

**VALORIZZAZIONE DEGLI  
"SCARTI" AGRICOLI IN  
UN'OTTICA DI ECONOMIA  
E BIOECONOMIA  
CIRCOLARE**

Focus group tra gli attori  
della filiera della  
digestione anaerobica

**16 aprile 2026**

Incontro online  
Ore 10.00 | 13.00



# Il trattamento dei digestati agricoli per il recupero dei nutrienti

Sergio Piccinini     
Centro Ricerche Produzioni Animali

## LABORATORI

RETE ALTA TECNOLOGIA  
EMILIA-ROMAGNA  
HIGH TECHNOLOGY NETWORK



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

CENTRO  
INTERDIPARTIMENTALE  
DI RICERCA INDUSTRIALE  
FONTI RINNOVABILI,  
AMBIENTE, MARE, ENERGIA  
FRAME



CLUST-ER  
GREENTECH  
ENERGIA E SOSTENIBILITÀ

## IMPRESE

SOCIETÀ AGRICOLA  
**COLOMBARO SRL**



RETE ALTA TECNOLOGIA  
EMILIA-ROMAGNA  
HIGH TECHNOLOGY NETWORK



Cofinanziato  
dall'Unione europea



Regione Emilia-Romagna

# Il digestato

- Il digestato è il **sottoprodotto del processo di digestione anaerobica** e può essere utilizzato come materiale fertilizzante sulle colture agrarie.
- Non sempre i **terreni agricoli** utili per l'uso agronomico del digestato sono disponibili **in quantità sufficiente** nelle vicinanze dell'impianto di biogas.
- La **delocalizzazione** dei digestati verso aree agricole ricettive non è sempre perseguibile, sia per i costi di trasporto che per le difficoltà di convincere gli agricoltori ad accettarli.
- Da qui l'esigenza di ricorrere anche a **tecnologie di trattamento** per recuperare e valorizzare i nutrienti (N, P) e sostanza organica (C) contenuti nei digestati.

16 aprile 2026

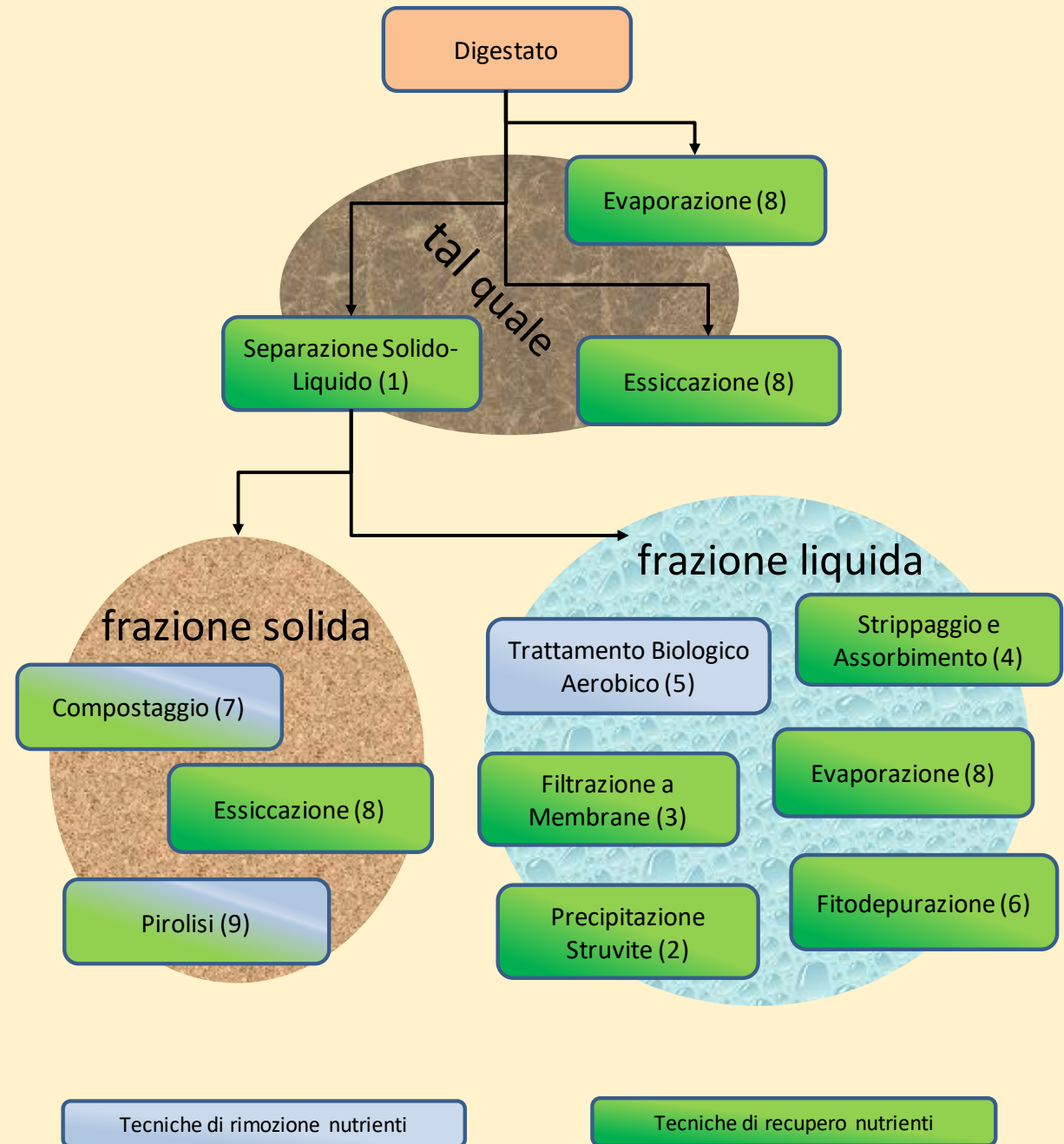
# Il trattamento dei digestati

TRATTAMENTO (DM 25 febbraio 2016): qualsiasi operazione effettuata sugli effluenti d'allevamento e digestati, compreso lo stoccaggio, che sia idonea a modificare le loro caratteristiche agronomiche valorizzandone gli effetti e riducendo i rischi igienico-sanitari e ambientali

- **tecnologie di abbattimento/rimozione**: operano quasi esclusivamente su sistemi biologici e hanno lo scopo di **trasformare le forme di azoto** presenti nei digestati in azoto atmosferico ( $N_2$ ). Es. nitrificazione/denitrificazione biologica
- **tecnologie di recupero**: **concentrano** le diverse forme di azoto e/o altri elementi fertilizzanti, quali fosforo e potassio, per renderli più facilmente **delocalizzabili e utilizzabili ai fini agronomici**. I processi di questo tipo sono spesso di natura chimica e/o fisica e sfruttano fonti energetiche disponibili a basso costo in azienda, quale il calore da cogenerazione del biogas.

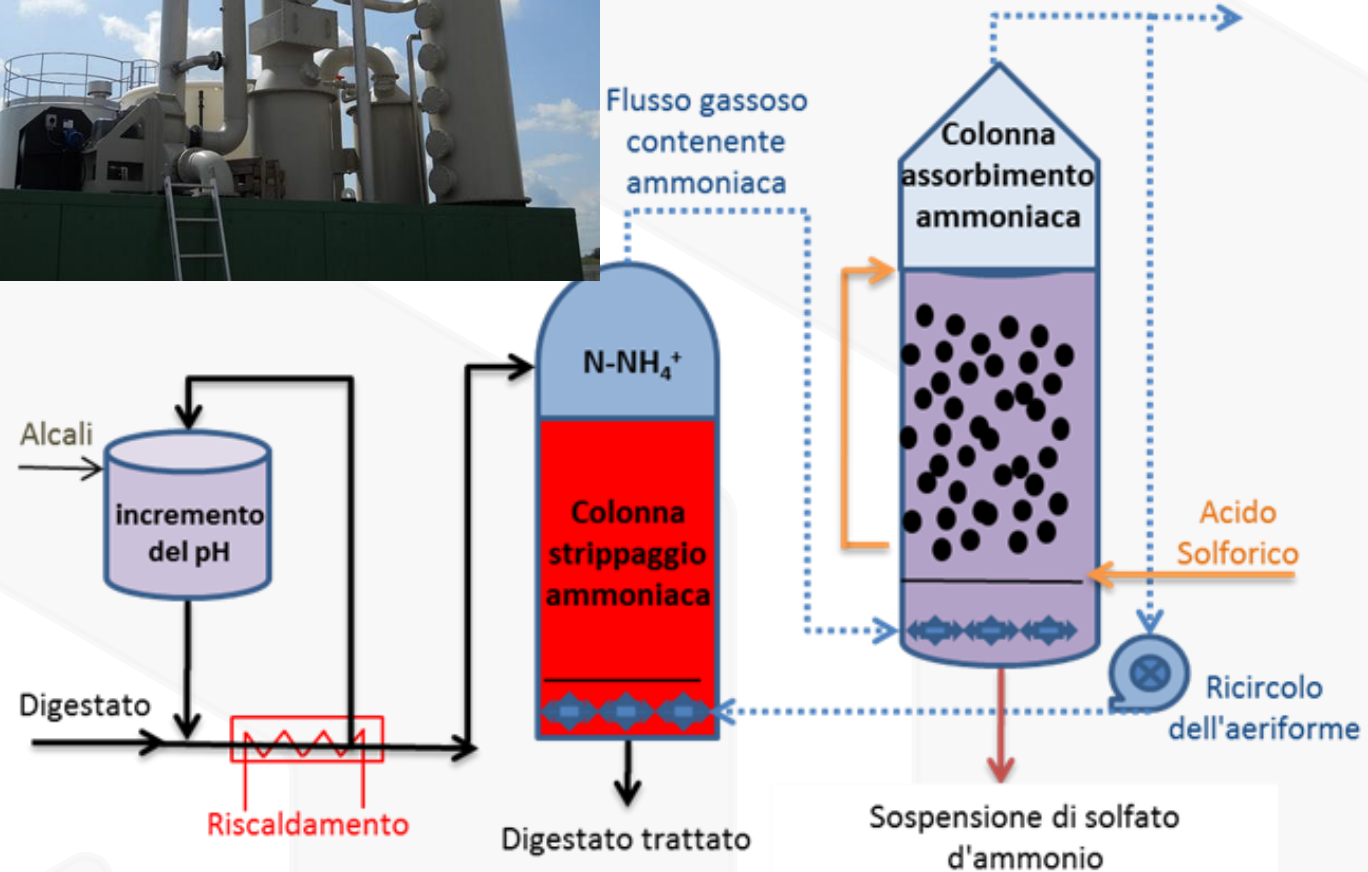
# Panoramica delle principali tecniche di trattamento e della loro possibile applicazione alle diverse frazioni di digestati

16 aprile 2026



# 4. Strippaggio e Assorbimento Ammoniacca

Lo strippaggio/assorbimento dell'ammoniaca è un processo di **recupero dell'azoto ammoniacale** che viene applicato prevalentemente a frazioni chiarificate di digestati di origine zootecnica o mista. Agendo sulla temperatura e/o sul pH, si produce una volatilizzazione dell'ammoniaca che deve poi essere fissata come sale di ammonio in una torre di lavaggio acido (scrubber).



16 aprile 2026

I due parametri fondamentali di controllo del processo sono la **temperatura** e il **pH**: sono loro a stabilire l'equilibrio tra ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ) e ione ammonio ( $\text{NH}_4^+$ ):

Strippaggio a bassa temperatura (30-40 °C) operando **sull'innalzamento del pH** con reagenti basici (pH 10)

Strippaggio **elevando la temperatura (>60-70°C)** senza modificazione del pH

- $\text{H}_2\text{SO}_4$  o  $\text{HNO}_3$  utilizzati per assorbire l' $\text{NH}_3$  dalla fase gas nella colonna di assorbimento;
- La tecnica è tanto più efficiente nel rimuovere e recuperare l'azoto quanto maggiore è la percentuale di **azoto ammoniacale** (% di NTK);
- La % di **azoto ammoniacale nel digestato dipende dalle matrici caricate al digestore**, può andare dal 30-40% nel caso di sole colture energetiche sino al 85% con effluenti suini o avicoli;
- Nel caso di digestati a ridotto tenore di azoto ammoniacale, esempio del 40%, pur in presenza di efficienze di trattamento molto elevate, del 90%, la rimozione dell'azoto totale raggiunge solo il 36%. **Con digestati ad elevato tenore di azoto ammoniacale**, ad esempio del 80%, anche con efficienze di rimozioni del 75%, **si può raggiungere una rimozione dell'azoto totale del 60%**

16 aprile 2026

- **l'uso del biogas in cogenerazione può fornire l'energia termica** necessaria per riscaldare il digestato; operando ad elevate temperature (75 – 85°C) si raggiungono efficienze di rimozione dell'azoto ammoniacale elevate anche senza modificazione del pH.
- La **diffusione della tecnologia** dello strippaggio/assorbimento dell'ammoniaca dai digestati dipende da due fattori: **i costi di investimento e di esercizio** dovrebbero essere in assonanza con l'economia del settore agricolo e il prodotto recuperato (soluzione ammoniacale) deve avere una **qualità commercializzabile**, in termini di concentrazione di azoto e di basso contenuto di sostanze organiche, per coprire in parte i costi operativi.

16 aprile 2026

# Alcuni impianti operativi

RVT air stripping unit, Germania



Impianto di strippaggio da 80 m<sup>3</sup>/h di digestato (ByoFlex<sup>®</sup>, Byosis)



16 aprile 2026



Cofinanziato dall'Unione europea



Regione Emilia-Romagna

UVITE  
Perusers for the Circular Economy

# Impianto strippaggio c/o Biometano Schiavon (VC)



- Capacità di lavoro: due linee da 10 m<sup>3</sup>/h di digestato strippato;
- Temperatura di processo 80°C con utilizzo di calore di recupero dal cogeneratore;
- Efficienza di strippaggio: 70% dell'azoto ammoniacale in ingresso;
- Produzione Ammonio solfato liquido: 7,5-8% N;
- Consumo di acido: 3,5 kg/kg N.



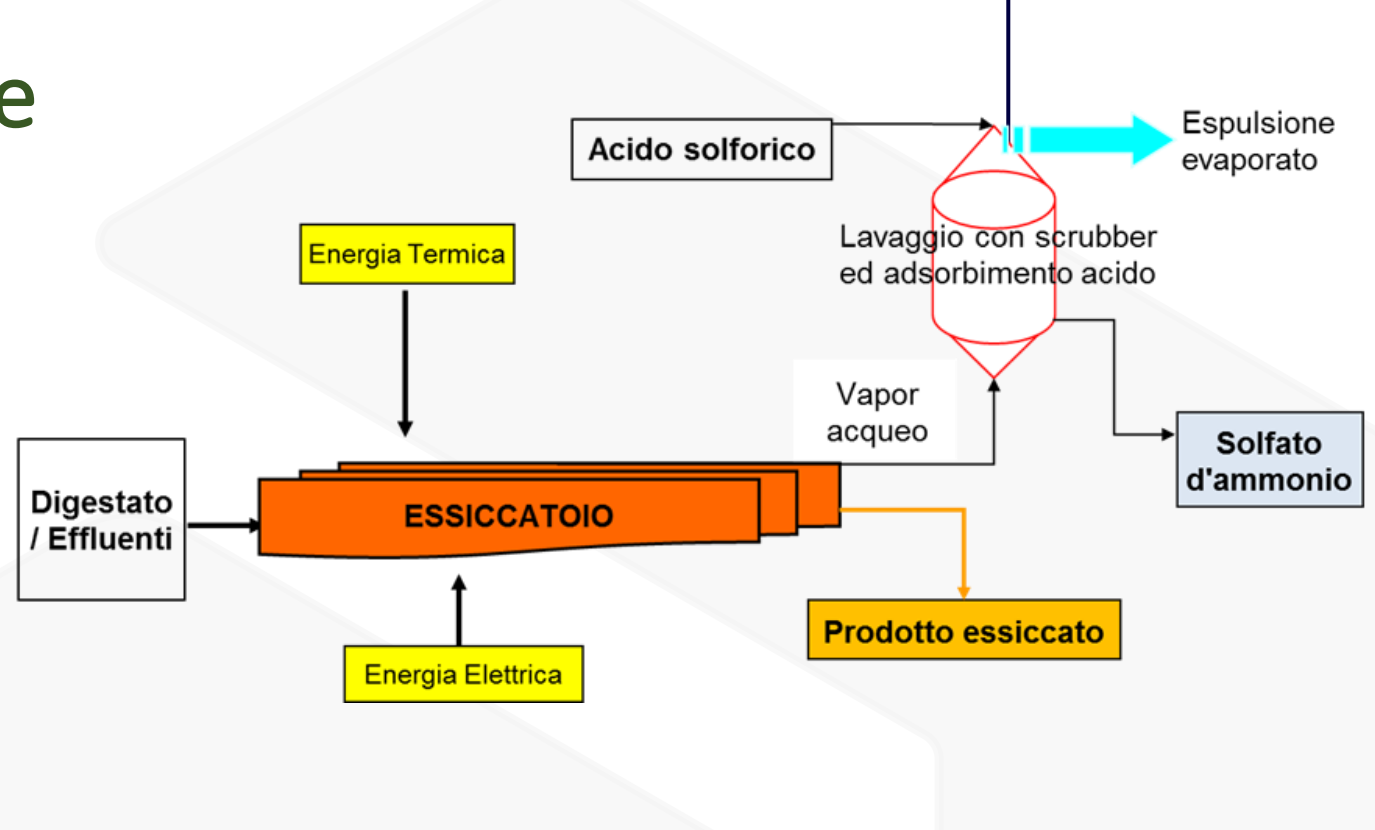
16 aprile 2026

fonte:



# 8. Essiccazione/Evaporazione

Il trattamento di essiccazione trasforma la frazione solida del digestato e/o il digestato tal quale in un prodotto finale essiccato a bassissimo contenuto d'acqua (dal 50 al 10%). E' economicamente sostenibile solamente se è disponibile energia termica a basso costo. Per questo si abbina alla digestione anaerobica in quanto sfrutta l'energia termica in surplus delle unità di cogenerazione alimentate a biogas.



## Obiettivi:

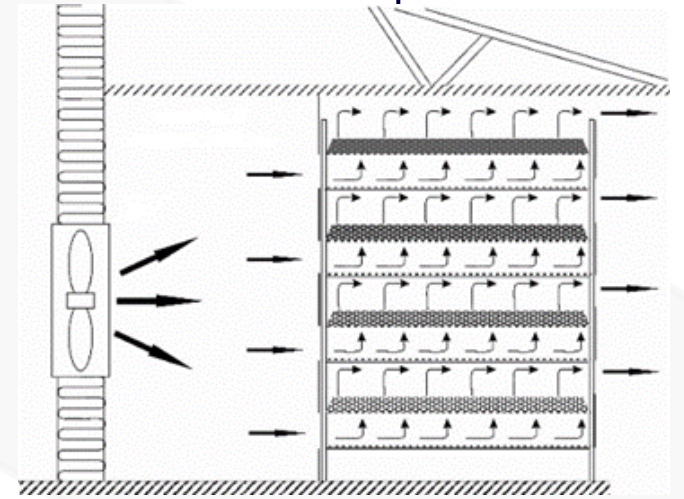
- produzione di un fertilizzante commerciale, stabile e facilmente trasportabile e spandibile;
- riduzione del volume e del peso del digestato, che comporta una riduzione dei costi di trasporto e gestione;
- concentrazione e recupero dei nutrienti (N, P e K) e della sostanza organica.

16 aprile 2026

# Tipologie di impianti di essiccazione/evaporazione per il trattamento del digestato

Processo	Modalità di trasferimento del calore	Tipologia di dispositivo impiegato	Circuito del flusso aeriforme di essiccazione
Essiccazione a basse temperature (< 110°C)	Tramite scambiatore di calore (Energia termica dell'acqua e/o dei fumi)	Essiccazione con nastro ventilato o dischi rotanti sovrapposti	Aperto, con scarico in atmosfera previo adsorbimento acido
	Uso diretto dei fumi		
Essiccazione ad alte temperature (>> 120°C)	Tramite scambiatore con Olio diatermico o uso diretto dei fumi	Essiccazione a cilindro rotante	Aperto, con scarico in atmosfera previo adsorbimento acido
		Essiccazione con rotore interno	Chiuso con condensazione e ricircolo dell'aeriforme
			Aperto, con scarico in atmosfera previo adsorbimento acido
			Chiuso con condensazione ricircolo dell'aeriforme
Evaporazione	A singolo stadio	Pressione ambiente o in depressione / sottovuoto	Aperto, con scarico in atmosfera previo adsorbimento acido
	Multistadio con condensazione del vapore e recupero del cascame termico		Chiuso con condensazione e ricircolo dell'aeriforme

Digestato essiccato (a sinistra), camera di essiccazione con all'interno il nastro ventilato (blu), scrubber per il recupero dell'azoto ammoniacale nell'evaporato (bianco) ed insacchettamento del prodotto in big bag



All'interno dell'essiccatoio, l'aria calda attraversa il nastro forato ventilato ed investe lo strato di digestato facendone evaporare l'acqua. Il nastro può avere più livelli. Il digestato umido viene caricato nel livello superiore ed all'estremità opposta viene scaricato sul livello inferiore. Il prodotto essiccato finale esce dall'ultimo livello del nastro

16 aprile 2026

# Prestazioni

- La sostanza secca del prodotto essiccato finale può arrivare a 80-90%, si può pellettizzare.
- **Azoto** (considerando 100 NTK in input all'essiccazione e  $N-NH_4^+$  pari al 40-45% di NTK): 60% N nel prodotto finale essiccato; 40% N nella soluzione di solfato di ammonio dallo scrubber.
- Recupero quasi totale nella frazione essiccata del P, K, micronutrienti e minerali.
- **Consumi di energia termica:** 1.1–1.3 kWh/kg di acqua evaporata con essiccazione a media/bassa efficienza (es. sistemi a nastro ventilato), si può scendere al di sotto di 0.7-0.85 kWh/kg di acqua evaporata per i sistemi a più alta efficienza (es. sistemi a rotore interno a circuito chiuso).
- **Consumi di energia elettrica:** da 15-20 kWh/t di prodotto essiccato per gli essiccatoi a nastro ventilato con taglia pari a 1 MW termico, 25-35 kWh/t di prodotto essiccato se di taglia inferiore e prossima ai 300 kW termici. Il consumo di energia elettrica cresce nel caso di sistemi di essiccazione a maggiore efficienza evaporativa ed operanti in circuito chiuso.
- L'essiccazione termica aiuta il riciclaggio dei nutrienti e la produzione di fertilizzanti “rinnovabili”, in un'ottica di economia circolare.

16 aprile 2026

### 3. Filtrazione a membrane (micro-ultra-nano e Osmosi Inversa)

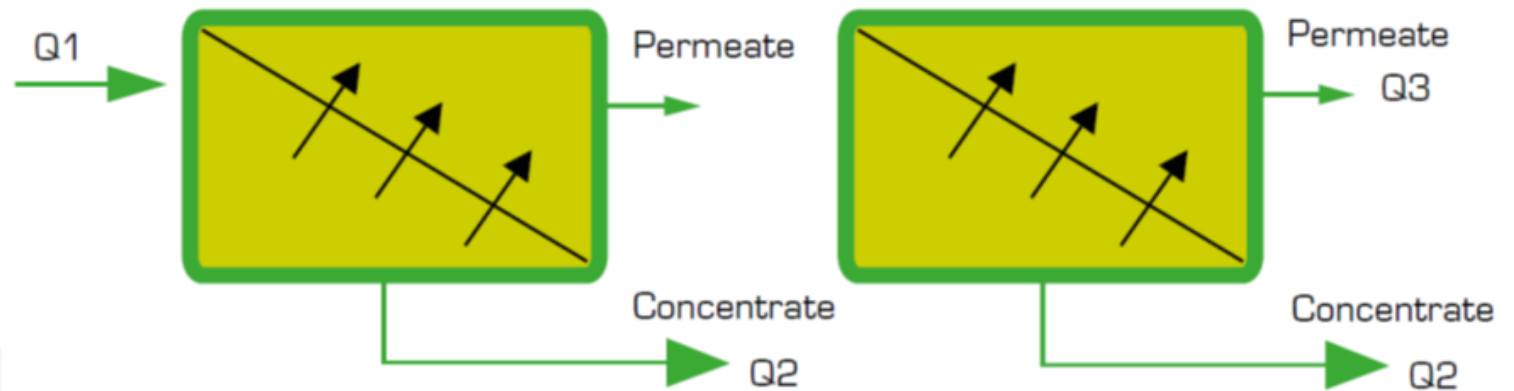
- I sistemi di filtrazione a membrane sono utilizzati da tempo per la potabilizzazione delle acque, ma negli ultimi anni sono stati oggetto di indagini anche per il trattamento degli effluenti zootecnici e dei digestati. I sistemi di filtrazione sono in grado di rimuovere la sostanza organica, N, P e K dal digestato. Ci sono quattro tipi di tecniche: **microfiltrazione (MF)**, **ultrafiltrazione (UF)**, **nanofiltrazione (NF)** e **osmosi inversa (OI)**.
- Queste tecniche rientrano in due gruppi, MF e UF servono per rimuovere i solidi sospesi, mentre NF e OI possono essere utilizzati per la rimozione di N e K.

Schema del processo di filtrazione:

$Q_1$  = digestato in alimentazione;

$Q_2$  = concentrato/addensato in uscita;

$Q_3$  = permeato/chiarificato in uscita



# I processi di filtrazione

Tipo	Dimensione dei pori ( $\mu\text{m}$ )	Pressione (bar)	Flusso (litri per $\text{m}^2$ per ora)
MF	0,03 - 10	0,1 - 2,0	> 50
UF	0,002 - 0,1	1 - 5	10. - 50
NF	0,001 - 0,01	5 - 20	1,4 - 12
OI	0,0001	10 - 100	0,05 - 1,4

La ritenzione delle particelle è nell'ordine  $\text{MF} < \text{UF} < \text{NF} < \text{OI}$  e ciò significa che i risultati sono migliori a scapito di un aumento della pressione (e del consumo energetico) e della diminuzione del flusso.

**Rendimenti:** MF può rimuovere il 75% dei solidi sospesi, 85% del COD, ma meno del 20% dell'N. L'UF può rimuovere quasi il 90% di P. L'NF ha dimostrato di poter rimuovere il 52% dell'azoto ammoniacale e il 78% del K. Per quanto riguarda la OI, la percentuale di ritenzione dell'azoto ammoniacale è risultato essere nel range 93% - 99,8%, con produzione di un concentrato con un contenuto di azoto ammoniacale compreso nell'intervallo 6-10 g/l. La ritenzione dei Solidi totali, nei sistemi OI, è compresa tra l'83 e il 100%.



16 aprile 2026

# Esempio di impianto di trattamento liquami suinicoli con 3 stadi di membrane (Installato presso allevamento suinicolo ad ingrasso, circa 13000 suini, in provincia di Brescia, circa 120 m<sup>3</sup>/giorno di liquami trattati)



Separatore a compressione elicoidale e tre vibrovagli per la separazione del liquame prima delle membrane.

1° stadio: 2 membrane vibranti, a sinistra le parte in alto e a destra la parte bassa montata sul perno vibrante (c'è un motore da 25 kWe per ogni membrana che fa vibrare il tutto)

16 aprile 2026

# Esempio di impianto di trattamento liquami suinicoli con 3 stadi di membrane



Lo scarico finale, inviato in un canale aziendale e quindi in acque superficiali, con limite di 5 mg/l di azoto ammoniacale

Il 2° e 3° stadio con membrane non vibranti

16 aprile 2026

- Questa tecnologia avanzata offre la possibilità di separare la parte chiarificata del digestato in due frazioni:
  - il permeato con qualità simili all'acqua che possiamo trovare nei corpi idrici superficiali;
  - il retentato o concentrato che contiene gli elementi nutritivi (N e P) e la sostanza organica e che può essere valorizzato a fini fertilizzanti.
  
- Gli svantaggi della tecnologia sono:
  - la necessità di un trattamento precedente di separazione solido-liquido ad alta efficienza;
  - i non trascurabili costi operativi energetici, per la pressurizzazione, e chimici per il lavaggio delle membrane;
  - la limitata esperienza sull'affidabilità delle membrane nel trattare il digestato e sul mantenimento delle performance nel tempo.

16 aprile 2026

## 2. Precipitazione e cristallizzazione Struvite

- La **struvite** o **magnesio ammonio fosfato (MAP) esaidrato** è un composto cristallino costituito da ioni  $Mg^{2+}$ ,  $NH_4^+$  e  $PO_4^{3-}$ , in rapporto 1:1:1. La formazione della struvite avviene secondo la formula:  $Mg^{2+} + NH_4^+ + PO_4^{3-} + 6H_2O \rightarrow MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ .



- La struvite è un composto di colore bianco o biancastro, poco solubile in acqua, molto solubile in soluzione acide e altamente insolubile in soluzioni alcaline.
- La cristallizzazione e il recupero della struvite dai digestati possono essere condotti in reattori ove vengono realizzate le condizioni idonee per la sua precipitazione controllata, che avviene a valori di pH maggiori di 8.
- il Nuovo Regolamento Europeo 2019/1009 sui Fertilizzanti include la **Struvite** tra i fertilizzanti di recupero, commercializzabile sul territorio dell'intera Unione Europea.

16 aprile 2026

# Le tecnologie applicate



Reattore per la precipitazione della Struvite in funzione su acque di processo di uno stabilimento di lavorazione patate in Belgio.

16 aprile 2026

- Il recupero di azoto e fosforo mediante la produzione di Struvite è stato finora applicato a scala reale solo in pochi casi e soprattutto ad acque reflue urbane e agroindustriali in impianti di depurazione, per esempio negli impianti di trattamento delle acque con recupero di struvite dai surnatanti della digestione anaerobica.
- Il recupero di azoto e fosforo mediante precipitazione controllata della struvite è potenzialmente importante ovunque vi siano reflui con un'elevata concentrazione di fosforo.
- In condizioni operative sono state dimostrate efficienze di rimozione che arrivano a 70% per l'azoto e al 90% per il fosforo, su reflui civili e/o industriali.
- In Italia **non** sono documentati casi, su scala aziendale, di questo tipo di processo applicato agli effluenti zootecnici e/o ai digestati agrozootecnici o da Forsu.

# Il progetto STRUVITE ([www.struvite.it](http://www.struvite.it))



## Problematica:

- Il trattamento dei digestati agrozootecnici e da Forsu, finalizzato al recupero dei nutrienti, può favorire la delocalizzazione del surplus di nutrienti (azoto e fosforo) dalle aree ad elevata zootecnia verso aree caratterizzate da richiesta di concimi chimici e organici.

## Obiettivo:

- L'obiettivo del progetto è quello di produrre il fertilizzante Struvite (che, in accordo col nuovo Regolamento Europeo 2019/1009 sui fertilizzanti e con la nuova Direttiva EU 2026/288 sull'uso dei RENURE, può competere su tutto il mercato europeo coi fertilizzanti minerali e di sintesi ed evitare le emissioni di GHG derivanti dalla loro produzione) attraverso il recupero di azoto e fosforo nei digestati agrozootecnici e da Forsu e, anche, di ridurre le emissioni in atmosfera di ammoniaca, metano e protossido d'azoto sia dalla fase di stoccaggio che di uso agronomico del digestato stesso.

16 aprile 2026



# I partner del progetto



Acronimo	Nome completo	Ente di appartenenza
CRPA LAB	Laboratorio CRPA LAB	Centro Ricerche Produzioni Animali Soc. Cons. p. A.
CIRI FRAME	CENTRO INTERDIPARTIMENTALE PER LA RICERCA INDUSTRIALE FONTI RINNOVABILI, AMBIENTE, MARE ED ENERGIA	Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Laboratorio Terra&AcquaTech	Laboratorio Terra&AcquaTech	Università degli Studi di Ferrara
GREENTECH	Clust-ER Energia e Sviluppo Sostenibile	Clust-ER Energia e Sviluppo Sostenibile

16 aprile 2026



# Imprese coinvolte



- **AZIENDA AGRICOLA COLOMBARO:** gestisce un impianto di biogas a Formigine (MO) in cui tratta i propri liquami suinicoli ed è interessata a verificare la possibilità di ridurre il carico di nutrienti, N e P, da distribuire sui propri terreni e di recuperare un fertilizzante avviabile al mercato.
- **WAMGROUP:** è interessata a verificare il possibile utilizzo del microfiltro e del filtro zeolitico nelle linee di trattamento dei digestati per il recupero di elementi fertilizzanti.
- **DIEMME SOIL WASHING:** è interessata a verificare il possibile utilizzo delle filtropresse nelle linee di trattamento dei digestati per il recupero di elementi fertilizzanti.
- **BIORG:** gestisce un impianto per la produzione di biometano dal trattamento della FORSU e scarti agroindustriali a Spilamberto (MO). Interesse di BIORG, è quello di sperimentare sistemi per il recupero di nutrienti, N e P, dalle frazioni chiarificate del digestato, per ridurre il carico sul depuratore finale e per recuperare fertilizzanti in ottica di economia circolare.

Le attività del progetto sono anche supportate da **CIB – Consorzio Italiano Biogas.**

16 aprile 2026



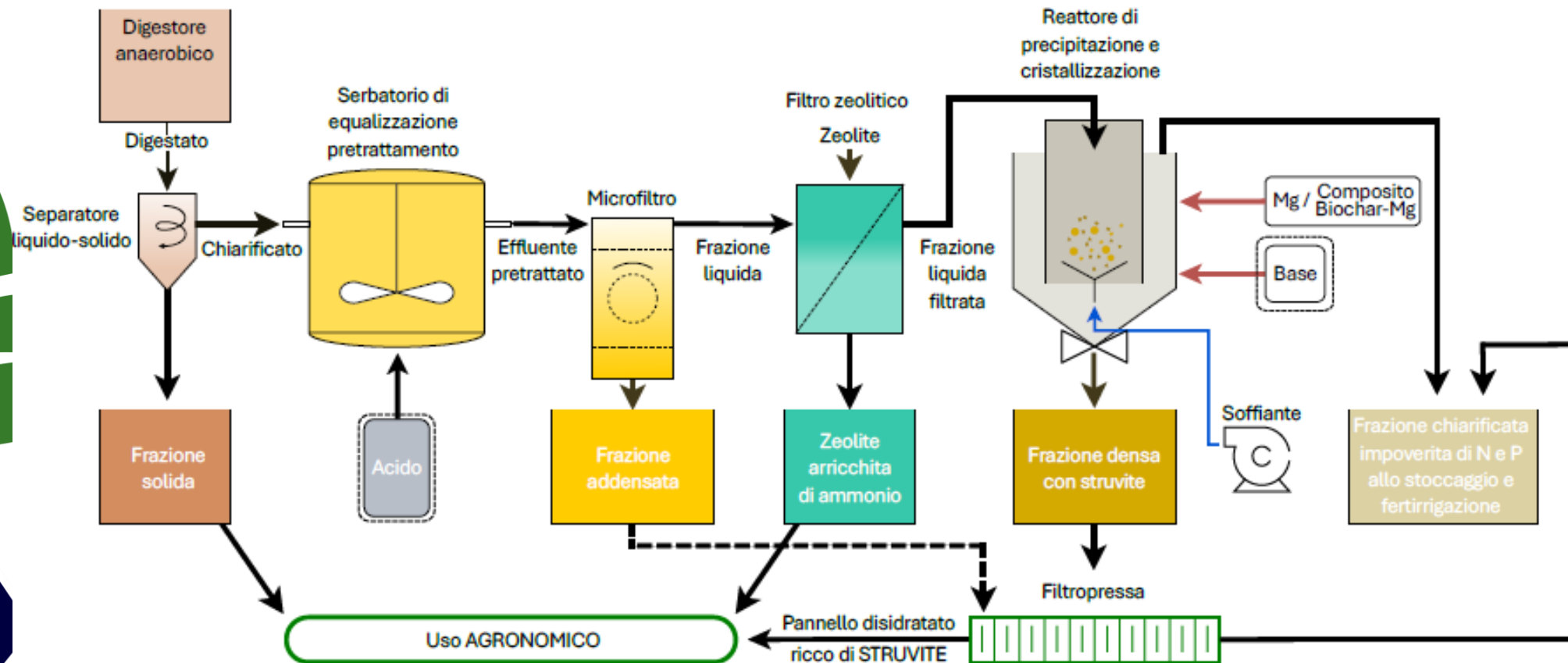
# Risultati attesi

- Messa a punto di un sistema prototipale a scala aziendale per il recupero di Struvite dai digestati agrozootecnici e da Forsu, costituito da: **microfiltro** per ridurre la presenza di sostanza organica sospesa che ostacolerebbe la precipitazione della Struvite, **filtro zeolitico** per ridurre la concentrazione d'ammoniaca del digestato, avvicinandolo ad un rapporto stechiometrico N:P ottimale per la precipitazione/cristallizzazione della Struvite, **composito biochar-Mg** come additivo di magnesio a lento rilascio e catalizzatore della Struvite, **filtrpressa** per disidratare e compattare il precipitato struvitico prodotto dal prototipo
- Col GOI STRUVITE realizzato nell'ambito del PSR 2014-2020 della Regione Emilia-Romagna è stato sperimentato dal CRPA un processo di produzione della Struvite da digestato agrozootecnico. Il presente progetto offre l'opportunità di proseguire nella implementazione e messa a punto del processo e sua dimostrazione in ambito aziendale, passando da un TRL 5 ad un TRL 7

16 aprile 2026

# Sviluppo e implementazione del prototipo

Sistema prototipale a scala aziendale costituito da: **microfiltro** per ridurre la presenza di sostanza organica sospesa, **filtro zeolitico** per ridurre la concentrazione d'ammoniaca del digestato, **composito biochar-Mg** come additivo di magnesio a lento rilascio e catalizzatore della Struvite, **filtrpressa** per disidratare e compattare il precipitato struvitico prodotto dal prototipo



Schema del prototipo

# Il prototipo allo stato attuale

Microfiltro



Cristallizzatore/sedimentatore



Filtro zeolitico



16 ap

# Le attività previste

- Le attività del progetto mirano a valutare le prestazioni del prototipo, determinare il bilancio di massa e dei nutrienti e il tenore di azoto e fosforo nei digestati trattati e nella struvite prodotta.
- L'implementazione e sviluppo del prototipo è terminata, stiamo integrando tra loro le varie fasi del sistema prototipale (microfiltrazione, filtrazione con zeolite, aggiunta di composto biochar-Mg, cristallizzazione/precipitazione della struvite e disidratazione della frazione addensata ricca in struvite) per definire un impianto il più possibile pronto per la realizzazione in scala industriale.
- Verranno caratterizzati ai sensi del Regolamento EU 2019/1009 e della Direttiva EU 2026/288 i prodotti fertilizzanti di recupero ottenuti, la frazione densa e disidratata ricca in struvite ottenuta alla fine della fase di cristallizzazione/sedimentazione, il composto biochar/struvite e la zeolite arricchita in ammoniaca.

16 aprile 2026

# Conclusioni

- In un momento in cui i fertilizzanti di sintesi stanno subendo importanti rincari e le politiche di sviluppo rurale si stanno orientando al Green Deal e alla strategia Farm to Fork, diviene imprescindibile lavorare nella direzione di incrementare la circolarità dei nutrienti, includendo tra questi anche il carbonio (principale costituente della sostanza organica).
- La via della delocalizzazione degli effluenti zootecnici e digestati verso aree agricole potenzialmente ricettive non è sempre perseguibile, e per i costi, e per le difficoltà di convincere gli agricoltori che non allevano animali ad accettare effluenti e digestato per la fertilizzazione dei loro terreni.
- Da qui l'esigenza di ricorrere anche a tecnologie di recupero e valorizzazione del contenuto di nutrienti negli effluenti e digestati, per ottenere fertilizzanti di recupero.
- A questa crescente domanda l'industria di mezzi tecnici sta cercando di dare una risposta offrendo soluzioni tecnologiche che dovrebbero rispondere ai requisiti della sostenibilità economica e dell'applicabilità in un contesto aziendale agricolo.

16 aprile 2026



[www.struvite.it](http://www.struvite.it)

Grazie per l'attenzione  
s.piccinini@crpa.it

LABORATORI

RETE ALTA TECNOLOGIA  
EMILIA-ROMAGNA  
HIGH TECHNOLOGY NETWORK



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

CENTRO  
INTERDIPARTIMENTALE  
DI RICERCA INDUSTRIALE  
FONTI RINNOVABILI,  
AMBIENTE, MARE, ENERGIA  
FRAME



ENERGIA E SOSTENIBILITÀ

IMPRESE

SOCIETÀ AGRICOLA  
**COLOMBARO SRL**



Società del Gruppo Herambiente



RETE ALTA TECNOLOGIA  
EMILIA-ROMAGNA  
HIGH TECHNOLOGY NETWORK



Cofinanziato  
dall'Unione europea



Regione Emilia-Romagna