



Nuovo Programma d'Azione Nitrati

Riflessi sull'attività agricola e sostenibilità ambientale

Venerdì 29 novembre 2024

Cremona International Exhibition – Fiera di Cremona
Sala Guarneri

La ricerca e le novità in ambito di sostenibilità ambientale e transizione energetica

Erminio Trevisi

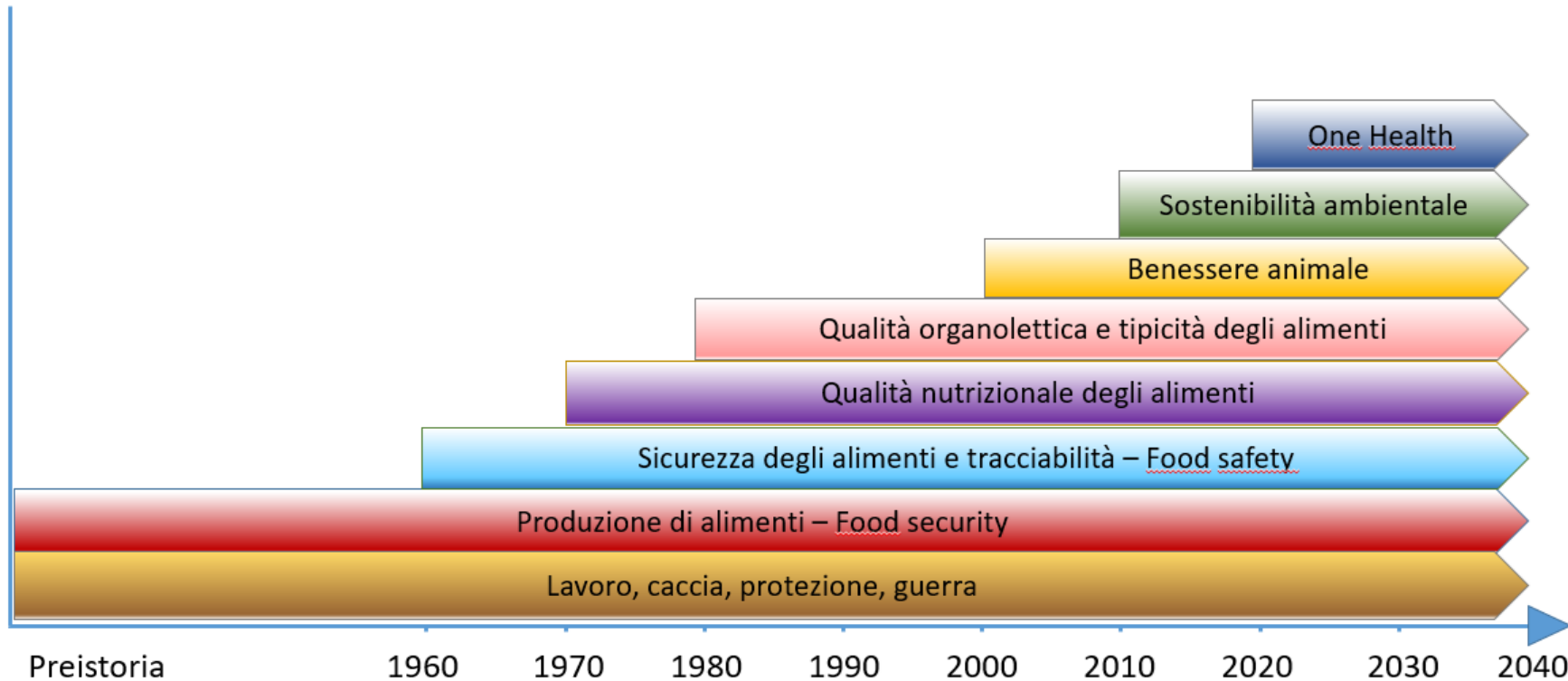
Direttore Dipartimento di Scienze Animali, degli Alimenti e della Nutrizione (DIANA)

Università Cattolica del S. Cuore – Piacenza-Cremona

Presidente CERZOO srl (Centro Ricerche per la Zootecnia e l'Ambiente)

erminio.trevisi@unicatt.it

LE SFIDE per la Zootecnia padana e mondiale



PRODUZIONI ANIMALI a cura di Anna Sandrucci ed Erminio Trevisi
Copyright © 2022, EdiSES Edizioni S.r.l. – Napoli

IMPRESE Agro-Zoo

Sviluppo Sostenibile: 4 petali



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

Economico

L'impresa deve realizzare un
PROFITTO MINIMO
e garantire salario equo e sicurezza

Etico

Rispetto di tutte le componenti:
**UMANA, BENESSERE ANIMALE,
SISTEMA NATURALE del Pianeta**



Ecologico

Il Sistema Agro-alimentare deve
minimizzare impatto sull'ambiente
= SALUTE del PIANETA

Nutrizionale-Sanitario

Alimenti (vegetali e animali) **sani, disponibili
e sicuri**, per garantire **SALUTE UMANA
(ONE HEALTH)**

Sviluppo Sostenibile richiede una Transizione, scientificamente rigorosa e di percorsi chiari e durevoli alle imprese.

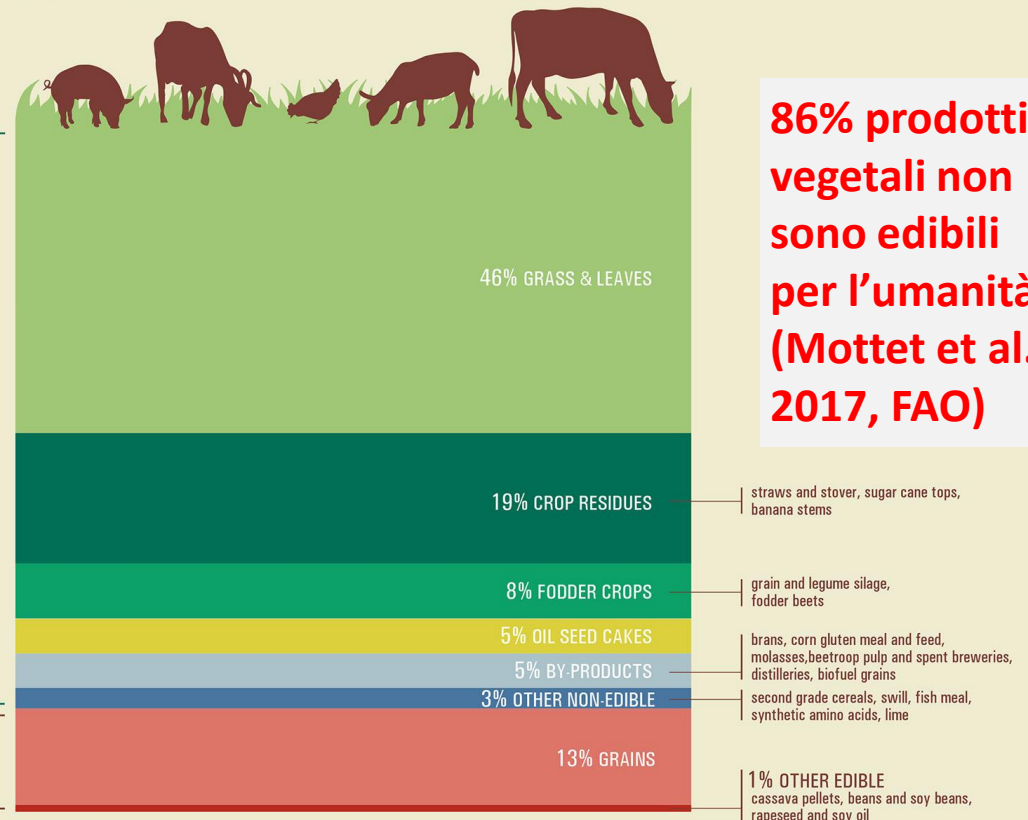
**La sostenibilità in Agricoltura non può prescindere dal garantire:
Dieta sana ed equilibrata + cura per l'Ambiente**

LE CRITICITA' in AGRICOLTURA



Popolazione mondiale: +2 miliardi entro 2050 ➡ +25% alimenti (senza aumentare superficie coltivata: esaurita)

6 BILLION
TONNES
DRY MATTER



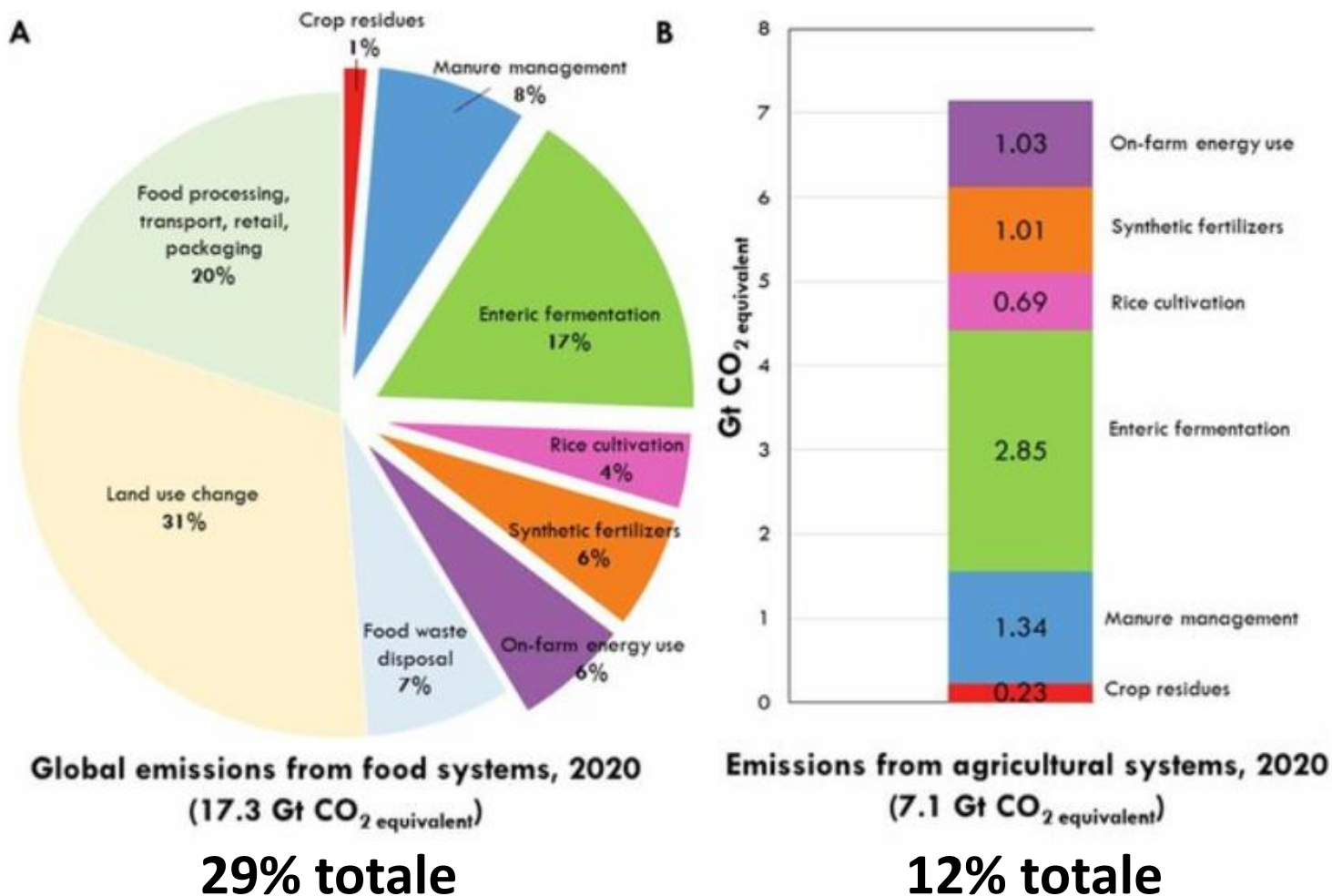
Garantire Sviluppo Sostenibile:

1. Consumo superfici
2. *Emissioni gas serra (GHG)*
3. Uso acqua
4. Benessere Animale

Le criticità non implicano l'abbandono delle produzioni animali ma la ricerca di soluzioni.

L'allevamento è essenziale per vita umana e gestione del territorio

B. Emissioni GHG agricole mondiali



Varie stime per agricoltura (espresse in % GHG tot)

- **IPCC (2019)** = 25-30 %: di cui 8-10%, per cambio di destinazione dei suoli (foreste, torbiere, paludi e altre aree naturali occupate per la coltivazione) e 5-10% per emissioni fuori azienda (da mezzi tecnici in entrata e prodotti agricoli in uscita)
- **FAOSTAT (2023)**: 12% (29% food system)
- PS (senza cambio uso suoli)

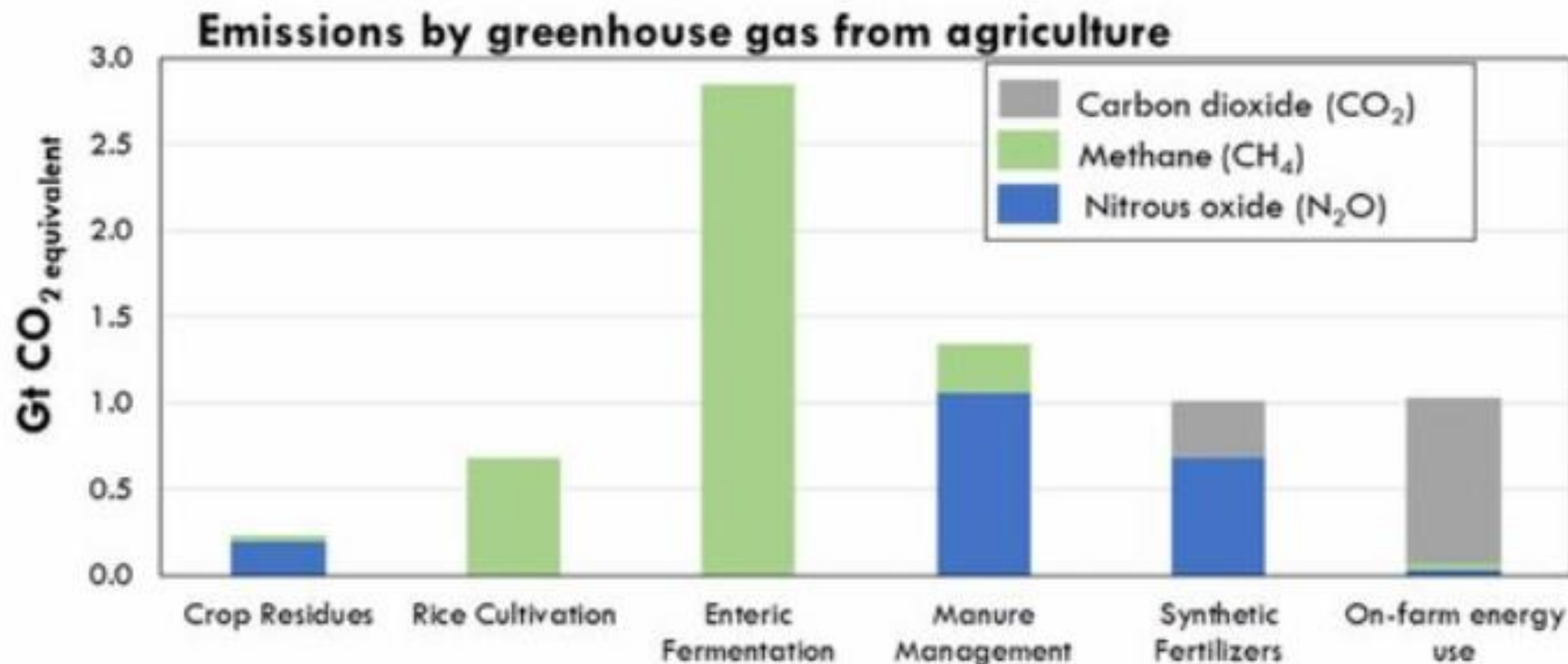
	Agro+Zootecnia	Zootecnia
WRI (2019)	14.0%	8.5%
EPA (2021; USA)	10.0%	5.0%
ISPRA (2023; Italia)	7.8%	5.9%

Rosa e Gabrielli, 2023 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acd5e8>

FAOSTAT 2023 *Climate change: Agrifood systems emissions*
(available at: www.fao.org/faostat/en/#data)

B. Emissioni GHG agricole mondiali

- CO_2
- CH_4 (fermentazioni ruminali)
- N_2O (deiezioni stoccaggio e smaltimento)
- NH_3 (senza effetto serra)



18% totale agr.
54% “
28% “

Rosa e Gabrielli, 2023 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acd5e8>

FAOSTAT 2023 *Climate change: Agrifood systems emissions* (available at: www.fao.org/faostat/en/#data)

Emissioni GHG in Italia

GHG
ISPRA (2023, Italia)

AGRICOLTURA
7,8%

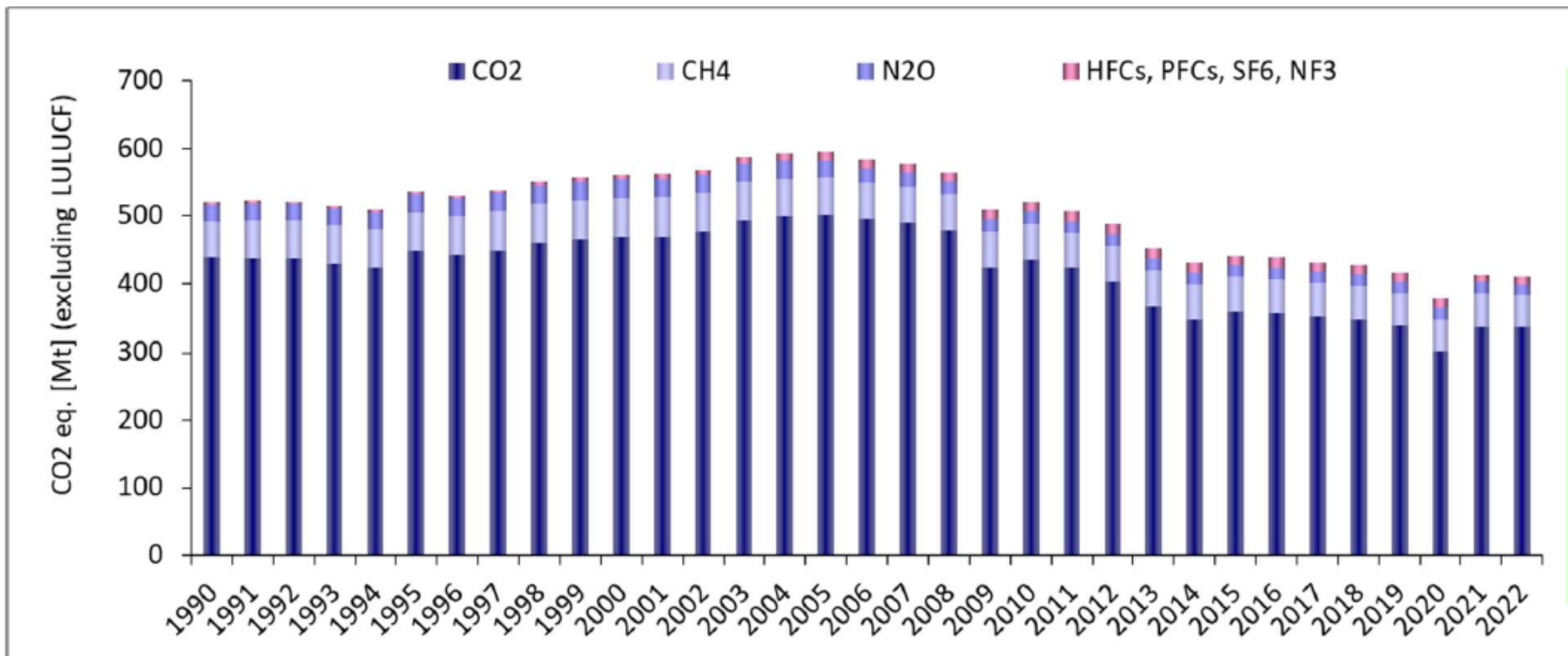
di cui

ZOOTECNIA
5,9%

(68% da bovini)

ISPRA, 2024 - Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2022. National Inventory Report 2024

Figure 2.1 National greenhouse gas emissions from 1990 to 2022 (without LULUCF) (Mt CO₂ eq.)



Emissioni GHG in Italia
(% totale):

Settore energia = 81.8%

Agricoltura = 7.4%

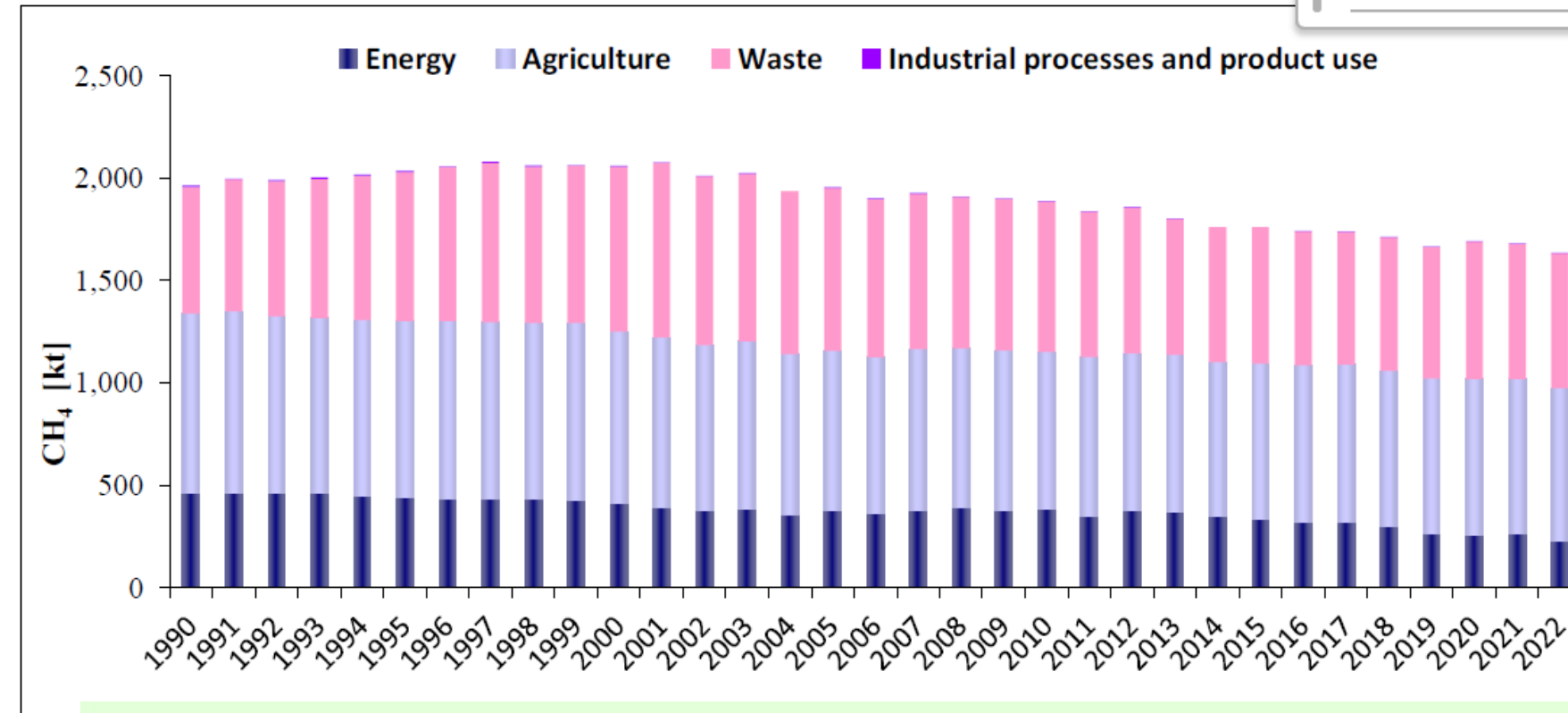
Industria = 5.7%

Rifiuti = 4.9%

Emissioni CH₄ in Italia

ISPRA, 2024 - Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2022. National Inventory Report 2024

Figure 2.5 National CH₄ emissions by sector from 1990 to 2022 (kt)



Emissioni tot. CH₄ (2022)

✓ 11.1% tot GHG (45.7

Mt in CO₂ equivalenti):

✓ **-16.8% vs 1990**

Fonti:

Agricoltura = 45.6% tot;

Rifiuti = 40.3%

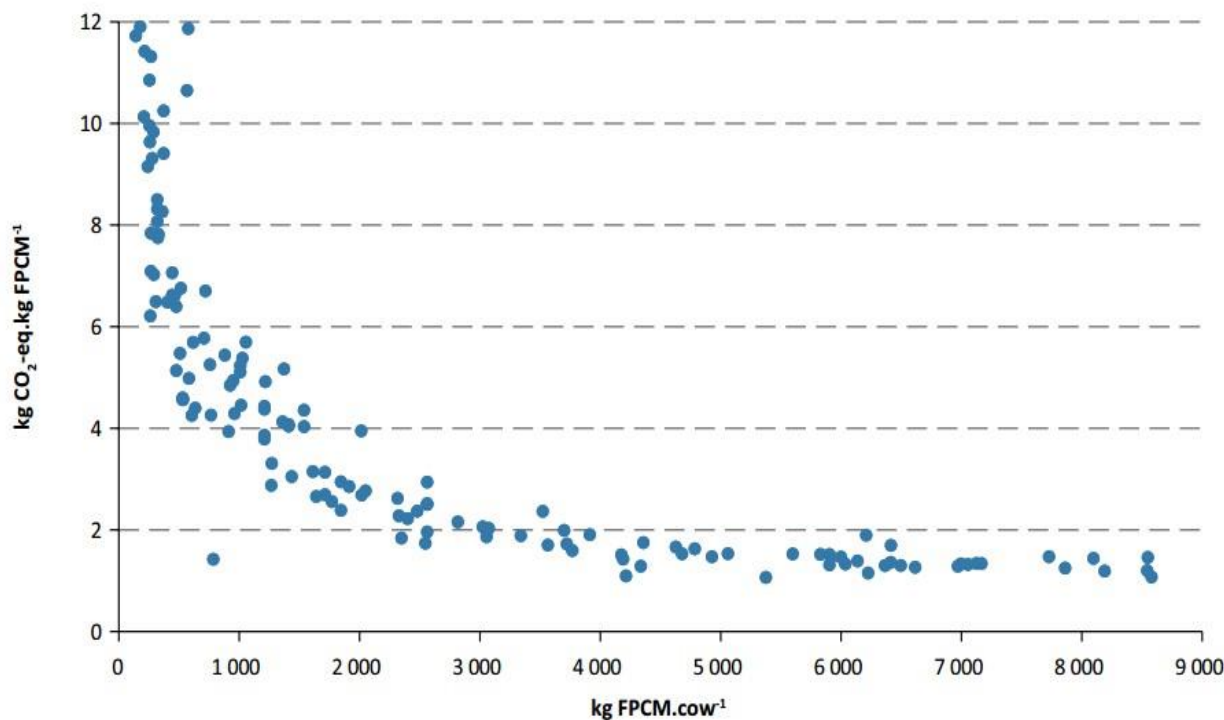
Energia = 14.1%

Fonti Agricole: Fermentaz enteriche (69.5%), gestione liquami (23.0%)

-18.9% vs 1990 (per ↓ n° capi e > recupero energia da biogas)

Altre fonti: **aumentate emissioni nella gestione rifiuti**

Produzione di latte ed emissioni di GHG: nel tempo nettamente diminuite (PS)



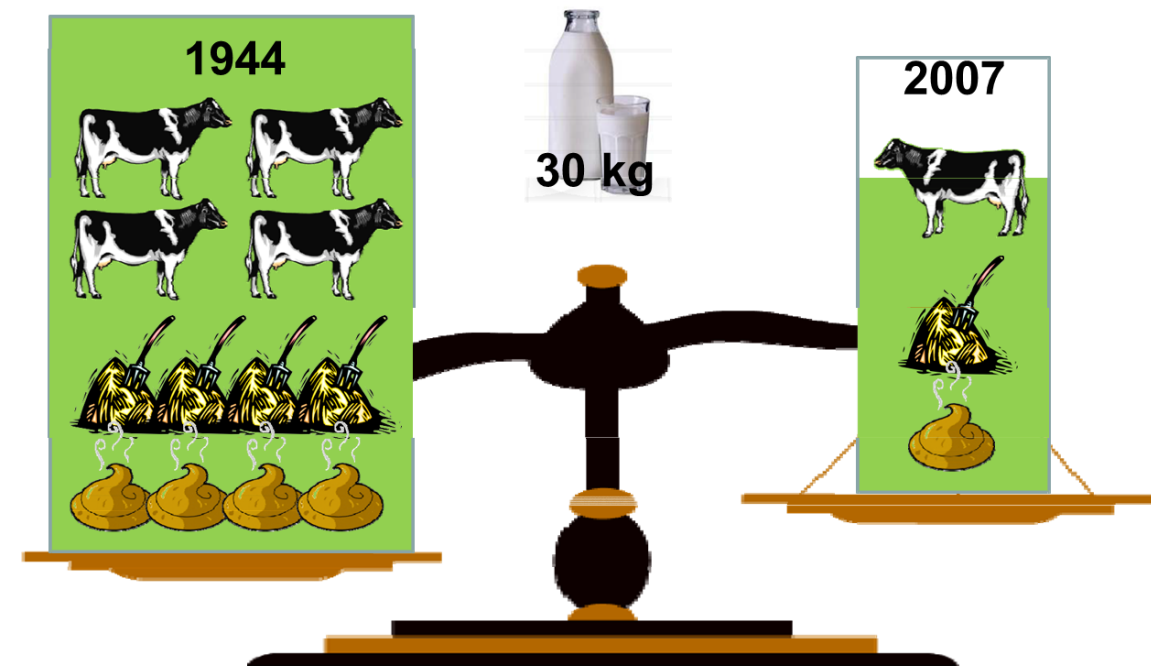
Source: Gerber et al., 2011.

L'emissione di GHG molto più elevata se bovini poco produttivi (➡ PVS, sistemi estensivi, animali a bassa genealogia)

SI PUO' FARE DI PIU'?

Es. USA: nel 1944, servivano 4 vacche per produrre la quantità di latte prodotta da 1 vacca nel 2007.

Riduzione emissioni GHG drastica!



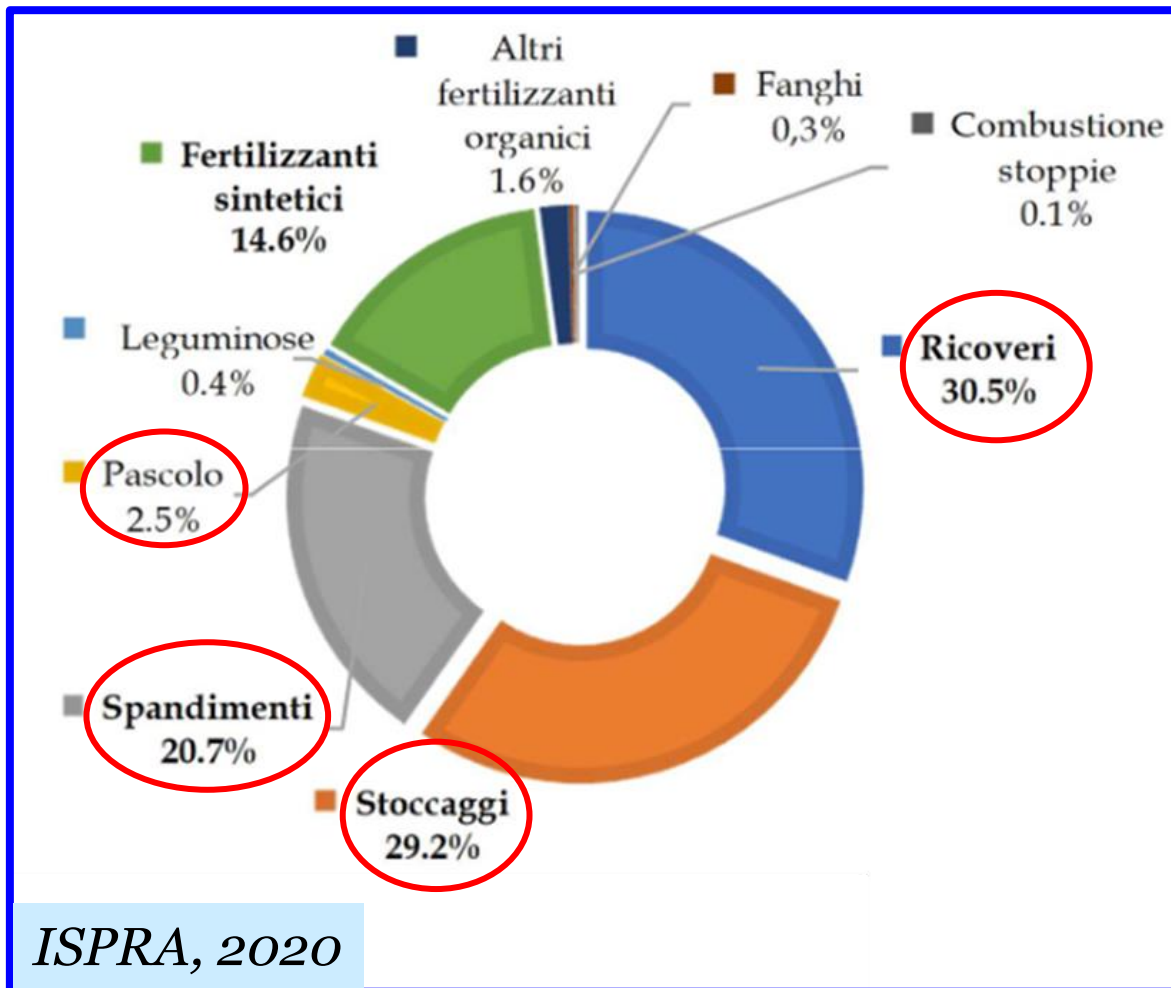
Capper et al. (2009) "The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007" *J. Anim. Sci.*

C. Emissioni NH₃ in agricoltura: Italia

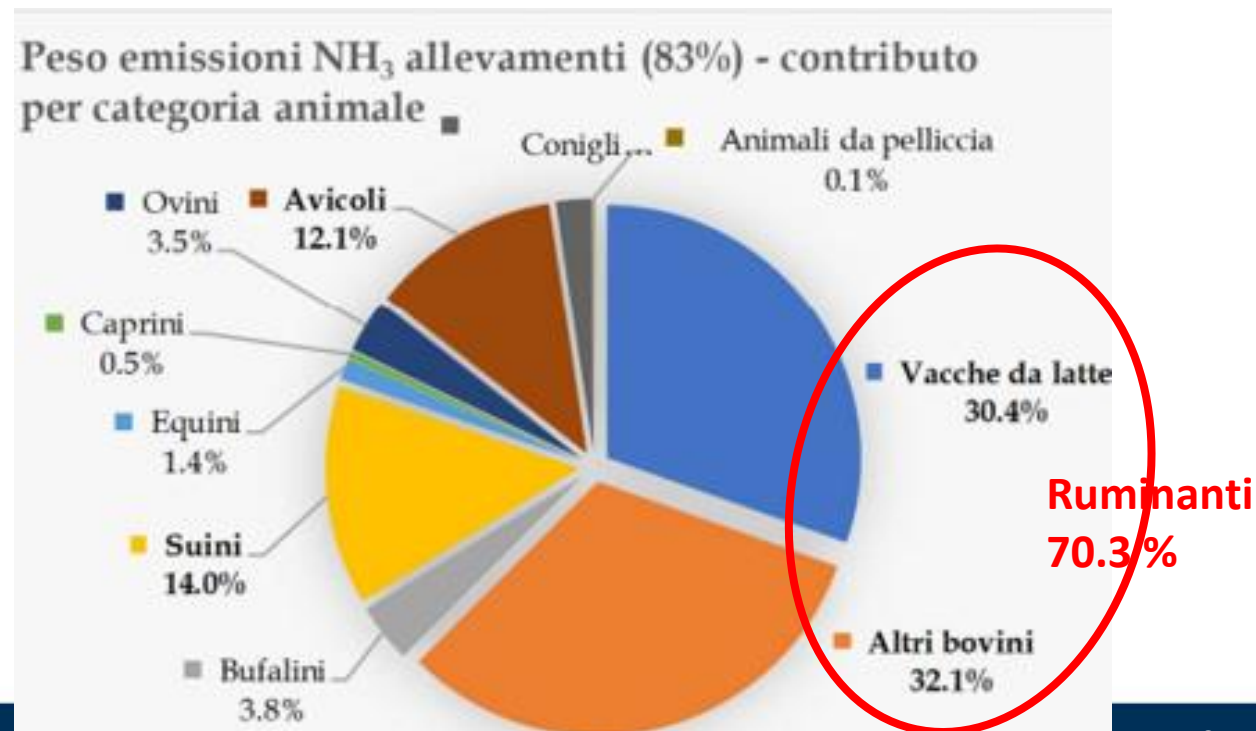


UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

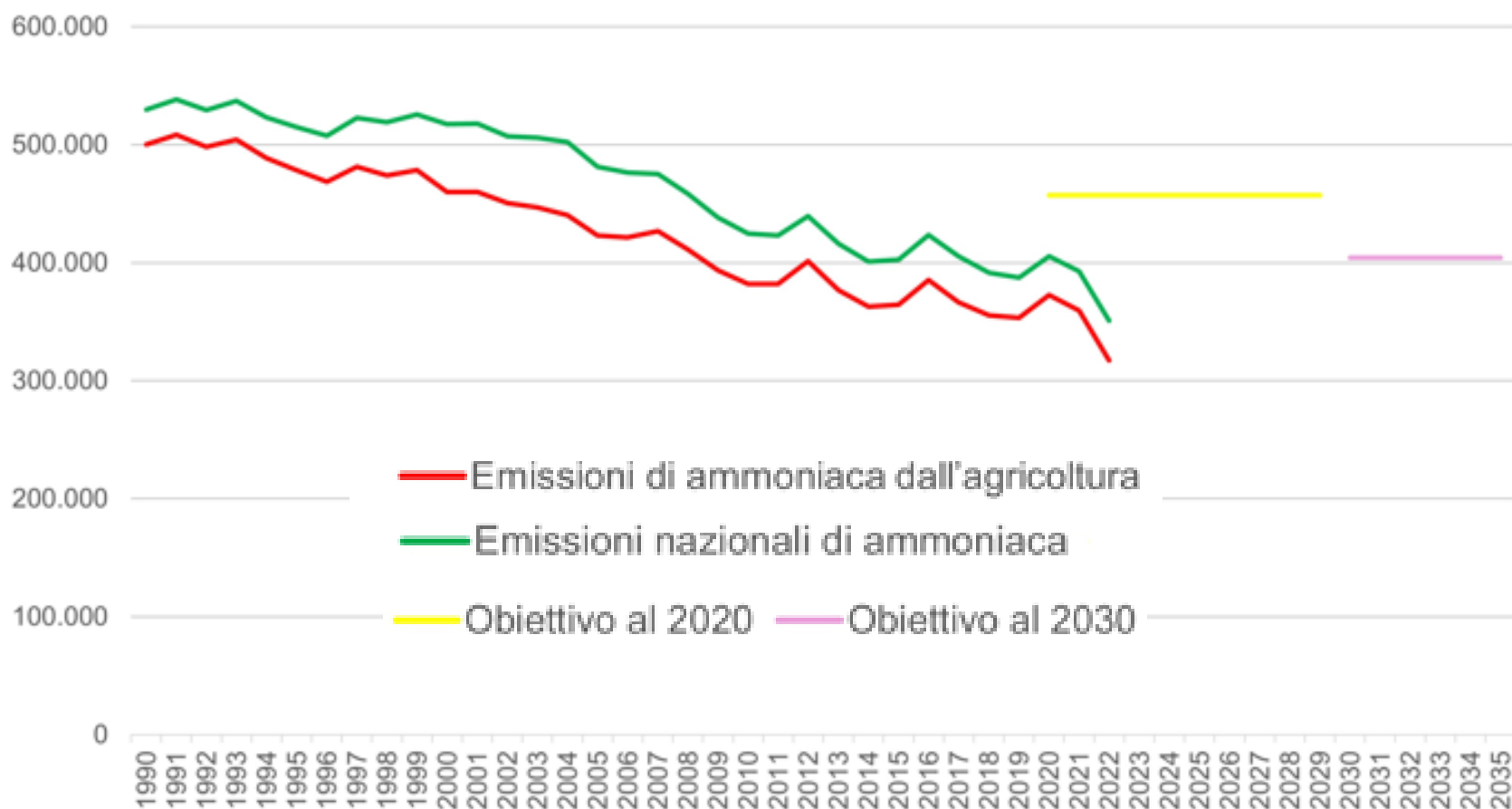
NH₃: 83% allevamento + deiezioni



Anche queste emissioni nettamente diminuite, ...Ma grande variabilità stagionale



EMISSIONI NH₃ in ITALIA (ISPRA, 2024)



Emissioni NH₃ in atmosfera del settore agricolo (allevamenti e fertilizzanti).

Anno 2022: 317,25 kt di NH₃ (90,4% del totale).

Emissioni in calo ed in linea con gli obiettivi fissati dal Protocollo di Göteborg e da Direttiva sui limiti nazionali di emissione (Direttiva NEC – *National Emission Ceiling*) che richiede -5% annuo

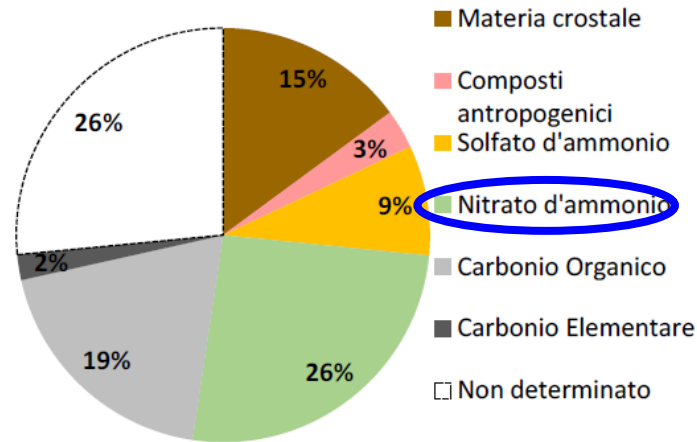
<https://indicatoriambientali.isprambiente.it/it/agricoltura/emissioni-di-ammoniaca-dallagricoltura>

MA NON BASTA PER LA QUALITA' DEL NOSTRO AMBIENTE

Relazione tra NH₃ e PM₁₀: serve NO₃

CREMONA

Composizione chimica del PM₁₀ - Cremona
29/05/2021 - 03/04/2022

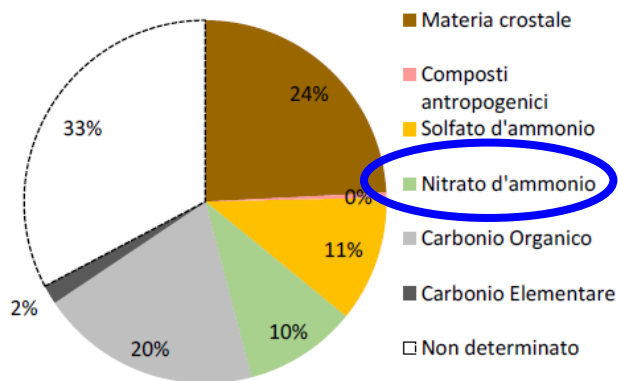


Concentrazioni delle principali componenti del PM₁₀

	Totale (µg/m³)	Inverno (µg/m³)	Estate (µg/m³)
PM10	36	44	25
Materia crostale	5.4	4.3	6.0
Composti antropogenici	1.1	2.5	0.1
Solfato d'ammonio	3.1	3.3	2.8
Nitrato d'ammonio	9.4	13.7	2.5
Carbonio organico	7.0	8.3	4.9
Carbonio elementare	0.7	0.9	0.4
Non determinato	9.6	11.1	8.1

Tabella 10 - Concentrazioni, in valore assoluto, delle principali componenti del PM₁₀

Composizione chimica del PM₁₀ - Cremona
dal 29.05.2021 al 30.09.2021



Composizione chimica del PM₁₀ - Cremona
dal 01.10.2021 al 03.04.2022

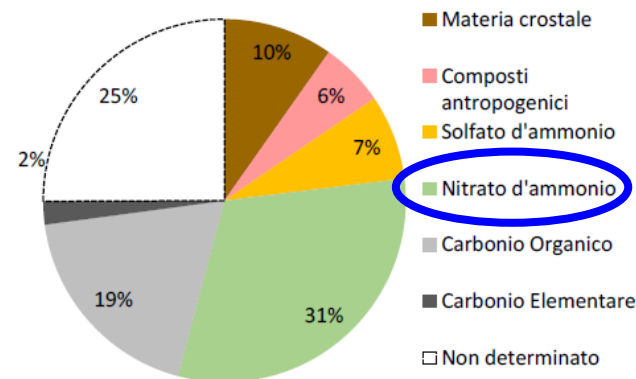


Figura 22 - Torta di chiusura di massa del PM₁₀ a Cremona

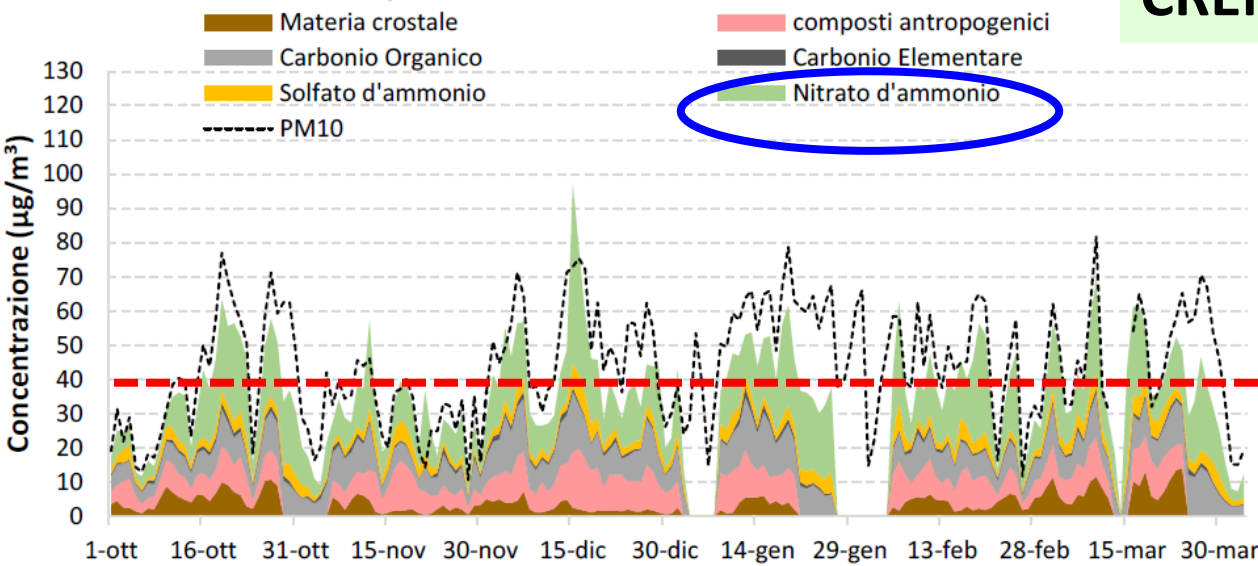
Materia crostale (organica): traffico veicolare e combustione legna

Nitrato ammonico: è composto secondario, condensazione di Nitrato (autoveicoli e riscaldamento) e ammonio (allevamenti ma non solo). Prevalle in inverno

Composizione PM₁₀ città di Cremona (ARPA Lombardia)
<https://www.arpalombardia.it/documenti-e-report?tema=Aria&sottotema=Inquinanti>

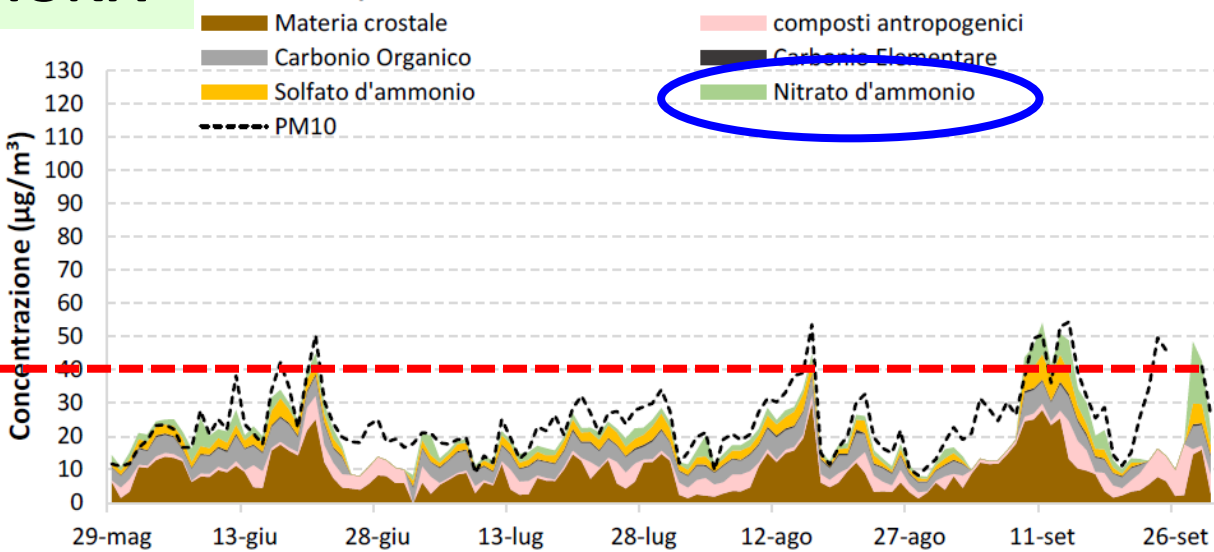
Relazione tra NH3 e PM10 annuale

Composizione chimica del PM10 di Cremona INVERNO



CREMONA

Composizione chimica del PM10 di Cremona ESTATE



Valori limite e obiettivo per la protezione della salute umana (ai sensi del D. Lgs. 155/2010)

Inquinante	Valore Limite (µg/m³)		Periodo di misura
Particolato fine PM10	Valore limite protezione salute umana	50	24 h
	(da non superare più di 35 giorni per anno civile)		
	Valore limite protezione salute umana	40	Anno civile

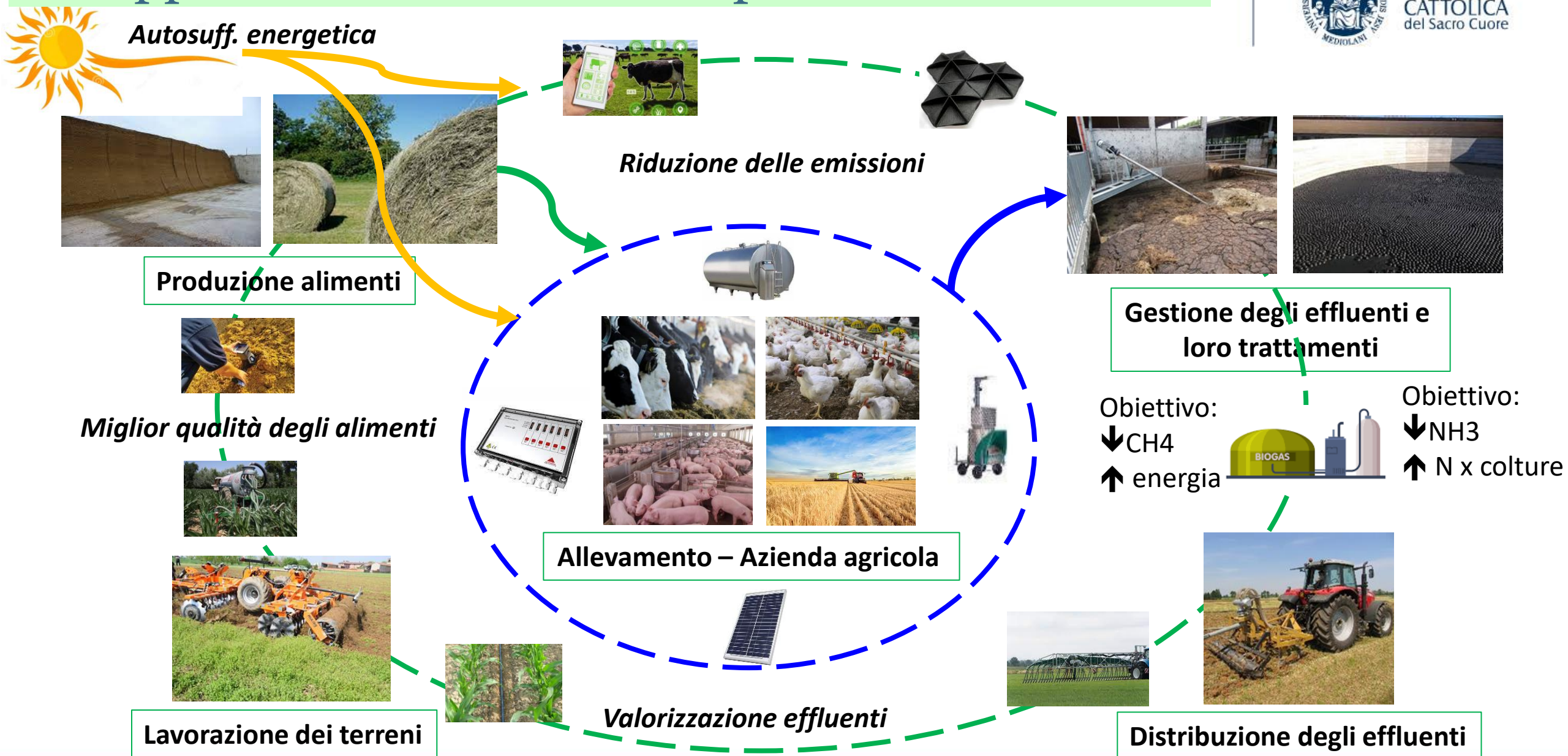
ORA

Entro 2030

Ambient Air Quality Directive
(AAQD) 14/10/24

Inquinante	Periodo di riferimento	Valore limite
PM2,5	1 giorno	25 µg/m3 (non superabile più di 18 volte/anno)
	Anno civile	10 µg/m3
PM10	1 giorno	45 µg/m3 (non superabile più di 18 volte/anno)
	Anno civile	20 µg/m3
Diossido di azoto (NO2)	1 ora	200 µg/m3 (non superabile più di 3 volte/anno)
	1 giorno	50 µg/m3 (non superabile più di 18 volte/anno)
	Anno civile	20 µg/m3

Approccio Circolarità: - Impatti = + Risorse



Opportunità e strategie nelle attività agro-zootecniche

1. AUTOMAZIONE

2. Produzione di energia elettrica

- ✓ foto/agro-voltaico
- ✓ biometano e calore (digestione anaerobica)

3. Precision Farming per mantenere

- ✓ fertile il suolo
- ✓ potenziale fertilizzante degli effluenti
- ✓ Irrigazione + efficiente

4. Tecniche per la gestione degli effluenti di allevamento *per: ridurre emissioni di NH_3 e CH_4 in stalla e durante stoccaggio*

5. Precision Livestock Farming



OBIETTIVI di lungo periodo:
indipendenza energetica aziendale,
riduzione emissioni (GHG), benessere animale, ambiente ben conservato

1-AUTOMAZIONE: dove, per cosa, ...futuro

Robot in agricoltura: mobili (Unmanned Vehicles) o a punto fisso

UV: cosa sono? → CARRIER

1. AEREI (UAV)



2. TERRESTRI (UGV)



3. ACQUATICI (UMV)



→ GUIDATI

→ AUTONOMI

- Trasportano sensori
- Trasportano sensori e attuatori (es.: manipolatori = robot)



- **Acquisire, storicizzare ed elaborare dati.**
- Acquisire, storicizzare ed elaborare dati ed attuare azioni specifiche (in real-time o differite)

Trattori a guida autonoma e mezzi autonomi

NON E' PIU' UN TRATTORE ...



- ~ 10 costruttori di trattori autonomi (prototipi);
- ~ 15 fornitori di kit per la guida autonoma (retrofit);
- omologazione mezzi agricoli se presente la cabina (Regolamento UE 167/2013, Mother regulation).

Fonte delle immagini: costruttori vari

AUTOMAZIONE IN ZOOTECNIA



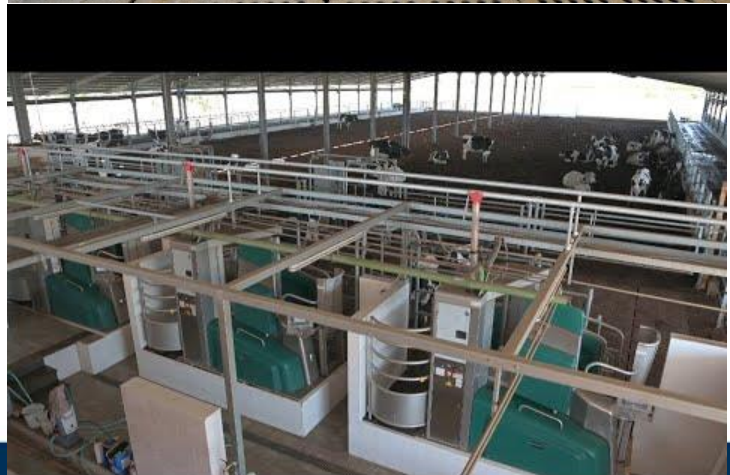
UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore



Batch milking



batch milking Meridian (Robot
Merlin, Az Carioni 2023)



Giostra robotizzata

Altro Scenario: UNIFEED (diversi livelli automazione)

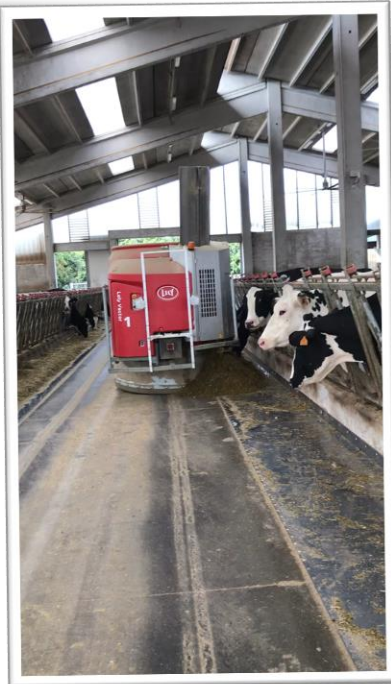


Livelli di automazione del razionamento unifeed

Tipo III						
Tipo II						
Tipo I						
	Raccolta degli ingredienti dai siti di stoccaggio	Riempimento iniziale	Trinciatura ingredienti	Miscelazione	Riempimento del carro	Distribuzione

Fondamentali gli aspetti progettuali (strutture, pavimentazioni, pendenze) e gestionali (es.: meteo, presenza di altre macchine o operatori, ecc.)

Raccolta degli ingredienti da siti temporanei di stoccaggio (**cucina**)



Riempimento del carro



Distribuzione

UNFIFEED: AUTOMAZIONE COMPLETA

Raccolta ingredienti dai siti di stoccaggio

- Carico, trasporto, trincia-miscelazione e distribuzione della razione avvengono autonomamente all'interno dell'azienda. Non necessaria la cucina. Fondamentali i sistemi di visione e sicurezza.
- Possono avere o non avere una postazione di guida per l'operatore. Per la navigazione usano vari sensori (di contatto, GNSS, Radar, LiDAR, RGBD, ecc.) (Fonte: [Reger et al., 2022](#)).
- Alcuni modelli prevedono dessilatrici automatiche inserite in ogni silo.
- In aggiunta al corretto svolgimento della missione da svolgere, sono fondamentali il **riconoscimento di ostacoli, la valutazione delle condizioni meteo, la reazione del robot.**



Fonte: Progetto 



Fonte: Progetto congiunto Hirl, Prinzing, IMN, LFL, finanziato da Regione Baviera, Germania



Fonte: AOS-Advanced Object-detection System (Sick GmbH, Germany)

Pulizia, robot multi-legged e interazioni tra robot e con gli animali...



Oltre agli aspetti legati alle singole missioni, ai fini della sicurezza sono fondamentali protocolli di comunicazione comuni tra produttori diversi



<https://www.hdblog.it/mobile/articoli/n521279/spot-cane-robot-pastore-pecore-video/>





2- autosufficienza energetica

FOTO/AGRO-VOLTAICO: cosa finanziare
nelle imprese Agrozootecniche Lombarde

Fotovoltaico sui tetti è l'obiettivo più razionale (anche su edifici con coppi?)



Azienda Trevisi (Novi di Modena) -Area consorzio del
Parmigiano Reggiano (<https://informatorezootechnico.edagricole.it>)



Cremona, 29/11/24



E. Trevisi

Fotovoltaico a terra ... Agrovoltaico? Potenzialità per aree marginali... ma rischio di EROSIONE SUOLI FERTILI



SFIDA: agrivoltaico con limitato impatto per
coltivazione terreni o pascolo



3- PRECISION FARMING

Sistemi colturali foraggeri efficienti e circolari

- **Cover crop (foraggiere)**
- **tecnologie per un utilizzo efficiente dei reflui zootecnici e riduzione delle perdite in atmosfera (NH_3) e in falda (NO_3^- , N_2O) di N (nuovi attrezzi e mezzi)**
- Strategie di **adattamento dei prati avvicendati al cambiamento climatico.**
- Monitoraggio da **drone** e da **satellite**, **mappature del terreno** agrario e rateo variabile.



Gestione virtuosa degli agrosistemi e pratiche C farming

- Pratiche agricole e di **lavorazione del terreno** che max accumulo sostanza organica (= *maggior fertilità e sequestro CO₂ atmosferica*) e minimizzano emissioni GHG (es. N₂O)
- **Agrotecniche salva-acqua** (es. permanenza del residuo in superficie) e **schemi irrigui efficienti**, sito-specifici (es. pivot, sub-irrigazione).



4. Zootecnia di precisione per la riduzione dei GHG - **BUONE PRATICHE**

Alimentazione di precisione (qualità degli alimenti):

- migliorare efficienza produttiva
- ridurre CH_4 enterica (cioè modulare la metanogenesi e la fermentazione)
- diete a minor tenore proteine (per ridurre emissioni NH_3)

Strategie alimentari:

- razionamento e gestione della dieta
- impiego di additivi e biotecnologie
- impiego di sottoprodotti e loro provenienza

Composizione della mandria (riduzione degli animali improduttivi)

Genetica (maggior efficienza e riduzione emissioni)

Gestione degli effluenti:

- stalla, stoccaggio e distribuzione effluenti (↓ emissioni di NH_3 , CH_4 , N_2O)

HEALTH e PRECISION FEEDING

Migliorare la salute significa:

- Maggiore produzione per capo
- Maggiore longevità e quindi minore rimonta
- Minore animali improduttivi
- Minore riforma involontaria
- Riduzione delle patologie
- Maggiore fertilità



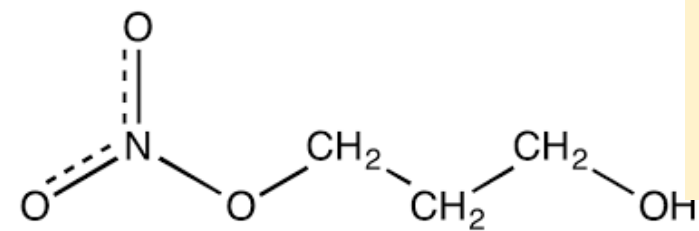
PRECISION FEEDING



MINOR IMPATTO PER UNITA' DI PRODOTTO

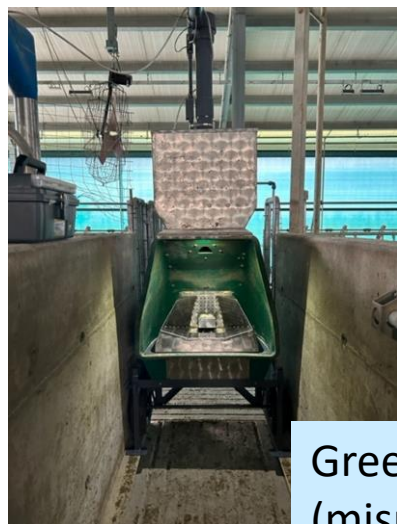


Integratore 3-NOP dimezza le emissioni di metano enterico nelle bovine

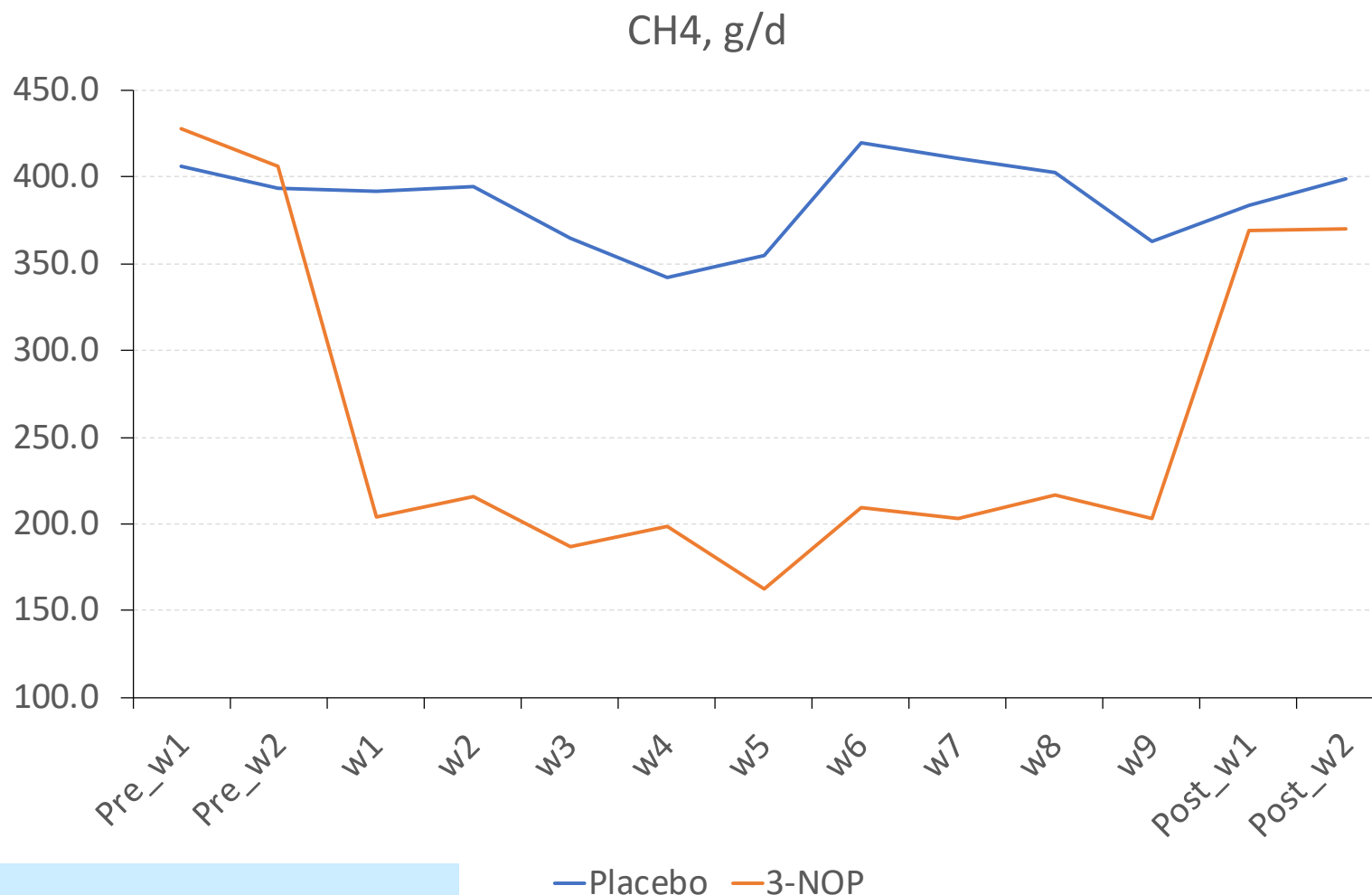


3-Nitrossipropanolo (3-NOP)

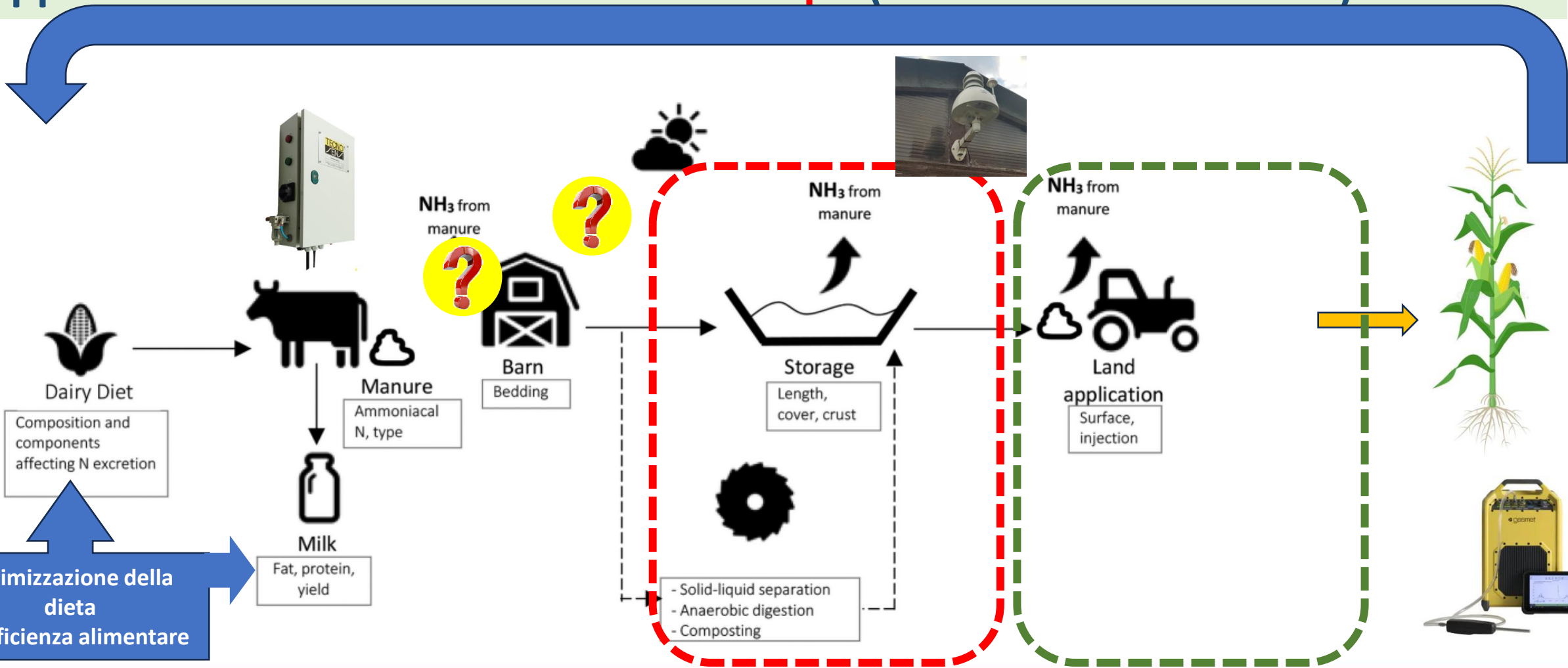
**-50%
emissioni
metano**



GreenFeed
(misura individuale di CH₄, CO₂, H₂)



Piccioli et al., 2023. Ital J Anim Sci vol.22:s1,119



Efficienza azotata in stalle commerciali (New York)

Table 1 – Indicative range of N inputs, N outputs and N use efficiencies (NUE) on dairy farms.

Input to output parameters	N input range	NUE range (%)	Source
Feed to milk (feed-NUE)	512–666 g cow ⁻¹ day ⁻¹	26–33	Powell et al. (2006a)
	289–628 g cow ⁻¹ day ⁻¹	22–29	Kebreab et al. (2001)
	200–750 g cow ⁻¹ day ⁻¹	21–32	Castillo et al. (2000)
	496–897 g cow ⁻¹ day ⁻¹	21–36	Chase (2004)
	838–1360 g cow ⁻¹ day ⁻¹	16–24	Aarts et al. (2000)

Powell, 2010

NUE (%)	Giudizio
<20	molto basso
20-25	possibile forte miglioramento
25-30	range più comune in stalle commerciali
30-35	sopra alla media
>35	eccellente
Chase, 2003	



Massimo NUE teorico = 43 %
(Dijkstra et al., 2013)

Nitrogen Use Efficiency (NUE) = ratio of N output and N input

NH₃ emessa in allevamento

Occorre misurare nei differenti siti di emissione



Stazione	Caratteristica di interesse	Concentrazioni NH ₃ (µg/m ³)	
		Media (circa 3-4 ore)	Media (circa 24 ore)
C	Area carico liquame	738.4±39.6	861.9±20.3
D	Area stoccaggio digestato	187.6±13.7	117.6±10.5
E	Ricovero bovini e stoccaggio liquame	508.0±70.1	599.0±45.3
F	Area stoccaggio liquame	376.8±120.0	224.0±14.2

Fonte: Progetto Ammoniaca, collaborazione Regione Lombardia - ARPA

Tipologia di stabulazione	Monteny, 1997	Emissioni (kg NH ₃ /capo anno)
Stabulazione fissa (su paglia)		9,8
Stabulazione libera		
- cuccette con fessurato in zona alimentazione e fossa		9,5-16,4
- a cuccette con pavimento pieno in zona alimentazione (possibile riduz. 50% con tecniche allontanamento urine)		9,1-11,7
- su lettiera permanente		11

La > frequenza del
passaggio dei
raschiatori (da
intervalli di 8 a 2 ore)
riduce le emissioni:
ca. 42% CH₄
ca. 46% NH₃

CRPA, 2021: progetto GOI-MilkGas

Riduzioni emissioni NH₃ durante stoccaggio



**Migliori tecniche
disponibili (MTD)**
**Stoccaggio con
coperture (rigide,
flessibili, galleggianti)**

OATA, 2019



TRATTAMENTI EFFLUENTI:

Acidificazione: interessante, ma quali limiti?

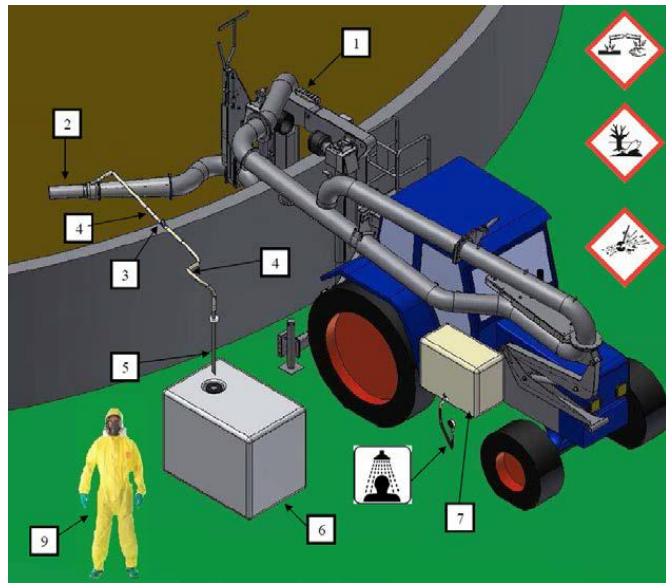
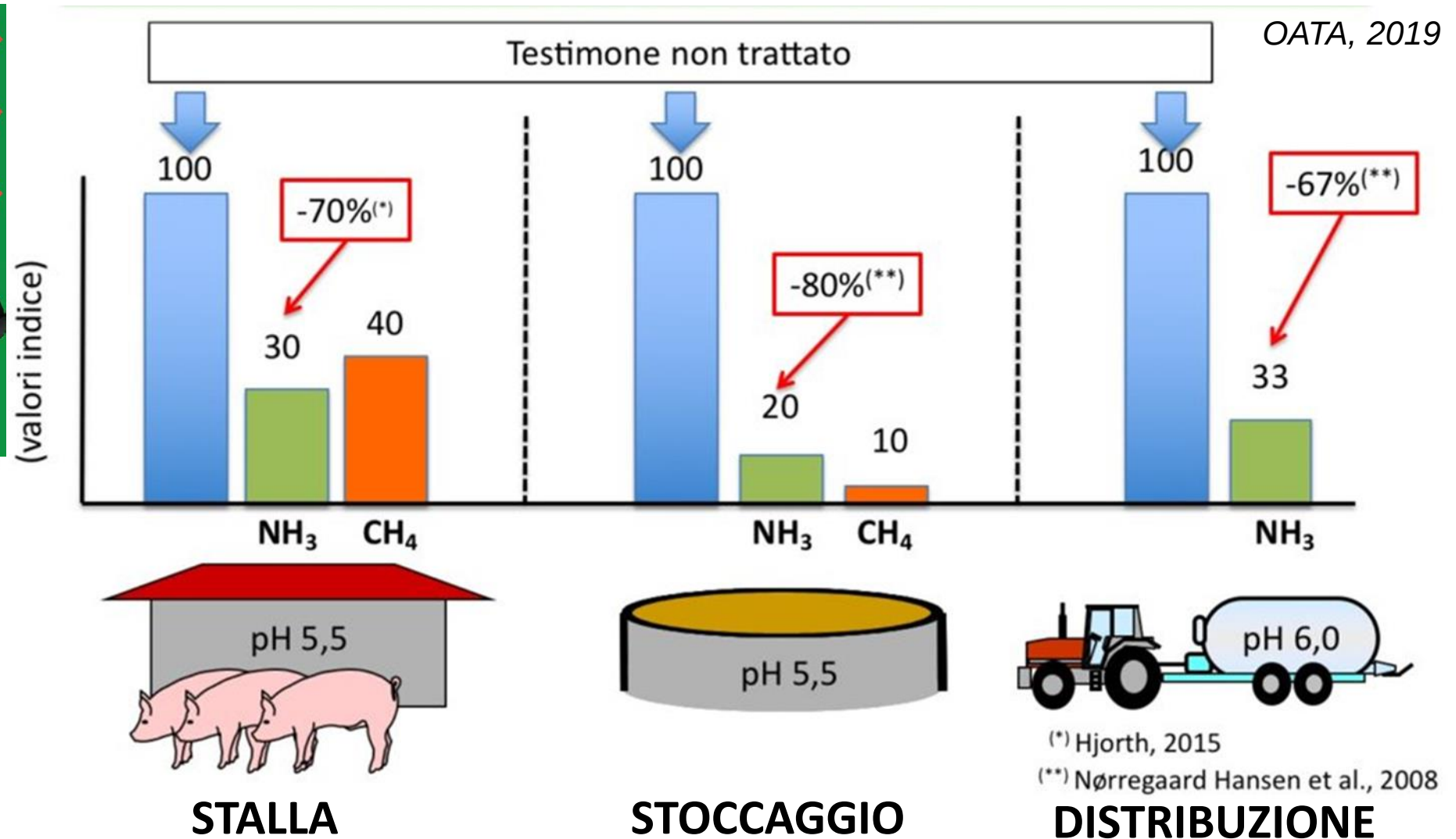


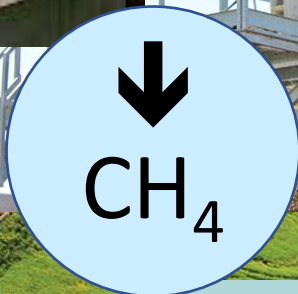
Figure 4.4. 1) Slurry pump with mixer nozzle, 2) ejector, 3) check valve, 4) suction hose, 5) suction end, 6) container with acid, 7) water tank for rinsing and showering, 8) pH meter, 9) safety equipment/clothing. Figure by Harsø Maskiner.

Rhode et al., 2017. RISE Rapport 2017:47



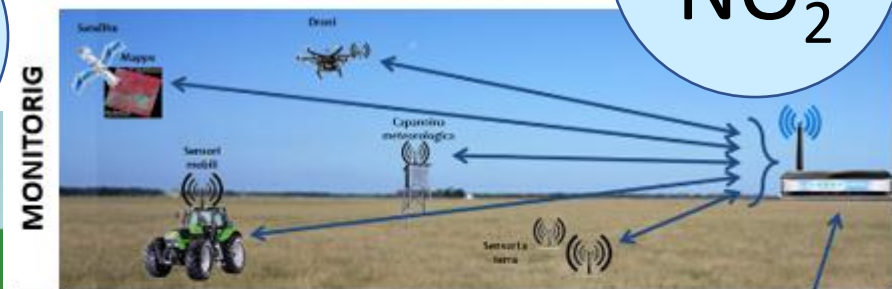
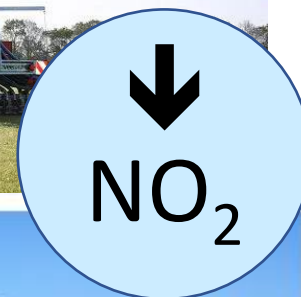
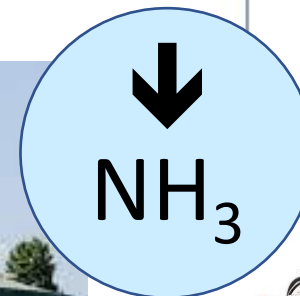
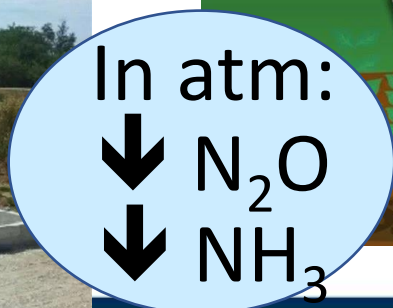
GESTIONE EFFICIENTE EFFLUENTI

Effluenti come Risorsa! Ma costi molto elevati



Immobiliz N
deiezioni +
fissazione N
atm.

Here's how the N2 Unit works

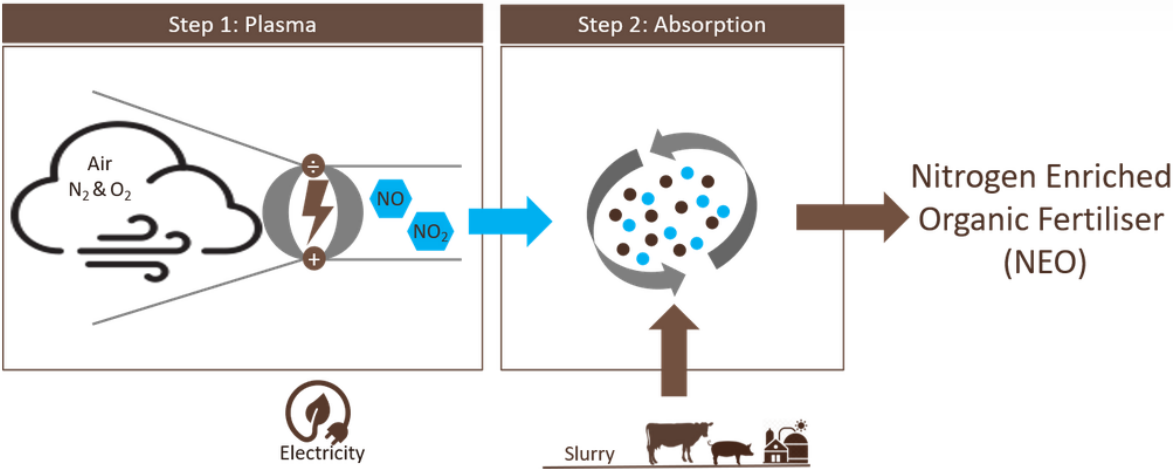


GESTIONE EFFICIENTE EFFLUENTI

Effluenti come Risorsa! Ma costi molto elevati

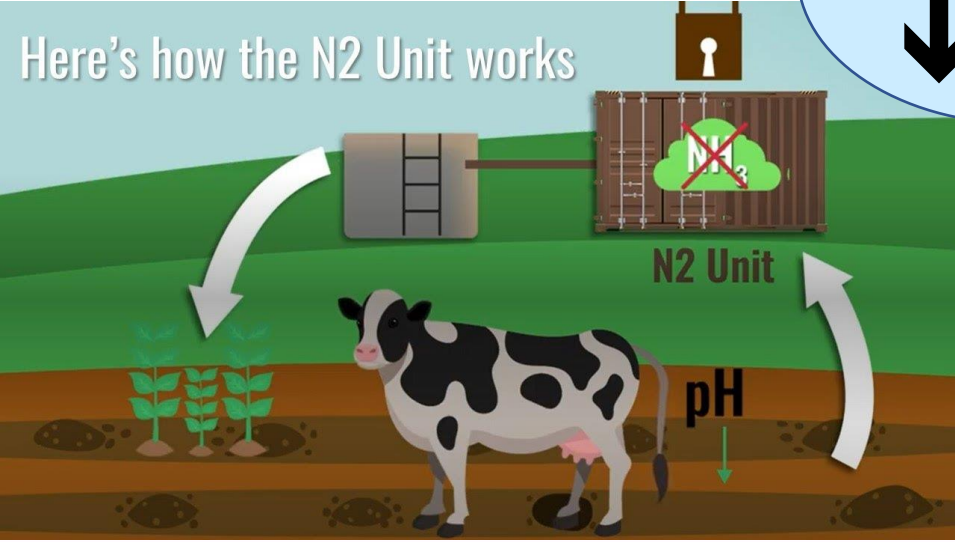
Strippaggio
Osmosi inversa
Nitrogen Enriched Organic Fertiliser (NEO)

TUTTI ENERGIVORI



In atm:
↓ N₂O
↓ NH₃

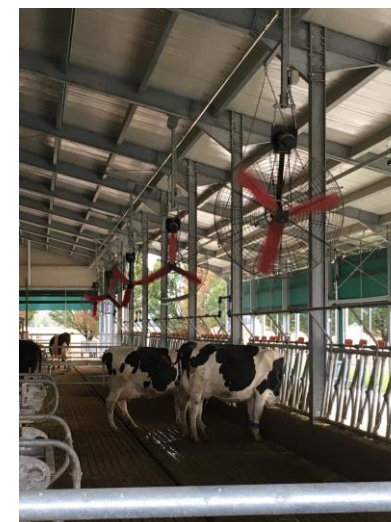
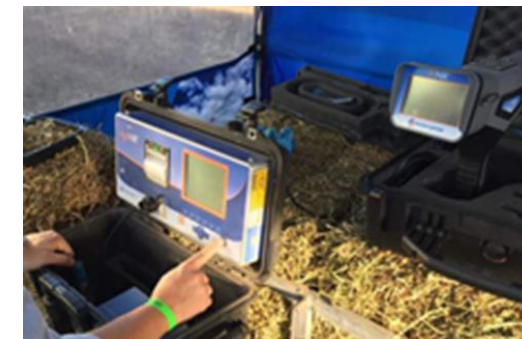
Immobiliz N
deiezioni +
fissazione N
atm.
+N per piante



5 - PRECISION LIVESTOCK FARMING

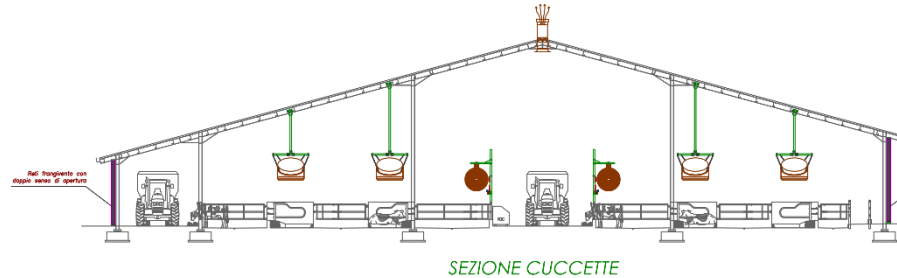
Azioni concrete per un allevamento sostenibile

- **Razioni alimentari di precisione e ottimali per fabbisogni** (qualità alimenti)
- Sistemi di allevamento che favoriscono il **benessere animale** (es. spazi, comfort, ventilazione, interazioni sociali positive) **e le performance**
- **Ottimizzare la composizione della mandria** (riduzione animali improduttivi)
- **Selezione genetica** (animali resilienti, sani, efficienti, sostenibili, migliore qualità prodotti)

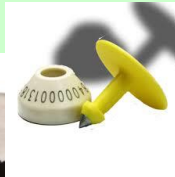


Livestock Precision Farming (PLF): routine, innovazione e benessere animale

Controllo Microclimatico, ventilazione, fotoperiodo, telecamere ...



Sustainable barn: solar panels, cold water refrigeration with pre-cooling + heat & water recovery system, washing water recycling, solid-liquid separation of manure, covered manure basins ...



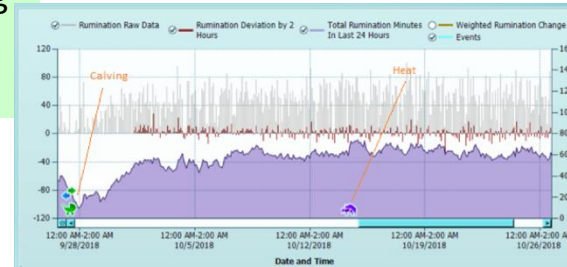
BOLI



Collari (ruminazione)

Pedometri (attività, riposo activity)

Mangiatoie automatiche / TMR



Advanced milking parlor connected with many devices



auto alimentatori



Prod latte, conducibilità, qualità, curva eiezione



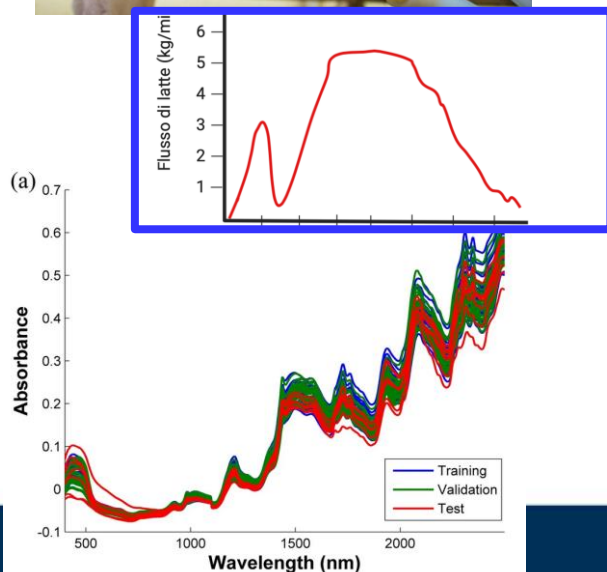
Cancelli separatori, pesa, camera 3D (BCS) scale

PLF: routine, innovazione e benessere animale

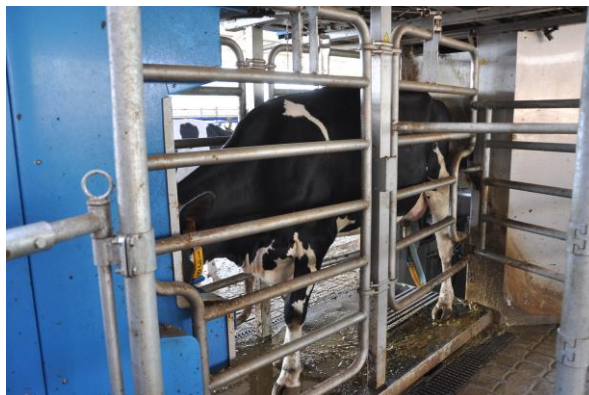


UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

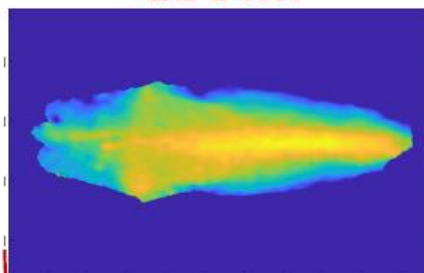
Quantità e qualità latte



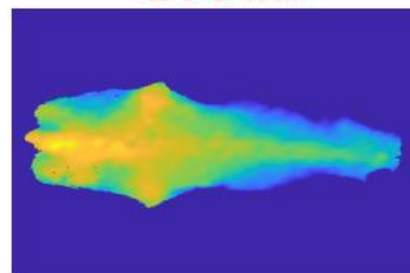
Pesata e BCS



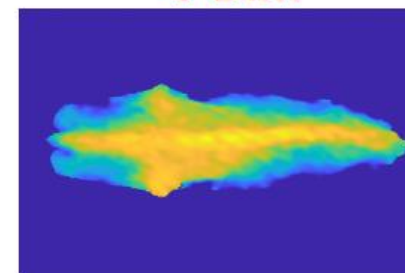
-21 DIM



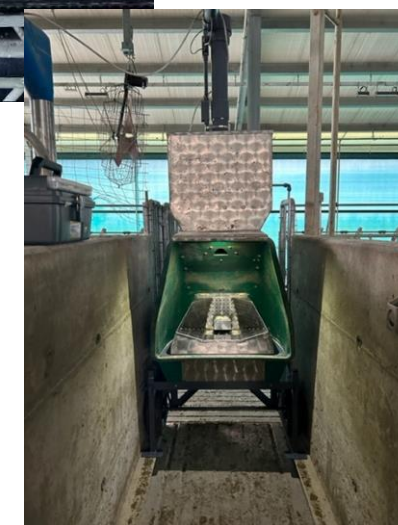
-14 DIM



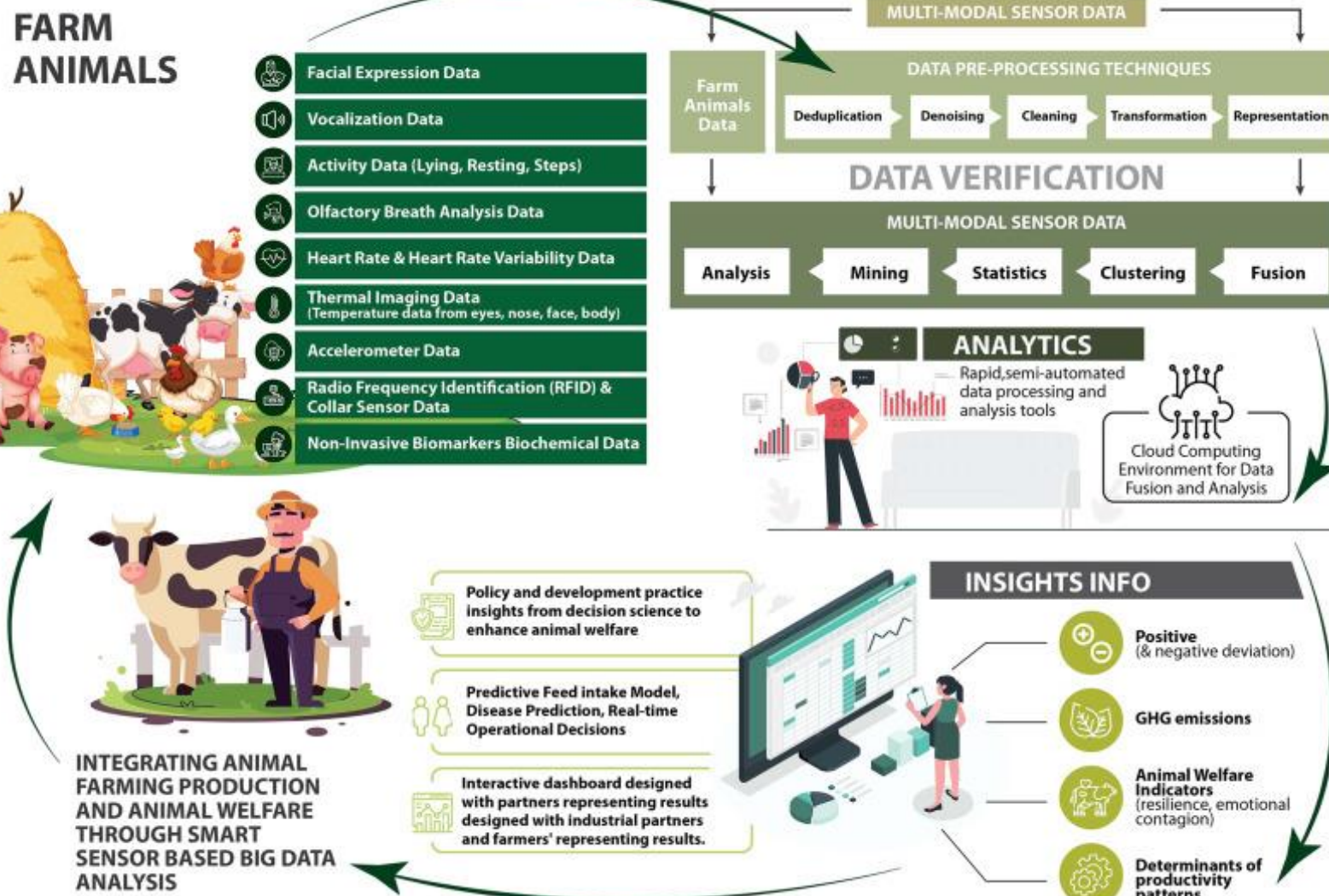
-7 DIM



Identificazione e separazione in gruppo dedicato



PLF: non basta misurare, occorre interpretare



Neethirajan and Kemp 2021. *Sensing and Bio-Sensing Research* 32:100408

INTERPRETARE CORRETTAMENTE i DATI e PRENDERE DECISIONI



RICERCA + TECNOLOGIE

Università

↓

Studenti

↓

Professionisti

Innovazione

Automazione

Gestione

illuminata

SFIDE

1. Ridurre emissioni
2. Indipendenza energetica
3. Valorizzare “rifiuti organici”
4. Migliorare produzioni (quantità e qualità)
5. Migliorare Benessere Animale
6. Tutelare nostro ambiente

OPPORTUNITA’

1. Ricerca (*olistica*)
2. TECNOLOGIE: automazione e sensoristica
3. Risorse umane
4. Formazione (*con sguardo ai paesi emergenti*)

Ricerca in AGRO-ZOOTECNIA



**SVILUPPARE RICERCA
RICHIEDE LA
PARTECIPAZIONE DI TUTTI
GLI ATTORI DELLA FILIERA**

