



# Strategie di Upcycling e Gestione Circolare dei Residui dell'Industria Agroalimentare

***Elio Dinuccio***

*UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE, FORESTALI ED  
ALIMENTARI*

**[elio.dinuccio@unito.it](mailto:elio.dinuccio@unito.it)**

**Lo spreco alimentare:  
strategie per il recupero e  
la valorizzazione.**

Il contributo delle Accademie di filiera del  
Piemonte alla sostenibilità

**21 MARZO 2025**

Sala trasparenza - Grattacielo Regione Piemonte



# Principali Categorie di Residui Agroalimentari



## **Scarti Vegetali (~8,5 Mt/anno)**

Residui della filiera ortofrutticola (Bucce, semi, foglie e parti non commestibili)



## **Residui Enologici (~1,0 Mt/anno)**

Vinacce, raspi e fecce.  
Ricchi di polifenoli e composti antiossidanti.

## **Scarti di Macellazione (~1,0 Mt/anno)**

Residui dalla lavorazione della carne (Sangue, piume, unghie, ossa, parti di stomaci,..)

## **Residui Oleari (~2,2 Mt/anno)**

Acque di vegetazione, sansa, nocciolino.  
Ricchi di polifenoli e composti antiossidanti.

## **Sottoprodotti Caseari (~8,0 Mt/anno)**

Siero, latticello e residui di lavorazione.  
Ricchi di proteine e nutrienti.

**SOLUZIONI SMART**  
per sistemi di gestione  
integrati



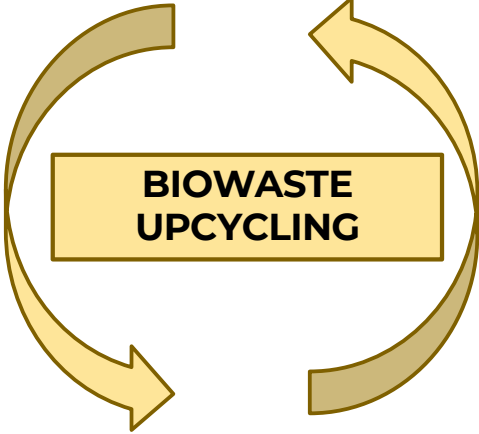
**SISTEMI DI SUPPORTO ALLE  
DECISIONI**

**MODELLI DI GESTIONE DEGLI  
AGROSISTEMI**

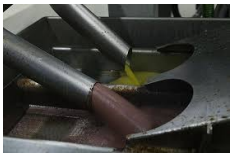


**Residui organici**

- Contenuto di sostanza organica e nutrienti
- Ridotto (nullo) grado di tossicità
- Stagionalità, concentrazione



**RISORSA IDRICA  
ENERGIA  
BIOFERTILIZZANTI  
COMPOST  
BIOSTIMOLANTI**



**AGRICOLTURA,  
AGROALIMENTARE**



**MODELLI  
ECONOMICI**



# L'Upcycling nel contesto Agroalimentare

## Definizione

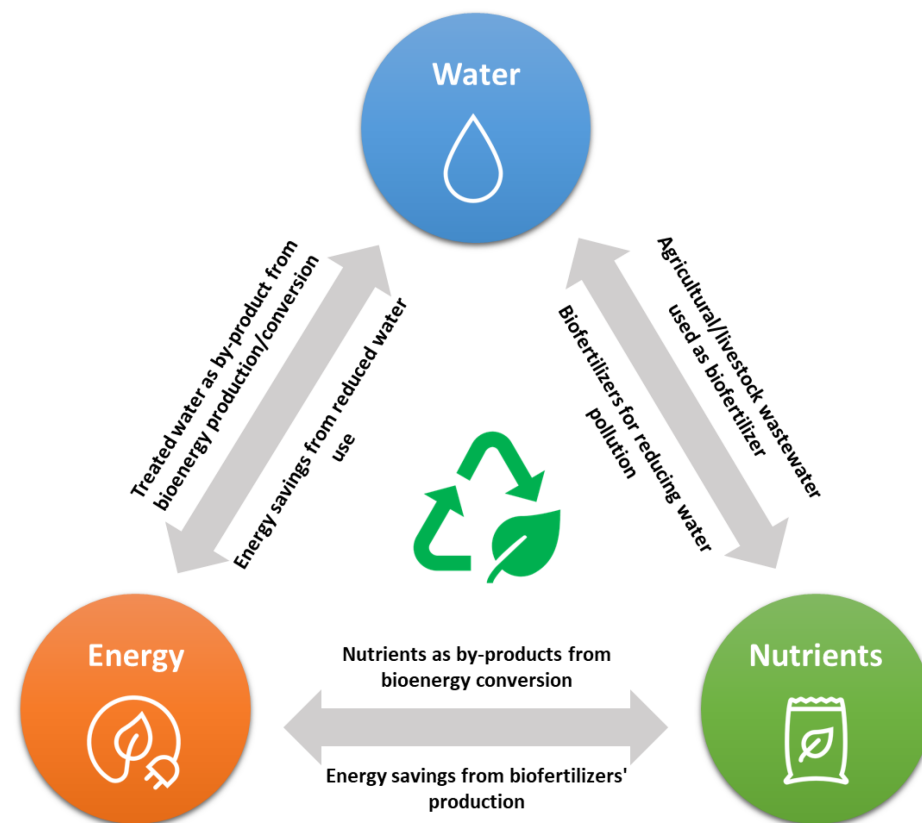
L'upcycling trasforma scarti in prodotti di maggior valore. Differisce dal riciclo tradizionale creando nuove applicazioni industriali e opportunità di valorizzazione.

## Benefici Economici

- Riduce i costi di smaltimento
- Crea nuove filiere produttive
- Migliora l'efficienza complessiva

## Impatto Ambientale

- Diminuisce rifiuti in discarica
- Riduce emissioni di gas serra
- Preserva risorse naturali limitate



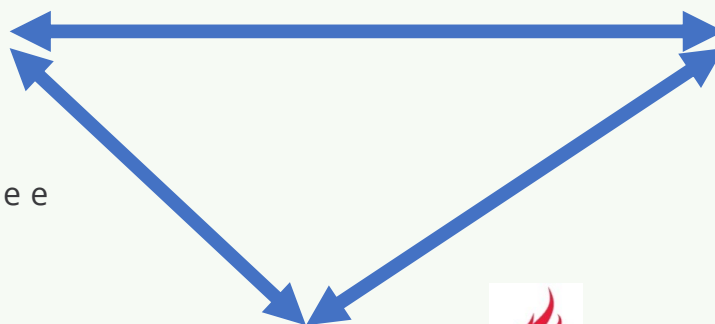
(Rodias et al., 2020)

# Approcci di Valorizzazione dei Residui Agroalimentari

## Biochimica

### Estrazione di Composti Bioattivi

Isolamento di antiossidanti, vitamine e enzimi → utilizzabili nell'industria nutraceutica e cosmetica.



## Energetica



Digestione anaerobica (biogas)  
Conversione termochimica (Pirolisi, gassificazione o combustione diretta)

## Fertilizzanti ed ammendanti



Compostaggio

Biochar

Vermicompost

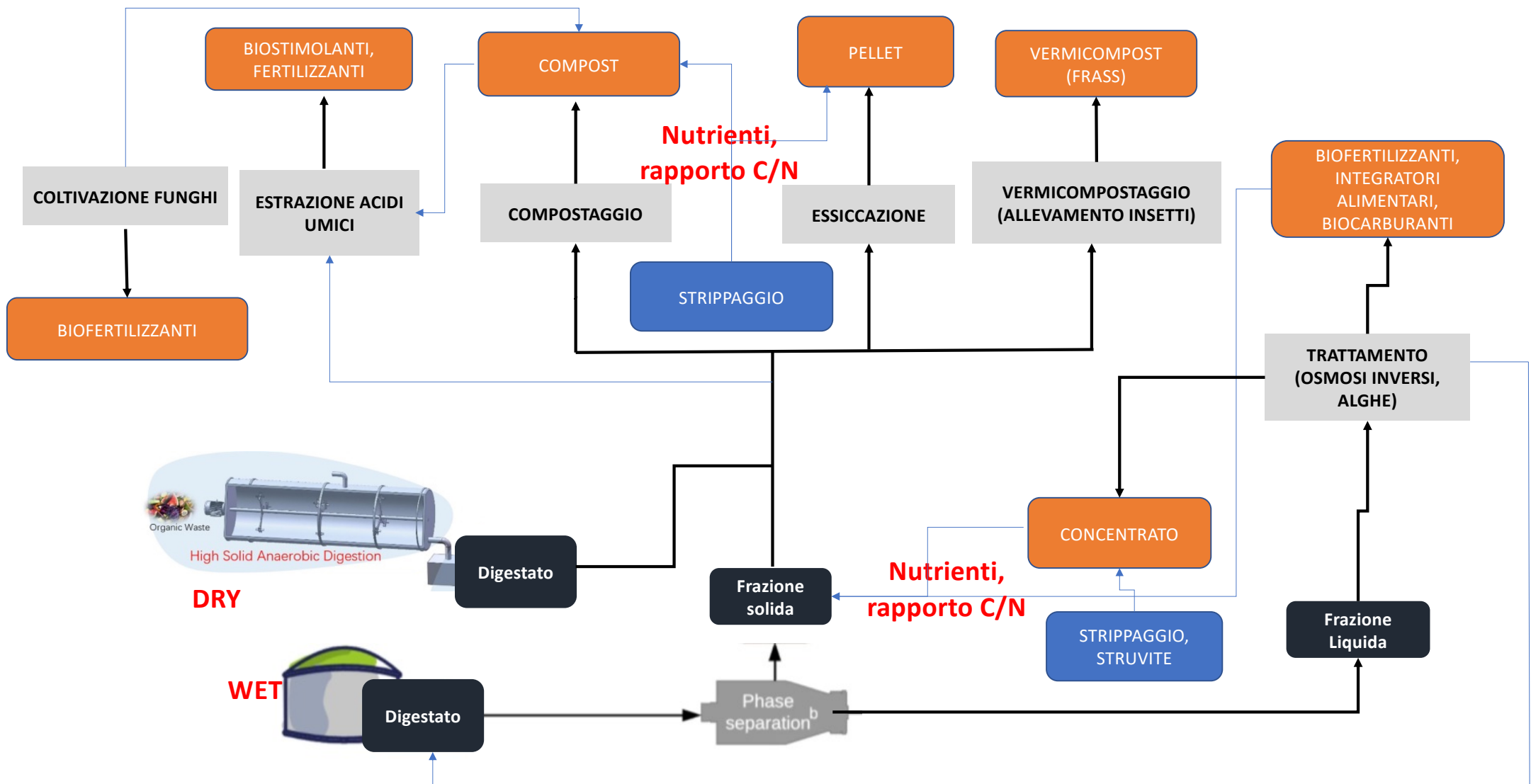
Digestato

Precipitazione di struvite

.....



**Chiusura del ciclo  
dei nutrienti**



# BIOWASTE RECYCLING

I **Fertilizzanti** sono disciplinate dal **Regolamento (EU) 2019/1009** che le classifica in **Categorie Funzionali di Prodotto (PFC)**:

## 1. Fertilizer

### A. Organic fertilizer

I. Solid organic fertilizer

II. Liquid organic fertilizer

### B. Organo-mineral fertilizer

I. Solid organo-mineral fertilizer

II. Liquid organo-mineral fertilizer

### C. Inorganic fertilizer

I. Inorganic macronutrient fertilizer

II. Inorganic micronutrient fertilizer

## 2. Liming material

## 3. Soil improver

### A. Organic soil improver

### B. Inorganic soil improver

## 4. Growing medium

## 5. Inhibitor

## 6. Plant biostimulant

## 7. Fertilizing product blend

	Solid organic fertilizer	Liquid organic fertilizer	Solid organo-mineral fertilizer	Liquid organo-mineral fertilizer
minimum C <sub>org</sub> %	15	5	7.5	3
minimum sum of primary nutrients %	4	3	8	6
Containing only one primary nutrient				
minimum N %	2.5	2	2.5	2
minimum P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	2	1	2	2
minimum K <sub>2</sub> O %	2	2	2	2
Containing more than one primary nutrient				
minimum N %	1	1	2	2
minimum P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	1	1	2	2
minimum K <sub>2</sub> O %	1	1	2	2

# BIOWASTE RECYCLING

**I Fertilizzanti** sono disciplinate dal **Regolamento (EU) 2019/1009** che le classifica in **Categorie Funzionali di Prodotto (PFC)**:

	Contaminat limit (mg/kg dry matter)	Organic fertilizer	Organo- mineral fertilizer	Organic soil improver	Growing medium	Plant biostimulant
1. Fertilizer						
A. <b><u>Organic fertilizer</u></b>						
I. Solid organic fertilizer	<b>Cd</b>	1.5	3	2	1.5	1.5
II. Liquid organic fertilizer						
B. <b><u>Organo-mineral fertilizer</u></b>	<b>Cr (VI)</b>	2	2	2	2	2
I. Solid organo-mineral fertilizer						
II. Liquid organo-mineral fertilizer	<b>Pb</b>	120	120	120	120	120
C. Inorganic fertilizer						
I. Inorganic macronutrient fertilizer	<b>Hg</b>	1	1	1	1	1
II. Inorganic micronutrient fertilizer	<b>Ni</b>	50	50	50	50	50
2. Liming material						
3. Soil improver	<b>As</b>	40	40	40	40	40
A. <b><u>Organic soil improver</u></b>						
B. Inorganic soil improver	<b>Cu</b>	300	600	300	200	600
4. <b><u>Growing medium</u></b>	<b>Zn</b>	800	500	800	500	500
5. Inhibitor						
6. <b><u>Plant biostimulant</u></b>						
7. Fertilizing product blend						

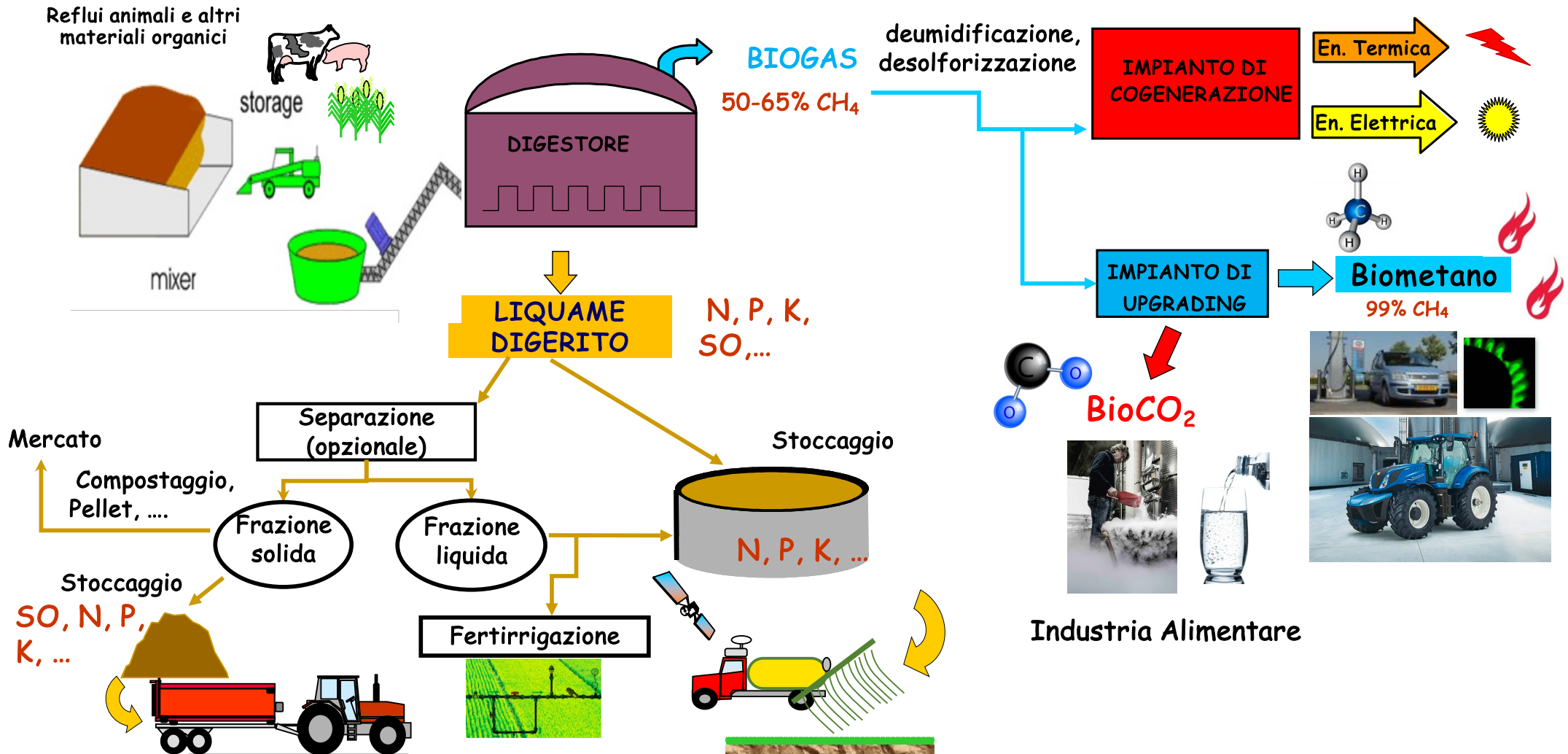


## BIOWASTE RECYCLING

**Regolamento (EU) 2019/1009:** Un prodotto fertilizzante deve essere composto esclusivamente da matrici organiche che rientrino in una o più **Categorie di Materiali Costituenti (CMC)**

- CMC 1: Sostanze e miscele a base di materiale grezzo
- CMC 2: Piante, parti di piante o estratti di piante
- **CMC 3: Compost**
- CMC 4: Digestato di colture fresche
- **CMC 5: Digestato diverso da quello di colture fresche**
- CMC 6: Sottoprodotti dell'industria alimentare
- CMC 7: Microrganismi
- CMC 8: Polimeri nutrienti
- CMC 9: Polimeri diversi dai polimeri nutrienti
- CMC 10: Prodotti derivati ai sensi del regolamento (CE) n. 1069/2009
- CMC 11: Sottoprodotti ai sensi della direttiva 2008/98/CE

# La digestione anaerobica e possibili utilizzi dei suoi prodotti



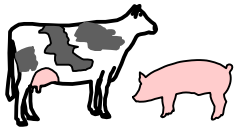
# Il settore zootecnico italiano



✓ La filiera di produzione del biogas/biometano

→ Più di **1700 impianti di digestione anaerobica**

→ Alimentati con effluenti di allevamento, colture energetiche e sottoprodotti

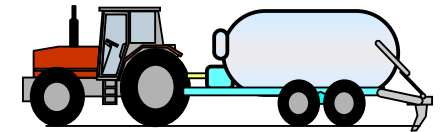


→ Circa **1000 MWel ( $\approx 4,5$  miliardi  $m^3$  biogas)**



↻ Crescente interesse per il biometano ( **$\approx 8.5$  miliardi  $m^3$  potenziali al 2030**)

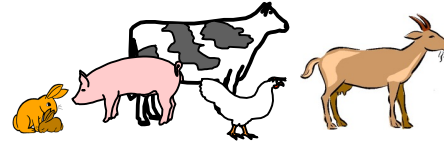
→ Circa **30 milioni di tonnellate/anno di liquame digerito**



# Il settore zootecnico italiano



✓ Principali categorie allevate

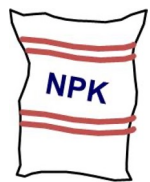


	Bovini	Suini	Avicoli	Ovi-caprini	Conigli
Numero (x 10 <sup>6</sup> )	5.8	8.7	165	8.1	7.1

➔ ≈ 140 milioni di t di deiezioni anno



• Valore fertilizzante (emissioni evitate):



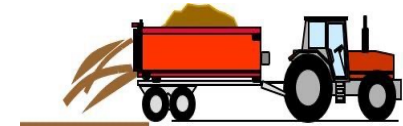
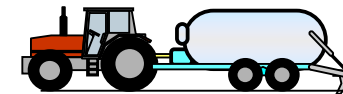
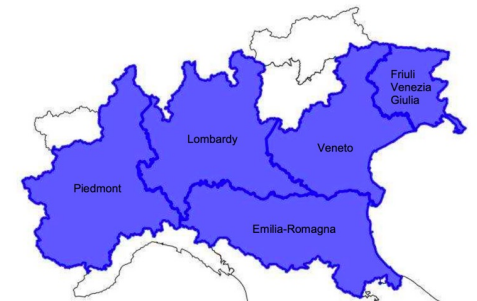
$N \approx 420 \times 10^3 \text{ t} (\approx 1900 \times 10^3 \text{ tCO}_{2\text{eq.}})$

$P_2O_5 \approx 225 \times 10^3 \text{ t} (\approx 182 \times 10^3 \text{ tCO}_{2\text{eq.}})$

$K_2O \approx 364 \times 10^3 (\approx 180 \times 10^3 \text{ tCO}_{2\text{eq.}})$

+ Sostanza organica

+ Energia 





Finanziato dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



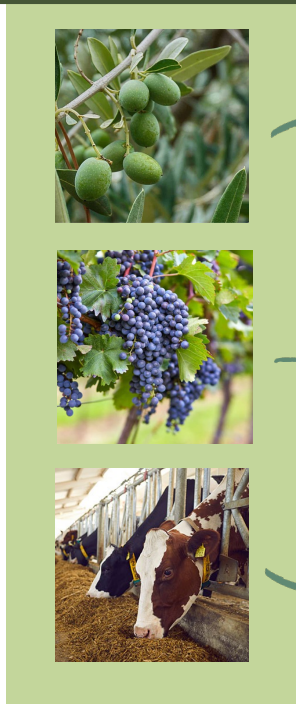
UNIVERSITÀ DI TORINO



DISAFA  
Università degli studi di Torino

## OBIETTIVI DELLA RICERCA

## FILIERE D'INTERESSE



SOTTOPRODOTTI



Obiettivo 1

Valorizzazione energetica e ottimizzazione della gestione del digestato

Obiettivo 2

Ottimizzazione del processo di pellettizzazione

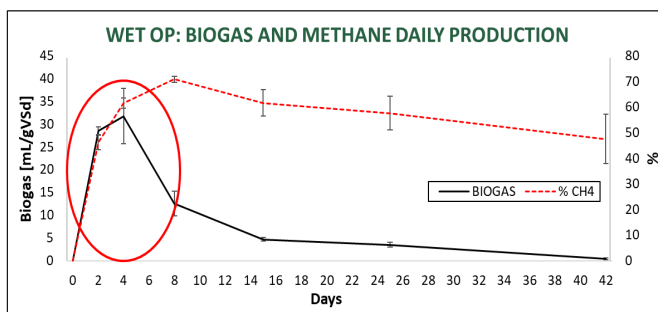
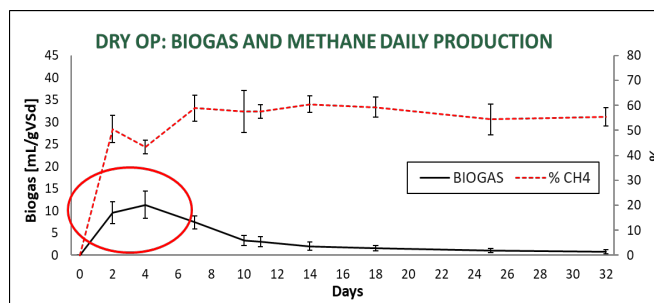
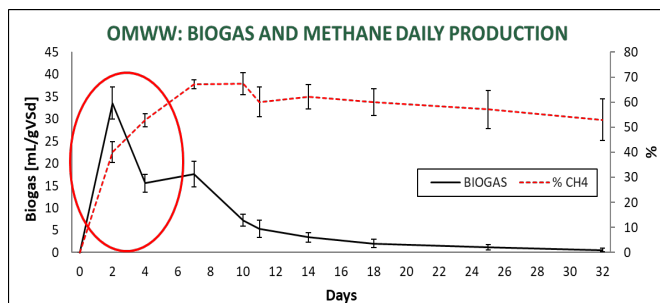
Obiettivo 3

Ottimizzazione della distribuzione in campo

This research was funded by Next Generation EU - National Recovery and Resilience Plan (PNRR) - Mission 4, Component 2, Investment 1.4, National Research Centre for Agricultural Technologies -AGRITECH, identification code: CN00000022, CUP: D13C22001330005.

Missione 4 • Istruzione e Ricerca

## ATTIVITÀ 1: Valorizzazione energetica dei reflui oleari e ottimizzazione della gestione del digestato

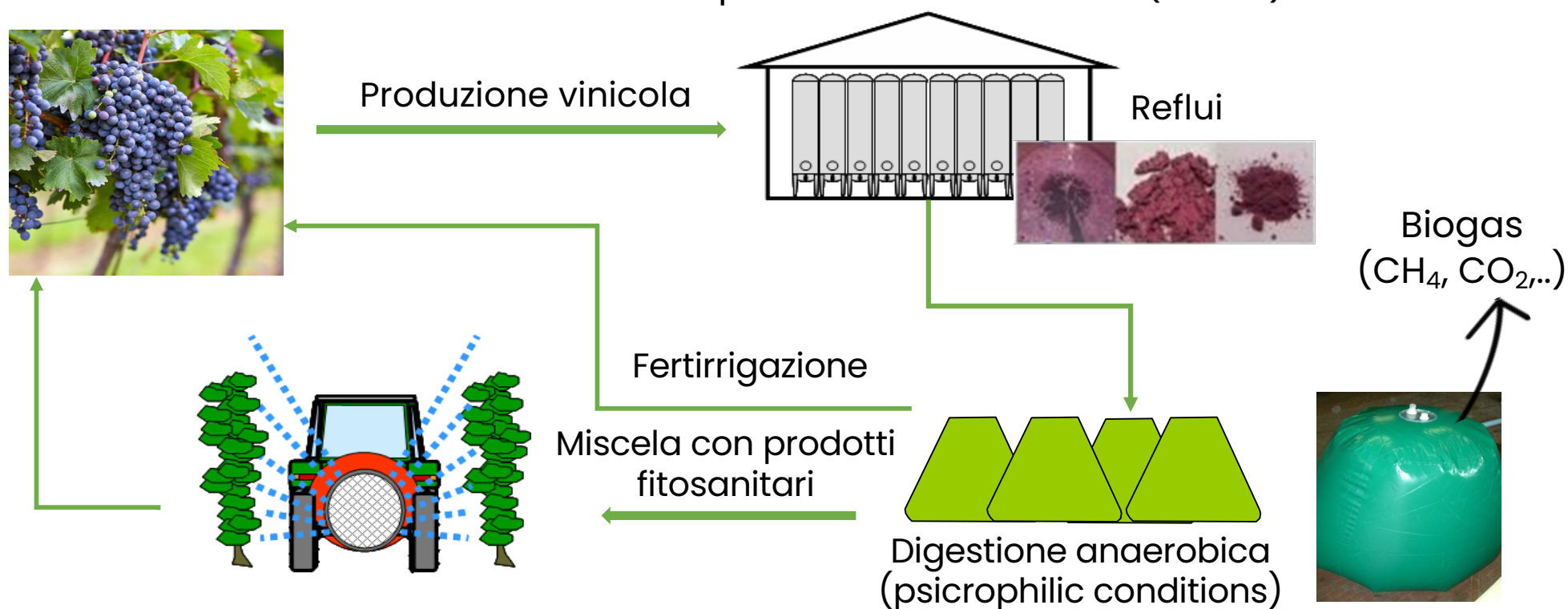


### Biochemical Methane Potential (BMP)

	BMP (L <sub>N</sub> /kgVS)	CH <sub>4</sub> (%)
Acqua di vegetazione	541 <sup>a</sup>	58 <sup>a</sup>
Sansa secca con nocciolino	225 <sup>c</sup>	55 <sup>b</sup>
Sansa umida denocciolata	576 <sup>a</sup>	58 <sup>a</sup>
Sansa umida con nocciolino	298 <sup>b</sup>	55 <sup>b</sup>
Insilato di mais	550- 700	

## L'INDUSTRIA VITIVINICOLA E I SUI SOTTOPRODOTTI

➔ Trattamento e valorizzazione delle acque reflue della cantina (UNITO)





Finanziato dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca



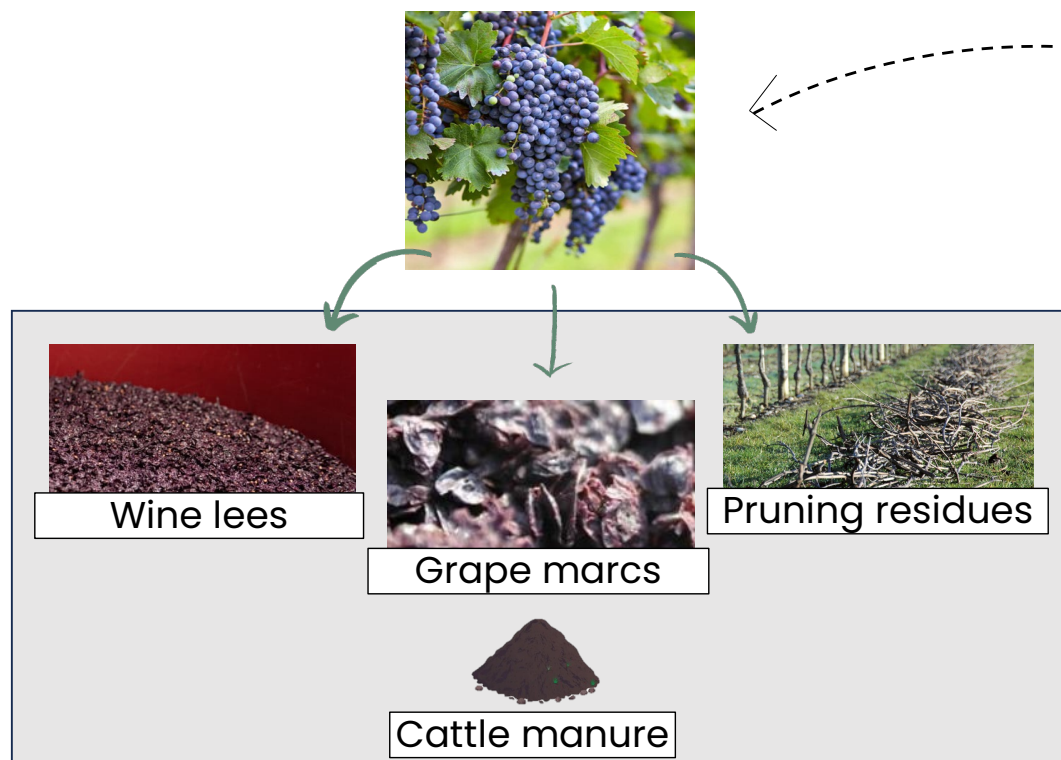
Italiadomani  
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



UNIVERSITÀ DI TORINO



## ➔ Valorizzazione delle vinacce e delle fecce (UNITO)



Barolo (CN)



Compostaggio

This research was funded by Next Generation EU - National Recovery and Resilience Plan (PNRR) - Mission 4, Component 2, Investment 1.4, National Research Centre for Agricultural Technologies -AGRITECH, identification code: CN00000022, CUP: D13C22001330005.

Missione 4 • Istruzione e Ricerca





Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



UNIVERSITÀ  
DI TORINO



PELLET DA FRAZIONE SOLIDA SEPARATA  
DEL DIGESTATO



Fertilizzante stabile

Riduzione dei costi di trasporto



1 ton di liquame



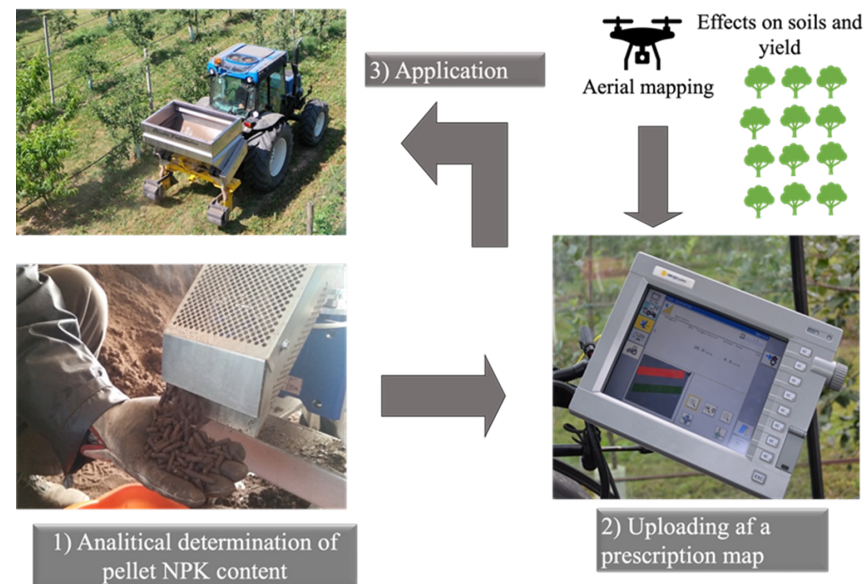
7 - 8% in pellet

# Pellet spreader prototype development



- 2 screws which link the hopper to the anchor for soil incorporation;
  - Automatic control system based on rotating devices;
- Pellet distribution rate proportional to machine's speed;
  - GPS system.

## Operating principle



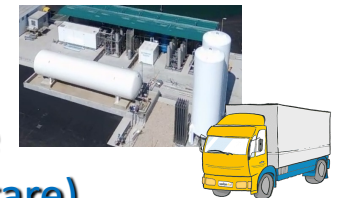
# Cooperativa Speranza Candiolo, TO

## ➤ 3 Impianti di digestione anaerobica

- Reflui zootecnici,
- energy crops
- residui dell'industria agroalimentare



Ospedale IRCCS

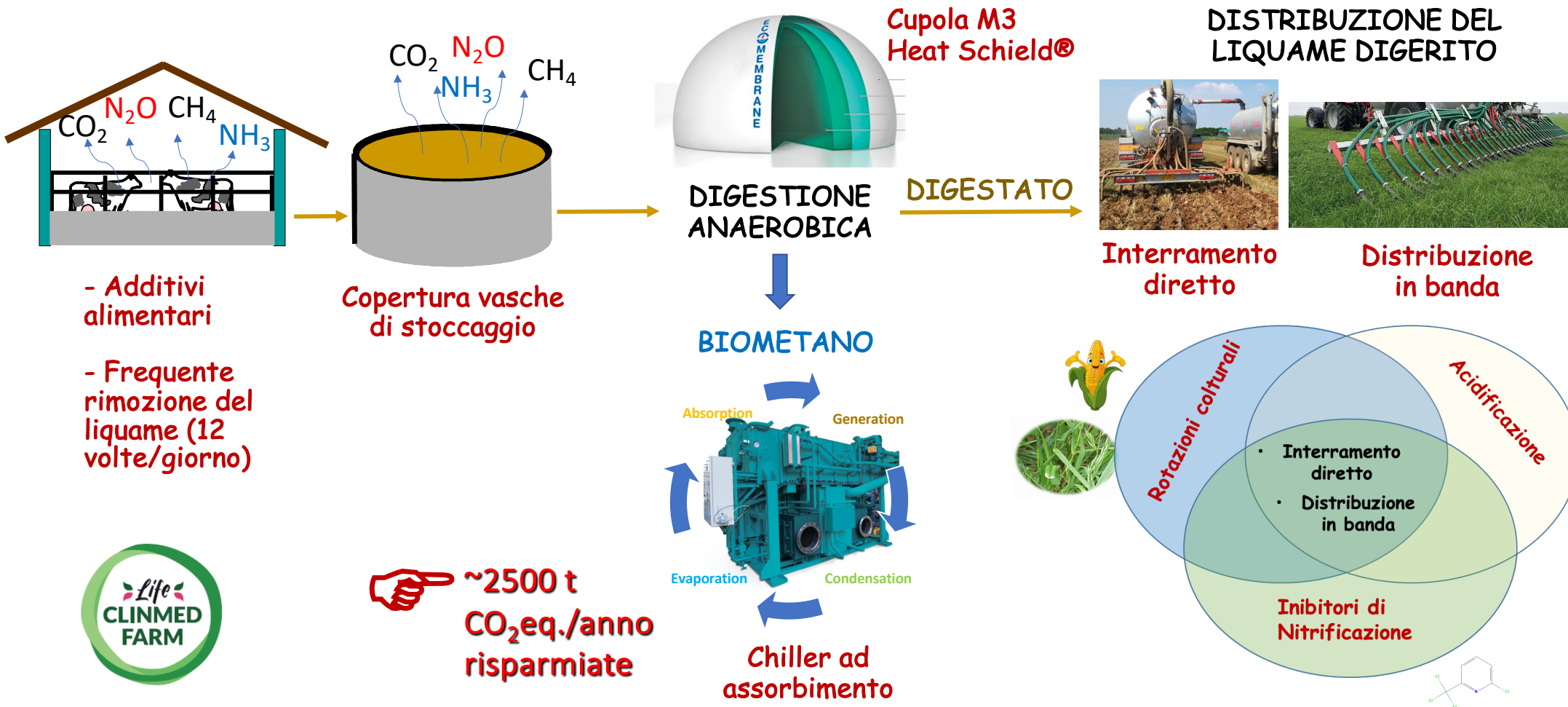


- Energia elettrica
- Energia termica (teleriscaldamento)
- BioCH<sub>4</sub> (autotrazione) e BioCO<sub>2</sub> (settore alimentare)
- Digestato (110 000 t/anno)



☞ ~26000 t CO<sub>2</sub>eq./anno risparmiati

Alcune soluzioni oggetto di valutazione nell'ambito del progetto  
**LIFE CLINMED-FARM (LIFE20 CCM/ES/001751)**



## Alta Valle Isarco (ALTO ADIGE)



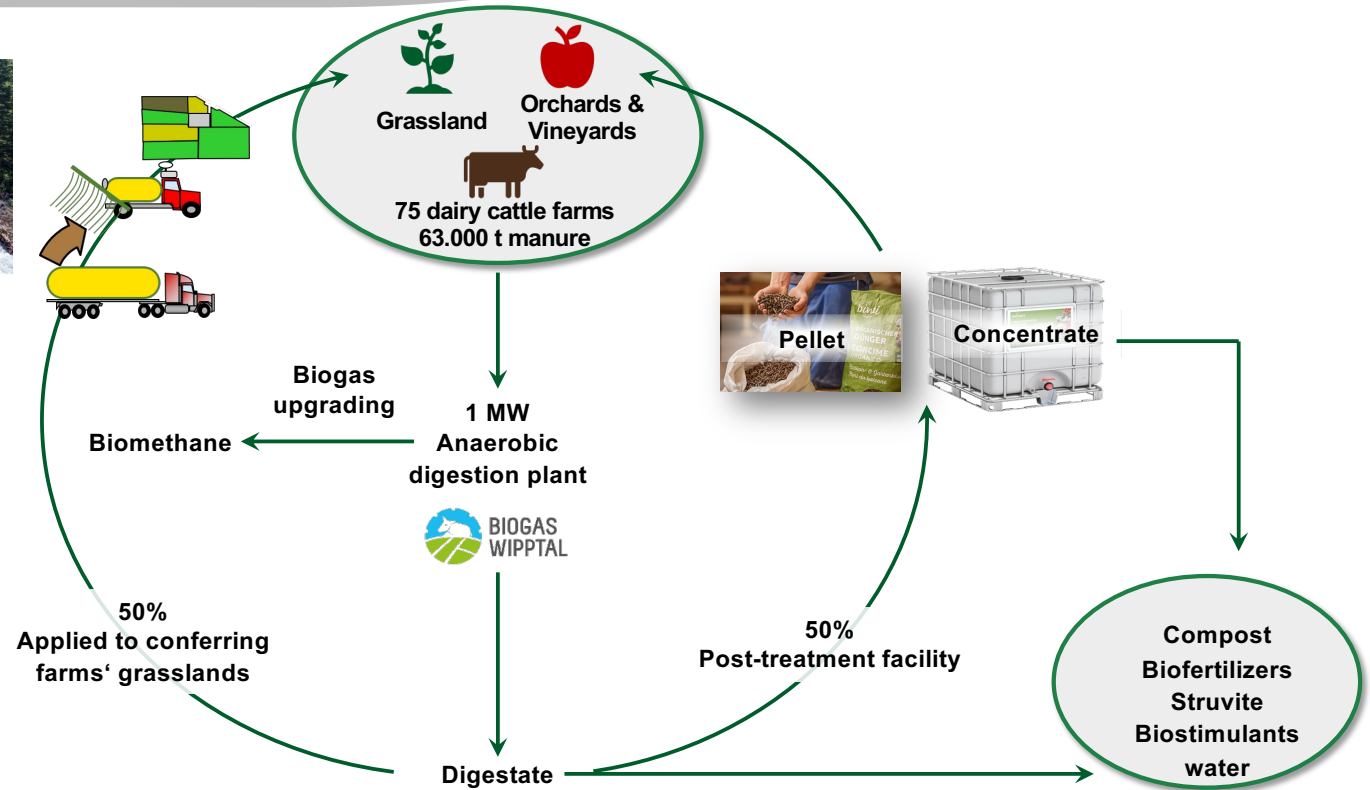
Very intensive dairy cattle activity and high volumes of manure

Decoupling of livestock and crop farms



### Challenge

managing the manure to comply with the European Nitrate Directive



- ridurre del 40% il carico di nutrienti

- evitare 2.000 t di CO<sub>2</sub>eq

- abbattere di circa il 95% le emissioni di gas serra e del 60% le emissioni di odori e di NH<sub>3</sub>

- ridurre di circa 37 t/anno le emissioni di PM<sub>2,5-10</sub>

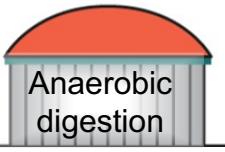
# Biogas WIPPTAL: esempio di gestione circolare dei nutrienti



- SOLID MANURE
- LIQUID MANURE
- AGRO-FOOD
- INDUSTRY RESIDUES

**PRETREATMENTS**

Physical  
Microbial  
Enzymatic



Anaerobic digestion

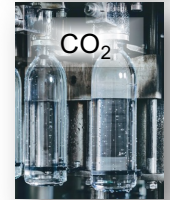
**BIOGAS**

UPGRADING



Biomethane

TRANSPORT SECTOR



CO<sub>2</sub>

FOOD GREENHOUSES



COMPOST

CROPS

BALANCED N/P COMPOSITION

**DIGESTATE**

SCREW PRESS

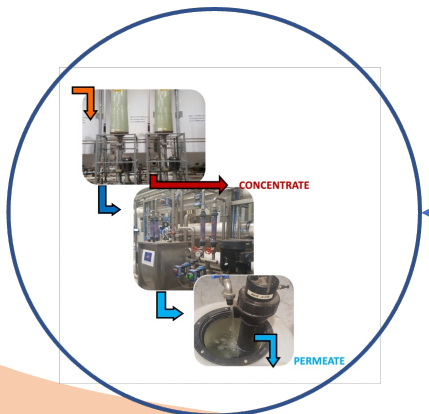
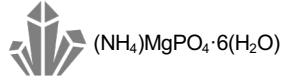
**SOLID FRACTION**

COMPOSTING  
PELLETIZATION

**LIQUID FRACTION**

**STRUVITE PRECIPITATION**

CROPS



VIBRATING SIEVE

STATIC SIEVE

3-STAGES  
REVERSE  
OSMOSIS



Concentrate fraction

CROPS

**PURIFIED WATER**

CROPS

WASH REVERSE  
OSMOSIS MEMBRANES

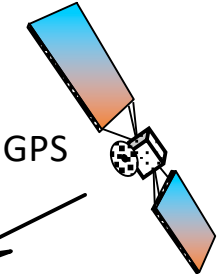
# Massimizzazione dell'uso del contenuto in NPK

## Distribuzione a rateo variabile

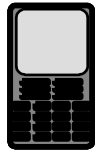
Input: posizione macchina

Input: dose di distribuzione

Input: determinazione velocità di avanzamento istantanea

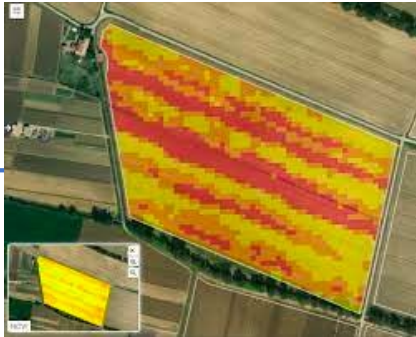


GPS



Unità di controllo

Mappa di prescrizione

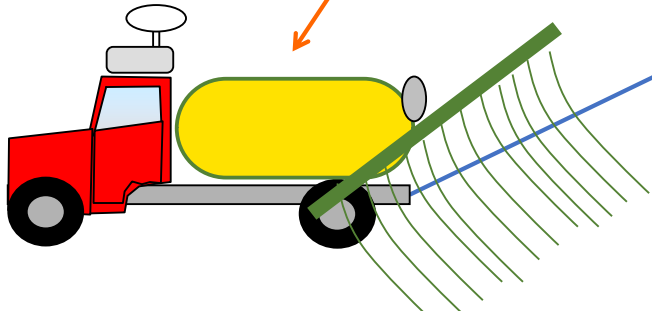


Output :  
regolazione della portata della pompa a lobi

Input: controllo in tempo reale del contenuto in NPK del digestato

**NIR**

**RISPETTO DELLA DOSE IMPOSTATA + TRACCIABILITÀ**



## Real-time monitoring of the NPK content of digestate



®VAN-CONTROL 2.0:



# CONCLUSIONI E PROSPETTIVE

## *Benefici ambientali ed economici*

- Efficienza nell'uso delle risorse
- Sinergie tra diversi settori per una gestione integrata degli scarti
- Riduzione delle emissioni, miglioramento della gestione dei nutrient e della qualità del suolo



## *Sfide Tecniche e Normative*

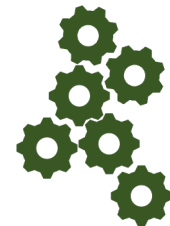
### *Barriere Tecnologiche*

- Variabilità della composizione dei residui
- Maturità e Costi delle tecnologie avanzate
- Necessità di competenze specializzate

### *Ostacoli Normativi*

- Classificazione come "rifiuto" o "sottoprodotto"
- Autorizzazioni per nuovi processi
- Certificazioni per prodotti derivati

*Approccio integrato che combini innovazione tecnologica, evoluzione normativa e cambiamento culturale*





***GRAZIE DELL'ATTENZIONE***

Per informazioni: [elio.dinuccio@unito.it](mailto:elio.dinuccio@unito.it)

DiSAFA – Waste Management Group