

L'Analisi del Ciclo di Vita (LCA) e la sua applicazione alla gestione dei rifiuti



5 studi LCA sulla gestione dei rifiuti in collaborazione con le Università di Ingegneria e di Scienze Ambientali di Parma, di Economia di Roma Tre, di Scienze Ambientali di L'Aquila e di Scienze Politiche della Statale di Milano

Metodo LCA
Codice SimaPro

- 96 documenti ENEA
- 15 Convegni +3 Convegni organizzati
- 1 sito Internet (<http://digilander.libero.it/giabon>)

96 analisi del ciclo di vita di prodotti, processi e servizi:

- 26 gestione rifiuti
 - 31 prodotti (22 agroalimentari+9 diversi)
 - 21 ecodesign (20 edifici+1 compressore)
- 13 servizi (ospedali (6), scuole (1), biblioteche (1), mensa (1), traffico (3), Comune(1))
- 1 ecosistema (fiume calabrese) + 3 risorse+1 Paese povero

83 Tesi di laurea
8 tirocini post-laurea
5 richieste di Aziende

1 Progetto SPINNER
1 Progetto SPINTA

Collaborazione con 150
Aziende pubbliche e
private e 15 Comuni

Formazione

Creazione di una banca dati italiana e studio per
un metodo di valutazione del danno italiano

Base per la
certificazione
ambientale di
prodotti e servizi

ENEA

Analisi
ambientale come
servizio al Paese

La Metodologia LCA

OBIETTIVO
UNITA' FUNZIONALE
FUNZIONE DEL SISTEMA
CONFINI DEL SISTEMA
ISO 14041

MATERIALI

PROCESSI

INVENTARIO
ISO 14041

ENERGIE

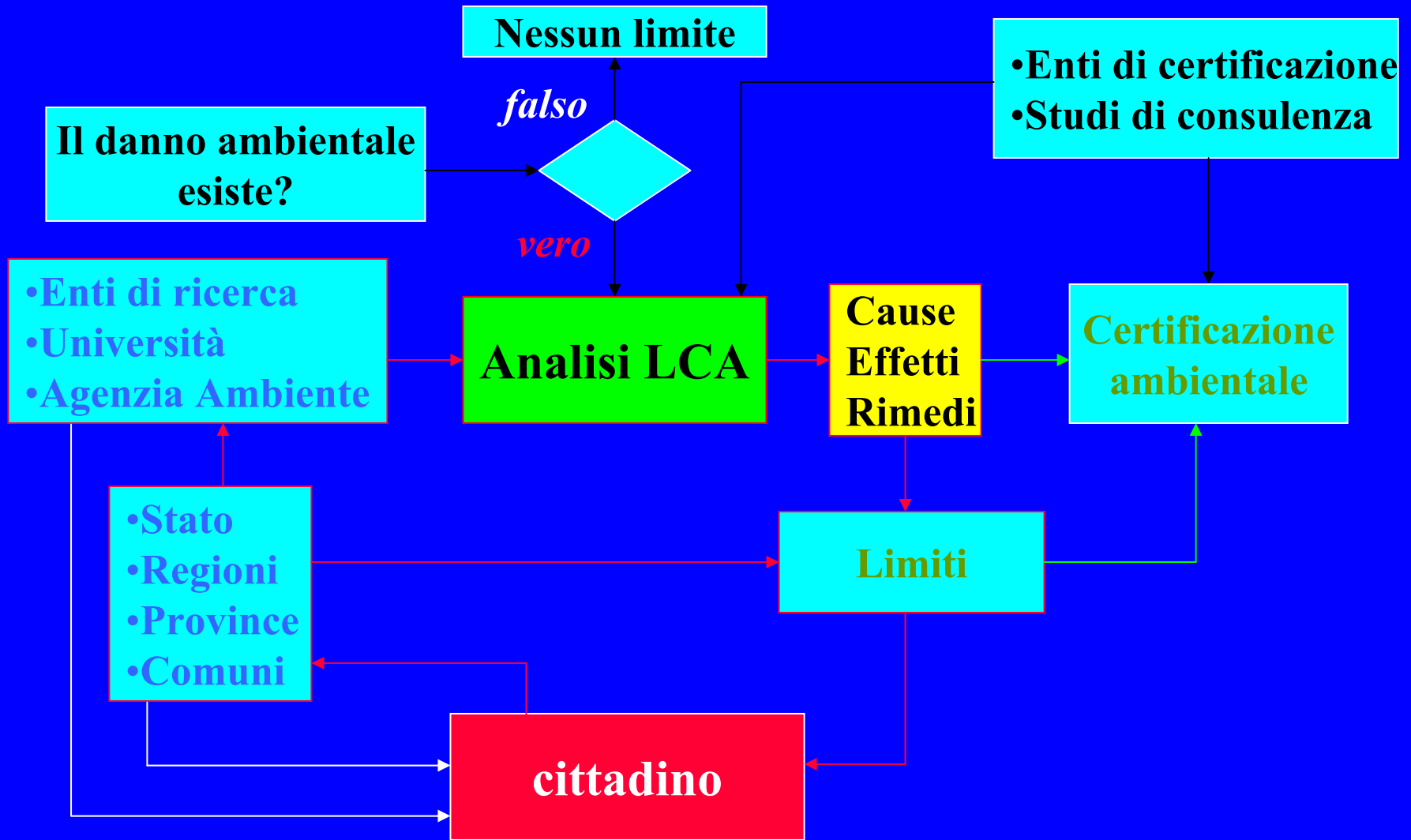
EMISSIONI E RISORSE

Competenze: INGEGNERIA,
FISICA, SC. AMBIENTALI, SC.
NATURALI, BIOLOGIA,
ARCHITETTURA, CHIMICA,
MEDICINA, STORIA, ECONOMIA

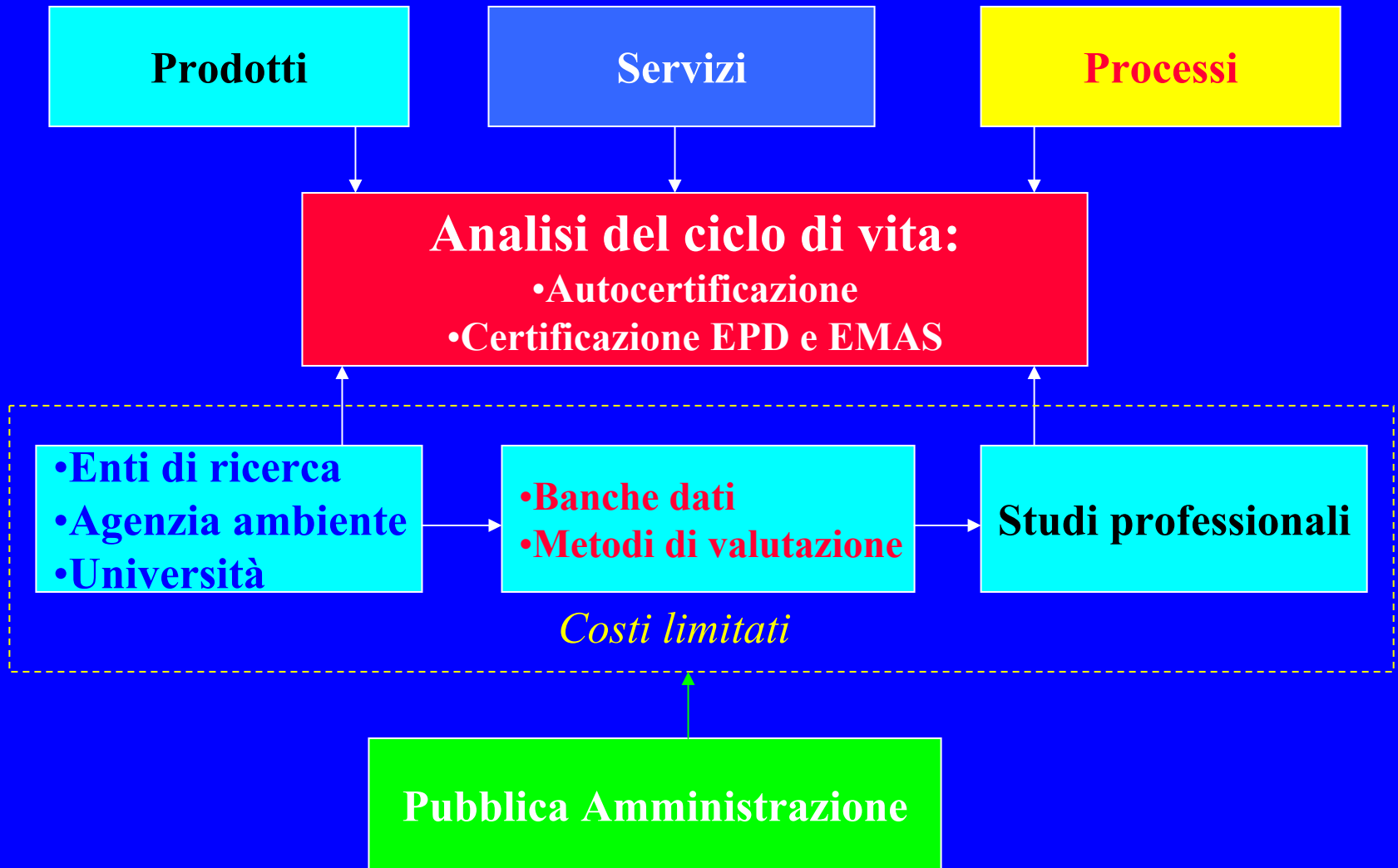


ANALISI DI SENSIBILITA' E VALUTAZIONE DEI MIGLIORAMENTI
ISO 14043

Il problema ambientale



L'Analisi del ciclo di vita per affrontare il problema ambientale



Applicazioni LCA

Strumento di informazione rivolto al Cittadino per:

- ✓ una sua migliore conoscenza dei danni ambientali dovuti alle attività umane
- ✓ una scelta cosciente del prodotto e del servizio
- ✓ una sua richiesta cosciente alla Pubblica Amministrazione di una legislazione volta alla difesa dell'ambiente
- ✓ la riduzione delle spese dovute ai costi ambientali
- ✓ la difesa della vita, sua e delle generazioni future

Applicazioni LCA

Strumento a supporto delle Aziende e degli Studi professionali per:

- ✓ La nascita di un' etica d'impresa che tenga conto sia dei costi economici che di quelli ambientali del prodotto o del servizio
- ✓ una riduzione dell'impatto ambientale a beneficio dei lavoratori dell'Azienda
- ✓ un miglioramento della qualità del prodotto o del servizio
- ✓ una riduzione del costo di produzione conseguente alla riduzione del consumo di energia e di materiali
- ✓ la definizione della prima e più importante fase per la certificazione ambientale
- ✓ un aumento della loro competitività
- ✓ un rapporto di fiducia con il cittadino utente e consumatore
- ✓ Uso del LCA come qualifica del prodotto e del servizio

Applicazioni LCA

Strumento a supporto della Pubblica Amministrazione per:

- ✓ la definizione della legislazione in campo ambientale
- ✓ la scelta della gestione dei rifiuti con minor impatto ambientale
- ✓ la sensibilizzazione dei cittadini e delle aziende (tale compito deve essere svolto dagli Enti di ricerca e dalle Università)
- ✓ la riduzione delle spese sanitarie conseguenti ai danni subiti dall'uomo a causa delle emissioni inquinanti
- ✓ la riduzione dei danni prodotti dai servizi pubblici
- ✓ la riduzione delle spese per i combustibili fossili sostenute dall'Italia per il consumo di energia prodotta
- ✓ la certificazione ambientale dei prodotti e dei servizi

Il Metodo LCA

Condizioni necessarie per la validità dei risultati

- ✓ **trasparenza e modificabilità** delle **Banche-Dati**
- ✓ **rappresentatività** da parte delle **Banche-Dati** della realtà che si vuole studiare
- ✓ **trasparenza e modificabilità** dei **Metodi** per la valutazione del danno
- ✓ **adeguatezza** dei **Metodi** ai problemi che devono essere studiati
- ✓ stretta **correlazione** tra **Metodi** e **Banche-Dati**
- ✓ **trasparenza** del **risultato numerico** dello studio

Il Metodo LCA

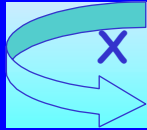
Proposte per una maggiore affidabilità dei risultati

- ✓ costruzione di una Banca-Dati italiana che rappresenti la gestione dei rifiuti, la progettazione degli edifici (ecodesign), la produzione agro-alimentare, i trasporti, i servizi sanitari
- ✓ definizione di un Metodo italiano per la valutazione del danno
- ✓ scelta di un Metodo straniero col quale confrontare i risultati
- ✓ costruzione di un Codice italiano che utilizzi la Banca-Dati e il Metodo italiano
- ✓ scelta per la Certificazione ambientale delle procedure che fanno uso dell'LCA come primo passo per la valutazione del danno
- ✓ scelta di un LCA dettagliato, trasparente e basato su indicatori scientifici.

Metodi di calcolo e dati per un LCA dettagliato

- ✓ Codice di calcolo: SimaPro5
- ✓ Banche-Dati: ETH, Idemat, Buwal, Archive, Ivam, Eco-invent,
- ✓ Metodi di valutazione: Eco-Indicator99, EPS 2000, EDIP96
- ✓ Dati raccolti in tutta Italia
- ✓ Sono stati apportati modifiche in tutti i metodi
- ✓ Sono stati considerati i costi interni
- ✓ Sono stati calcolati i costi esterni per le 3 categorie di danno del Metodo Eco-Indicator 99 e messi a confronto con quelli calcolati da EPS
- ✓ E' stata considerata e caratterizzata l'utilità della funzione

Il Metodo di Valutazione Eco-Indicator 99



1 kg di SOSTANZA PRODOTTA

fattori di CARATTERIZZAZIONE

SALUTE UMANA:

(DALY: Disability
Adjusted Life Years)

- ∅ sostanze cancerogene
- ∅ malattie respiratorie (sost. organiche)
- ∅ malattie respiratorie (sost. Inorganiche)
- ∅ cambiamenti climatici
- ∅ impoverimento dello strato di ozono
- ∅ radiazioni ionizzanti

QUALITA' dell'ECOSISTEMA

(PDF*m2*anno: Potentially
Disappeared Fraction)

- ∅ acidificazione/eutrofizzazione
- ∅ ecotossicità
- ∅ uso del territorio

IMPOVERIMENTO : delle RISORSE

(MJ Surplus)

- ∅ minerali
- ∅ combustibili fossili

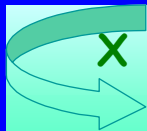
1 kg CO₂

2,1E-7 DALY

64,7 DALY⁻¹
(salute umana)

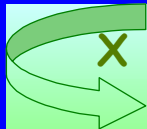
333 Pt
(salute umana)

0,00452 Pt/kg



fattori di NORMALIZZAZIONE

Inverso del danno subito dal cittadino medio europeo
in 1 anno a causa delle attività umane in Europa



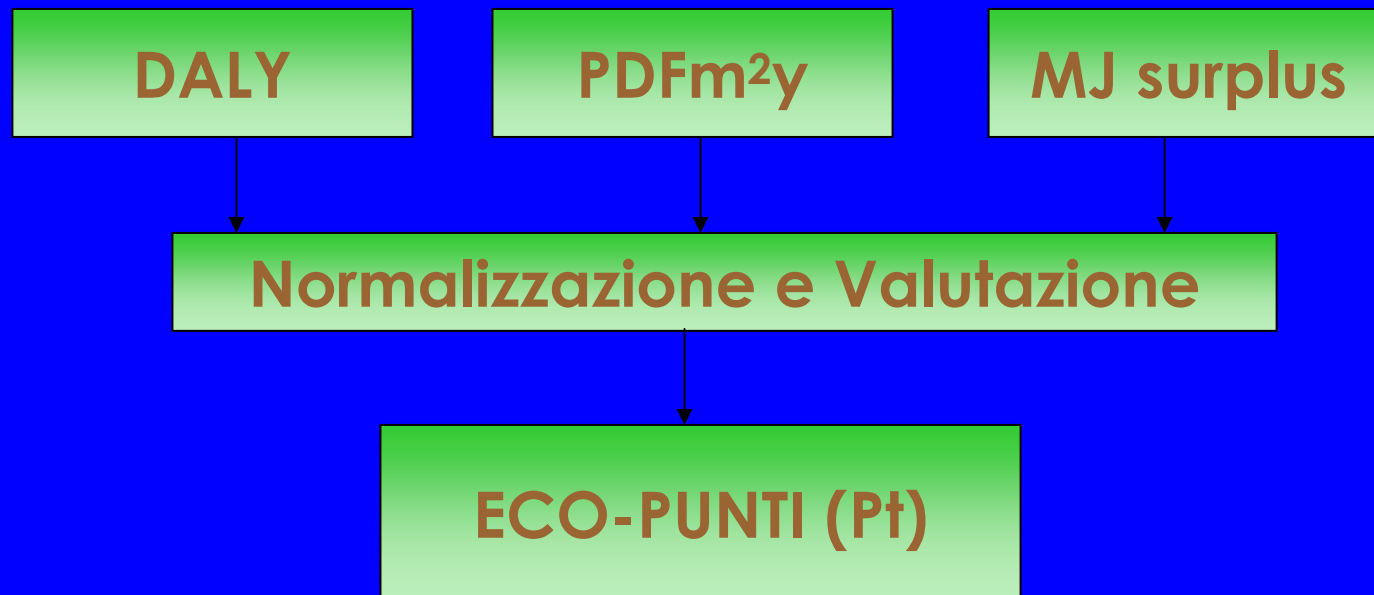
fattori DI VALUTAZIONE

Importanza relativa delle categorie di danno

Le categorie di danno e di impatto in Eco-Indicator 99

Human Health (DALY)	<ul style="list-style-type: none">• Sostanze cancerogene• Malattie respiratorie (sost. Inorganiche)• Malattie respiratorie (sost. Organiche)• Cambiamenti climatici• Impoverimento dello strato di ozono stratosferico• Radiazioni ionizzanti
Ecosystem Quality (PDFm2y)	<ul style="list-style-type: none">• Acidificazione \ eutrofizzazione• Ecotossicità• Uso del territorio
Resources (MJ Surplus)	<ul style="list-style-type: none">• Minerali• Combustibili fossili

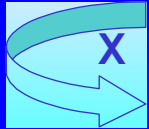
Valutazione dell'impatto ambientale con Eco Indicator 99



Modifiche al metodo Eco-Indicato 99

- **Consumo di acqua:** si considera l'acqua come una risorsa e si calcola l'aumento di energia necessaria per estrarre 1 l di acqua quando il suo consumo sarà 5 volte quello del '90. Si è inserita la sostanza Water nella categoria di impatto Minerals
- **Uranio e Silver** in Minerals
- **P_{tot} e N_{tot}** nella categoria Eutrofizzazione
- **Utilità della funzione:** si considera la reale utilità della funzione (o prodotto) per la vita dell'uomo. E' stata creata la categoria di danno Funzione
- **Energia:** si considera separatamente il fabbisogno energetico del processo. E' stata creata la categoria di danno Energia
- **Costi:** si considerano anche gli aspetti economici del processo (costi interni)

Il metodo di valutazione EPS 2000



1 kg di sostanza emessa

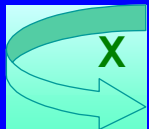
1kg di CO₂

Fattori di caratterizzazione: la CO₂ è considerata solo in alcune categorie di impatto con fattori differenti:

Human Health (YOLL, Person yr)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Life expectancy ➤ Severe morbidity ➤ Morbidity ➤ Severe nuisance ➤ Nuisance
Ecosystem Production Capacity (kg o H⁺eq)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Crop Growth Capacity ➤ Wood Growth Capacity ➤ Fish and Meat Production ➤ Soil Acidification ➤ Prod. Cap. Irrigation Water ➤ Prod. Cap. Drinking water
Biodiversity	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Species Extinction
Abiotic Stock Resources (ELU)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resources

Prendiamo il valore della caratterizzazione per Human Health:

7.93E-7 Person yr
3.53E-7 Person yr
6.55E-7 Person yr



Fattori di valutazione: rappresentano la disponibilità a pagare per evitare qualsiasi cambiamento che comporta un peggioramento delle condizioni. affianco riportiamo i valori per le tre categorie di impatto di Human Health.

85000 ELU \ Person yr
100000 ELU \ Person yr
10000 ELU \ Person yr

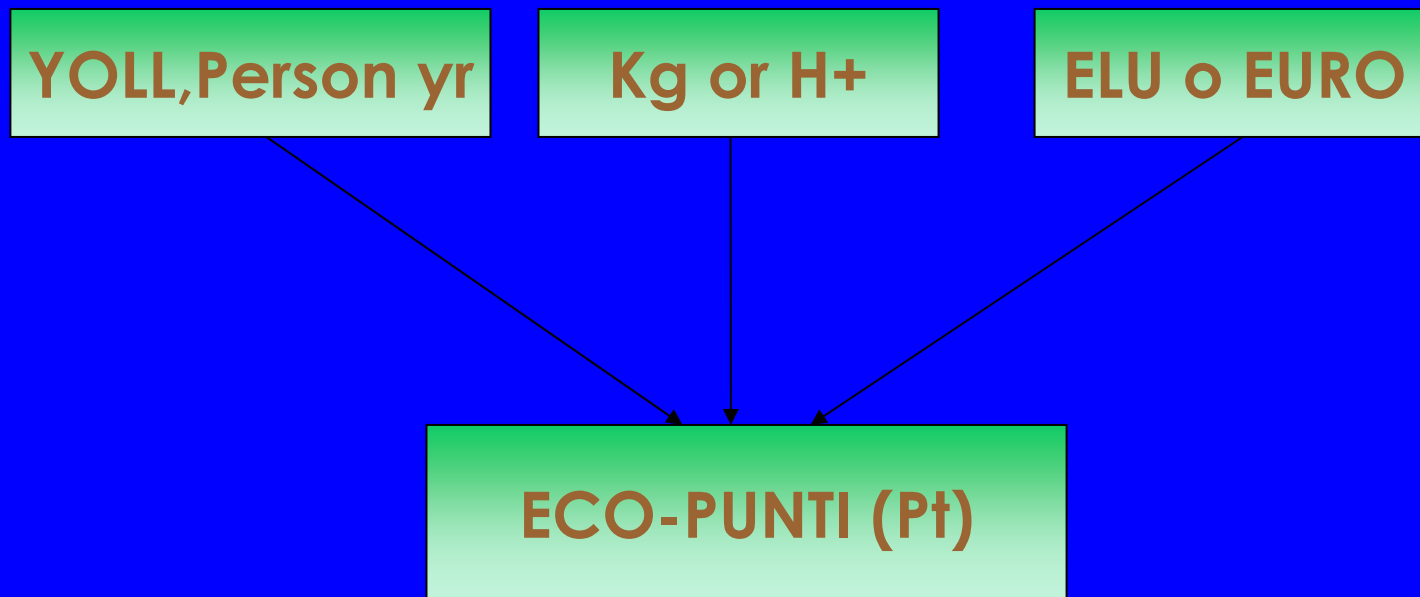
0.109 ELU=0.109 Pt

Le categorie di danno e di impatto in EPS

2000

Human Health (YOLL, Person Year)	<ul style="list-style-type: none">•Aspettativa di vita•Malattie grave•Malattia•Disturbi gravi•Disturbi
Ecosystem Production Capacity (kg or H+eq.)	<ul style="list-style-type: none">•Capacità di crescita dei cereali•Capacità di crescita del legno•Produzione di pesce e bestiame•Acidificazione del suolo•Sottrazione di acqua per irrigare•Sottrazione di acqua all'uso potabile
Abiotic Stock Resources (ELU o EURO)	<ul style="list-style-type: none">•Esaurimento delle risorse
Biodiversity (NEX)	<ul style="list-style-type: none">•Estinzione delle specie

Valutazione dell'impatto ambientale con EPS 2000



Gli impatti vengono valutati per ricavare un parametro univoco di definizione dell'impatto basato sul concetto WTP (willingness to pay) e attribuendo un valore economico al danno (costi esterni)

Modifiche al metodo EPS 2000

- **Land use:** si considerano le tipologie di uso del territorio usate in Eco-Indicator 99
- **Water:** si considerano i diversi tipi di acqua presenti nella banca dati
- **Costi:** si considerano anche gli aspetti economici del processo (costi interni)

Il metodo di valutazione EDIP 96

1 kg di sostanza emessa

1000g di CO₂

Fattori di caratterizzazione: la CO₂ è considerata solo in Global Warming:

<p>Categorie di danno</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Global Warming ➤ Ozone Depletion ➤ Acidification ➤ Eutrophication ➤ Photochemical Smog ➤ Ecotoxicity water chronic ➤ Ecotoxicity water acute ➤ Ecotoxicity soil chronic ➤ Human toxicity air ➤ Human toxicity water ➤ Human toxicity soil ➤ Bulk Waste ➤ Hazardous Waste ➤ Slag/Ashes
<p>Consumo di risorse</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resources

Prendiamo il valore della caratterizzazione per la CO₂ in Global Warming espressa in grammi equivalenti di CO₂: 1 gCO₂eq

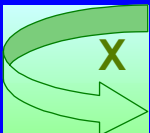
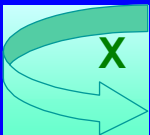
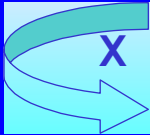
1.15E-4 gCO₂eqE-1

1,3 Pt

Fattori di normalizzazione: è necessario per confrontare i danni (inverso dell'impatto potenziale per persona e per anno, con riferimento al 1990)

Fattori di valutazione: è necessario per attribuire un peso a ciascuna categoria di impatto (rapporto tra il danno per persona nel 1990 e il danno per persona previsto nel 2000)

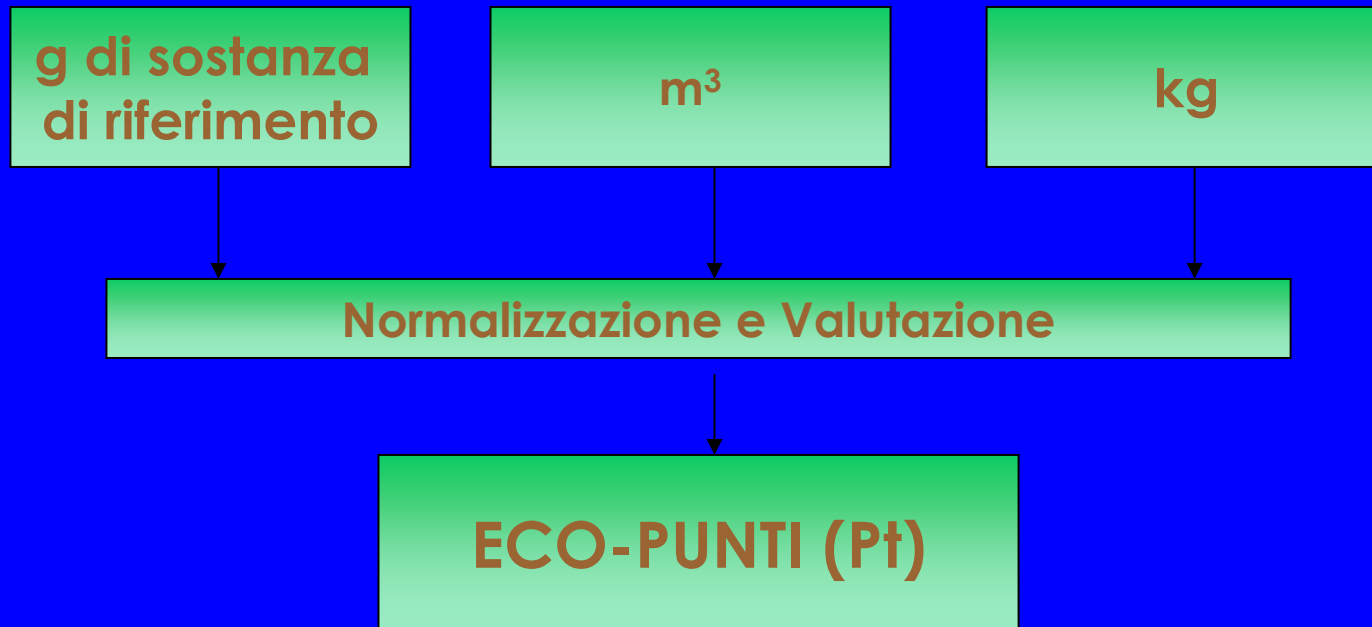
0.149 Pt



Le categorie di danno in EDIP 96

Impatto ambientale	<ul style="list-style-type: none">▶ Global Warming [CO₂eq]▶ Ozone depletion [CFC-11eq]▶ Acidification [SO₂eq]▶ Eutrophication [NO₃eq]▶ Photochemical Smog [etheneeq]
g sostanza di riferimento	<ul style="list-style-type: none">▶ Ecotoxicity Water Chronic, Water acute, Soil Chronic
m³	<ul style="list-style-type: none">▶ Human Toxicity air, water and soil
kg	<ul style="list-style-type: none">▶ Bulk, Hazardous, Radioactive Waste▶ Slag\Ashes
Risorse (kg)	<ul style="list-style-type: none">• Resources(all)

Valutazione dell'impatto con EDIP 96



Gli impatti vengono valutati per ricavare un valore univoco di danno facendo riferimento a previsioni di riduzione del danno

Modifiche al metodo EDIP 96

- **Polveri:** sono state inserite tutte le tipologie di polveri nella categoria di impatto Human Toxicity Air con fattori di caratterizzazione calcolati in base a confronti con il metodo Eco-Indicator 99
- **CO₂ (non-fossil):** in Global warming
- **NO_x e SO_x:** in Human Toxicity Air

Confronto tra i metodi di valutazione

Eco-Indicator 99

- CO2 solo in Climate Change
- Forte caratterizzazione del Land use
- Valutazione secondo prospettive culturali
- Non vengono considerati l'acqua, l'uranio e l'argento

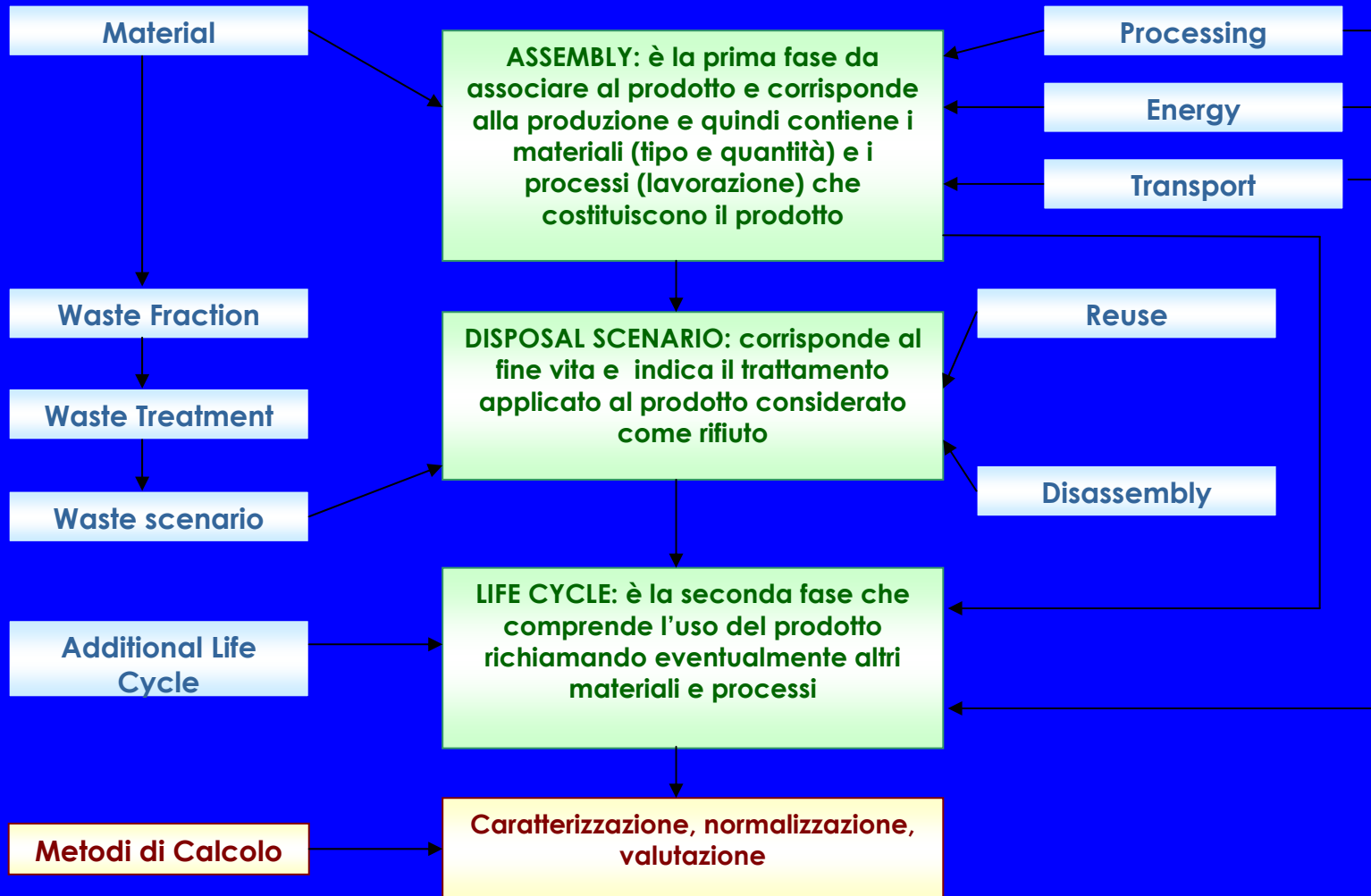
EPS 2000

- CO2 in Human Health e in Biodiversity
- Forte caratterizzazione dell'uso dell'acqua
- Minore caratterizzazione dei land use agricoli
- Valutazione secondo i costi esterni

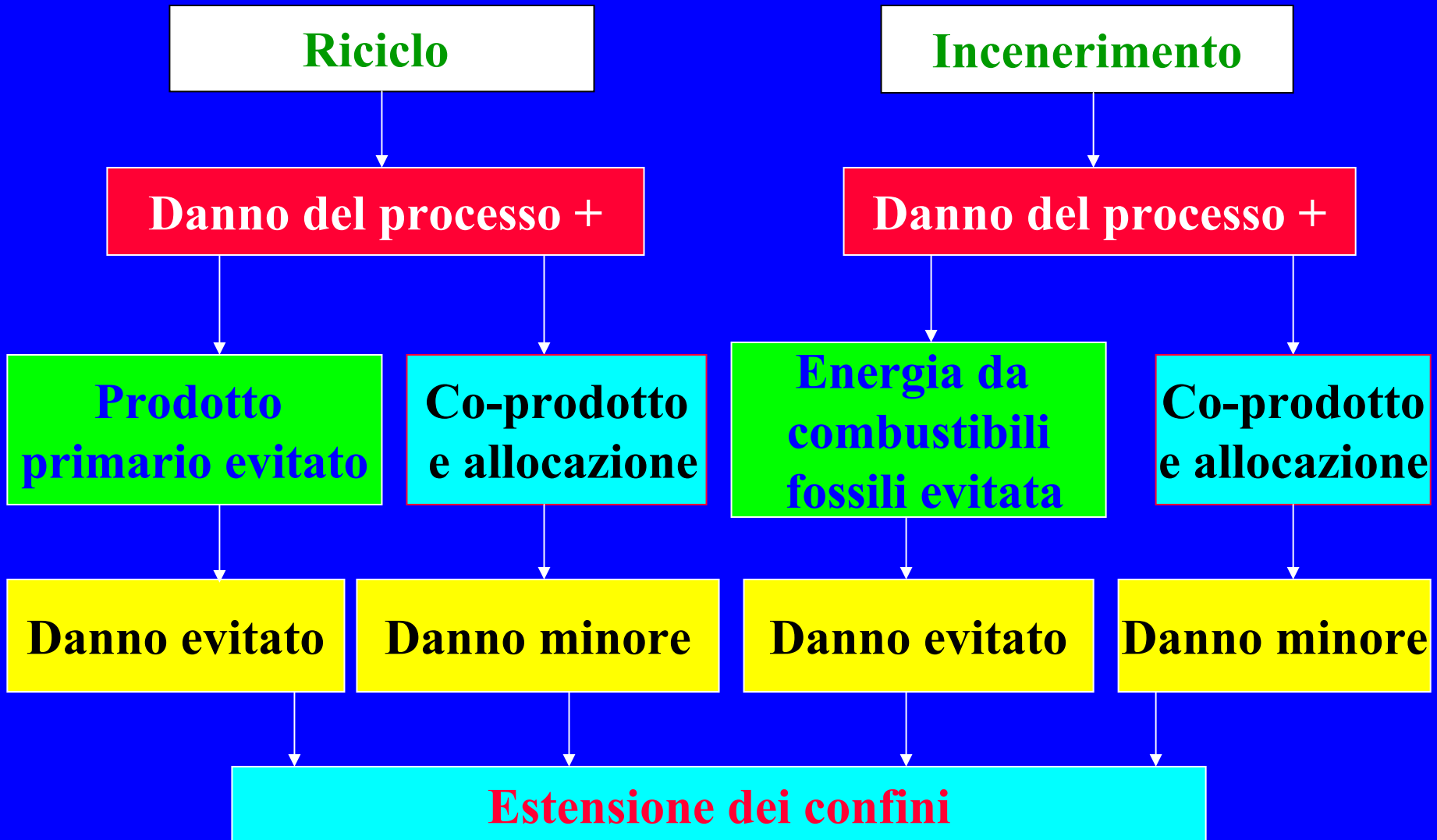
EDIP 96

- Categorie di danno misurate mediante emissioni equivalenti
- Mancano il land use, le polveri e l'acqua
- Minore valutazione delle risorse
- Valutazione secondo criteri indicati dalla Comunità internazionale

Il codice di calcolo SimaPro



Il trattamento di Fine vita

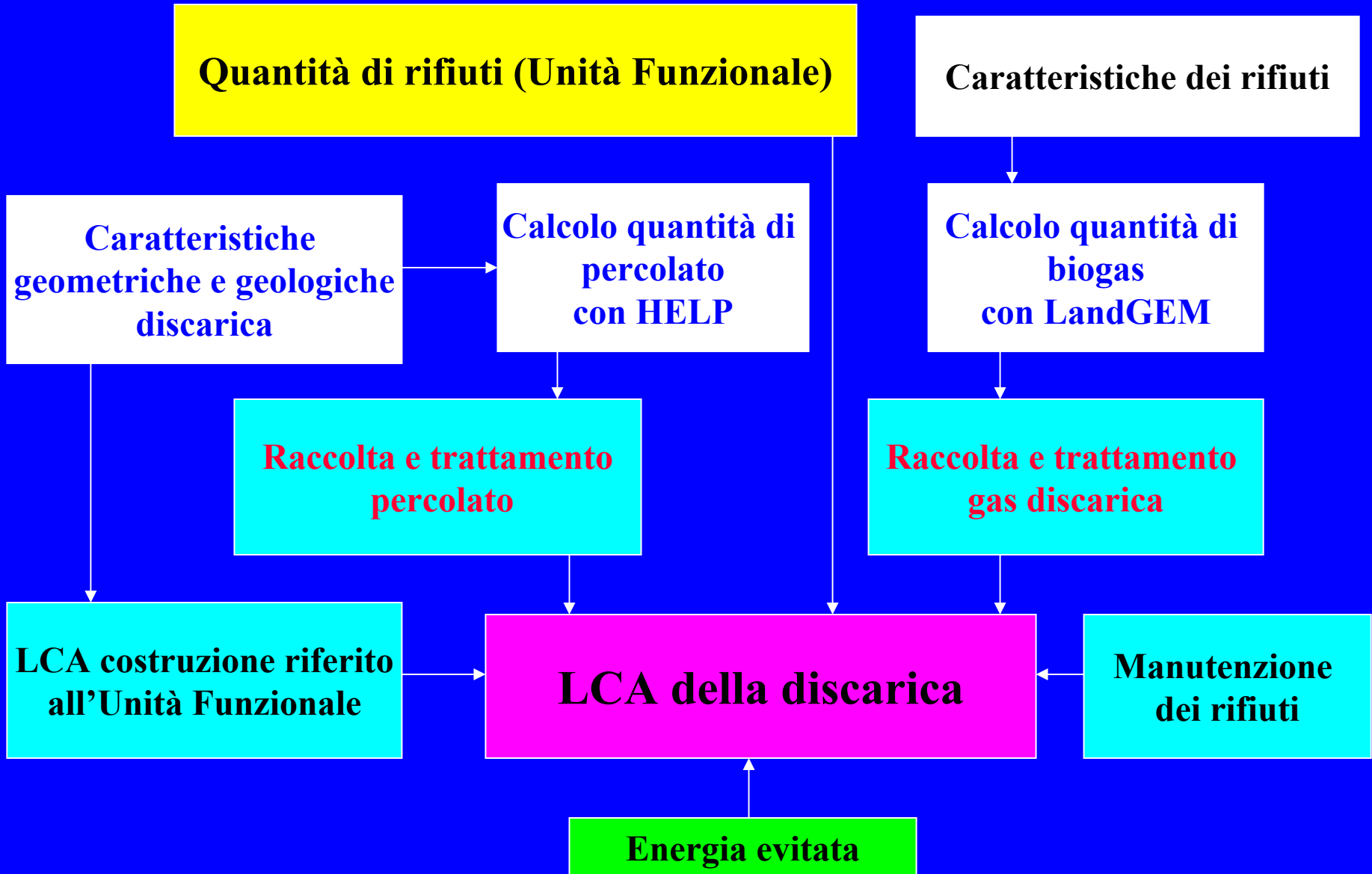


Applicazione del Metodo LCA alla gestione dei rifiuti

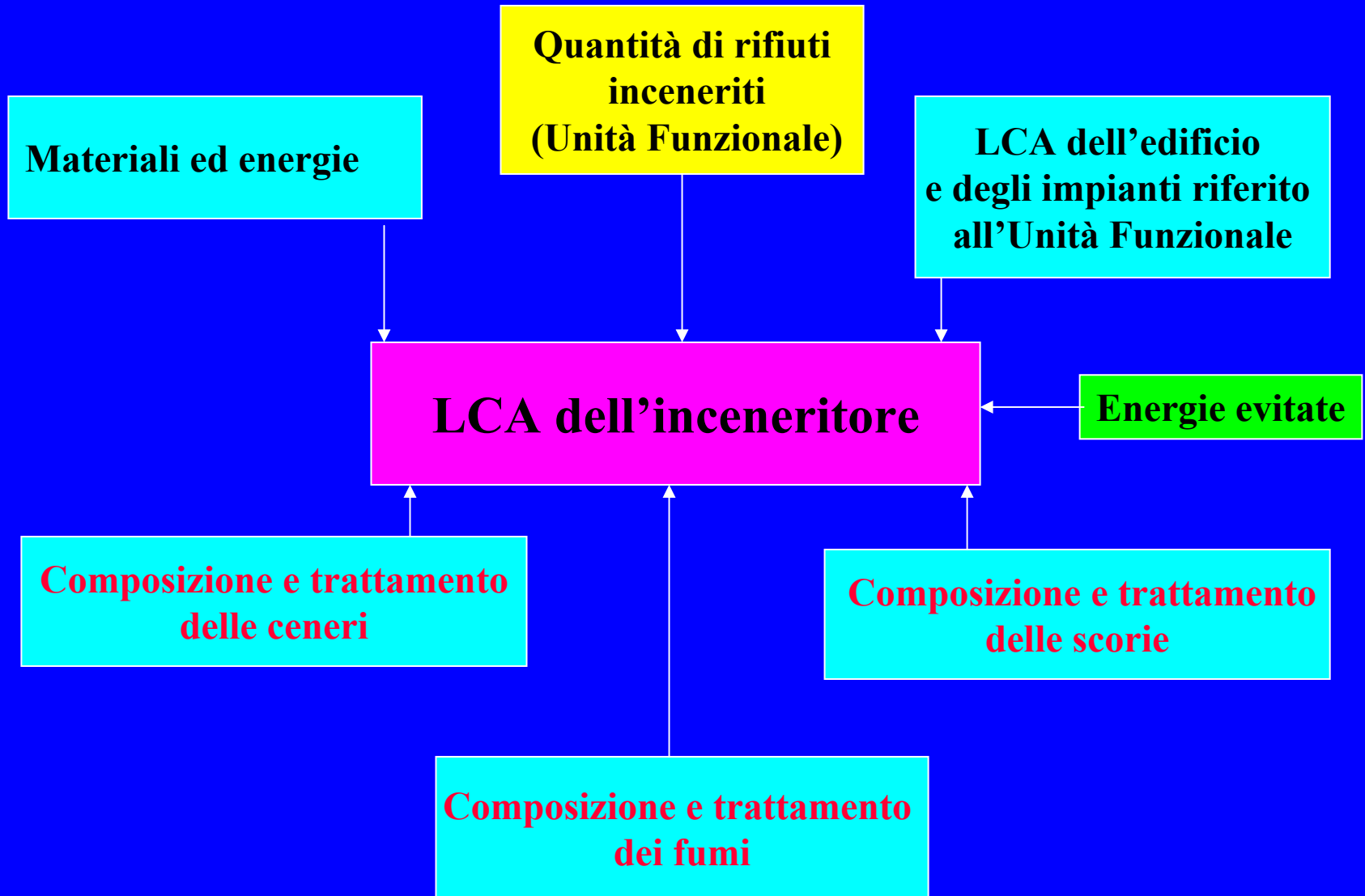
Risultati principali

- ✓ La raccolta dei rifiuti produce emissioni dovuta al traffico: con la raccolta porta a porta aumenta il percorso degli automezzi
- ✓ Aumento della percentuale di raccolta differenziata
- ✓ Adozione del pre-trattamento dei rifiuti indifferenziati
- ✓ Condizioni per l'uso dell'inceneritore: elevato livello tecnologico, durata massima di vita di 15 anni, controllo giornaliero delle emissioni di diossina e di metalli pesanti
- ✓ Condizioni per l'uso della discarica: controlli mensili delle emissioni sulla discarica fino alla sua chiusura e controlli semestrali delle acque di falda fino a 30 anni dopo la chiusura
- ✓ E' indispensabile la riduzione dei rifiuti attraverso una durata maggiore dei prodotti e l'adozione del loro riuso

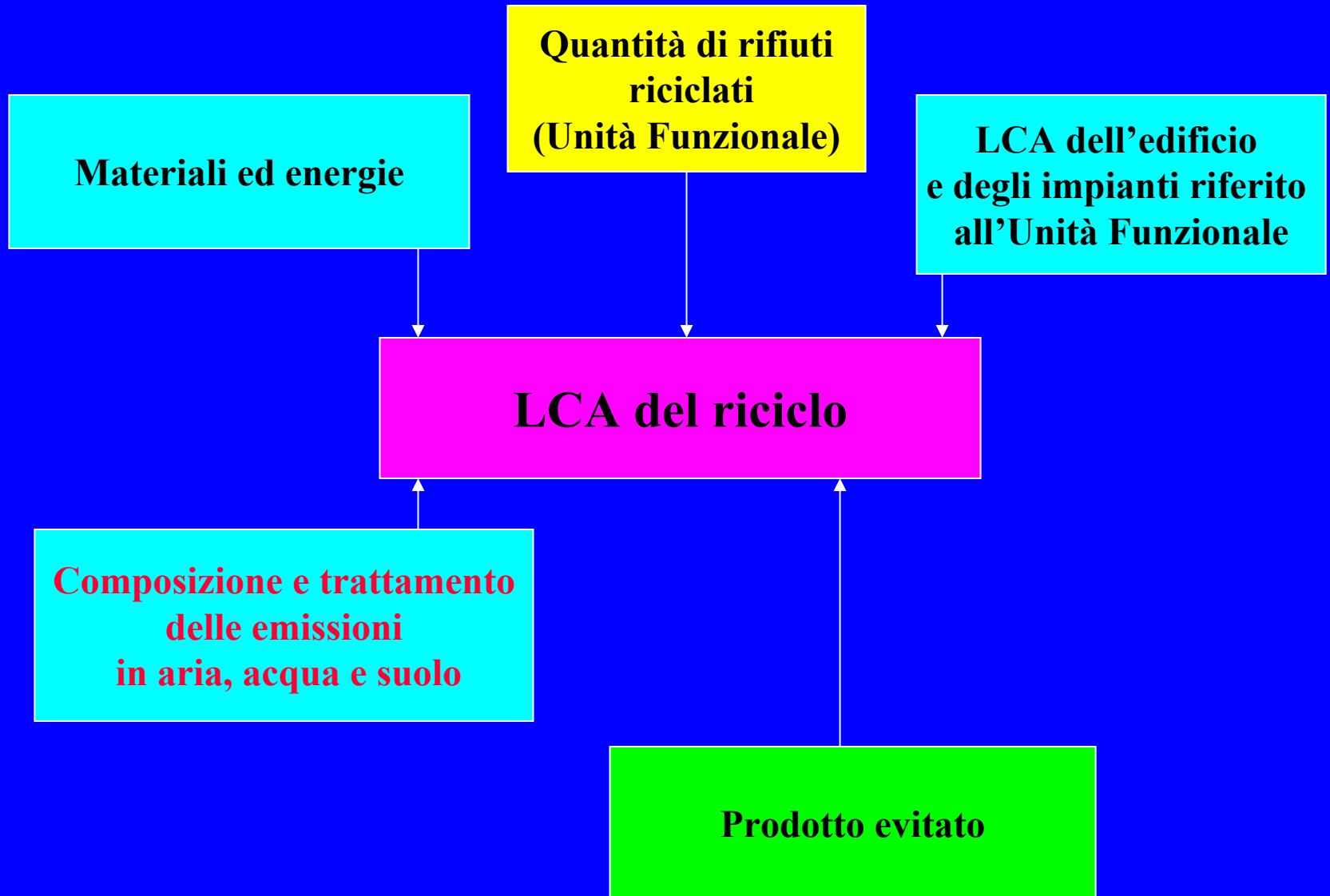
LCA della discarica



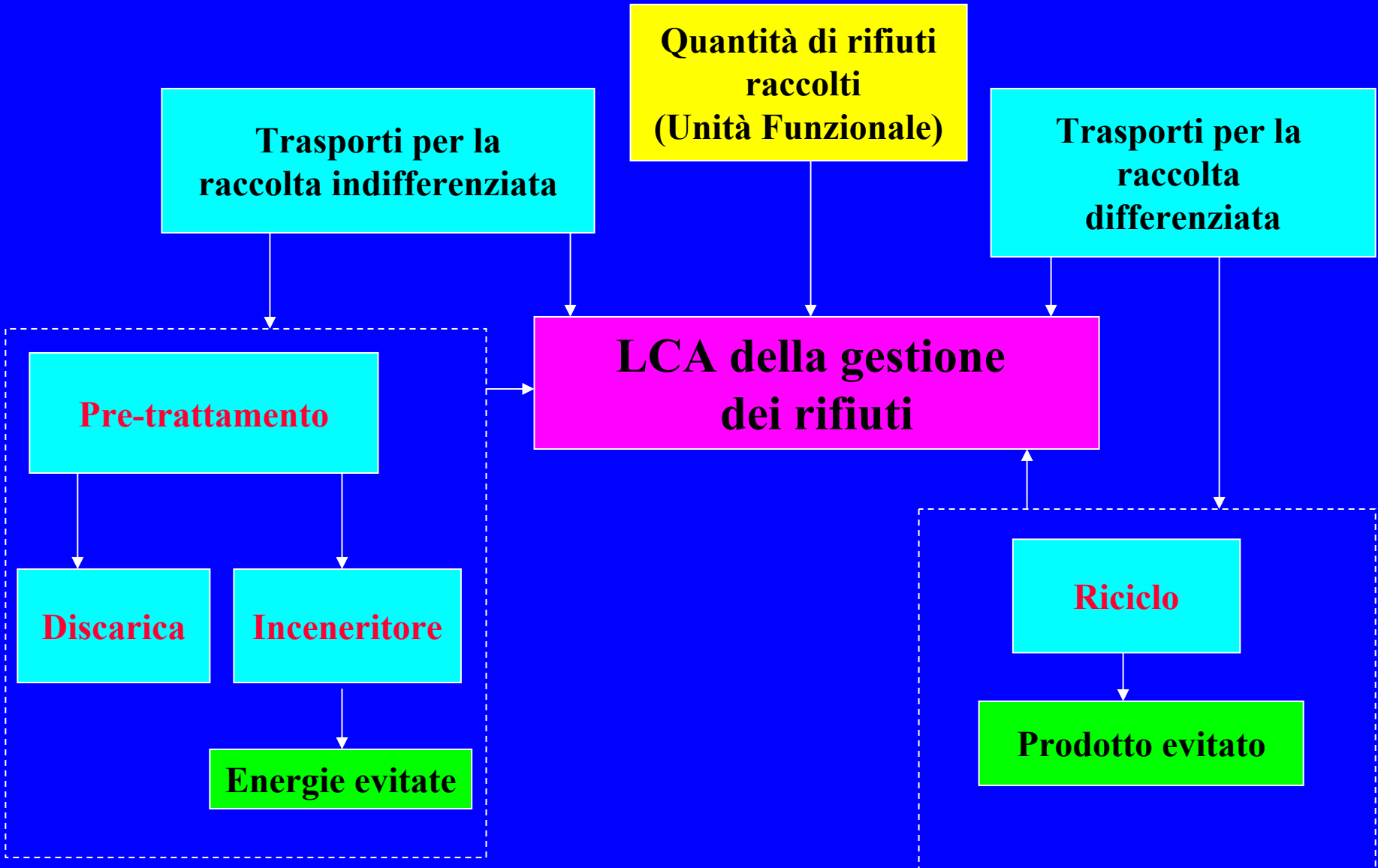
LCA dell'inceneritore



LCA del **riciclo**



LCA della **gestione dei rifiuti**



Una banca dati italiana per LCA della **gestione rifiuti**

Inceneritori

- AMSA di Milano
- Monte Malnome di Roma
(Rif. Ospedalieri)
- Brescia
- Montale (Pistoia)
- Taranto (Rif. Ospedalieri)
- Atessa (Chieti)

Discariche

- ASA di Castel Maggiore(BO)
(Rif. non pericolosi)
- Poiatica (RE)
- Atri (L'Aquila)
- Vibo Valentia (Cosenza)
- Rende (Cosenza)
- Monte di Procida (NA)

Altri impianti

- Impianto di depurazione
industriale e biologico(RE)
- Impianto di pretrattamento
di RSU indiff. di Mondovì
- Impianti di compostaggio
di Carpi e di Lodi
- Impianto di sterilizzazione
- Impianto di concentr., distr.,
rettifica per liquidi di lab.
- Impianto di inertizzazione

Processi di riciclo componenti

- Telefono
- Computer
- Auto (separazione ferro, alluminio e
rame e plastica)
- Vetro da monitor
- Lavatrice
- Batterie auto
- Schede elettroniche

Processi di riciclo materiali

- Alluminio
- Rame
- Ferro
- Vetro
- PP
- PE
- PVC

Comuni studiati per gestione rifiuti

- Milano
- Molfetta
- Rende
- Vibo Valentia
- Monte di Procida
- Parma
- L'Aquila

Ringraziamenti

- a Luca Ferrari, Bernadette Gugliemetti, Sara Signori, Arianna Zampini e Federico Zonarelli che hanno effettuato gli studi LCA presentati
- agli 85 laureandi e agli 8 tirocinanti post-laurea che con le loro raccolte dati, il loro studio, il loro interesse per la comprensione dei problemi ambientali, le loro proposte, il loro entusiasmo hanno arricchito l'ENEA nel campo dell'analisi ambientale
- alle Aziende **ASA** di Castel Maggiore, **AMA** di Roma e **ENIA** di Reggio E., al **Presidio Ospedaliero di Pistoia**, alla **Provincia di Parma** per i dati forniti
- ai 3 laureati dei progetti SPINNER e SPINTA che, grazie al supporto dell'ENEA, si preparano a costituire un'Azienda per l'attuazione dell'LCA a favore delle Aziende e della Pubblica Amministrazione