

Verona 27 settembre 2012

TECNOLOGIE PER IL TRATTAMENTO DEL DIGESTATO E DEI LIQUAMI ZOOTECNICI

Chiumenti A., Chiumenti R.

Dati i vincoli posti dalla Direttiva Nitrati la gestione degli effluenti di allevamento non è sempre facile in Z.V. per la consistente richiesta di terreni che non sempre sono disponibili.

In molti casi la strada da percorrere è quella dei trattamenti.

Non tutte le tecnologie sul mercato sono, però, affidabili o economicamente sostenibili; cercherò di farne una panoramica per la gestione dei liquami zootecnici e per il digestato da impianti biogas.



I trattamenti all'attenzione dei media sono molteplici e sono riconducibili - con riferimento all'azoto - a due categorie di impianti:

- **quelli “*conservativi*” che spostano l'azoto dai liquami zootecnici e dal digestato in uno o più prodotti più facilmente gestibili**
- **quelli “*riduttivi*” che eliminano una parte dell'azoto, prevalentemente sotto forma di azoto molecolare**



Classificazione delle tecniche di trattamento

“riduttive”



trattamenti biologici

- ***Nitrificazione-Denitrificazione***
- ***“Compostaggio” CLF Modil***

a seconda dell'effetto
sull'azoto

“conservative”



trattamenti chimico-fisici

- ***separazione liquido/solido***
- ***filtrazione a membrane:
Ultra-filtrazione, Osmosi Inversa***
- ***essiccazione***
- ***evaporazione sottovuoto***
- ***strippaggio***

**Anche per
liquami**



SEPARAZIONE LIQUIDO/SOLIDO



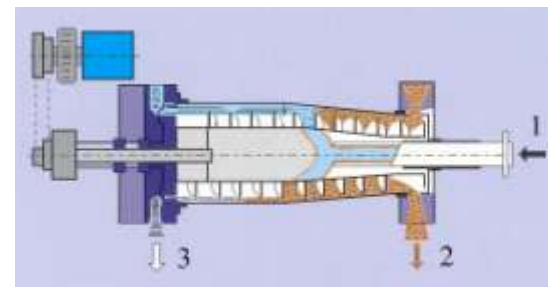
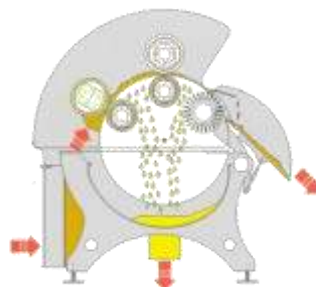
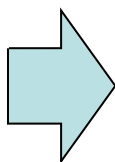
Il processo di *separazione liquido/solido* è un processo di tipo conservativo, tradizionalmente applicato ai liquami zootecnici tal quali, ma di uso comune anche sul digestato di impianti biogas.

Anzi, per il digestato costituisce il pretrattamento necessario per la funzionalità di quasi tutte le tecnologie di trattamento, come diremo nel secondo intervento.



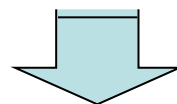
..... nella separazione liquido/solido l'azoto che rimane nella frazione separata dipende da:

- **tipologia del separatore utilizzato**



- **configurazione operativa del separatore (ad es. luci griglia, regolazioni)**
- **qualità dei liquami affluenti al trattamento**
 - dal loro contenuto di solidi sospesi
 - dalla qualità dell'azoto presente

In sintesi



L'azoto ammoniacale tende a restare in soluzione mentre l'azoto organico tende a rimanere nei solidi.

Nei liquami freschi una discreta frazione dell'azoto (30-40%) è presente nei solidi sospesi e può essere separata.

Nei liquami rimossi dalle stalle dopo qualche decina di giorni, gran parte dell'azoto è presente in forma ammoniacale e la percentuale di azoto separabile con la frazione separata risulta, pertanto, di limitata entità.

La frazione di azoto nei solidi è maggiore per i liquami bovini rispetto a quelli suinicoli

Anche per il digestato gran parte dell'azoto è in forma ammoniacale

	RIPARTIZIONE NELLA FRAZIONE SOLIDA (%)			
Tecnologia di separazione	massa t.q. (%)	ST (%)	N (%)	P (%)
Separazione meccanica digestato con vaglio cilindrico con coclea di compressione dei solidi (FAN)	9	25	11-13	19-20
centrifugazione con decanter a tamburo cilindrico conico ad asse di rotazione orizzontale (PIERALISI)	26	31	57-61	79-81
Separazione meccanica digestato con separatore a compressione elicoidale (CRI-MAN)	6	20	8	27
Separazione meccanica digestato con separatore a cilindri rotanti [DODA]	11	31	13	40
Separazione meccanica digestato con separatore a compressione elicoidale (WAM)	14	53	18	44
Separazione meccanica digestato con separatore a compressione elicoidale (CRI-MAN)	10	41	10	42



TRATTAMENTO A MEMBRANE

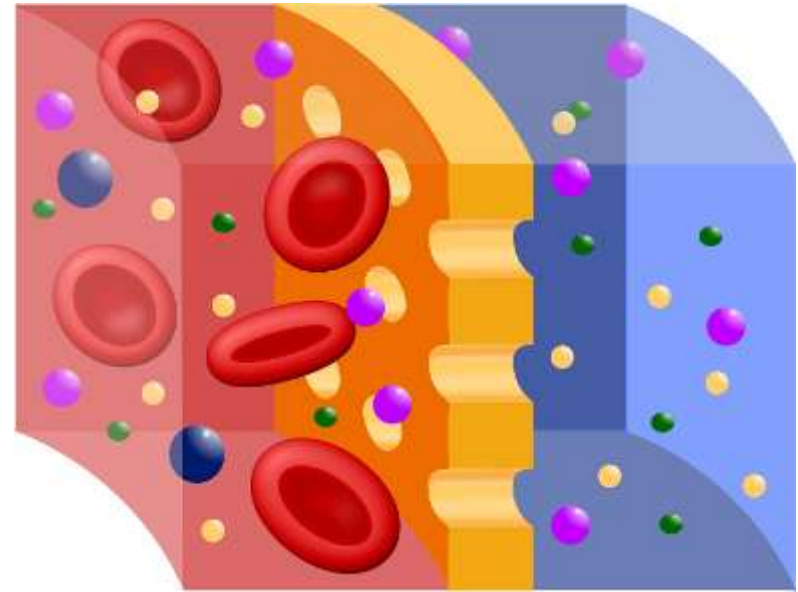
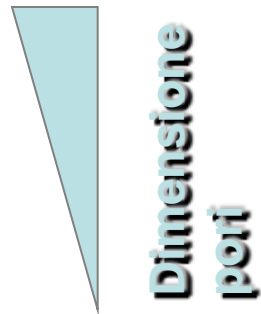


Università degli studi di Udine
Dip. Scienze Agrarie e Ambientali

Trattamento con membrane

Il trattamento mediante membrane consiste in una **filtrazione spinta**, operata per differenza di pressione, che consente di separare l'azoto dai liquami concentrandolo.

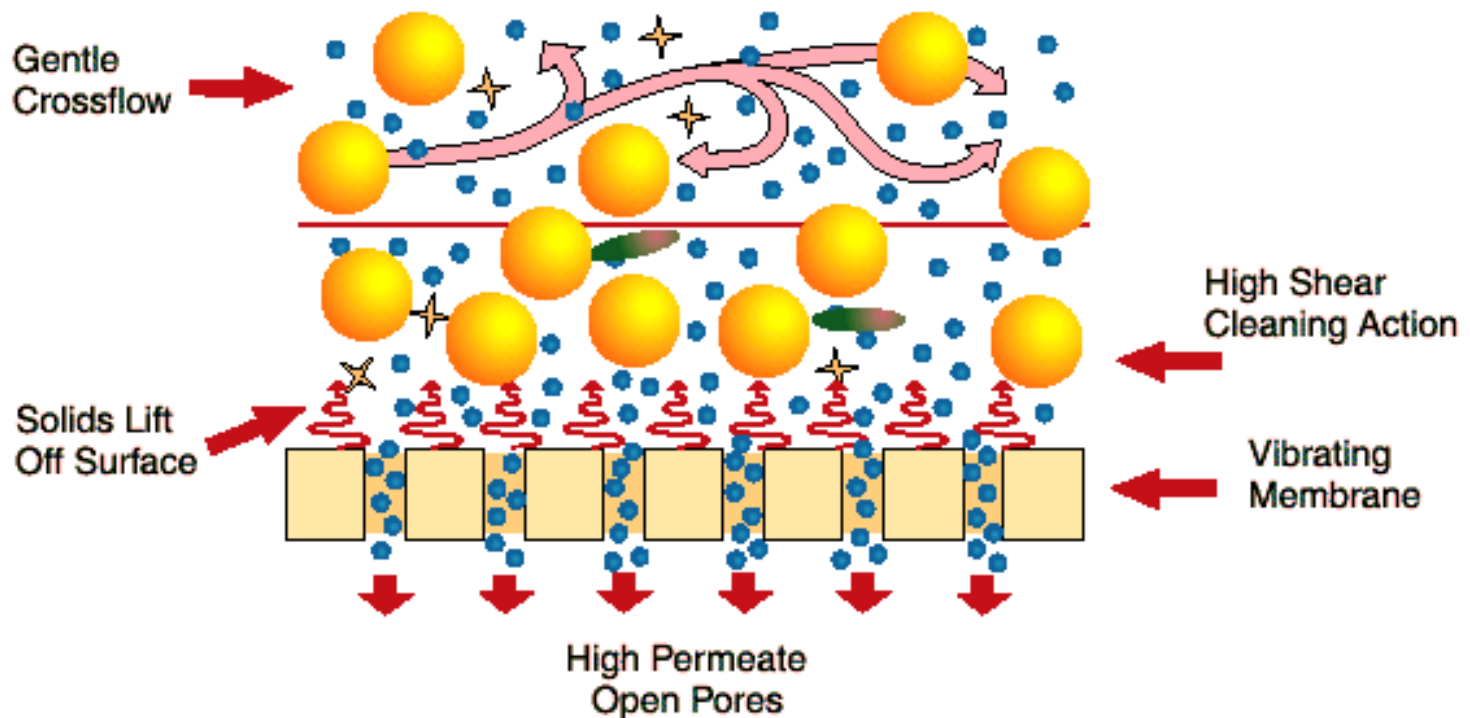
Ultrafiltrazione
nanofiltrazione
osmosi inversa



concentrato

permeato





Il pretrattamento per la rimozione di solidi è fondamentale per evitare che le membrane si intasino



Membrane ad immersione utilizzabili nel trattamento di nitro-denitro



Ultra Filtrazione – Osmosi Inversa



Pretrattamento

**Filtrazione a
membrane**



Ultra Filtrazione – Osmosi Inversa





ULTRA-FILTRAZIONE OSMOSI INVERSA

Impianto di biogas da
900 kWe

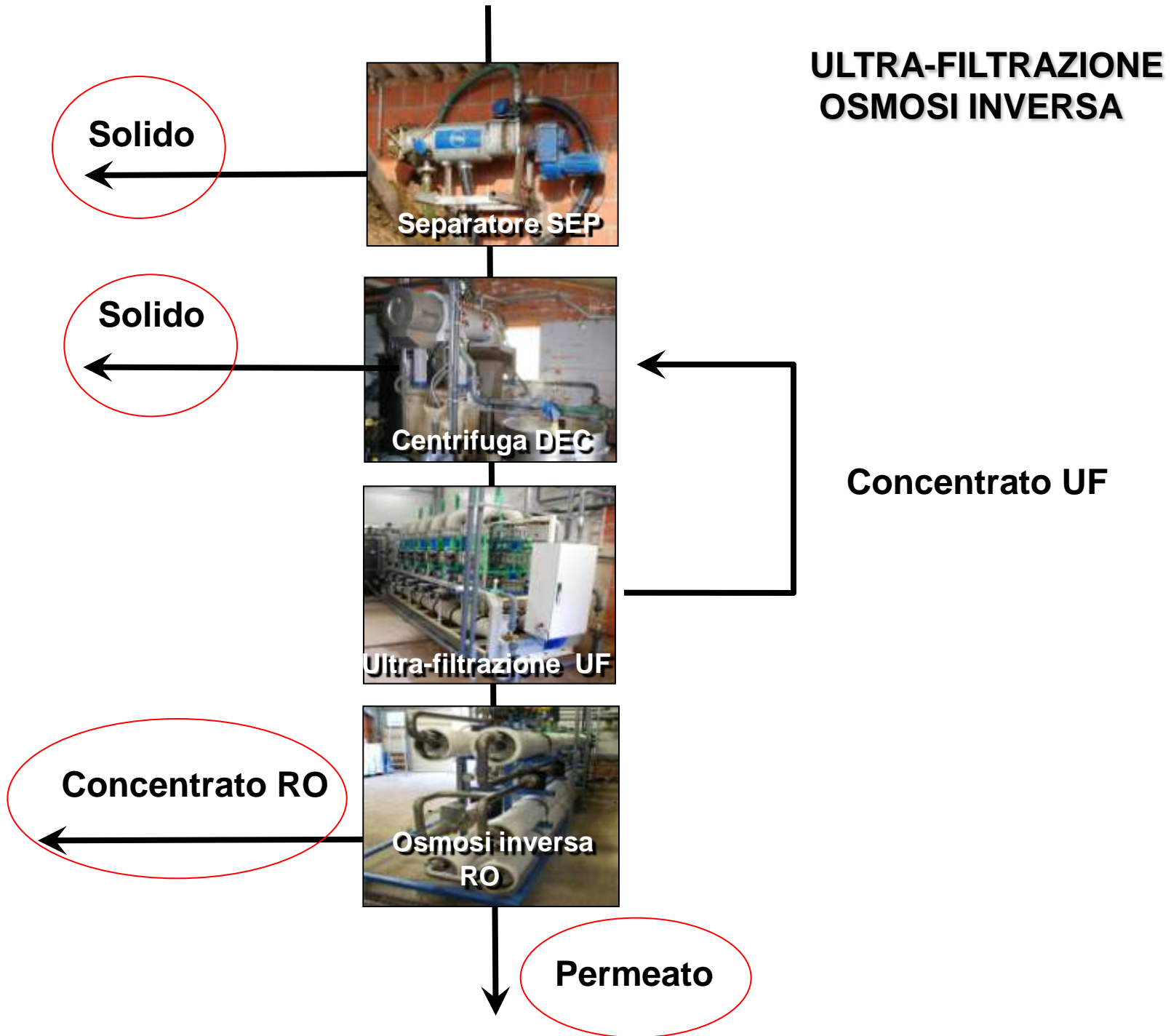


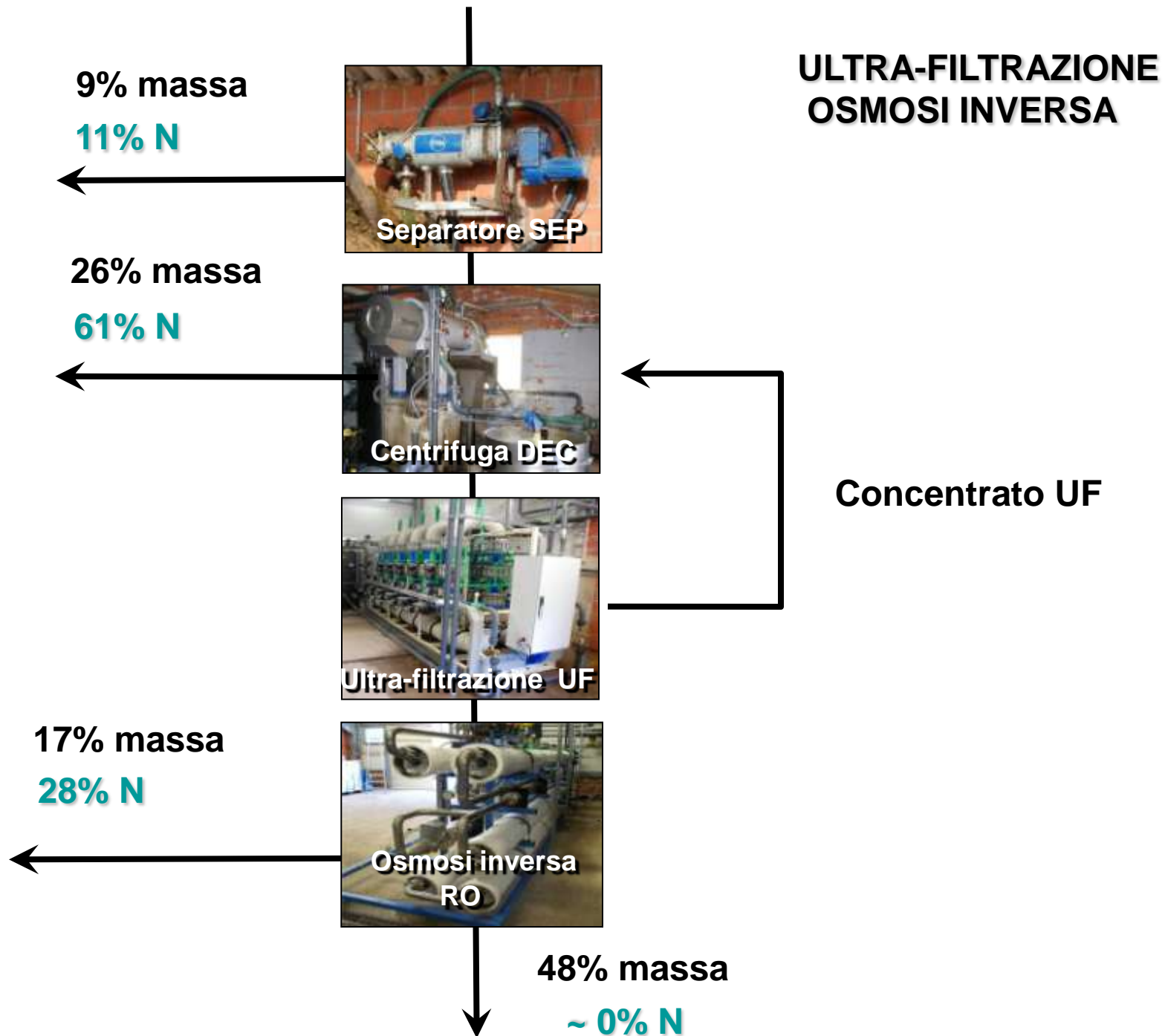
Area accumulo solidi
separati





ULTRA-FILTRAZIONE OSMOSI INVERSA





Concentrato UF



Impianto di trattamento deiezioni, verde, forsu - Svizzera

**Impianto di digestione a secco + digestione a umido con
depurazione del biogas ed immissione in rete**



Pre-trattamento



Ultrafiltrazione



Impianto di Inwil - Svizzera

Osmosi inversa



Per ultrafiltrazione e osmosi le indicazioni disponibili per gli impianti biogas sono essenzialmente:

- **necessità di una miscela di biomasse costante nel tempo, data la difficoltà di regolazione del sistema**
- **costo del processo non trascurabile pari a 9-10 euro/m³ di digestato**
- **il 70% dell'azoto è concentrabile nella frazione solida assieme al fosforo; il 30% resta nel concentrato liquido**
- **l'acqua viene eliminata in entità del 45% circa**



**L'applicazione al trattamento dei liquami zootecnici tal
quali è potenzialmente applicabile, ma non
economicamente sostenibile**



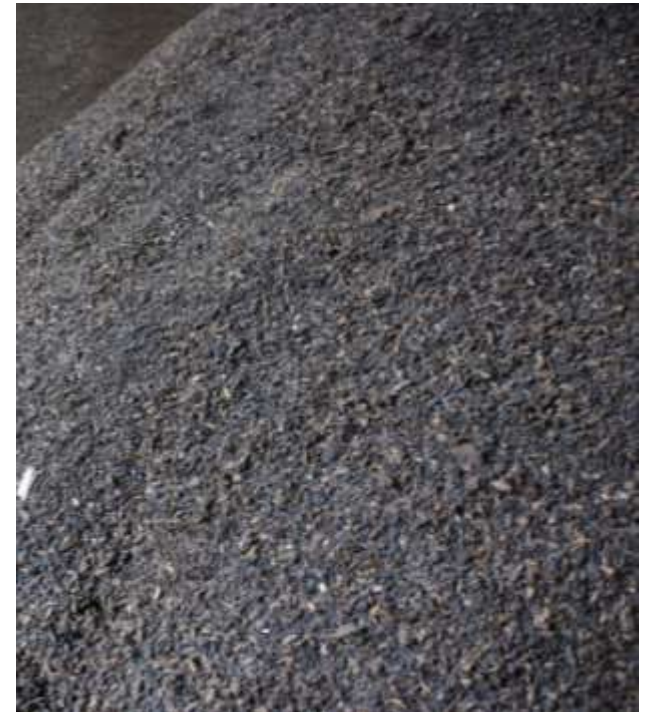
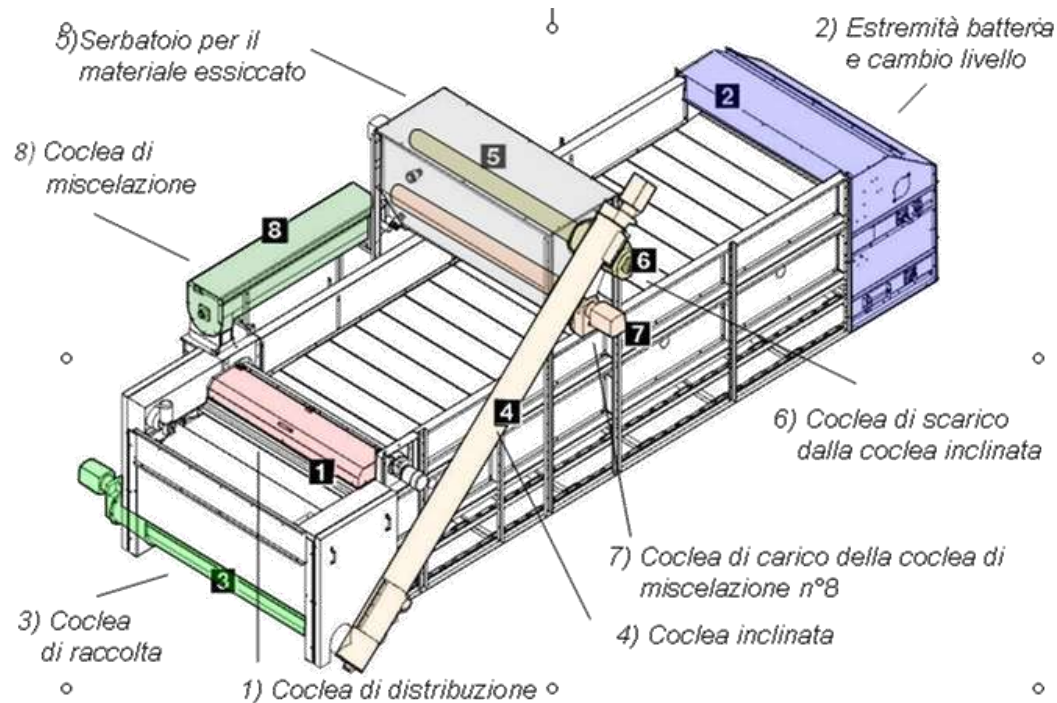
ESSICCAZIONE



Essiccazione Digestato



Essiccazione Digestato



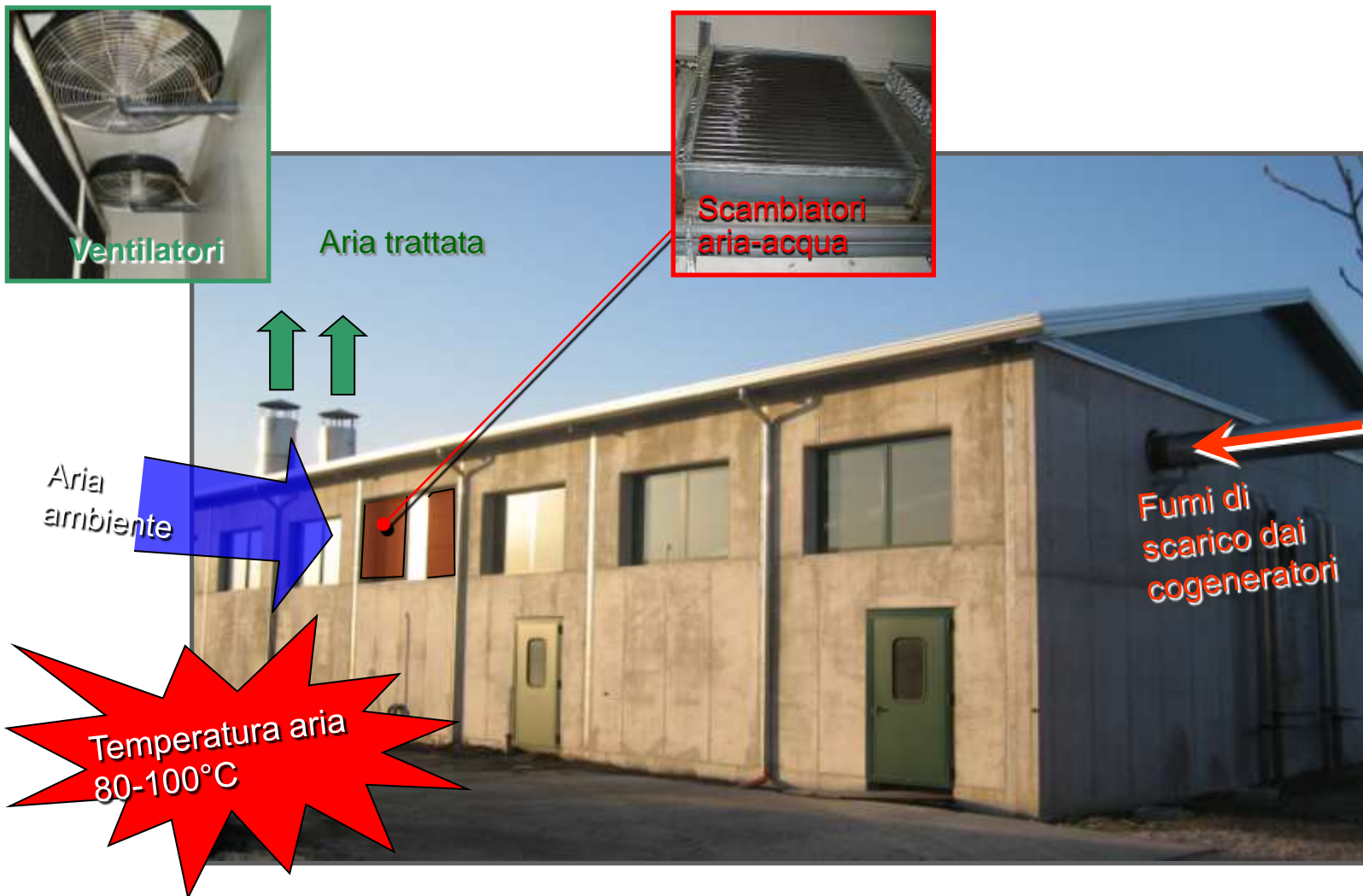
L'essiccazione del digestato è un processo in grado di produrre dei solidi palabili ad alto contenuto di sostanza secca sfruttando l'energia termica del co-generatore dell'impianto di digestione anaerobica





Per evitare l'emissione di ammoniaca in atmosfera l'aria esausta viene sottoposta a lavaggio acido con conseguente produzione di solfato d'ammonio.





Per incrementare la resa evaporativa l'aria viene pre-riscaldata mediante l'utilizzo di scambiatori aria/acqua e mediante il recupero dei fumi di scarico dei cogeneratori.

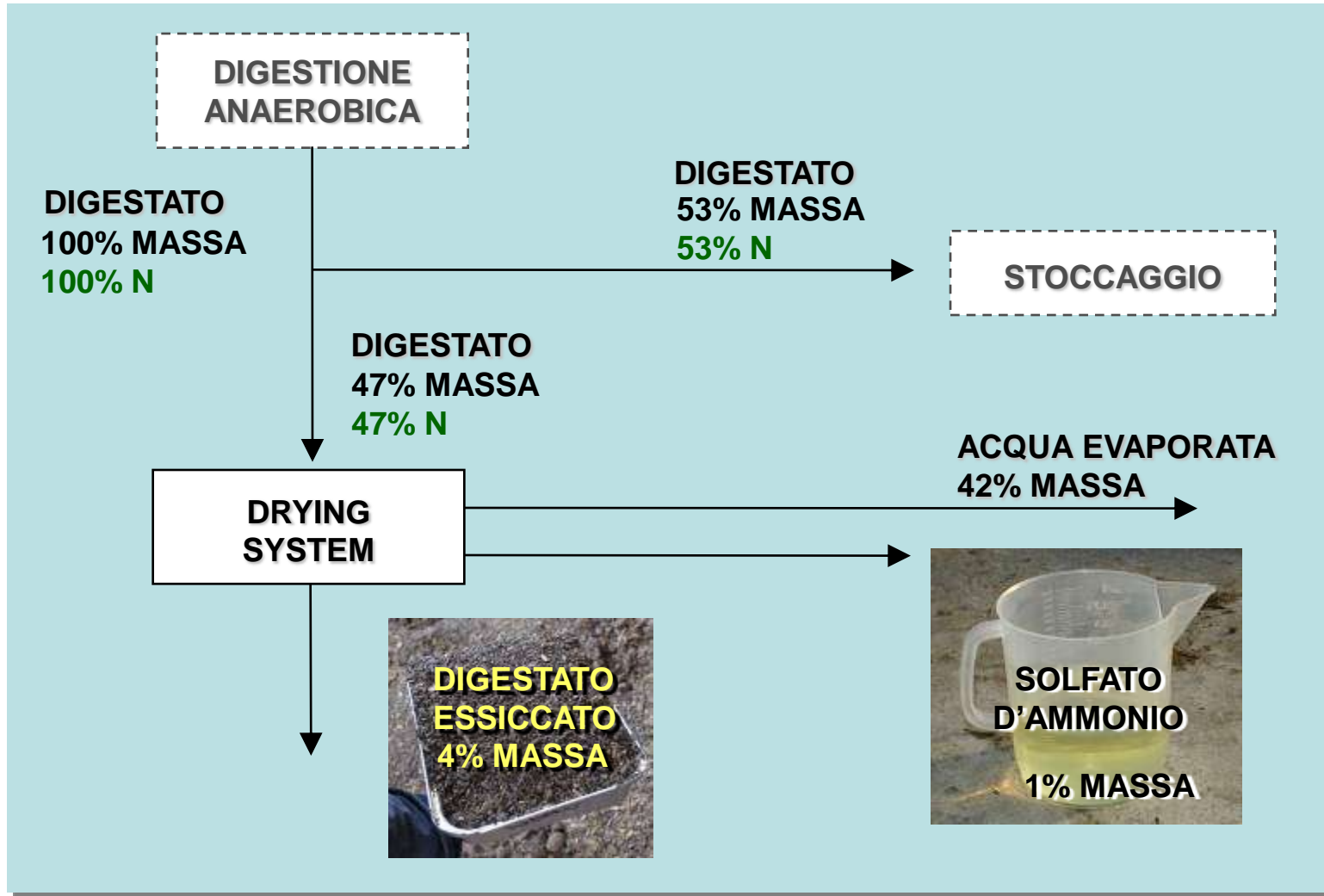




L'aria esausta dall'essiccazione viene sottoposta a lavaggio con acqua acidificata, con produzione di solfato di ammonio. Il sistema è confinato e mantenuto in depressione da ventilatori estrattori montati sui camini.



Bilancio di massa



Caratteristiche dei prodotti

	ST (%)	SV (%ST)	pH	N-NH ₄ ⁺ (g/kg)	TKN (g/kg)	Massa volumica (kg/l)
Digestato (input essiccazione)	8.5-8.9	80-89	7.7-8.0	3.4	6.3	1.0
Solido essiccato	89.0 - 96.0	77-80	n.d.	n.d.	26.0 - 31.0	0.3
Solfato d'ammonio (soluzione 35%)	n.d.	n.d.	2.9-3.2	31.0-124.0	31.0-124.0	1.1 - 1.2



**Il processo non è sostenibile per gli allevamenti
zootecnici che non abbiano impianto di biogas**



Valutazioni

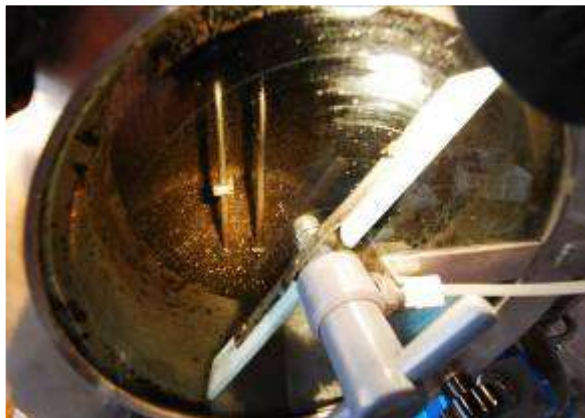
- negli impianti di biogas, l'energia termica resa disponibile dal co-generatore consente di trattare il digestato fino al 50%
- dai monitoraggi effettuati si sono evidenziate emissioni in atmosfera sostenibili (15 mg/m^3) con una corretta gestione del sistema
- spesa energetica: 8.5 kWh/m^3 di digestato affluente - costo acido solforico: 1-2 Euro/ m^3 digestato affluente
- non è facile collocare sul mercato il solfato ammonico (pH 3), diversamente dai solidi



CONCENTRAZIONE EVAPORAZIONE SOTTOVUOTO



Concentrazione/Evaporazione sottovuoto



La tecnologia della concentrazione sotto-vuoto è oggi in uso in molti processi industriali e se ne può ipotizzare l'applicazione al settore della digestione anaerobica, data la disponibilità di energia termica di processo.

Le esperienze maturate indicano:

- possibilità di concentrare i solidi al 60-70% di ST con eliminazione di gran parte dell'acqua del digestato**
- necessità di acidificazione del digestato per evitare lo stripping dell'ammoniaca**
- necessità di depurazione dell'acqua condensata qualora non ne sia possibile il riutilizzo (94% in massa)**







	TS (%)	VS (%TS)	pH	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	TKN (mg/kg)	P (mg/kg)	COD (mg/l)
Digestato filtrato	3.3	62.8	7.6	2'450	3'377	234.0	18'500
<i>1° stadio</i>							
Acqua distillata (con correzione pH)	n.d.	n.d.	5.2	49	98	0.2	192
Concentrato	14.8	69.5	6.0	12'250	16'890	366.0	42'200
<i>2° stadio</i>							
Acqua distillata (con correzione pH)	n.d.	n.d.	3.2	24 - 42	39 – 100	0.1 - 0.6	500
Concentrato	63.0	68.5	n.d.	40'000	55'000	588.0	n.d.



concentrazione sotto-vuoto



Università degli studi di Udine
Dip. Scienze Agrarie e Ambientali

I primi impianti in scala reale sono in fase di realizzazione

Sono in atto approfondimenti per avere delle più precise indicazioni sulla spesa energetica di processo, per una attendibile quantificazione dei costi del trattamento ed in particolare anche della sostenibilità ambientale del processo in termini di impatto olfattivo.

L'applicazione al trattamento dei liquami zootecnici è potenzialmente applicabile ma non economicamente sostenibile (elevata richiesta di energia termica)



STRIPPAGGIO AMMONIACA

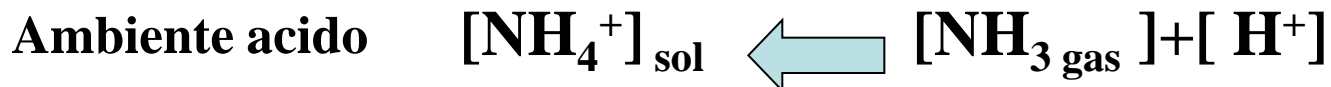


Nei liquami l'ammoniaca è presente sia in forma gassosa (NH_3) che in forma solubile NH_4^+ secondo l'equilibrio:

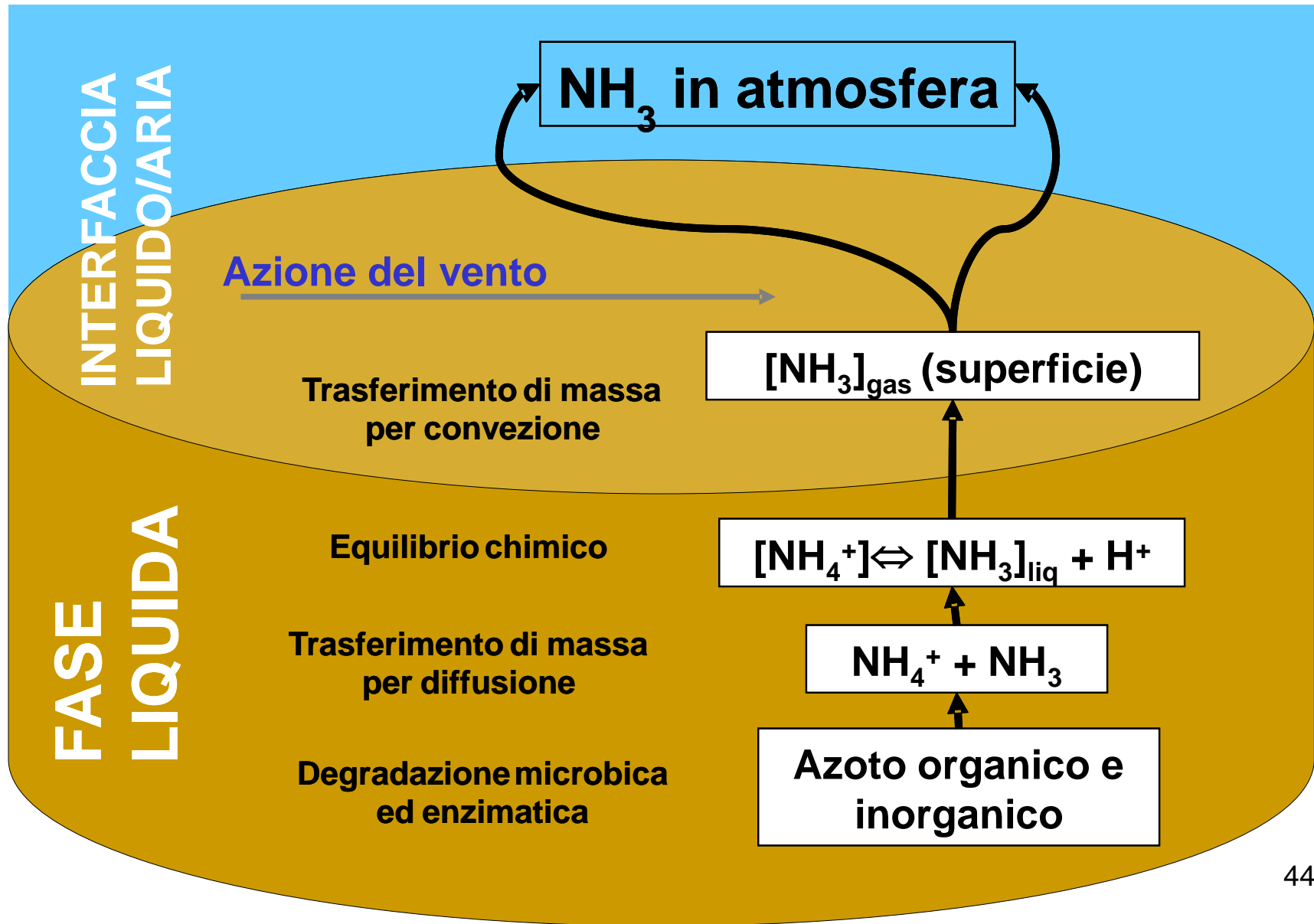
Equilibrio



L'equilibrio della reazione si sposta a seconda del variare del pH



Lo strippaggio



Lo strippaggio consiste nel trasferimento di un gas disciolto in un liquido dalla fase liquida a quella gassosa.

Per favorire lo strippaggio dell'ammoniaca dai liquami è necessario :

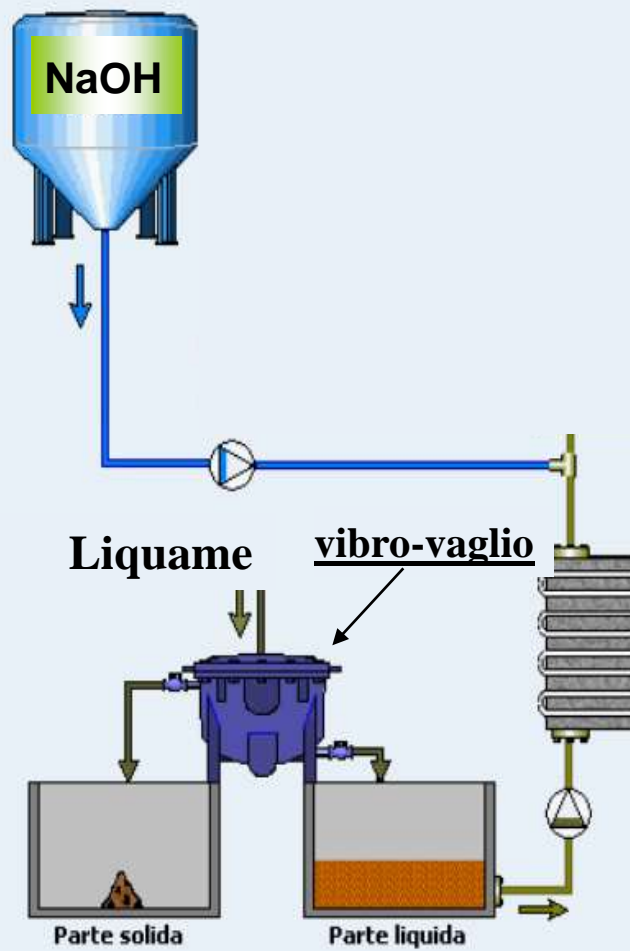
- portare il pH a valori > 10**
- portare la temperatura dei liquami a 60-70°C**

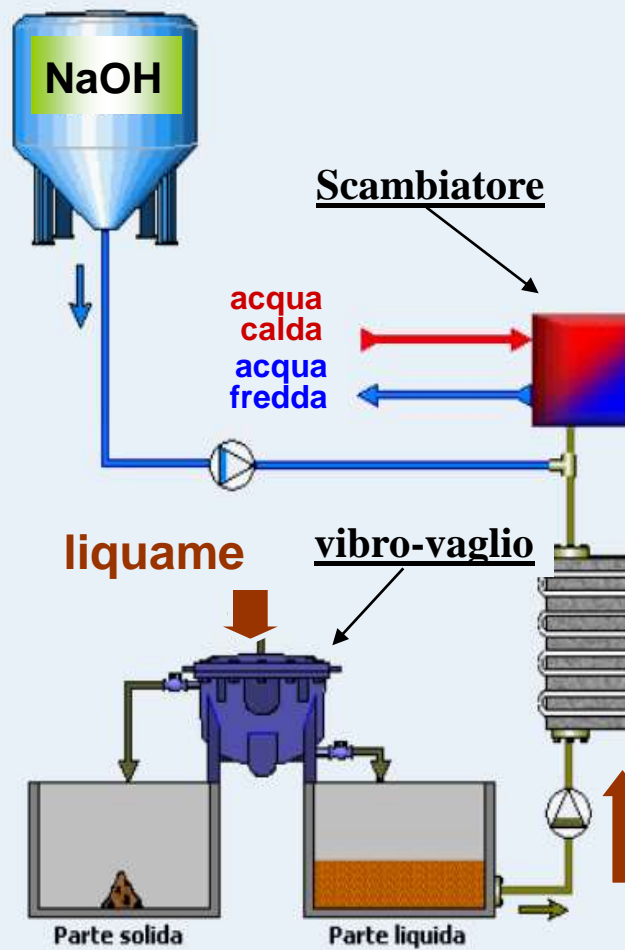


**ciò favorisce lo stripping
dell'ammoniaca (I^ fase)**

**che verrà complessata
dall'acido solforico
spruzzato nel seconda
colonna con formazione
di solfato di ammonio
(II^ fase)**

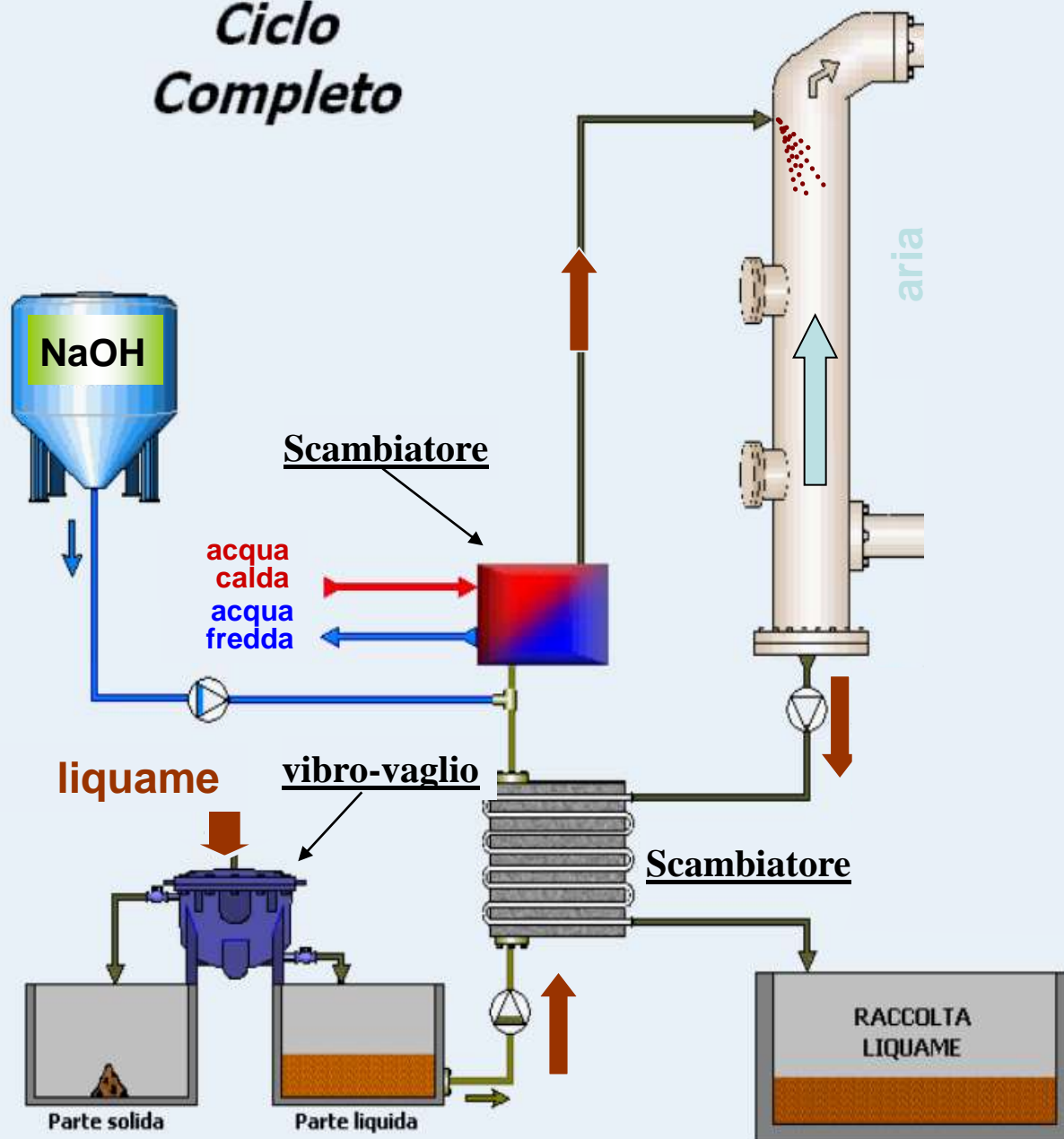




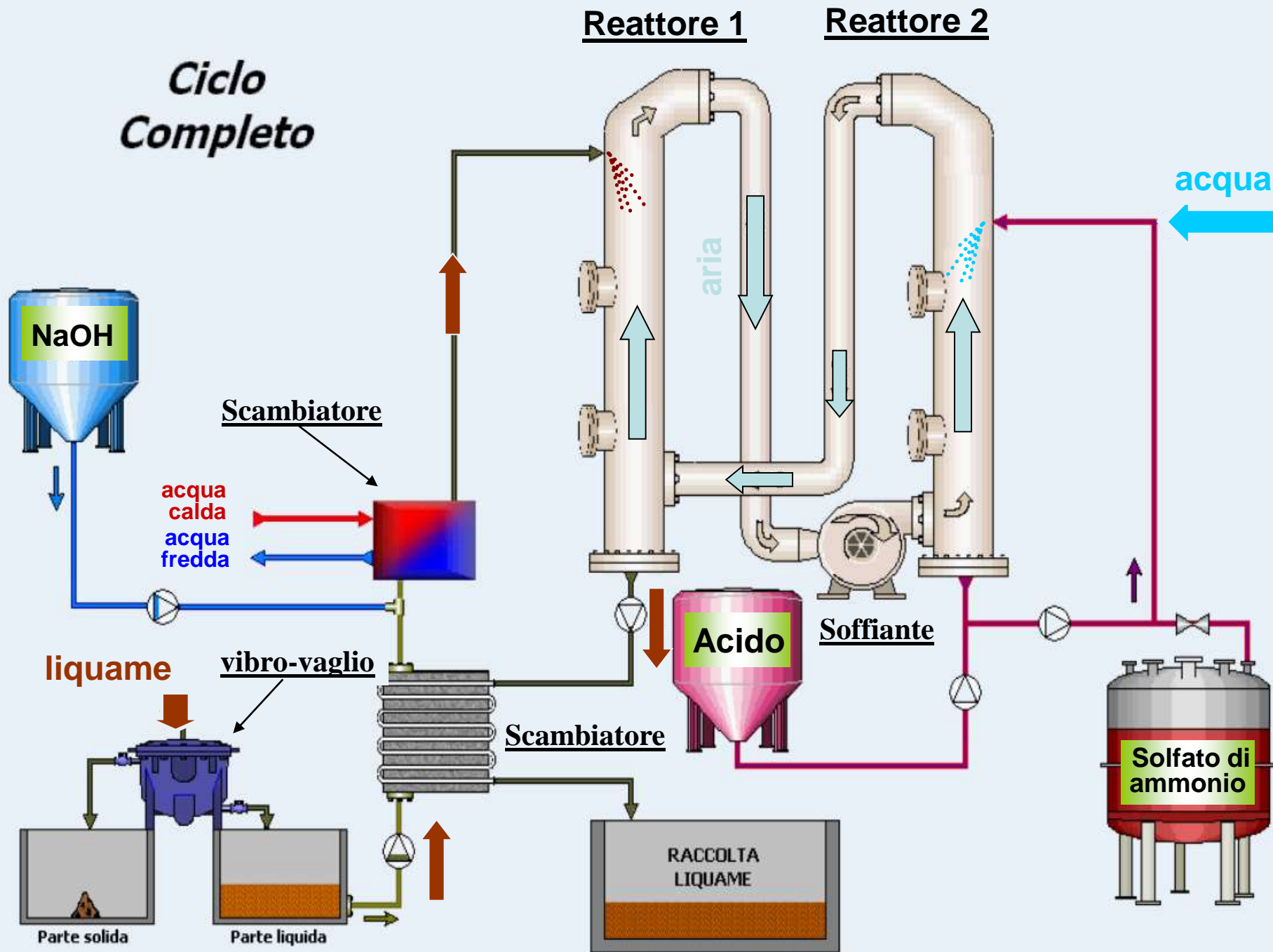


Reattore 1

Ciclo Completo



Ciclo Completo



**Per eliminare il 50% dell'azoto dal digestato (che passa
nella soluzione di solfato ammonico al 30-35% circa),
servono**

acido solforico 6-7 l/m³ di liquame affluente

soda 6-7 kg / m³ di liquame affluente



Per i liquami zootecnici tal quali il processo non sembra poter avere grandi prospettive, dato che non si dispone di energia termica.

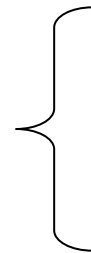
D'altra parte lo strippaggio a freddo non sembra poter garantire risultati significativi (in termini di abbattimento dell'azoto) e tali da rendere economicamente sostenibile il processo.



TRATTAMENTI “RIDUTTIVI”

I trattamenti “riduttivi” determinano la **rimozione biologica** dell’azoto dal digestato (o dal refluo) e la sua emissione in atmosfera sotto forma di N_2 , senza alcun impatto.

Trattamenti
riduttivi



trattamenti biologici

- **Nitrificazione-Denitrificazione**
- **“Compostaggio” del digestato**



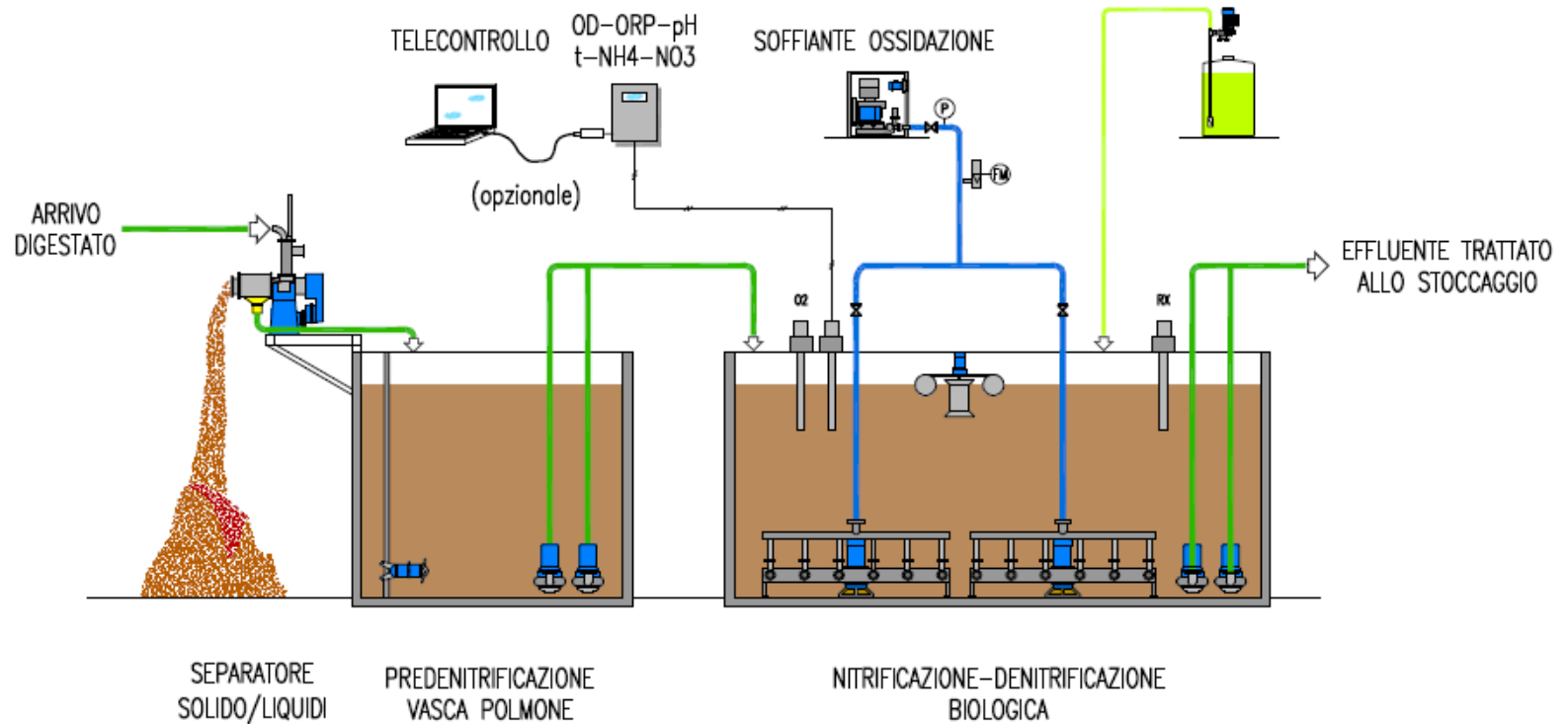
NITRIFICAZIONE DENITRIFICAZIONE



Il processo biologico di nitro-denitrificazione è l'unico processo “conosciuto” e risolutivo del problema.

l'azoto in eccesso viene infatti eliminato in atmosfera sotto forma di azoto molecolare => è un processo eco-compatibile

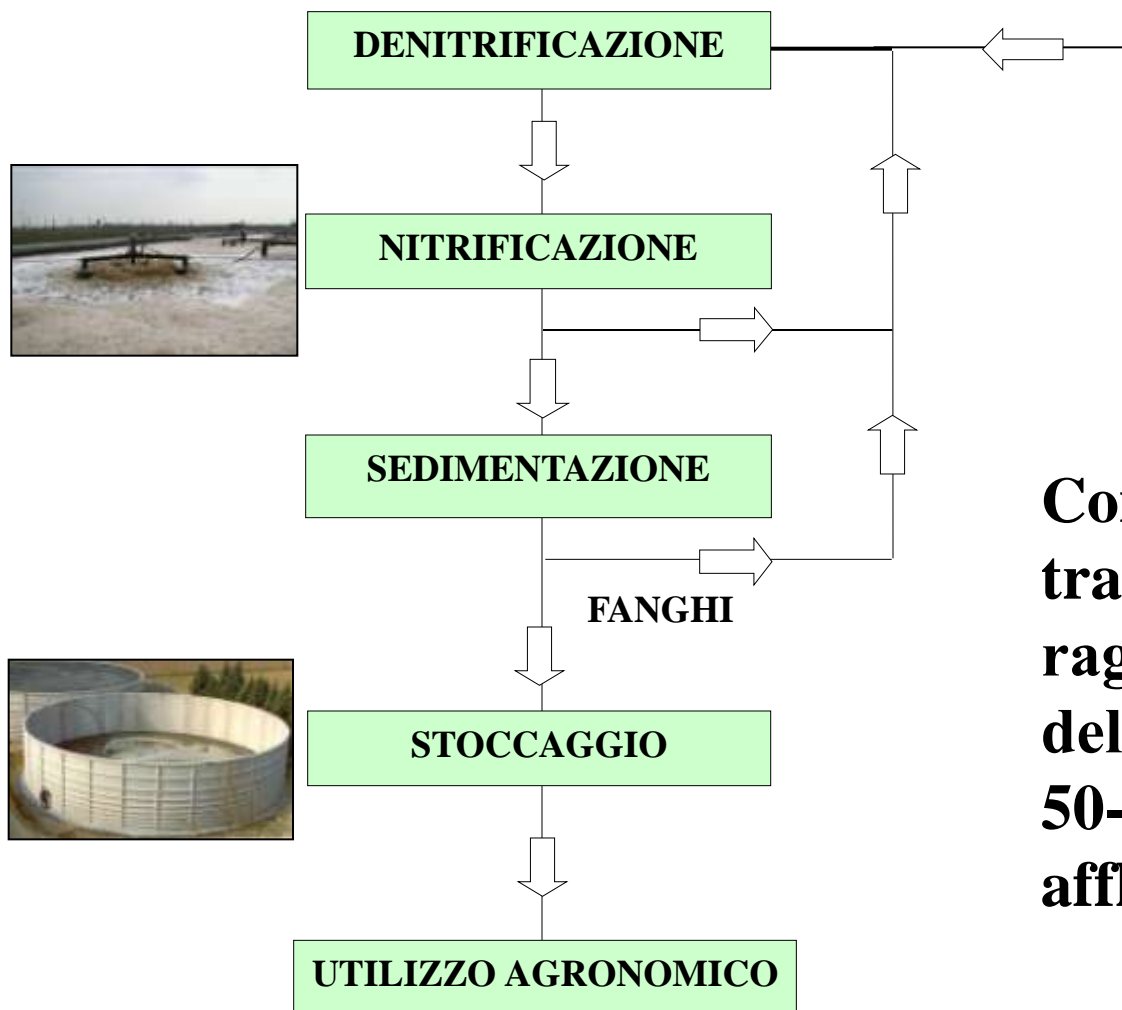




Tipologie impianti:

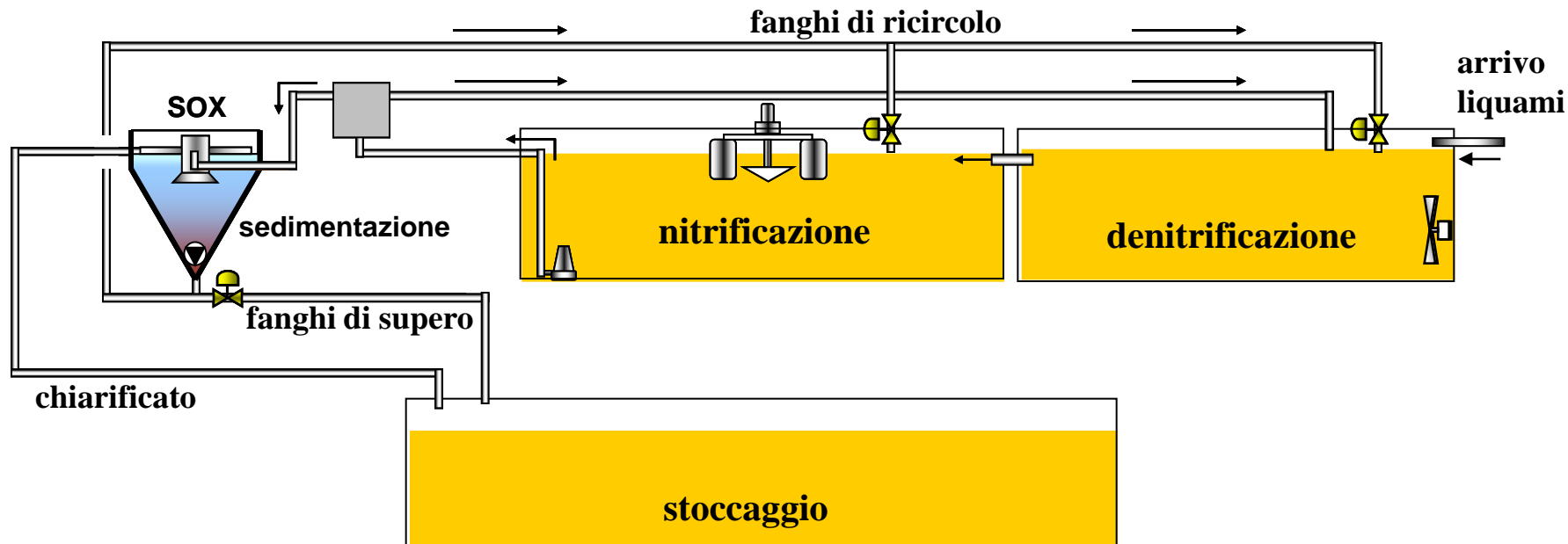
- continui
- discontinui (SBR)





Con questo schema di trattamento si può raggiungere l'obiettivo dell'abbattimento del 50-60% dell'azoto affluente dalle porcilaie





La spesa energetica di un trattamento di abbattimento dell'azoto del 50-60% può essere indicata dell'ordine di 20 kWh per m³ di liquame suinicolo affluente

2,4 euro/m³ di liquame

0,03 euro/kg carne prodotta

1,4 euro/kg N rimosso

Nitrificazione/denitrificazione



2100 capi in fase di magronaggio e 2800 capi all'ingrasso

800 tonnellate di peso vivo con una produzione giornaliera di 90 m³ circa di liquami

Nitrificazione/denitrificazione



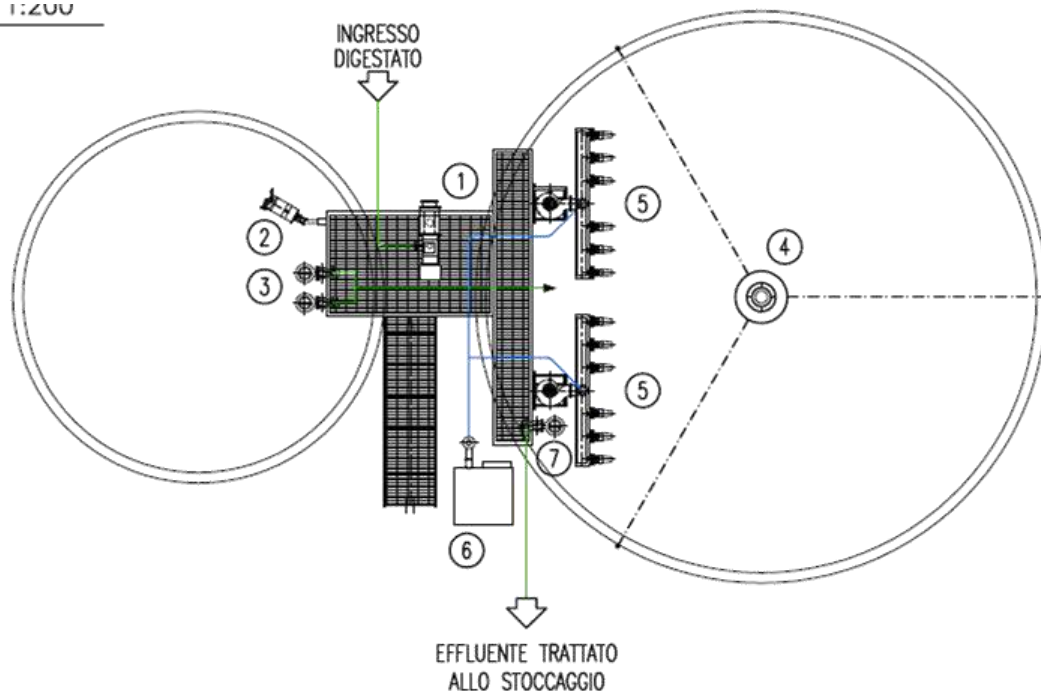


**Il consumo energetico
specifico (dati di 12 mesi)
è risultato pari a 9,2
kWh/m³ di liquame
trattato**





1 1:200



Il processo è applicabile sia ai liquami zootecnici che al digestato di impianti biogas. I monitoraggi su digestato hanno evidenziato:

- **abbattimento N fino al 60% senza aggiunta di carbonio**
- **spesa energetica dell'ordine di 20 kWh/m³ di digestato**



Pur restando tutta la massa del digestato si ha il vantaggio della notevole riduzione di ettarato per il suo utilizzo agronomico.

E' ovviamente un processo "riduttivo" per l'azoto.



PROCESSO CLF - MODIL



“COMPOSTAGGIO” LIQUAMI/DIGESTATO

I liquami/digestato vengono distribuiti su un letto di paglia mediante un carroponte che si sposta su una “vasca” della profondità di 1,5 m circa, larghezza fino a 20 m e lunghezza fino a 120 m.

carico di liquami o digestato < 20 litri/mq di “vasca”

Il processo risulta più complesso da un punto di vista biologico di un processo tradizionale.





La distribuzione delle matrici liquide da trattare viene effettuata mediante il carro ponte: diverse soluzioni di pompaggio e distribuzione possono essere adottate a seconda delle caratteristiche dei prodotti.



“COMPOSTAGGIO” LIQUAMI/DIGESTATO



**Introduzione
di aria**



Università degli studi di Udine
Dip. Scienze Agrarie e Ambientali

PROGETTO
RiduCaReflui
REFLUI COME RISORSA



IMPIANTO N.1

**AZIENDA AGRICOLA FACCIO
BOSCO CHIESANUOVA (VR)**



**Allevamento suinicolo a
ciclo aperto (1000 scrofe)**



**Università degli studi di Udine
Dip. Scienze Agrarie e Ambientali**



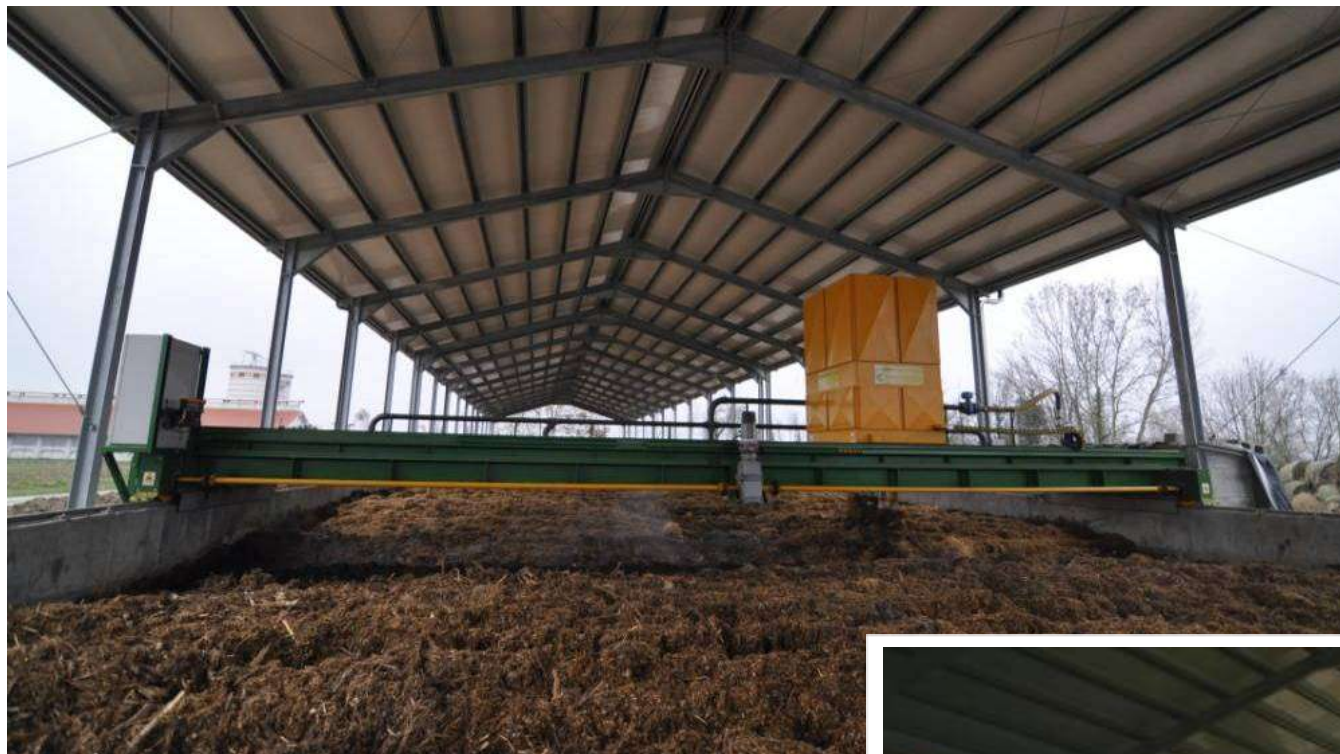
IMPIANTO N.2

**AZ. AGRICOLA BIANCHESSI
CASTEL GABBIANO (CR)**

**Allevamento di vacche
(800 UCG) con impianto
di biogas da 250 kWe**



**Università degli studi di Udine
Dip. Scienze Agrarie e Ambientali**



Allevamento suinicolo a ciclo chiuso (200 scrofe)

IMPIANTO N. 3

AZIENDA AGRICOLA REZZI

VESCOVATO (CR)



**Università degli studi di Udine
Dip. Scienze Agrarie e Ambientali**



IMPIANTO N. 4

**AZ. AGRICOLA PANBUFFETTI
MONTEFALCO (PG)**

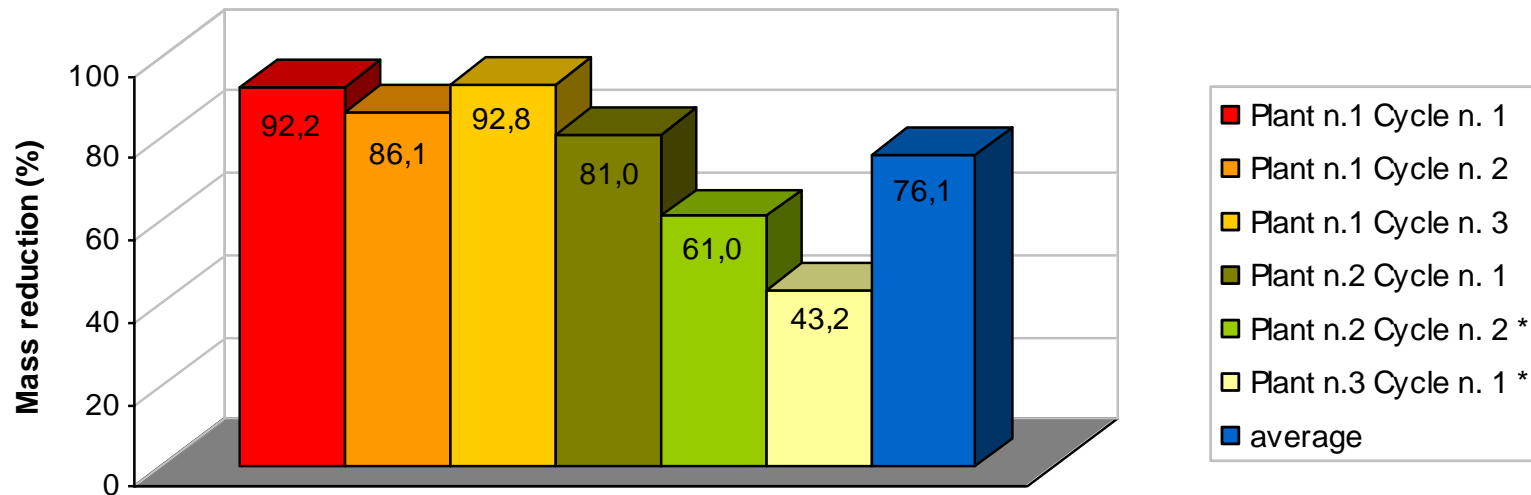
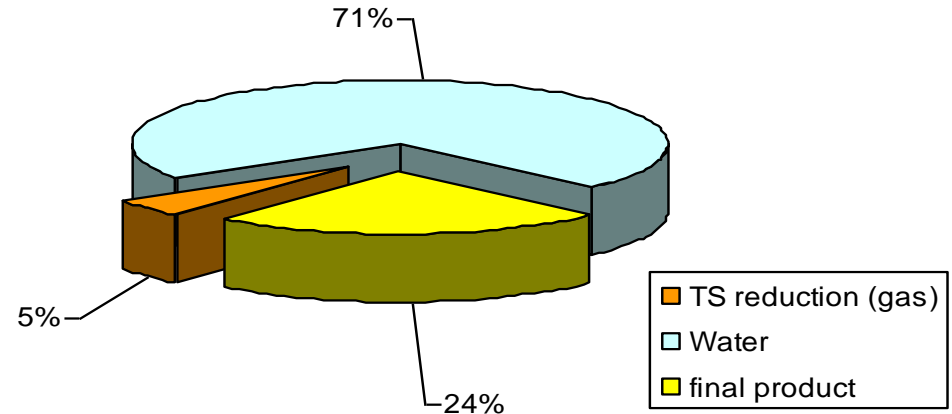
**Allevamento suinicolo
con impianto di biogas
da 50 kWe**



**Università degli studi di Udine
Dip. Scienze Agrarie e Ambientali**

BILANCIO DI MASSA

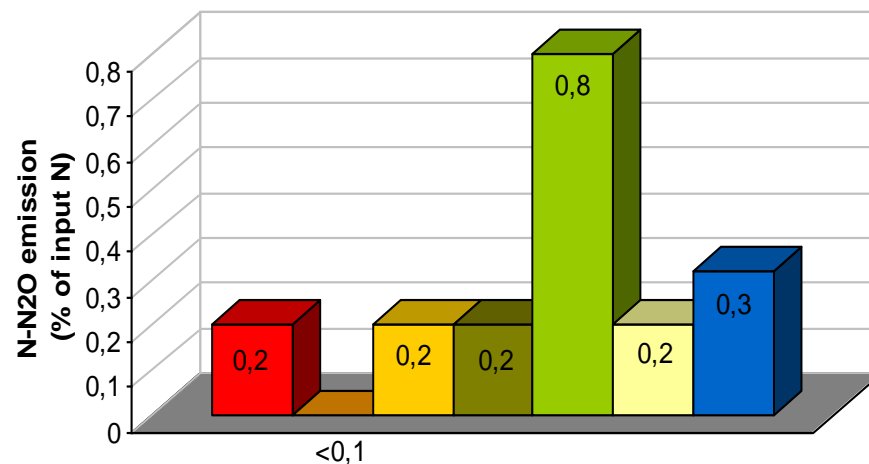
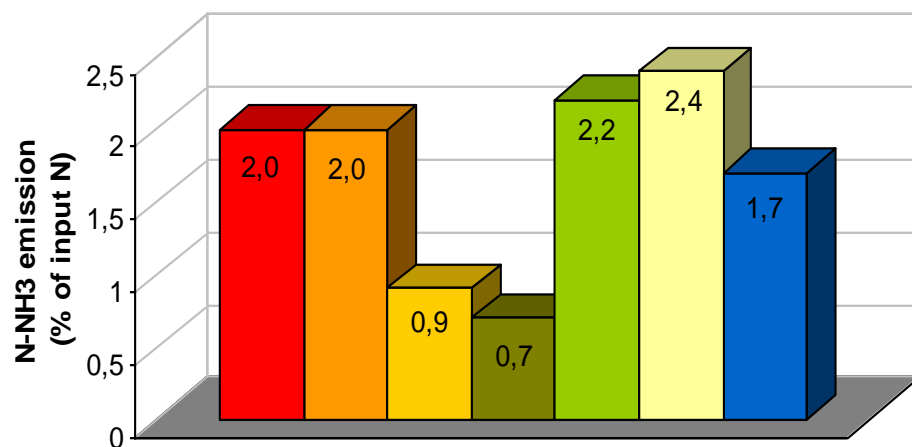
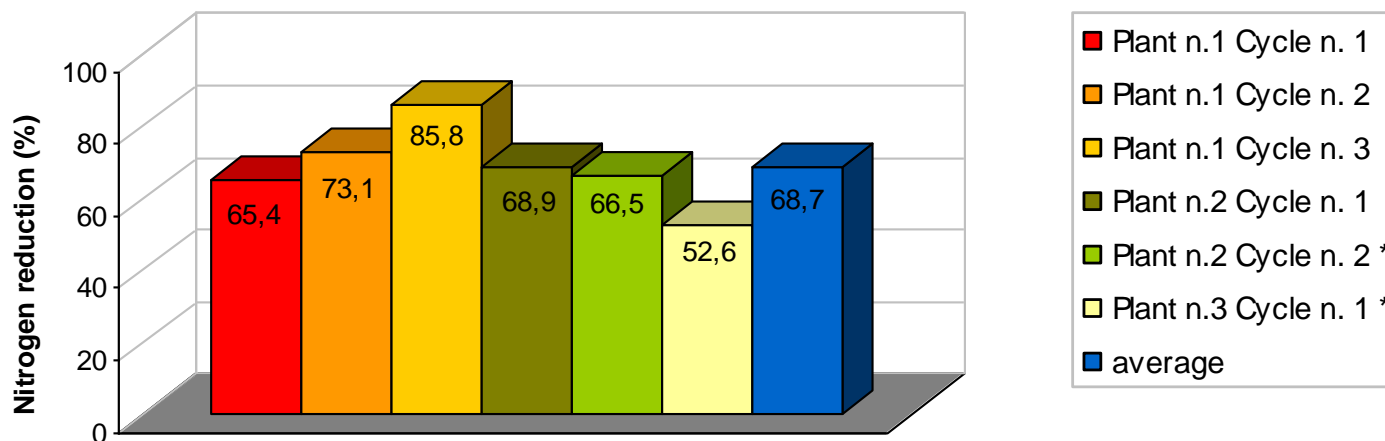
Mass balance
(average on 6 cycles and 3 different plants)



* Cicli sperimentali con differente carico delle matrici liquide



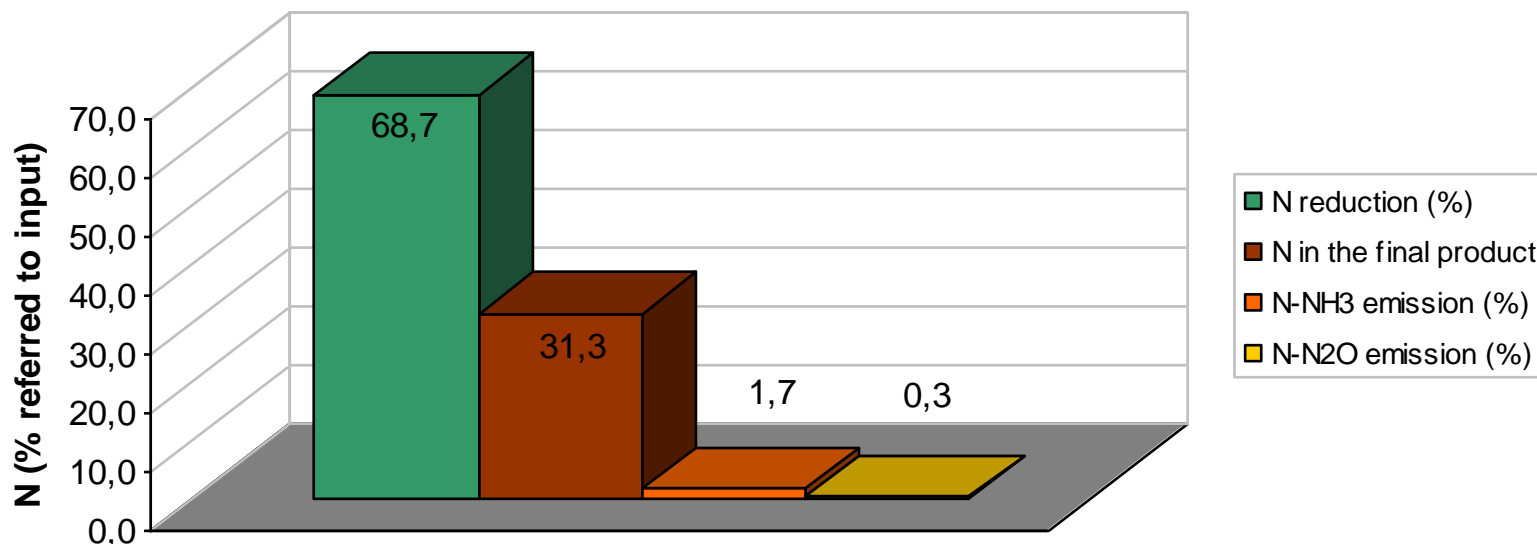
BILANCIO AZOTO



* Cicli sperimentali con differente carico delle matrici liquide



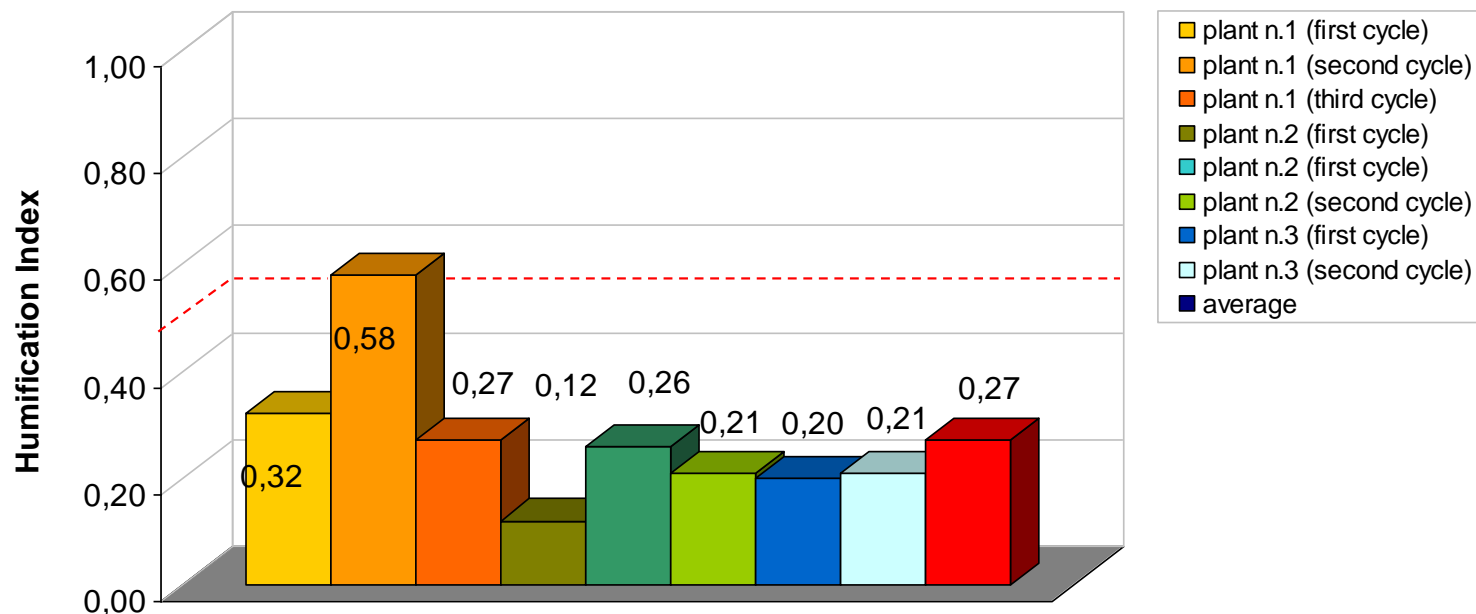
BILANCIO AZOTO (VALORI MEDI)



I valori medi di abbattimento dell'azoto si attestano sul 69%, con valori di emissione di ammoniaca e protossido di azoto prossimi al 2% (rispetto all'input).



QUALITA' DEL PRODOTTO FINALE



- contenuto di azoto: 5 gN/kg ($N_{org} > 95\%$, nonostante l'elevata percentuale di azoto ammoniacale nell'input)
- C/N < 20
- umidità: 70-80% (con valori maggiori corrispondenti ad un carico elevato di matrici liquide).



I maggiori **vantaggi** offerti da questa tecnologia sono rappresentati da:

- rilevante riduzione di massa, con una matrice solida che rappresenta il 15-20 % dell' input;
- trasformazione delle matrici in input in un prodotto solido;
- rilevante abbattimento dell'azoto (60-70%) con una conseguente riduzione del fabbisogno di terreni per lo spandimento
- ottima qualità del materiale ($HI = 0,26$, $N_{org} > 95\%$)

Limiti:

- elevata richiesta di paglia (o altra biomassa) per i 2-3 cicli/anno
- elevata umidità del “letame” risultante (70-80%)



Per quanto concerne la **compatibilità ambientale** del processo, i monitoraggi hanno dimostrato come le emissioni indesiderate ammoniacale NH_3 - gas acidificante, e protossido di azoto N_2O - gas serra, siano risultate al massimo pari al 2% dell'azoto affluente all'impianto nel ciclo e senza significative emissioni di odori.

L'individuazione di 10^7 UFC/g di batteri del ciclo dell'azoto nella biomassa prelevata dall'impianto sembra supportare l'ipotesi che nell'impianto avvengano intensi processi di de-ammonificazione, con conseguente trasformazione di azoto organico ed ammoniacale in azoto molecolare.



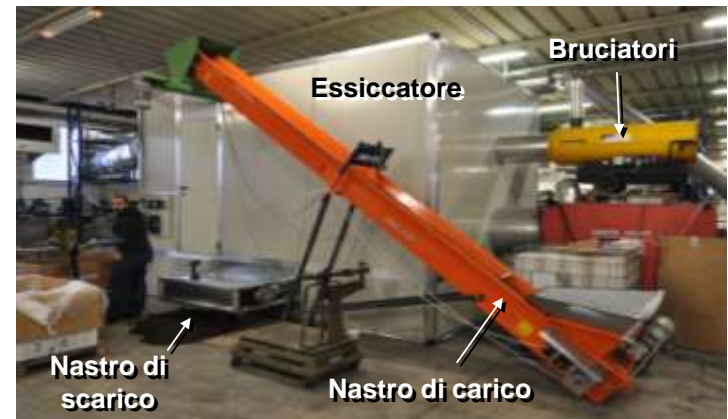
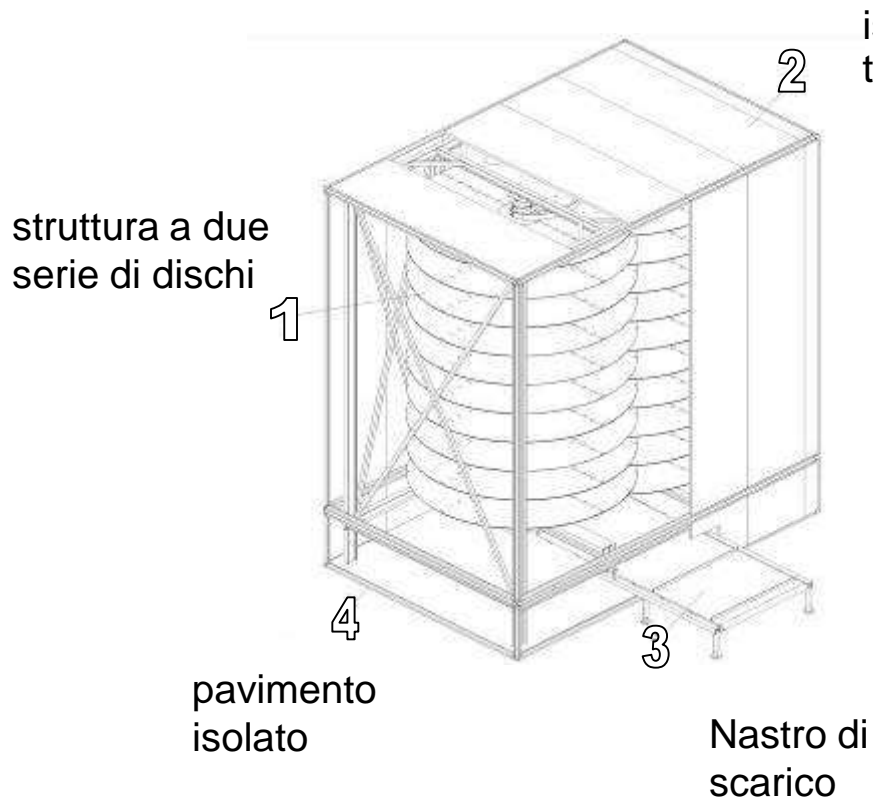
“compostaggio” + essiccazione

Nel caso di trattamento di digestato esiste la possibilità di essiccare il materiale palabile prodotto sfruttando l'energia termica fornita dalla co-generazione.

Digestione anaerobica → compostaggio → essiccazione →
→ vendita dell'ammendante



“compostaggio” + essiccazione



L'abbinamento di questa tecnologia con quella dell'essiccazione rende possibile l'ottenimento dal digestato di un unico prodotto solido senza aver utilizzato nessun prodotto chimico.

Infatti, data la notevole riduzione della massa da trattare l'energia termica disponibile del co-generatore (fumi compresi) risulta sufficiente ad essiccare il “digestato reso palabile nella prima fase del processo” .

E' altresì utilizzabile un essiccatoio senza scrubber, dato che il prodotto ottenuto è ormai stabile e emissioni di azoto ammoniacale del tutto trascurabili



Grazie per l'attenzione!

achiumenti@hotmail.com

roberto.chiumenti@libero.it



