



Sassari, 1 -2 Luglio 2021
“II° Convegno AISSA#under40”

Applicazione del *Life Cycle Assessment* alle filiere agro-alimentari

Jacopo Bacenetti

Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali
Università degli Studi di Milano

jacopo.bacenetti@unimi.it



Life Cycle Assessment

Caso studio

Confronto tra diverse modalità di produzione di insilato di mais per la produzione di biogas

Sfide aperte e prospettive





LCA

Definito da specifici standard ISO, è il metodo maggiormente diffuso per valutare gli effetti ambientali legati a un processo produttivo.

Considera l'intero ciclo di vita dei prodotti dall'estrazione delle materie prima alla gestione dei rifiuti prodotti.

Quando fare LCA

- ➔ **INDIVIDUARE** i processi che - all'interno del sistema analizzato - sono responsabili del maggior impatto potenziale sull'ambiente.
- ➔ **CONFRONTARE SOLUZIONI e/o FILIERE DIVERSE** al fine di individuare quella a minor impatto

OUTPUT DI UNO STUDIO LCA:

Quantificazione di diverse categorie di impatto: impronta di carbonio, impronta idrica, ecc.





1 - GOAL DEFINITION

Definizione degli **obiettivi dell'analisi** e del campo di applicazione (**confini** e **unità funzionale**)



2 - ANALISI DI INVENTARIO

Analisi di inventario, finalizzata al reperimento dei dati necessari relativamente a **input** e **output** del sistema



3 - ANALISI DEGLI IMPATTI

Conversione ed aggregazione dei dati di inventario in pochi indici sintetici numerici



4 - INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

e definizione di potenziali azioni di miglioramento

Quando fare LCA



INDIVIDUARE i processi che - all'interno del sistema analizzato - sono responsabili del maggior impatto potenziale sull'ambiente.



CONFRONTARE SOLUZIONI e/o FILIERE DIVERSE al fine di individuare quella a minor impatto

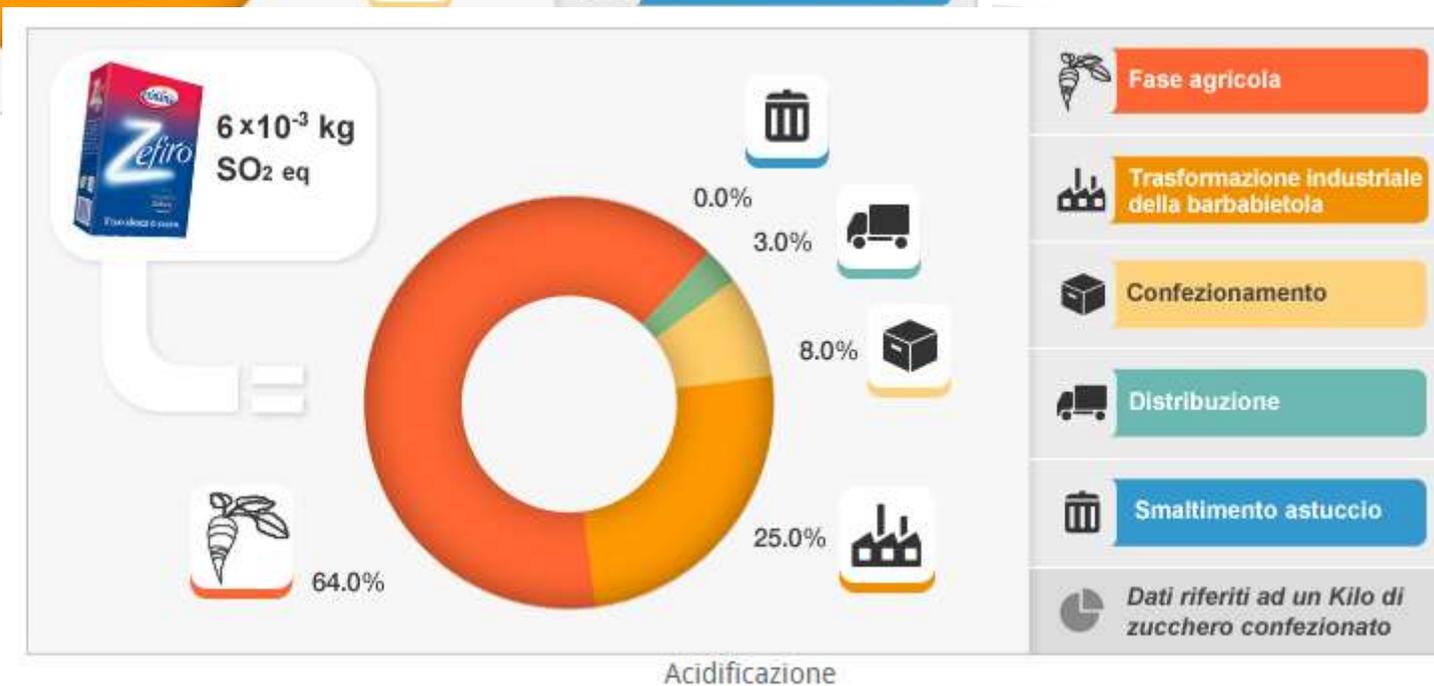
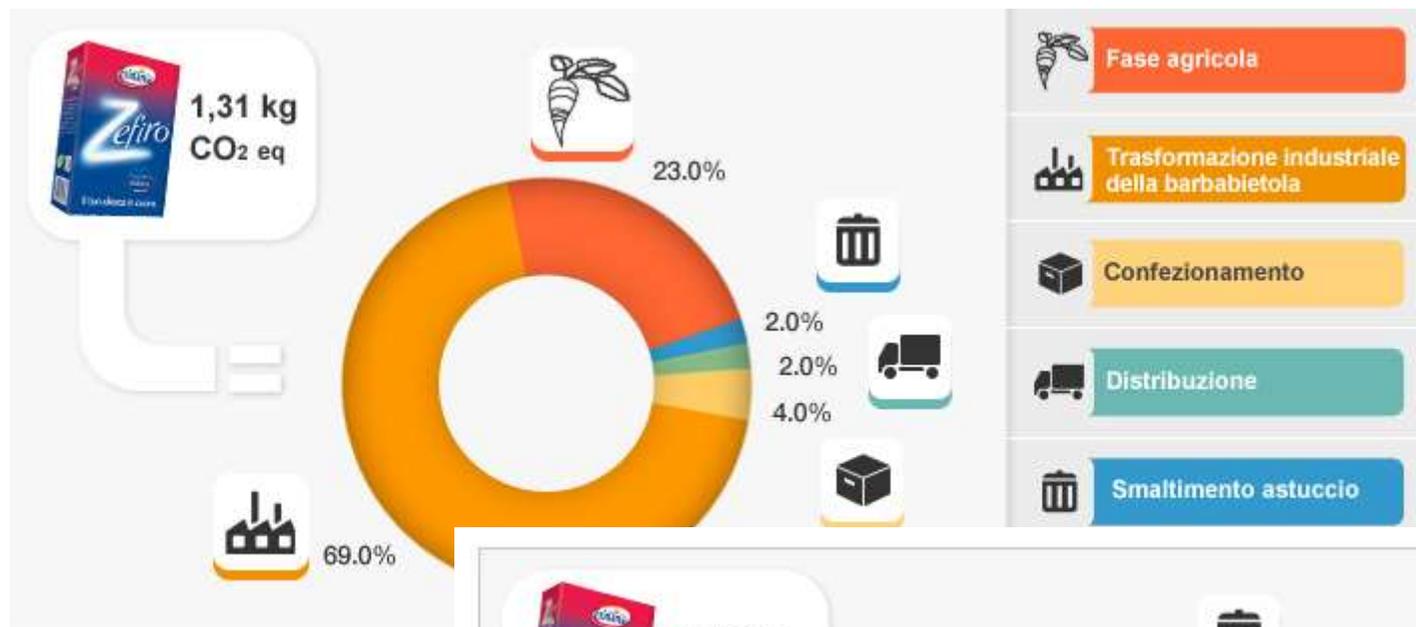


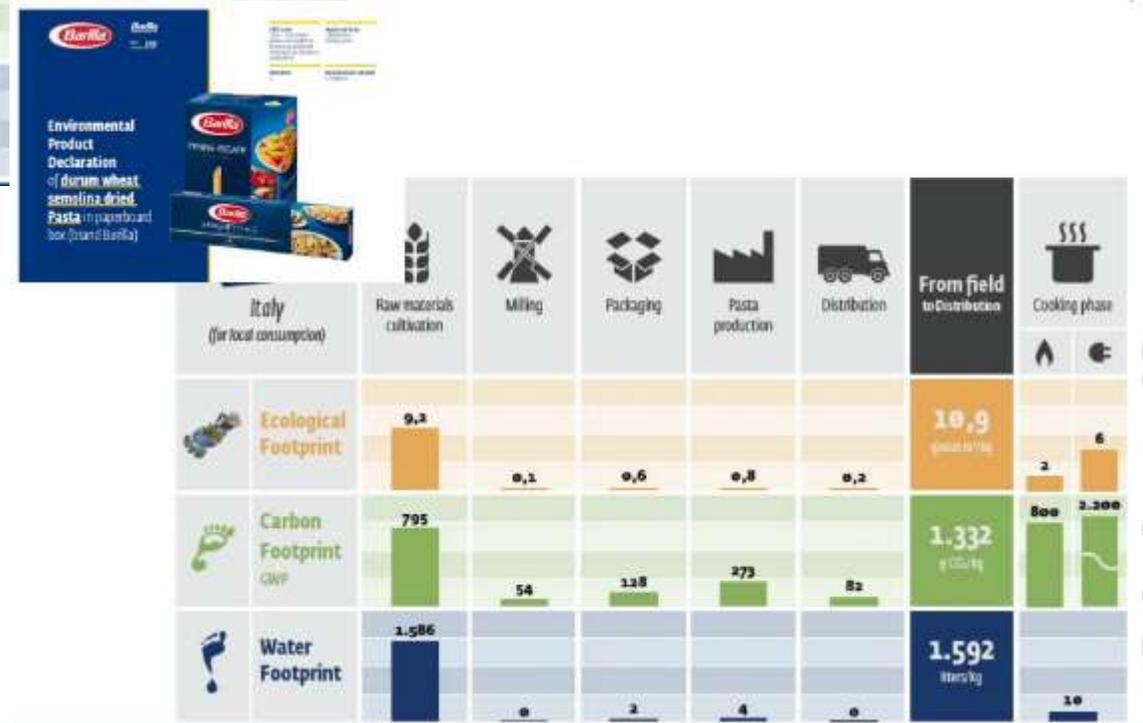
L'unità funzionale considerata nella EPD è **1 chilogrammo di Mozzarella (comprensivo di imballaggio)**; essa definisce il riferimento a cui sono correlate le prestazioni ambientali dichiarate nel documento.



Processo	Sub-processo	Icona	Produzione latte	Produzione packaging	Materiali ausiliari	Processo Granarolo	Distribuzione	TOTALE	Conservazione domestica	Fine vita packaging
Arrivo latte crudo	Taglio della c...									
Pastorizzazione	Drenaggio d...		25.3	1.5	<0.1	3.1	0.2	30.1 global m ² /kg	1.2	<0.1
Raffreddamento	Taglio del c...									
Aggiunta del caglio	Coagulazi...									
		LE IMPRONTE AMBIENTALI								
			7.99	0.42	<0.01	1.23	0.08	9.72 kg CO ₂ eq/kg	0.43	0.02
			9.370	<10	<10	40	<10	9.410 litri/kg	<10	<10





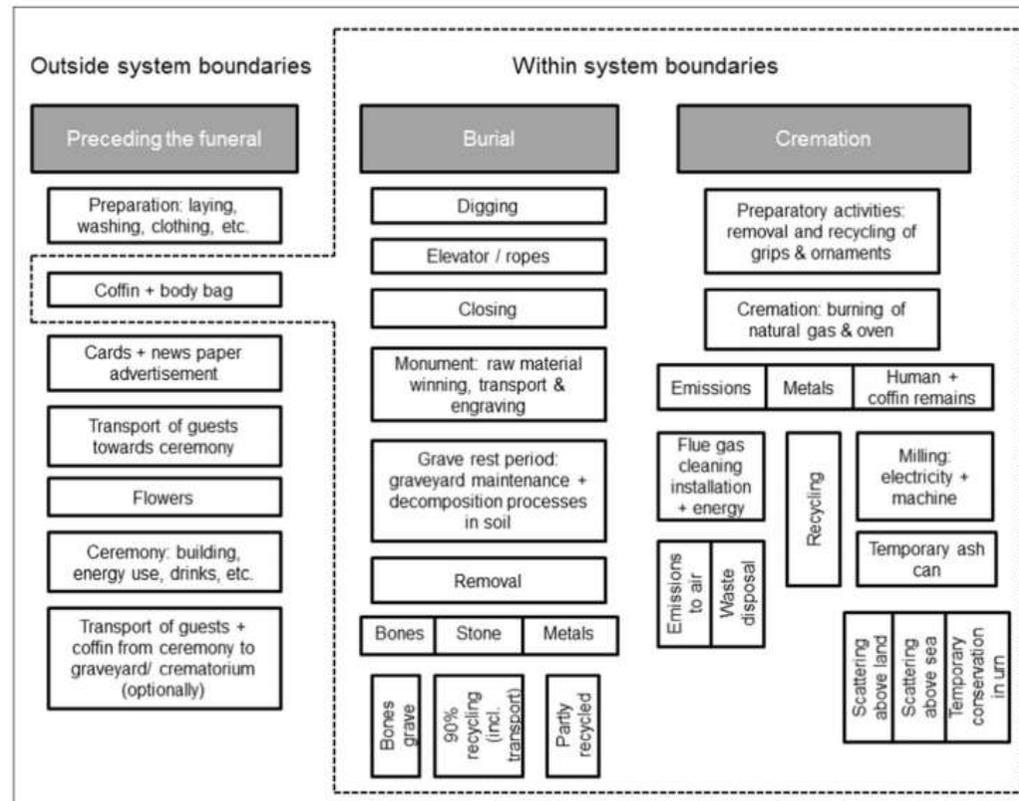




The environmental impact of activities after life: life cycle assessment of funerals

Elisabeth Keijzer¹

Fig. 1 System boundaries and process steps. The process steps preceding the burial or cremation are only included if they are specific for the funeral technique (e.g. digging) and if they influence the impacts of the funeral technique (e.g. the coffin is also buried and incinerated). In all process steps, raw material winning, production, transport and, in case of machines, end of life after the service life period, are included. The process steps are described in Sect. 3 of this paper



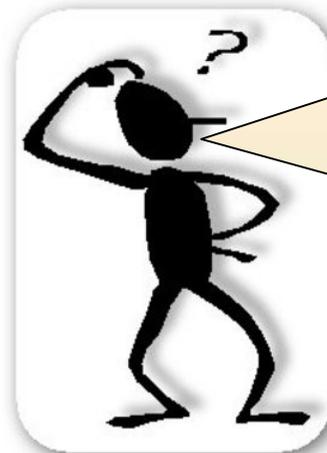
Valutazione ambientale della produzione dell'insilato di mais: confronto tra tecniche di raccolta



FASE 1: OBIETTIVI DELLO STUDIO

GOAL: Valutare l'impatto ambientale di diverse soluzioni per la raccolta del mais da foraggio al crescere delle distanze di trasporto

- 1** RACCOLTA DELL'INTERA PIANTA (INSILATO INTEGRALE - PI) massimizzo la quantità di biomassa raccolta ad ettaro e il volume di biogas producibile.
- 2** PIANTA TAGLIATA A 75 cm (INSILATO DA TAGLIO ALTO - TA) evito di raccogliere la parte basale della pianta che è la più lignificata e la meno interessante per la produzione di biogas, riduco le masse da movimentare
- 3** PASTONE DI SPIGA (INSILATO DI SPIGA - SP) raccolgo solo la spiga (brattee, tutolo e granella) che è la parte energeticamente più ricca riducendo drasticamente le masse in gioco



Quale insilato ha il **minor impatto ambientale?**

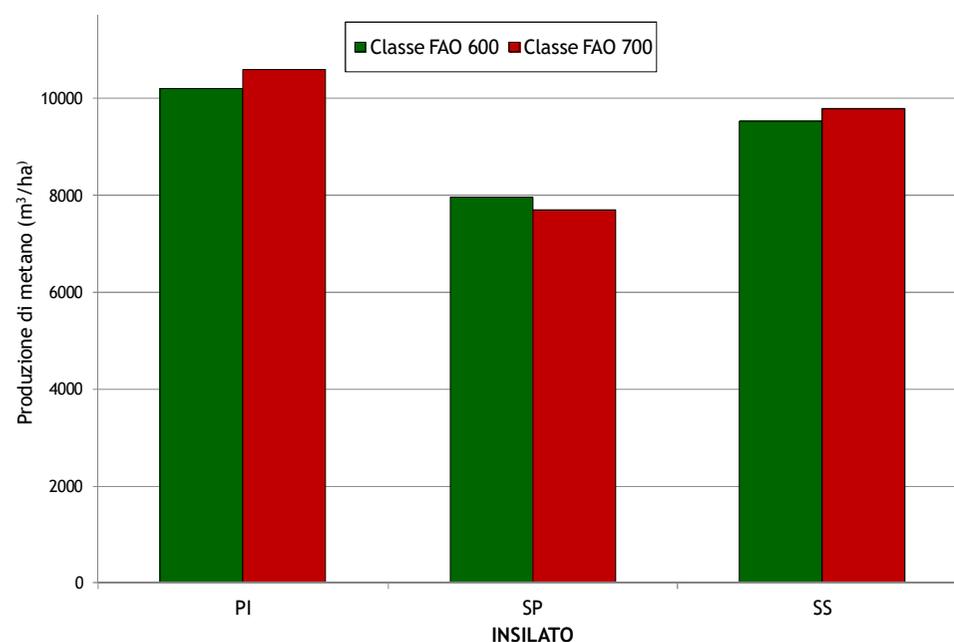
Oltre quale distanza diventa ambientalmente vantaggioso trasportare gli insilati da taglio alto e di spiga? Conviene rinunciare a parte della produzione al fine di avere un matrice maggior **densità energetica?**



FASE 1: UNITA' FUNZIONALE

UF= unità a cui vengono riferiti i risultati, che esprime la funzione del prodotto e facilita i confronti

Porzione della pianta	Classe FAO	Resa umida	Sostanza secca	Resa secco	Produzione CH ₄
		t _{tq} /ha	% _{tq}	t _{ss} /ha	m ³ /ha
Pianta intera (PI)	600	80,54	37,00%	29,80	10212
	700	83,98	35,90%	30,15	10605
Pianta tagliata a 75 cm (TA)	600	45,60	47,15%	21,50	9523
	700	60,99	45,25%	23,60	9784
Solo spiga (SP)	600	22,48	61,40%	13,80	7961
	700	20,33	61,25%	12,45	7707



BIOMASSA

SP → ≈ 25% di PI (-75%)

TA → ≈ 65% di PI (-35%)

METANO

SP → ≈ 75% di PI (-25%)

TA → ≈ 93% di PI (-7%)

UNITA' FUNZIONALE

1 m³ di CH₄



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

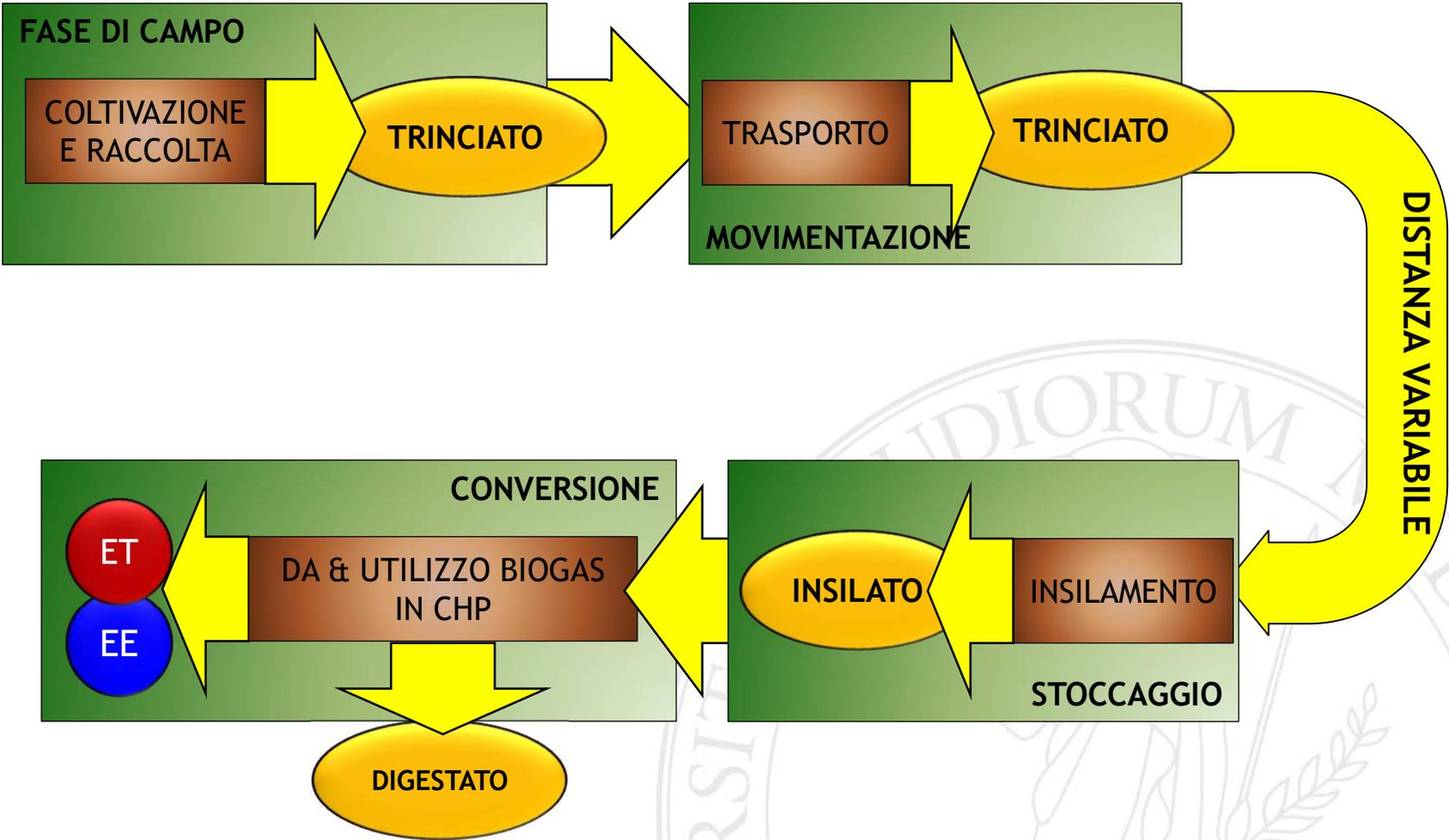


1 -2 Luglio 2021 - Sassari, Convegno AISSA#under40

J. Bacenetti

«Applicazione del Life Cycle Assessment alle filiere agro-alimentari»

FASE 1: CONFINI DEL SISTEMA



PRIMARI, fattori produttivi consumati, rese, produzione specifica in biogas, distanze, energia consumata

SECONDARI

Emissioni di composti azotati e fosfatici stimata secondo modelli di stima. Modello proposto da Brentrup per le emission di NH_3 , N_2O e NO_3 .

Bilancio dell'azoto tra **APPORTI** - **ASPORTAZIONI**

APPORTI = fertilizzazione + deposizione atmosferica + residui colturali + Nfissazione

ASPORTAZIONI = N asportato con la coltura, perdite per volatilizzazione, lisciviazione, denitrificazione

Run-off del P dipende da tipologia e pendenza del terreno.

Emissioni legate alla combustion del gasolio stimate in funzione del consumo dello stage emissivo.

Database ECOINVENT per impatto legato alla produzione dei diversi fattori produttivi (urea, gasolio, lubrificanti, semente, fitofarmaci, machine operatrici e trattori)



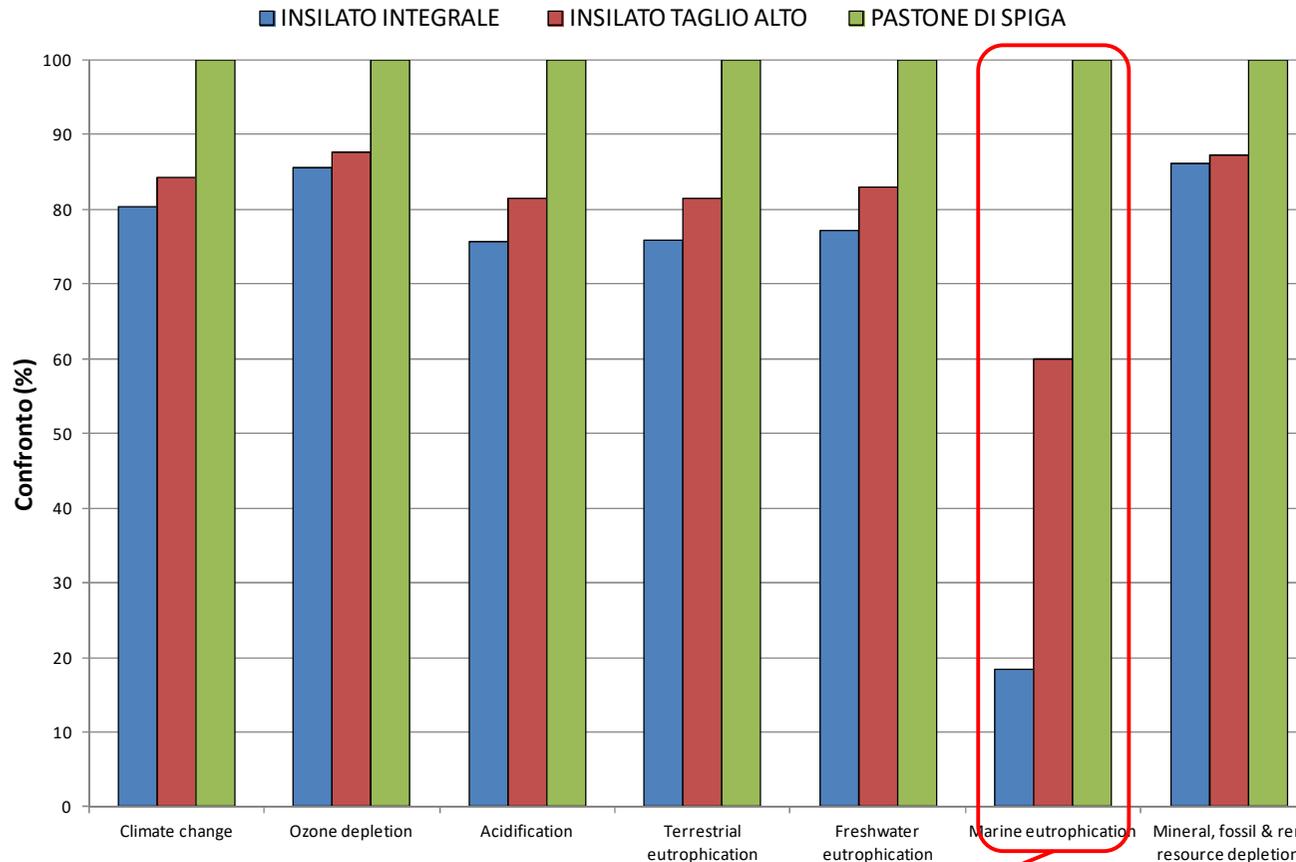
MAIS in prima semina in areali irrigui della pianura Padana. **SIMILE** per le tre diverse soluzioni

OPERAZIONE	NN.	MESE	TRATTORE	MACCHINA OPERATRICE			NOTE
			Massa Potenza	Tipologia Dimensione	Massa (kg)	Tempi di lavoro (h/ha)	
Fertilizzazione organica pre semina	1	Maggio	90 kW	Botte	2000	3.33	85 t/ha Digestato
Aratura	1	Maggio	190 kW	Aratro	2000	1.11	-
Erpicatura	1	Maggio	130 kW	Erpice rotativo 4.0 m	1800	1.20	-
Semina	1	Maggio	90 kW	Sem. pneumatica 4 file	900	1.00	20 kg/ha
Diserbo chimico	3	Maggio	80 kW	Irroratrice	600	0.33	4 kg/ha lumax 2 kg/ha dual
		Giugno Luglio					
Irrigazione	5	Giugno	80 kW	Pompa	550	1.20	4400 m ³ /ha
		Luglio Agosto					
Diserbo meccanico	1	Giugno	90 kW	Sarchiatrice 2.8 m	550	0.33	-
Fertilizzazione di copertura	1	Giugno	120 kW	Spandiconcime 2500 dm ³	500	0.13	60 kg/ha urea
Raccolta	1	Settembre	-	FTC - 335 kW	13000	1.00	
TRASPORTO	1	Settembre	90 kW	Rimorchi agricoli	5500	3.03	0-50 km
Insilamento	1	Settembre	90 kW	2 Caricatori frontali	450	3.03	



FASE 3: VALUTAZIONE IMPATTI → Confronto (a bordo campo; 0 km)

La tecnica colturale è la stessa nei tre casi → a bordo campo la soluzione con il minor impatto è quella con la maggior produzione di metano ad ettaro: **PI (pianta intera)**.



Variazioni “proporzionale” alle variazioni di UF per:

1. Cambiamento climatico (CC)
2. Assottigliamento strato ozono (OD);
3. Diminuzione risorse minerali e fossili (MFRD)

Variazioni “più che proporzionale” rispetto alle variazioni di UF per:

1. Acidificazione (AP):
2. Eutrofizzazione terrestre (TE)
3. Eutrofizzazione delle acque dolci (FE)
4. **Eutrofizzazione marina (ME)**

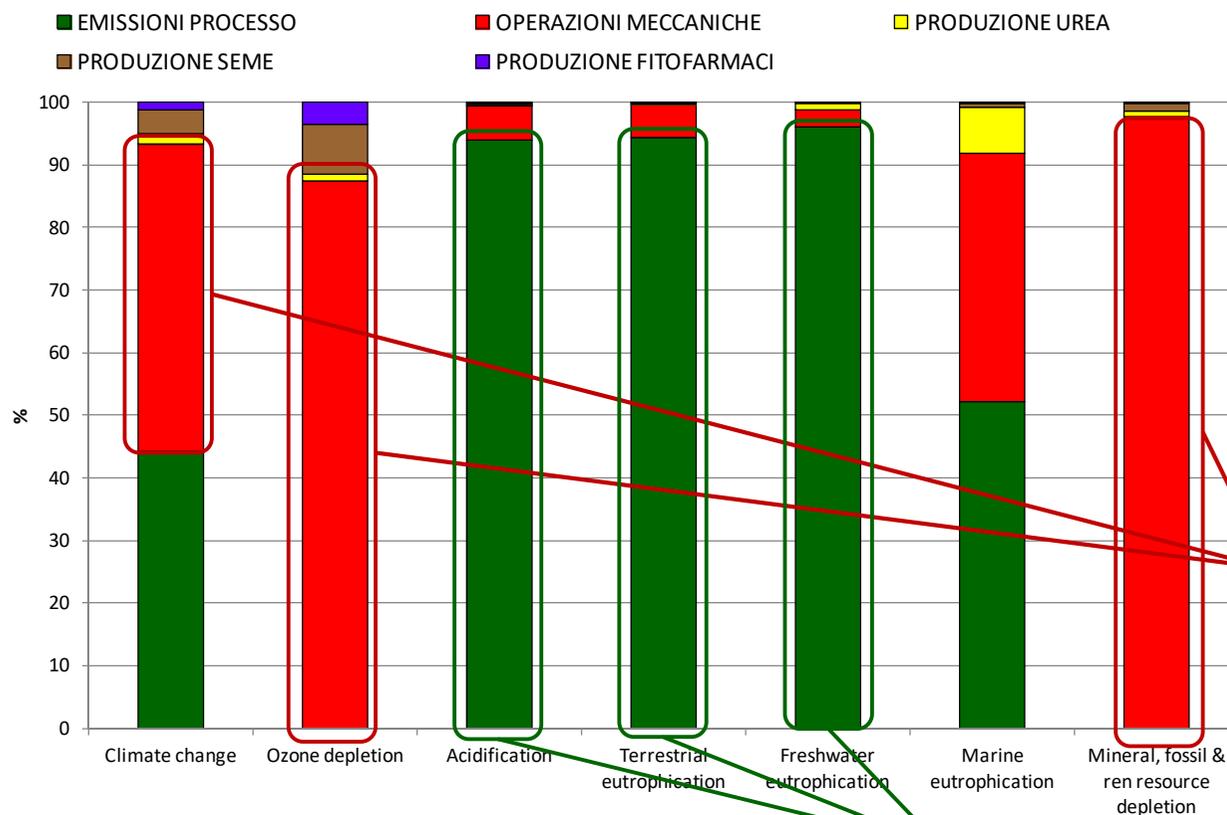
Eutrofizzazione marina legata strettamente al rilascio di composti azotati(nitrati) nel mare. Essendo uguale, per i tre insilati, la quantità di elementi nutritivi apportata con la fertilizzazione raccogliendo meno biomassa sono minori le asportazioni e quindi → **aumenta la lisciviazione**



FASE 3: VALUTAZIONE IMPATTI → Hotspot (A bordo campo; 0 km)

Digestato sottoprodotto della DA la sua produzione non ha impatto, ma emissioni NH₃, N₂O, NO₃ e runoff di P

Operazioni meccaniche: → (1) consumi di gasolio, olio e TR e MO, (2) emissioni dovute a gas scarico motori



HOTSPOT:

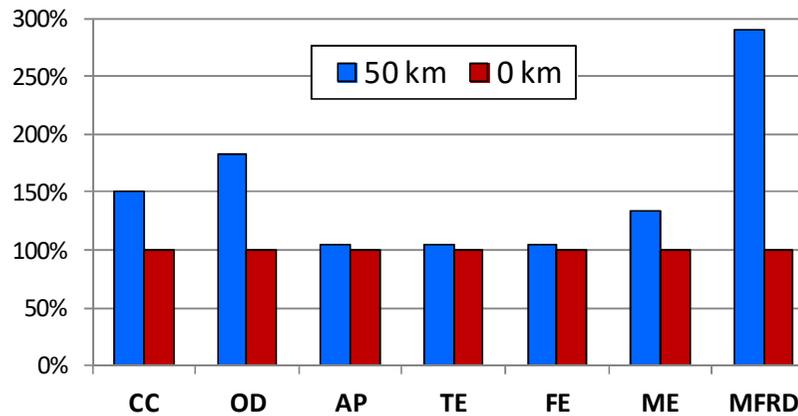
Produzione di sementi, fitofarmaci e urea: impatto limitato. NB: urea solo in copertura

Impatto legato alle operazioni meccaniche di campo responsabile quasi interamente (>97%) della diminuzione di risorse dell'assottigliamento dello strato di ozono e di circa la metà dell'impatto per il cambiamento climatico

Acidificazione ed eutrofizzazioni sono dominate dalle emissioni di processo legate alla somministrazione di fertilizzanti (organici e minerali): azoto lisciviato, ammoniaca e protossido in aria, run-off del fosforo



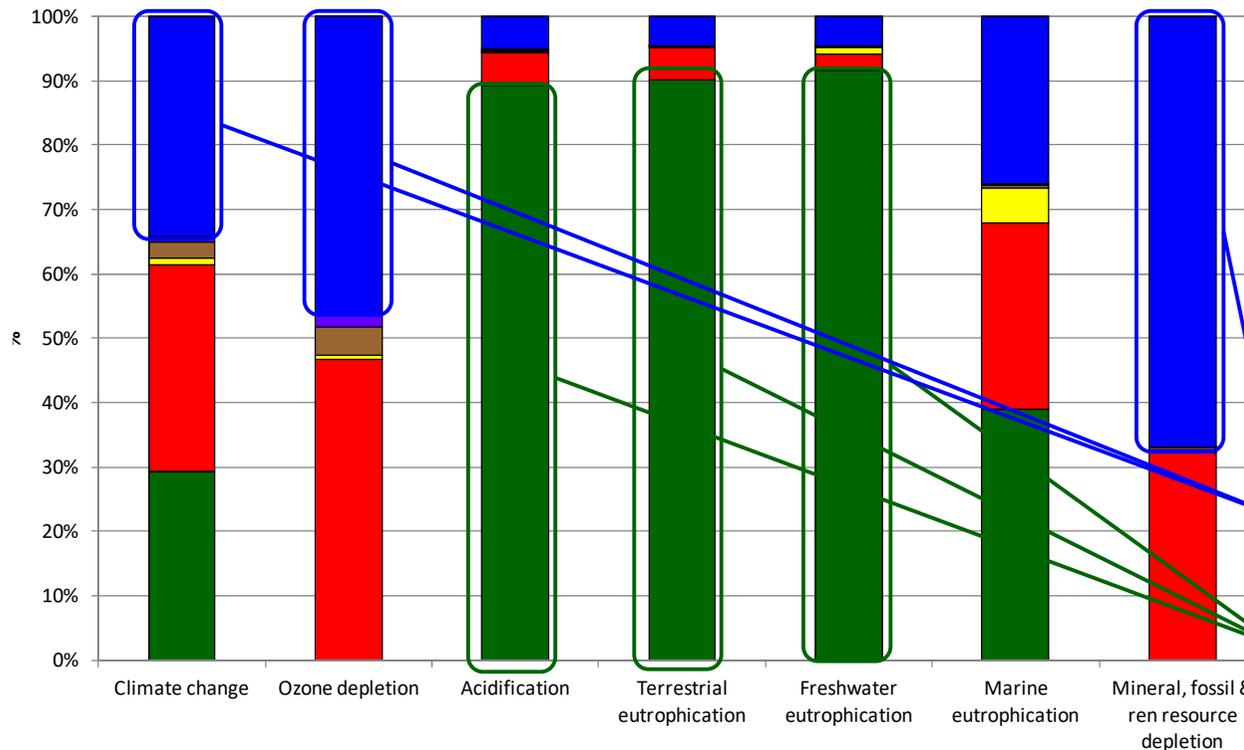
HOTSPOTS DEL PROCESSO (DISTANZA = 50 km)



Il **TRASPORTO** per 50 km → Aumento dell'impatto
MFRD → +190%;
OD → + 83%;
CC → + 51%
ME → + 34%;
AP, TE, FE → +5%



■ EMISSIONI PROCESSO ■ OPERAZIONI MECCANICHE ■ PRODUZIONE UREA
■ PRODUZIONE SEME ■ PRODUZIONE FITOFARMACI ■ TRASPORTO



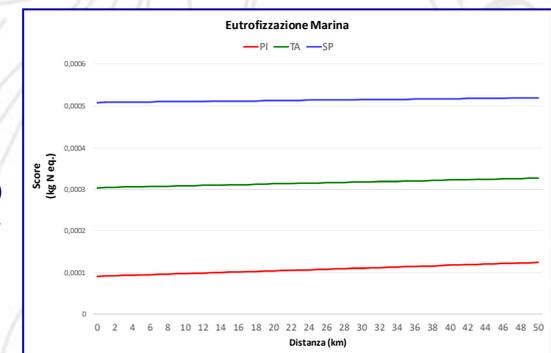
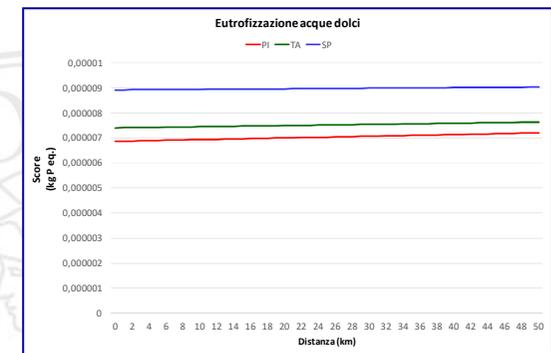
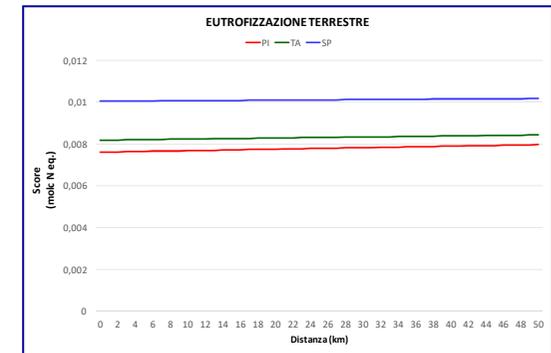
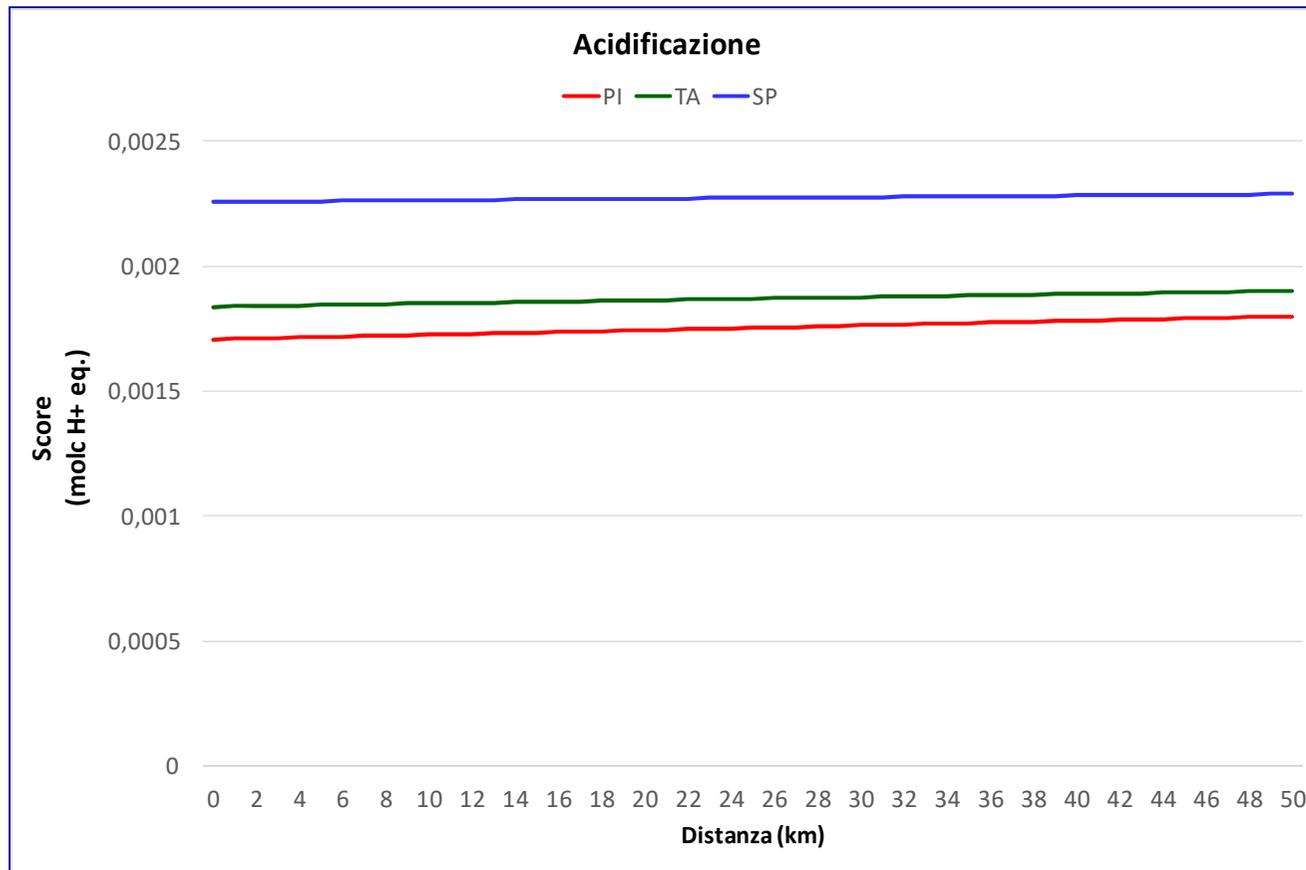
TRASPORTO hotspot di processo soprattutto per MFRD ma anche per altre categorie di impatto come OD e CC e, in minor misura per ME (a causa delle maggiori emissioni di NO_x).

Forte impatto del **TRASPORTO** su MFRD ma anche su OD e CC

Acidificazione ed eutrofizzazioni ancora poco influenzate dal trasporto



TRASPORTO: DISTANZA (0 → 50 km)



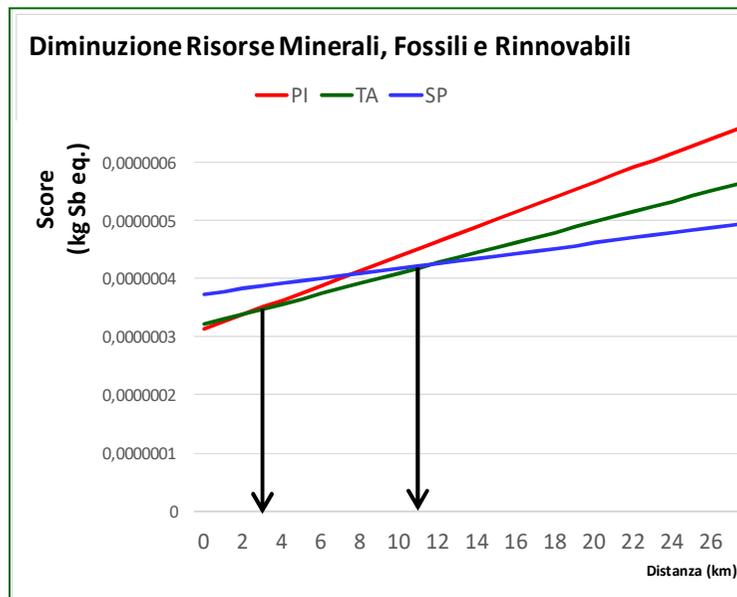
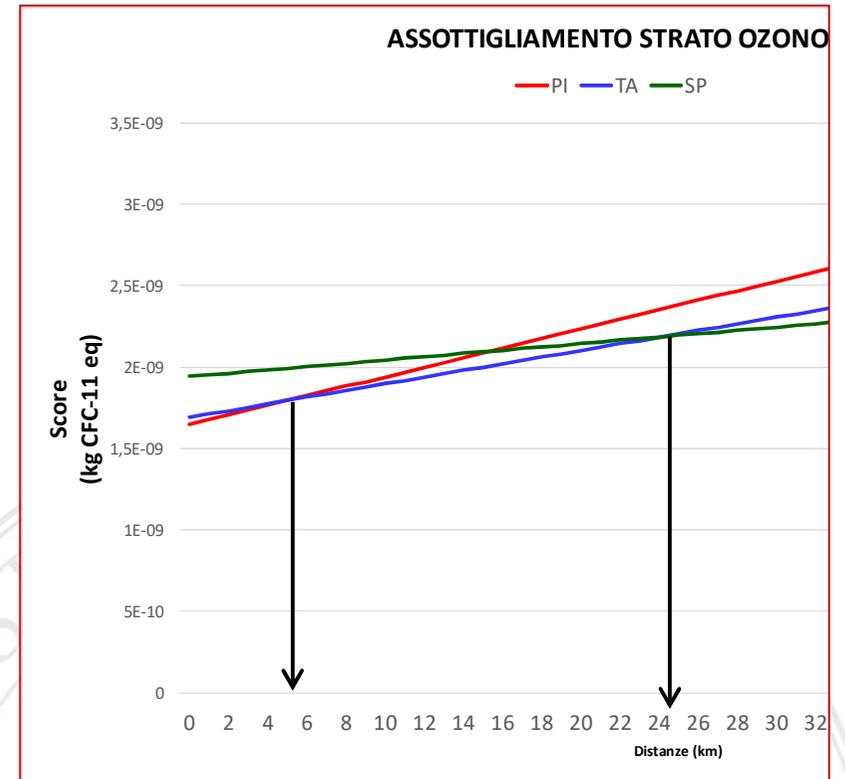
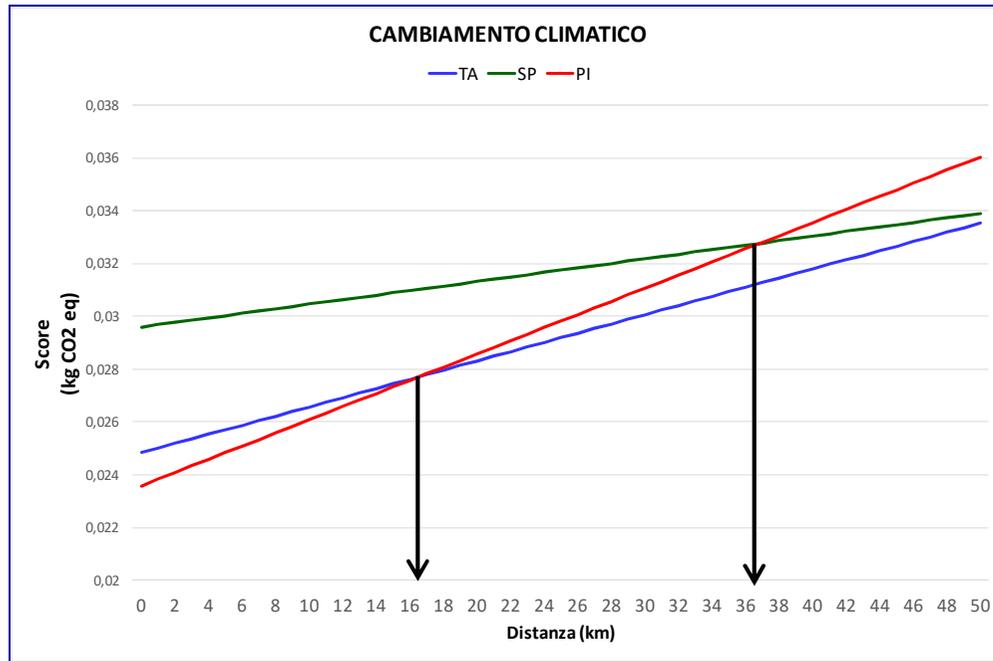
DISTANZE DI TRASPORTO → NESSUN “SORPASSO”

AP, FE, TE e ME: lievissime variazioni al crescere della distanza di trasporto
→ IA quasi interamente dovuto alla fase di campo in cui si hanno emission di composti N e P (es. Ammoniaca, protossido, nitrato, ecc.)

PI sempre meno impattante di TA e SP



TRASPORTO: DISTANZA 0 → 50 km



CC: fino a 16 km → PI, sopra 16 km → TA (entro 50 km $IA_{SP} > IA_{TA}$)

MFRD: fino a 2 km → PI, tra 2 e 11 km → TA; sopra 11 km → SP

OD: fino a 5 km → PI, tra 5 e 24 km → TA; sopra 24 km → SP



→ A volte mancano gli “strumenti” in grado di rendere l’approccio LCA capace di “leggere” e valutare aspetti importanti di un agro-ecosistema.

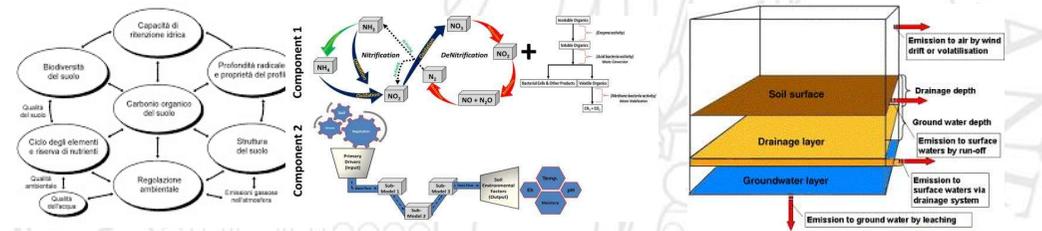
Nessun “problema” per ciò che influenza direttamente la “resa” del processo analizzato ma quando le variazioni di “resa” si manifestano su più anni (calo fertilità del suolo, SOC, ecc.)... o magari ha un’influenza limitata sulla resa...

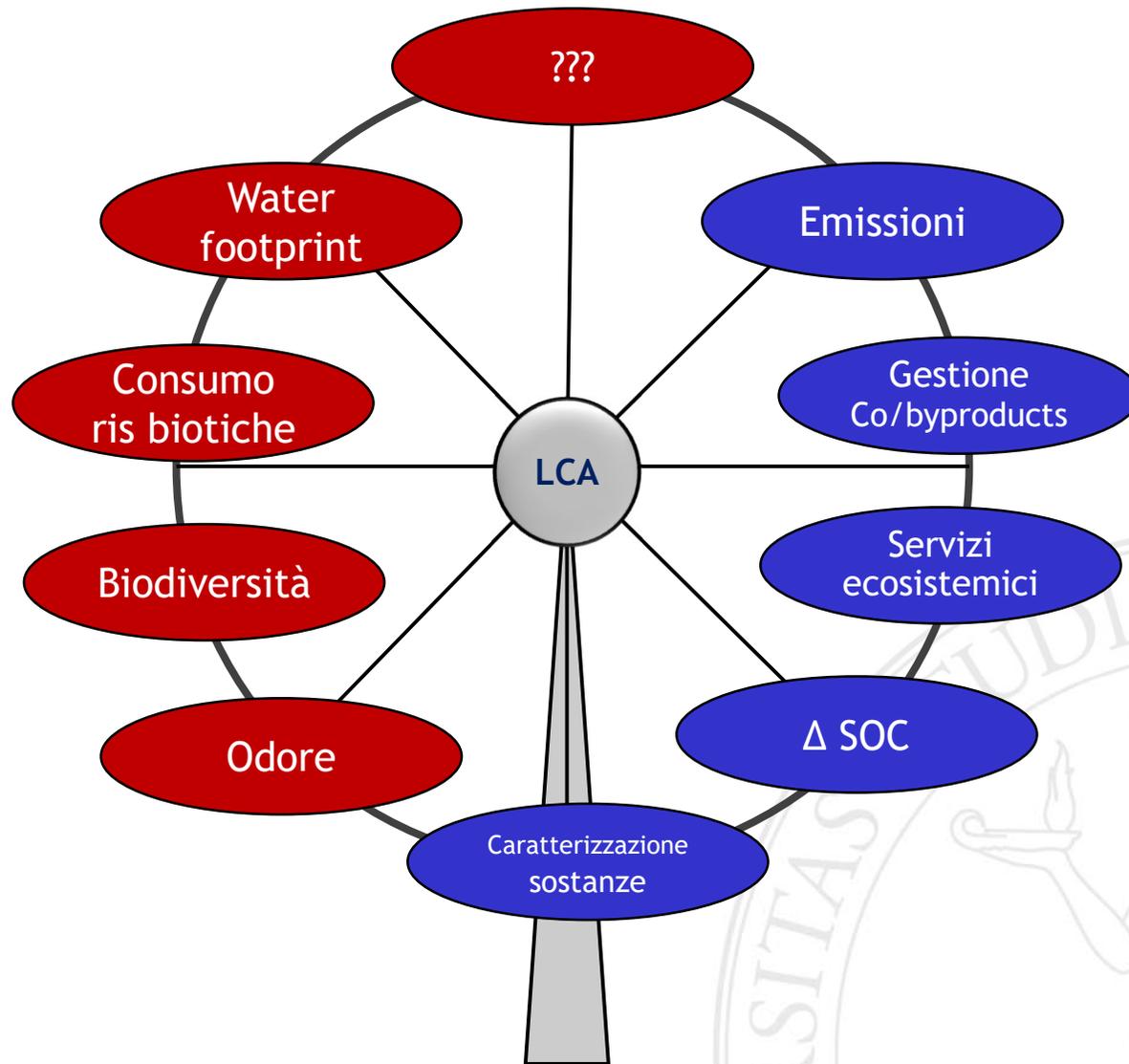
→ Influenza delle scelte condotte dall’analista ancora troppo alta

Talvolta alcuni strumenti (es. PCR e PEFCR) favoriscono un’uniforme applicazione del LCA ma trascurano la valutazione di aspetti specifici delle filiere agro-food

PCR “grain mills product”: allocazione su base massa → stesso impatto al riso lavorato e ai sottoprodotti

A volte gli “strumenti” ci sono ma molto impegnativi in termini di tempo e/o richiedono competenze specifiche e finiscono con l’essere poco utilizzati





MOLTO

Sfide aperte: problematiche ancora non del tutto risolte relativamente all'applicazione del LCA alle filiere agro-alimentari

Nuove prospettive: aspetti non ancora del tutto affrontati con approccio LCA ma che possono essere molto importanti soprattutto nel caso di studi comparativi



LCA
XX

LCA si conferma un approccio di valutazione in grado di “leggere” le peculiarità dei sistemi agricoli apprezzandone anche i benefici per l’ambiente

Applicazione di valutazioni dell’impatto ambientali con approccio LCA per modulare piani di finanziamento - specifiche misure PAC?





GRAZIE PER L'ATTENZIONE



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO



1 -2 Luglio 2021 - Sassari, Convegno AISSA#under40

J. Bacenetti

«Applicazione del Life Cycle Assessment alle filiere agro-alimentari»

EM legate alla fertilizzazione (NH_3 , NO_3 , PO_4 , N_2O) → generalmente principale responsabile di acidificazione ed eutrofizzazione della fase di coltivazione

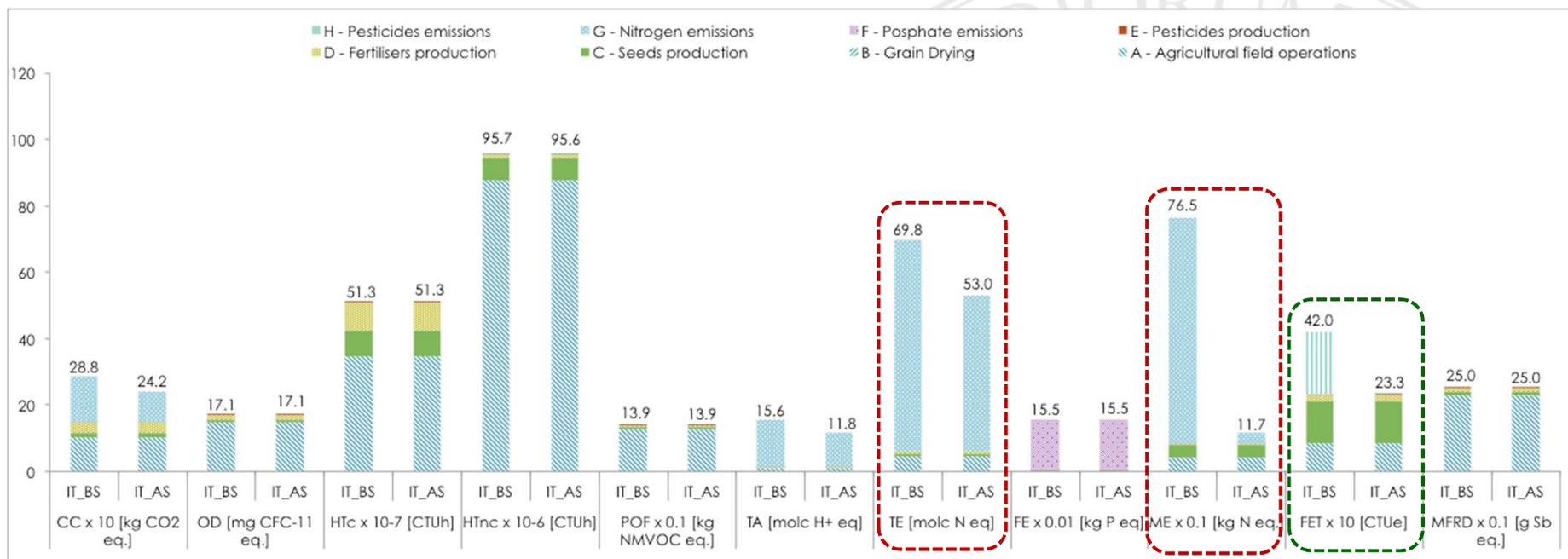
EM di metano → principale hotspot per il Riscaldamento Globale nel caso del riso

EM enteriche → hotspot per il Riscaldamento Globale nel caso di alcune produzioni animali (es. Latte, carni bovine, ecc.)

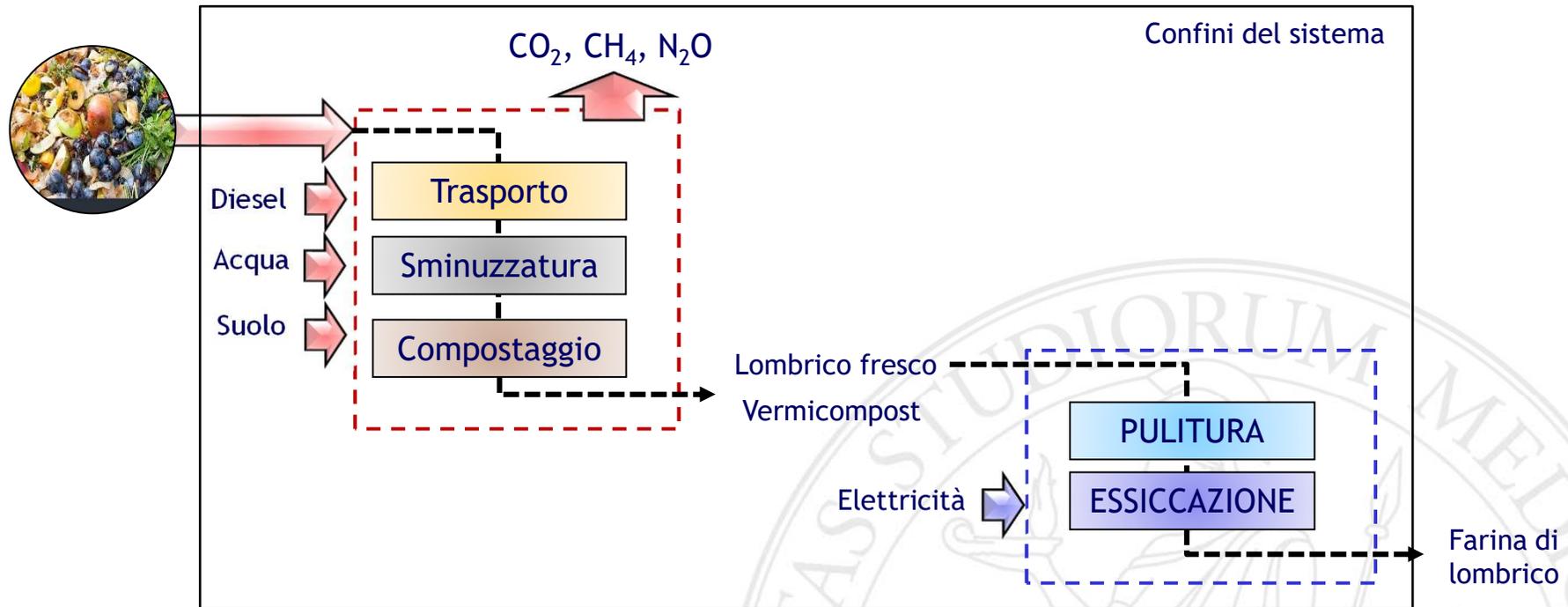
EM legate allo stoccaggio dei reflui → hotspot per PM, acidificazione, eutrofizzazione

Scenarios	N Fertiliser EM model	Pesticide EM model
Baseline (BS)	IPCC (2006)	Margni et al. (2002)
Alternative (AS)	Brentrup et al. (2000)	PestLCI 2-0 (Dijkman 2012)

ORZO



Scarti ortofrutticoli (es. ortomercato), nessun valore economico (waste → “zero burden” approach) sono generalmente inviati a compostaggio.



GESTIONE MULTIFUNZIONALITA'

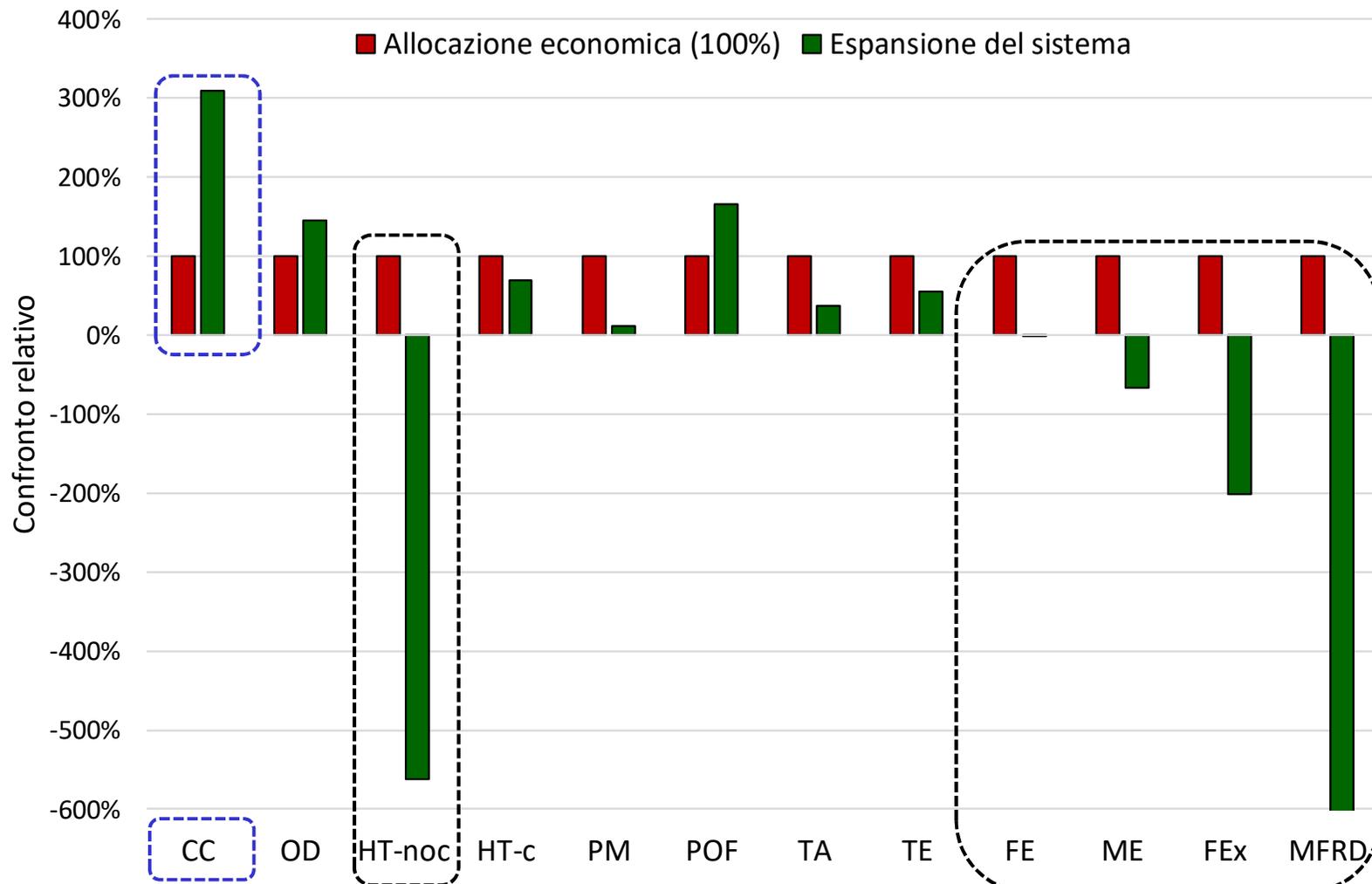
ALLOCAZIONE o **ESPANSIONE DEL SISTEMA ?**

Allocazione economica tra lombrico e vermicompost

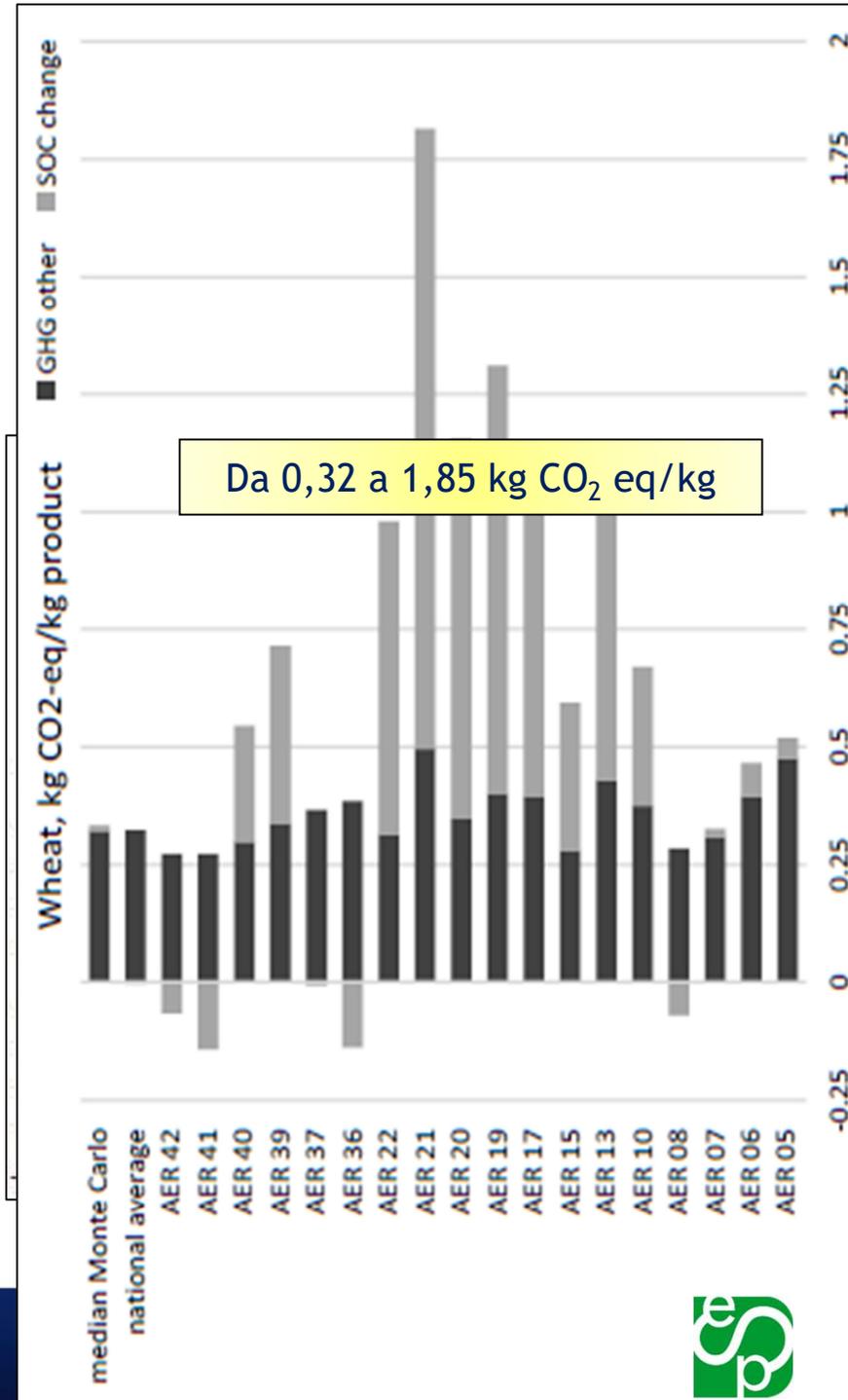
Nessuna allocazione tra lombrico e vermicompost, compostaggio tradizionale considerato come “processo evitato”



«GESTIONE» WASTE - SOTTOPRODOTTO - COPRODOTTI



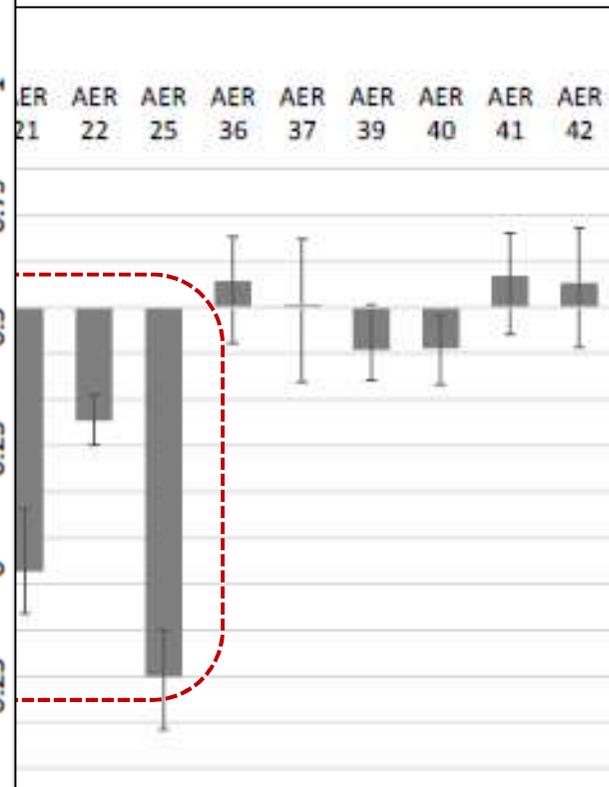
SOIL ORGANIC CHANGE



ed...”

product carbon footprint of including changes in soil
od (16-20 October 2018) Bangkok

o 5 proiezioni climatiche e 5 modelli GCM (General
oderate” (RCP 4.5) in Australia



emissions) trajectory adopted by the IPCC for its fifth Assessment Report (AR5) possible range of

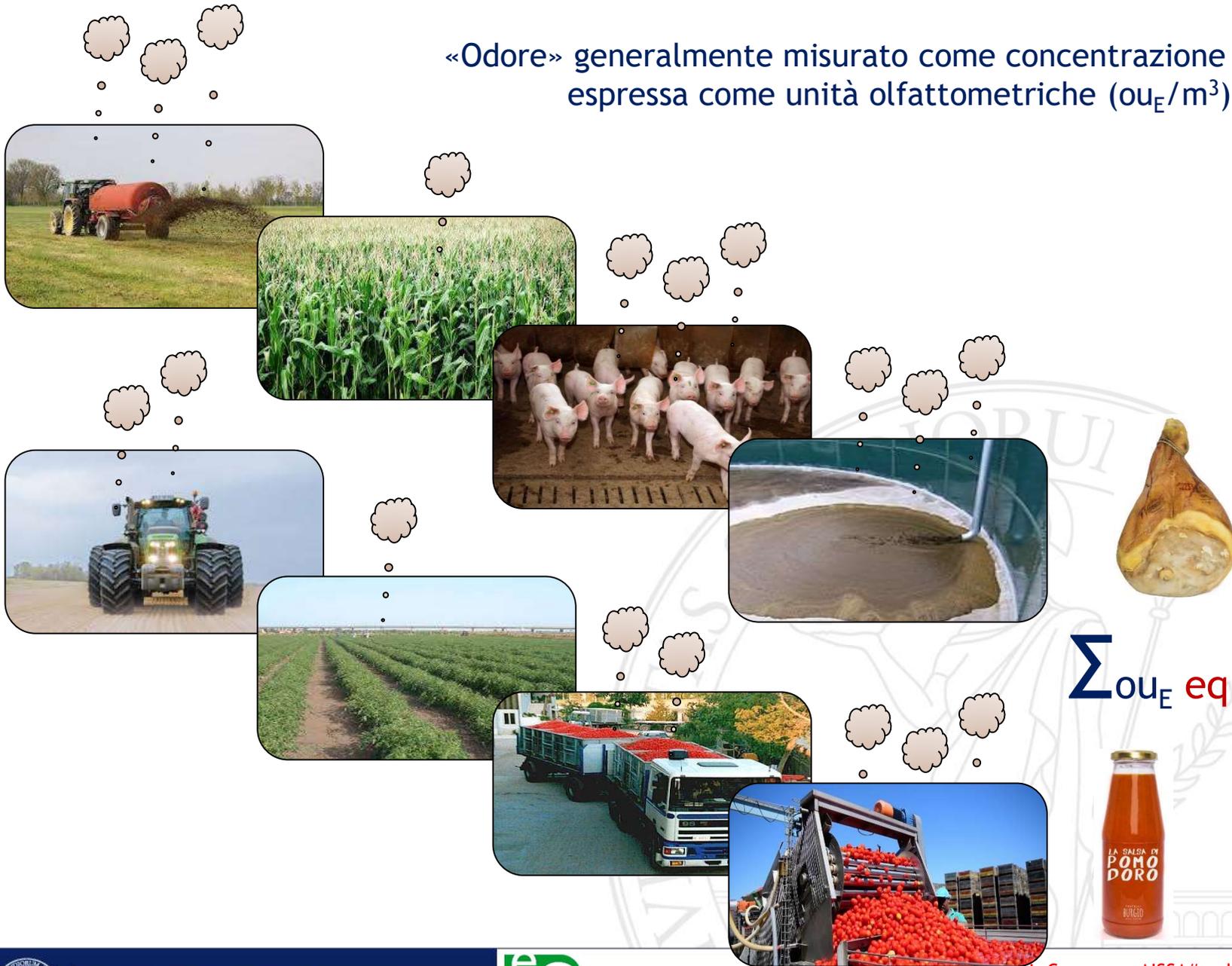
1 -2 Luglio 2021 - Sassari, Convegno AISSA#under40

J. Bacenetti

«Applicazione del Life Cycle Assessment alle filiere agro-alimentari»



«Odore» generalmente misurato come concentrazione di odore espressa come unità olfattometriche (ou_E/m^3)



$$\sum ou_E \text{ eq. / FU ?}$$



Life cycle assessment della
produzione di granella di mais:
confronto tra diverse modalità di
fertilizzazione



MAIS DA GRANELLA IN LOMBARDIA

1 - SCOPO DELLO STUDIO

Valutare l'impatto ambientale della produzione di granella di mais considerando diverse modalità di fertilizzazione

2 - UNITA' FUNZIONALE



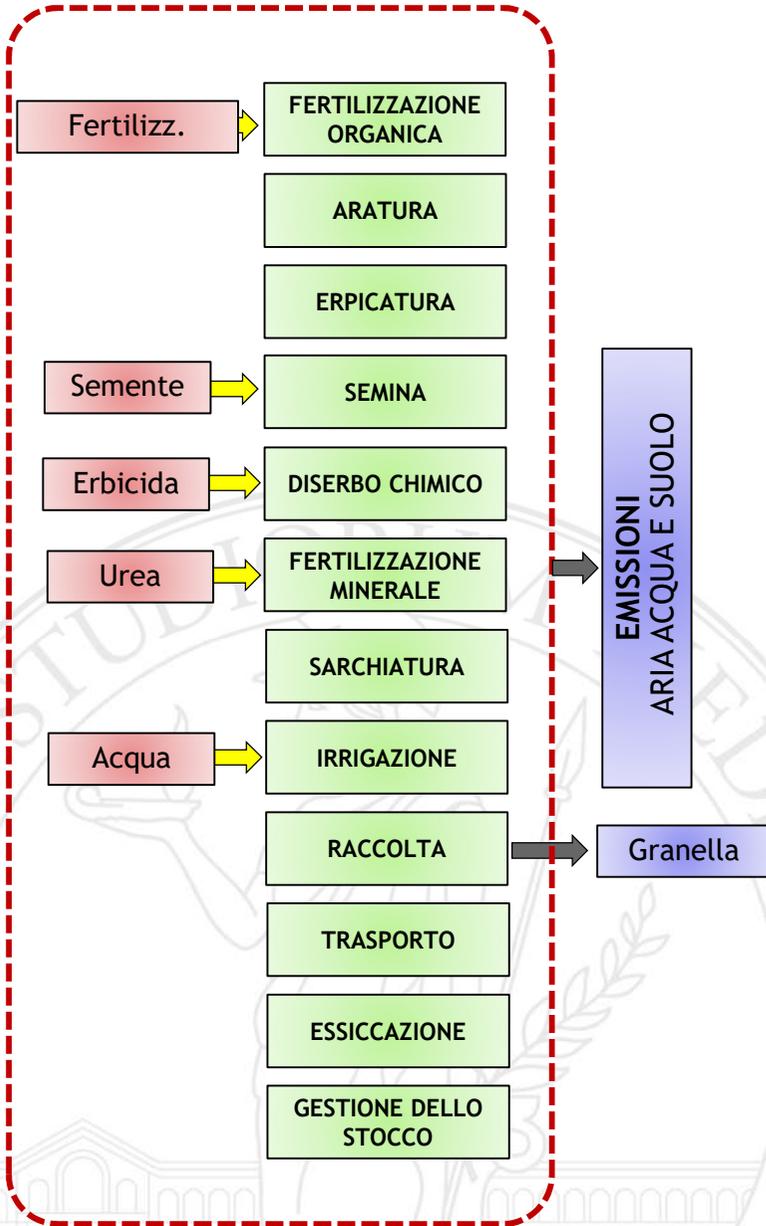
**GRANELLA
DI MAIS
(14%)**

3 - CONFINI DEL SISTEMA

Analisi limitata al «cancello aziendale» e quindi escludo tutto ciò che avviene da quando la granella esce dall'azienda agricola per essere venduta

3 - RACCOLTA/STIMA I DATI DI INVENTARIO

Interviste e rilievi in azienda
Modelli di stima per le emissioni di inquinanti nell'ambiente



I DATI DI INVENTARIO

Azienda sperimentale di facoltà. Resa in granella 11,3 t/ha (14%) and stocchi (12,5 t/ha).

OPERAZIONE	RIP	MESE	TRATTORE	MACCHINA OPERATRICE			NOTE Fattori di Produzione
			Massa - Potenza	Tipo e Dimensione	Tempo (h·ha ⁻¹)	Carburante (kg·ha ⁻¹)	
Fertilizzazione organica	1	Aprile	7080 kg - 130 kW	Carrobotte 20 m ³	2,60	44,5	85 t·ha ⁻¹ liquame suino 0,24% N. 0,25 P ₂ O ₅ . 0,55 K ₂ O
Aratura	1	Aprile	5050 kg - 90 kW	Aratro Trivomere Profondità 35cm	1,66	24,9	
Erpicatura	2	Aprile	4000 kg - 73,5 kW	Erpice rotativo	1,00	20,2	
Semina	1	Aprile	4900 kg - 62,5 kW	Seminatrice pneumatica di precisione	0,50	8,4	19 kg·ha ⁻¹ semente
Diserbo	2	Aprile Maggio	4900 kg - 62,5 kW	Irroratrice	0,28	3,3	4 kg·ha ⁻¹ lumax ⁴ ; 1+1 kg·ha ⁻¹ dual ⁵ ;
Fertilizzazione	1	Maggio	4900 kg - 62,5 kW	Spandiconcime centrifugo	0,50	3,0	60 kg·ha ⁻¹ urea
Sarchiatura	1	Maggio	4900 kg - 62,5 kW	Sarchiatrice	0,83	4,2	
Irrigazione	3	Giugno- Ago	4900 kg - 62,5 kW	Pompa	1,10	12,6	1100 m ³ ·ha ⁻¹
Raccolta	1	Sett.	8100 kg - 110,3 kW	FTC	2,00	42,0	
Trasporto		Sett.	5050 kg - 90 kW	Rimorchi agricoli	2,00	15,1	
Essiccazione	1	Sett.	4000 kg - 73,5 kW	Essiccatoio	-	191	
Gestione degli stocchi	1	Sett.	5050 kg - 90 kW	Trinciastocchi	1,00	18,5	

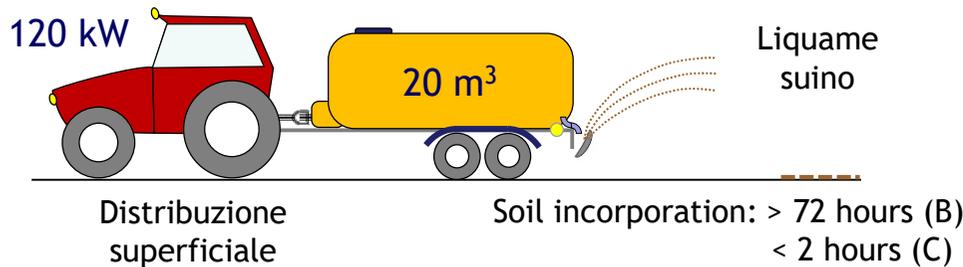


4 scenari caratterizzati da differenti fertilizzazione in termini di fertilizzante e/o metodo di distribuzione :

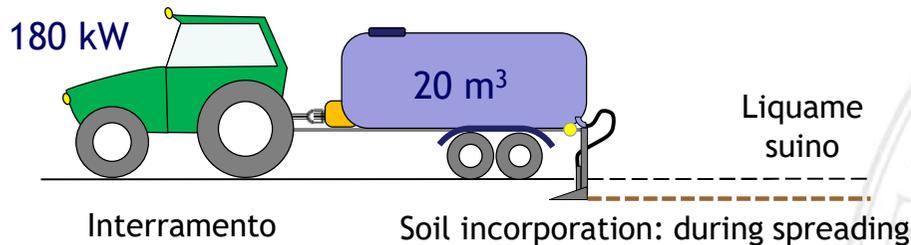
A. solo fertilizzanti minerali.

B. spandimento superficiale e interramento dopo > 72 h (BASELINE).

C. spandimento superficiale e interramento entro 2 h.



D. interramento immediato a 7 cm (aumento consumi).



Rispetto allo Scenario B. la volatilizzazione dell'NH₃ è ridotta:

- - 84% con rapido interramento (C).
- - 95% con «iniezione»(D).

Riduzione perdite comportano aumento della disponibilità di N

AS	Fertilisers	Timing of soil incorporation
A	Urea & superfosfato	> 3 giorni dopo spandimento
B	Liquame suino & urea	> 3 giorni dopo spandimento
C		< 2 h dopo spandimento
D		Contestuale allo spandimento

Carozzi. M., Ferrara. R. M., Rana. G., Acutis. M., 2013. Evaluation of mitigation strategies to reduce ammonia losses from slurry fertilisation on arable lands. Sci Total Environ. 449. 126-133.





DATI DI
INVENTARIO



SimaPro

INDICATORI DI IMPATTO

- Cambiamento Climatico (CC).
- Assottigliamento strato ozono (OD).
- Tossicità umana effetti non cancerogeni (HT)
- Formazione smog (POF).
- Acidificazione (TA).
- Eutrofizzazione Terrestre, Acque dolci, Marina (TE, FE ME).
- Ecotossicità ambienti acquatici (FEx)
- Assottigliamento risorse minerali e fossili (MFRD).



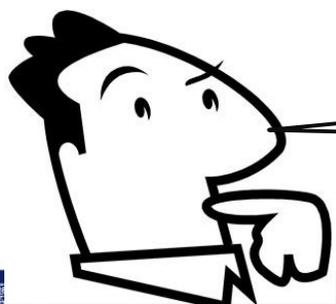
Categoria di impatto	Unità	Impatto
Camb. Climatico (CC)	kg CO ₂ eq	236
Assottigliamento strato ozono (OD)	kg CFC-11 eq	2,16 x 10 ⁻⁵
Tossicità umana effetti cancerogeni (HT)	CTUh	7,99 x 10 ⁻⁶
Formazione smog (POF)	kg NMVOC eq	1,36 x 10 ⁰
Acidificazione (TA)	Molc H ⁺ eq	1,25 x 10 ¹
Eutrofizz.terrestre (TE)	Molc N eq	5,58 x 10
Eutrofizz. acque dolci (FE)	kg P eq	1,74 x 10 ⁻¹
Eutrofizz. marina (ME)	kg N eq	2,86 x 10 ⁰
Ecotossicità ambienti acquatici (FEx)	CTUe	97,49 x 10 ²
Riduzione risorse min. e fossili (MFRD)	g Sb eq	2,97 x 10 ⁰

RISULTATI: Impatti per lo scenario base

Riso **biologico** in Lomellina
3300 kg CO₂eq/t

Riso **convenzionale** Vercelli
1300 -2000 kg CO₂eq/t

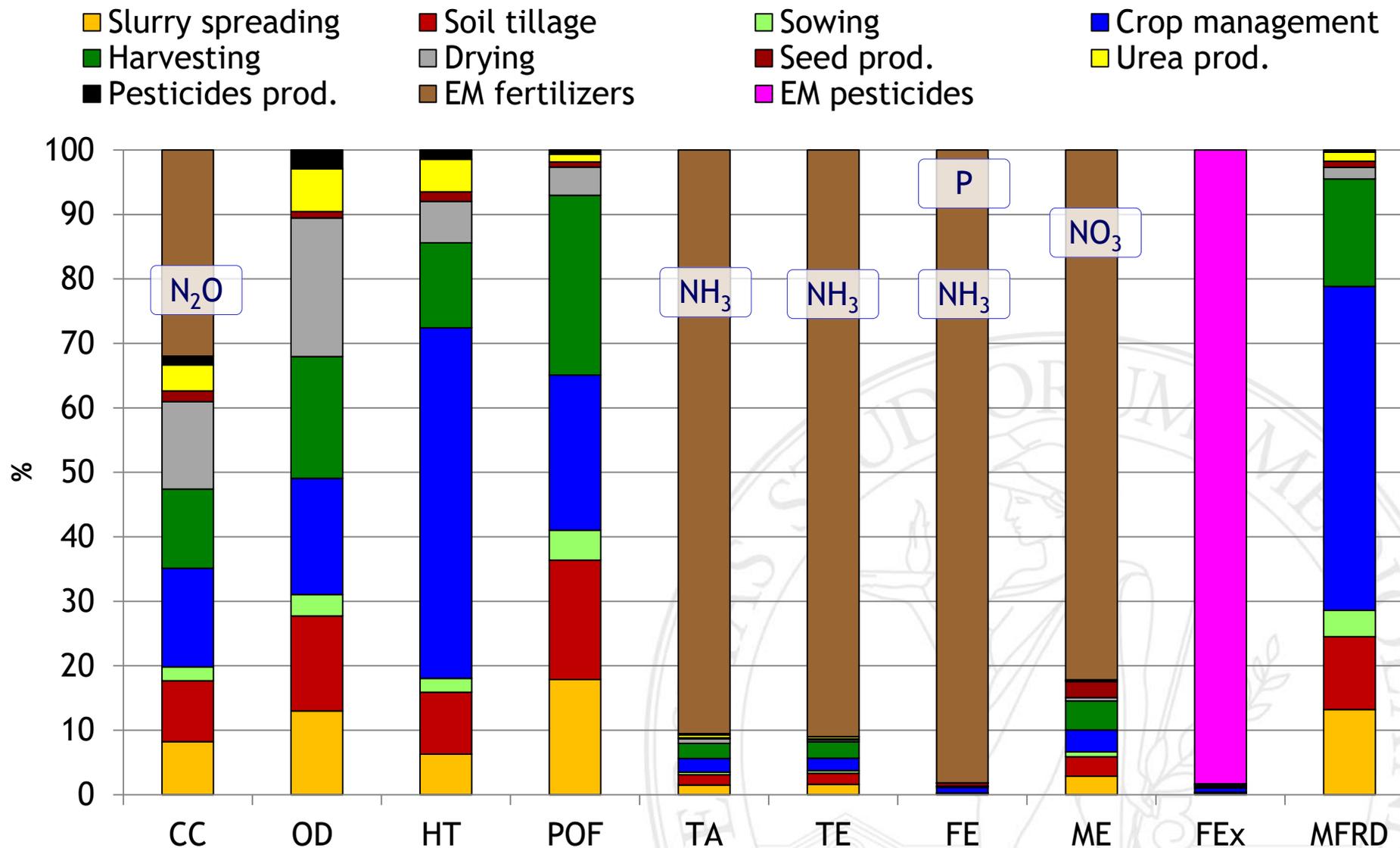
Mais areale **non irriguo**
500 -800 kg CO₂eq/t



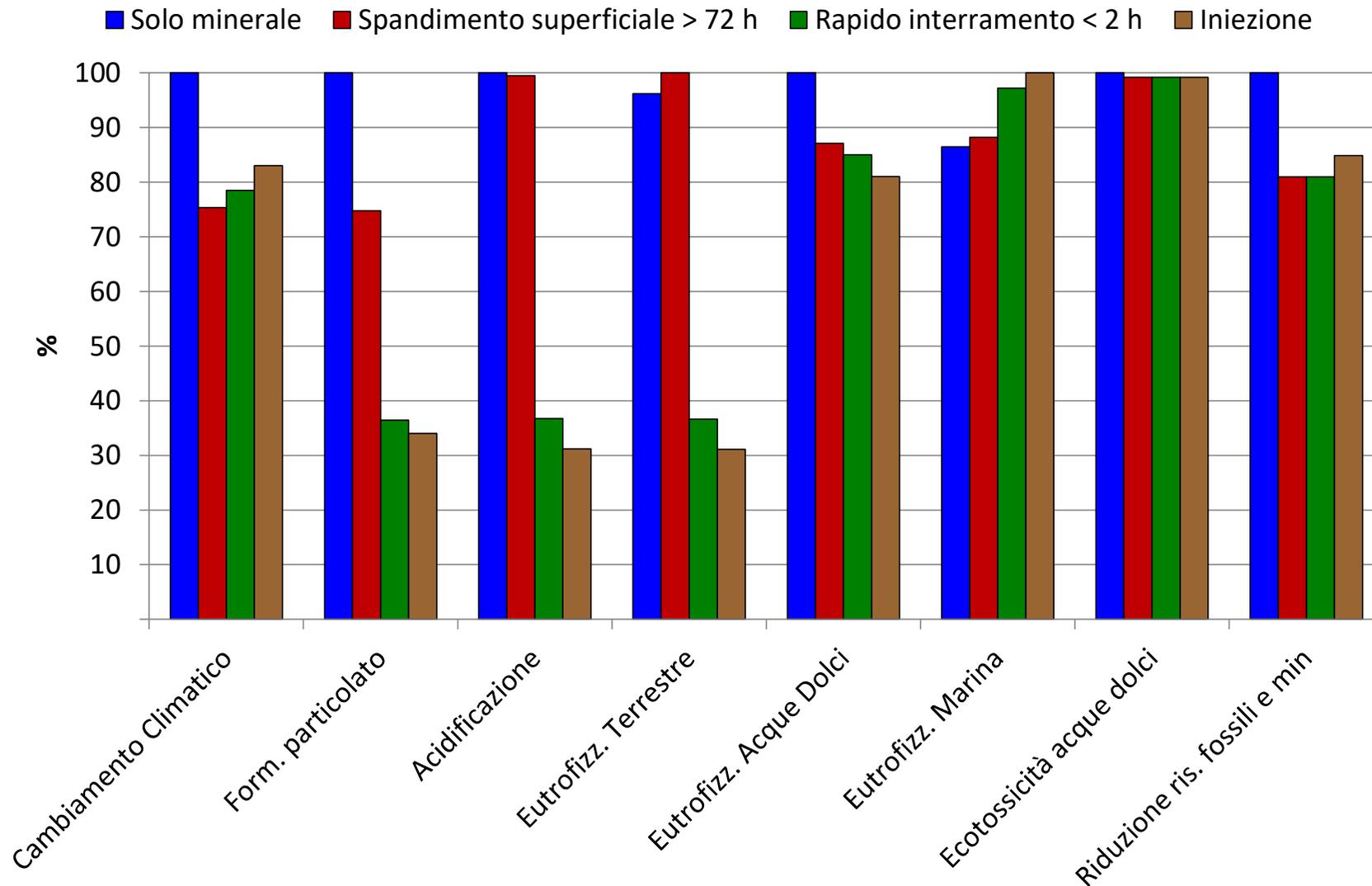
E adesso?



RISULTATI: Identificazione degli «hotspots» per BS



RISULTATI: CONFRONTO



Difficile trovare la soluzione che minimizzi tutti gli impatti sull'ambiente
 Concentrarsi sulla riduzione delle perdite di ammoniaca consente di ridurre acidificazione e formazione di polveri ma può comportare una crescita della lisciviazione → eutrofizzazione marina



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO



J. BACENETTI
 Università degli Studi di Milano
 DIPT. DI SCIENZE E POLITICHE AMBIENTALI