
Marirosa Bignotti, Electrolux Zanussi Italia S.p.A.
Tel: +39 0434 395830
Fax: +39 0434 394062
Per ulteriori informazioni su Electrolux AB visitare il sito: www.electrolux.com

Esempio di EPD

Frigo-congelatore

Electrolux

Pag.2

Dichiarazione della prestazione ambientale

La dichiarazione ambientale di prodotto è basata sui risultati dell'Analisi del Ciclo di Vita (LCA). I risultati dello studio LCA sono stati divisi in tre fasi:

- La Fase di Produzione
 - Produzione dei materiali
 - Trasporto dei materiali dai fornitori al sito produttivo
 - Produzione presso la fabbrica di Mariestad, dove i processi principali sono: verniciatura, forning, lavorazione dei metalli e assemblaggio.
- La Fase d'Uso
 - Trasporto dal sito produttivo al consumatore
 - Uso del prodotto da parte del consumatore
- La Fase di Smaltimento
 - Trasporto dal consumatore al centro di smaltimento
 - Processi di smaltimento

Assunzioni effettuate per l'analisi

Le informazioni ambientali presentate sono state calcolate assumendo che il frigocongelatore venga fabbricato in Svezia, utilizzando l'elettricità prodotta in Svezia per la "Fase di Produzione", ed usato in Italia, utilizzando l'elettricità prodotta in Italia per la "Fase d'Uso e di Smaltimento".

Il consumo energetico durante l'utilizzo per 13 anni è presentato come risultato per la "Fase d'Uso".

I risultati sono relativi all'unità funzionale di un frigo-congelatore.

I componenti elettronici, la guarnizione magnetica ed i materiali collanti sono stati esclusi dalla valutazione del ciclo di vita.

Si è assunto che il processo di smaltimento includa alcune fasi di pre-trattamento (disassemblaggio del compressore e separazione degli oli) e frammentazione della cabina e delle porte. Si è inoltre assunto che plastica e metalli vengano riciclati.

	Produzione	Uso	Smaltimento	Totale
Risorse				
Risorse materiali non rinnovabili (Kg)	186,2	1232	0,8	1419
Risorse materiali rinnovabili (Kg)	2,7	17,8	-	20,5
Risorse energetiche (kWh)	1335	4812	16	5963
Emissioni				
Emissioni gas serra (kg CO ₂ -eq)	222	3394	6	3622
Gas lesivi dell'ozono (kg CFC-eq)	-	-	-	-
Composti acidificanti (mol H ⁺ -eq)	22	756,3	1,5	779,8
Costituenti (ciclotossici)	0,005	0,035	0,025	0,065

Esempio di EPD

Frigo-congelatore

Electrolux

Pag.3

Dichiarazione di riciclo

Questo prodotto è stato concepito per facilitarne un efficiente disassemblaggio e riciclo.

L'imminente legislazione europea sui "Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche" stabilirà la percentuale minima di riciclabilità del prodotto⁶.

Suggerimenti per il risparmio energetico

Situare il frigorifero lontano dai raggi diretti del sole e da fonti di calore quali ad esempio: piani cottura, lavastoviglie o radiatori.

Posizionarlo in un luogo ben ventilato e assicurarsi che la griglia di ventilazione non sia ostruita.

Lasciare sempre raffreddare i cibi fino a temperatura ambiente prima di porli nel frigorifero o nel freezer.

Porre i cibi da congelare all'interno del frigorifero; il freddo emesso potrà essere riutilizzato dal frigo.

Non aprire le porte del frigo e del freezer se non è necessario e comunque evitare di tenerle aperte a lungo.

Accertarsi che la corretta chiusura delle porte non sia impedita dagli alimenti contenuti.

Informazioni sull'Organismo di Certificazione

La presente Dichiarazione Ambientale di Prodotto è stata certificata da SP Swedish National Testing and Research Institute in accordo con i requisiti MSR 1999:2, pubblicati dallo Swedish Environmental Management Council e con i Requisiti Specifici di Prodotto per elettrodomestici da refrigerazione.

SP inoltre conferma che il prodotto è a norma di legge.

Validità: fino a Luglio 2005.

Informazioni generali

Per ulteriori informazioni sulle Dichiarazioni Ambientali di Prodotto visitare le pagine web dello Swedish Environmental Management Council: www.envtrondec.com

Riferimenti

1. ISO standard 7371
2. La classe energetica si basa su una scala da A (basso consumo) a G (elevato consumo). Direttiva 94/2/EC.
3. EN 153
4. EN 60704-3
5. Electricity mix da IEA Statistics, Energy statistics of OECD countries 1997-1998, 2000 Edition, ISBN 92-64-08914-8.
6. Proposta per la Direttiva sui Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche, COM(2000)347 Final.

Assertzioni ambientali di tipo III: Esempi

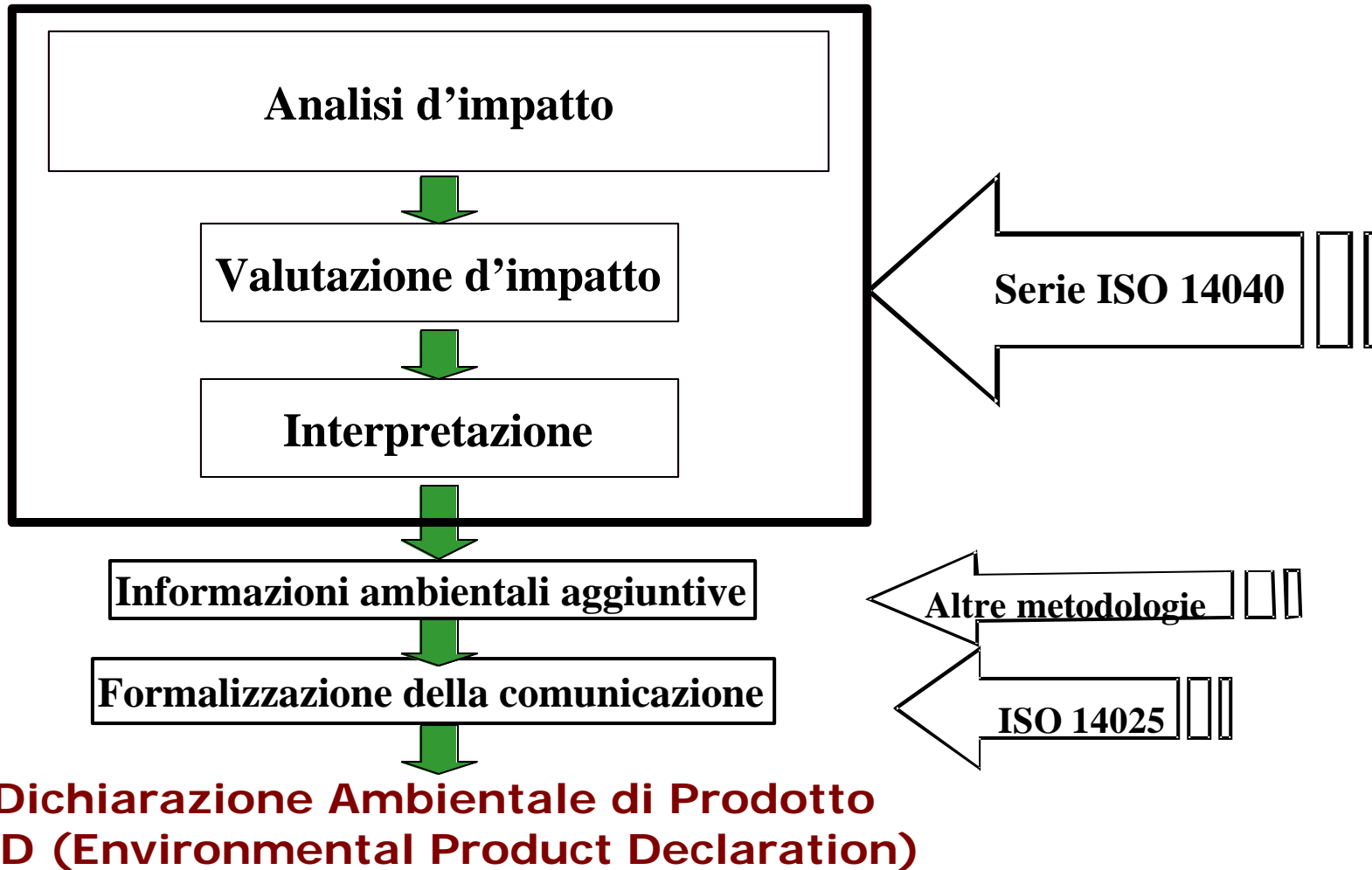


Schema di Dichiarazione Ambientale di Prodotto realizzato dalla Svezia.



Schema di Dichiarazione Ambientale di Prodotto realizzato dal Canada per industria della cellulosa e carta.

APPLICAZIONE DELLA LCA NELLA EPD



APPLICAZIONE DELLA LCA NELLA EPD

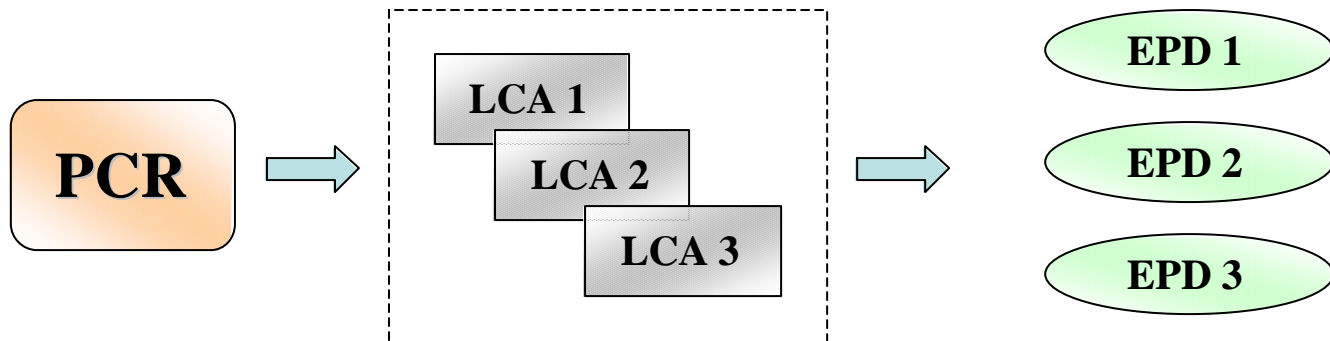
- Una delle qualità più importanti della **EPD** è la **comparabilità**, cioè la possibilità di confrontare tra di loro le varie Dichiarazioni Ambientali appartenenti alla stessa categoria di prodotto. Per tale motivo le informazioni devono risultare utilizzando un sistema di regole comuni che possa assicurare la comparabilità dei risultati.
- Tali regole vengono definite nelle **Product Categories Rules (PCR)**, realizzate per ogni categoria di prodotto.

Tale documento definisce per ogni gruppo:

- I criteri di appartenenza alla specifica categoria di prodotto
- I parametri tecnici e funzionali del gruppo di prodotto
- I contenuti della Dichiarazione

ma soprattutto

- Le caratteristiche e I parametri dello studio LCA



Per contatti:

**Maurizio
Fieschi**

**Consulenza su
Ambiente e Sostenibilità**

maurizio.fieschi@katamail.com

Tel. 340 5789339

Fax 011 3719330

**Via G. Donizetti, 2
10126 Torino**