



Progetto LIFE11 NAT/IT/00232- Leopoldia

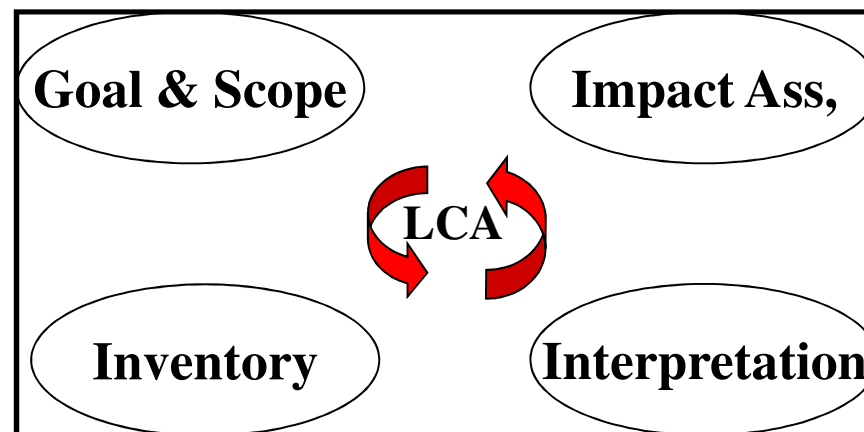
Corso di Formazione “La sostenibilità nel paesaggio serricolo del golfo di Gela” -

**Analisi del Ciclo di Vita di Sistemi Agroalimentari:
l'esperienza del Progetto VEDER**

LCA - BASI TEORICHE, CRITERI E METODOLOGIA

Docente: Prof. Ing. M. Cellura

LCA - BASI TEORICHE, CRITERI E METODOLOGIA



La metodologia LCA: Basi Concettuali

L'LCA è una metodologia per confrontare su basi scientifiche due prodotti/servizi surrogabili ovvero due soluzioni alternative.

Ad esempio: Ha minori emissioni in aria una macchina a gas, una macchina a benzina o una elettrica ???

La domanda è intenzionalmente mal posta dal momento che non è definita la base sulla quale fondare la comparazione e gli elementi inclusi/esclusi

La metodologia LCA: Basi Concettuali

L'LCA, prima ancora di essere una metodologia di calcolo è un **modo di pensare**, un approccio per ottenere un quadro globale delle prestazioni energetico-ambientali del prodotto/servizio in studio.



Per questo motivo, prima ancora di introdurre la metodologia, si parla di LIFE CYCLE THINKING.



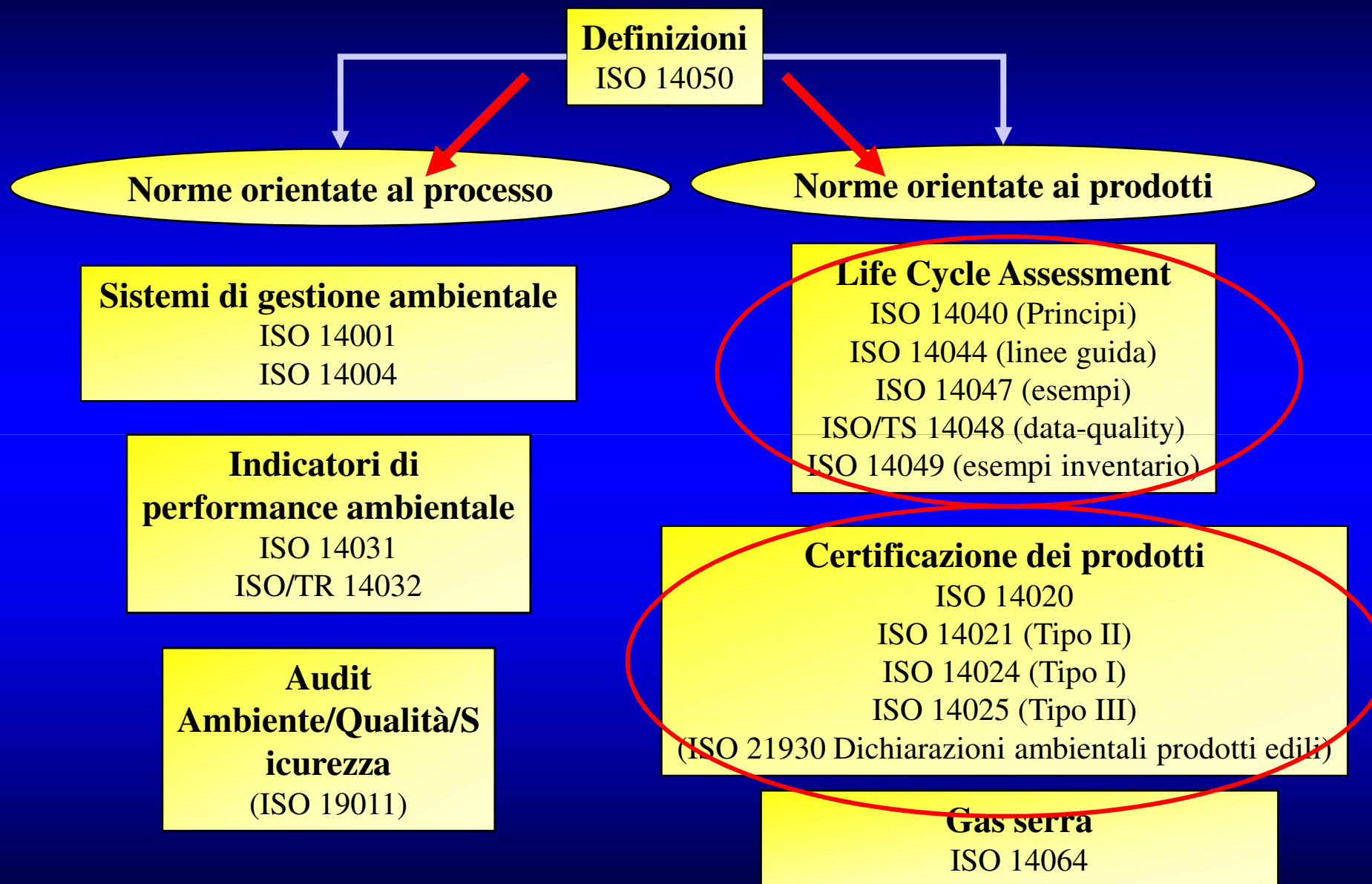
Approccio:
“Dalla Culla alla Tomba” (*From cradle to Grave*)
o “Da “Risorsa a Rifiuto”
o ancora: “Dalla culla alla culla”

Approccio *life-cycle* alla valutazione: Evoluzione storica

Decade	Activity
1960s	La metodologia LCA venne per prima affrontata dalle industrie chimiche americane ed europee proprio al fine di studiare e mitigare gli impatti connessi alle loro produzioni.
1970s	
1970s – 1980s	
1980s – 1990s	Development of industry interest. Inventory becomes ‘impact assessment’, leading to improved assessment, interpretation, etc. – National / international concerns, ISO 14040-43, Nordic Council of Ministers, Chainet, CPM, Ecolab, EPD, LCAit, NEP, SimaPro, SPINE, SPOLD
2000 and beyond	Work environment included into LCA, e.g. WEST and LCSRA, improved data input and standard for data base structure ISO 14048, increased access and user-friendliness, better understanding between industry and researchers.

Fonte: The Swedish Institute of Production Engineering Research

Negli anni '90 inizia l'attività di standardizzazione prima del SETAC, poi dell'ISO, le applicazioni della LCA a sistemi di marchiatura ed il tentativo di standardizzazione della struttura dei dati



Cos'è la metodologia LCA?

L'Analisi del Ciclo di Vita (o Life Cycle Assessment-LCA) è una compilazione e valutazione attraverso tutto il ciclo di vita dei flussi in entrata e in uscita, nonché i potenziali impatti ambientali, di un sistema di prodotto.

Fonte: ISO 14040

In merito alla definizione della LCA, il principale problema che la comunità scientifica si è trovata ad affrontare è stata l'**armonizzazione** delle varie tecniche di studio e computazione dei bilanci di massa/energia, e la valutazione degli impatti. Un passo fondamentale è stata la realizzazione della norma ISO 14040, che rappresenta il **primo** traguardo per la standardizzazione della metodologia.

Cos'è la metodologia LCA?

*Tutto ciò che è detto per un **prodotto** può essere esteso alla valutazione dei **servizi** (es. trasporti, gestione dei rifiuti, etc.)*

Cos'è la metodologia LCA?

L'LCA si propone prima di tutto come una fase conoscitiva dettagliata del prodotto/processo in tutti i suoi aspetti, includendo anche le implicazioni ambientali

Se si vuole ottimizzare un processo, il primo obiettivo è proprio individuare i bilanci di massa ed energia imputabili ad ogni singola fase, attività, processo o sub/processo.

Sulla base di tale informazioni l'azienda potrà intervenire su quelle fasi che hanno maggiori margini di miglioramento al fine di conseguire una ottimizzazione globale del processo

L'LCA permette di avere una visione globale del prodotto lungo tutto il suo ciclo di vita includendo anche taluni impatti normalmente ignorati o trascurati

Cos'è la metodologia LCA?

Caratteristica fondamentale a cui la LCA tende è l'oggettività, intesa come una metodologia comune di computazione degli impatti che fosse internazionalmente riconosciuta e che permettesse di esprimere un giudizio obiettivo fondato su dati scientifici

In effetti non si può parlare mai di “oggettività” in senso assoluto, dal momento che la valutazione introduce *elementi di soggettività* che possono incidere sostanzialmente sui risultati.

Necessità di un'analisi di incertezza e sensibilità a valle

Perché applicare l'Analisi del Ciclo di Vita?

La presente norma internazionale può essere utilizzata per:

- assistere le organizzazioni ad avere una visione sistematica dei sistemi di prodotti interconnessi;
- formulare l'obiettivo e il campo di applicazione dello studio, definire i sistemi da analizzare e realizzarne un modello, raccogliere i dati e riportare i risultati di un LCI;
- stabilire un riferimento di base delle prestazioni ambientali di un dato sistema di prodotti¹⁾, quantificando l'utilizzo di flussi di energia e materie prime e le emissioni nell'aria, nelle acque e nel suolo (dati ambientali in ingresso e in uscita) associati a quel sistema, non solo per il sistema intero, ma anche scomposto nelle sue unità di processo;
- identificare quali unità di processo all'interno del sistema di prodotti utilizzano le maggiori quantità di flussi di energia, di materie prime e generano le maggiori quantità di emissioni allo scopo di raggiungere i miglioramenti definiti;
- fornire dati da utilizzare per aiutare la successiva definizione dei criteri per l'etichettatura ecologica;
- aiutare a definire le scelte politiche, per esempio relative agli appalti.

Fonte: ISO 14044

Struttura LCA

Fase 1:

Definizione dello scopo e campo di applicazione:

L'obiettivo di una LCA deve stabilire senza ambiguità quali siano l'applicazione prevista, le motivazioni che inducono a realizzare lo studio e il tipo di pubblico a cui è destinato, cioè a quali persone si intendono comunicare i risultati dello studio.

Fase di inquadramento generale dello studio

Struttura LCA

Fase 2:

Analisi di inventario (LCI): Essa comprende la raccolta dei dati e i procedimenti di calcolo che consentono di quantificare i flussi in entrata e in uscita di un sistema di prodotto.

Fase **complessa** da un punto di vista computazionale e per la raccolta e gestione di grandi moli di dati

Struttura LCA

Fase 3:

Valutazione degli impatti: Essa ha lo scopo di valutare la portata di potenziali impatti ambientali utilizzando i risultati dell'analisi d'inventario del ciclo di vita.

In generale questo procedimento comporta l'associare i dati d'inventario a specifici impatti ambientali e l'approfondire la comprensione di questi impatti.

Fase caratterizzata da un **elevato livello di soggettività**
nella scelta dei metodi di valutazione

Struttura LCA

Fase 4:

Interpretazione dei risultati: è la fase dell'LCA nella quale i risultati ottenuti nell'analisi d'inventario e nella valutazione d'impatto vengono combinati fra loro, in coerenza con l'obiettivo e il campo di applicazione dello studio, al fine di trarre conclusioni e raccomandazioni.

Fase **fondamentale** per garantire la **scientificità** dello studio, mediante la revisione delle ipotesi ed assunzioni di base, individuazione dei punti critici e delle opzioni di miglioramento.

FASE 1: Goal & Scope

Spesso sottovalutata perché ridotta ad una semplice enunciazione di definizioni.

Trattasi invece di una fase concettuale **fondamentale**, che influenza tutte le scelte successive ed il livello di qualità dei risultati desiderato

E' auspicabile effettuare ipotesi ed assunzioni alternative e comparative, da valutare in fase di interpretazione

FASE 1: Goal & Scope

Elementi critici di questa fase sono:

- Descrizione dell'unità (prodotto/servizio) oggetto dello studio (UNITA' FUNZIONALE)
- Definizione dei confini del sistema
- Definizione dei criteri di misurazione e acquisizione dei dati, dei criteri di valutazione della qualità dei dati, delle ipotesi e assunzioni generali dello studio.
- Definizione dei criteri di comparazione dei risultati con studi simili.

FASE 1: Goal & Scope

- UNITA' FUNZIONALE (UF)

Definizione (ISO 14040-1997) Prestazione quantificata di un sistema di prodotto da utilizzare come unità di riferimento in uno studio LCA

L'unità funzionale è l'oggetto dello studio cui riferire gli impatti. La definizione della UF non è sempre univoca ed influenza sensibilmente le scelte successive

FASE 1: Goal & Scope

- UNITA' FUNZIONALE (UF) : esempio

Nella funzione "**asciugare le mani**", possono essere studiati sia il sistema con asciugamano di carta sia il sistema ad aria.

L'unità funzionale scelta, identica per i due sistemi, può essere espressa come numero di paia di mani asciugate.

Per ciascun sistema è possibile determinare il flusso di riferimento (per esempio la massa media di carta o il volume medio di aria calda richiesti rispettivamente per un'asciugatura di mani). Per entrambi i sistemi è possibile compilare un inventario dei flussi in ingresso e in uscita, sulla base di flussi di riferimento.

Al livello più semplice, il caso dell'asciugamano di carta dovrebbe essere relativo al consumo di carta. Il caso dell'asciugatura ad aria dovrebbe essere relativo prevalentemente all'energia in ingresso all'asciugatore ad aria.

FASE 1: Goal & Scope

- CONFINI DEL SISTEMA

I confini del sistema definiscono le unità di processo da includere nel sistema di cui si costruisce il modello.

In molti casi, non vi sono sufficiente tempo, dati e risorse, per condurre uno studio completo. Si deve decidere quali unità di processo comporranno il modello e il livello di dettaglio con cui queste unità di processo dovranno essere studiate.

Non è necessario spendere risorse per quantificare i flussi in ingresso e in uscita che non modificheranno significativamente le conclusioni globali dello studio.

Come può stabilirsi ciò prima ancora di aver effettuato il calcolo?



Dati di letteratura, esperienze pregresse, Category rules, etc.

FASE 1: Goal & Scope

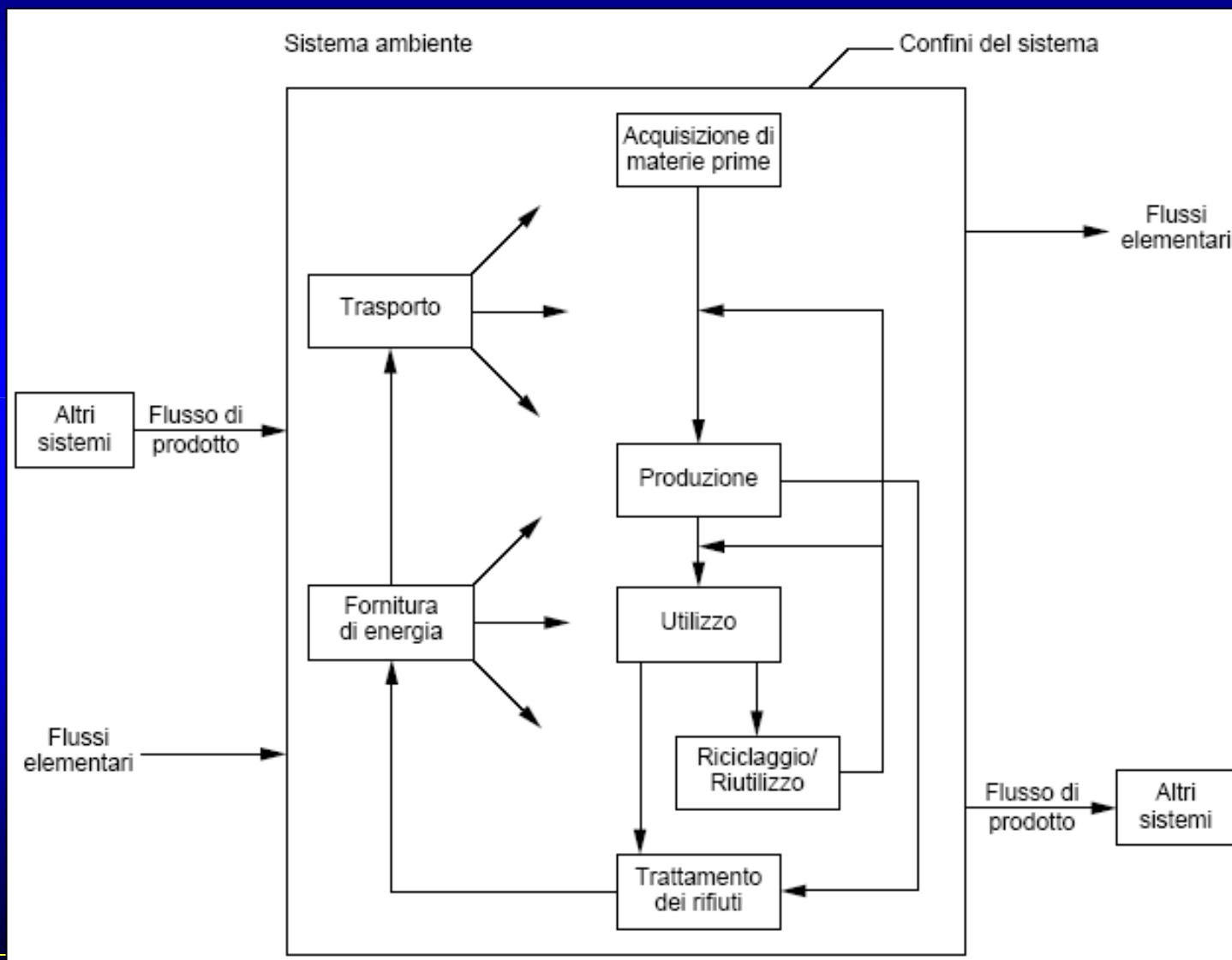
- CONFINI DEL SISTEMA

Ad esempio in una LCA possono non essere analizzate le fasi fasi a valle del processo produttivo.

Lo studio si arresta ai “cancelli” dell’azienda rappresentando non una LCA completa bensì uno studio parziale
“From cradle to Gate”.

FASE 1: Goal & Scope

- CONFINI DEL SISTEMA



FASE 1: Goal & Scope

- Tipologia e fonte dei dati impiegati

Non tutti i dati possono essere rilevati direttamente (Dati primari) ma occorre riferirsi anche a dati tratti dalla letteratura scientifica e da database di settore.

La scelta di taluni dati di riferimento anziché altri può “stravolgere” i risultati, specie nei sistemi di prodotto in cui è notevole l’incidenza di impatti indiretti, ovvero non direttamente imputabili al processo produttivo principale in studio.

Tra i criteri di selezione dei dati si sottolinea l’importanza dei criteri di cut-off, ovvero i criteri per l’inclusione/esclusione di un elemento dallo studio

FASE 1: Goal & Scope

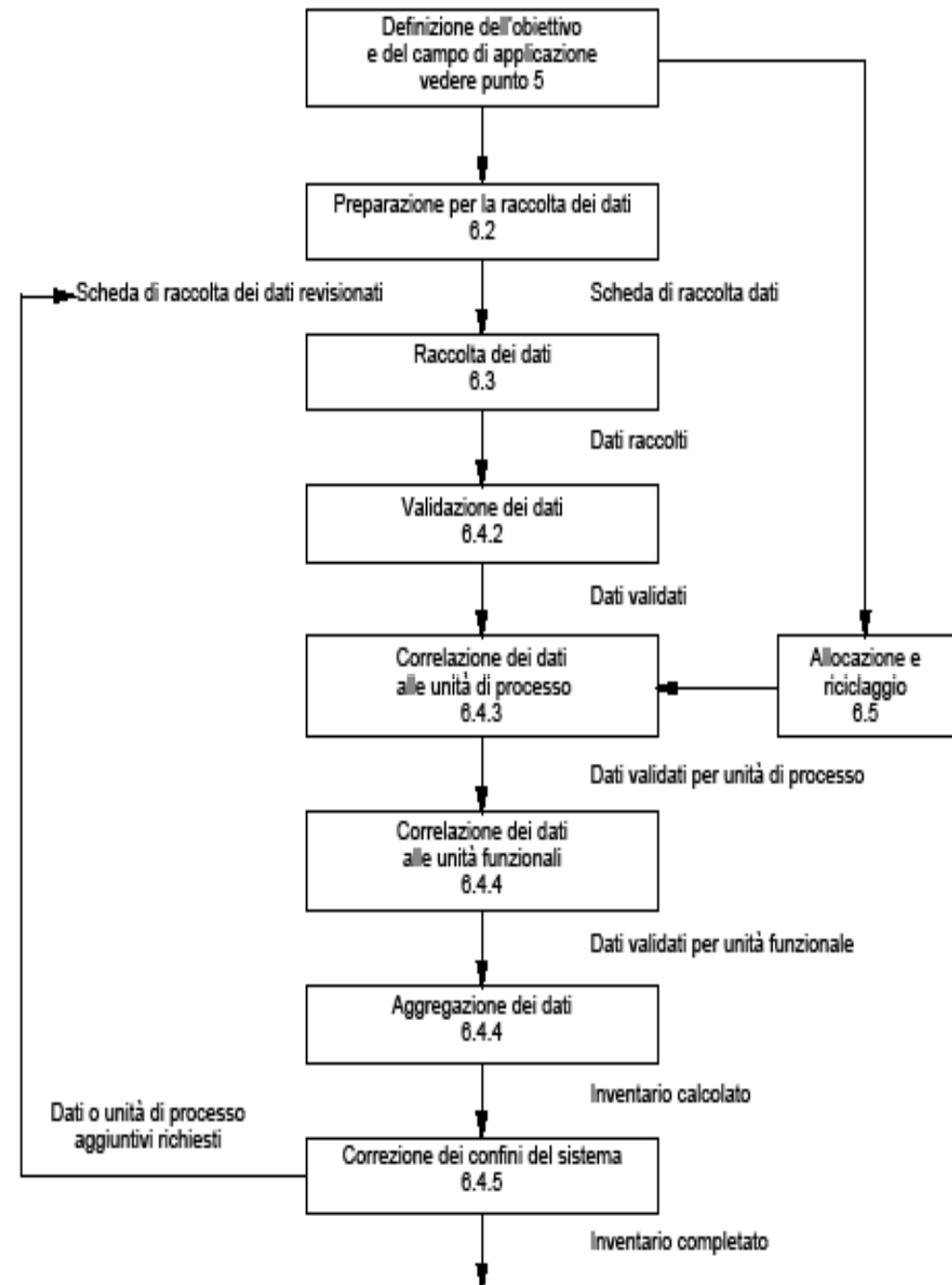
- Requisiti di qualità dei dati

Insorgono molti problemi relativamente alla qualità dei dati, tenendo in considerazione parametri di tipo:

- Copertura Geografica
- Copertura Temporale
- Copertura Tecnologica
- Rappresentatività
- Completezza
- Trasparenza
- Consistenza
- Riproducibilità
- Disponibilità
- Fonte
- Incertezze

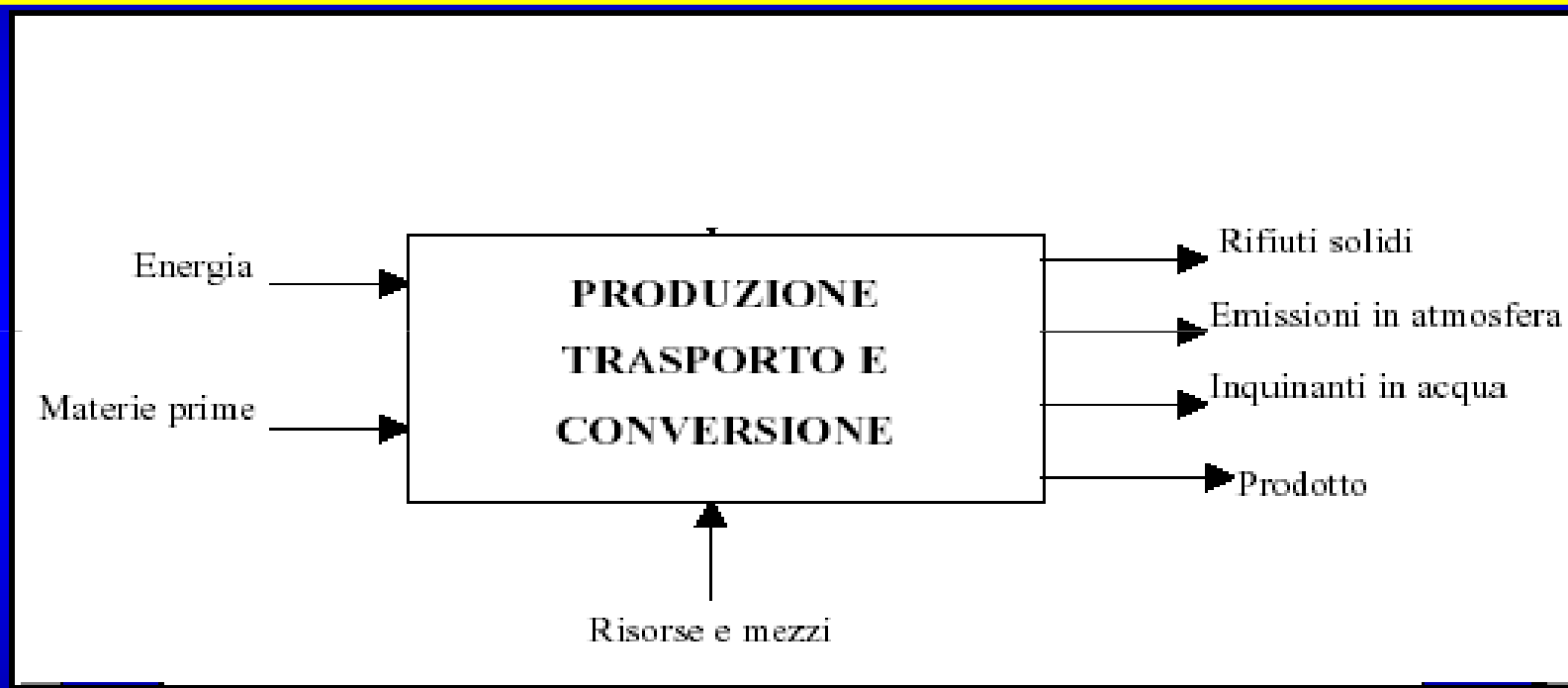
FASE 2: Inventario (LCI)

Fase di raccolta e
verifica dei dati di
campo e di letteratura



FASE 2: Inventario (LCI)

Analisi di Inventario (LCI): Analisi dei flussi di massa ed energia



unità di processo: La più piccola parte di un sistema di prodotto, per la quale sono stati raccolti i dati nel corso della valutazione del ciclo di vita.

Fonte: ISO 14040 (1997)

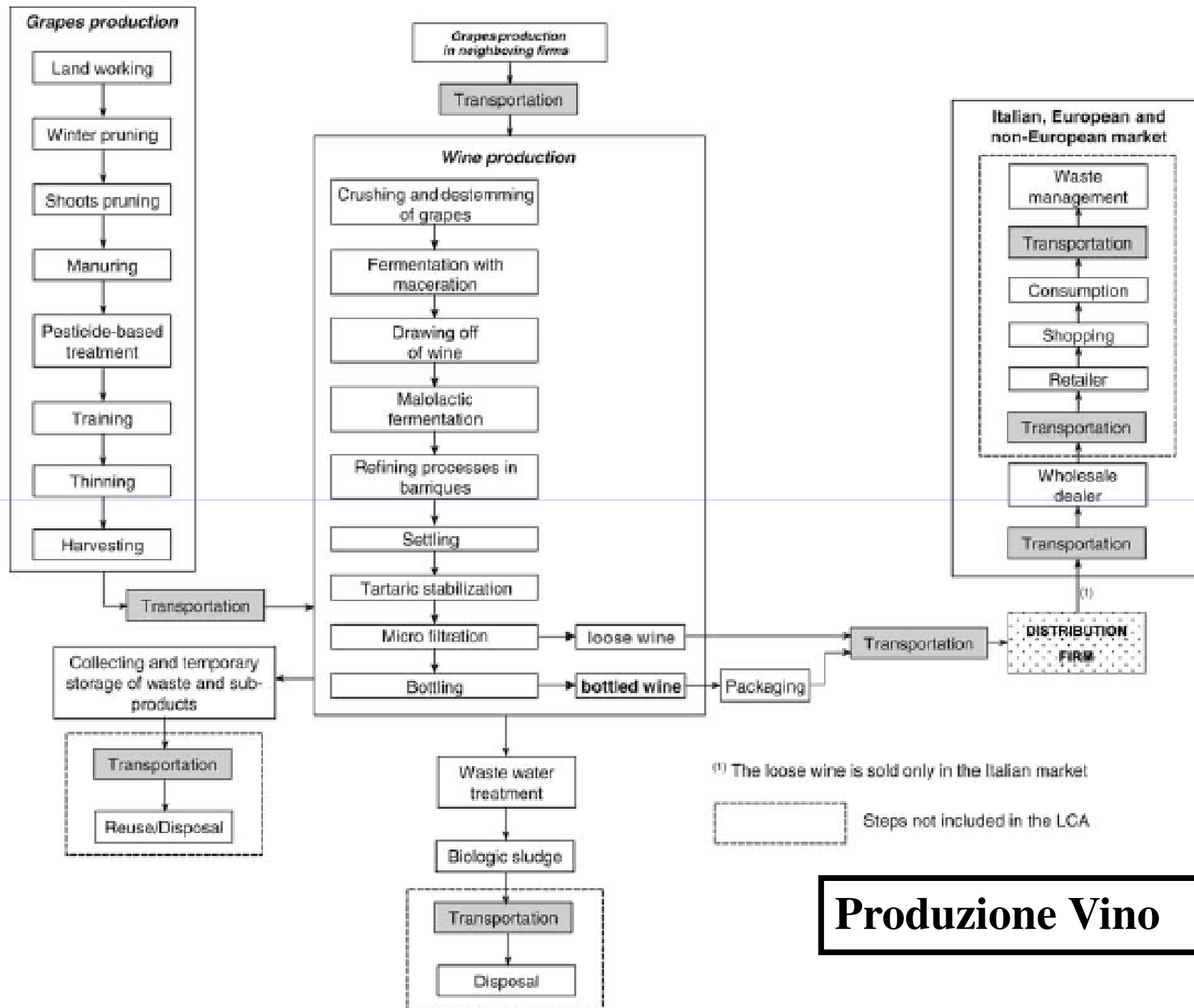
FASE 2: Inventario (LCI)

La suddivisione del processo produttivo in unità di processo serve a supportare il processo di acquisizione dei dati e la scomposizione di un processo complesso in elementi elementari analizzabili.

**Esempio: segue l'esempio di un diagramma di flusso dell'UF
Bottiglia di vino rosso, che include:**

Fasi di coltivazione – Fase di Cantina – Distribuzione al consumo.

**Per ciascuna fase si procede successivamente alla valutazione di
input & output**



Produzione Vino

FASE 2: Inventario (LCI)

Tra le criticità nell'inventario si sottolinea l'allocazione

Allocazione: Ripartizione nel sistema di prodotto in studio dei flussi in entrata e in uscita di una unità di processo.

Fonte: ISO 14040

Pochi processi industriali producono un singolo flusso in uscita o sono fondati su una linearità fra materie prime in ingresso ed entità in uscita. Infatti la maggioranza dei processi industriali **ha più di un prodotto** e ricicla i prodotti intermedi o di scarto come fossero materie prime.

I flussi di materiali e di energia, come pure i rilasci nell'ambiente, devono essere allocati ai differenti prodotti secondo procedure chiaramente definite.

FASE 2: Inventario (LCI)

Criticità: Allocazione

Ove l'allocazione non possa essere evitata, i flussi in ingresso e in uscita dal sistema dovrebbero essere ripartiti tra i suoi differenti prodotti e funzioni in modo che riflettano le **relazioni fisiche**, cioè, essi devono riflettere il modo in cui i flussi in ingresso e in uscita sono modificati, con trasformazioni quantitative, nei prodotti o nelle funzioni fornite dal sistema.

L'allocazione risultante non sarà necessariamente proporzionale ad ogni semplice misura quale quella dei **flussi massici** o **molari** di co-prodotti, ovvero altre grandezze fisiche quali il volume o l'energia.

Nel caso queste vie non siano praticabili si può procedere ad allocazione economica.

FASE 2: Inventario (LCI)

L'obiettivo finale della fase di inventario e la computazione di tutti gli input ed output in tutte le fasi del ciclo di vita.

**L'insieme di tutte queste informazioni prende il nome di
Eco-profilo del prodotto**

FASE 2: Inventario (LCI)

Ecoprofilo : Energia Elettrica in Italia

Uso di 1 MJ di energia elettrica a media tensione in Italia.

I confini del sistema comprendono:

- le fasi di estrazione, trattamento e trasporto dei combustibili;
- la produzione e la distribuzione dell'energia elettrica;
- la costruzione e la dismissione di tutte le infrastrutture utilizzate

(la cui influenza è dell'ordine del 5% rispetto ai valori complessivi).

Le perdite di distribuzione sono state considerate pari al 1,8%.

Con le ipotesi fatte, il consumo energetico complessivo *GER* risulta pari a 2,867 MJ per MJ di energia utilizzata dall'utente.

Dati riferiti al periodo 1990-1994

Fonte: ANPA 2000

En.El.: uso a media tensione in Italia 1MJ

INPUT		
Flusso	UM	Qty
Acqua	mg	9671000
Argilla	mg	87
Barite	mg	156
Bauxite	mg	13
Bentonite	mg	23
Calcare	mg	558
Carbone fossile	mg	19037
Cromo	mg	1
Energia idraulica potenziale	MJ	0,317
Ferro	mg	452
Gas di miniera	mg	75
Gas di petrolio	Nm3	0,0022
Gas naturale	Nm3	0,0084
Ghiaia	mg	2311
Legno	mg	125
Lignite	mg	1496
Nichel	mg	1
Petrolio	mg	32271
Rame	mg	3
Sabbia	mg	319
Salgemma	mg	37
Suolo	m2a	0,006
Uranio *	mg	0,69

* Corrisponde a 0,310 MJ ipotizzando una energia di fissione di 450.000 MJ/kg

FASE 2: Inventario (LCI)

Ecoprofilo : Energia Elettrica in Italia

En.El.: uso a media tensione in Italia

Output Aria

SOSTANZA	UM	Qty	SOSTANZA	UM	Qty
Acido cloridrico HCl	mg	6	Mercurio Hg	mg	0,0036
Acido fluoridrico HF	mg	1	Metano CH ₄	mg	252
Alcani	mg	2	Monossido di carbonio CO	mg	55
Alcoli	mg	1	Ossidi di azoto NO _x	mg	416
Alluminio Al	mg	1	Ossidi di zolfo SO ₂	mg	1209
Benzene C ₆ H ₆	mg	0,46	PAH policiclici aromatici	mg	0,0064
Benzo[a]pirene C ₂₀ H ₁₂	mg	9,9E-5	Pentano C ₅ H ₁₂	mg	4
Biossido di carbonio CO ₂ (foss)	mg	188819	Piombo Pb	mg	0,063
Butano C ₄ H ₁₀	mg	3	Polveri	mg	87
Cadmio Cd	mg	0,0071	Propano C ₃ H ₈	mg	3
COV non metanici	mg	248	Protossido di azoto N ₂ O	mg	8
Cromo Cr	mg	0,022	Silicio Si	mg	1
Esano C ₆ H ₁₄	mg	1	Sodio Na	mg	1
Etano C ₂ H ₆	mg	2	Sostanze radioattive	kBq	27
Formaldeide HCHO	mg	1	TCDD equivalenti (diossine / furani)	mg	2,9E-6
HC aromatici	mg	0,11	Xilene	mg	1

Fonte: ANPA 2000

FASE 2: Inventario (LCI)

Ecoprofilo : Energia Elettrica in Italia

En.El.: uso a media tensione in Italia

Output Acqua

Flusso	UM	Qty	Flusso	UM	Qty
			Ioni Hg	mg	9,8E-5
Ammoniaca come N	mg	2	Ioni ipoclorito OCl-	mg	2
Azoto Ntot	mg	2	Ioni K	mg	17
Barite	mg	31	Ioni Mg	mg	28
Carbonio organico totale TOC	mg	25	Ioni Mn	mg	1
Cloruri Cl-	mg	1032	Ioni Na	mg	558
COD	mg	3	Ioni Pb	mg	0,17
Fosfati PO4---	mg	2	Ioni Sr	mg	10
Grassi e oli	mg	38	Ioni Ti	mg	2
HC aromatici	mg	1	Nitrati NO3-	mg	2
Ioni Al	mg	31	PAH policiclici aromatici	mg	0,021
Ioni Ba	mg	6	Sali (non specificati)	mg	6
Ioni Ca	mg	94	Solfati SO4--	mg	218
Ioni Cd	mg	0,0037	Sostanze disciolte	mg	13
Ioni Cr III	mg	0,32	Sostanze radioattive	kBq	1
Ioni Fe	mg	12	Sostanze sospese	mg	98

Fonte: ANPA 2000

FASE 2: Inventario (LCI)

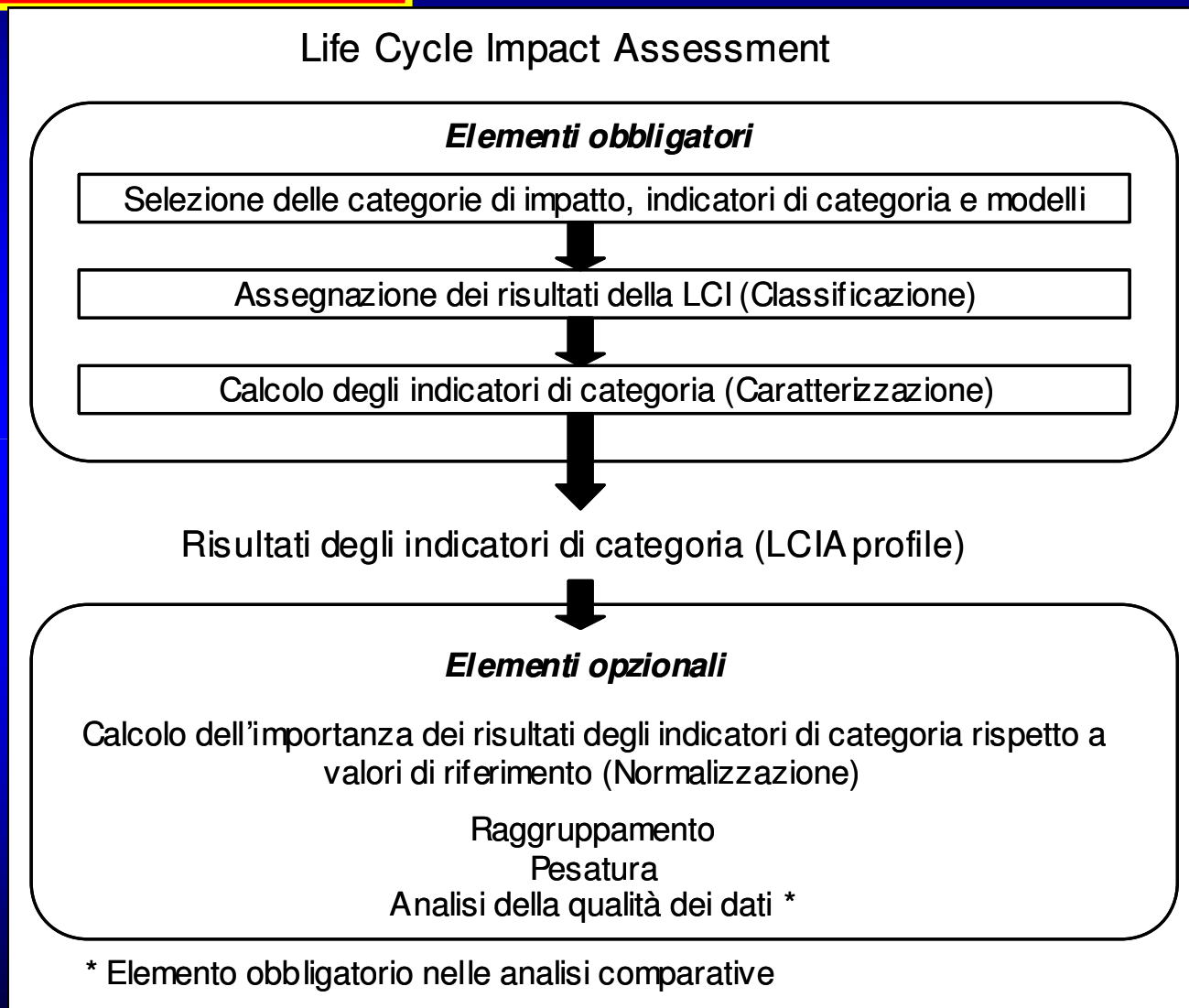
Ecoprofilo : Energia Elettrica in Italia

En.El.: uso a media tensione in Italia		
Output Suolo		
Flusso	UM	Qty
Alluminio	mg	2
Cadmio	mg	3,2E-5
Calcio	mg	8
Carbonio	mg	6
Cromo	mg	0,01
Ferro	mg	4
Mercurio	mg	6,2E-6
Oli minerali	mg	1
Piombo	mg	0,001
Zolfo	mg	1

Fonte: ANPA 2000

FASE 3: Valutazione degli impatti

I dati di inventario
vengono rielaborati in
ben precise categorie
di impatto



FASE 3: Valutazione degli impatti

Esempi di categorie di impatto sono:

Cumulative Energy Demand “CED”	→	MJ_{Prim}
Global Warming Potential “GWP”	→	$\text{kg}_{\text{eq.}} \text{CO}_2$
Ozone Depleting Potential “ODP”	→	$\text{kg}_{\text{eq.}} \text{CFC}_{11}$
Acidification Potential “AP”	→	$\text{kg}_{\text{eq.}} \text{SO}_2$
Photochemical Ozone Creation “POCP”	→	$\text{kg}_{\text{eq.}} \text{PO}_4^{3-}$
Composti Eutrofizzanti	→	$\text{kg}_{\text{eq.}} \text{C}_2\text{H}_4$

FASE 3: Valutazione

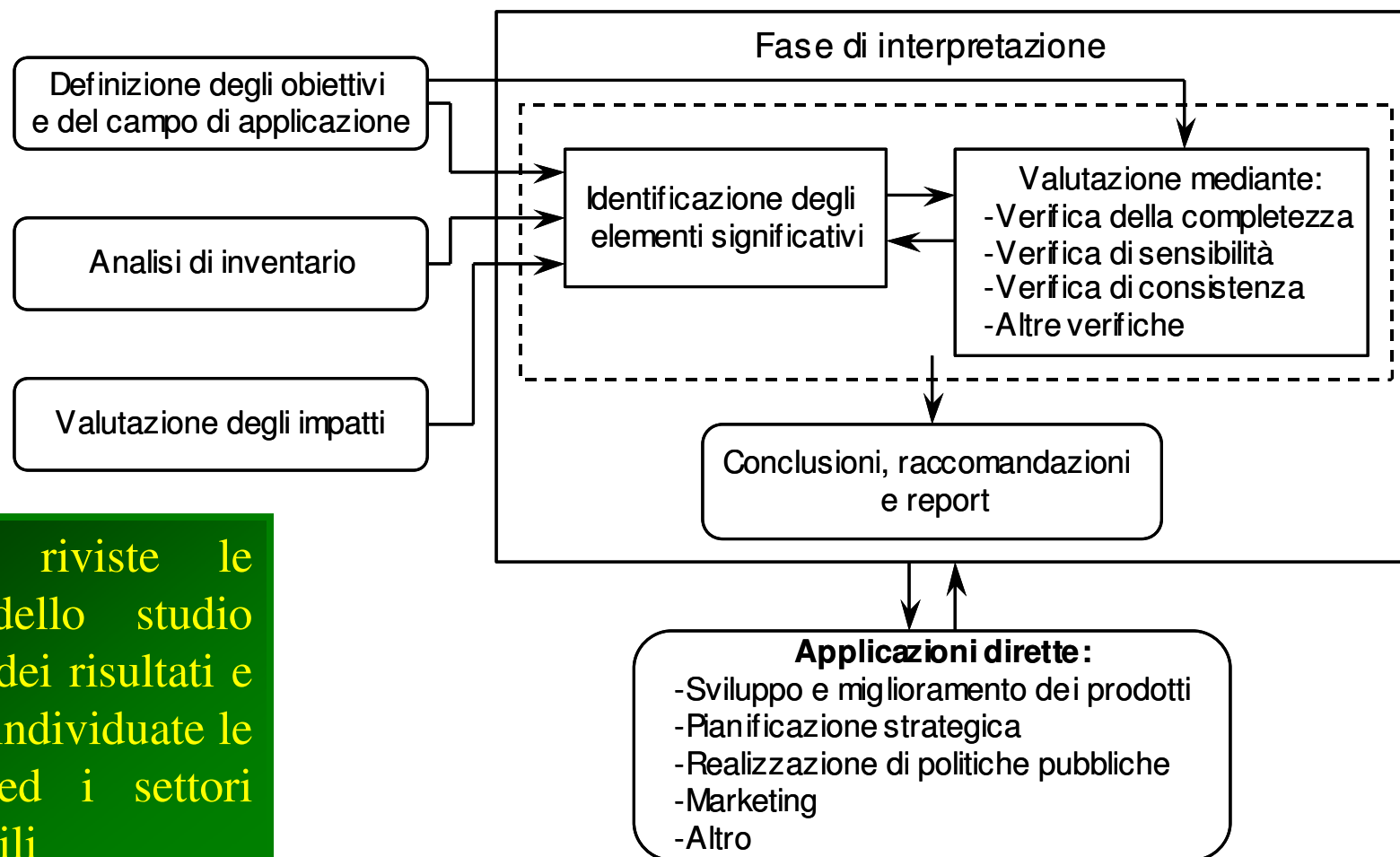
Esistono vari studi inerenti i fattori di caratterizzazione degli impatti.

Ad esempio per il GWP i più autorevoli sono quelli inerenti il GWP_{100} calcolati dall'IPPC.

Emissione (aria)	Formula	GWP 100 [kg CO ₂ eq./kg]
Biossido di carbonio	CO ₂	1
CFC-11 (Triclorofluorometano)	CFCl ₃	4900
CFC-113	C ₂ F ₃ Cl ₃	5000
CFC-114	C ₂ F ₄ Cl ₂	9300
CFC-115	C ₂ F ₅ Cl	9300
CFC-12 (Diclorodifluorometano)	CF ₂ Cl ₂	8500
CFC-13 (Clorotrifluorometano)	CF ₃ Cl	11700
Diclorometano	CH ₂ Cl ₂	9
Esafluoruro di zolfo	SF ₆	23900
HALON-1301	CF ₃ Br	5600
HCFC-123	CHCl ₂ CF ₃	93
HCFC-124	CHFClCF ₃	480
HCFC-141b	CH ₃ CFCl ₂	630
HCFC-142b	CH ₃ CF ₂ Cl	2000
HCFC-22	CHF ₂ Cl	1700
HCFC-225ca	C ₃ HCl ₂ F ₅	170
HCFC-225cb	C ₃ HCl ₂ F ₅	530
HFC-125	CHF ₂ CF ₃	2800
HFC-134	CH ₂ FCF ₃	1000
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	1300
HFC-143	CH ₃ CF ₃	300
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	3800
HFC-152a	CH ₃ CHF ₂	140
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	2900
HFC-23 (Trifluorometano)	CHF ₃	11700
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	6300
HFC-245ca	C ₃ H ₃ F ₅	560
HFC-32 (Difluorometano)	CH ₂ F ₂	650
HFC-41 (Fluorometano)	CH ₃ F	13000
HFC-43-10-mee	C ₅ H ₂ F ₁₀	1300
Metano	CH ₄	21
Monossido di carbonio	CO	2

FASE 4: Interpretazione

Struttura della LCA



Vengono riviste le ipotesi dello studio alla luce dei risultati e vengono individuate le criticità ed i settori migliorabili

FASE 4: Interpretazione

L'LCA risulta essere di immediata comprensione a livello teorico (condivisione dell'approccio Life Cycle Thinking) ma estremamente complessa da realizzare a causa di gravi problemi e difficoltà che insorgono, di natura sia teorico che pratica

FASE 4: Interpretazione

Si può dunque comprendere meglio come la 4° fase (interpretazione dei risultati) sia incentrata sull'analisi dei limiti dello studi, considerando ad esempio:

Verifica della completezza dei dati e dei risultati

Verifica delle analisi di sensitività, si faranno cioè variare i parametri utilizzati (input, output, categorie d'impatto potenziale) per osservare poi gli effetti che si generano sul risultato finale

Verifica della consistenza: si accerta il livello di rispondenza tra i risultati conseguiti e gli obiettivi dello studio posti in fase preliminare e durante le fasi d'Inventario e Valutazione.

FASE 4: Interpretazione

Taluni autori hanno sottolineato come l'incertezza globale di una LCI sia spesso dominata dall'incertezza dominante di un numero ristretto di parametri o talvolta dall'incertezza di *un solo parametro*. Tutte le altre fonti di incertezza sono così secondarie che potrebbero essere trascurate (compatibilmente con gli scopi dello studio).

-Il SETAC ha definito tale fase di analisi come life-cycle screening, ovvero come procedura per identificare i punti chiave (definiti dagli autori come key issues o hot spot) per l'investigazione in un'analisi più dettagliata. Lo studio delle "key issues" ha dunque due principali finalità di seguito riassunte:

- Individuare i parametri cui il modello è altamente sensibile, tali che una loro piccola variazione possa causare notevoli cambiamenti e che devono essere accuratamente noti prima di trarre delle conclusioni (secondo un'ottica di miglioramento della qualità ed affidabilità dei risultati);
- Individuare i parametri cui il modello è molto sensibile, tali che una loro piccola variazione possa causare notevoli cambiamenti e su cui agire nel caso si volesse progettare un sistema o processo alternativo (secondo un'ottica di eco-design).

↑ <i>high</i> uncertainty ↓ <i>low</i>	perhaps a key issue	key issue
	not a key issue	perhaps a key issue
		<i>low</i> <i>high</i>
		← contribution →

FASE 4: Interpretazione

A conclusione del processo di LCA è auspicabile l'esecuzione di uno studio di sensibilità ed incertezza

Tutti i punti precedentemente discussi vengono analizzati ed eventualmente revisionati, in conformità agli obiettivi e scopi, allo scopo di migliorare la qualità complessiva dello studio, in un processo continuo di feedback

LCA - BASI TEORICHE, CRITERI E METODOLOGIA

Grazie per l'attenzione

Prof. Ing Maurizio Cellura
e-mail: mcellura@dream.unipa.it

Dipartimento di Energia, Ingegneria dell'Informazione e modelli Matematici (DEIM)
Università degli studi di Palermo
Viale delle Scienze, 90128 Palermo