



UNIONE EUROPEA
FONDO EUROPEO AGRICOLO
PER LO SVILUPPO RURALE:
l'Europa investe nelle zone rurali



Regione Umbria



an environmental high tech shuttle structure

Tel. +39-75-31556 /335 7029166 /335 387068

C.F. / P.IVA 00289900540

Sereco Biotest sas

Via C. BALBO,7

06121 PERUGIA

sereco@serecobiotest.it

www.serecobiotest.it

RELAZIONE TECNICA SULLA SPERIMENTAZIONE E SUI RISULTATI OTTENUTI

ATTIVITA' 2.1 E 2.2

PROGETTO: NUTRIFARM

Programma di sviluppo rurale per l'Umbria 2014/2020 Misura 16 "Cooperazione" - sottomisura 16.2 –
Tipologia di intervento 16.2.1 "Sostegno a progetti pilota e allo sviluppo di nuovi prodotti, pratiche,
processi e tecnologie realizzati da altri partner diversi dai Gruppi Operativi e dalle Reti o Poli di nuova
costituzione"

N° DOMANDA SIAN: 14250107506

INTRODUZIONE

A partire dalla seconda metà del 2023 è stata data attuazione all'esecuzione della progettazione di cui alla relazione del 30/06/2023 che è consistita in:

- ricognizione delle unità elettro-meccaniche (pompe volumetriche, pompe peristaltiche dosatrici, valvole, saracinesche, agitatori) con verifica di funzionamento, smontaggio e collaudo in officina
- verifica piping e realizzazione collegamenti idraulici mancanti
- verifica impianti elettrico e messa a punto
- programmazione PLC
- installazione sensoristica di misura

Il lavoro è risultato, soprattutto per il fatto che gli spazi di manovra dell'impianto containerizzato erano angusti. Inoltre, la gran parte delle pompe e sistemi di intercettazione idraulico di risulta del vecchio impianto è risultata fuori uso ed è stato necessario sostituirla o dedicarsi ad una meticolosa e lunga opera di ripristino.

Per tutto questo i lavori di realizzazione ed assemblaggio dell'impianto SERMAP si sono conclusi nel mese di Febbraio 2024.

A questo punto, nel mese di Marzo 2024 si è dato inizio alle operazioni di verifica funzionale dell'impianto "in bianco", ossia con acqua in luogo della matrice biologica, e al collaudo che è durato ca. 30 giorni.

Nel mese di Aprile 24 si è iniziato ad un utilizzare matrici biologiche.

Si è tentato, sfruttando la possibilità di utilizzare un collegamento idraulico diretto, di alimentare l'impianto SERMAP, con liquor biologico proveniente dal digestore secondario. Tuttavia, questa matrice, risultando troppo ricca in solidi (ST > 10%), ha determinato il clogging totale di pompe e tubazioni e sono stati necessari circa 15 giorni per il ripristino totale

A quel punto si è dato inizio alle prove di precipitazione con reagenti.

Sono stati eseguiti 20 cicli di testing, dato che il volume di digestato che l'azienda ha potuto mettere a disposizione è stato di ca. 60 m³ e che ogni ciclo è risultato essere pari a 3 m³ costituito da 1,5 batch a ciclo.

Per ogni ciclo è stato prodotto un chiarificato deammonificato e un precipitato organico di sali di fosforo. Nell'effluente liquido proveniente da ogni ciclo sono stati analizzati: pH, solidi

sospesi, azoto ammoniacale, ortofosfato, magnesio, potassio, calcio, sodio, Nel precipitato solido proveniente da ogni ciclo invece sono stati analizzati: PS a 40°C, azoto totale, fosforo totale, magnesio totale, potassio totale, calcio totale.

DESCRIZIONE SPERIMENTAZIONE E RISULTATI

Ogni batch di trattamento è costituito da 1,5 m³ della matrice da sottoporre al processo (digestato anaerobico proveniente dal processo di DA della Ditta Iraci) è stato trattato dosando i reagenti (MgCl₂, H₃PO₄ e NaOH) attraverso le pompe dosatrici peristaltiche all'interno della vasca di reazione in cui viene immesso il digestato tramite la pompa di scarico del carrobotte (l'introduzione non è diretta). L'agitazione è assicurata da un dispositivo di agitazione ad asse verticale.

Ogni test è rappresentato dal trattamento di 2 batch da 1,5 m³, al fine di avere un carico al sedimentatore (quest'ultimo avente un volume utile 2,2 m³) che permetta l'ottenimento di un troppo pieno di scarico del liquor chiarificato deammonificato.

Nei 20 test di prova sono stati utilizzati 4 Rapporti Molari (RM 1, RM 2, RM 3, RM 4) ad intensità decrescente di utilizzo dei reagenti precipitativi.

Lo *slurry* cristallino accumulatosi nel sedimentatore a fondo conico è stato, al termine di ogni test, trasferito tramite carrobotte al separatore centrifugo in dotazione all'impianto DA consentendo quindi l'ottenimento di un precipitato solido ricco in sali di fosforo e magnesio avente valore fertilizzante.

I risultati del testing con grafici e tabelle, utilizzando come matrice di partenza la frazione liquida del digestato aziendale, sono riportati per esteso in Allegato 1 "Risultati Test di Precipitazione – Frazione Liquida" e in Allegato 2 "Risultati Test di Precipitazione – Frazione Solida".

I metodi utilizzati per le determinazioni analitiche sono quelli riportati nella precedente relazione tecnica (Att. 1.2).

Dalla disamina dei valori ottenuti per la frazione liquida deammonificata (chiarificato) si può evincere che la reazione precipitativa è caratterizzata da un elevato abbattimento dell'ammonio in entrata che va da un massimo del 75% ad un minimo del 46%. Si può notare dal grafico di Allegato 1 che l'efficienza di abbattimento dipende dal RM settato.

In Allegato 2 sono riportati per esteso i risultati delle determinazioni analitiche eseguite sui 20 precipitati cristallini salini separati meccanicamente.

Si può notare che la resa di produzione del precipitato salino oscilla tra i 33 e i 18 Kg/m³ trattato risultando influenzata dal RM utilizzato. Maggiore è infatti la quantità di reagenti

utilizzata, maggiore è la resa di precipitazione e maggiore è la quantità di solido cristallino che si ricava.

La purezza del precipitato in termini di presenza di struvite oscilla tra un massimo del 37% e un minimo del 6% e risulta essere estremamente variabile.

PROVA EFFETTUATA CON IL LIQUAME SUINICOLO DELL'AZIENDA AGRICOLA MATTONI

A completamento dell'attività di testing è stata effettuata una prova utilizzando come materiale da sottoporre alla precipitazione struvitica un lotto di liquame suinicolo proveniente dall'allevamento suinicolo Mattoni.

I risultati completi delle prove analitiche, rispettivamente per chiarificato liquido deammonificato e precipitato solido cristallino, sono presentati nelle tabelle seguenti e negli allegati 3 e 4.

E' stato utilizzato un RM 2.

Tab. 1 – Dati analitici test di precipitazione ammoniacale (FASE LIQUIDA)

		START	END
RM		3	3
NH₄	mg/l NH ₄	1980	763
NTK	mg/l	2315	1258
PO₄	mg/l	375	103
Ptot	mg/l	451	169
Mg	mg/l	95	13
Ca	mg/l	185	140
K	mg/l	598	320
Na	mg/l	153	65
Vol test	l	3000	
NaOH input	l	249	
NaOH input	% v/v	8,3	
[PO ₄] input	mg/l		7985
[Mg] input	mg/l		2017
TOT [PO ₄]	mg/l		8360
TOT [Mg]	mg/l		2112
NH₄			

[NH ₄] fin/in	%	38,5
NH₄ ABATED	%	61,5

Tab. 2 – Dati analitici test di precipitazione ammoniacale (FASE SOLIDA)

TEST MATTONI			STRUVITE PROXIMATE ANALYSIS	
			THEORETICAL %	PA - DEVIATIONS (%)
PS 40°C	g	68521		
Vol trattato	litri	3000		
PS 40°C	%	2,3	Ntot	5,7
Resa spec PS	Kg PS/m³	23	Ptot	12,6
NH₄	%	1,51	Mg	9,8
N-NH₄	%	1,16	Estim O-SEP purity	16,7
PM NH₄		18		
n N-NH ₄	n	44,3		
M _{struv}	n	245,40	Massa molare struvite	
m _{O-SEP}	g	68521	Massa O-SEP	
O-SEP NH₄ molar PURITY	%	15,9		
Ntot Kjeldahl	%	2,27		
N-NH₄/NTK	%	0,51		
Ptot	%	5,17		
Mg	%	1,64		
Ca	%	1,90		
K	%	0,71		
TOC	%	2,46		
SO	%	4,2		
P ₂ O ₅	%	11,8	come P totale	
MgO	%	2,7		
CaO	%	2,66		
K ₂ O	%	0,86		

Per quanto riguarda la frazione liquida deammonificata (chiarificato) si può notare da Tab.1 come la reazione precipitativa sia stata caratterizzata da un abbattimento dell'ammonio più che soddisfacente (61,5%) in considerazione del fatto che si è utilizzato un RM medio-basso.

Esaminando i dati riportati in Tab.2 si evidenzia una resa di produzione del precipitato salino oscilla pari a 23 Kg/m³

La purezza del precipitato in termini di fosfato ammonio magnesiano risulta essere, da analisi prossimale, pari al 17% ca.

Performance tecnico-economiche del processo

Sulla base dei risultati delle prove sperimentali sono state approntate delle stime tecnico-economiche riguardanti il processo in funzione di una sua possibile industrializzazione, in particolare

- a) i costi operativi del processo, relativi cioè al consumo dei reagenti in relazione a determinate percentuali di abbattimento (ovvero del RM di settaggio della reazione), considerando che i costi energetici sono trascurabili, oscillano tra i 13 e i 38 €/m³ trattato¹. Un costo che solo apparentemente potrebbe apparire elevato. Infatti, da un lato vi è il fatto che la concentrazione di ammonio del refluo da trattare è particolarmente elevato, nell'ordine dei 4000 ppm. Basti considerare che nel caso del refluo zootecnico che esibisce tenori di ammonio ben più bassi (intorno a 2000 ppm) il costo si riduce nel range 7-23 €/m³ trattato. Va sottolineato che tale costo potrebbe oscillare in funzione delle fluttuazioni dei prezzi di mercato delle commodities chimiche ma che tale aumento si rifletterà direttamente sul valore di vendita del precipitato struvitico (v.punto c);
- b) il numero di batch eseguibili in 24 h, ovvero la potenzialità giornaliera di trattamento. Nell'impianto sperimentale, in cui sono state riutilizzate pompe di carico e dosatrici di risulta da un impianto dismesso, quindi non perfettamente efficienti e non perfettamente dimensionate rispetto alle necessità del processo, i tempi di carico, miscelazione e trasferimento sono risultati particolarmente lenti. Tuttavia, anche in questo scenario non ottimale, si è potuta realizzare il trattamento di un batch da 1,5 m³ in un tempo variabile tra 1,5h e 3h a seconda delle quantità di reagenti da immettere. Tale impianto, quindi, sarebbe in grado di trattare dai 4 agli 8 m³ al giorno se supervisionato, oppure 12-24 m³/gg se completamente automatizzato;
- c) il valore intrinseco del precipitato struvitico organico stabilendo, conseguentemente, un trade-off compensativo rispetto ai costi di utilizzo dei reagenti chimici. Tale processo di stima è particolarmente complesso in quanto non esiste ancora un mercato della struvite di recupero e permangono incertezze in merito all'inquadramento normativo, anche se la Commissione Europea ha

¹ Prezzi dei reagenti massimi riportati nel sito di e-commerce delle commodities Alibaba

recentemente riconosciuto i sali di fosforo di recupero, tra cui il fosfato ammonio magnesiaco, come CMC (CMC 12 per la precisione), anche se con alcuni vincoli compositivi che potrebbero interferire su una piena commercializzazione a livello comunitario (es. per l'elevata presenza di sostanza organica). Ad ogni modo, una stima semplice e prudente, basata sui punti N, P, Mg, Ca e K possono dare un'indicazione valoriale (pricing) che oscilla tra i 200 e i 300 €/ton. Tale materiale di recupero potrebbe essere considerato un fertilizzante organo-minerale, visto il suo elevato tenore di sostanza organica/carbonio organico. Una esauriente valutazione tecnico-economica e agronomica del solido precipitato ottenuto viene riportata nella relazione relativa all'Attività 2.3 (RISULTATI DEL TESTING: VALUTAZIONI TECNICO-ECONOMICHE E AGRONOMICHE).

CONCLUSIONI

Le numerose prove sperimentali messe in atto nell'impianto pilota che hanno permesso complessivamente il trattamento di 60 m³ di digestato anaerobico hanno dimostrato la fattibilità del processo basato sulla reazione di precipitazione cristallina dell'ammonio sottoforma di MAP con percentuali di abbattimento molto soddisfacenti e a costi tutto sommato contenuti.

Lo stesso si è riscontrato con la prova effettuata sul liquame suinicolo tal quale.

Il precipitato ottenuto, con rese soddisfacenti e in linea con quanto atteso, ha mostrato una composizione variabile, con un contenuto di struvite, presumibilmente pari al 15-30% in massa. Anche la composizione chimica è interessante, configurandosi come un fertilizzante organo-minerale ternario.

Un altro aspetto molto importante emerso riguarda la capacità che il gruppo tecnico di lavoro ha manifestato nel poter implementare con successo il processo di precipitazione dell'ammonio riutilizzando un impianto dismesso facendo un revamping completo.

Ciò sta a testimoniare con forza come la tecnologia oggetto della sperimentazione risulta flessibile, modulabile ed adattabile ad ogni situazione in una customerizzazione che consente la sua implementazione in maniera del tutto economica e alla portata di aziende medio-piccole delle filiere agro-industriali.

La ricerca, pur essendo stata foriera di risultati molto utili dal punto di vista tecnico-scientifico non può considerarsi esaurita in quanto molto spazio esiste per un approfondimento relativamente all'ottimizzazione del processo, in maniera particolare per ciò che riguarda la resa di produzione del precipitato solido struvitico che è auspicabile possa aumentare per poter rendere il processo circolare più profittevole.

15/11/2024

Dott. Luca Poletti




Dott. Roberto Poletti
AGRICULTURAL ENGINEER
Biorenewables Project Manager
Sereco Biotest s.a.s.
Via C. BALBO,7
06121 PERUGIA
r.poletti@serecobiotest.it
www.serecobiotest.it
Tel. +39-75-31556
Cell. 338 3738868

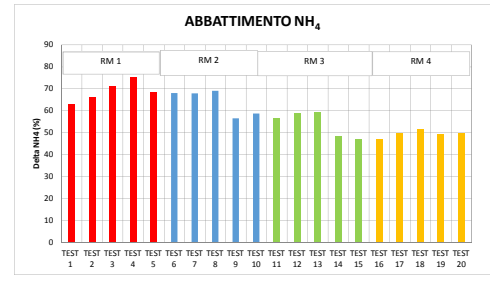


Roberto Poletti

ALLEGATO 1:

RISULTATI TEST PROCESSO MAP – FRAZIONE LIQUIDA DIGESTATO AZ. AGRARIA IRACI BORGIA

START																				END																					
	TEST 1	TEST 2	TEST 3	TEST 4	TEST 5	TEST 6	TEST 7	TEST 8	TEST 9	TEST 10	TEST 11	TEST 12	TEST 13	TEST 14	TEST 15	TEST 16	TEST 17	TEST 18	TEST 19	TEST 20	TEST 1	TEST 2	TEST 3	TEST 4	TEST 5	TEST 6	TEST 7	TEST 8	TEST 9	TEST 10	TEST 11	TEST 12	TEST 13	TEST 14	TEST 15	TEST 16	TEST 17	TEST 18	TEST 19	TEST 20	
RM	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	
NH ₄	mg/l/NH ₄	3856	3690	3765	3815	3567	3606	3672	3581	3981	3884	4014	3982	4984	4156	3945	3775	3991	4002	3778	3993	1430	1246	1079	949	1124	1151	1178	1111	1732	1606	1753	1642	2020	2148	2098	2012	2007	1944	1923	2001
NTK	mg/l	5013	4797	4894,5	4959,5	4637	4688	4774	4655	5175	5049	5218	5177	6479	5403	5129	4908	5188	5203	4911	5191	1788	1558	1349	1186	1405	1439	1473	1389	2165	2008	2191	2053	2525	2685	2623	2515	2509	2430	2404	2501
PO ₄	mg/l	519	513	524	518	520	534	523	515	513	509	522	518	534	518	498	537	541	517	523	508	222	244	240	235	226	228	223	243	230	220	212	233	211	212	244	228	248	232	216	250
Ptot	mg/l	622,8	615,6	628,8	621,6	624	640,8	627,6	618	615,6	610,8	626,4	621,6	640,8	621,6	597,6	644,4	649,2	620,4	627,6	609,6	255	281	276	270	260	262	256	279	265	253	244	268	243	244	281	262	285	267	248	288
Mg	mg/l	76	79	71	82	86	77	79	81	86	86	85	91	81	85	97	94	81	77	82	88	15	12	25	18	24	19	30	22	27	11	29	16	26	24	16	17	14	11	30	10
Ca	mg/l	225	276	210	298	198	254	288	251	276	221	256	236	276	288	276	254	258	276	251	229	165	170	134	169	169	174	138	170	177	161	169	167	161	141	157	158	156	142	174	147
K	mg/l	702	715	709	721	735	701	695	721	768	741	739	723	735	743	737	757	743	741	743	756	400	425	456	455	499	480	404	428	429	415	499	450	469	383	485	391	350	462	437	392
Na	mg/l	429	432	382	499	436	479	465	428	415	457	408	469	363	420	421	358	401	440	497	499	386	389	344	449	392	431	419	385	374	411	367	422	327	378	379	322	361	396	447	449
Vol test		3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000																				
NaOH input	l	356	321	357	321	304	309	312	301	287	296	281	287	255	251	257	243	201	205	209	204																				
NaOH input	% w/v	11,9	10,7	11,9	10,7	10,1	10,3	10,4	10,0	9,6	9,9	9,4	9,6	8,5	8,4	8,6	8,1	6,7	6,8	7,0	6,8																				
PO ₄ input	mg/l																					19832	18956	19347	19619	18306	14691	14981	14605	16296	15890	12189	12092	15249	12643	11995	7432	7884	7932	7453	7922
[Mg] input	mg/l																					5966	4844	4949	5005	4670	3769	3838	3739	3970	4057	3126	3095	3906	3240	3059	1919	2048	2057	1933	2042
TOT [PO ₄]	mg/l																					20351	19469	19871	20137	18826	15225	15504	15120	16809	16399	12711	12610	15783	13161	12493	7969	8425	8449	7976	8430
TOT [Mg]	mg/l																					5142	4923	5020	5087	4756	3846	3917	3820	4056	4143	3211	3186	3987	3325	3156	2013	2129	2134	2015	2130
NH ₄																																									
[NH ₄] fiv/in	%	37,1	33,8	28,7	24,9	31,5	31,9	32,1	31,0	43,5	41,3	43,7	41,2	40,5	51,7	53,2	53,3	50,3	48,6	50,9	50,1																				
NH ₄ ABATED	%	62,9	66,2	71,3	75,1	68,5	68,1	67,9	69,0	56,5	58,7	56,3	58,8	59,5	48,3	46,8	46,7	49,7	51,4	49,1	49,9																				



ALLEGATO 2:

RISULTATI TEST PROCESSO MAP – PRECIPITATO SOLIDO DIGESTATO AZ. AGRARIA IRACI BORGIA

		TEST 1	TEST 2	TEST 3	TEST 4	TEST 5	TEST 6	TEST 7	TEST 8	TEST 9	TEST 10	TEST 11	TEST 12	TEST 13	TEST 14	TEST 15	TEST 16	TEST 17	TEST 18	TEST 19	TEST 20
PS 40°C	g	98500	79600	83450	91456	83725	67660	70933	77738	68950	55720	58415	64019	69964	62055	62356	52574	60818	66466	58952,3	59238
Vol trattato	litri	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
PS 40°C	%	3,3	2,7	2,8	3,0	2,8	2,3	2,4	2,6	2,3	1,9	1,9	2,1	2,3	2,1	2,1	1,8	2,0	2,2	2,0	2,0
Resa spec PS	Kg PS/m ³	33	27	28	30	28	23	24	26	23	19	19	21	23	21	21	18	20	22	20	20
NH ₄	%	1,17	1,51	2,67	2,53	2,78	2,65	1,87	2,67	1,78	3,04	2,78	2,99	1,23	1,56	2,54	2,78	1,78	1,56	0,98	2,12
N-NH ₄	%	0,90	1,16	2,06	1,95	2,14	2,04	1,44	2,06	1,37	2,34	2,14	2,30	0,95	1,20	1,96	2,14	1,37	1,20	0,75	1,63
PM NH ₄		18																			
n N-NH ₄	n	49,3	51,4	95,3	99,0	99,6	76,7	56,7	88,8	52,5	72,5	69,5	81,9	36,8	41,4	67,8	62,5	46,3	44,4	24,7	53,7
M _{lim}	n	245,40																			
PS _{SEP}	g	98500	79600	83450	91456	83725	67660	70933	77738	68950	55720	58415	64019	69964	62055	62356	52574	60818	66466	58952	59238
O-SEP NH ₄ molar PURITY	%	12,3	15,9	28,0	26,6	29,2	27,8	19,6	28,0	18,7	31,9	29,2	31,4	12,9	16,4	26,7	29,2	18,7	16,4	10,3	22,3
Ntot Kjeldahl	%	1,93	2,82	2,14	1,52	2,44	2,72	1,13	1,43	1,29	2,15	1,16	2,63	2,82	1,02	2,17	1,74	2,69	1,06	2,13	1,87
N-NH ₄ /NTK	%	0,47	0,41	0,96	1,28	0,88	0,75	1,27	1,44	1,06	1,09	1,85	0,88	0,34	1,18	0,90	1,23	0,51	1,13	0,35	0,87
Ptot	%	4,78	3,58	3,64	4,18	3,64	4,87	3,39	4,38	3,77	4,98	3,42	4,58	4,15	4,82	4,94	3,36	4,72	3,41	4,39	4,26
Mg	%	1,07	0,89	0,95	1,08	1,30	1,38	1,40	0,96	0,87	0,86	0,96	0,88	0,82	0,98	0,95	1,20	0,92	0,78	0,87	0,81
Ca	%	1,37	1,43	1,60	1,48	1,00	1,40	1,25	1,23	0,96	0,97	0,97	1,23	1,41	0,97	1,25	1,60	1,07	1,56	1,44	1,15
K	%	0,36	0,52	0,24	0,41	0,40	0,35	0,26	0,58	0,25	0,47	0,55	0,23	0,60	0,63	0,48	0,51	0,37	0,22	0,58	0,40
TOC	%	2,93	2,46	3,97	3,16	3,44	3,59	3,29	2,14	2,44	2,15	2,54	1,62	2,34	1,66	2,30	2,95	3,58	1,63	1,94	2,61
SO	%	5,1	4,2	6,8	5,4	5,9	6,2	5,7	3,7	4,2	3,7	4,4	2,8	4,0	2,9	4,0	5,1	6,2	2,8	3,3	4,5
P ₂ O ₅	%	11,0	8,2	8,3	9,6	8,3	11,2	7,8	10,0	8,6	11,4	7,8	10,5	9,5	11,0	11,3	7,7	10,8	7,8	10,1	9,8
MgO	%	1,8	1,5	1,6	1,8	2,2	2,3	2,3	1,6	1,4	1,4	1,6	1,5	1,4	1,6	1,6	2,0	1,5	1,3	1,4	1,3
CaO	%	1,92	2,00	2,24	2,07	1,40	1,96	1,75	1,72	1,34	1,36	1,36	1,72	1,97	1,36	1,75	2,24	1,50	2,18	2,02	1,61
K ₂ O	%	0,43	0,63	0,29	0,49	0,48	0,42	0,31	0,70	0,30	0,57	0,66	0,28	0,72	0,76	0,58	0,61	0,45	0,27	0,70	0,48

STRUVITE PROXIMATE ANALYSIS																					
	THEORETICAL %	PA-DEVIATIONS (%)																			
		TEST 1	TEST 2	TEST 3	TEST 4	TEST 5	TEST 6	TEST 7	TEST 8	TEST 9	TEST 10	TEST 11	TEST 12	TEST 13	TEST 14	TEST 15	TEST 16	TEST 17	TEST 18	TEST 19	TEST 20
Ntot	5,7	-66,1	-50,5	-62,5	-73,3	-57,2	-52,3	-80,2	-74,9	-77,4	-62,3	-79,6	-53,9	-50,5	-82,1	-61,9	-69,5	-52,8	-81,4	-62,6	-67,2
Ptot	12,6	-62,1	-92,8	-83,1	-77,5	-84,6	-86,8	-77,6	-74,8	-81,4	-80,9	-67,6	-84,6	-94,1	-79,3	-84,2	-78,4	-91,1	-80,1	-93,8	-84,7
Mg	9,8	-89,1	-37,2	-36,1	-26,7	-36,1	-14,6	-40,5	-23,2	-33,9	-12,6	-40,0	-19,6	-27,2	-15,4	-13,3	-41,1	-17,2	-40,2	-23,0	-25,3
Estim O-SEP purity		10,9	7,2	16,9	22,5	15,4	13,2	22,4	25,2	18,6	19,1	32,4	15,4	5,9	20,7	15,8	21,6	8,9	19,9	6,2	15,3

ALLEGATO 3:

RISULTATI TEST PROCESSO MAP – FRAZIONE LIQUIDA LIQUAME SUINICOLO AZ. AGR. LA CAMPAGNOLA (MATTONI)

		START	END
RM		3	3
NH₄	mg/l NH ₄	1980	763
NTK	mg/l	2315	1258
PO₄	mg/l	375	103
Ptot	mg/l	451	169
Mg	mg/l	95	13
Ca	mg/l	185	140
K	mg/l	598	320
Na	mg/l	153	65
Vol test	l	3000	
NaOH input	l	249	
NaOH input	% v/v	8,3	
[PO ₄] input	mg/l		7985
[Mg] input	mg/l		2017
TOT [PO ₄]	mg/l		8360
TOT [Mg]	mg/l		2112
NH₄			
[NH₄] fin/in	%		38,5
NH₄ ABATED	%		61,5

ALLEGATO 4:

RISULTATI TEST PROCESSO MAP – PRECIPITATO SOLIDO AZ. AGR. LA CAMPAGNOLA (MATTONI)

				STRUVITE PROXIMATE ANALYSIS		
					THEORETICAL %	PA - DEVIATIONS (%)
PS 40°C	g	68521				
Vol trattato	litri	3000				TEST 1
PS 40°C	%	2,3		Ntot	5,7	-60,2
Resa spec PS	Kg PS/m³	23		Ptot	12,6	-59,0
NH₄	%	1,51		Mg	9,8	-83,3
N-NH₄	%	1,16		Estim O-SEP purity		16,7
PM NH₄		18				
n N-NH ₄	n	44,3				
M _{struv}	n	245,40	Massa molare struvite			
m _{O-SEP}	g	68521	Massa O-SEP			
O-SEP NH₄ molar PURITY	%	15,9				
Ntot Kjeldahl	%	2,27				
N-NH₄/NTK	%	0,51				
Ptot	%	5,17				
Mg	%	1,64				
Ca	%	1,90				
K	%	0,71				
TOC	%	2,46				
SO	%	4,2				
P₂O₅	%	11,8	come P totale			
MgO	%	2,7				
CaO	%	2,66				
K₂O	%	0,86				