

ENEA

Workshop

***La gestione circolare del fosforo:
RISULTATI E PROSPETTIVE DELLA
PIATTAFORMA ITALIANA DEL FOSFORO***

**PIATTAFORMA
ITALIANA DEL
FOSFORO**



in collaborazione con:



**Ministero dell'Ambiente
e della Sicurezza Energetica**

**11 MAR
2026**

Auditorium
Ministero dell'Ambiente
e della Sicurezza Energetica



PIATTAFORMA
ITALIANA DEL
FOSFORO

11 marzo 2026, Roma



Progetto STRUVITE: post-trattamento del digestato con recupero di Struvite

S. Piccinini, G. Moscatelli



LABORATORI



IMPRESE



Il progetto

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 regola Europea 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.

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



11 marzo 2026, Roma



Cofinanziato dall'Unione europea



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.**



11 marzo 2026, Roma

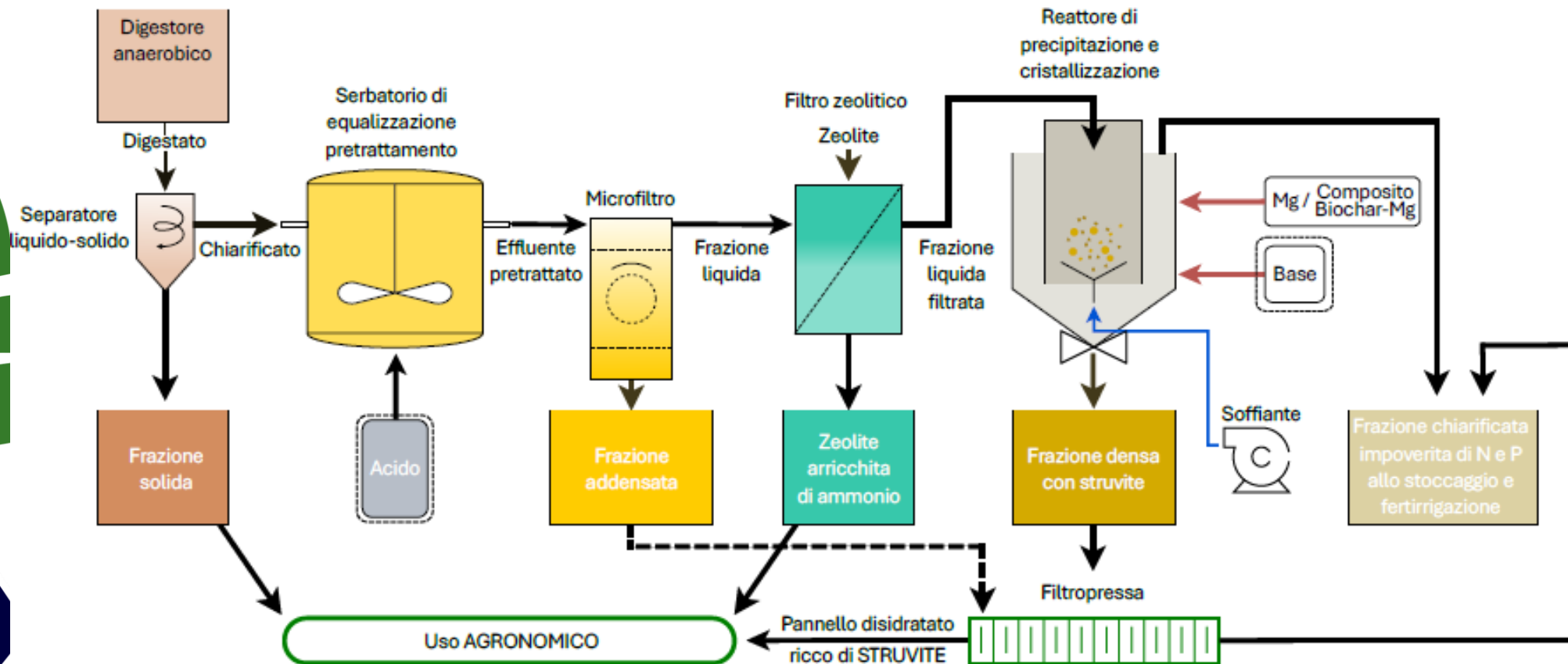


Risultati attesi

- 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

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



Il prototipo: veduta d'insieme



Il prototipo

- La **prima sezione di pretrattamento** prevede l'eventuale aggiunta di acido per incrementare la frazione minerale di fosforo (ortofosfato), già naturalmente presente nei liquami suinicoli digeriti; una successiva microfiltrazione a 40 micron (macchina messa a disposizione da WAMGROUP) al fine di avviare alla cristallizzazione un refluo il più possibile privo di materiale sospeso e particolato solido che ostacolerebbero la formazione della struvite e una filtrazione con zeolite (sistema prototipale messo a disposizione sempre da WAMGROUP e sviluppato con la collaborazione dell'Università di Ferrara, partner del progetto con il laboratorio Terra&AcquaTech) per rimuovere e recuperare parte dell'azoto ammoniacale, ripristinando un più corretto rapporto molare tra azoto e fosforo, altrimenti decisamente sbilanciato verso l'azoto e nel contempo ottenere un ammendante azotato, la zeolite arricchita in ammonio.

Il prototipo

- La **seconda sezione** si compone di un reattore cilindrico di cristallizzazione, concentrico ad un reattore a cono rovesciato in cui avviene la successiva fase di precipitazione della struvite. La frazione addensata ricca di struvite viene scaricata dal fondo, mentre lo scarico del surnatante chiarificato avviene nell'estremità alta. Nel reattore di cristallizzazione può essere aggiunto un sale di magnesio, nel caso fosse necessario aumentare la concentrazione di ione magnesio per garantire i rapporti stechiometrici ottimali alla cristallizzazione della struvite: nel progetto verrà testata l'aggiunta di un composito innovativo a base di biochar, prodotto da scarti agricoli, e magnesio recuperato da dolomia. Tale fase è sviluppata dall'Università di Bologna, anch'essa partner del progetto, con il laboratorio CIRI FRAME.

Il prototipo

- Una soffiante insuffla aria tramite una coppa porosa all'interno del reattore cilindrico di cristallizzazione con la duplice funzione di miscelare i reagenti e incrementare il pH attraverso lo strippaggio della CO₂. Un pH basico del refluo è necessario per la precipitazione della struvite. Nel caso l'aereazione non risultasse sufficiente ad ottenere il pH ottimale di 8,5-9,5, è previsto un sistema automatico di innalzamento del pH mediante l'aggiunta di un reagente basico. La frazione precipitata ed estratta dal sedimentatore viene poi sottoposta a filtrazione a pressione, con una filtropressa messa a disposizione dalla Diemme Soil Washing, per l'ottenimento di un pannello disidratato ricco di struvite avviabile, ad esempio, all'industria dei fertilizzanti organici e organo-minerali.
- Il prototipo è in grado di trattare in continuo e in modo autonomo fino a 5 m³ al giorno di digestato.

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, ora si stanno 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.
- Si sta valutando con attività di laboratorio anche l'applicabilità del recupero della struvite sulla frazione chiarificata da centrifugazione del digestato da Forsu, prodotta presso l'impianto di Biorg.
- Si stanno caratterizzando ai sensi del Regolamento Europeo 2019/1009 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.
- Infine, con metodologia LCA (Life Cycle Assessment) si valuterà la sostenibilità ambientale, senza perdere di vista la sostenibilità economica, del trattamento.

Le prime prove con il prototipo e considerazioni

Nel 2025 sono stati condotti test che hanno valutato tre diverse condizioni operative: la **prima** ha visto l'acidificazione del digestato chiarificato, microfiltro funzionante, aggiunta di $MgCl_2$ e alcalinizzazione del microfiltrato, estrazione del precipitato dal cristallizzatore/sedimentatore ogni 4 ore; nella **seconda** prova, dopo il microfiltro è stato inserito anche il filtro zeolitico (si utilizza tufo ricco in chabazite) con produzione di zeolite arricchita in ammonio, e con le stesse altre condizioni di cui sopra; la **terza** prova è stata condotta senza l'utilizzo del filtro zeolitico, ma con la sostituzione del $MgCl_2$ con il composito biochar-Mg. Il composito biochar-Mg utilizzato (72 kg) è stato prodotto in laboratorio e alimentato al prototipo come slurry pompabile (una soluzione del composito con acqua 1:2).

pH	[-]	8,27
Solidi totali (ST)	[g/kg tq]	46,95
	[%tq]	4,7
Solidi volatili (SV)	[g/kg tq]	29,86
	[%ST]	63,6
Azoto totale Kjeldhal (NTK)	[mg/kg tq]	4679
	[%ST]	10,0
Azoto ammoniacale ($N-NH_4^+$)	[mg/kg tq]	3223
	[%NTK]	69,0
Fosforo totale (P)	[mg/kg tq]	1272
	[%ST]	2,7
Fosforo ortofosfato ($P-PO_4^{3-}$)	[mg/kg tq]	300
	[%P tot]	23,6
Magnesio (Mg)	[mg/kg tq]	668
	[%ST]	1,4
Calcio (Ca)	[mg/kg tq]	1645
	[%ST]	3,5

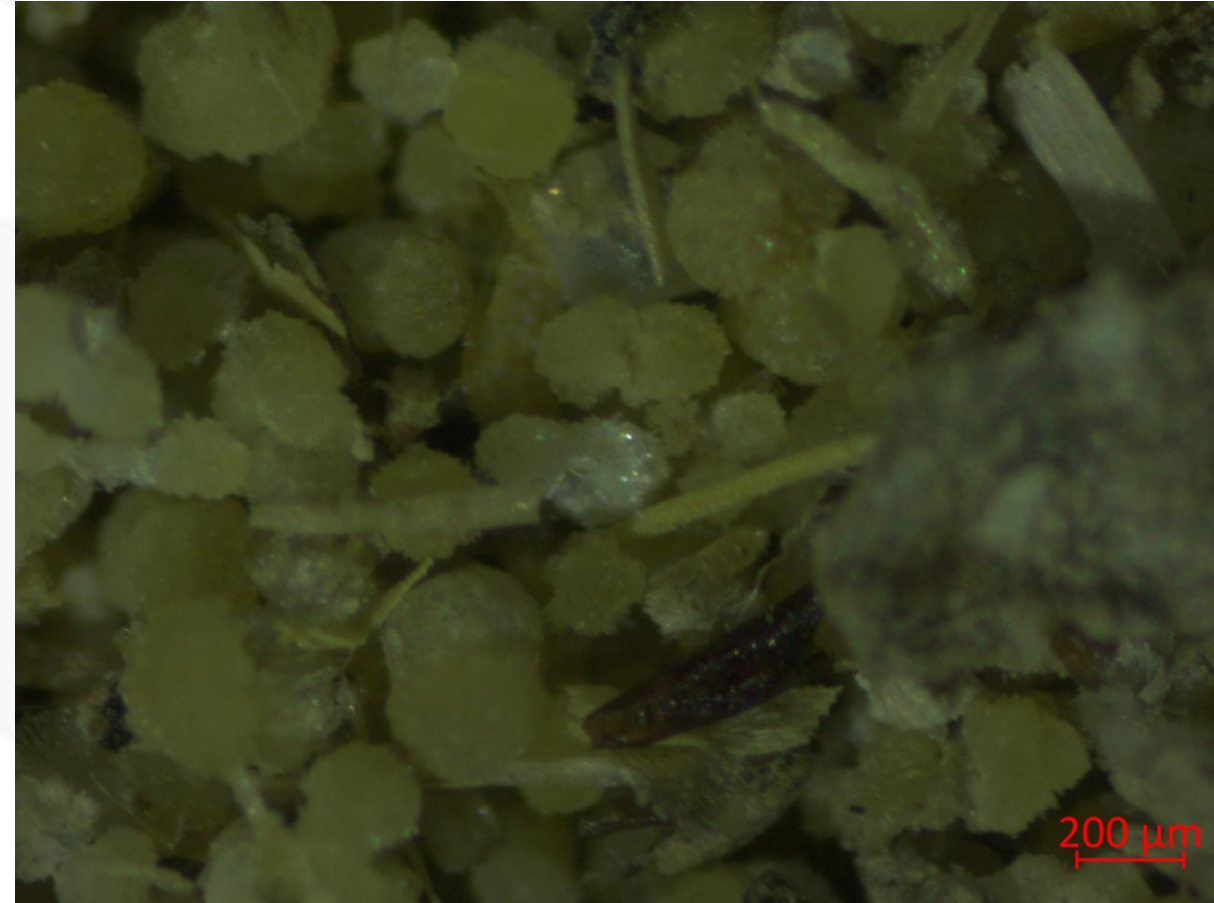
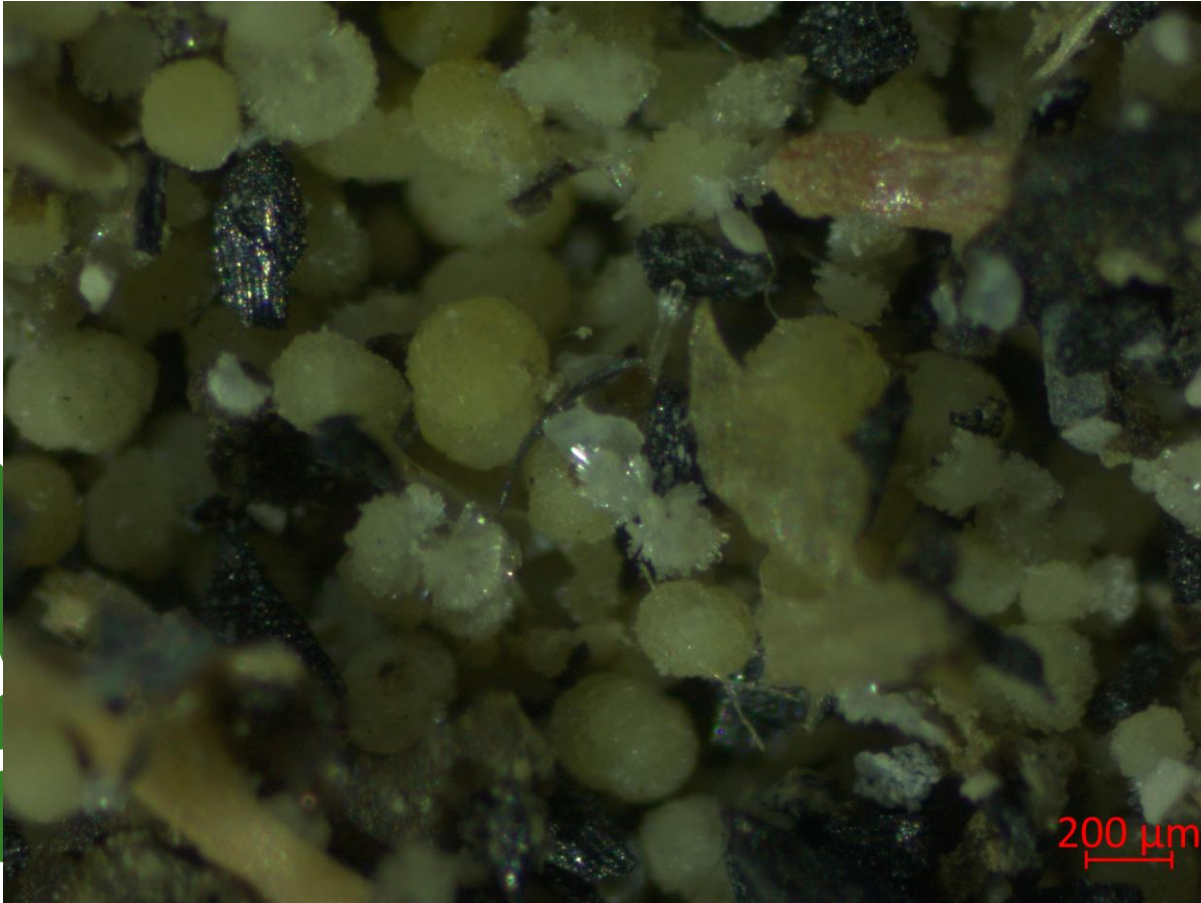
Tab.1: Caratteristiche chimico-fisiche medie (6 campioni) del digestato chiarificato (trattato con separatore a compressione elicoidale) oggetto del trattamento con il sistema prototipale

Le prime prove con il prototipo e considerazioni

Test	Matrice	pH	ST		SV		NTK		N-NH ₄ ⁺		P _{tot}		P-PO ₄ ³⁻		Mg	
			g/kg	%	g/kg	%ST	mg/kg	%ST	mg/kg	%NTK	mg/kg	%ST	mg/kg	%P _{tot}	mg/kg	%ST
1	Addensato	7,48	65,39	6,5	42,48	65,0	5269	8,1	3125	59,3	1885	2,9	234	12,4	1263	1,9
	Surnatante	7,90	34,27	3,4	19,35	56,5	4014	11,7	2812	70,1	392	1,1	137	34,9	433	1,2
	Precipitato struvitico	9,52	48,48	4,8	21,97	45,3	3829	7,9	2784	72,7	526	1,1	42	8,0	1032	2,1
2	Addensato	7,31	68,02	6,8	44,75	65,8	4848	7,1	4213	86,9	1896	2,8	420	22,2	1167	1,7
	Zeolite ammonificata	-	478,28	47,8	56,91	11,9	6647	1,4	4314	64,9	-	-	-	-	-	-
	Surnatante	7,59	34,06	3,4	18,47	54,2	3501	10,3	2347	67,0	546	1,6	225	41,2	426	1,3
	Precipitato struvitico	9,18	44,79	4,5	20,83	46,5	3953	8,8	2769	70,0	657	1,5	27	4,1	878	2,0
3	Addensato	7,32	75,10	7,5	48,91	65,1	5041	6,7	3043	60,4	1956	2,6	473	24,2	1278	1,7
	Surnatante	8,89	44,38	4,4	23,64	53	3933	8,9	2840	72,2	506	1,1	78	15,4	1118	2,5
	Precipitato struvitico	9,37	61,74	6,2	24,97	40,4	5210	8,4	2793	53,6	922	1,5	118	12,8	2626	4,3

Tab. 2: Caratteristiche chimiche dei principali flussi dei “prodotti” del sistema prototipale campionati durante le prime tre prove condotte sul prototipo: precipitato struvitico, zeolite arricchita in ammonio, frazione addensata del microfiltro, surnatante del reattore di precipitazione cristallizzazione.

Foto Microscopio



Prove di filtropressatura



Precipitato struvitico condizionato con Cloruro ferrico + composto Biochar-Mg

Sostanza secca pannello da filtropressatura = 37%

Le prime prove con il prototipo e considerazioni



- il recupero di fosforo e azoto dai digestati agro-zootecnici con il sistema prototipale Struvite risulta tecnicamente fattibile; il progetto è ancora in corso e il precipitato contenente struvite viene ora sottoposto alle prove di filtropressatura al fine di ottenere un materiale più “secco” e quindi più facilmente gestibile;
- tale materiale, in ogni caso, dovrà essere ulteriormente raffinato/valorizzato, per poter effettivamente sostituire i minerali fosfatici con fosforo di recupero in accordo col nuovo regolamento europeo sui fertilizzanti. Sono in corso di attivazione collaborazioni in tal senso con imprese produttrici di fertilizzanti;
- l'elevata concentrazione di solidi, sostanza organica e sali minerali, in particolare calcio, nel digestato, anche se sottoposto a separazione solido/liquido, risulta una criticità in quanto ostacola la formazione dei cristalli di struvite e la loro successiva precipitazione. Il sistema di pretrattamento del digestato prima dell'immissione nel sistema prototipale di cristallizzazione/precipitazione della struvite può e deve essere ulteriormente efficientato. Le prove che verranno condotte nei prossimi mesi verteranno in particolare su questo aspetto;



11 marzo 2026, Roma



Le prime prove con il prototipo e considerazioni

- In relazione ai dati presentati in *tabella 2*, il contenuto di Solidi Totali (ST) del surnatante non risulta significativamente ridotto rispetto al digestato chiarificato (vedi *tabella 1*) in ingresso al trattamento in quanto nel processo è stato aggiunto nei test 1 e 2 sale di cloruro di magnesio e nel test 3 il composito biochar-Mg, che in piccola parte ritroviamo nel surnatante; inoltre nel test 3 il fatto che il contenuto di N e P del precipitato siano superiori così come il Mg è da attribuire sempre all'aggiunta del composito biochar-Mg;
- anche le prove in campo hanno dimostrato l'elevata affinità della zeolite nel catturare l'azoto ammoniacale e successivi test in laboratorio di essiccazione della zeolite arricchita in ammonio prodotta hanno evidenziato la sua capacità di non rilasciare l'azoto ammoniacale nonostante l'evaporazione della componente acquosa;
- la frazione addensata del microfiltro contiene gran parte della sostanza organica, del fosforo e dell'azoto organici presenti nel digestato chiarificato (vedi *tabella 1*) in ingresso al sistema prototipale; tale frazione può essere rinviata nel digestore anaerobico per un ulteriore recupero di biogas o sottoposta a filtropressatura per ottenere una frazione disidratata con un buon tenore di sostanza organica.



11 marzo 2026, Roma



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



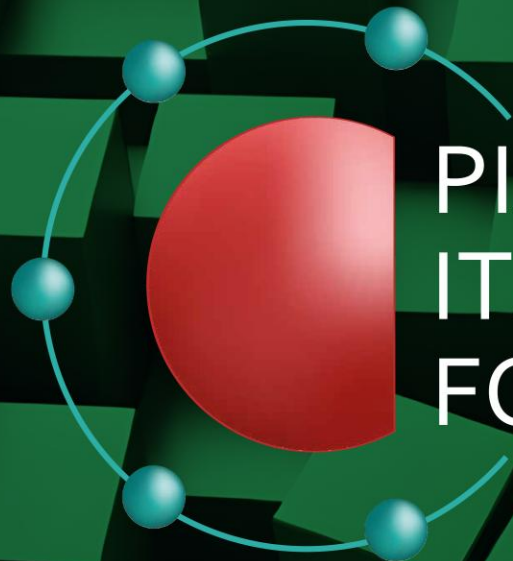
RETE ALTA TECNOLOGIA
EMILIA-ROMAGNA
HIGH TECHNOLOGY NETWORK



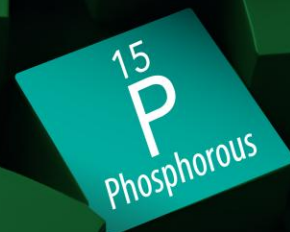
Cofinanziato
dall'Unione europea



Regione Emilia-Romagna



PIATTAFORMA ITALIANA DEL FOSFORO



info@piattaformaitalianafosforo.it

piattaformaitalianafosforo.it



La Piattaforma Nazionale del Fosforo
è una iniziativa promossa dal
Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica