

BIODIESEL DA SINTESI FISCHER-TROPSCH: ANALISI LCA DI CONSUMI ENERGETICI ED EMISSIONI DI GAS SERRA

M. Cordella*, C. Stramigioli, F. Santarelli

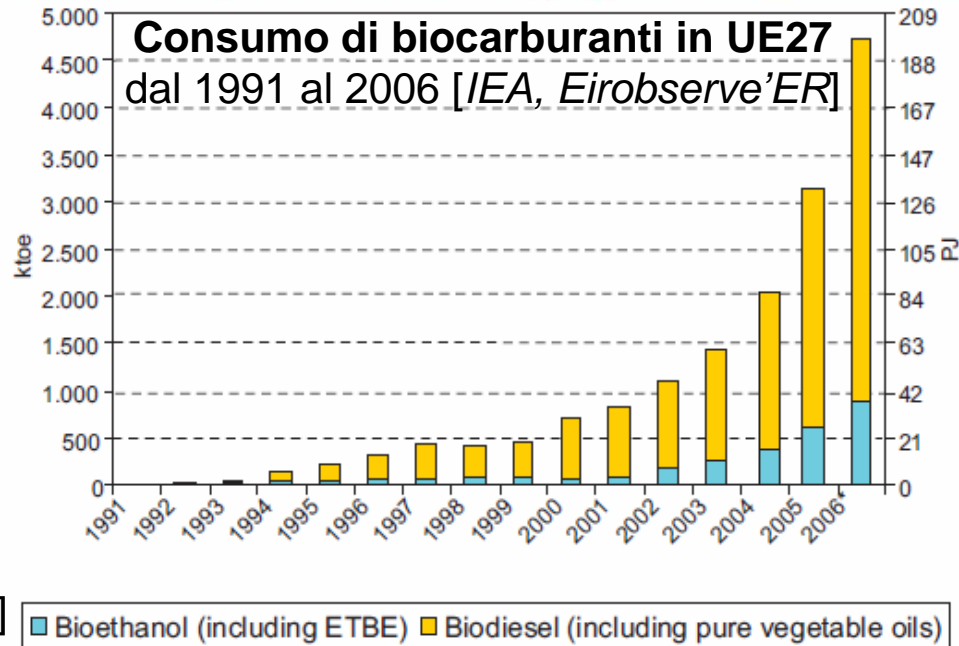
Alma Mater Studiorum – Università' di Bologna

*Dipartimento di Ingegneria Chimica, Mineraria e
delle Tecnologie Ambientali (DICMA)*

* **mauro.cordella@mail.ing.unibo.it**

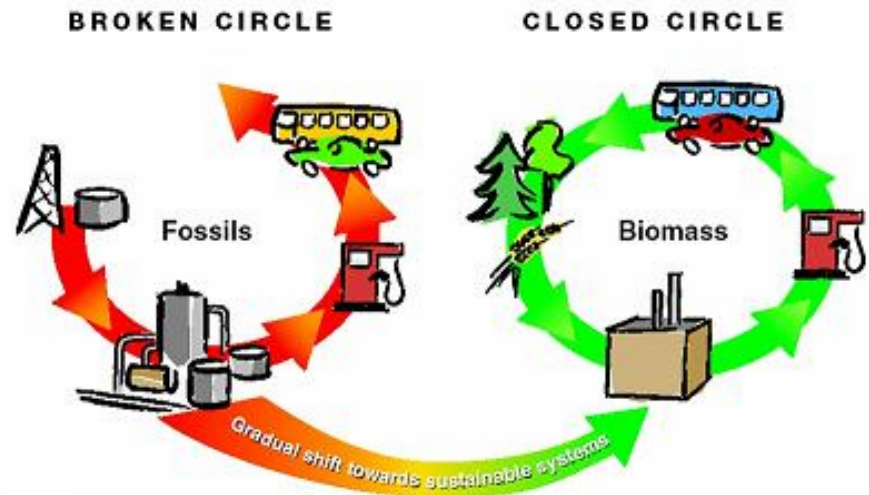
- **Consumo totale di carburanti** da trazione in UE25 al 2006: **290'000'000 toe**
- Quota **biocarburanti**: circa **1.6%** su base energetica
- **Dati produzione UE27 al 2008: 7.7 Mt di biodiesel; 2.3 Mt di bioEtOH**

[Piattaforma svizzera sui biocarburanti; Eurostat]



DIRETTIVA 2009/28/CE (RED) sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili

- ➔ obiettivi del 20-20-20 + 10% utilizzo biocarburanti nel settore trasporti;
- ➔ attenzione al ciclo di vita dei biocarburanti.



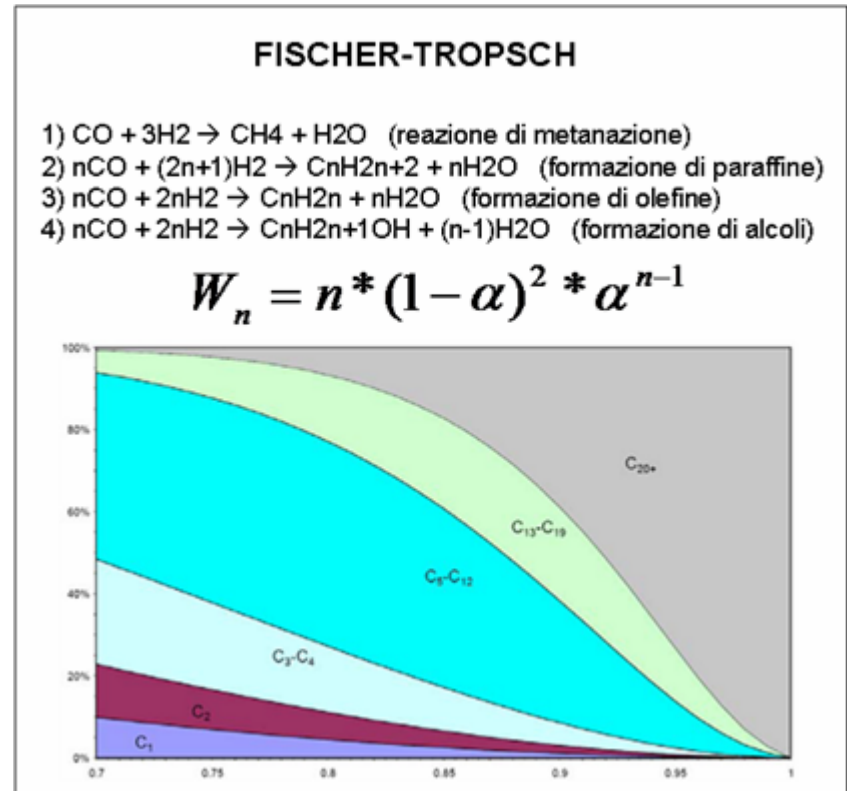
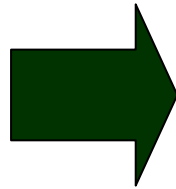
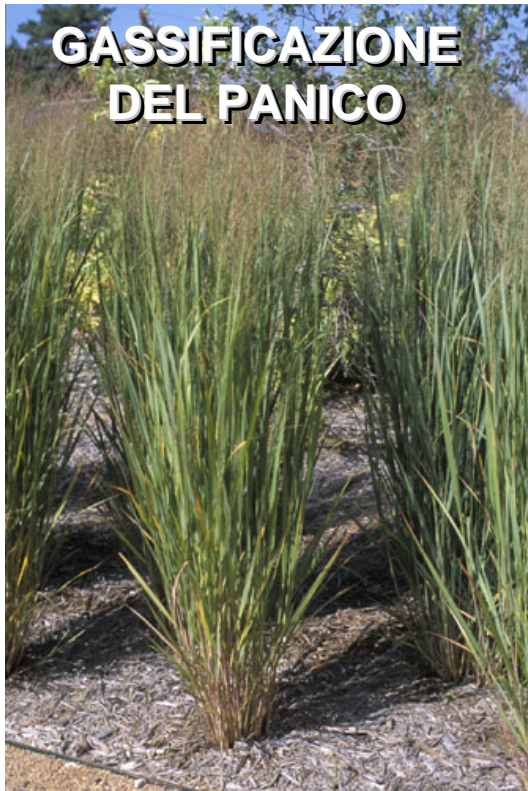
Biocarburanti = argomento di grande interesse!

| Classificazione | Materie Prime | Principali biocarburanti prodotti |
|-----------------------|--|--|
| I generazione | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Colture zuccherine, amidacee, oleaginose (alimentari) ➤ Grassi animali | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Et-OH via fermentazione e distillazione ➤ Biodiesel via transesterificazione di oli vegetali con Me-OH ➔ tecniche “convenzionali” |
| II generazione | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Colture lignocellulosiche (energetiche) ➤ Scarti agricoli, forestali e industriali ➤ RSU ➤ Alghe | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Idrolisi e fermentazione a EtOH di materiale cellulosico ➤ Processo BtL per la produzione di diesel ➔ tecniche “innovative” |

III generazione: utilizzo OGM; **IV generazione:** cattura e sequestro CO₂

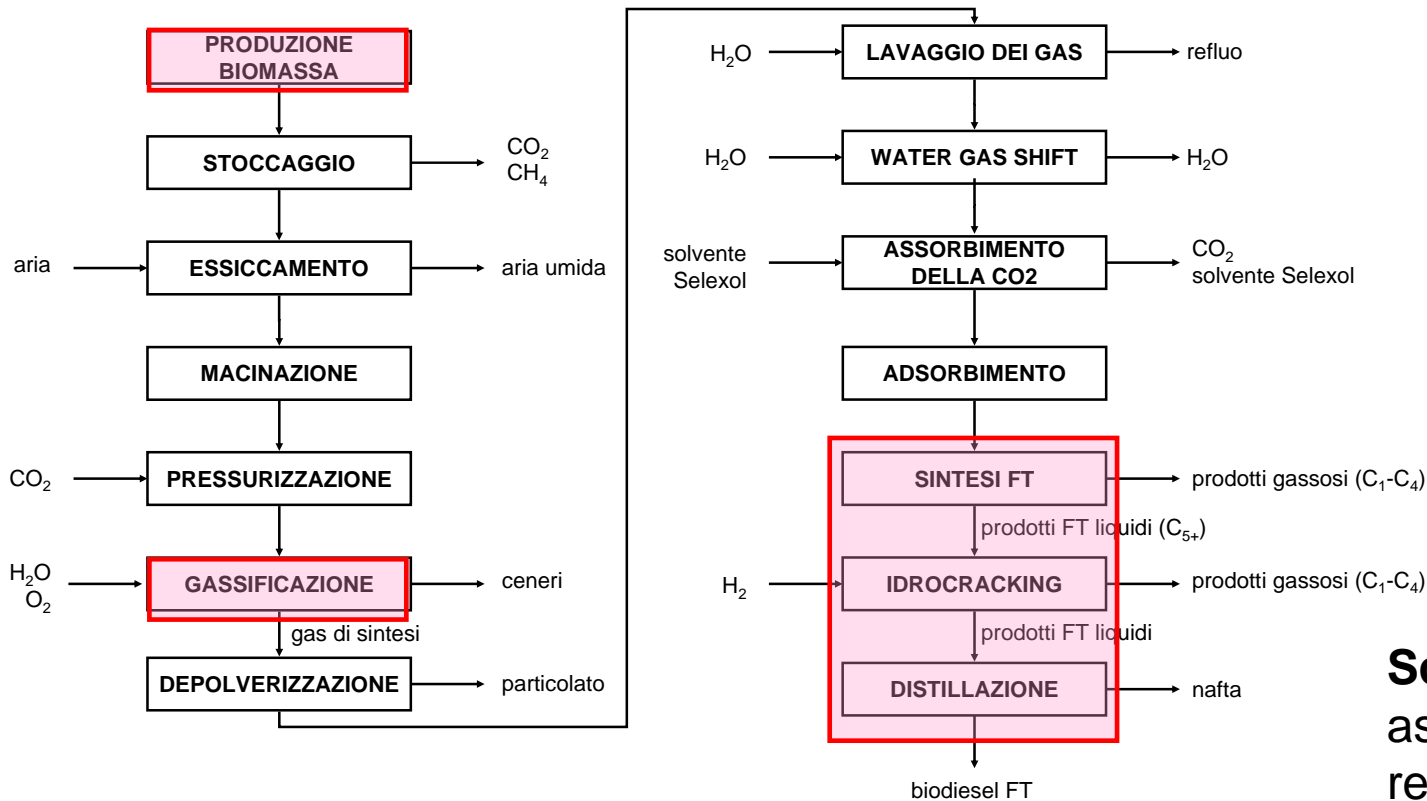
Ciclo di vita di un **diesel BtL** ottenuto da **panico** attraverso **sintesi Fischer-Tropsch**:

- Valutazione preliminare di consumi energetici, emissioni di gas serra e occupazione di terreno;
- Confronto con diesel fossile (Ecoinvent)



UF: 100 km percorsi su tratte urbane ed extraurbane secondo il NEDC test con autovetture di piccola-media cilindrata conformi alla normativa Euro 4.

Modellazione “cradle to grave” = 14+2 Processi



Conoscenza processo

Competenze multi settoriali

Scenario base:
 assenza di eventuali recuperi termici

Dati:

- letteratura tecnico-scientifica
- bilanci materia ed energia
- I/O database (Ecoinvent)

carichi associati a macchinari e beni immobili solo per processi Ecoinvent

Coltivazione del panico

- Resa per ettaro: 12 t_{ss}
- Umidita' alla raccolta: 40%
- pci: 17.4 MJ/kg_{ss}

| Anno di impianto | |
|---|------|
| Diesel (L) | 128 |
| Superfosfato triplo (48% P ₂ O ₅) (kg) | 240 |
| Rizomi (kg) | 8 |
| Glyphosate (33%) (kg) | 1.65 |
| Produzione (15 anni) | |
| Diesel (L) | 31 |
| Superfosfato triplo (48% P ₂ O ₅) (kg) | 96 |
| Urea (46% N) (kg) | 92 |
| Raccolta (15 anni) | |
| Diesel (L) | 20 |

Dati per ettaro/anno (GRICI – DISTA Unibo)

- Documenti tecnici progetto **RENEW** (Renewable Fuels for advanced Powertrains)
- **13 processi**
- **Impianto centralizzato di gassificazione a letto trascinato + sintesi FT**
- Distanza campo-impianto = **100 km**
- **Principali consumi da bilanci di materia/energia:**
 - ➔ energia termica: 5.91 MJ/kg diesel, en. elettrica: 1.57 MJ/kg, O₂: 1.73 kg/kg, H₂: 0.239 kg/kg
- **Resa in diesel: 0.322 kg diesel / kg panico = 3.8 t diesel / ha** (I generazione: 0.85 t/ha)
- **Co-prodotti:**

| Processo | A | B | A/(A+B) (% pond.) | Allocazione energetica (%) |
|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------|
| Sintesi FT | Prodotti liquidi | Prodotti gassosi | 80 | 77 |
| Idrocracking | Prodotti liquidi | Prodotti gassosi | 95 | 94 |
| Distillazione | Diesel | Altro | 50 | 52 |

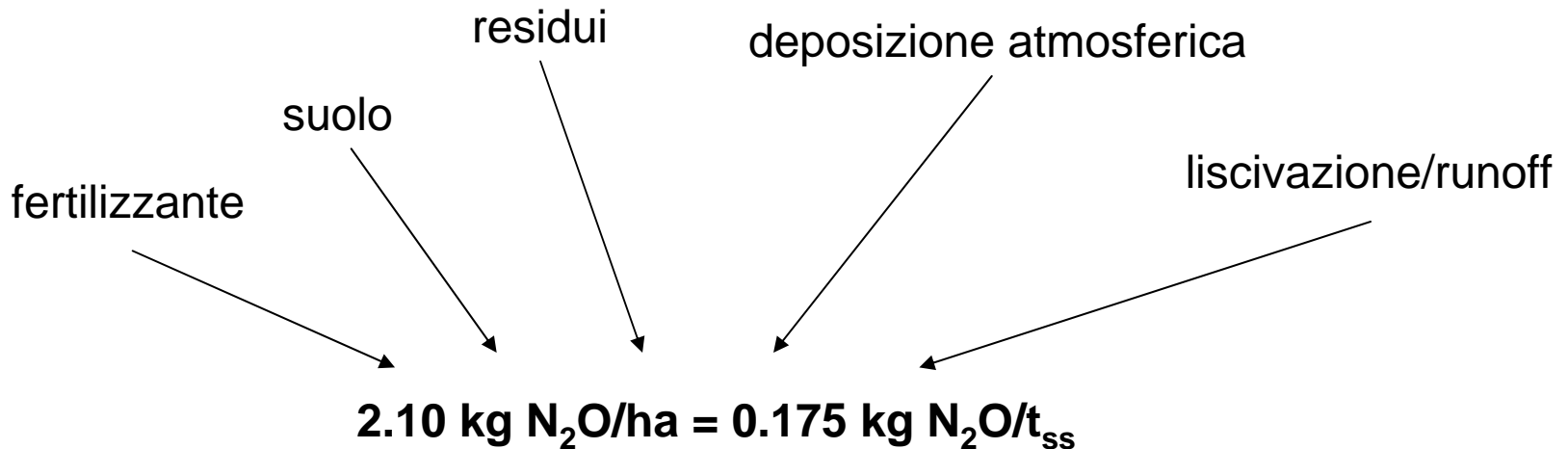
Inclusione delle emissioni di gas serra dovute alla **decomposizione della biomassa**:

- Stoccaggio in campo = 2% di perdita in massa;
- Stoccaggio industriale = 6% di perdita in massa.

1 kg di biomassa decomposta → 1.67 kg CO₂ + 0.0667 kg di CH₄ biogenici

(Mann & Spath, 2001)

Inclusione emissioni gas serra dovute a **fertilizzanti azotati nel suolo**



(De Klein et al., 2006)

Distribuzione del biodiesel da sito industriale a stazione servizio: 150 km

Fase d'uso

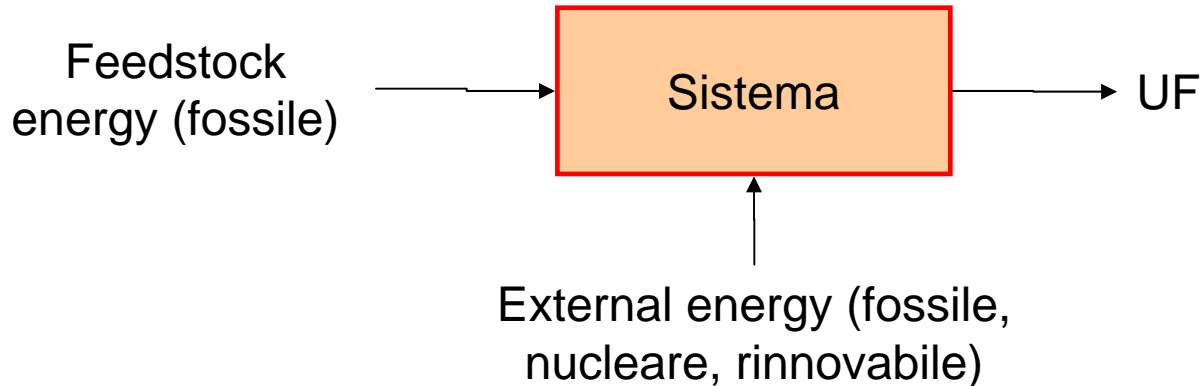
| Combustibile | Densità' (kg / L) | Contenuto energetico (MJ / kg) | Consumi (kg / 100 km) |
|----------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Diesel FT | 0.76 | 42.6-43.9 | 5.272 |
| Diesel convenzionale | 0.83 | 43 | 5.491 |

Efficienza combustione leggermente migliore

Inoltre, prove da banco mostrano riduzioni nelle emissioni di: SO_x, NO_x, particolato, CO, HC

- Biocarburanti di II generazione: **completa sostituibilità**
- Biocarburanti di I generazione: miscele in percentuali variabili

CUMULATIVE ENERGY DEMAND = consumi energetici (Frischknecht et al., 2003)



CARBON FOOTPRINT = emissioni gas serra

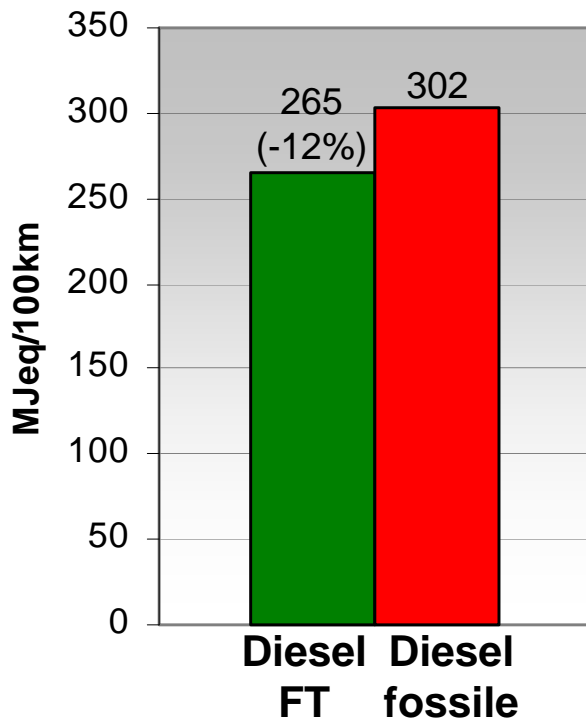
IPCC, 2007 → GWP_{100}

Escluse:

- CO_2 fissata dalle piante attraverso la fotosintesi clorofilliana ed emissioni di **CO_2 biogenica**
- emissioni legate a eventuali **cambiamenti nella destinazione d'uso del terreno.**

Modifiche:

- Assegnato al **CH_4 biogenico** un GWP_{100} pari alla differenza tra il GWP_{100} del CH_4 fossile (25) e la massa di CO_2 che sarebbe stata altrimenti emessa se il carbonio costituente il CH_4 biogenico fosse stato ossidato a CO_2 (44/16)

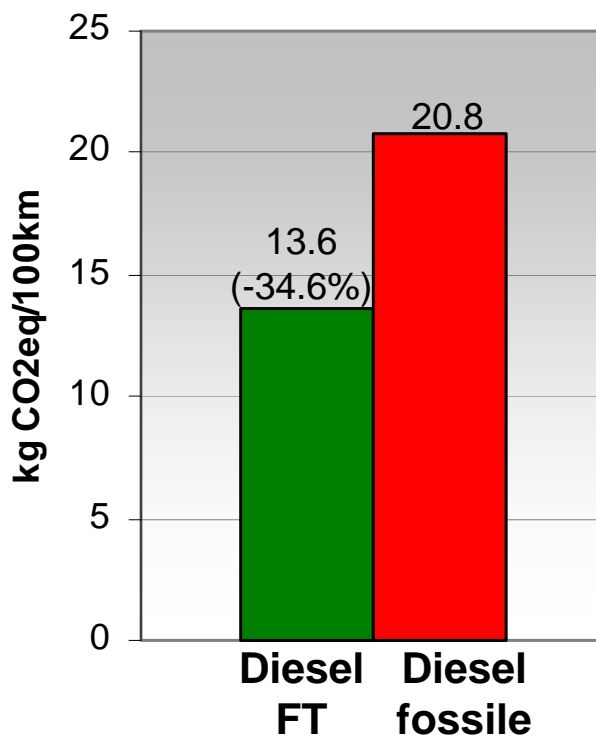


Efficienza energetica (O/I):

- FT = 86% (41.4% considerando contenuto energetico biomassa)
- Diesel = 77.5%

| Analisi inventario | Contributo singole fasi |
|--|--|
| 83.4% energia da fonti fossili; 13.8% energia nucleare; 2.8% energia da rinnovabili. | 92.2% fase industriale (correnti di ossigeno e idrogeno; consumi termici ed elettrici); 7% fase agricola (diesel, fertilizzanti); 0.8% distribuzione |

RISULTATI 2: CARBON FOOTPRINT



| Analisi inventario | Contributo singole fasi |
|---|--|
| 76.1% CO ₂ ; 17.1% CH ₄ (principalmente nello stoccaggio); 6.8% N ₂ O. | 85.2% fase industriale (ossigeno e idrogeno, energia termica ed elettrica); 13.9 % fase agricola; 0.9% distribuzione |

100 km
=
5.272 kg di biodiesel
=
16.4 kg di panico
=
13.7 m²
(diesel convenzionale: 0.054 m²).



Italia:

10 milioni di veicoli diesel, 20'000 km/auto

Mix al 10% → 274'000 ha = 2.1% SAU Italia (13'000'000 ha)

10% del **consumo totale** di diesel al 2005 (21'000'000 t) → **550'000 ha**

Problematica: politica di gestione del territorio

Interventi volti a migliorare la prestazione del ciclo di vita del biodiesel:

- 1. Incremento efficienza energetica nella fase di utilizzo del carburante*
- 2. Azioni sul processo di sintesi FT*

Ottimizzando i recuperi energetici → miglioramento del 10-15%
Utilizzo dei coprodotti della sintesi FT → ulteriore miglioramento

- 3. Scelta coltura ottimale*

Alcuni degli elementi da valutare con successive analisi di sensitività'

- approvvigionamento di idrogeno da diverse fonti;
- presenza di unità dedicate per la separazione dell'ossigeno dall'aria;
- copertura di parte del fabbisogno energetico con la biomassa stessa
- ...

- **Biodiesel** da sintesi FT piu' **efficiente** del diesel fossile dal punto di vista energetico e delle emissioni di CO₂
- **Sintesi FT = fase critica** (gassificazione e upgrading prodotti FT!)
- Significative **possibilita'** di **miglioramento** attraverso interventi sul processo e varianti operative.
- **Ulteriori problematiche e confronti** da valutare
- Risultati da considerarsi preliminari e base per **successive verifiche e approfondimenti** dello studio
- **LCA** = strumento essenziale per il collegamento della dimensione agro-industriale della filiera e per la valutazione dei carichi ambientali
- Importanza di una buona **conoscenza del processo in analisi LCA**, specialmente in presenza di tecniche ancora in via di sviluppo

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

Ing. Mauro Cordella

Alma Mater Studiorum – Università' di Bologna

*Dipartimento di Ingegneria Chimica, Mineraria e
delle Tecnologie Ambientali (DICMA)*

mauro.cordella@mail.ing.unibo.it

(+39) 051-2090290