

LA RETE LCA E L'INNOVAZIONE: LCA E PROCESSI INNOVATIVI DELL'INDUSTRIA CHIMICA

**S
E
P

2
0
1
0**

**P
A
D
O
V
A**

**Michele Aresta
Dipartimento di Chimica e CIRCC
Campus Universitario
70126 BARI**

m.aresta@chimica.uniba.it

Interessi del Gruppo di Ricerca

- Dipartimento di Chimica – UNIBA
- Consorzio Interuniversitario Reattività Chimica e Catalisi – CIRCC

- Sintesi innovative di intermedi e fine chemicals
- Utilizzazione del diossido di carbonio in sintesi chimica – riciclo del carbonio

- Progetti Europei: TOPCOMBI, EuroBioRef

Innovazione nell'Industria Chimica

- La innovazione di processo e di prodotto è la base della **sostenibilità dell'industria chimica.**

**SUSCHEM Platform:
Processes, Materials, iBio.
ERANET
ACENET + CAPITA**

I “must” dell’innovazione

- **Riduzione della utilizzazione di energia**
- **Riduzione dell’uso del carbonio**
- **Economia di atomi**
- **Eliminazione di prodotti tossici**
- **Riduzione della produzione di reflui**

sono i pilastri dell’innovazione

Il Fattore-E

Settore Industriale	Mercato, t/a	E ($t_{\text{rifiuti}}/t_{\text{prodotto}}$)
<i>Raffinerie</i>	10^6-10^8	< 1
<i>Prodotti di base</i>	10^4-10^6	1-5
<i>Chimica fine</i>	10^2-10^4	5 >50
<i>Farmaceutici</i>	$10-10^3$	25 >100

M. Aresta, Cat Today, 1999

R. Sheldon, Pure Applied Chemistry, 72, 1233, 2000

La via verso la innovazione

- Sviluppo di
 - **nuove tecnologie sintetiche** che realizzino
 - **sintesi più dirette,**
 - ad **elevata selettività,**
 - **basso impatto ambientale,**
 - con **diversificazione delle materie prime**
 - e **riciclo di risorse** (energia e materia).

La evoluzione dell'approvvigionamento

- Nuove materie prime
 - Dai fossili alla biomassa
- Nuovi approcci
 - Bioraffineria
- Nuovo ruolo della LCA
 - Carbon footprint non è sufficiente a caratterizzare i processi

LCA e UE

- I progetti europei chiedono che le proposte di innovazione siano “dimostrate” con la applicazione della LCA
- Lo studio **LCA non è** un semplice esercizio di comparazione del “**carbon footprint**” di processi “on stream” e di processi innovativi
- Le varie categorie di impatto devono essere valutate

Industria dell'Energia

- Anche questo settore richiede la applicazione di LCA
- I biocombustibili non sono “per se” a basso impatto ambientale
- Il beneficio derivante dal loro uso deve essere dimostrato
- Le tecniche di coltivazione della biomassa hanno una profonda influenza sull'impatto ambientale dei biocombustibili

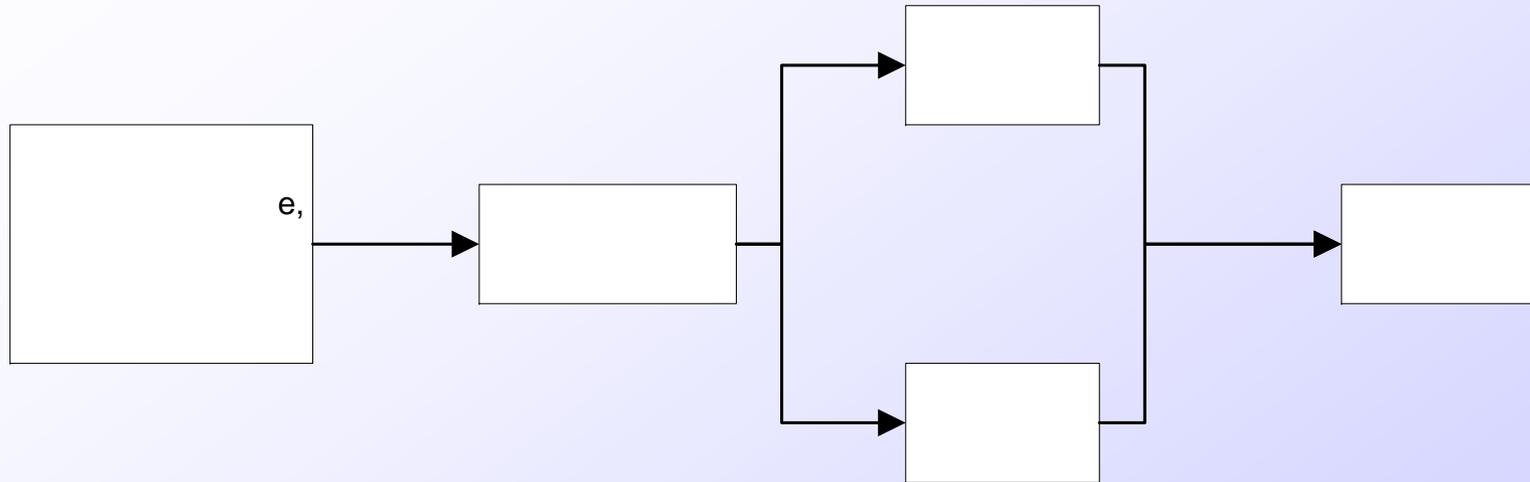
Obiettivi

I **Dialchilcarbonati** $[(RO)_2CO]$ sono prodotti tradizionalmente utilizzando il **fosgene**, $COCl_2$, altamente tossico.

Nel Progetto **IP-EU TOPCOMBI** sono state sviluppate **nuove vie sintetiche** dirette per produrre **Dimetilcarbonato** [DMC, $(CH_3O)_2CO$] o **Dietilcarbonato** [DEC, $(EtO)_2CO$].

LCA è stata utilizzata per **comparare** la performance ambientale dei nuovi processi rispetto alle tecnologie on-stream basate su **fosgene e sulla carbonilazione ossidativa del metanolo (ENIChem)**

Nuovo processo



Fonti del bio-etanolo:

Tre scenari: fermentazione e distillazione da

- Sugar cane (Brazil), 52% produzione mondiale
- Corn (United States), <38%
sugar beets production
- Sugar beets (EU): <7%

distillation
plant

Etanolo da biomassa rappresenta il 60% della produzione mondiale

[Ullmann 04] [Ecoinvent 03]

Bioetanolo da diverse fonti

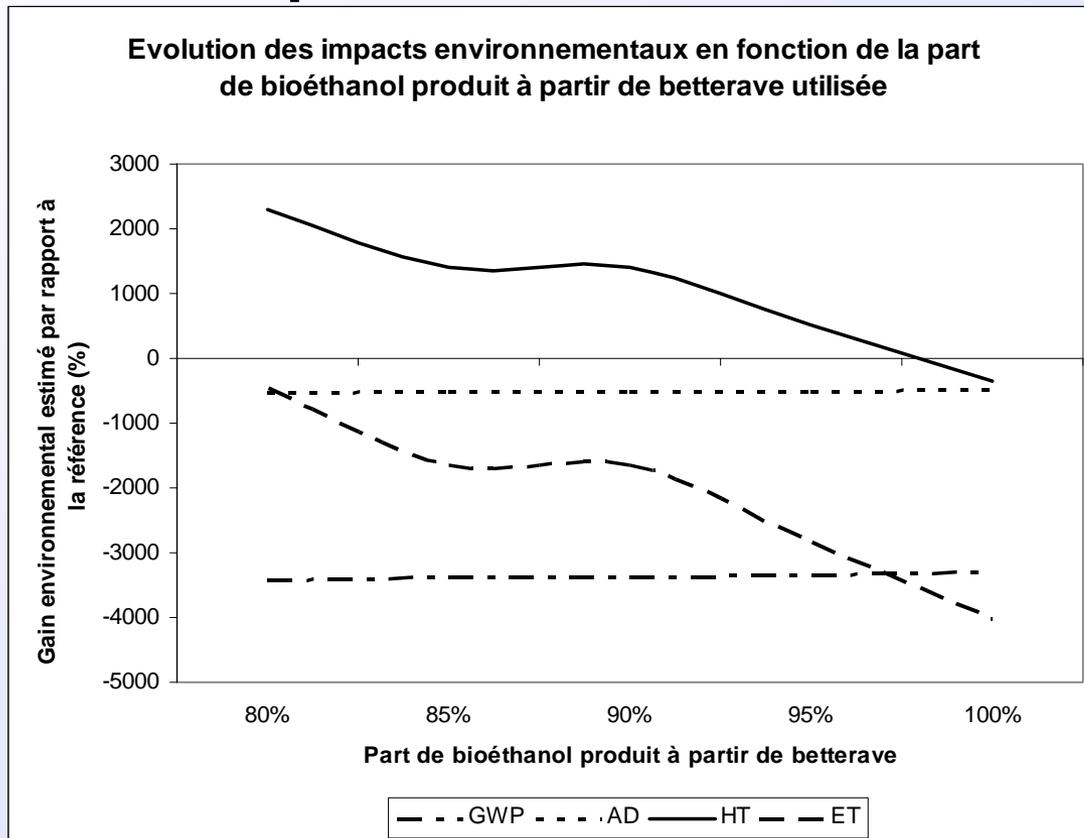
	Sugar beets	Sugar cane	Corn
Abiotic depletion	686	992	-261
Climate change	3505	4268	1437
Human toxicity	558	-17106	-1165
Terrestrial ecotoxicity	4225	-19631	-2056

Le tecniche di produzione influenzano fortemente gli impatti

L'uso di bio-etanolo da barbabietole assicura la riduzione dell'impatto ambientale per tutte le categorie di impatto considerate

- **Limite**

- solo il **7% del bio-etanolo a livello mondiale** è prodotto da barbabietole



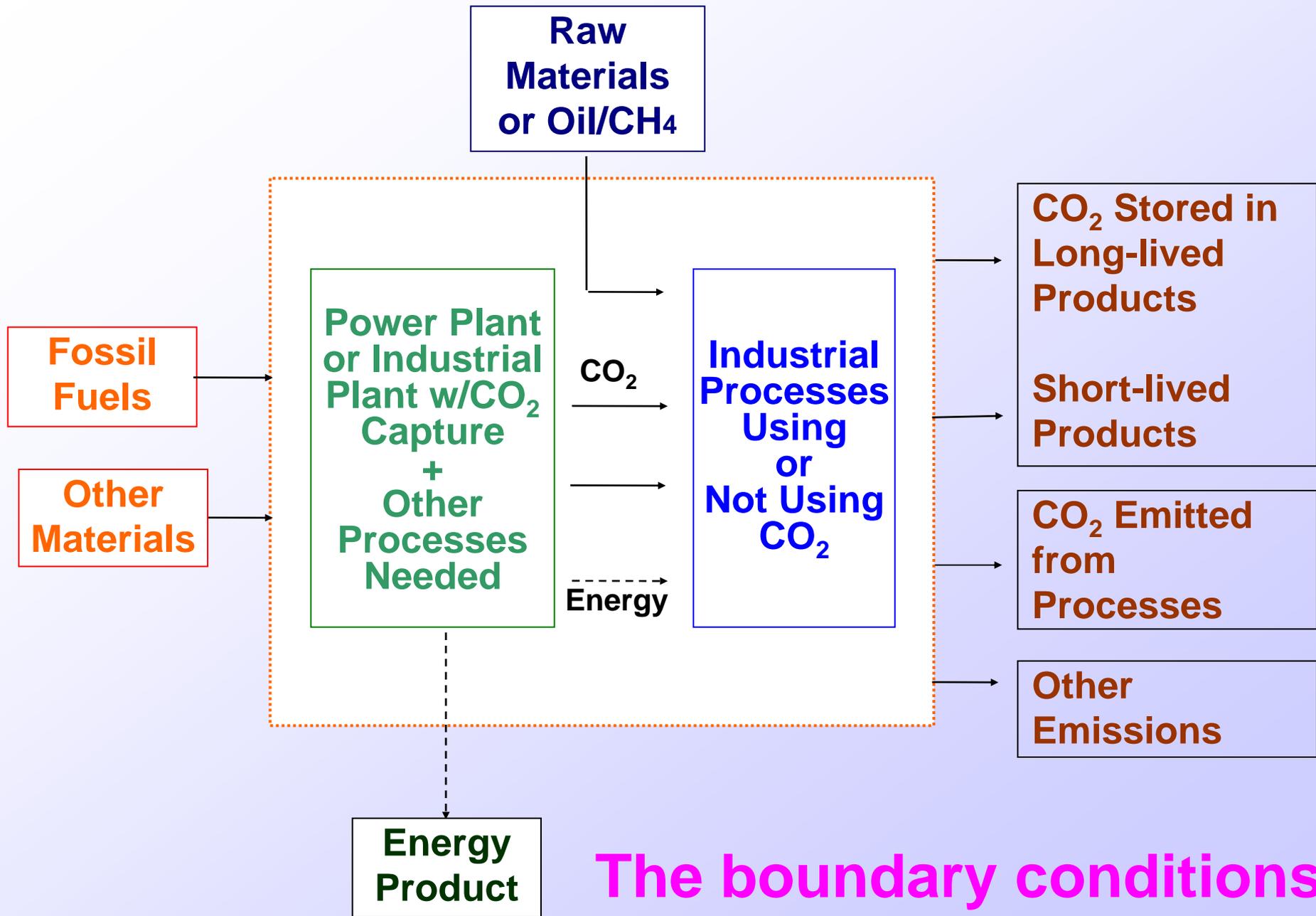
Minima percentuale di bio-etanolo da barbabietole in una miscela con bio-etanolo da corn (più impattante) per avere una riduzione per tutte le categorie: **98%**

LCA ed innovazione di prodotto e di processo

- La LCA giocherà un ruolo sempre più importante nell'indirizzo verso le scelte che garantiscono una innovazione a basso impatto ambientale
- La analisi LCA è parte integrante di ogni seria proposta di valutazione di processi e prodotti

Fonti dei dati

- Molto difficile ottenere dati di processo dalle industrie.
- Per i processi on-stream: brevetti, pubblicazioni scientifiche, comunicazioni private, Life Cycle Inventories.
- **Nuovi processi? Uso di dati sperimentali.**
- **Gestione delle incertezze!!!**



The boundary conditions

La rete LCA e le PMI

- La rete Italiana LCA e la Associazione in via di costituzione rappresentano un punto di riferimento fermo per le PMI, e non solo per esse, per una integrazione della domanda e dell'offerta
- La Associazione Italiana LCA è una garanzia di “qualità” dell'offerta e di applicazione di metodologie validate e di utilizzo di dati verificati

Usi di Dialchilcarbonati...

2 Mt/a



Cosmetici



Polimeri



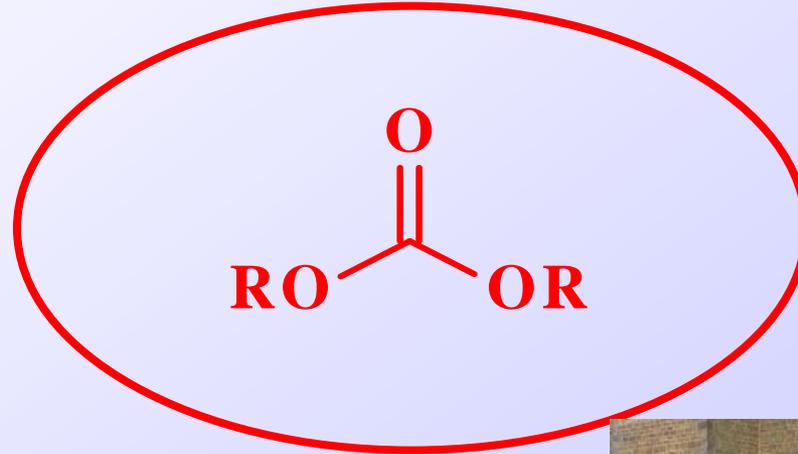
Solventi e reagenti



Pesticidi



Drugs



Additivi a benzine

>30 Mt/a

TOXICOLOGICAL AND ECOTOXICOLOGICAL PROPERTIES OF DMC, **PHOSGENE** AND DIMETHYLSULPHATE (DMS)

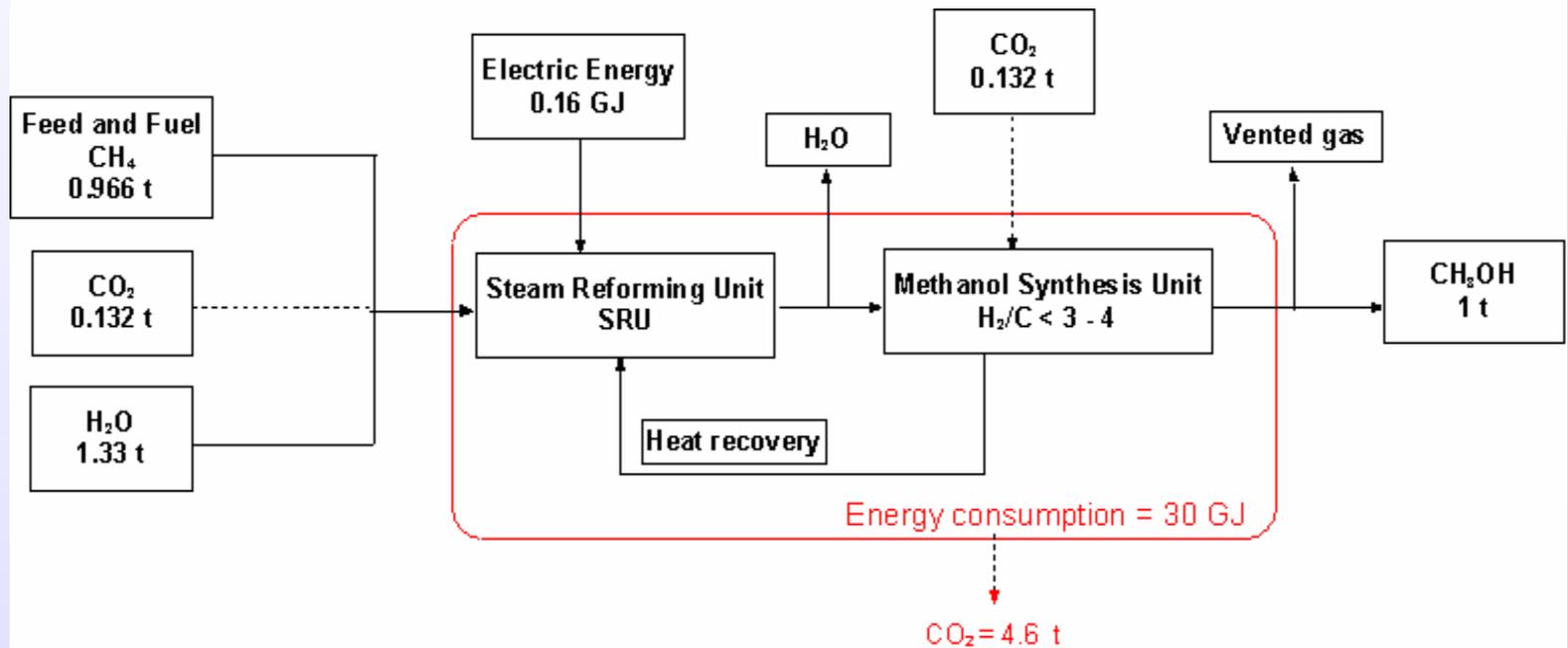
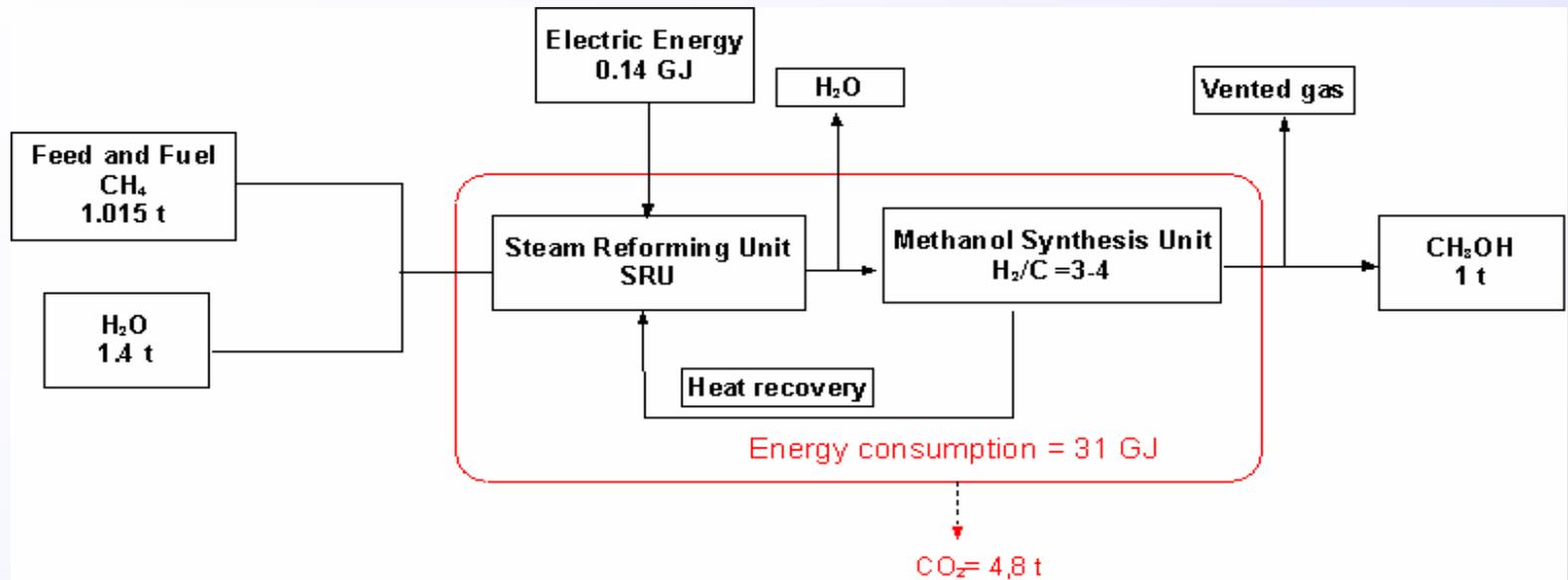


property	DMC	Phosgene	DMS
oral toxicity	LD ₅₀ 13.8 g/kg		LD ₅₀ 440 mg/kg
toxicity <i>per</i> contact	LD ₅₀ > 2.5 g/kg		
toxicity <i>per</i> inhalation	LC ₅₀ 140 mg/L; (4h)	LC₅₀ 16 mg/m³; (75 min)	LC ₅₀ 1.5mg/L (4h)
mutagenic properties	none		mutagenic
irritating properties (eyes, skin)	none	corrosive	
biodegradability	>90% (28 days)	rapid hydrolysis	rapid hydrolysis

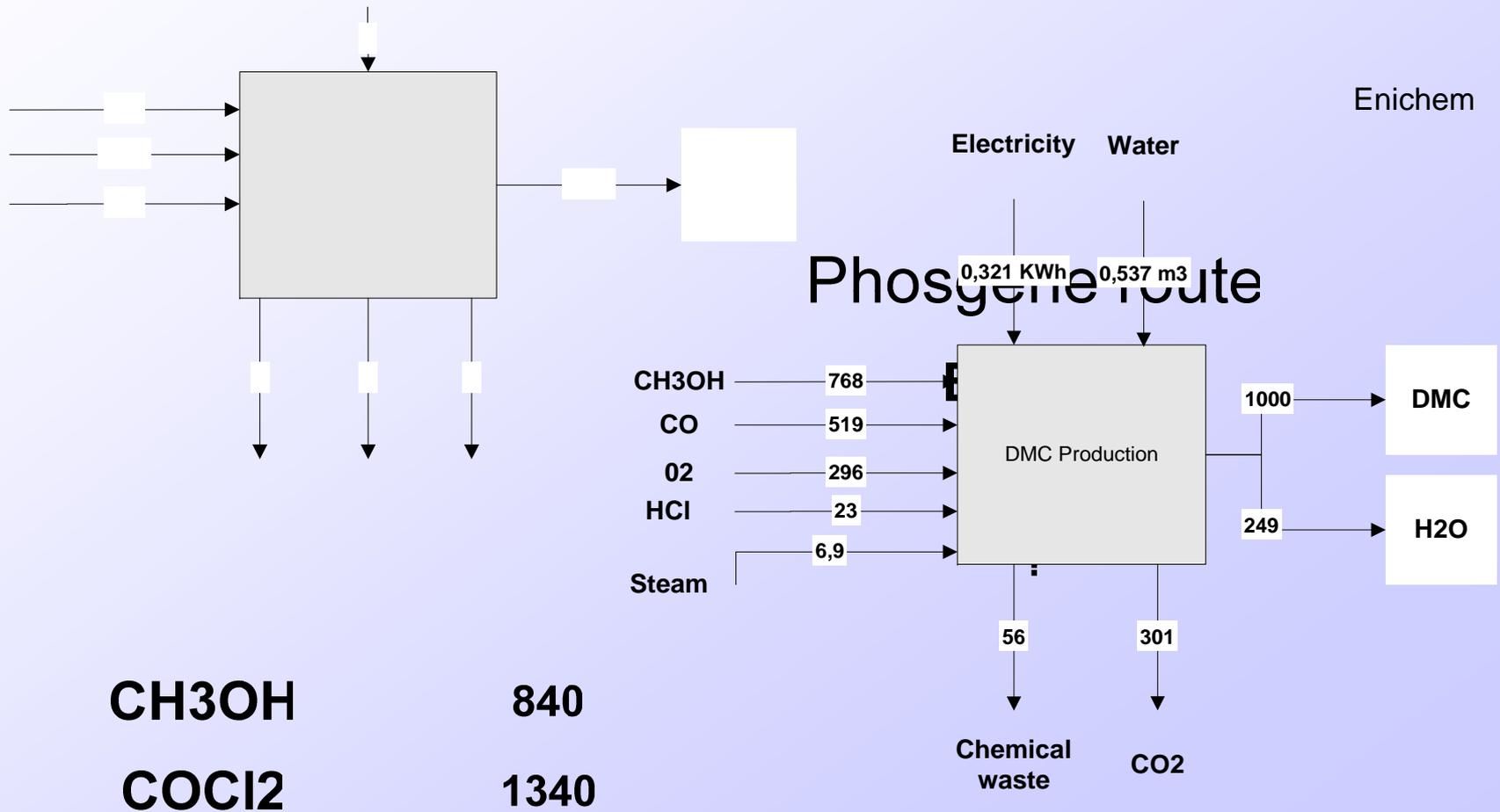
Goals & scope

- Boundaries
 - Approccio «**cradle-to-gate**».
 - Si considera la fornitura di “raw materials” e la produzione di DMC (o DEC).
 - Life Cycle Inventories rilevanti ai raw materials integrano la fase di estrazione, trasporto, e la trasformazione di intermedi.

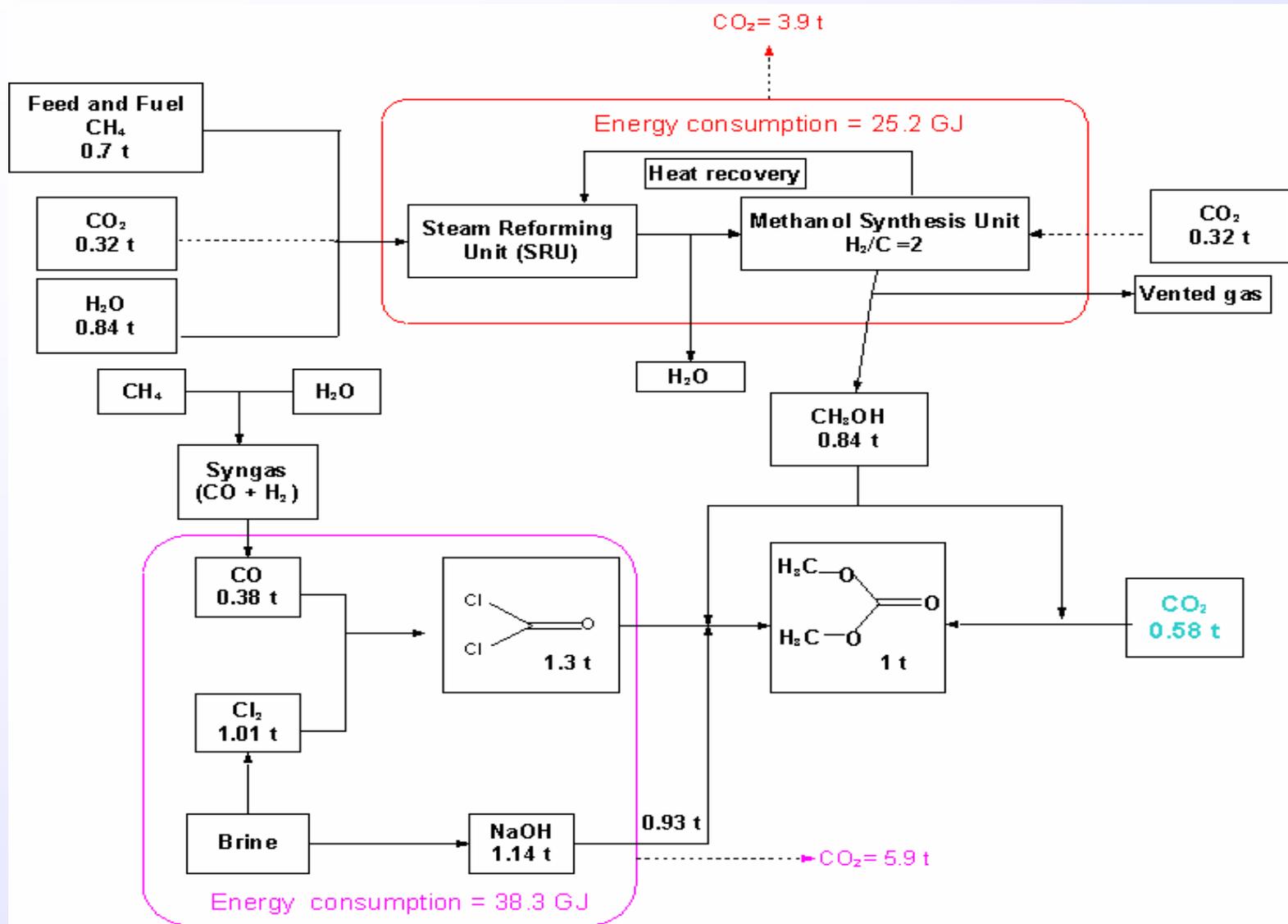
CO₂ emission in the synthesis of methanol



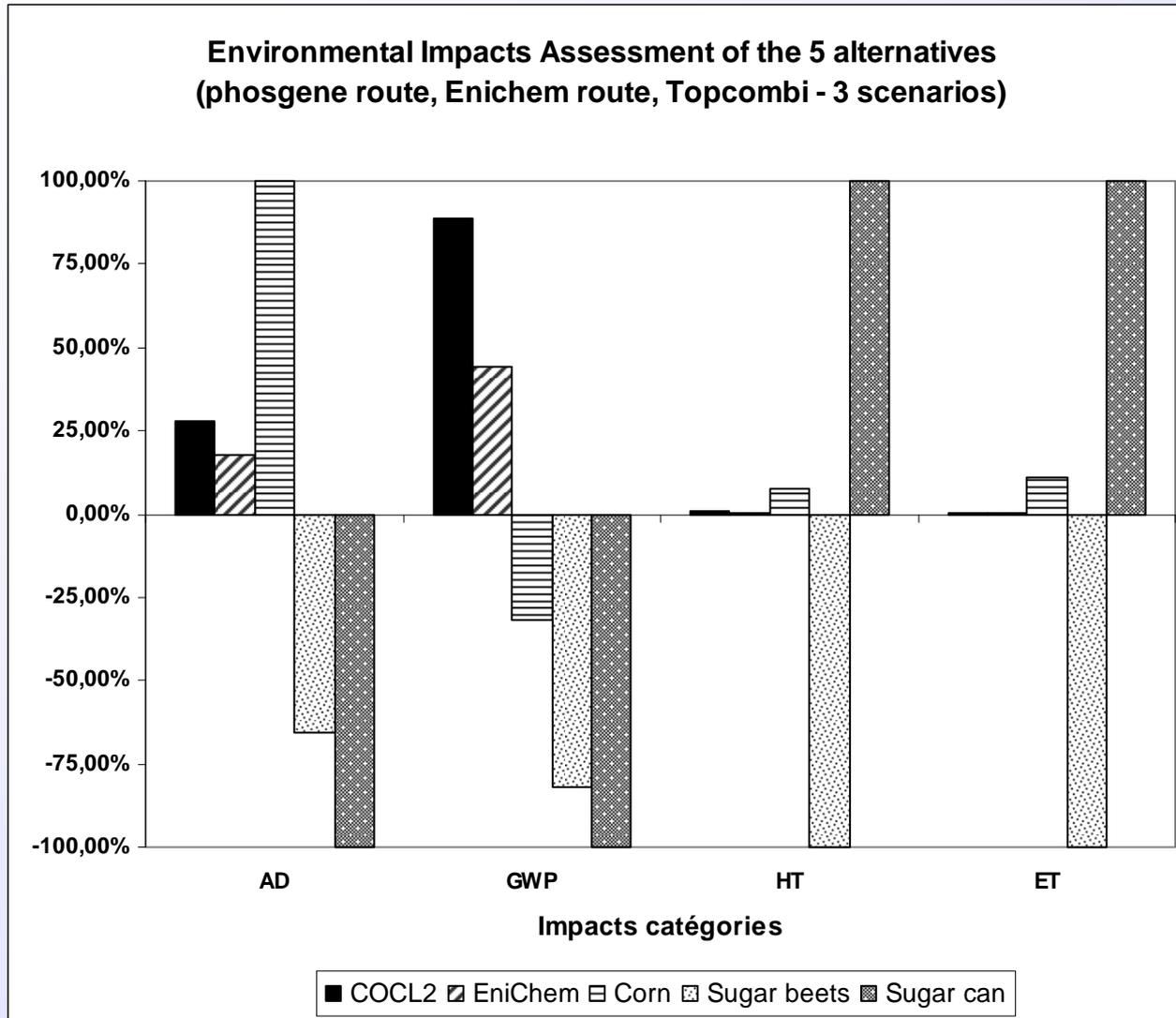
Descrizione dei Processi



CO₂ emission in the synthesis of DMC



Results



Additional
Impacts

Impacts
reduction

Results

(Impact reference – Impact alternative)/Impact reference (%)

In red, the alternative route is more impacting than the phosgene route

Environmental Impacts reduction

Impacts	Units	COCl ₂ based DMC (ref)	EniChem	DEC Sugar beets	DEC Sugar can	DEC corn
Abiotic depletion	kg Sb eq	0,00%	-25,77%	686,80%	992,76%	-261,17%
Global warming (GWP100)	kg CO ₂ eq	0,00%	-12,65%	3505,07%	4268,09%	1437,08%
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	0,00%	31,13%	558,37%	-17106,82%	-1165,81%
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	0,00%	69,67%	4225,61%	-19631,01%	-2056,77%

Risultati

- Interpretazione
 - L'uso di bioetanolo riduce la emissione di GHG e, quindi, l'impatto sulla categoria CC
 - Le altre categorie risentono della influenza dei metodi di produzione della biomassa.
 - Le tecniche di produzione richiedono quantità diverse di pesticidi ed erbicidi che impattano su HT, TT, ID.

Alcune attività svolte

- **M. Galatola:** LCA applied to the assessment of the environmental impact of alternative synthetic processes: the DMC case, Part 1. *J. Cleaner Production*, 1999, 7, 181
- **M. Narracci:** LCA applied to the synthesis of methanol. Comparison of the use of Syngas with the use of CO₂ and H₂ produced from renewables, *Environmental Challenges and GHG Control for Fossil Fuel Utilization in the 21st Century*, 2002
- **G. Barberio:** LCA of fuel production from macroalgae: evaluation of the energy gain and CO₂ atmospheric loading reduction, *GHGT 5*, 2005
- **G. Barberio:** Utilization of macroalgae for enhanced CO₂ fixation and biofuels production: development of a computing software for a LCA study, *Fuel Processing Technology*, 2005, 86, 1679
- G. Barberio: Sintesi di metanolo, IPCC

Gruppo LCA

- **Prof. Michele Aresta, Professore Ordinario di Chimica**
- **Prof. Angela Dibenedetto, Professore Associato di Chimica**
- **Prof. Gianfranco Lagioia, Professore Straordinario di Economia**
- **Dr. Carlo Pastore, Ricercatore di Chimica**
- **Dr. Francesco Nocito, PhD Chimica**
- **Fabio Gatto**
- **Massimo Migliorini**
- **Francesco Asdrubali**
- **Mauro Cordella**