



Italian official partner



UNIVERSITÀ DEL PIEMONTE ORIENTALE

Spin-off company



Life Cycle Assessment

Metodologia e casi studio pratici

Dr. Sara Gransinigh

Camera di Commercio di Firenze, 18 febbraio 2026

AENOR

Sommario

1. Introduzione alla metodologia di Analisi del ciclo di vita (LCA)
2. Introduzione al software openLCA
3. Importazione ed esportazione di database e dataset in openLCA
4. Creazione di flussi e processi in openLCA

Sommario

- 1. Introduzione alla metodologia di Analisi del ciclo di vita (LCA)**
2. Introduzione al software openLCA
3. Importazione ed esportazione di database e dataset in openLCA
4. Creazione di flussi e processi in openLCA

Origini del Life Cycle Thinking

In sintesi...

il modello «classico» di sviluppo industriale si può rappresentare nel seguente modo:



Origini del Life Cycle Thinking

Nella teoria economica «classica» si produce/consuma VALORE

PRODUZIONE = TRASFORMAZIONE
CONSUMO = DISTRUZIONE (produzione rifiuti, ecc...)



- Ciò che conta non è la sostanza ma il valore
- Gli aspetti «materiali» sono secondari o non considerati

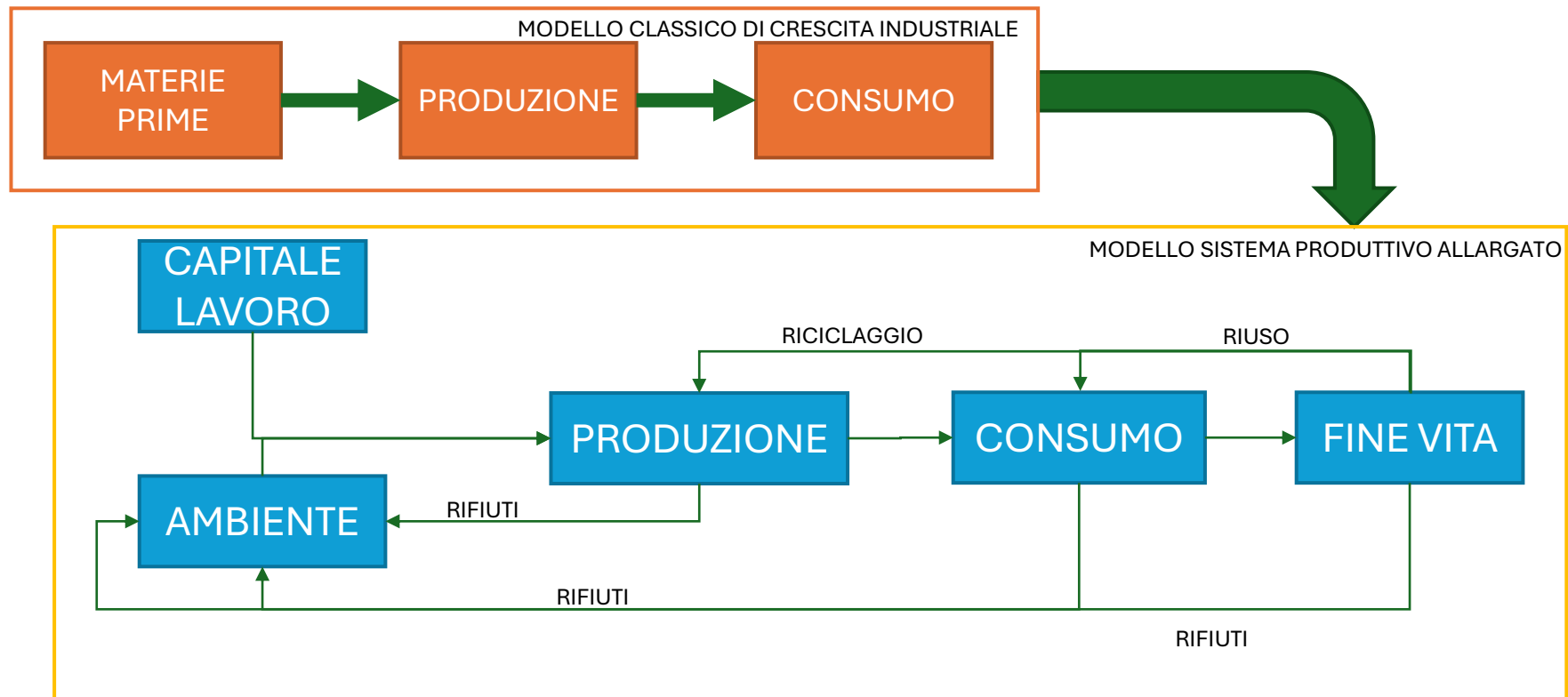
Origini del Life Cycle Thinking

E' necessario però ammettere la necessità di ampliare la visuale dal sistema produttivo *in senso stretto* al **sistema produttivo allargato**, comprendente tutte le risorse naturali in input e, in output, i rifiuti assieme ai beni prodotti



Il punto di vista non è più quello del «**flusso di valori**» ma del
«**flusso/bilancio di materiali**»

Origini del Life Cycle Thinking



Life Cycle Thinking



La Metodologia Life Cycle Assessment (LCA)

In tale contesto si inserisce l'**Analisi di ciclo di vita** (LCA)

=strumento oggettivo di valutazione ambientale per analizzare e quantificare le implicazioni ambientali dei prodotti (beni) durante *tutte* le **fasi del ciclo di vita**

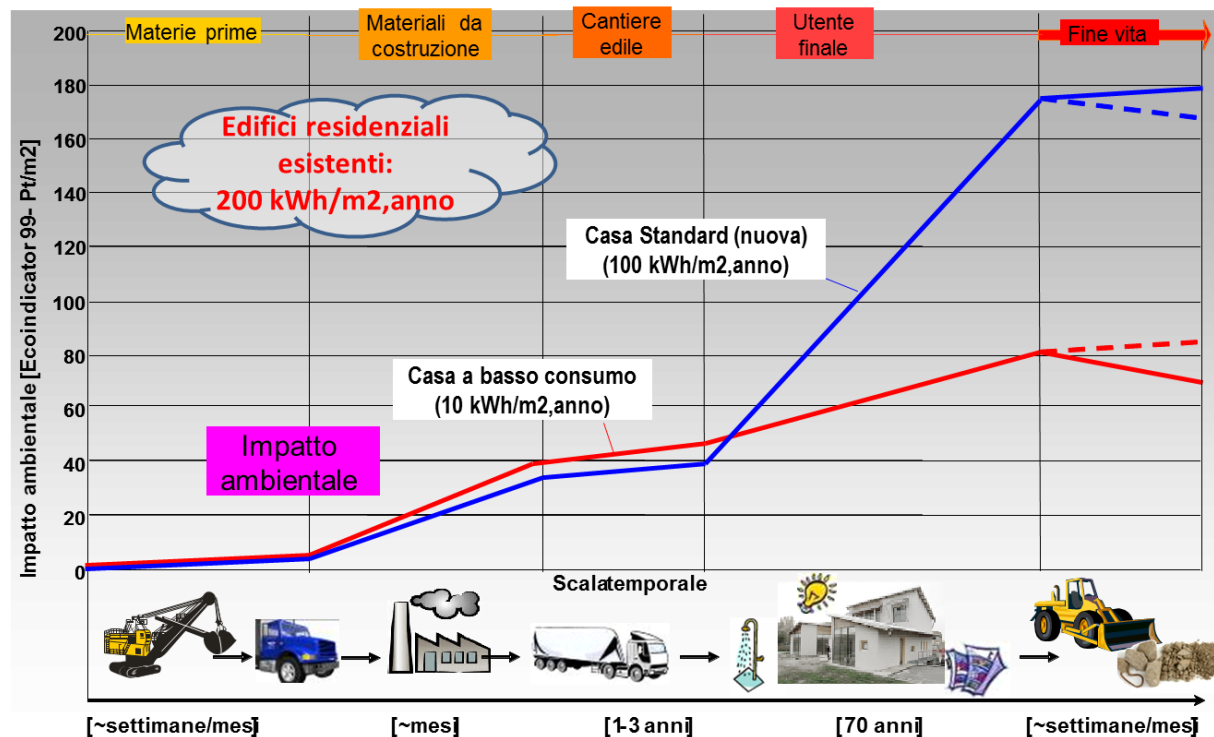
→ evita trasferimento dei problemi ambientali tra le diverse fasi del ciclo di vita

→ costituisce la base per l'identificazione di strategie di risparmio di materiali e energia/sostituzione in fase di progettazione

LCA è uno strumento di MISURA utile a programmare e monitorare i progressi verso obiettivi di SVILUPPO SOSTENIBILE

L'LCa – Introduzione

Perché un approccio al ciclo di vita?



PERCHE' GLI IMPATTI SONO DALLA CULLA ALLA TOMBA
PERCHE' SERVONO STRUMENTI DI MISURA QUANTITATIVI

L'LCa – Ambiti di applicazione

La LCA è importante e già diffusa in numerosi settori e contesti dove:

- è opportuno un **approccio ingegneristico** alla valutazione ambientale/del consumo di risorse
- È alto il rischio di trasferimento del problema ambientale («**environmental impact shifting**»)
- **analisi integrata** di sistemi complessi ed inter-dipendenti

La LCA può giocare un ruolo importante sia nel settore pubblico (policymakers) che in quello privato (aziende)

L'LCA – Ambiti di applicazione

Esempi di utilizzo nel settore pubblico:

- **Supporto alle decisioni/indirizzo della politica ambientale verso obiettivi di sviluppo sostenibile**
(es. per verificare se l'introduzione di disposizione/normativa ambientale provoca effetti collaterali indesiderati → carbon tax, diritto di escavazione, eco-incentivi)
- **Selezione di indicatori ambientali**
- **Selezione di buone pratiche ambientali (IPPC/BAT)**
- **Indirizzo alle Integrated Product Policy (IPP)**
- **Green Public Procurement** (es. GPP D.M. 203/2003 - 30%riciclati)
- **Integrated Waste Management (LCA & I-WMS)**

L'LCA – Ambiti di applicazione

Esempi di utilizzo nel settore privato:

- **Ricerca e sviluppo**
 - Cleaner technologies
 - Environmentally friendly products (Ecodesign)
- **Strumenti di comunicazione**
 - CARBON FOOTPRINTING
 - Co-operation with local communities (social licence)
 - Extended Producer Responsibility / CSR
- **Green Marketing**
 - ECO-LABELLING (etichette ambientali)

L'LCA – Ambiti di applicazione

Esempi nel **settore privato** – FOCUS Etichette ambientali

L'obiettivo comune di ogni marchio o etichetta ambientale è quello di orientare i mercati verso scelte eco-responsabili incoraggiando la domanda di prodotti che causano minore impatto ambientale attraverso la comunicazione di accurate e verificabili informazioni sulle implicazioni ambientali di beni e servizi.

In genere, sono STRUMENTI VOLONTARI basati su meccanismi di mercato per l'internalizzazione delle esternalità negative ambientali

In sintesi:

- Obiettivo: Informare sugli aspetti ambientali di un prodotto o servizio.
- Normativa di riferimento: serie ISO 14020

L'LCA – Ambiti di applicazione

Esempi nel settore privato – FOCUS Etichette ambientali



- **ISO 14024** Marchio ecologico
(Type I environmental labelling)
es. Ecolabel EU → marchio di eccellenza ambientale
- **ISO 14021** Autodichiarazione ambientale
(Type II environmental labelling)
es. Simbolo Alluminio Riciclabile → non verificato
- **ISO 14025** Dichiarazione ambientale di prodotto
(Type III environmental declarations)
es. EPD Svezia/Italia → marchio di trasparenza

L'LCA – Ambiti di applicazione

Esempi nel **settore privato** – FOCUS Etichette ambientali



Disponibile **solo per gruppi di prodotti** per cui siano stati pubblicati i criteri; selettivo (*30% dei produttori*)

Indirizzato al **consumatore finale** (Business to Consumer)

Verificato dal comitato **Eco-label**



Aperto a tutti; informativo: **autodichiarazione**

(riciclabilità; % materiale riciclato usato)

Indirizzato al consumatore → **Non viene verificato**



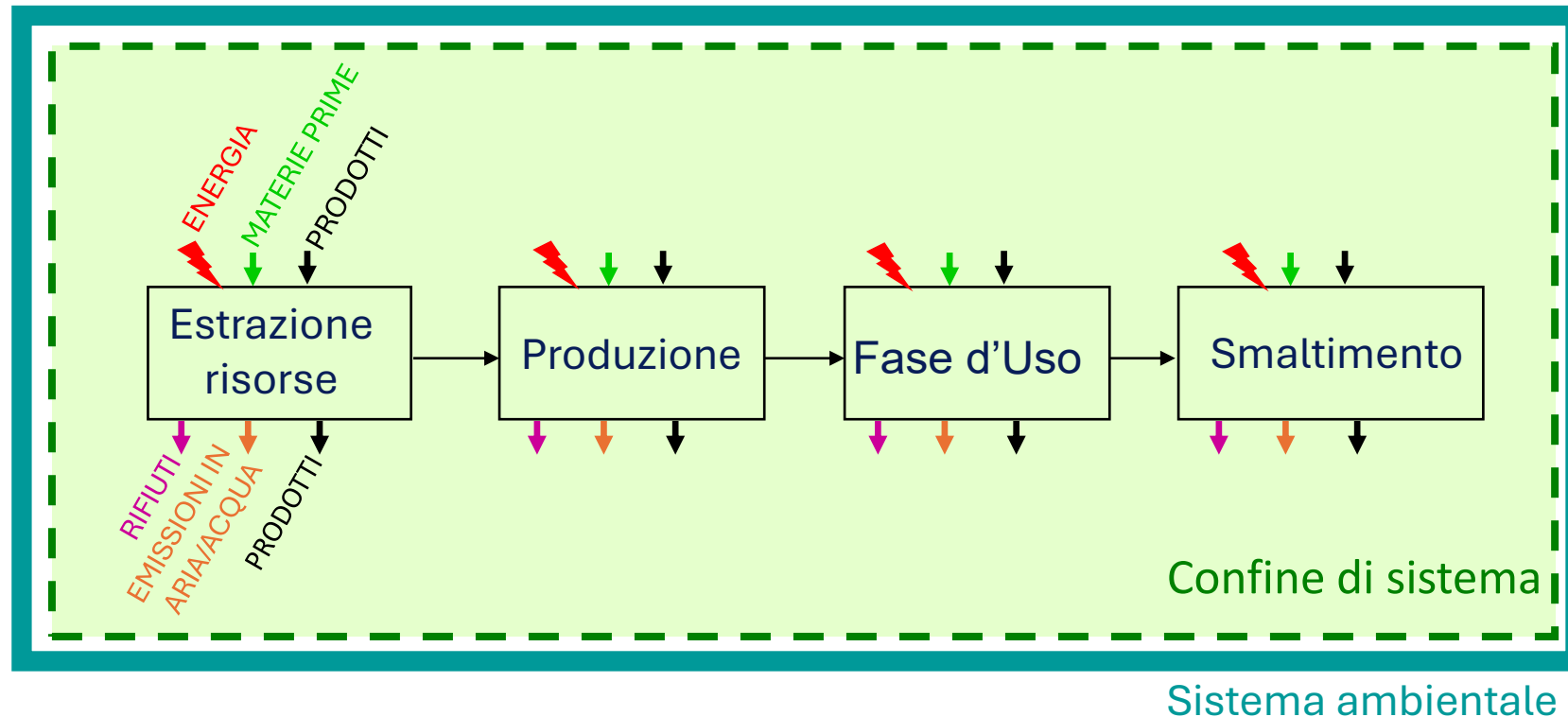
Aperto a tutti; informativo

Indirizzato ad **utilizzatore industriale (B2B)**

Accreditato da **parte terza** (ente di certificazione)

L'LCA – Approccio operativo

L'LCA è basata sulla costruzione di un modello in cui le fasi del ciclo di vita sono rappresentate da “**Unità di Processo**” interconnesse da flussi di prodotti, energia, materiali



L'LCA – Approccio operativo

PERO'... nella maggioranza dei casi reali è praticamente impossibile portare a compimento una LCA completa e rigorosa perché:

- è praticamente impossibile creare un modello che rappresenti l'intera filiera produttiva (*from-cradle-to-grave*), per motivi sia tecnici sia economici
- gli scambi tra sistema produttivo e ambiente sono troppi ed in molti casi difficili da quantificare,
- spesso è difficile delineare una relazione chiara tra i risultati del “bilancio ambientale fisico” proveniente dalla LCA ed i relativi effetti ambientali.

L'LCA – Approccio operativo

- E' necessario introdurre una serie di ipotesi semplificative di lavoro e di criteri operativi per portare a termine la LCA in condizioni accettabili e con risultati sufficientemente oggettivi.
- per rendere confrontabili gli studi LCA, è fondamentale la **standardizzazione delle procedure**.



La **serie degli standard ISO 14040** consente agli operatori LCA di:

- analizzare processi e prodotti in modo affidabile limitando allo stesso tempo l'impegno economico e di risorse umane
- comunicare in maniera regolamentata i risultati in modo da poter rendere confrontabili gli studi LCA.

L'LCA – Le norme ISO serie 14040

- **ISO 14040: Principles and Framework**

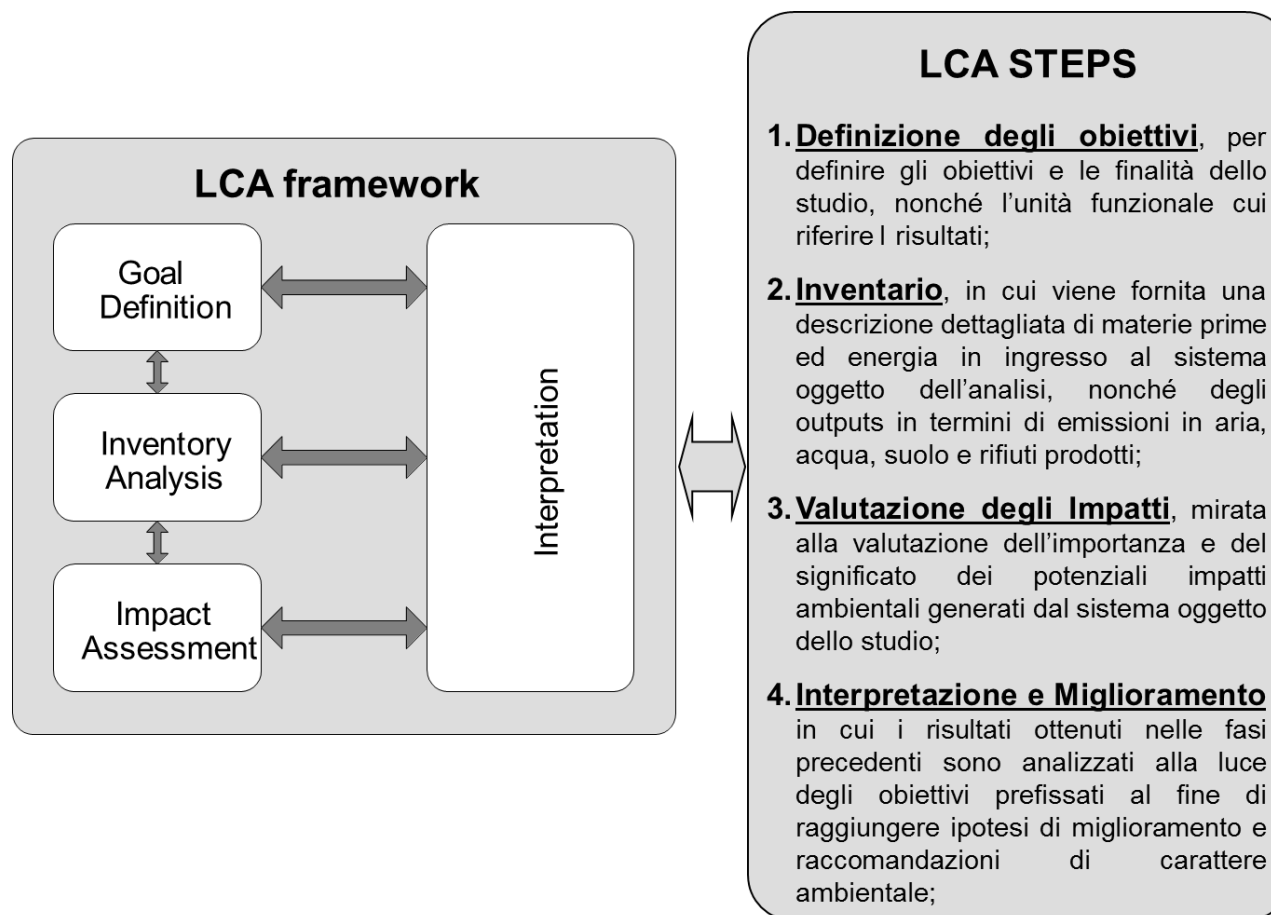
- **ISO 14041: Goal, Scope & Inventory Analysis**

- **ISO 14042: Impact Assessment**

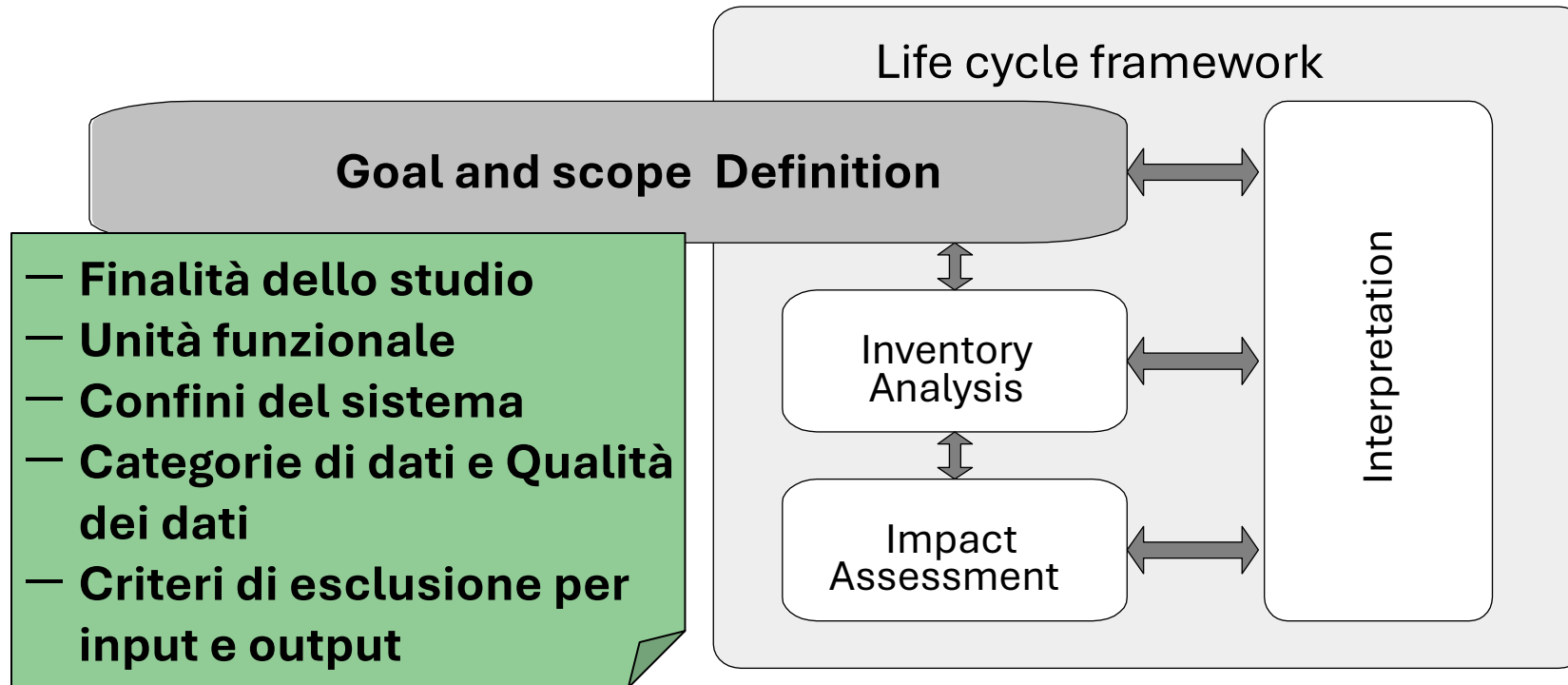
- **ISO 14043: Life Cycle Interpretation**

- **ISO 14044: Requirements and guidelines**

L'LCa – Il framework della serie ISO 14040



1. Definizione di scopo e obiettivo



1. Definizione di scopo e obiettivo

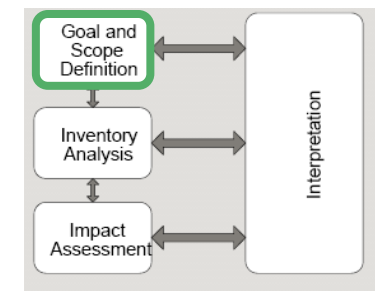
Nelle premesse dello studio devono essere indicati in modo chiaro quali sono gli obiettivi, quale utilizzo verrà fatto dei risultati, e qual è il pubblico a cui verranno comunicati. (ISO 14.040)

- **Obiettivo dello studio**

(applicazione prevista, pubblico previsto, ...)

- **Ambito dello studio**

- Unità funzionale
- Confini di sistema
- Requisiti dei dati
- Assunzioni



1. Definizione di scopo e obiettivo

Unità funzionale - definizione:

"prestazioni quantificate di un sistema di prodotti da utilizzare come unità di riferimento" (ISO 14040)

Esempi del settore alimentare:

*1 kg di carne di manzo
100 calorie di cibo
1 ha di terreno*

Esempio del settore delle costruzioni:

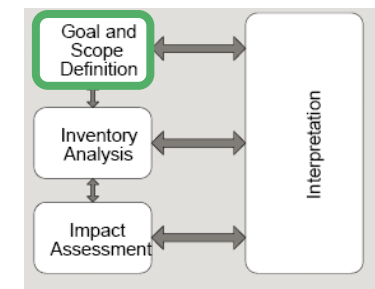
m2 di parete con valore xx per la prestazione termica

Esempi di trasporto:

*1 tonnellata*km
1 km
1 persona*km*

Altro esempio:

Tazze (ceramica vs carta): numero di utilizzi



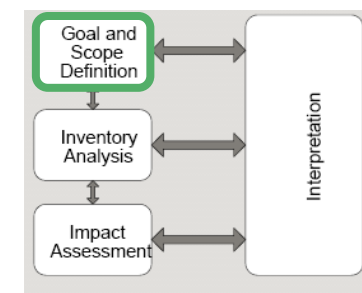
Focus: Unità funzionale

La Commissione Europea fornisce alcune linee guida per la definizione, coprendo alcuni punti importanti con domande:

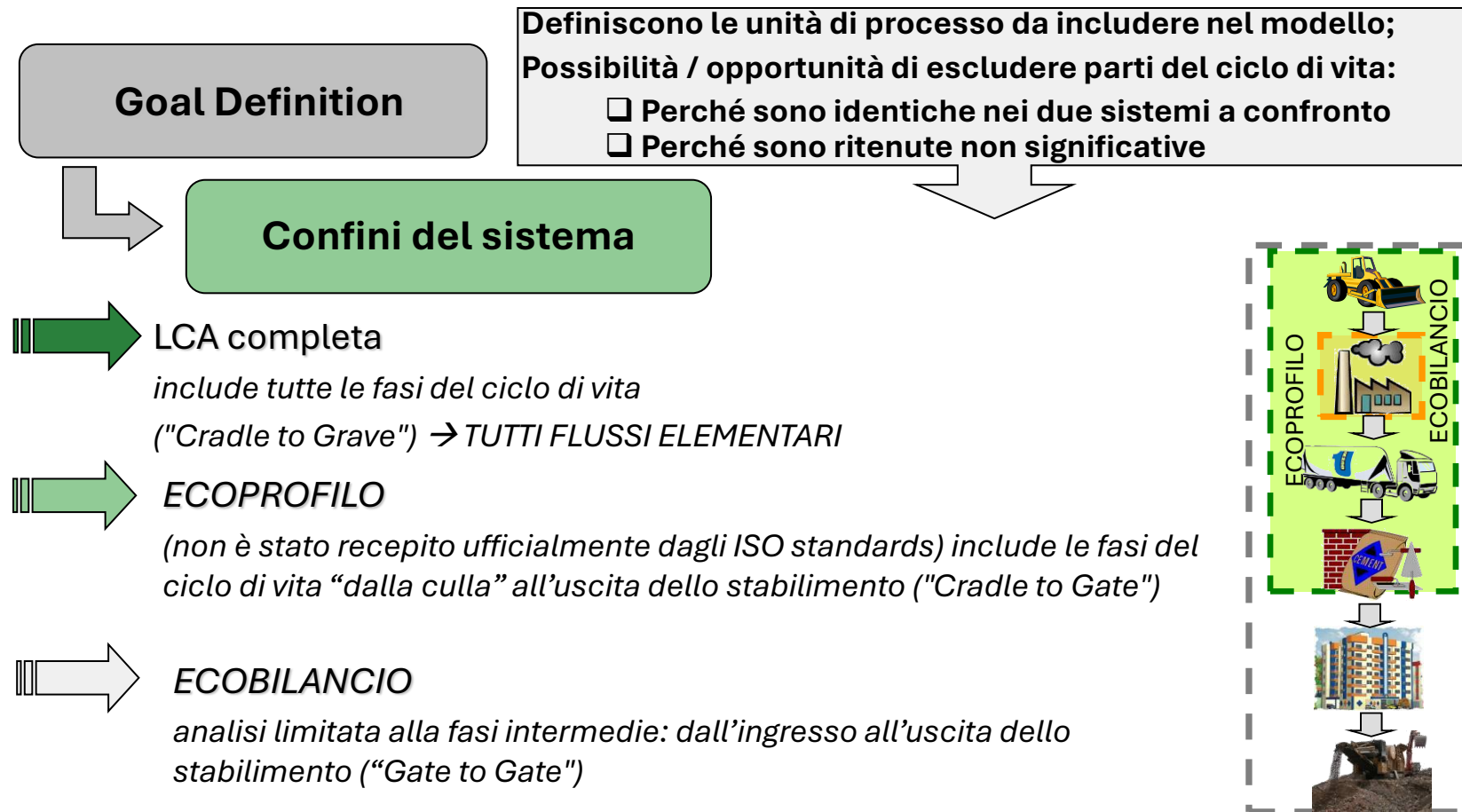
Table 3. Example of functional unit definition (LCA of shopping bags, generic).

Aspect	Example
"What" (function(s) or service(s) provided)	Carrying of shopping from supermarket to home
"How much" (extent of the function or service provided)	An average volume of 22 litres and an average weight of 12 kg of purchased goods
"How well" (expected level of quality of the function or service)	Without tearing, puncturing and excessively deforming during the shopping trips
"How long" (duration of the function or service / product lifetime)	A minimum of ten times/trips
"Where" (location/geography of the function or service)	In the entire EU-28 market
"For whom" (beneficiary of the function or service)	By the entirety of consumers

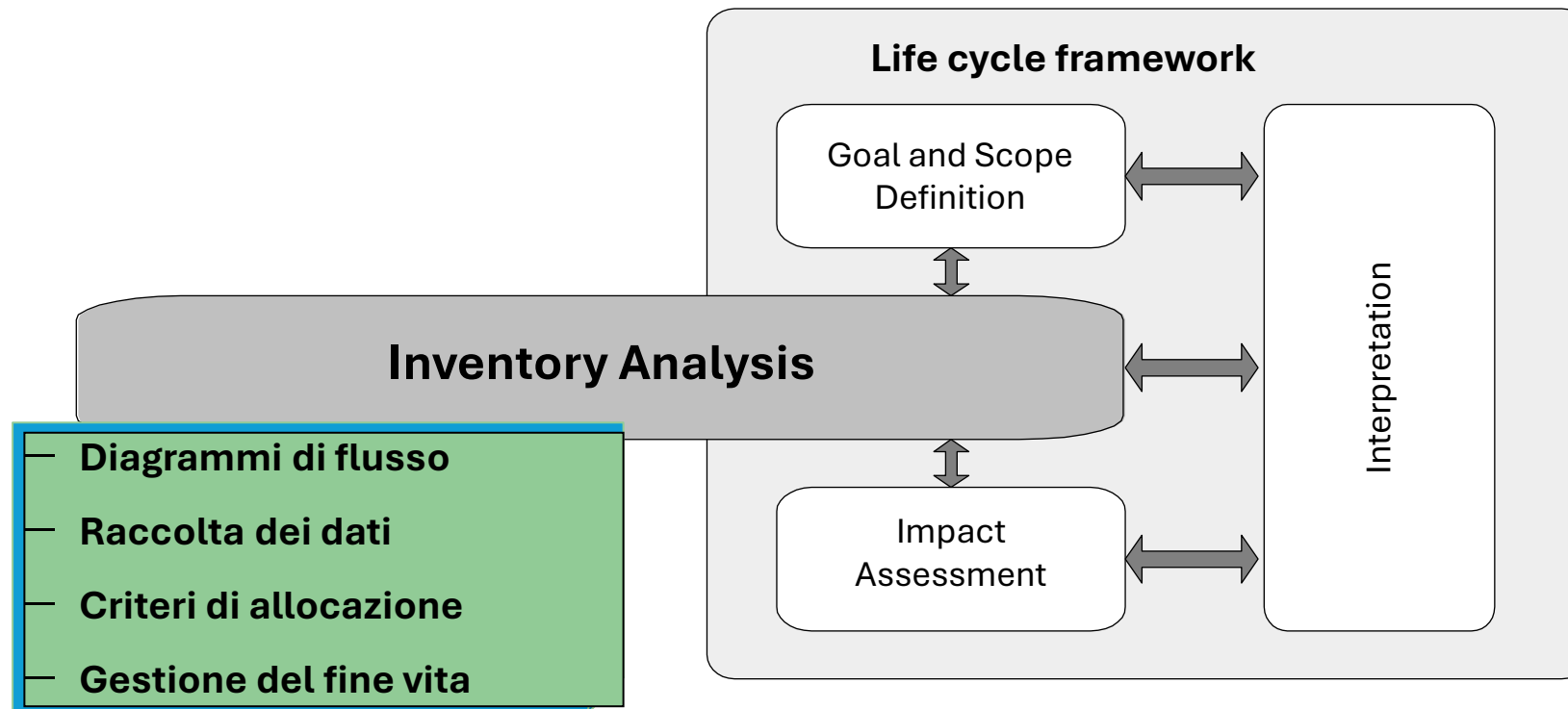
Fonte: Plastics LCA method JRC Technical Report (Commissione Europea)



L'LCA - Goal and scope definition: Confini di sistema



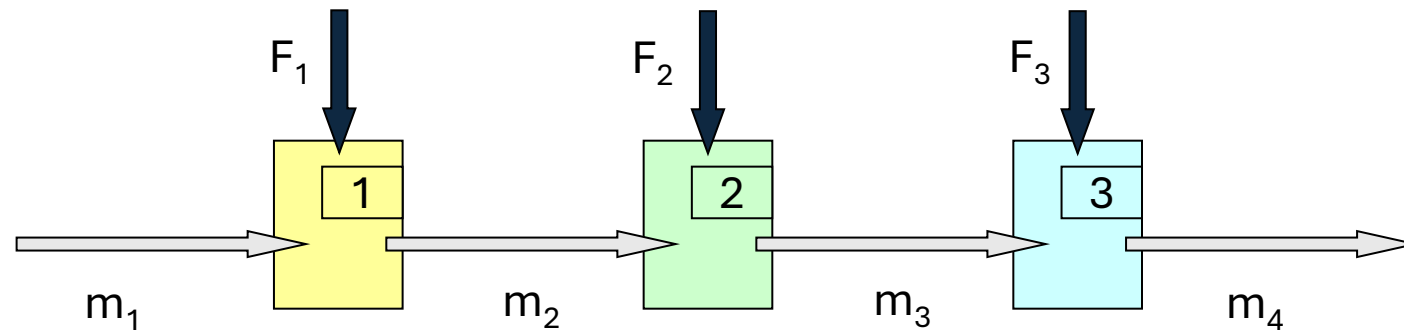
2. Analisi dell'inventario



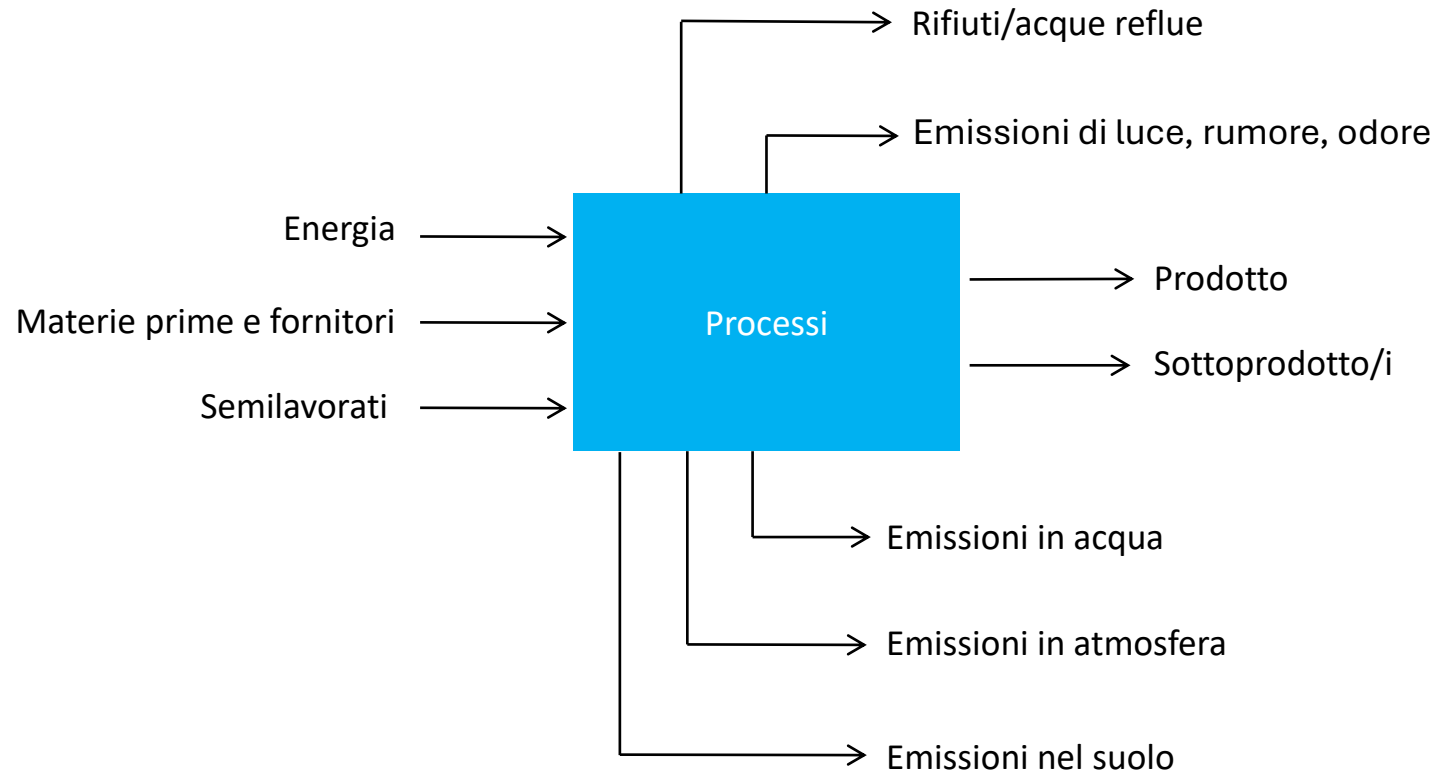
L'analisi di inventario è la fase in cui tutti i flussi di materia ed energia in ingresso e in uscita dal sistema vengono schedati e quantificati

2. Analisi dell'inventario – Unità di processo

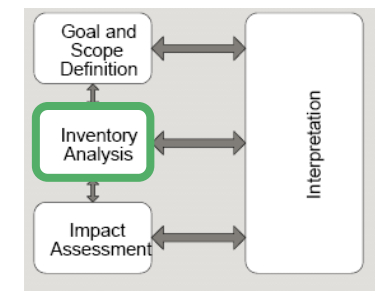
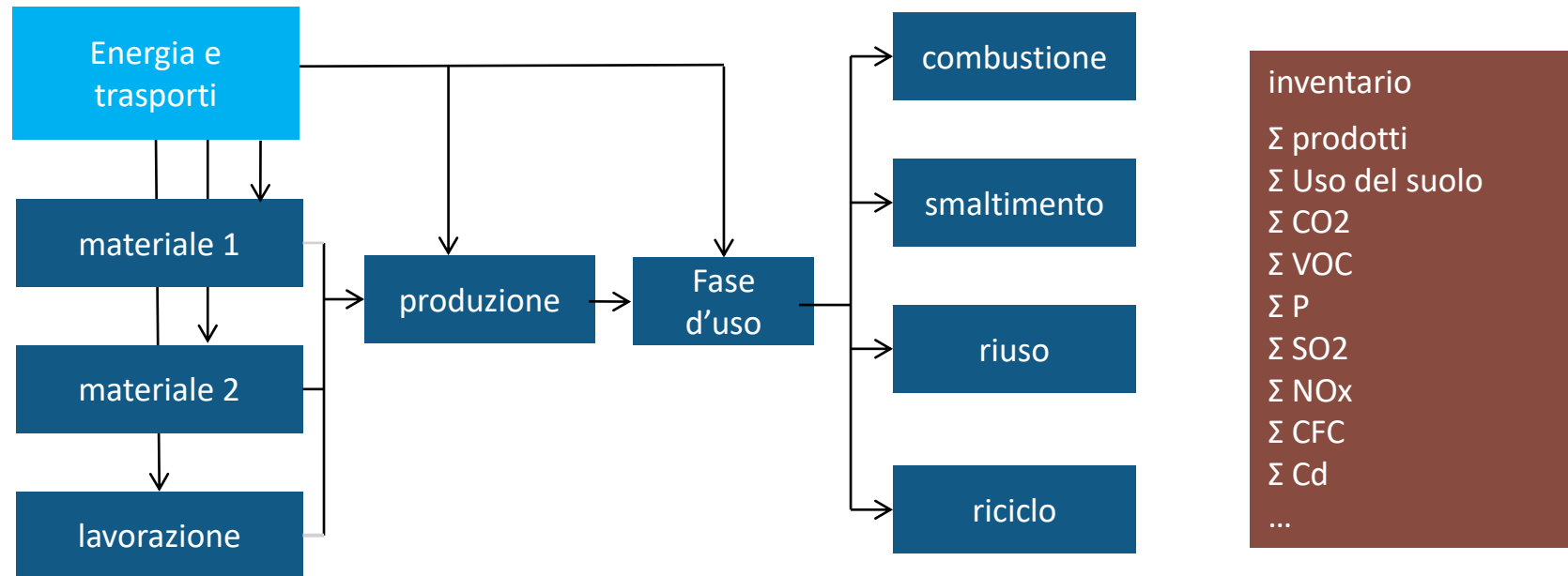
- Dal punto di vista della costruzione e risoluzione matematica del modello, uno studio LCA si risolve cumulando via via i flussi INPUT/OUTPUT che sono stati identificati nella filiera presa in considerazione.
- Tali flussi devono quindi essere attribuiti (allocati) in modo opportuno alla funzione (o prodotto) che si prende come riferimento



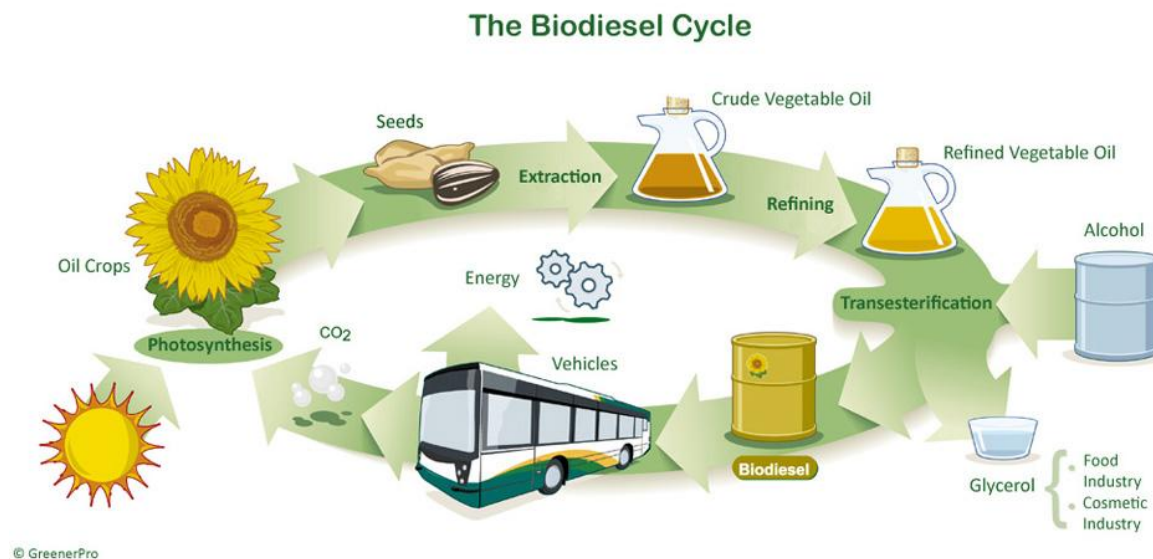
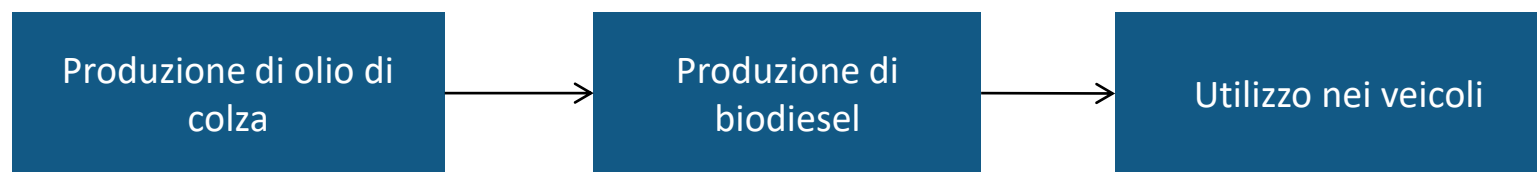
2. Analisi dell'inventario – Tipi di dati



2. Analisi dell'inventario – elaborazione di un diagramma di flusso

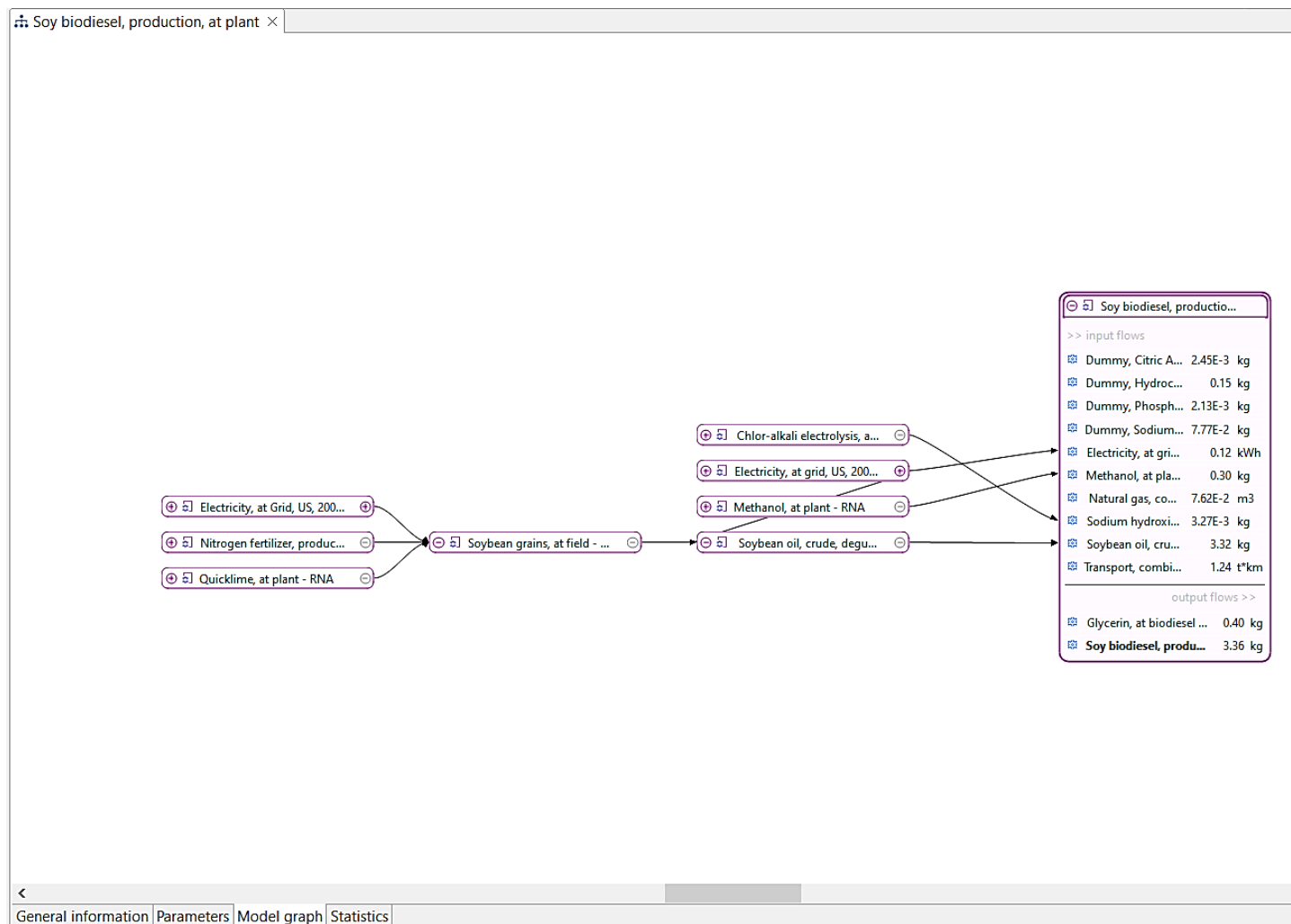


Esempio di diagramma di flusso: uso di olio di colza come biodiesel



Esempio:

Network di processi per produzione di biodiesel dalla soia



2. Analisi dell'inventario – Raccolta dati

- Banche dati disponibili
- Dati dei fornitori
- Distinte base e pesi dei materiali
- Reverse-engineering
- Letteratura
- Raccolta dati primaria



2. Analisi dell'inventario – Raccolta dati

**REPERIMENTO
DATI**

➔

**USO DI
QUESTIONARI**

CODE:	OPERATION		
--------------	------------------	--	--

Company	
Site	
Country	
Year	
Starting month	
Ending month	

OUTPUT PRODUCTS	QUANTITY	UNITS

FUEL INPUTS	QUANTITY	UNITS
Coal		
Coke		
Natural gas		
Grid electricity		
On-site electricity		
Heavy fuel oil		
Medium fuel oil		
Light fuel oil		
Kerosine		
Diesel		
Gasoline		
Butane		
Propane		
Lubricating oils		
Grease		
Other (specify)		

MATERIALS INPUTS	QUANTITY	UNITS

- All data supplied on this sheet should refer to the period stated. - All data should be given in physical terms and not as monetary value. - Ensure that you state the units in which the quantities are recorded. - Data should include any on-site transport. - Data should include all ancillary operations on the site.

2. Analisi dell'inventario – Banche dati

Funzioni delle banche dati di supporto alla LCA

- Reperimento dei dati secondari
- Completamento del modello



2. Inventario calcolato

▼ Inputs

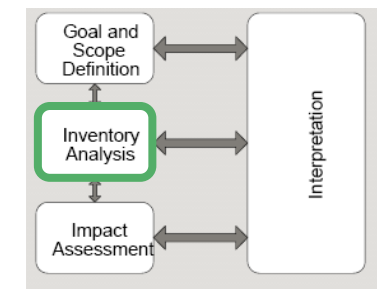
Don't show < 1 %

Name	Category	Amount	Unit
> ☒ Aggregate, natural	Elementary flows/Resource/in ground	0.01224	kg
> ☒ Air	Elementary flows/Resource/in air	168.69047	kg
> ☒ Barite	Elementary flows/Resource/in ground	0.00549	kg
> ☒ Basalt, in ground	Elementary flows/Resource/in ground	0.00044	kg
> ☒ Bauxite	Elementary flows/Resource/in ground	0.01416	kg
> ☒ biomass; 14.7 MJ/kg	Elementary flows/Resource/biotic	6.83395	MJ
> ☒ brown coal; 11.9 MJ/kg	Elementary flows/Resource/in ground	1.44262	MJ
> ☒ Calcium carbonate, in ground	Elementary flows/Resource/in ground	0.58028	kg
> ☒ Calcium chloride	Elementary flows/Resource/in ground	5.98959E-12	kg

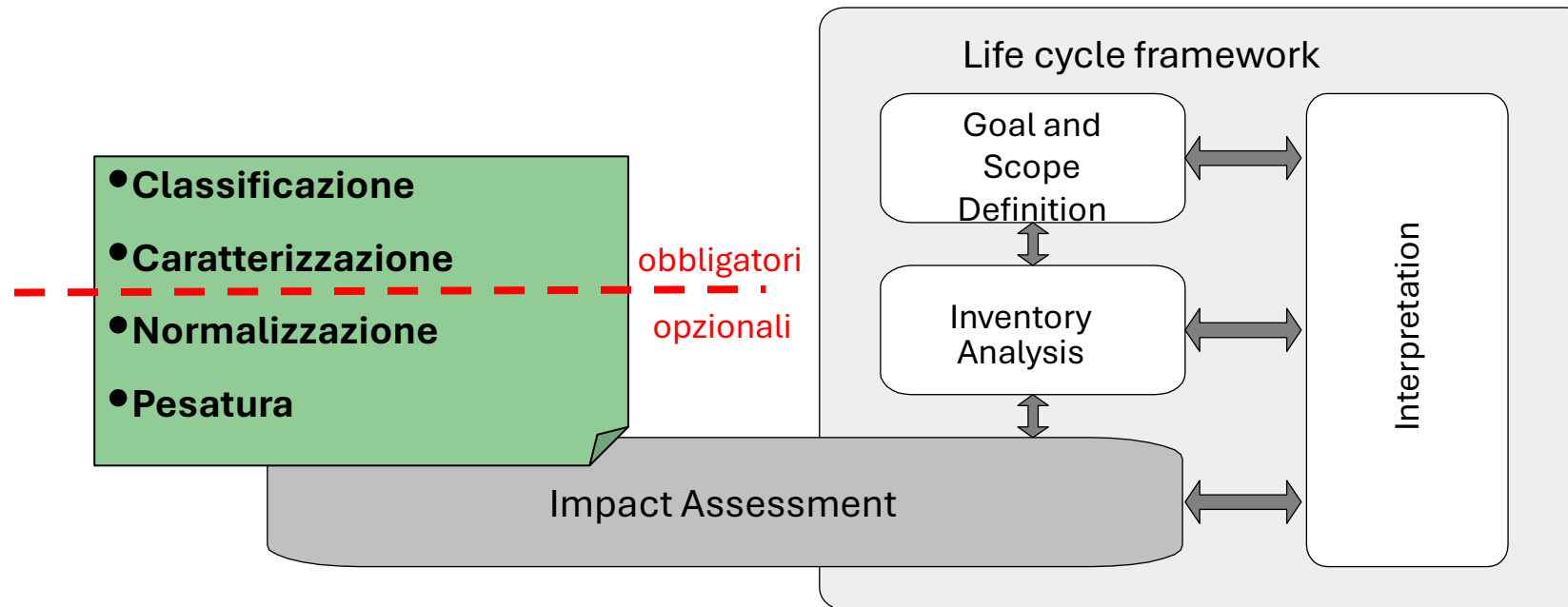
▼ Outputs

Don't show < 1 %

Name	Category	Amount	Unit
> ☒ Acenaphthene	Elementary flows/Emission to water/ocean	1.72035E-8	kg
> ☒ Acenaphthene	Elementary flows/Emission to water/fresh water	3.03381E-10	kg
> ☒ Acenaphthylene	Elementary flows/Emission to water/ocean	6.55217E-9	kg
> ☒ Acenaphthylene	Elementary flows/Emission to water/fresh water	1.26507E-10	kg
> ☒ Acetaldehyde	Elementary flows/Emission to air/unspecified	3.08580E-7	kg
> ☒ Acetic acid	Elementary flows/Emission to water/ocean	5.39589E-8	kg
> ☒ Acetic acid	Elementary flows/Emission to air/unspecified	1.12737E-6	kg
> ☒ Acetic acid	Elementary flows/Emission to water/fresh water	8.39820E-7	kg
> ☒ Acetone	Elementary flows/Emission to air/unspecified	2.88937E-7	kg

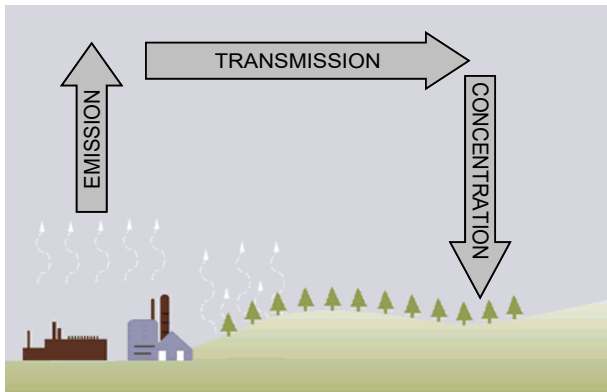


3. Valutazione degli impatti



Lo scopo è rendere **fruibili al meglio** i risultati ottenuti dall'inventario e di **apprezzarne a fondo** il significato ambientale. Nella fase **LCIA** vengono individuate delle **aree di interesse ambientale** (categorie di impatto) e **per ognuna di esse** opportuni indicatori ambientali. Detti indicatori di categoria sintetizzano gli effetti ambientali potenziali associabili ai flussi di materia/energia in ingresso/uscita dal sistema studiato.

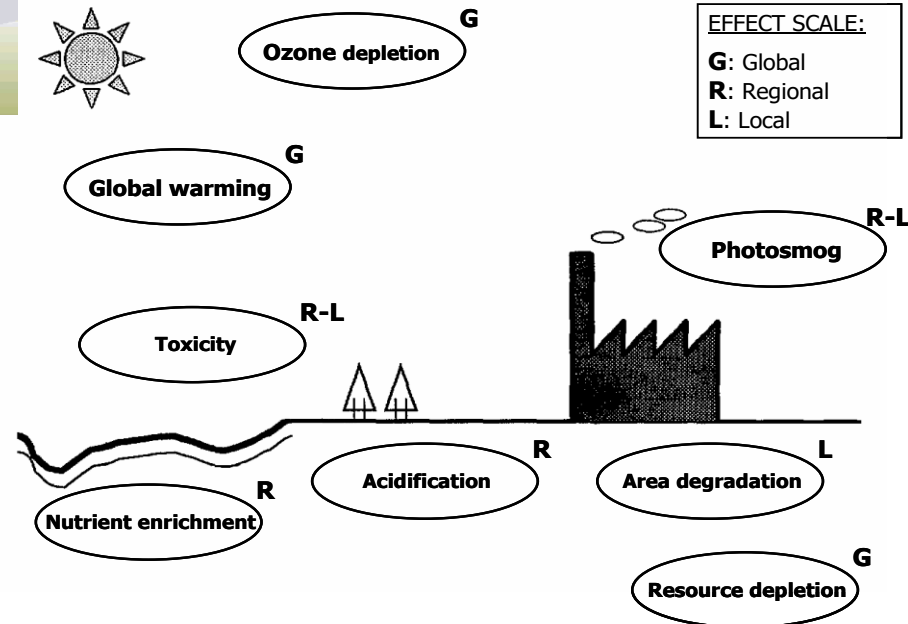
3. Valutazione degli impatti



IMPATTO AMBIENTALE
→
EFFETTO AMBIENTALE

IMPATTO
manifestazione di
inquinamento dell'attività
produttiva

EFFETTO
modificazione subita
dall'ambiente
(o percepita dall'uomo)
a causa dell'impatto



EFFETTI AMBIENTALI E SCALA DI INFLUENZA

3. Valutazione degli impatti

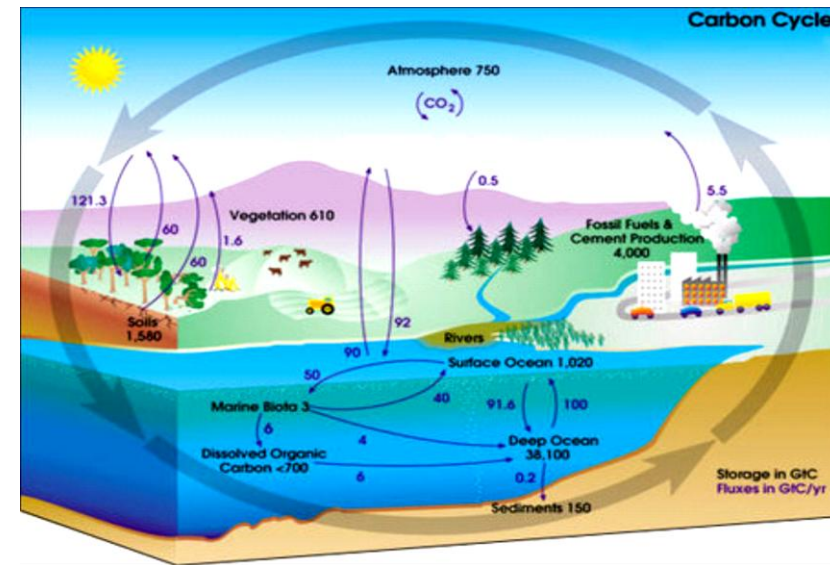
Effetti ambientali → Metodo adottato per il calcolo → Indicatore di categoria

Impact category	Adopted Model	Category Indicator
Consumption of energy resources	Energetic Analysis	GER Gross Energy Requirement [MJ]
Global warming	Model IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)	GWP – 100 years Global Warming Potential [kg CO ₂ eq.]
Ozone layer depletion	Model WMO (World Meteorological Organisation)	ODP Ozone Depletion Potential [kg CFC -11 eq.]
Acidification	Stoichiometric formation of ions H ⁺	AP Acidification Potential [mol H ⁺ eq.]
Eutrophication	Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment 1995:2000 Copenhagen	EP Eutrophication Potential [kg O ₂ eq.]
Photochemical smog oxidant	Model UNECE (United Nations Economic Commission for Europe, 1999)	POCP Photochemical Ozone Creation Potential [kg C ₂ H ₄ eq.]

3. Valutazione degli impatti

Effetto serra

E' dovuto all'incremento della temperatura atmosferica in seguito al massiccio aumento dei principali gas serra, quali CO₂ e vapore acqueo i quali sono in grado di assorbire la radiazione infrarossa emessa dalla terra. Questo contribuisce al riscaldamento globale del pianeta ed ai conseguenti cambiamenti climatici.



L'indicatore di categoria è il GWP (Global Warming Potential) e il fattore di caratterizzazione è rappresentato dai **kg di anidride carbonica equivalente**; attraverso i potenziali di riscaldamento globale (GWP's) si convertono le quantità relative ai vari gas serra in unità comuni di kg di anidride carbonica equivalente. I GWP's sono normalmente calcolati per un periodo di esposizione di 100 anni.

[valori dei GWP determinati dall' *Intergovernmental Panel of Climate Change - IPCC*]

3. Valutazione degli impatti

Esempio – Fattori di caratterizzazione per il Global Warming

GLOBAL WARMING POTENTIAL - GWP100 (kg CO ₂ eq)	IPCC 1996	IPCC 2001	WMO 1994
Carbon dioxide (CO₂)	1	1	1
Carbon monoxide	2	1,57	0
Dinitrogen monoxide (N₂O)	320	296	320
HCFC-142	2000		
HCFC-141b	630		
HFC-134a	1300		
CFC-113	5000		
CFC-114	9300		
HCFC-124	480		
HCFC-123	93		
CFC-115	9300		
Methane (CH₄)	21	23	24,5+/-7,5
Halon 1301	5600		
HCFC-22	1700		
CFC-13	11700		
CFC-12	8500		
R-40	9		
CFC-11	4000		4000
SF6	23900	22220	24900

I fattori di caratterizzazione sono calcolati per ciascun gas serra in base alla sua capacità di assorbimento delle radiazioni e del tempo della sua permanenza in atmosfera

3. Valutazione degli impatti

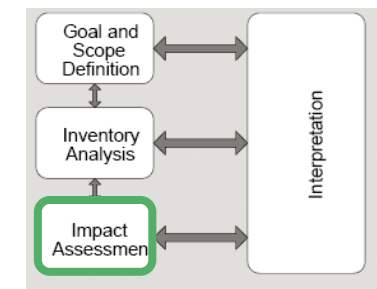
Caratterizzazione – Esempio

Emissioni in atmosfera per 1 kWh di Mix Elettrico (IT)

Flow	Factor (IPPC 2007)	Quantity [g]
Diossido di carbonio(CO ₂)	1	1.55
Metano (CH ₄)	25	0.0033
Monossido di diazoto(N ₂ O)	298	2.38 E-5
Flusso _i	GWP _i	mass _i

$$\text{Cambiamento climatico} = \sum GWP_i \cdot mass_i$$

$$\begin{aligned} \text{GWP of 1 kWh of Electricity Mix (IT)} &= \\ &= (1 * 1.55) \text{ g} + (25 * 0.0033) + (298 * 2.38\text{E-}5) + \sum GWP_i \cdot mass_i \end{aligned}$$



Fasi della valutazione d'impatto in openLCA

Characterization factors - Climate change

Characterization factors

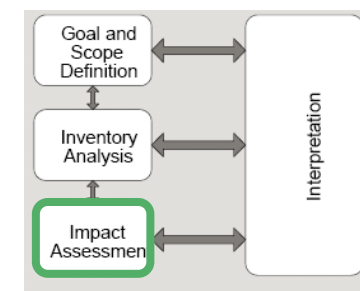
Flow	Category	Factor	Unit	Uncertainty
Carbon dioxide	Elementary flows/Emission to air/unspecified	1.0	kg CO2 eq./kg	none
Carbon dioxide	Elementary flows/Resource/unspecified	-1.0	kg CO2 eq./kg	none
Carbon dioxide, biogenic	Elementary flows/Emission to air/high population density	1.0	kg CO2 eq./kg	none
Carbon dioxide, biogenic	Elementary flows/Emission to air/low population density	1.0	kg CO2 eq./kg	none
Carbon dioxide, biogenic	Elementary flows/Emission to air/low population density, long-term	1.0	kg CO2 eq./kg	none
Carbon dioxide, biogenic	Elementary flows/Emission to air/lower stratosphere + upper troposphere	1.0	kg CO2 eq./kg	none
Carbon dioxide, biogenic	Elementary flows/Emission to air/unspecified	1.0	kg CO2 eq./kg	none
Carbon dioxide, fossil	Elementary flows/Emission to air/high population density	1.0	kg CO2 eq./kg	none
Carbon dioxide, fossil	Elementary flows/Emission to air/low population density	1.0	kg CO2 eq./kg	none
Carbon dioxide, fossil	Elementary flows/Emission to air/low population density, long-term	1.0	kg CO2 eq./kg	none
Carbon dioxide, fossil	Elementary flows/Emission to air/lower stratosphere + upper troposphere	1.0	kg CO2 eq./kg	none

↓

Classificazione

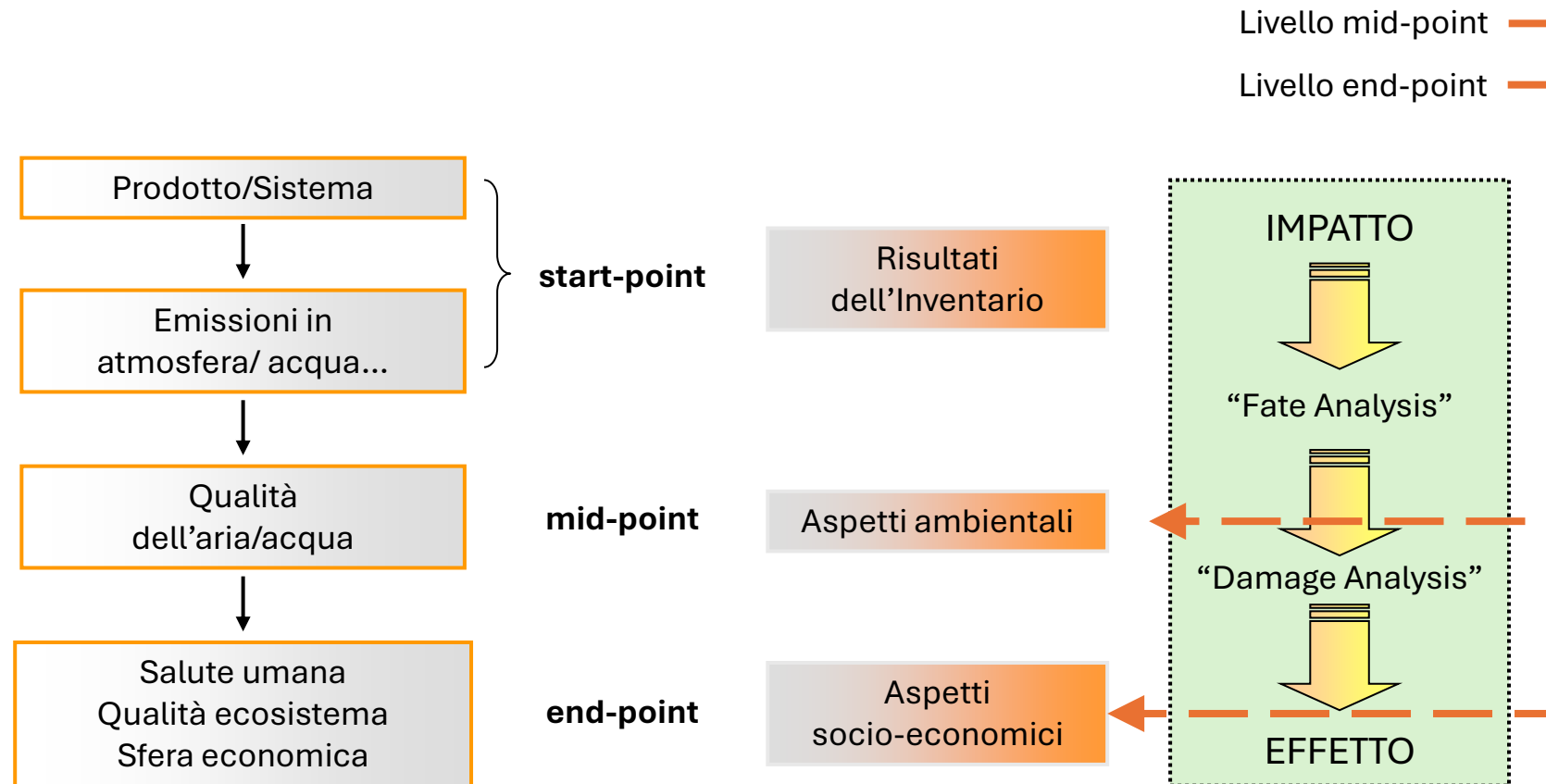
↓

Caratterizzazione

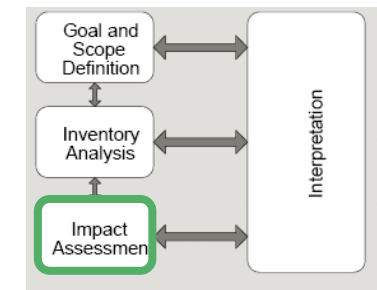
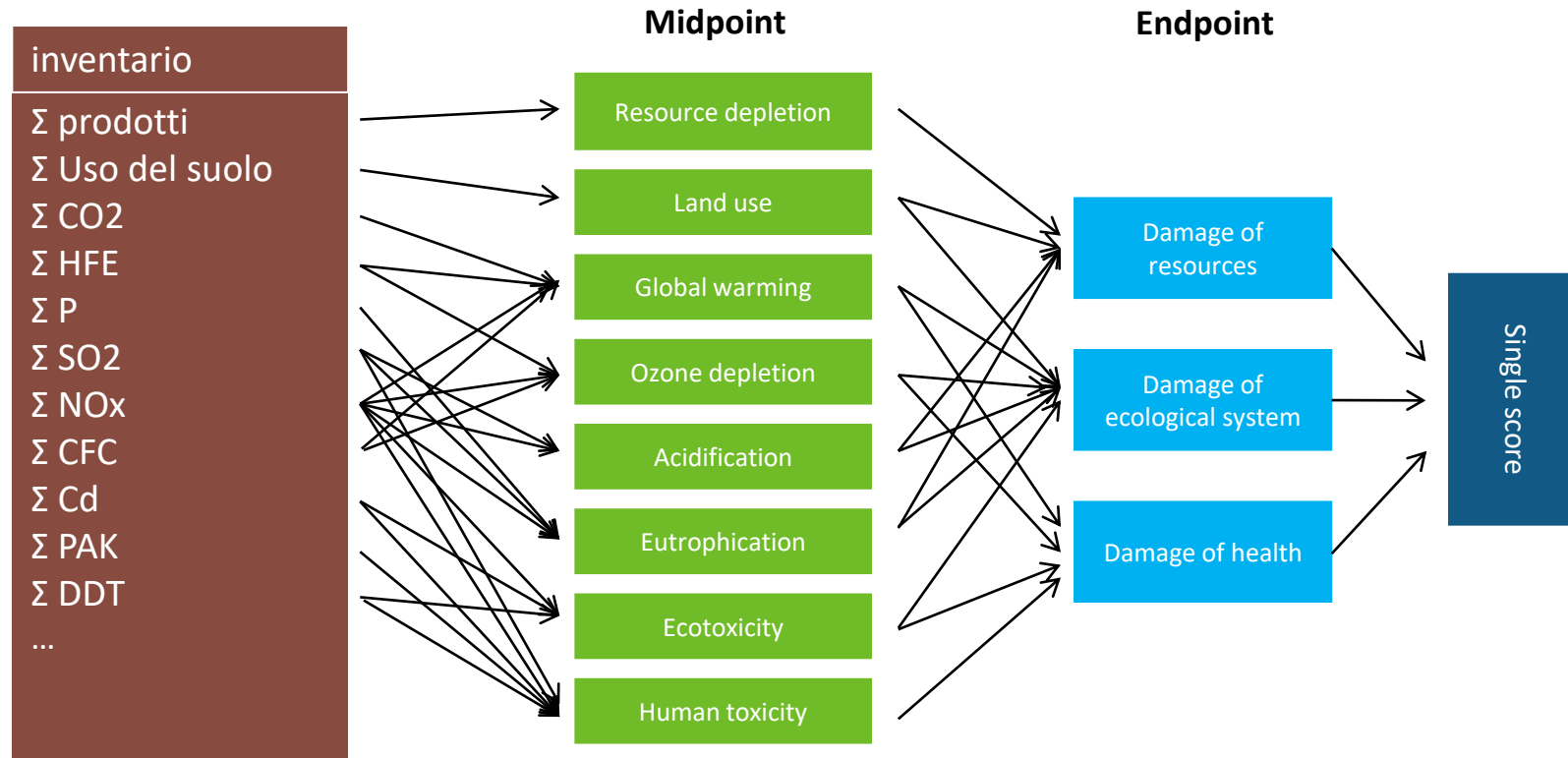


3. Valutazione degli impatti - categorie

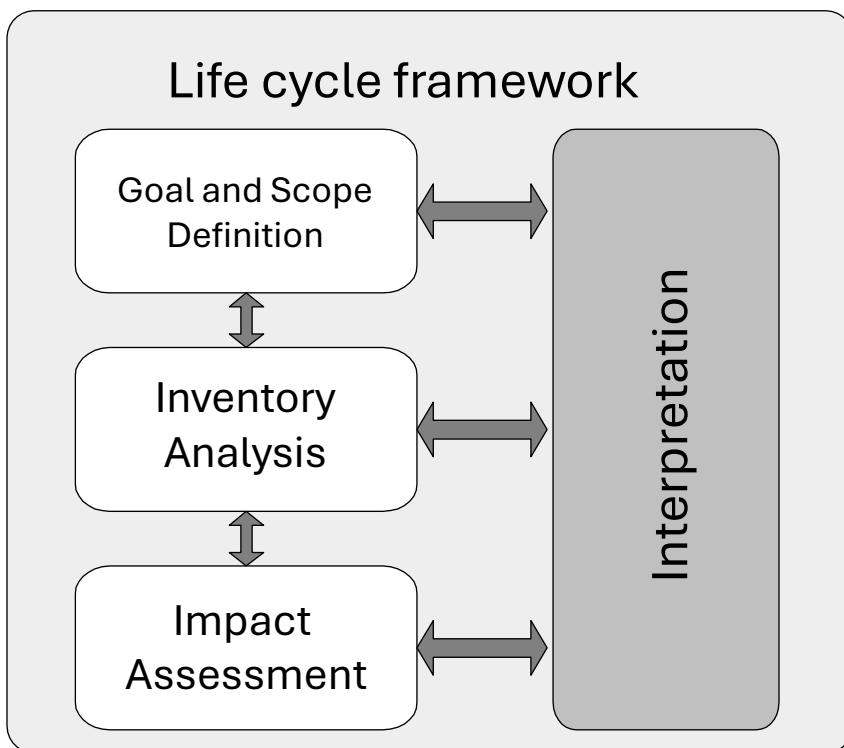
Ci sono diversi livelli di valutazione di impatto:



3. Valutazione degli impatti - categorie



4. Interpretazione

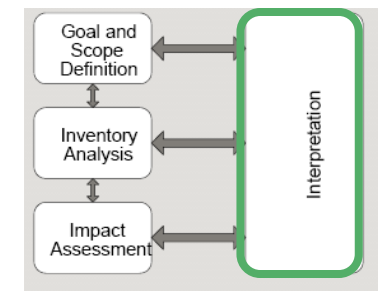


- **Analisi di coerenza;**
- **Analisi di completezza;**
- **Analisi di contributo;**
- **Analisi di sensibilità e incertezza;**
- **Conclusioni & raccomandazioni.**

I **risultati** dei tre stadi precedenti vengono **confrontati con gli obiettivi precedentemente dichiarati** al fine di trarre **conclusioni e proporre miglioramenti e raccomandazioni**. → In generale è importante chiedersi se i risultati ottenuti sono coerenti con quanto dichiarato nella definizione degli obiettivi

4. Interpretazione

- Identificazione dei **problemi** significativi sulla base dei risultati LCI e LCIA
- **Analisi** di sensitività
- Verifiche di **completezza** e **coerenza**
- **Conclusioni** / Limitazioni / Raccomandazioni



Alcune decisioni critiche della modellizzazione

- Raccolta dei dati
- Determinazione del limite del sistema
- Valutazione degli impatti ambientali e sociali
 - Determinazione degli equivalenti (CO2 equivalente/metodo di valutazione dell'impatto)
 - Considerare le specificità regionali
 - Valutazione dei risultati (cambiamento climatico vs. ecotossicità)
- Trattamento dei sottoprodotti

Debolezze dell'LCA

- L'implementazione richiede molto tempo (a seconda dei confini del sistema e del numero di processi di foreground, della quantità di dati da raccogliere, ecc.)
- Vengono affrontati solo gli effetti potenziali
- Devono essere fatte molte assunzioni/decisioni (UF, confini del sistema, metodo di allocazione, durata delle macchine, comportamento dei consumatori (ad esempio, uso/smaltimento corretto?)
 - Manipolazione e mancanza di comparabilità tra gli studi
- I risultati sono difficili da comunicare

Punti di forza dell'LCA

- Buona panoramica degli impatti ambientali e sociali durante l'intero ciclo di vita, a seconda del metodo di valutazione dell'impatto e delle categorie utilizzate
- Identificazione dei punti deboli, del potenziale di ottimizzazione (ad es. hotspot sociali), ma anche delle opportunità del prodotto oggetto dello studio
- Possibilità di confronto tra processi, prodotti, aziende o sedi
- Possibile combinazione di LCA e S-LCA con la LCC → studio completo di sostenibilità

Sommario

1. Introduzione alla metodologia di Analisi del ciclo di vita (LCA)
- 2. Introduzione al software openLCA**
3. Importazione ed esportazione di database e dataset in openLCA
4. Creazione di flussi e processi in openLCA

openLCA

- un approccio libero e professionale alla valutazione del ciclo di vita: performante, ricco di funzionalità, (relativamente) facile da usare, tecnicamente aggiornato
- sviluppato da GreenDelta dal 2006
- completamente Open Source (Mozilla Public License)

openLCA

- nativo per Windows, Mac OS e Linux
- comunità di utenti consolidata e in crescita
- Più di 10.000 download all'anno
- la più ampia selezione di database LCI e di sostenibilità, compatibili e rilevanti, disponibili in tutto il mondo (!)

openLCA - applicazioni (generiche)

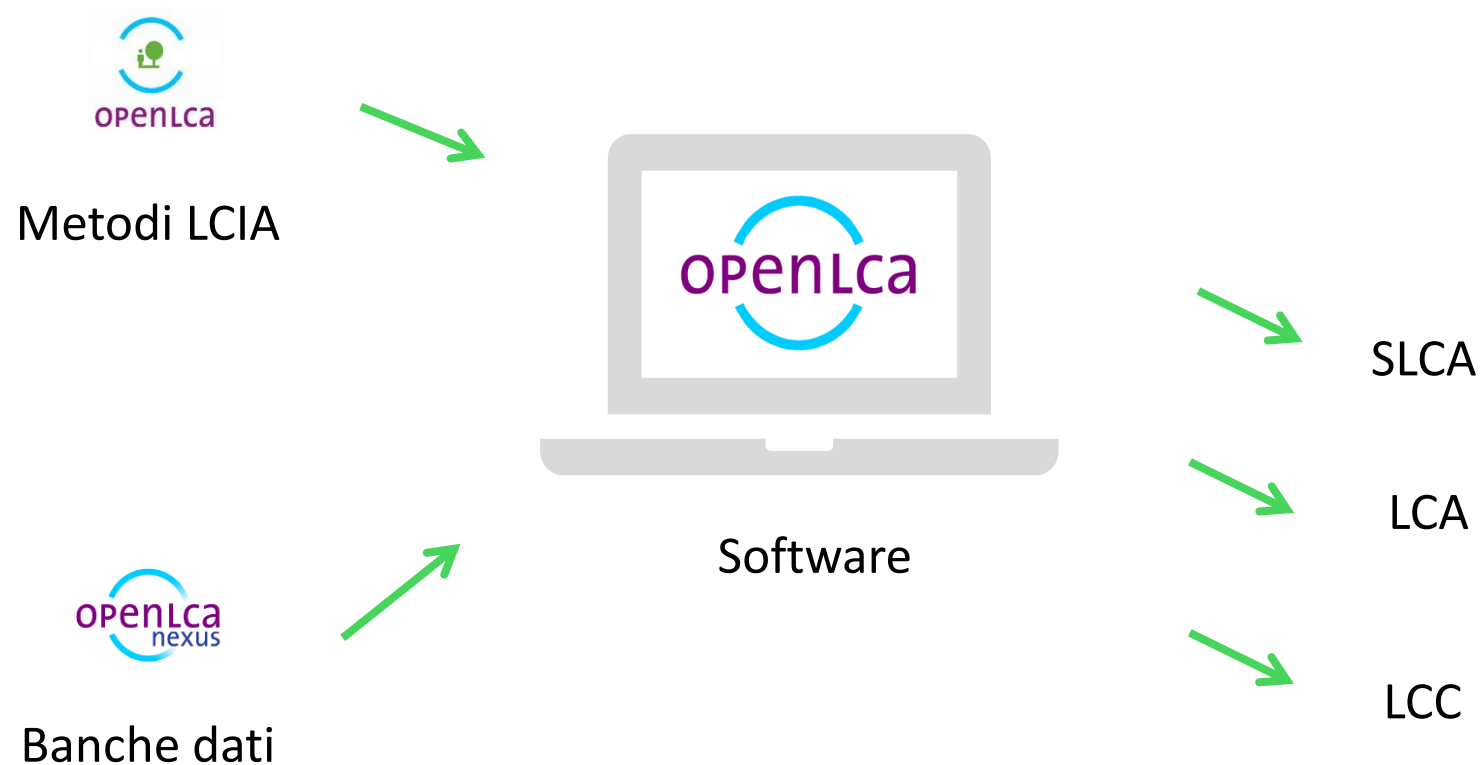
- Life Cycle Assessment, Life Cycle Costing, Social Life Cycle Assessment
- Carbon & Water footprint
- Impronta ambientale del prodotto (Product Environmental Footprint, PEF)
- Dichiarazioni ambientali di prodotto (es. EPD)
- Etichetta «Design for the Environment» dell'Agenzia per la protezione dell'ambiente degli Stati Uniti (US EPA)
- Politica Integrata di Prodotto (Integrated Product Policy)

openLCA - panoramica delle funzionalità

Tutte le funzionalità che ti aspetti per la modellizzazione e l'analisi LCA professionale:

- lavorare e creare sistemi di prodotti più piccoli e molto grandi
- "autoconnect" (come in SimaPro) o tramite connessione manuale (come in GaBi)
- Utilizzo parametri e analisi di sensibilità
- scripting (Javascript, Python, SQL)
- espansione e allocazione del sistema
- Qualità dei dati valutazione dell'incertezza
- Simulazione Monte Carlo, Calcolo LCIA con normalizzazione e ponderazione opzionali
- funzioni avanzate di analisi dei risultati
- integrazione GIS
- interfacce di importazione ed esportazione
- Funzioni di collaborazione di gruppo, "LCA Collaboration Server«
- Analisi del costo di ciclo di vita (LCC), ...

Cosa è necessario per elaborare una LCA con openLCA?



openLCA: perché open source?

- **flessibilità** e **libertà**, sia per l'utente che per lo sviluppatore
- la **sicurezza**, la **responsabilità** e lo stile di codifica di **alta qualità** sono visibili a tutti; soluzioni "rapide e sporche" non possono essere nascoste
- **vantaggio in termini di costi**, nonostante i costi di manutenzione, configurazione e supporto per gli sviluppatori dietro le quinte
- la natura open-source del software lo rende molto **adatto per l'uso con dati sensibili** (punto portato avanti da Lockheed Martin, utente di openLCA)
- **nessun ulteriore obbligo per gli utenti**, in particolare nessun obbligo di condivisione / distribuzione / ... per i processi e sistemi creati con openLCA

Requisiti di sistema

Software richiesto:

- Mac OS: Kit di sviluppo Java 8

Software, opzionale:

- Windows a 64 bit (per il supporto dei browser moderni): Microsoft Visual C++ 2010 Pacchetto redistribuibile (x64)
- Linux (per calcoli ad alte prestazioni): libgfortran3

Hardware:

- CPU con 2 GHz o superiore
- 10 GB per un lavoro ottimale
- 500 MB di spazio libero su disco + spazio per i database (ad esempio, ecoinvent 3 richiede ~250 MB)

Download e installazione di openLCA

Scarica openLCA a: <http://openlca.org/downloads>

Due opzioni: versione del programma di installazione e file zip

Downloads

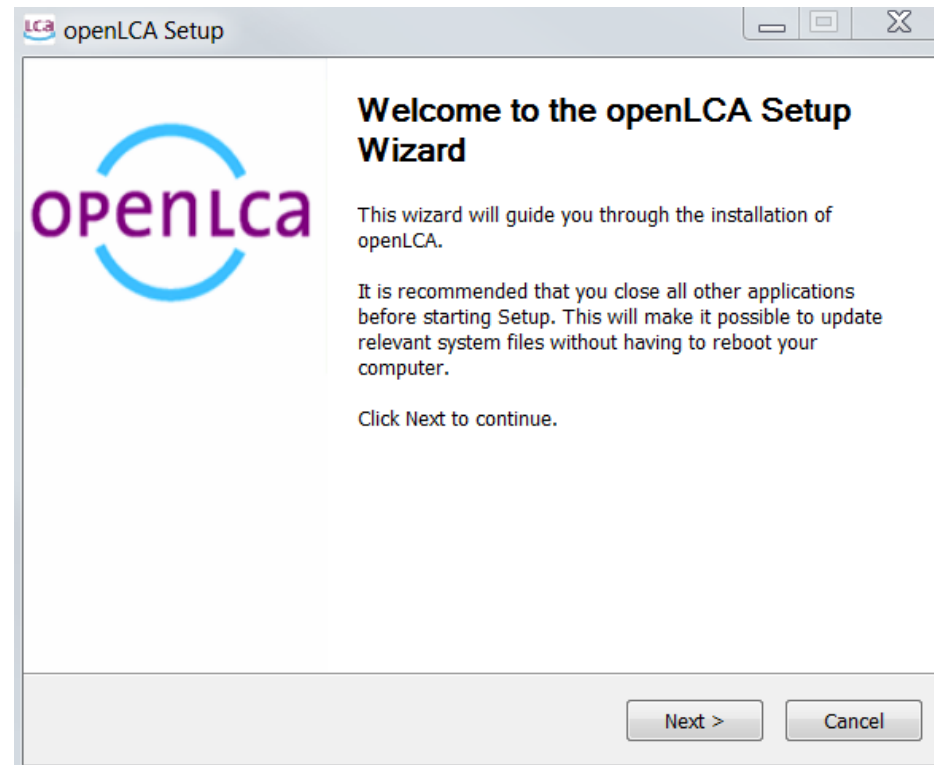


openLCA

Here's presenting the latest version 1.11.0 (release date: February 09th, 2022). We recommend using this version. Our tests have not shown any issues, but should you run into any, please let us know. Thanks in advance!

Windows	Mac	Linux	Sources	Latest builds
To use openLCA in windows, download the zip-archive below: Just unzip the archive and start openLCA.exe. To uninstall it, just delete the created folder. You can have several versions of openLCA in different folders on the same computer. openLCA 1.11.0 zip-archive: openLCA_win64_1.11.0_2022-02-09.zip Alternatively, you can install openLCA with the installer below. If you have an older openLCA version installed (via the installer) you should uninstall it first. openLCA 1.11.0 installer: openLCA_win64_1.11.0_2022-02-09.exe				

Programma di installazione openLCA

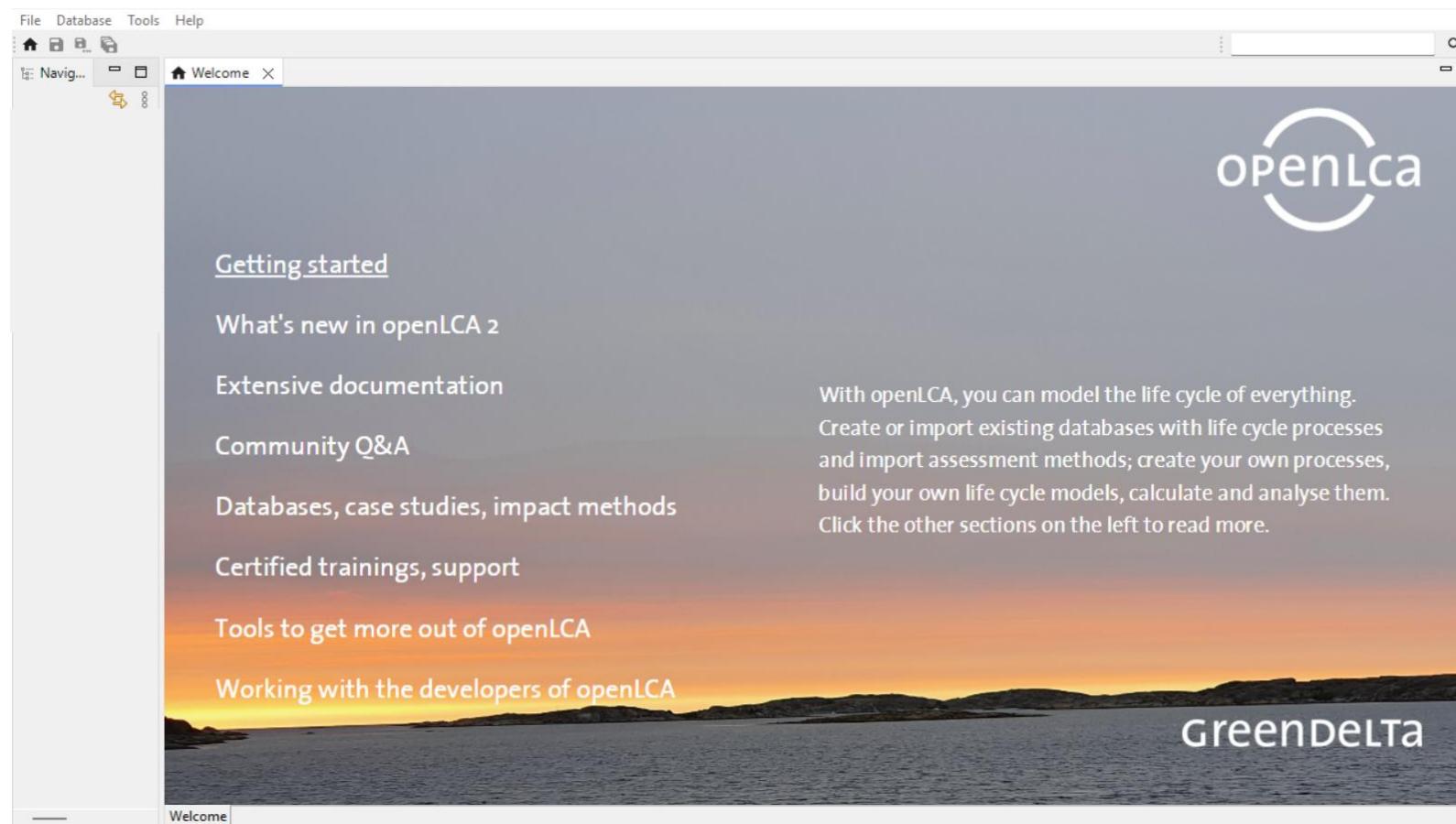


Esercizio 1: installazione di openLCA

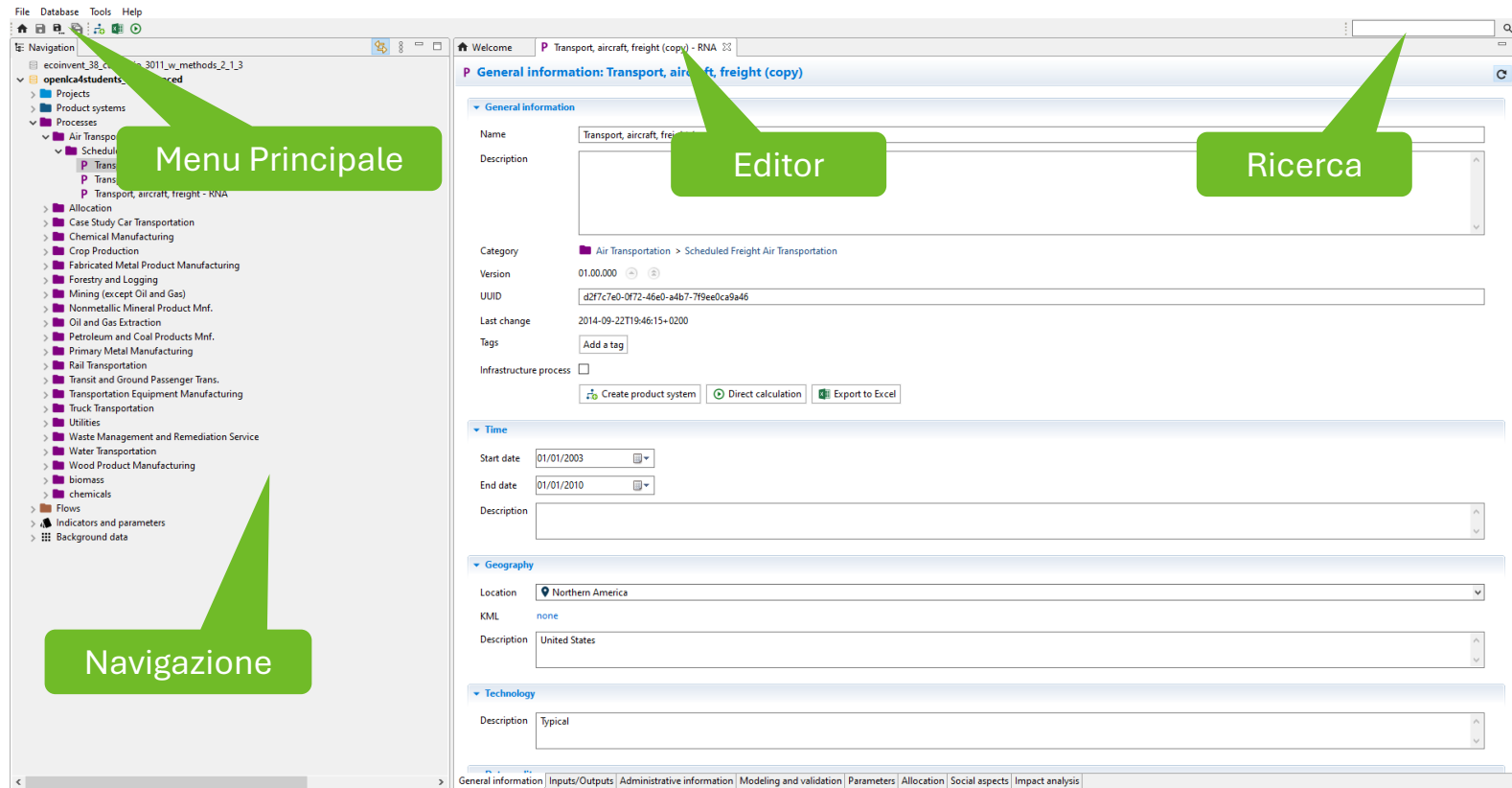
✓ Installare openLCA sul tuo computer ed eseguirlo

✓ 5 minuti

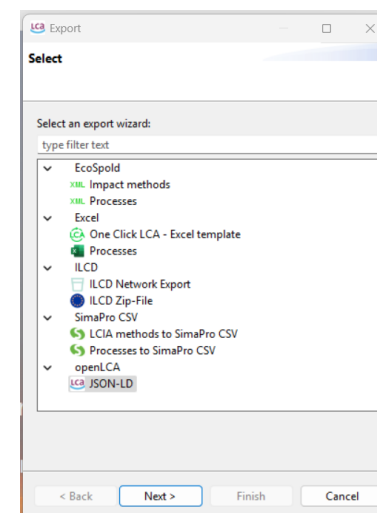
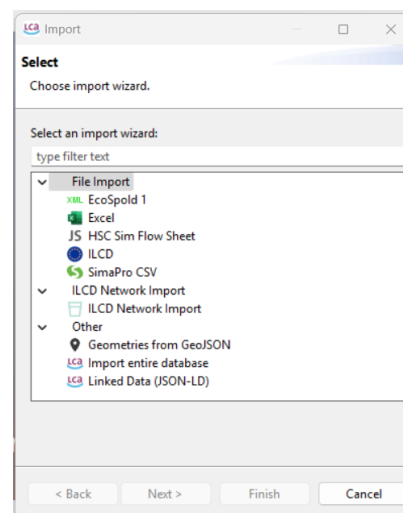
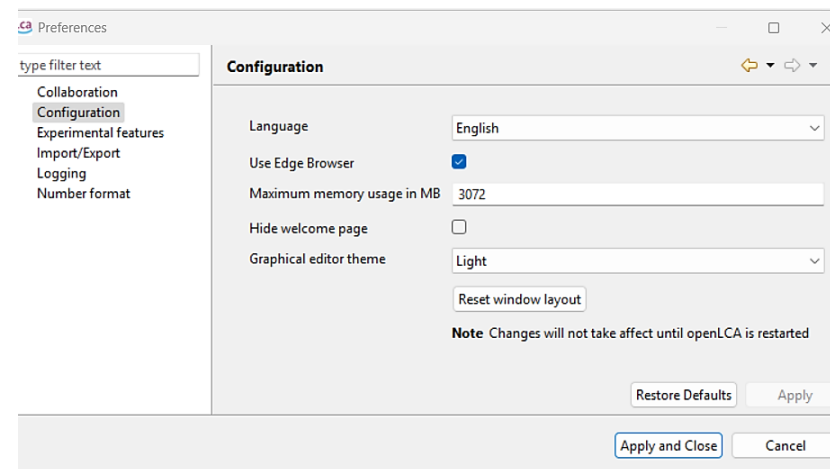
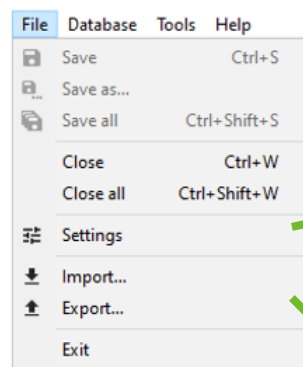
Benvenuto su openLCA!



Panoramica di openLCA

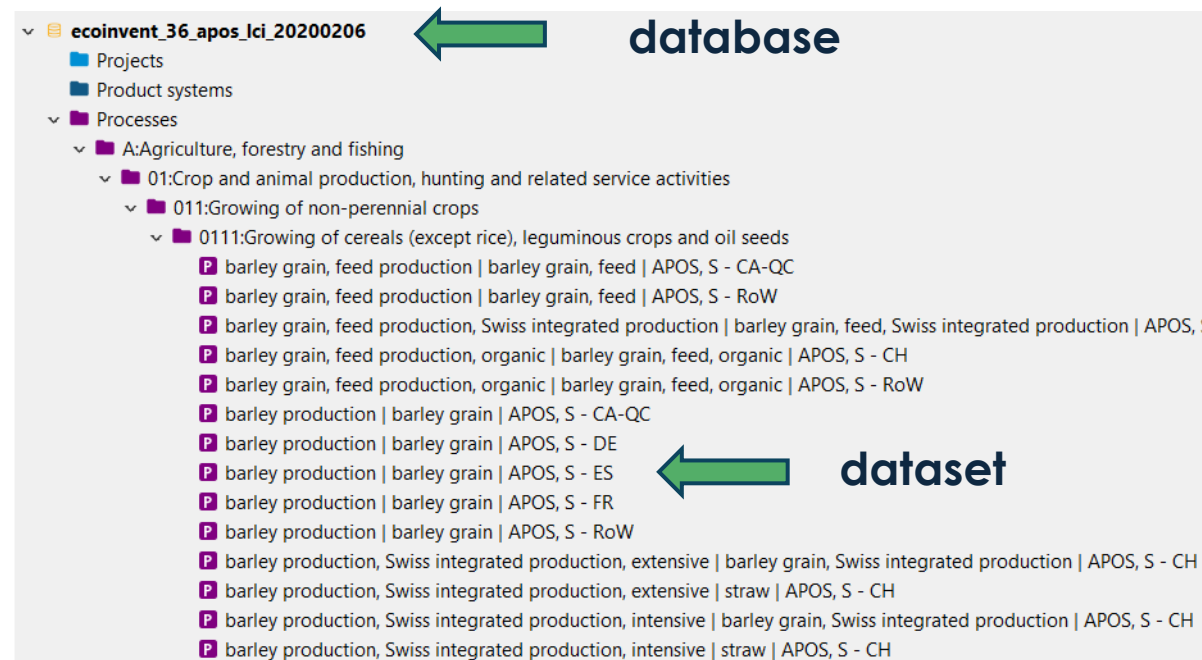


Funzioni principali del menu



Set di dati e banche dati

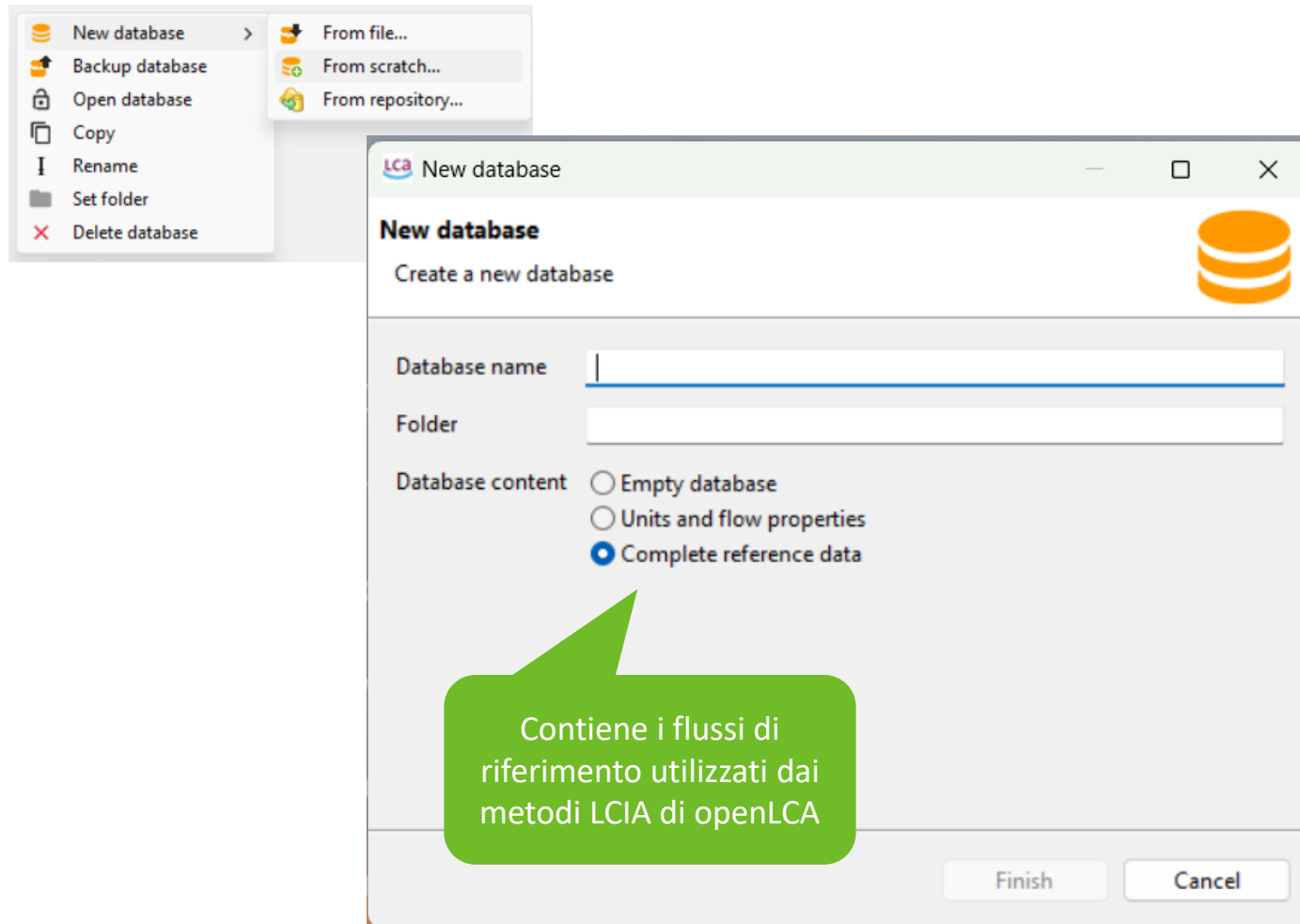
Un database è "una raccolta organizzata di set di dati LCI che si conforma completamente o parzialmente a un insieme comune di criteri, tra cui metodologia, formato, revisione e nomenclatura" [*The Shonan Guidance Principles, UNEP/SETAC 2011*]



Creare un nuovo database



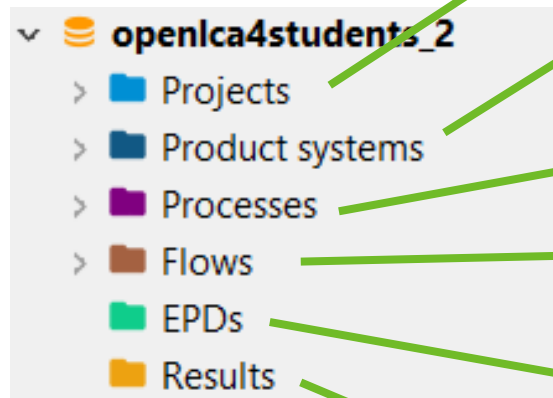
Creare un nuovo database (locale)



Esercizio 2: creare un nuovo database

- ✓ Creare un database (locale)
- ✓ Accettare i valori predefiniti (database locale e dati di riferimento completi)
- ✓ 5 minuti

Elementi di database (1/2)



Projects: confronto tra numerosi product systems

Product systems: reti di processo (necessarie per calcolare i risultati dell'inventario e la valutazione dell'impatto)

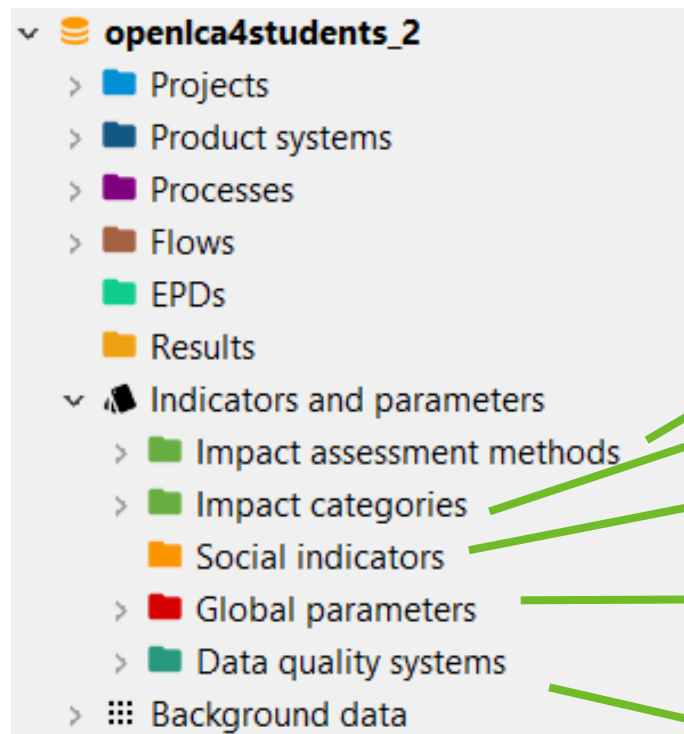
Processes: produzione o modifica di materiali/prodotti

Flows: flusso di prodotti, materiali e flussi elementari

EPDs: memorizzazione di informazioni utilizzando la nomenclatura ufficiale delle fasi del ciclo di vita

Results: risultati calcolati salvati (Valutazioni d'impatto e contributo ai risultati)

Elementi di database (2/2)



LCIA Methods: possono essere scaricati all'indirizzo openlca.org/downloads

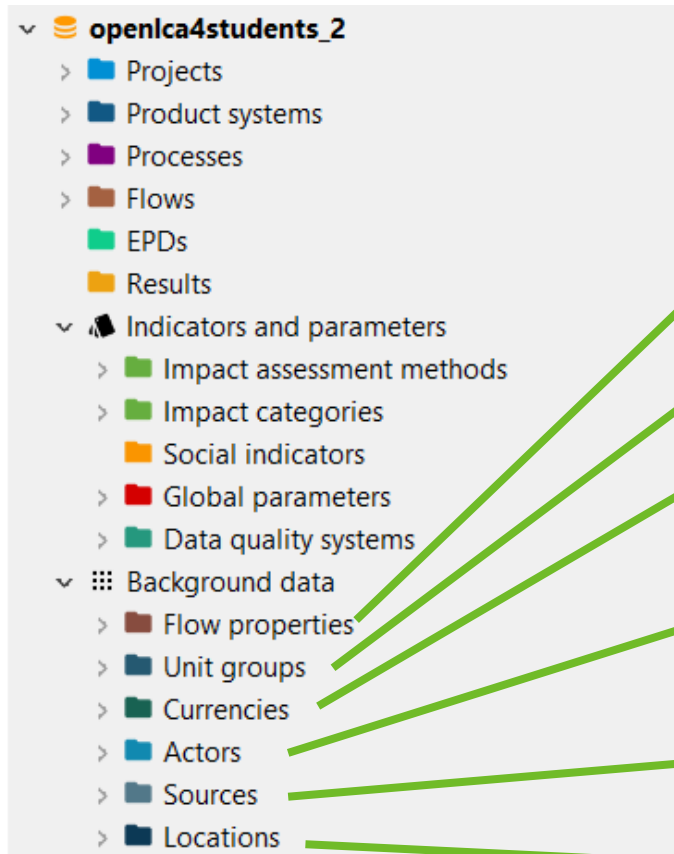
Impact categories: utilizzate nei metodi LCIA

Social indicators: Indicatori per l'LCA sociale

Global parameters: Parametri disponibili all'interno dell'intero database

Data Quality Systems: Sistemi per la definizione della qualità dei dati dei processi e degli scambi

Elementi del database: background data



Flow properties: ad esempio, lunghezza, massa, ecc.

Unit groups: Gruppi di unità

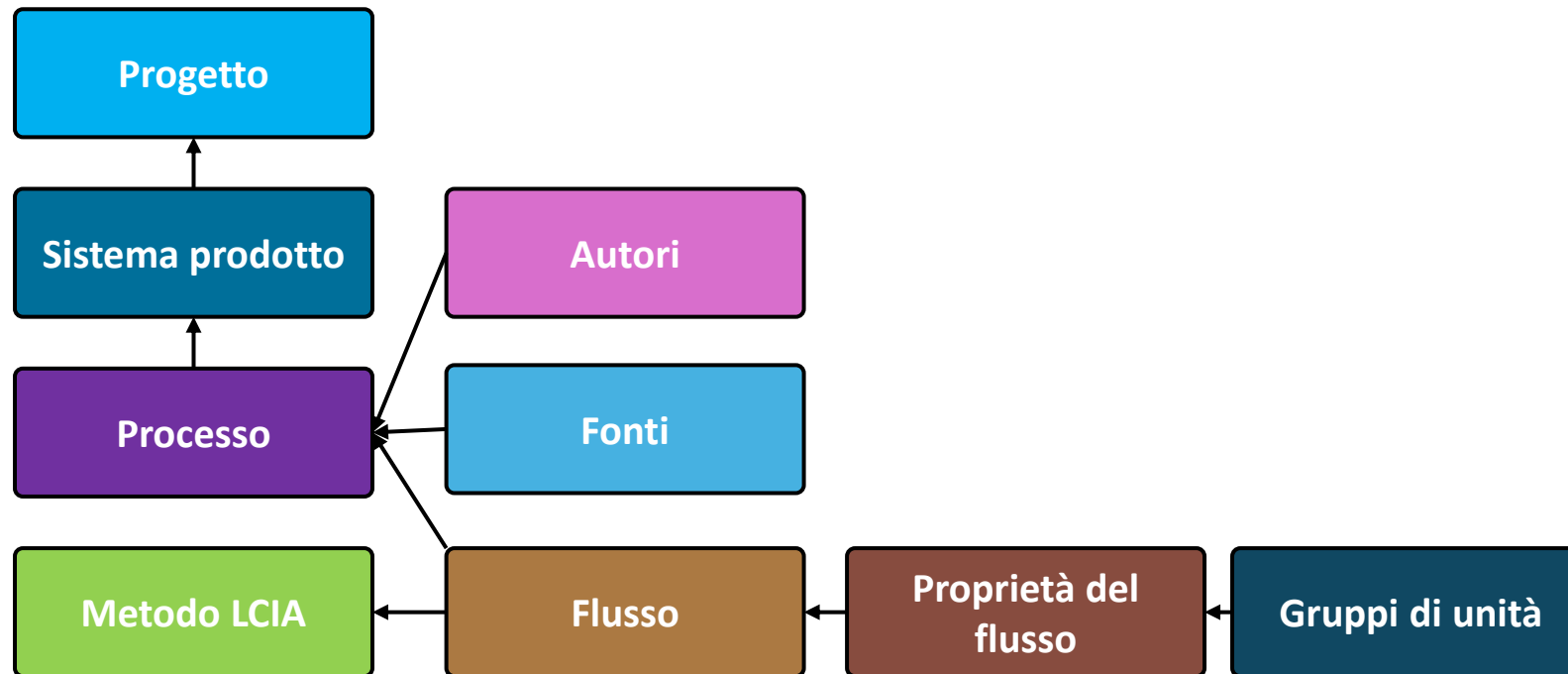
Currencies: Valute e tassi di cambio (Euro, Dollaro USA, ecc.)

Actors: Persone che hanno fornito dati o modificato modelli

Sources: Letteratura

Locations: Sedi dei processi

Struttura degli elementi in openLCA



La direzione della freccia rappresenta la direzione in cui fluiscono le informazioni

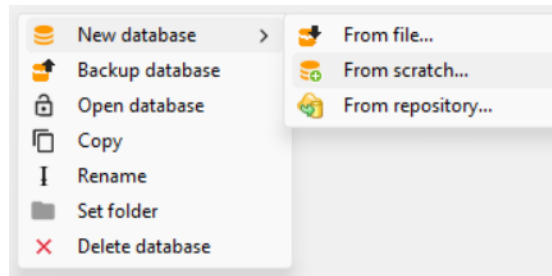
Sommario

1. Introduzione alla metodologia di Analisi del ciclo di vita (LCA)
2. Introduzione al software openLCA
- 3. Importazione ed esportazione di database e dataset in openLCA**
4. Creazione di flussi e processi in openLCA

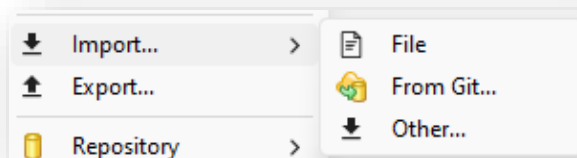
Importazione di un *database* in openLCA

Vi sono due opzioni per importare un database in openLCA:

1. **Creare** un nuovo database caricando un file in locale (formato. zolca)



2. **Importare** un file (diversi formati)

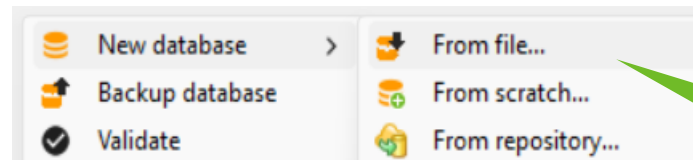


Importazione di un *database* in openLCA

1. Creare un nuovo database caricando un file in locale (formato. zolca)

L'importazione di un intero database openLCA nel menù di Navigazione è utile, ad esempio, per il ripristino dei backup o per la migrazione di tutto il lavoro LCA da un progetto o da un collega.

Il database da ripristinare deve essere in formato .zolca

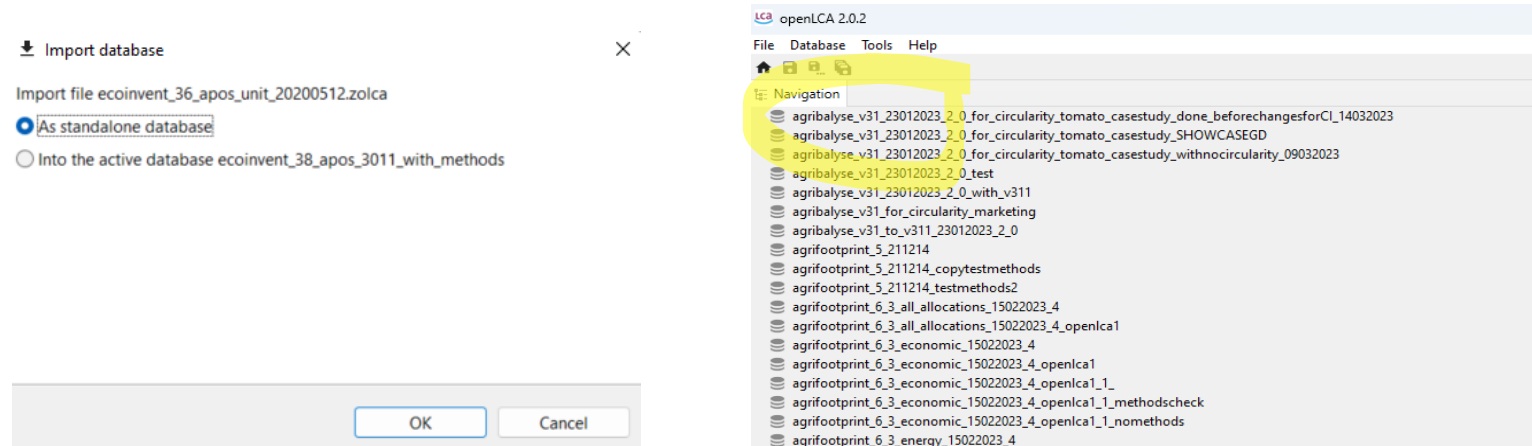


Cliccare con il tasto destro su Navigazione, selezionare "From file"

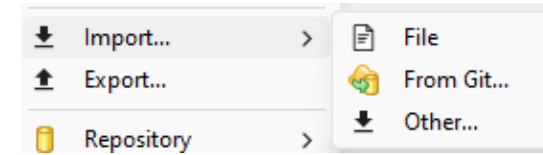
Importazione di un *database* in openLCA

2. Importare un file in formato .zolca

- Opzione per l'importazione come «standalone database»
- Opzione per l'importazione in un database attivo



Importazione di *dati*



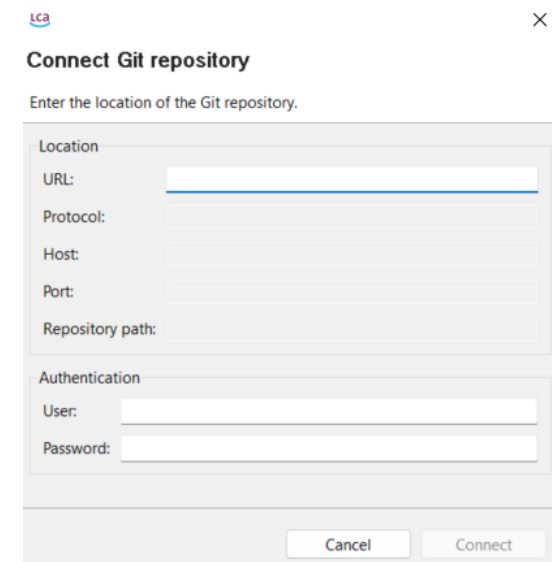
Vi sono tre modi per importare dati (es. dataset/metodi LCIA nel database attivo):

1. Importare un *File*

- E' possibile selezionare qualsiasi file presente sul dispositivo
- Deve essere un formato supportato da openLCA
- Dopo aver selezionato il file, si aprirà la procedura guidata di importazione.
- openLCA riconoscerà automaticamente il formato del file.

2. Importare da *Git*

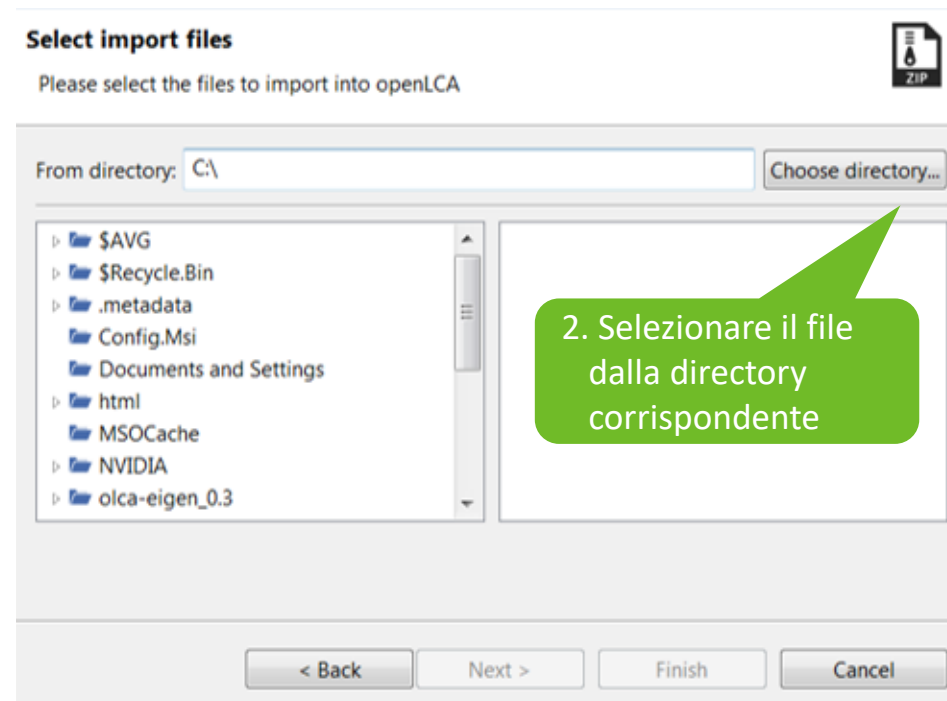
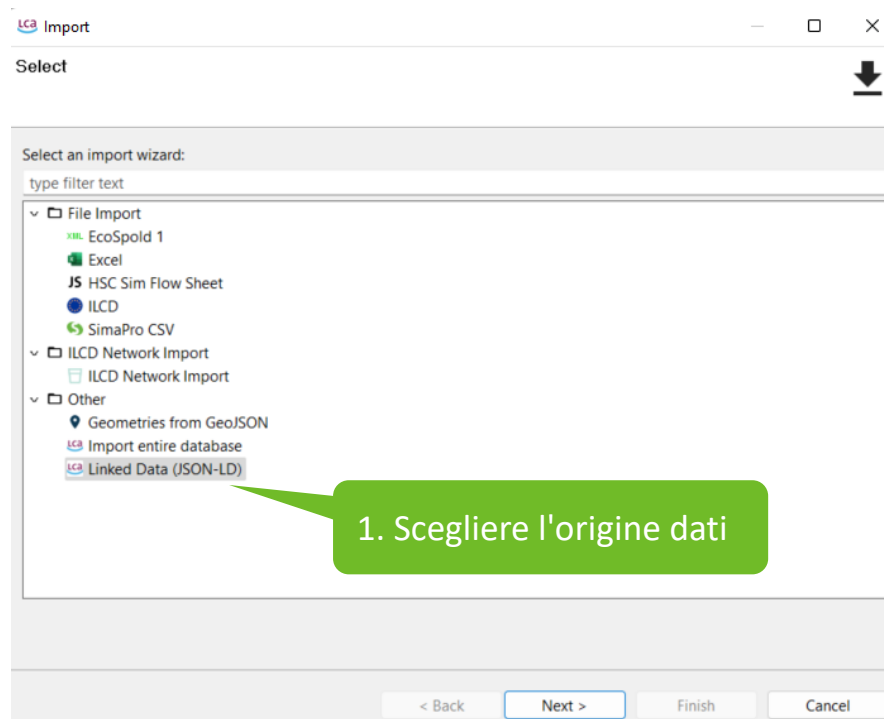
- Si aprirà la procedura guidata di importazione
- E' necessaria la connessione connettersi a una repository Git



Tre opzioni per l'importazione di *dati*

3. Importare un altro formato («Other»)

- Si aprirà la procedura guidata di importazione e sarà necessario selezionare l'origine dati



Gestione dei dati in openLCA

I nuovi database in openLCA sono inizialmente vuoti (ad eccezione dei «Reference data»), ma i dati possono essere importati facilmente

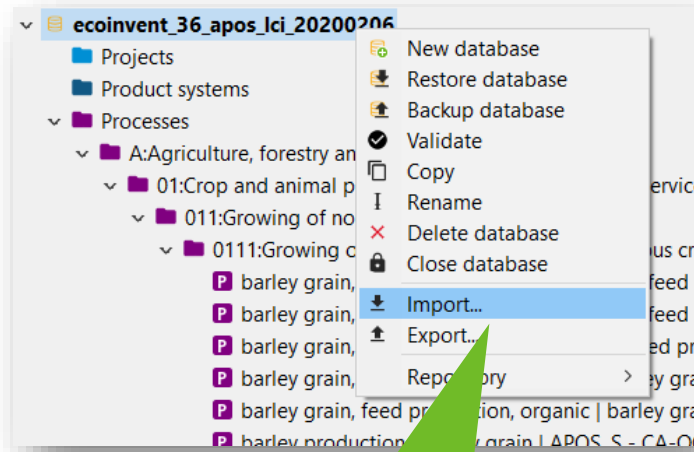
Formati di importazione ed esportazione supportati:

- EcoSpold1 e 2
- ILCD (non decomprimere!)
- JSON-LD (non decomprimere!)
- Excel
- SimaPro CSV
- .zolca

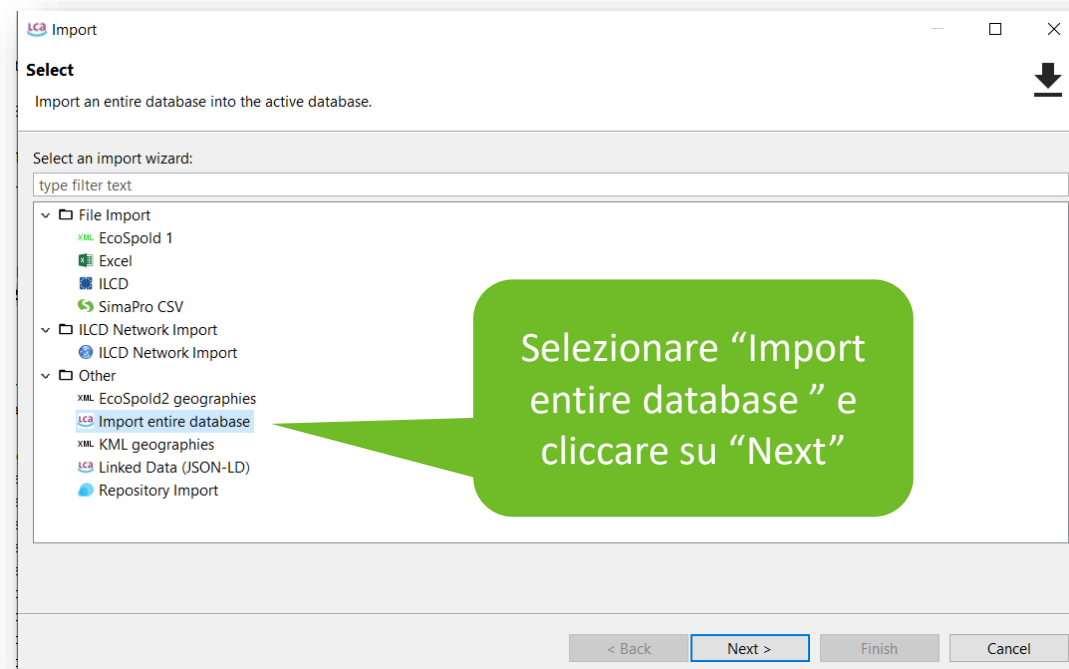
È possibile utilizzare più di un database; i database sono indipendenti l'uno dall'altro e solo un database è "attivo" alla volta, tutti gli altri sono "disattivati"

E' possibile salvare i propri dati; ogni elemento del software può essere personalizzato.

Importare i metodi di LCIA in un database (come file .zolca) – 1/2

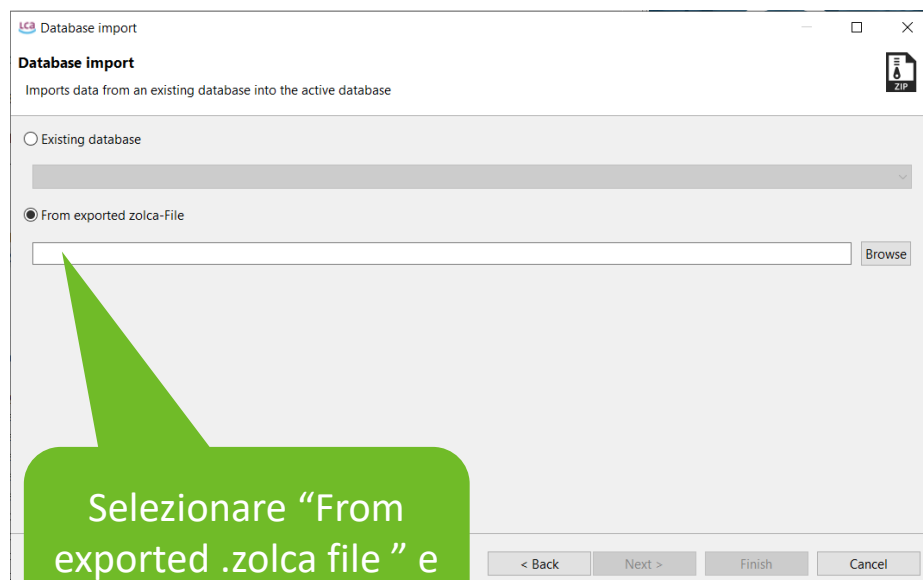


Cliccare con il pulsante destro del mouse sul database, selezionare "Import"

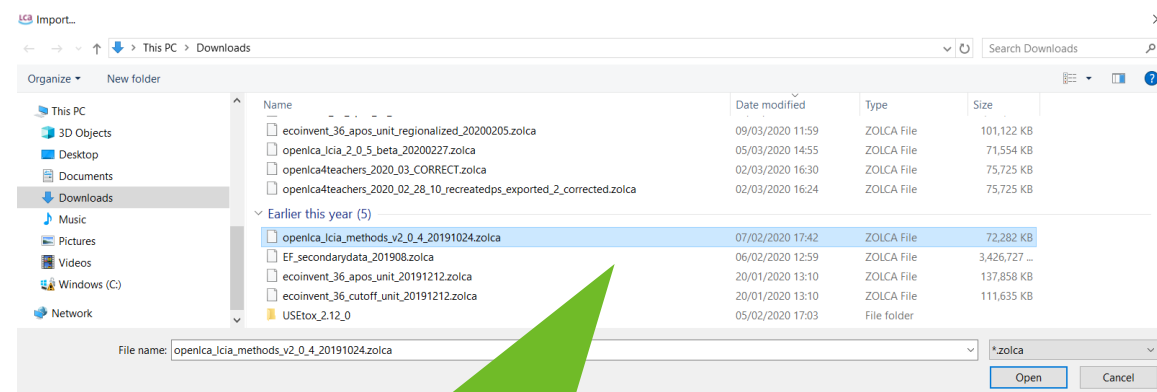


Selezionare “Import entire database” e cliccare su “Next”

Importare i metodi di LCIA in un database (come file .zolca) – 2/2

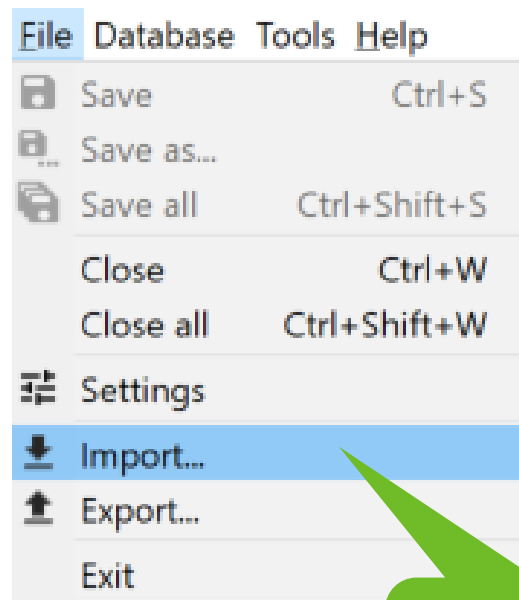


Selezionare “From exported .zolca file” e cliccare su “Browse”

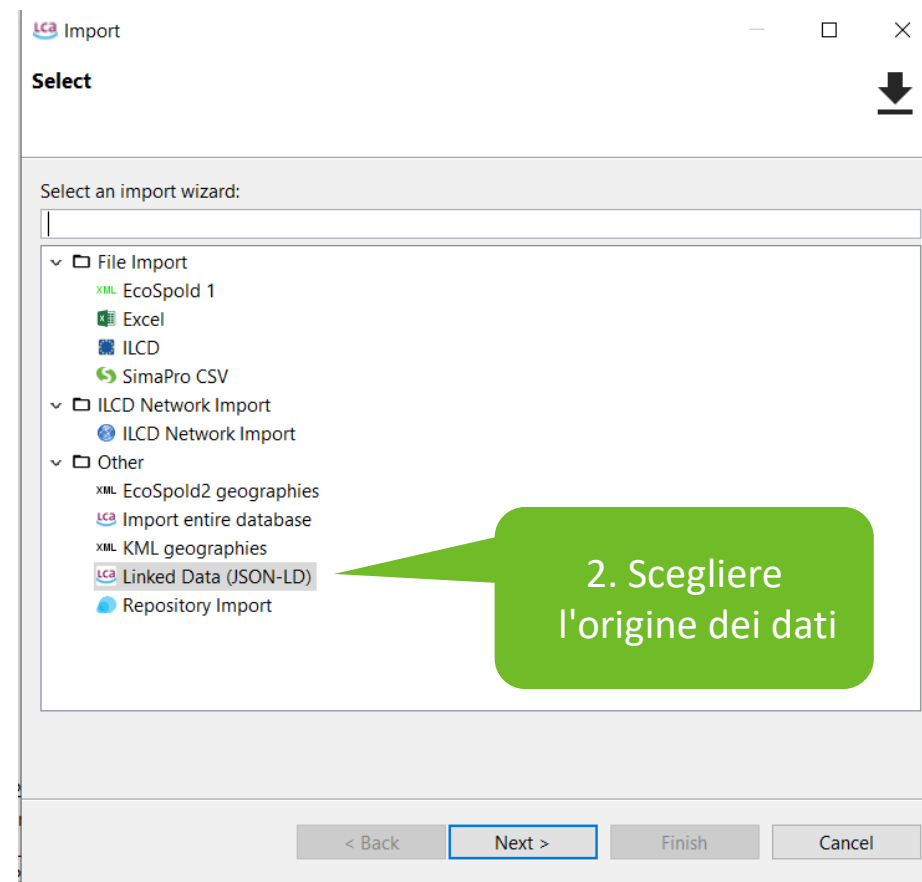


Selezionare il file .zolca contenente i metodi e cliccare su “Open”

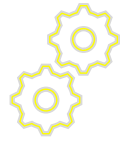
Importare i metodi di LCIA in un database (come file JSON-LD)



1. Andare su File
→ Import



2. Scegliere
l'origine dei dati



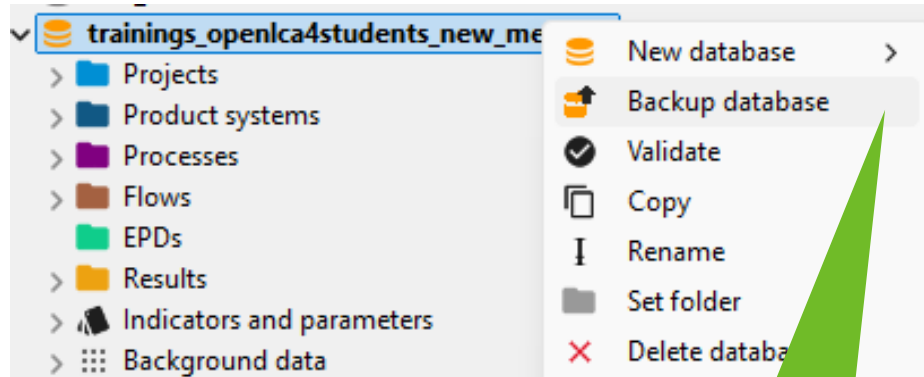
Esercizio 3: importazione

- ✓ Importare il file del database openLCA "openlca4students.zolca" in openLCA.
- ✓ Importare il file "2022_openlca_lcia_methods_v2_0_4_20191024" nel database importato
- ✓ 10 min

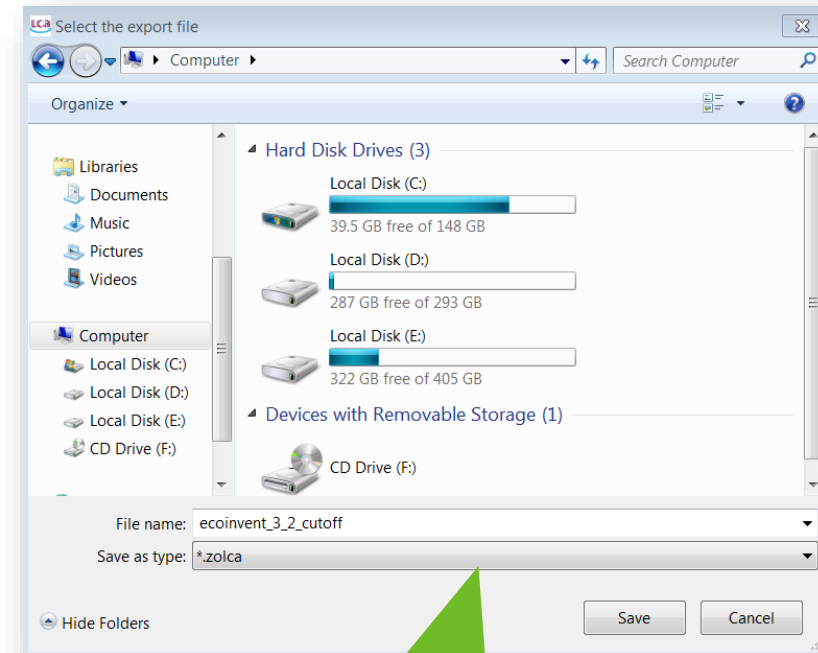
ATTENZIONE!

- I database in openLCA sono *locali* sul computer!
- NON viene eseguito automaticamente il backup
- È buona norma salvare i database in uno spazio sicuro, ad esempio nel cloud.

Esportazione: backup di database openLCA

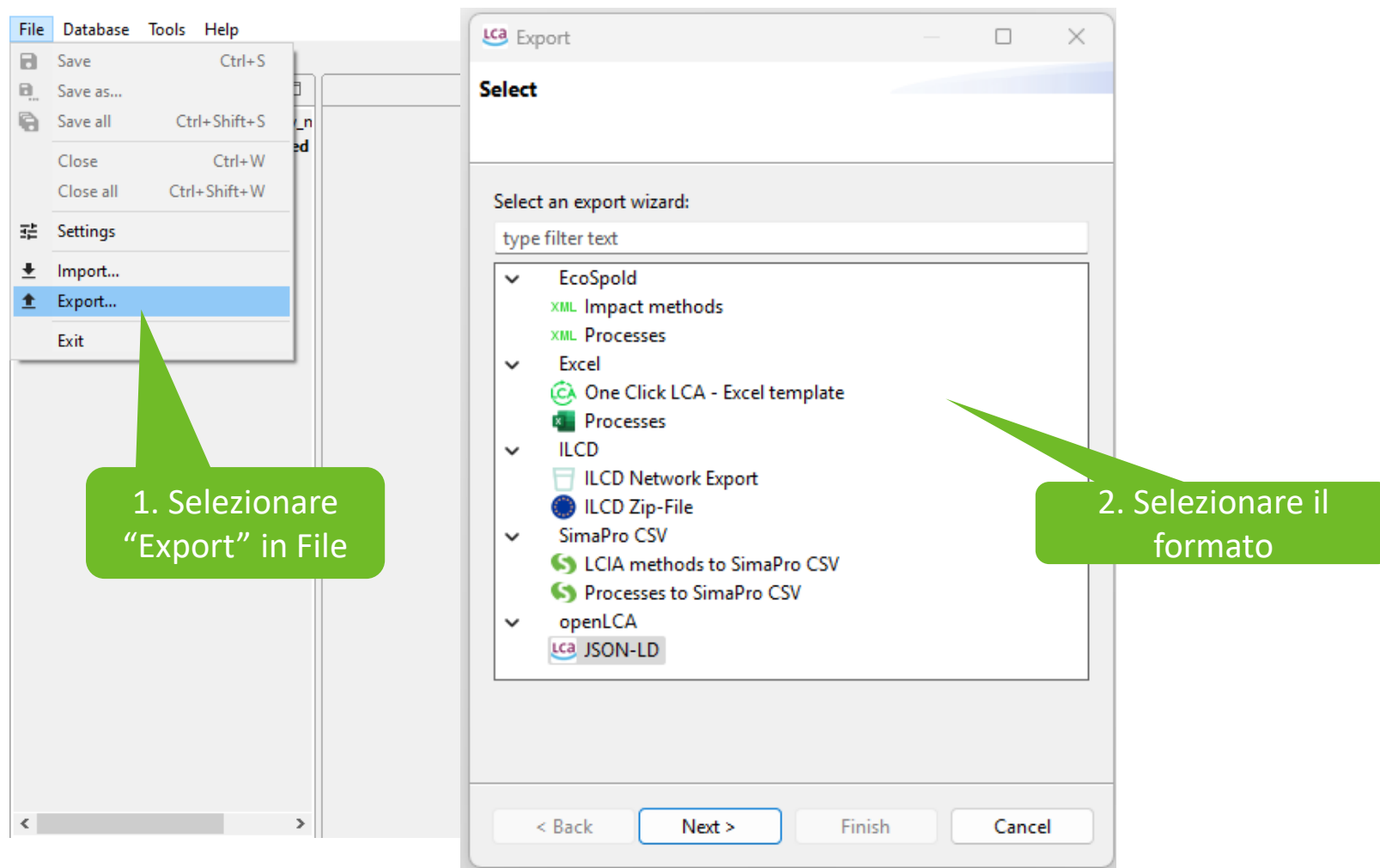


1. Cliccare con il pulsante destro del mouse sul nome del database e selezionare "Backup database"

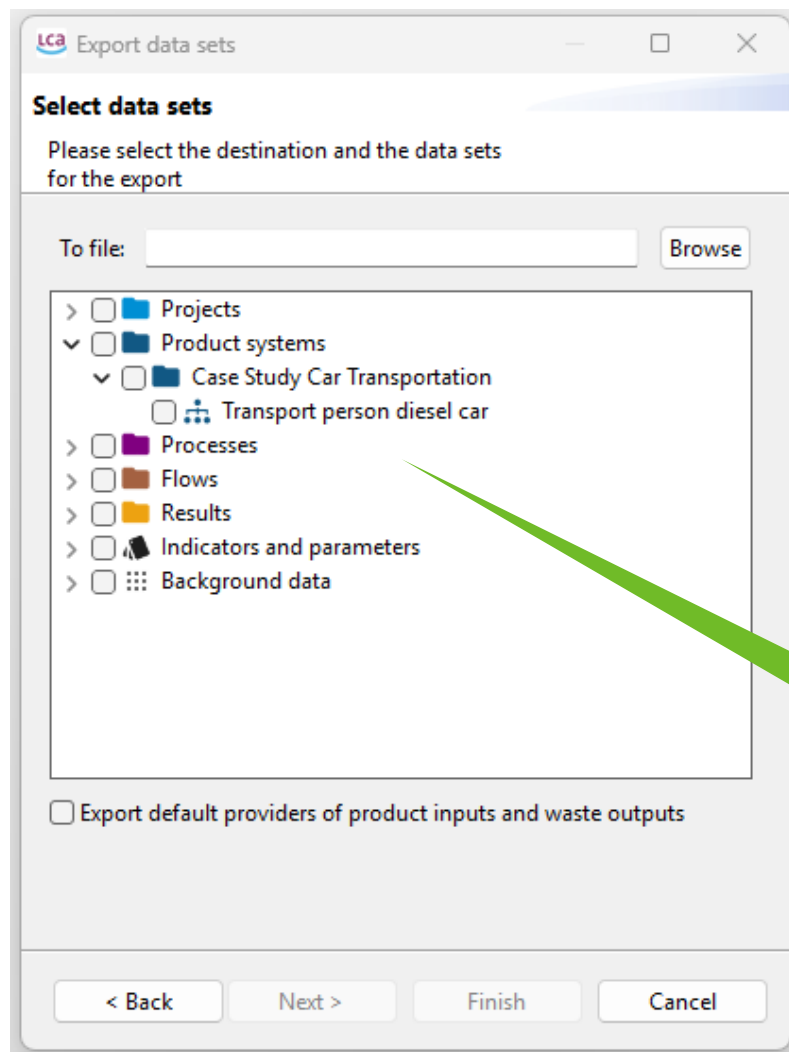


2. Selezionare la directory e il nome per il file .zolca

Esempio: processo di esportazione (1/3)



Esempio: processo di esportazione (2/3)

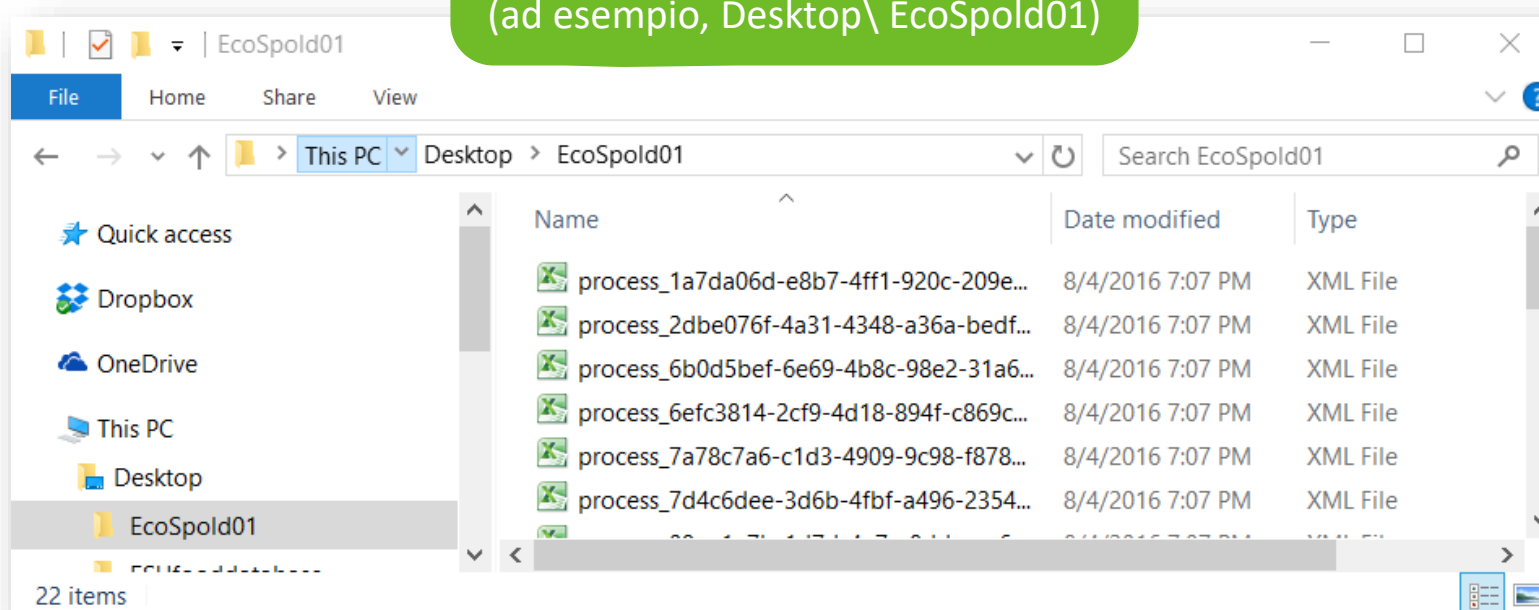


3. Selezionare la directory in cui verranno archiviati i dati

4. Selezionare gli elementi da esportare

Esempio: processo di esportazione (3/3)

Nella directory selezionata viene creata una cartella con il nome del formato di esportazione (ad esempio, Desktop\ EcoSpold01)



Formati di esportazione

EcoSpold

- Processi
- Metodi di valutazione dell'impatto

ILCD

- Attori
- Proprietà del flusso
- Flussi
- Metodi LCIA
- Processi
- Sistemi di prodotto
- Fonti
- Gruppi di unità

Excel

- Processi
- Risultati rapidi
- Risultati dell'analisi
- Risultati della simulazione Monte Carlo
- Sistemi di prodotto:
 - Flussi elementari
 - Flussi di prodotto
 - Fattori LCIA

JSON-LD

- Ogni elemento di un database openLCA

CSV-Matrix

- Grafico di un sistema di prodotti

Immagini

- Diagrammi

HTML

- Rapporto di progetto

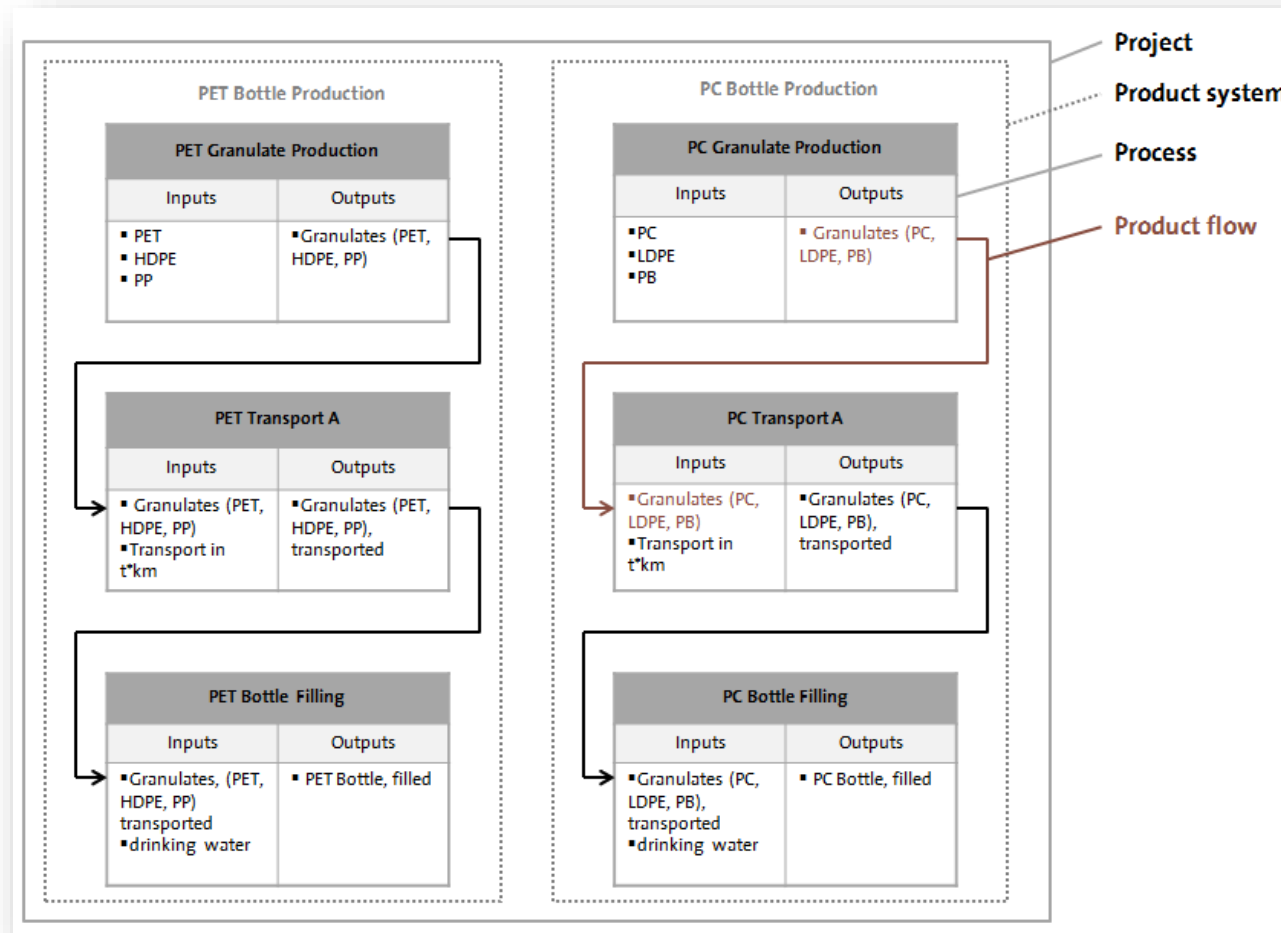
script openLCA(.zolca)

- Complete databases

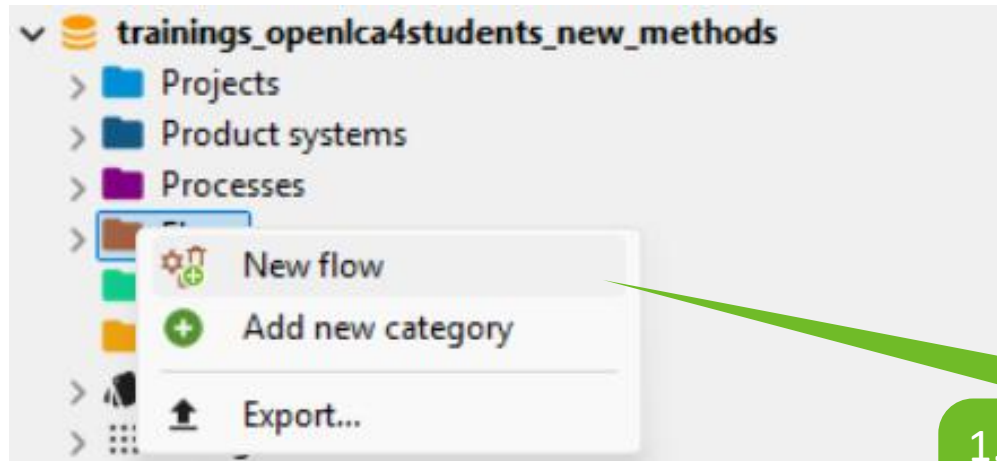
Sommario

1. Introduzione alla metodologia di Analisi del ciclo di vita (LCA)
2. Introduzione al software openLCA
3. Importazione ed esportazione di database e dataset in openLCA
- 4. Creazione di flussi e processi in openLCA**

Modellizzazione in openLCA: Flussi



Flussi: creazione di un nuovo flusso (1/3)



1. Cliccare con il tasto destro sulla cartella "Flows", selezionare "create new flow"

Flussi: creazione di un nuovo flusso (2/3)

New flow
Creates a new flow

Name

Description

Flow type
Elementary flow

Reference flow property
Mass

Finish Cancel

2. Assegnare un nome al flusso e definire il tipo e la proprietà del flusso di riferimento. Quindi fare clic su “Finish”.

Flussi: creazione di un nuovo flusso (2/3)

Tre diversi tipi di flussi

Elementary flow

Flussi elementari

- Emissioni in atmosfera
- Emissioni nel suolo
- Emissioni in acqua
- Emissioni immateriali
- Risorsa
- Spreco

Waste

Flussi di rifiuti

- Rifiuti solidi
- Liquami

Product

Flussi di prodotto

- Tutte le altre attività materiali
- Processi
- Elettricità
- Trasporto
- Può anche rappresentare un rifiuto

Flussi: creazione di un nuovo flusso (3/3)

[illegible]

3. Si aprirà una nuova finestra nell'editor.
Ulteriori proprietà del flusso possono essere aggiunte nella scheda "Flow properties" , ma non dimenticare il fattore di conversione!

Flussi: informazioni e proprietà

Welcome

Electricity, at grid, CL

General information: Electricity, at grid, CL

General information

Name

Electricity, at grid, CL

Category

Product flows

Description

Version: 01.00.000

UUID: a25f87d0-8552-42c6-a48e-f3c8d77fea84

Tags

Add a tag

Infrastructure flow

☐

Flow type

Product

Create process

Used in processes

Additional information

CAS number

Formula

Synonyms

Location

- none -

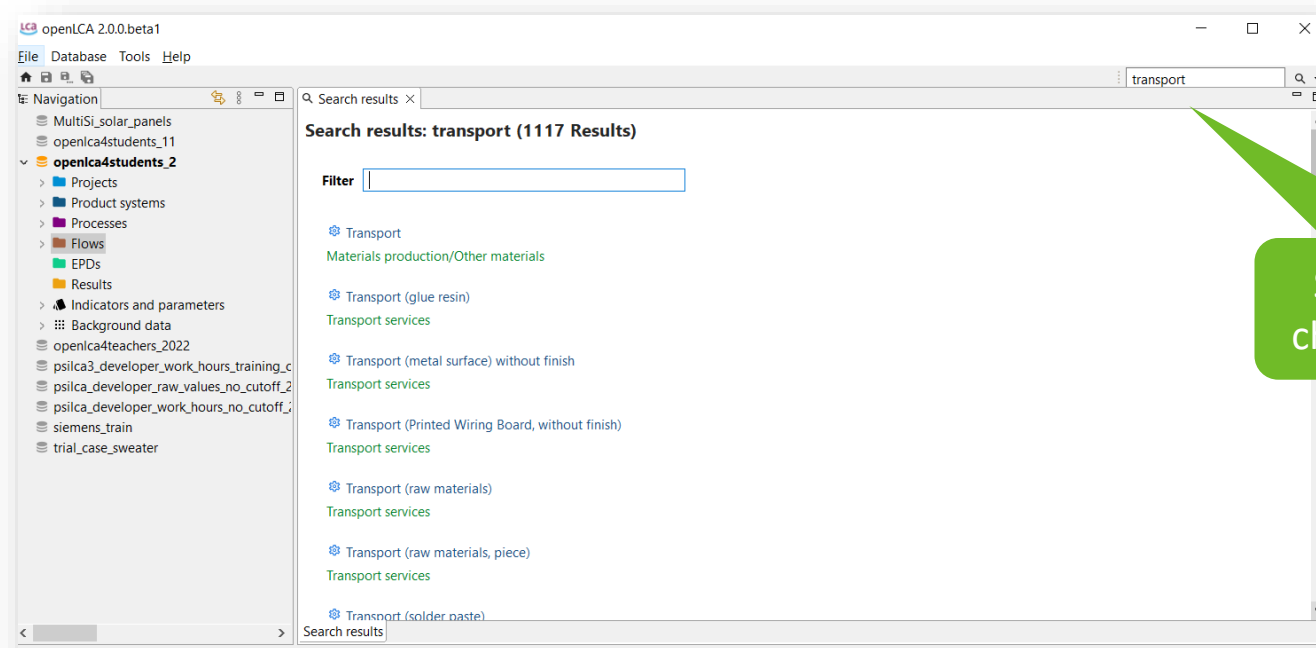
General information

Flow properties

[illegible]

Ricerca

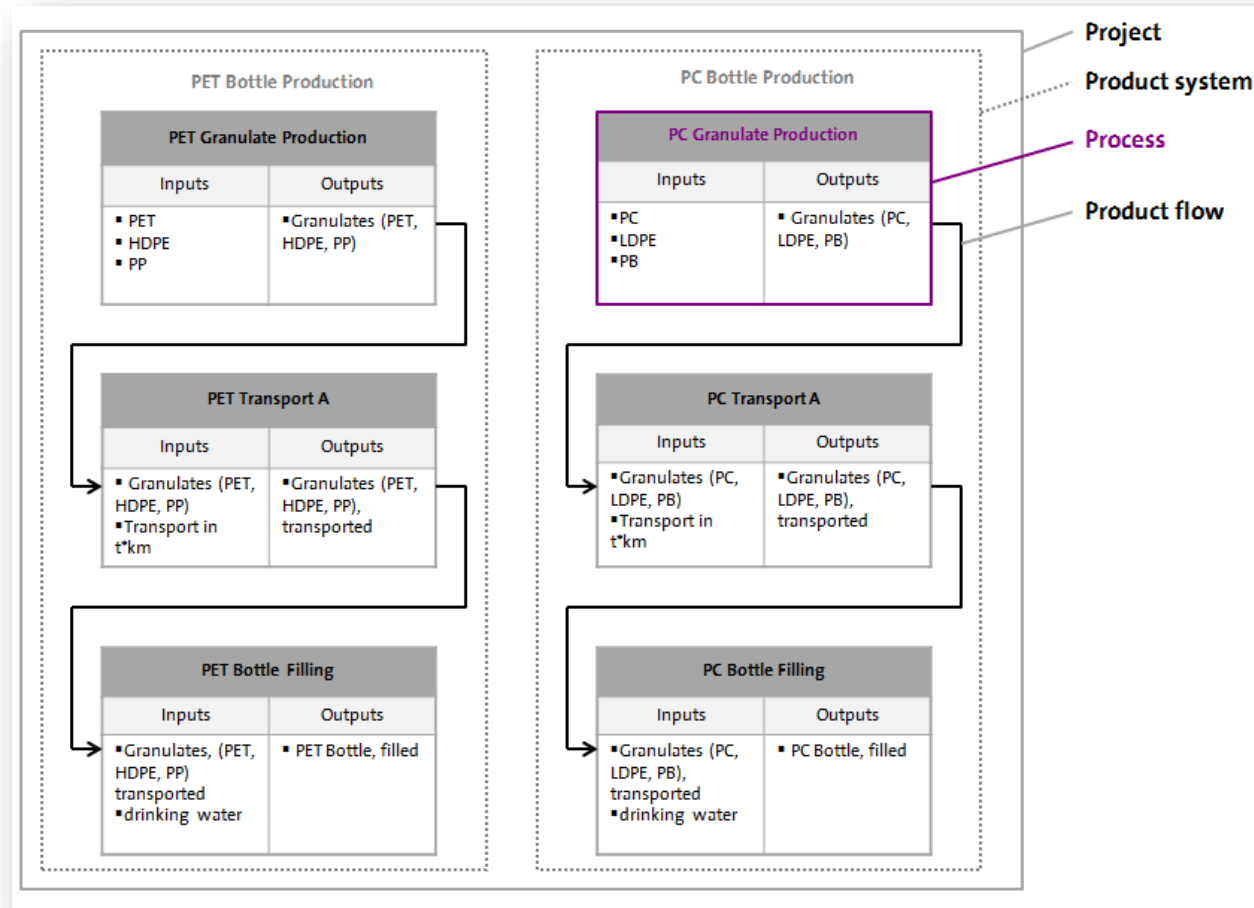
- E' possibile cercare qualsiasi elemento all'interno del database



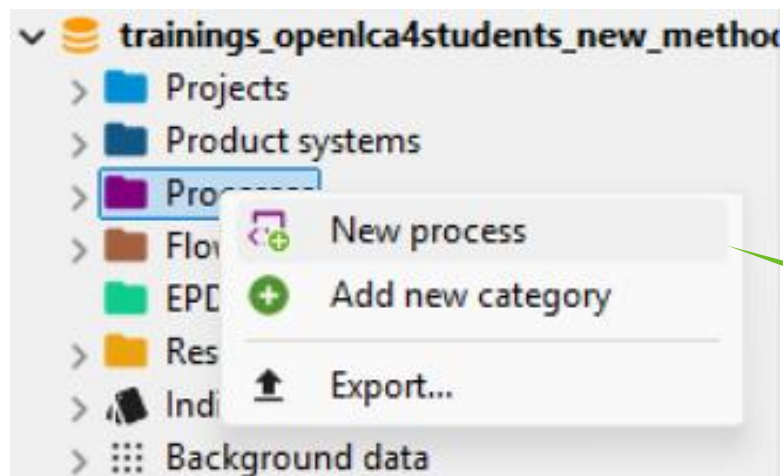
Esercizio 4: Informazioni sul flusso

- ✓ Aprire il flusso di prodotto “Acetic acid, at plant”
- ✓ In quali processi all'interno del database attivo questo flusso è un flusso di input?
- ✓ In quali processi è un flusso di output?
- ✓ 5 min

Modellizzazione in openLCA: Processi



Creazione di un nuovo processo (1/5)



1. Cliccare con il tasto destro sulla cartella “Processes”, quindi selezionare “New process”

Creazione di un nuovo processo (2/5)

New process

No quantitative reference selected

Name

☐ Create a waste treatment process

☐ Create a new flow for the process (as quantitative reference)

Quantitative reference

- > A:Agriculture, forestry and fishing
- > B:Mining and quarrying
- > C:Manufacturing
- > chemicals
- > D:Electricity, gas, steam and air conditioning supply
- > E:Water supply; sewerage, waste management and remediation
- > Elementary flows

Finish Cancel

2. Assegnare un nome al processo e selezionare il quantitativo di riferimento

Creazione di un nuovo processo (3/5)

Welcome Electricity, at grid (substitution process) ×

Version: 00.00.000 UUID: 33752e2c-cd79-478a-b16f-1983d47a37a7 Last change: 2022-09-28 15:43:33

Tags

Infrastructure process ☐

Time

Start date 28/09/2022

End date 28/09/2022

Description

Geography

Location - none -

Description

Technology

Description

Data quality

Process schema - none -

Data quality entry (not specified)

Flow schema - none -

Social schema - none -

General information Inputs/Outputs Administrative information Modeling and validation Parameters Allocation Social aspects Impact analysis

3. Nell'editor si aprirà una nuova finestra di processo.
I dati relativi alla descrizione, al periodo, alla geografia, ecc. possono essere aggiunti nella scheda "General informations"

Processo: informazioni generali

The screenshot displays a web-based interface for managing process information. On the left is a 'Navigation' sidebar with a tree view of processes, including categories like Agriculture, Manufacturing, and Services. The main area is titled 'General information: rice production, non-basmati | rice, non-basmati | APOS, U - CN'. It contains several sections: 'General information' with fields for Name, Category, and Description; 'Time' with Start and End date pickers; 'Geography' with a Location dropdown; and 'Technology' with a Description field. At the bottom, there are buttons for 'Create product system', 'Direct calculation', and 'Export to Excel', along with a tabbed interface for further details like Inputs/Outputs and Parameters.

Navigation

- Processes
 - A Hoodie
 - A: Agriculture, forestry and fishing
 - Agriculture
 - Air Transportation
 - Allocation
 - B: Mining and quarrying
 - biomass
 - C: Manufacturing
 - Case Study Car Transportation
 - Chemical Manufacturing
 - chemicals
 - Crop Production
 - D: Electricity, gas, steam and air conditioning
 - E: Water supply; sewerage, waste management
 - End-of-life treatment
 - Energy carriers and technologies
 - F: Construction
 - Fabricated Metal Product Manufacturing
 - Forestry and Logging
 - G: Wholesale and retail trade; repair of motor
 - H: Transportation and storage
 - I: Accommodation and food service activities
 - Inorganic chemicals
 - J: Information and communication
 - L: Real estate activities
 - M: Professional, scientific and technical activities
 - Materials production
 - Mining (except Oil and Gas)
 - N: Administrative and support service activities
 - Nonmetallic Mineral Product Mnf.
 - Oil and Gas Extraction
 - Other Services
 - Petroleum and Coal Products Mnf.
 - Primary Metal Manufacturing
 - Rail Transportation
 - S: Other service activities
 - Systems

General information: rice production, non-basmati | rice, non-basmati | APOS, U - CN

General information

Name: rice production, non-basmati | rice, non-basmati | APOS, U

Category: A: Agriculture, forestry and fishing/01: Crop and a...wing of non-perennial crops/0112: Growing of rice

Description: This dataset represents the production of 1 kg of rice grains, at standard water content required for storage (13.1%). The average yield from 2009 - 2012 is 6.6 t/ha. The data are representative for a double rice cropping system in Southern China (Hunan province), representing the largest rice-producing province of China. Mineral NPK fertiliser input is 72-23-26 kg/ha. No organic fertilisers are applied. Total active ingredients (a.i.) applied as pesticides amount to 3.55 kg a.i./ha. The dataset was modelled within the project 'World Food LCA database (WFLDB)'. The aim of this project was to provide inventories of a broad variety of agricultural products and processes and to cover for each product at least 50% of the global export market. The share of rice produced in China amounts to 28% of the global production (tonnage produced in 2010). The production system regarded in this dataset aimed at

Version: 03.02.003 UUID: f41adc29-955c-4351-9535-04bc622f3cc4 Last change: 2019-12-02 17:27:02

Tags: Add a tag

Infrastructure process: ☐

Create product system Direct calculation Export to Excel

Time

Start date: 01/01/2009

End date: 31/12/2019

Description:

Geography

Location: China

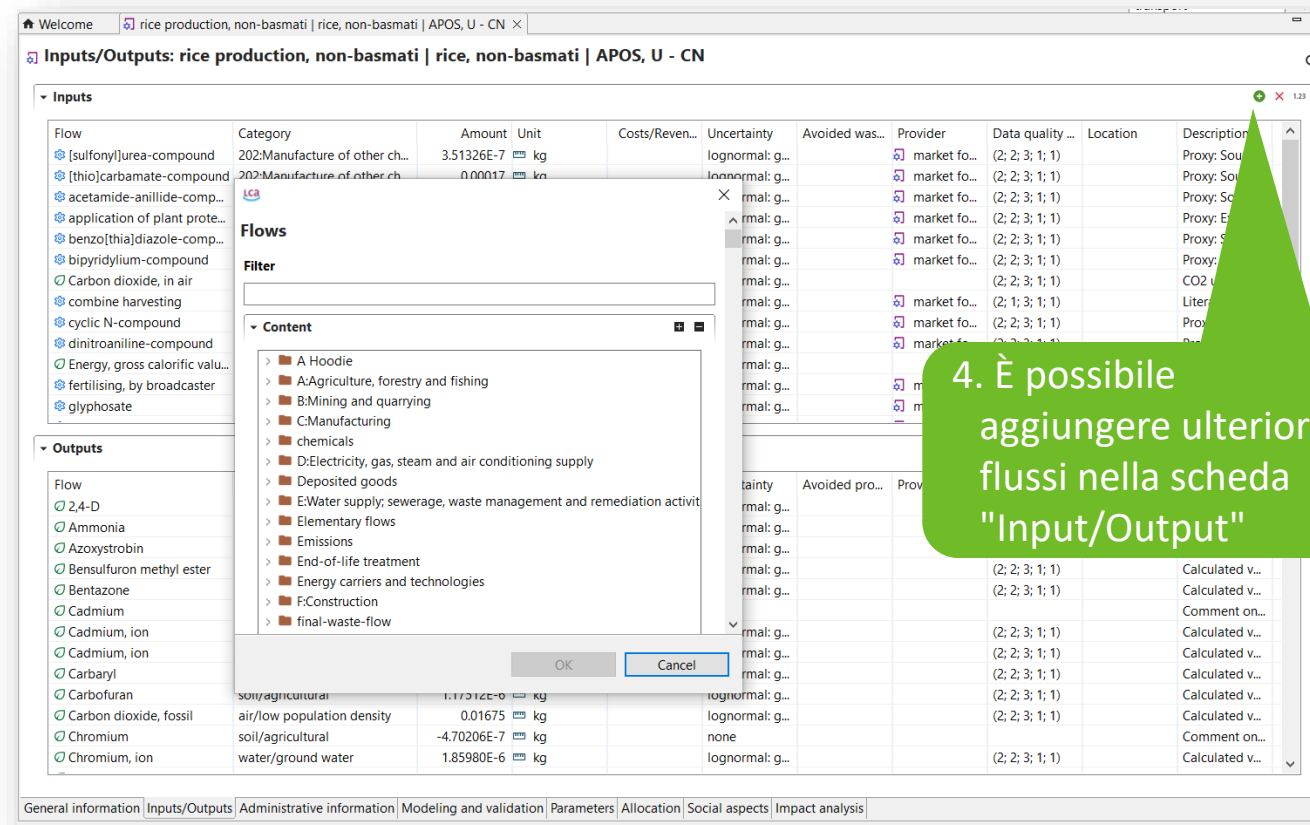
Description:

Technology

Description: Conventional production

General information Inputs/Outputs Administrative information Modeling and validation Parameters Allocation Social aspects Impact analysis

Creazione di un nuovo processo(4/5)



Creazione di un nuovo processo (5/5)

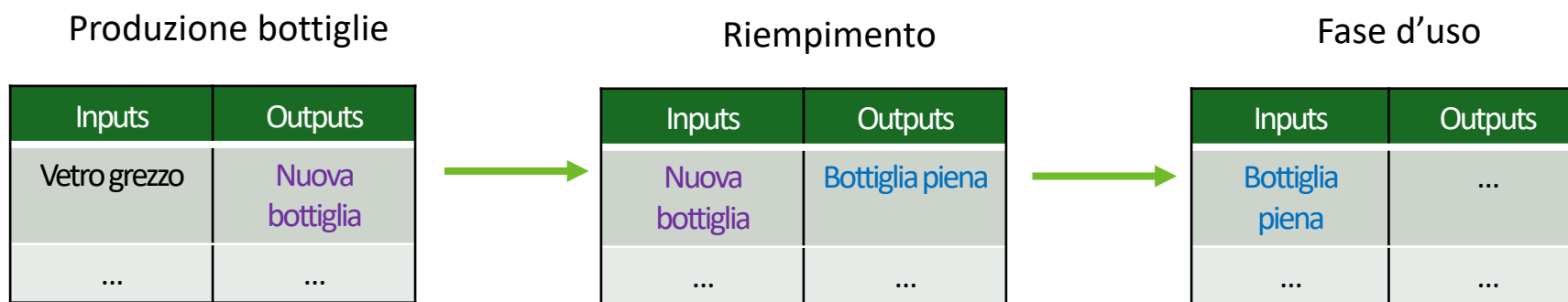
Informazioni amministrative e modellizzazione e convalida

The screenshot displays the GreenStep software interface for creating a new process. The 'Administrative information' tab is active, showing fields for 'Intended application', 'Data set owner', 'Data generator', 'Data documentor', 'Publication', 'Access and use restrictions', 'Project', 'Creation date', and 'Copyright'. The 'Modeling and validation' tab is also visible, showing fields for 'Process type', 'LCI method', 'Modeling constants', 'Data completeness', 'Data selection', and 'Data treatment'. The 'Data treatment' field contains the text: 'This dataset has been extrapolated from adjusted accordingly.' The interface includes a navigation bar at the bottom with tabs for 'General information', 'Inputs/Outputs', 'Administrative information', 'Modeling and validation', 'Parameters', 'Allocation', and 'Social aspects'.

5. Ulteriori metadati possono essere inclusi nelle schede "Administrative information" e "Modeling and validation"

Modellizzazione con flussi di prodotto

Utilizzare nomi di flusso diversi per un flusso che “scorre” attraverso il tuo sistema prodotto



Fase di produzione, riempimento e utilizzo delle bottiglie

Inputs	Outputs
Vetro grezzo	Bottiglia piena
...	...

Modellizzazione con flussi di prodotto

- Il provider predefinito può essere impostato per ogni «Exchange»
- Un fornitore è un processo che fornisce quel prodotto (come output)

Inputs/Outputs: transport, passenger train | transport, passenger train | Cutoff, U - BE

▼ Inputs

Flow	Category	Amount	Unit	Co...	Unc...	Avoided wa...	Provider	Data quality...	Location	Description
diesel	192:Ma...	0.00111	kg		logn...		t for diesel diesel Cutoff, U - Europe without Switzerland	(2; 3; 5; 3; 1)		Energy use ...
electricity, high voltage	351:Ele...	0.11287	k...		logn...		diesel production, petroleum refinery operation diesel Cutoff, U - RoW			Energy use ...
maintenance, train, passe...	331:Re...	4.06240E-10	lte...		logn...		diesel production, petroleum refinery operation diesel Cutoff, U - ZA			ulated v...
railway track	421:Co...	0.00010	m...		logn...		diesel, import from RoW diesel Cutoff, U - BR			Spold01...
train, passenger, long-dis...	302:Ma...	4.06240E-10	lte...		logn...		diesel, import from RoW diesel Cutoff, U - CO			ulated v...
							diesel, import from RoW diesel Cutoff, U - IN			
							diesel, import from RoW diesel Cutoff, U - PE			
							diesel, import from RoW diesel Cutoff, U - ZA			
							market for diesel diesel Cutoff, U - BR			
							market for diesel diesel Cutoff, U - CH			
							market for diesel diesel Cutoff, U - CO			
							market for diesel diesel Cutoff, U - Europe without Switzerland			

Inputs/Outputs: market for diesel | diesel | Cutoff, U - Europe without Switzerland

▼ Inputs

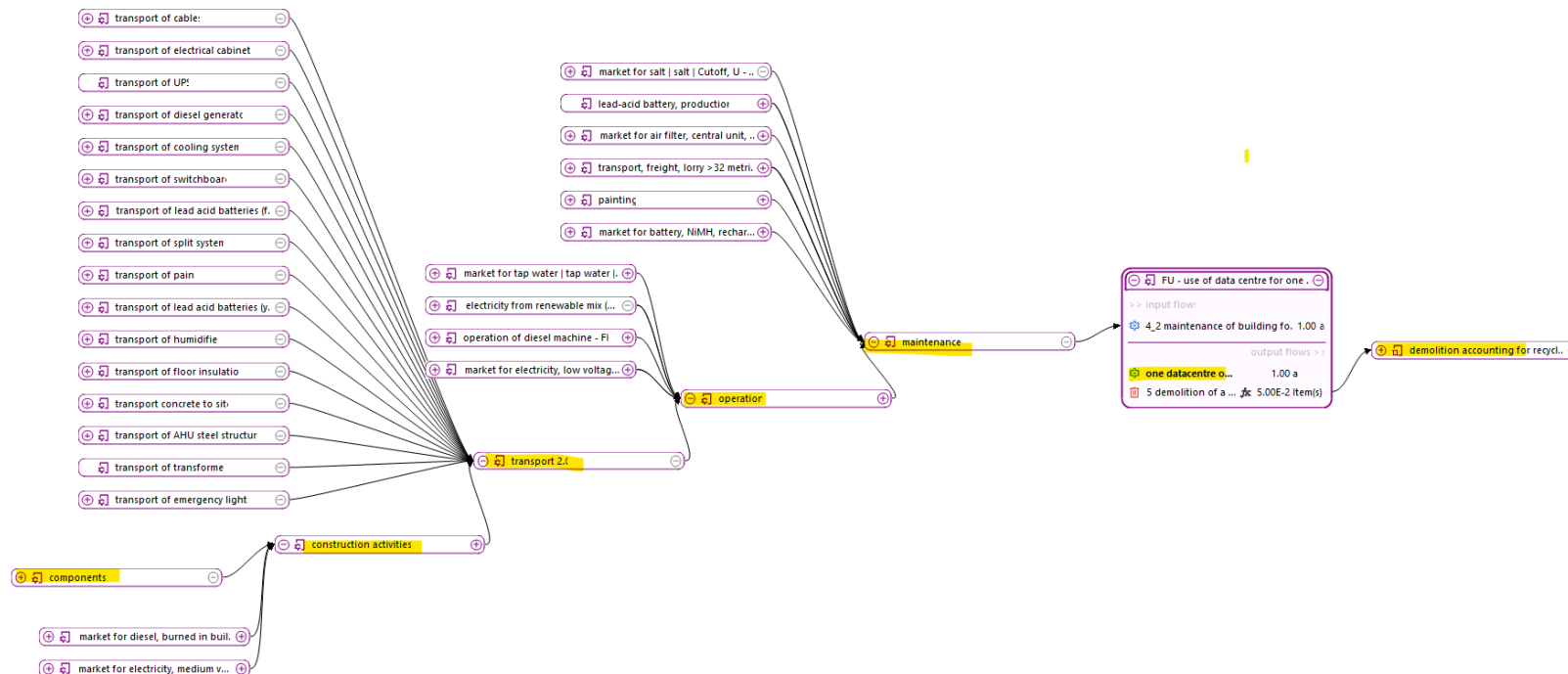
Flow	Category	Amount	Unit	Costs/Reven...	Uncertainty	Avoided wa...	Provider	D...
diesel	192:Manufacture of refin...	1.00000	kg	0.37000 EUR	none		diesel pr...	
electricity, low voltage	351:Electric power generati...	0.00670	kWh		lognormal: ...		market gr...	(2;
heat, central or small-scal...	353:Steam and air conditio...	0.00058	MJ		lognormal: ...		market fo...	(2;

▼ Outputs

Flow	Category	Amount	Unit	Costs/Reven...	Uncertainty	Avoided pro...	Provider	D...
diesel	192:Manufacture of refin...	1.00000	kg	0.37000 EUR	none			
fly ash and scrubber slud...	382:Waste treatment and d...	0.00017	kg		lognormal: ...		market fo...	(2;
municipal solid waste	382:Waste treatment and d...	6.27000E-6	kg		lognormal: ...		market gr...	(2;
rainwater mineral oil stor...	370:Sewerage/3700:Sewera...	7.50000E-5	m3	-6.97199F-6...	lognormal: ...		market fo...	(4;

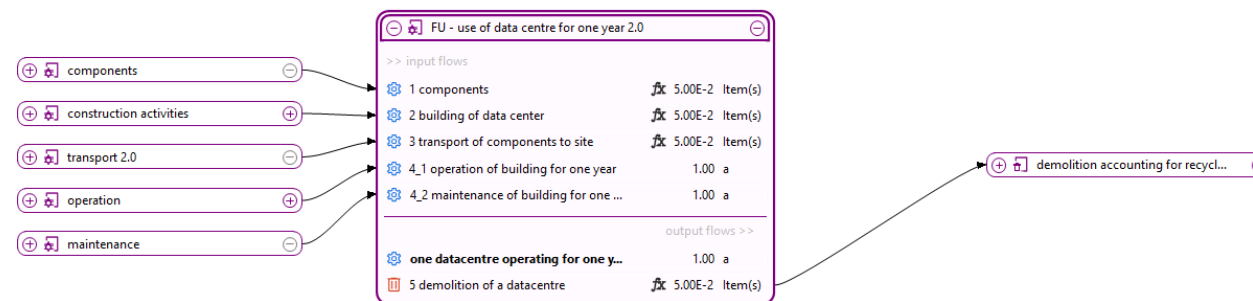
Modellizzazione con flussi di prodotto I

- Flusso logico
- La prima fase si collega alla seconda fase e così via



Modellizzazione con flussi di prodotto II

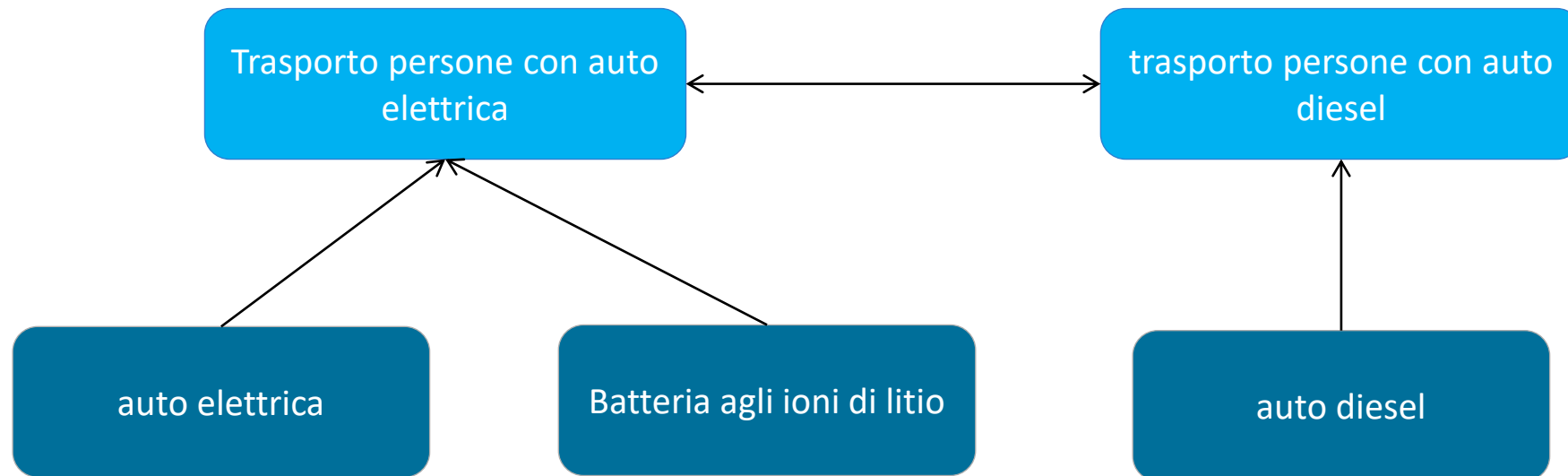
- Oppure organizza per fasi del ciclo di vita
- Tutte le fasi sono preparate separatamente e non sono collegate tra loro
- Vengono riuniti nel processo dell'unità funzionale utilizzata per il calcolo



- Si tratta di un modo più semplice per visualizzare il contributo per categoria di impatto nell'albero dei contributi a livello di risultati.

Caso studio: Batterie agli ioni di litio nelle auto elettriche

- FU = 100 000 pkm

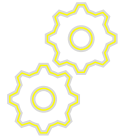


Caso studio: Batterie agli ioni di litio nelle auto elettriche

- Ipotesi:

Caratteristiche della batteria	
Peso	326 kg
Quantità di celle	192 celle da 1.45 kg
Densità energetica	70 Wh/kg
Vita del prodotto	1,500 cicli di carica
Consumo	17.115 kWh/100km
Autonomia di crociera	134.12 km/ciclo di carica
Autonomia totale di crociera	200,000 km
Batteria richiesta per 100.000 km	0,5 pezzi

Caratteristiche dell'auto	auto elettrica	auto diesel
Peso	1,381 kg	1,384 kg
Vita del prodotto	400,000 km	400,000 km



Esercizio 5:

a) Produzione della batteria – Creazione processo

Creare il processo “Battery pack” per la produzione di 1 pacco batteria con le caratteristiche specificate nelle ipotesi:

- ✓ Per prima cosa creare il flusso di prodotto "Pacco batteria" (proprietà del flusso di riferimento: Num. of items)
- ✓ Creare il processo nella cartella "Case Study Car Transportation"
- ✓ Includere i seguenti flussi e importi



*Controlla le
unità!*

Flusso di input	Quantità
Electricity, at grid, CN	35.208 kWh
Battery cell, lithium-ion battery	192 items
Hot rolled sheet, steel, at plant, US	47 kg
Transport, ocean freighter, average fuel mix, RNA	2546.06 t*km
Printed wiring board	537.6 g
transport, combination truck, diesel powered, US	332.52 t*km

Flusso di output	Quantità
Battery pack	1 item
Heat, waste (elementary flow -> air -> unspecified)	126.162 MJ