



# Impianto innovativo per la rimozione Conservativa dell'Azoto da effluenti zootecnici e digestato **ConservA**

**Responsabile scientifico: Giorgio Provolo**  
Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali  
Università degli Studi di Milano

OPERAZIONE 16.1.01 "Gruppi Operativi PEI" del Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020 della Regione Lombardia.

Partners: *Università degli Studi di Milano – DiSAA (capofila), Soc. Agr. Vertua s.s. - Soc. Agr. Il Montizzolo di Merigo Donatello - Sassi Ivan e Maurizio Enzo Soc. Agr. s.s. - Seralba s.r.l. Soc. Agr. - Associazione Regionale Allevatori della Lombardia* – Responsabile scientifico prof. Giorgio Provolo  
<https://costruzionirurali.unimi.it/ConservA/>



PSR LOMBARDIA  
2014 2020  
L'INNOVAZIONE  
PER IL RIGOR



Regione  
Lombardia

Programma di Sviluppo Rurale 2014 - 2020

**Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale:  
l'Europa investe nelle zone rurali**

Attività realizzata con il cofinanziamento del FEASR  
Responsabile dell'informazione: Università degli Studi di Milano  
Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali  
Autorità di Gestione del Programma: Regione Lombardia

## Obiettivo del progetto

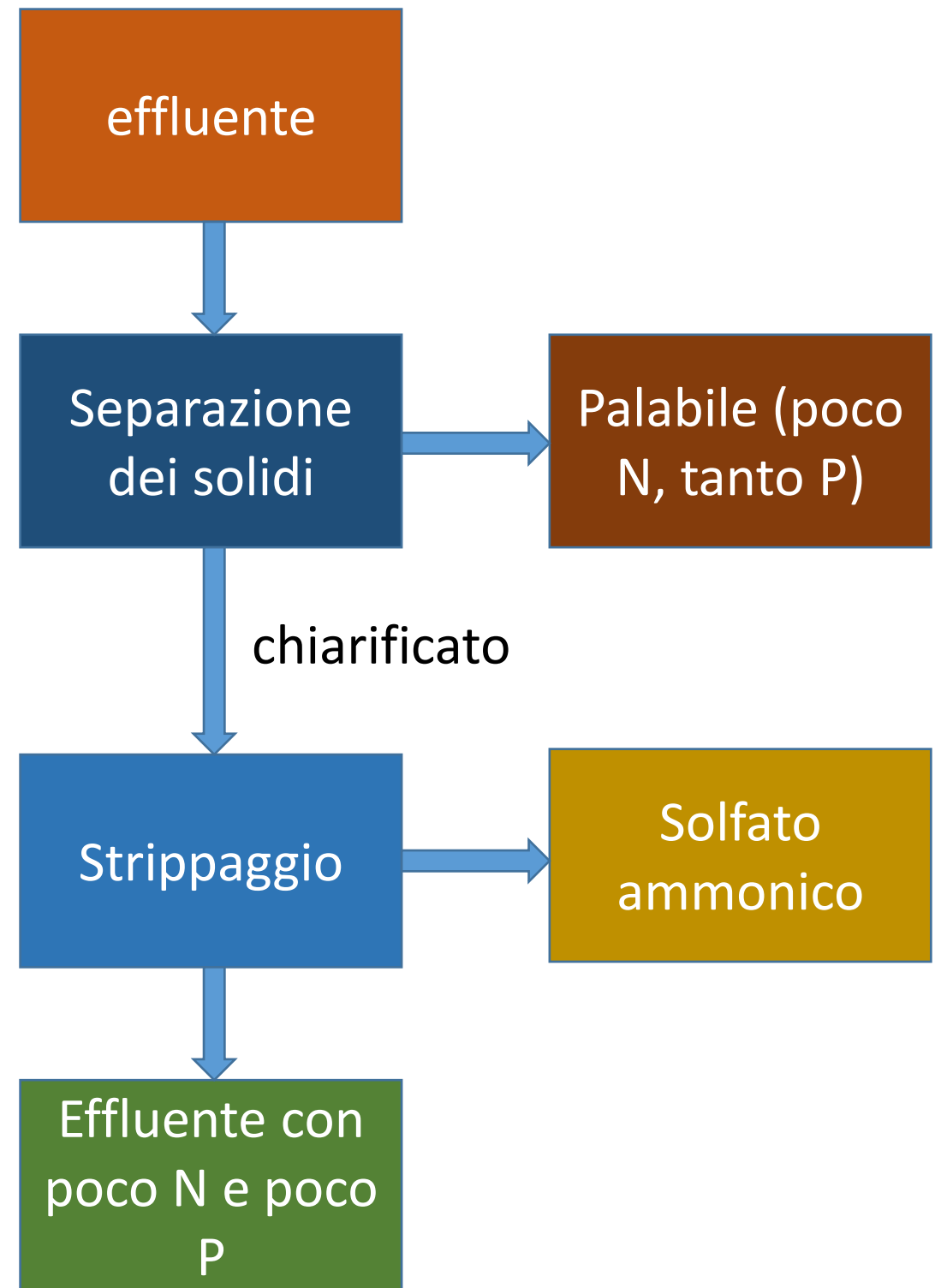
Il progetto si propone di sviluppare una tecnologia innovativa per la rimozione dell'azoto dagli effluenti di allevamento e realizzare un impianto pilota che possa dimostrare la possibilità di introduzione del sistema nelle aziende zootecniche.

## Partenariato

- UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO – Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali
- SOCIETA' AGRICOLA VERTUA S.S.
- SERALBA S.R.L. SOCIETA' AGRICOLA
- SOCIETA' AGRICOLA IL MONTIZZOLO DI MERIGO DONATELLO
- SASSI IVAN E MAURIZIO ENZO SOC.AGR. S.S
- ASSOCIAZIONE REGIONALE ALLEVATORI DELLA LOMBARDIA



- Lo scopo è ottenere azoto in forma minerale che può essere ceduto all'industria chimica o utilizzato come fertilizzante
- Il processo è conservativo
- Si ottengono tre diversi prodotti:
  - Una frazione liquida contenente azoto minerale (solfato d'ammonio)
  - Una frazione palabile contenente poco azoto e tanto fosforo
  - Una frazione liquida contenente impoverita di azoto da utilizzare come liquame
- Il processo si basa sulla rimozione della frazione ammoniacale dell'azoto nei liquami

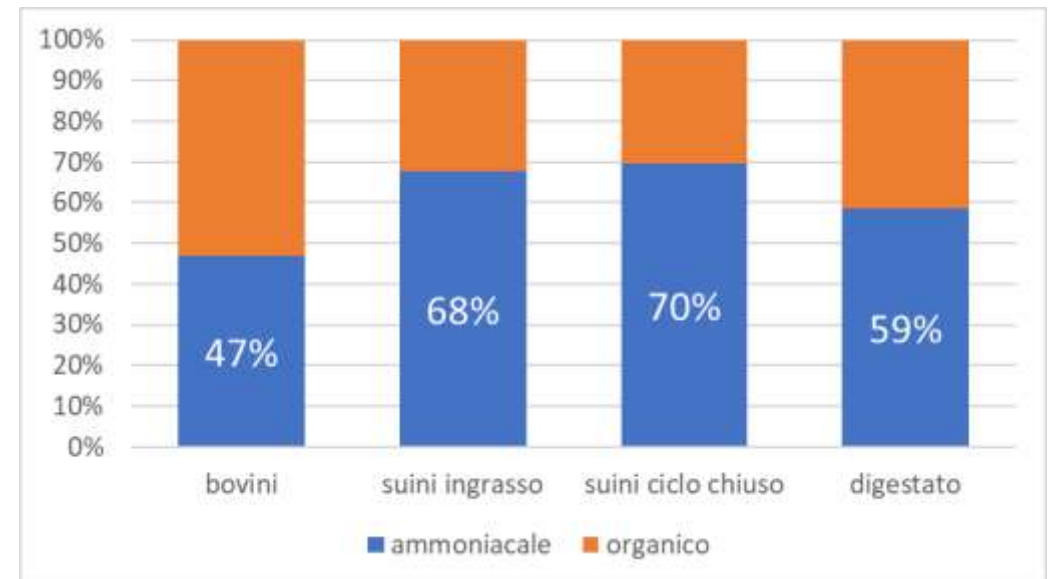


# L'azoto negli effluenti

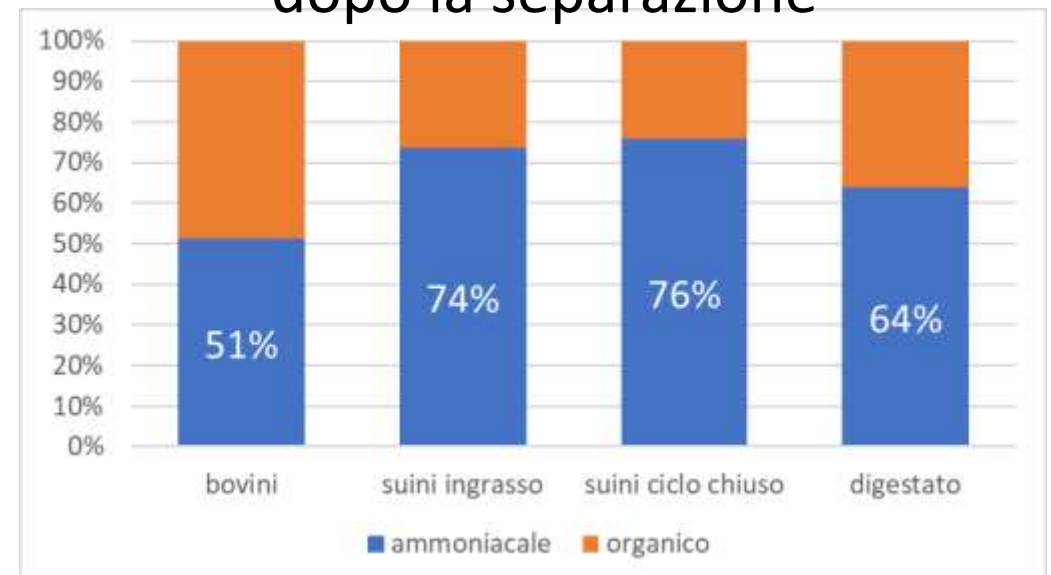
Le due principali forme di azoto nei liquami sono:

- Azoto organico: deriva dagli alimenti indigeriti e dai residui metabolici. Non è direttamente utilizzabile dalle piante ma viene mineralizzato nel terreno
- Azoto ammoniacale: è la componente minerale che deriva principalmente dalle urine e dalla mineralizzazione della sostanza organica

Contenuto di azoto ammoniacale prima della separazione



Contenuto di azoto ammoniacale dopo la separazione



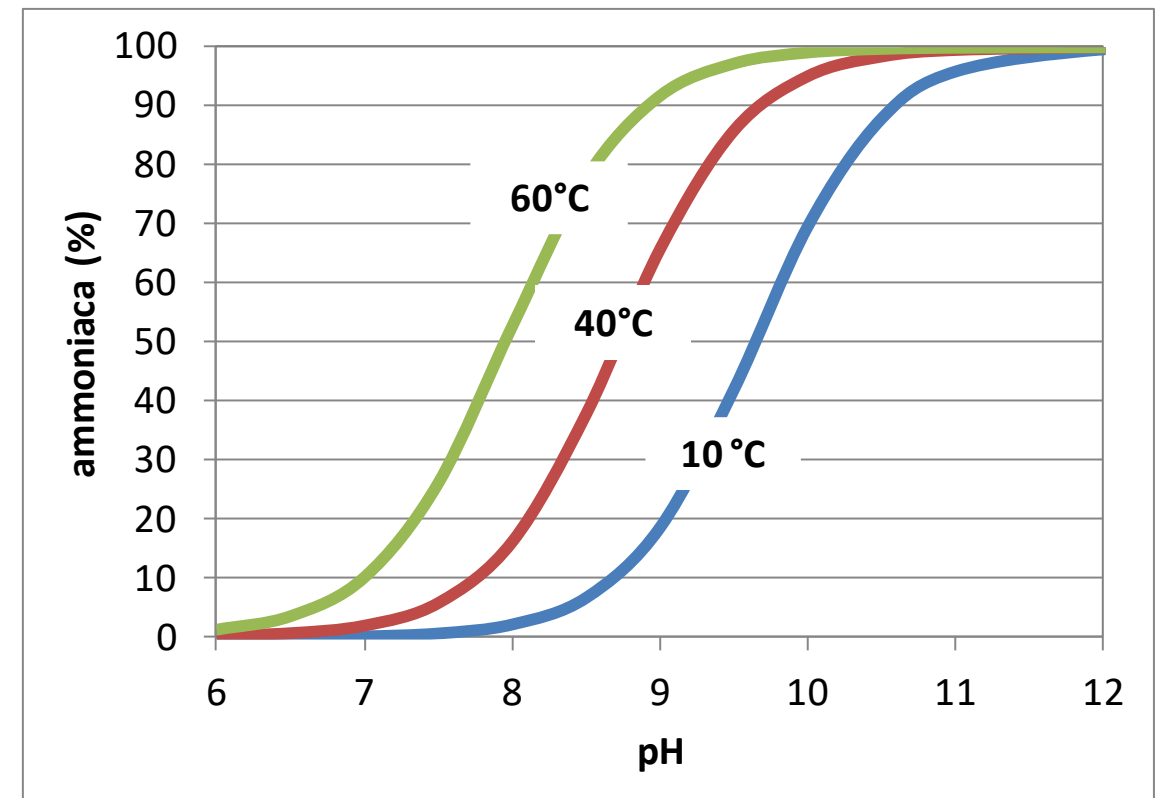
Valori medi con separatore a vite elicoidale



## Ammoniaca in soluzione

- L'ammonica ha una elevata solubilità in acqua
- Normalmente è quasi tutta in forma di ione ammonio
- L'equilibrio  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$  è governato dal pH e dalla temperatura

Effetto di Temperatura e pH sulla percentuale di  $\text{NH}_3$  che può volatilizzare



Per avere una buona volatilizzazione bisogna alzare il pH e riscaldare

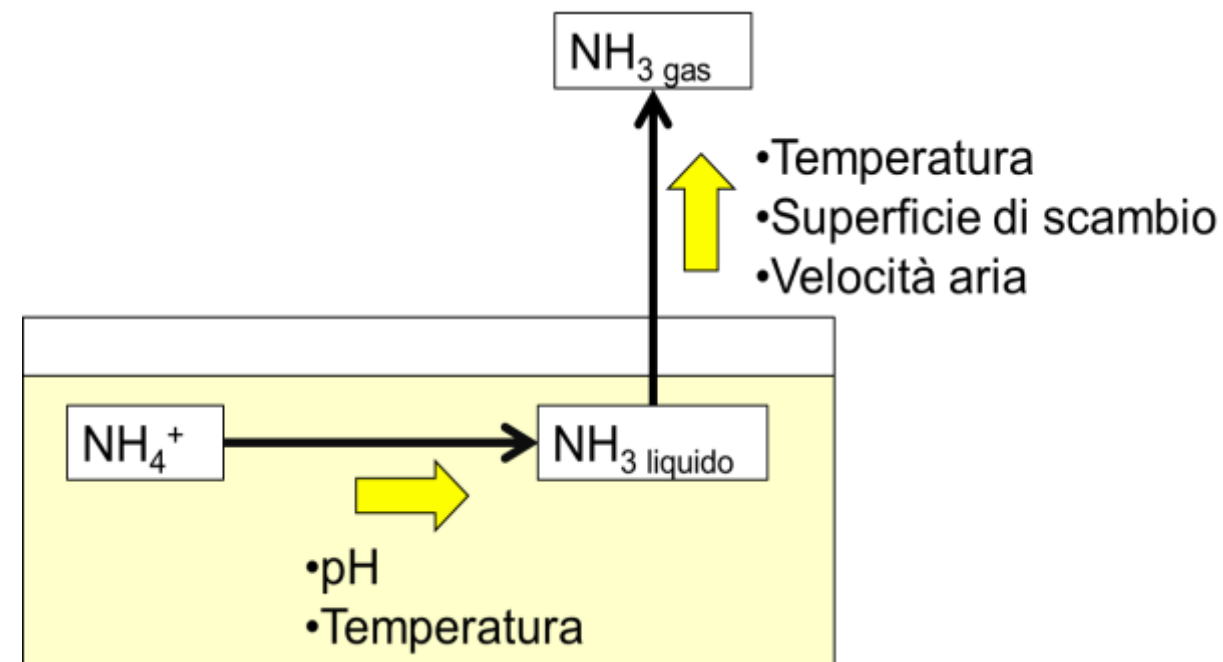




# Volatilizzazione dell'ammoniaca

- La forma gassosa si diffonde nel liquido e tende a volatilizzare, in equilibrio con il suo vapore.
- La volatilizzazione dipende da:
  - Temperatura (aumenta con la temperatura)
  - Superficie di scambio (aumenta con la superficie di scambio)
  - Velocità dell'aria (aumenta la differenza di concentrazione)
  - Movimentazione della massa (diffusione)

# Meccanismo di strippaggio dell'ammoniaca

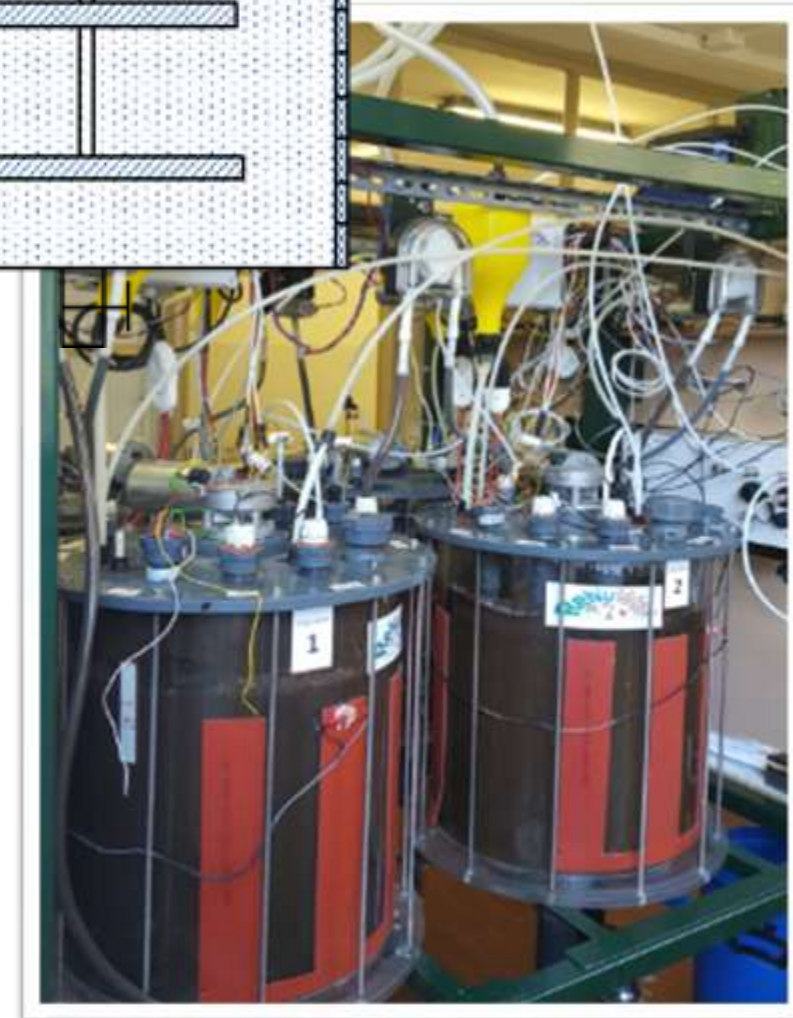
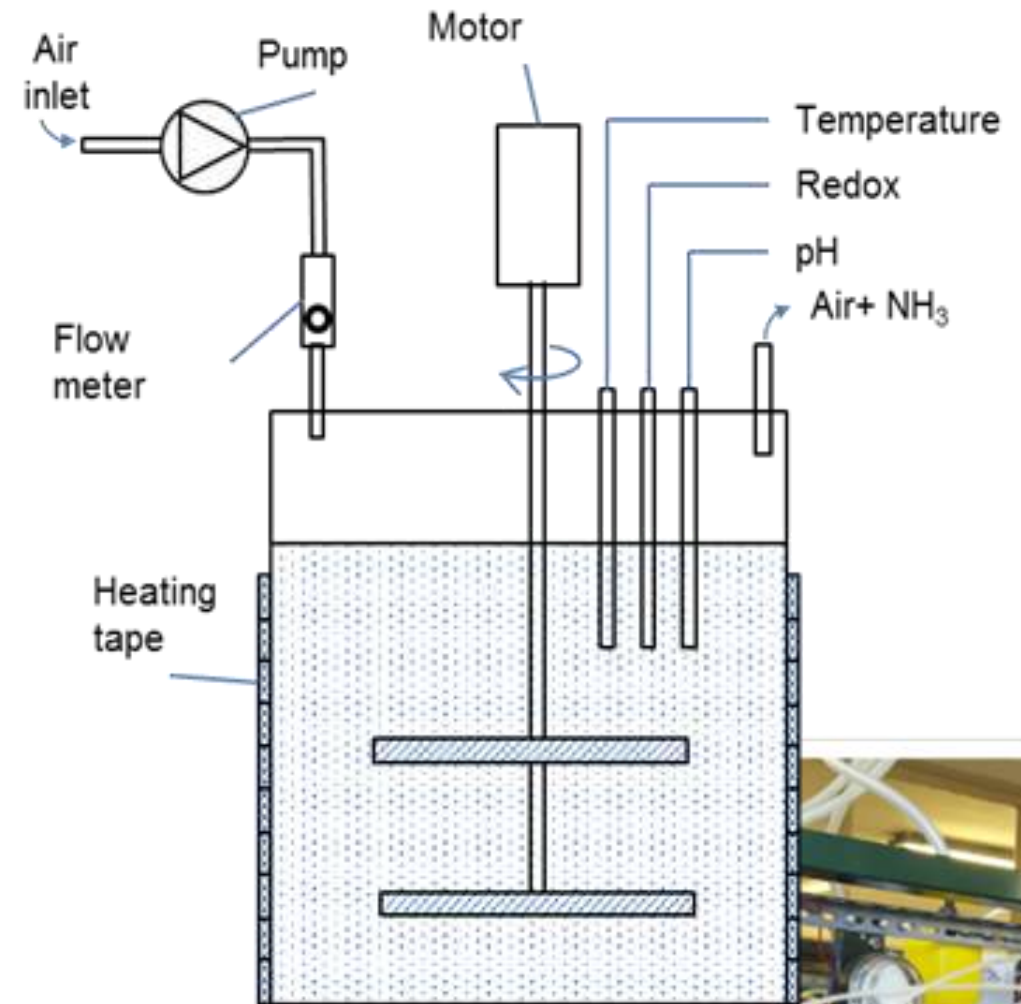
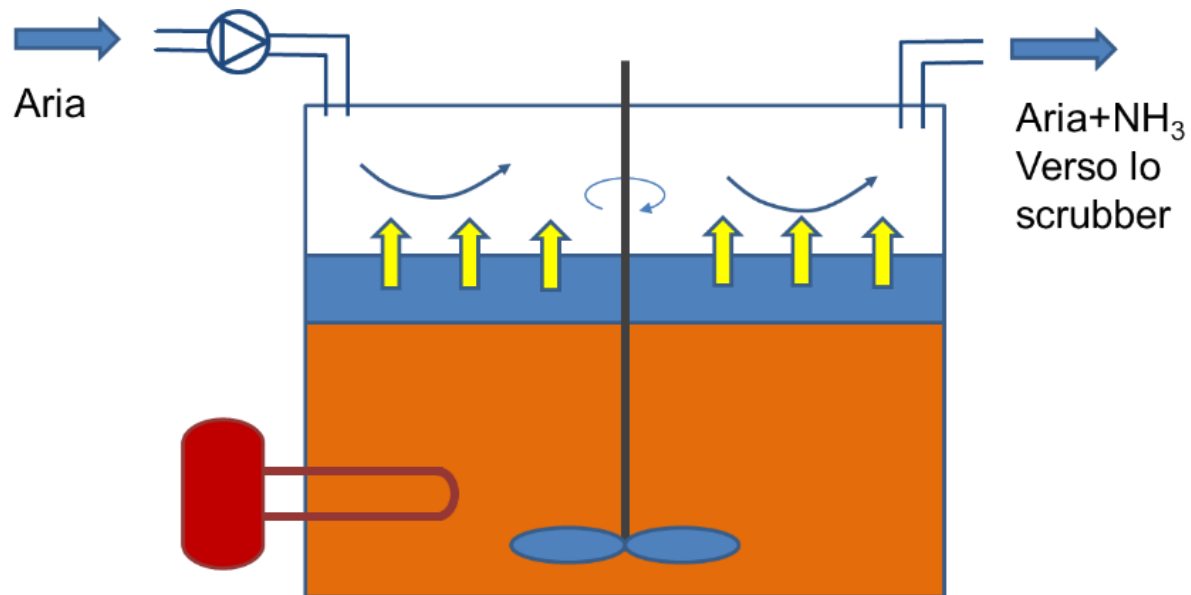


Per strappare l'ammoniaca bisogna considerare sia la dissociazione, sia la volatilizzazione



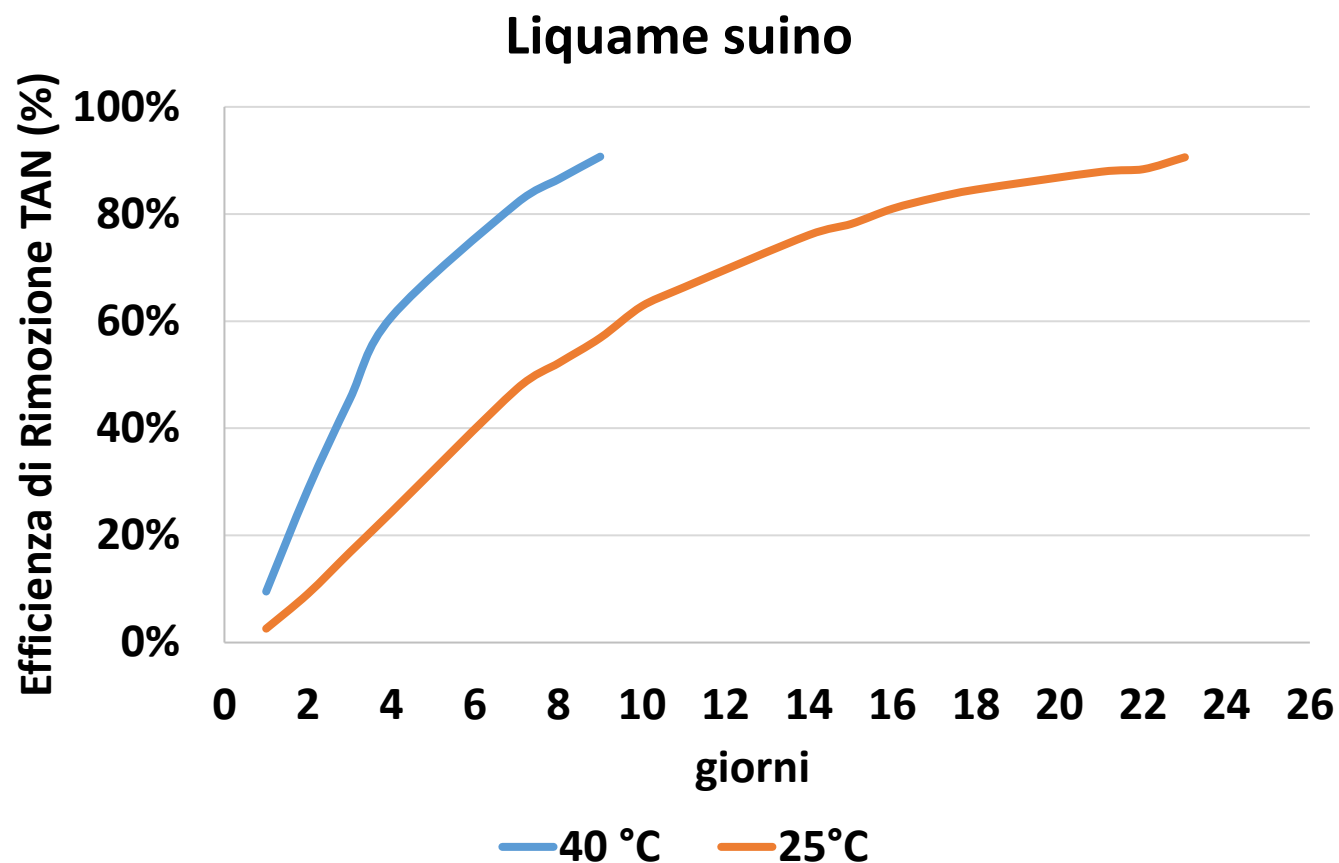
# Il sistema ConservA

Si basa su uno stripping lento per ridurre la necessità di separazione spinta e uso di additivi



# Dalle prove in Laboratorio

## Influenza della Temperatura



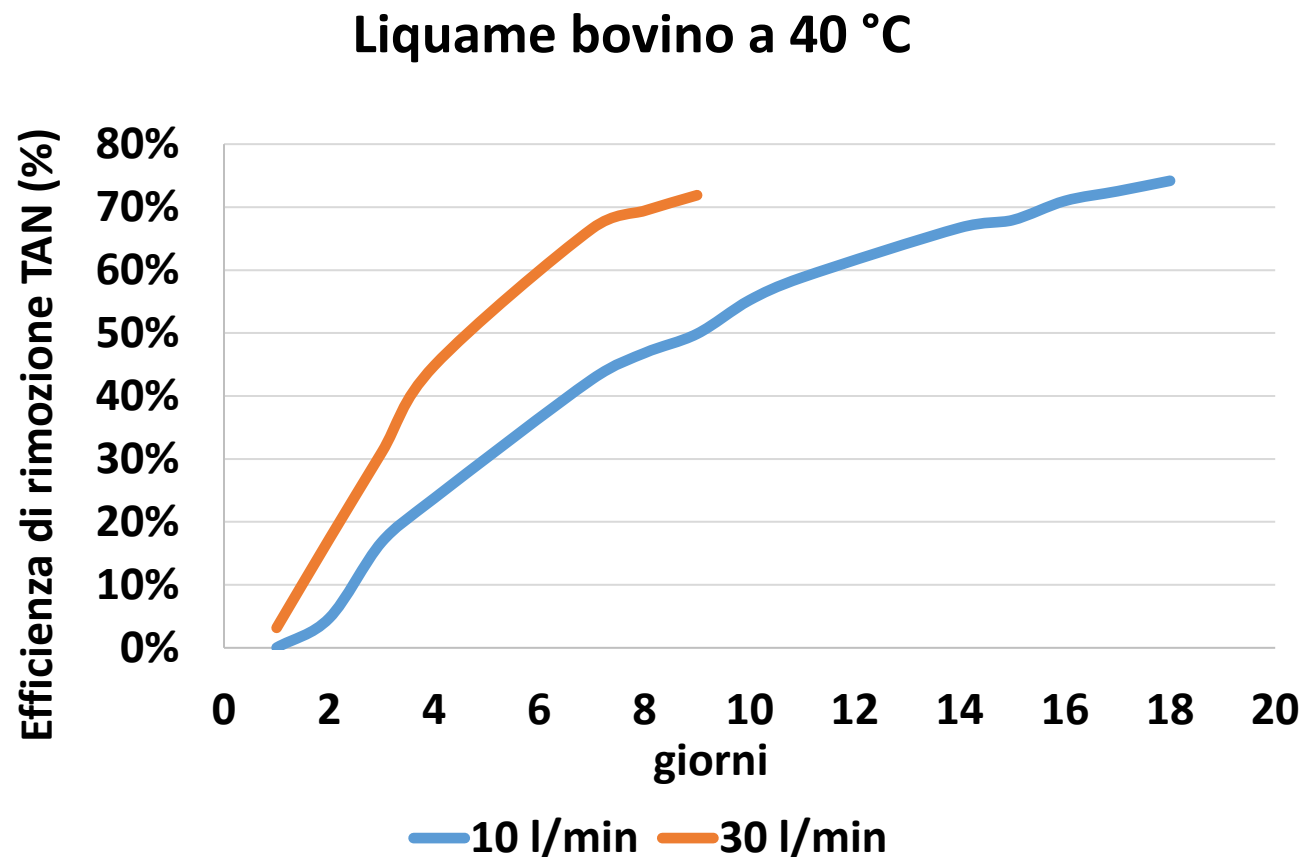
**Alte temperature favoriscono il rilascio dell'NH<sub>3</sub>**

- Nella prova con liquame suino a **40°C** si raggiunge il 91% di rimozione in 9 giorni, mentre nella prova a **25°C** nello stesso tempo si arriva al 57%
- Per raggiungere la stessa efficienza di rimozione servono 14 giorni in più nella prova a **25°C** rispetto a quella a **40°C**





## Influenza della **Velocità dell'aria**

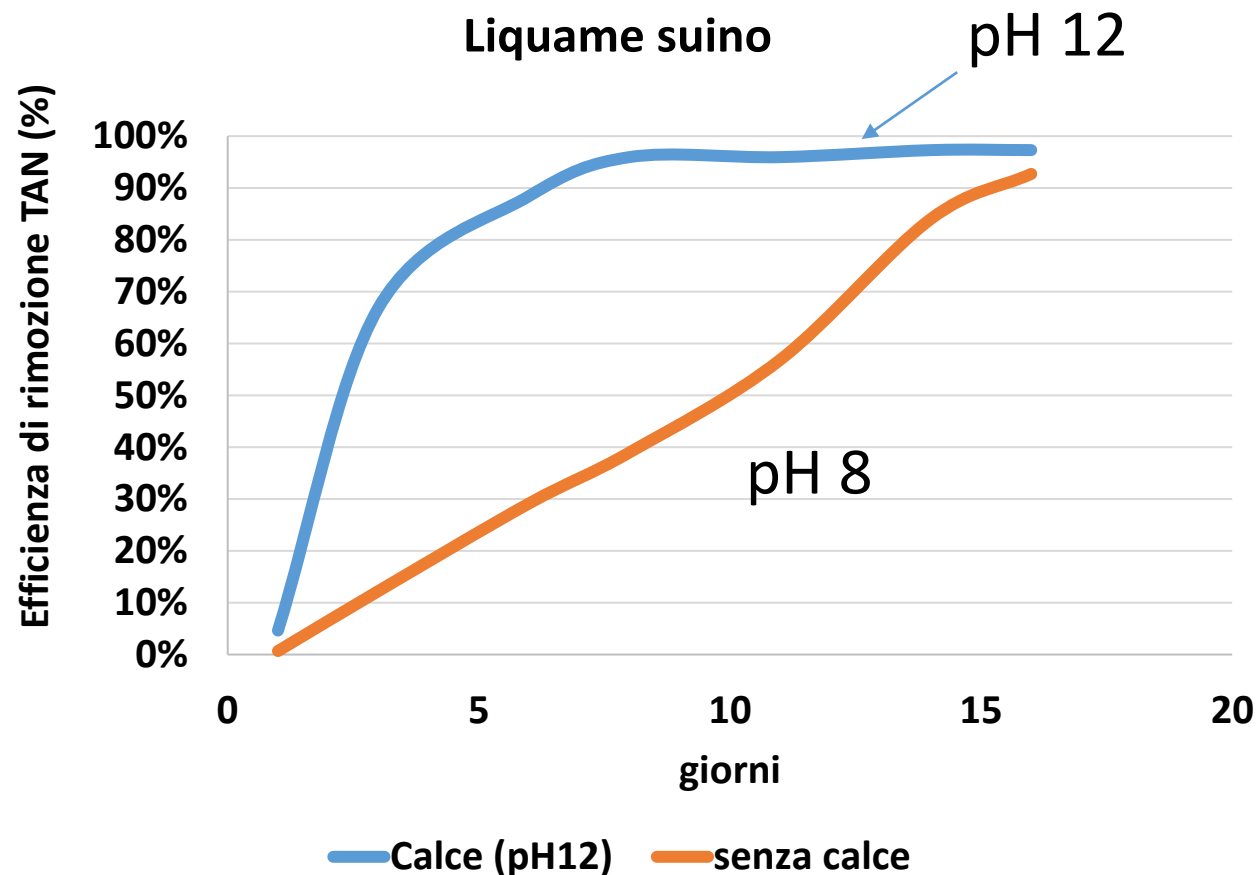


**Alte velocità dell'aria** favoriscono il rilascio dell' $\text{NH}_3$

- Nella prova a **30 l/min** si raggiunge il 72% di rimozione in 9 giorni, mentre nella prova a **10 l/min** nello stesso tempo si arriva al 50%
- Per raggiungere la stessa efficienza di rimozione servono 9 giorni in più nella prova a 10 l/min
- 10 l/min = 1 ricambio dello spazio di testa ogni minuto
- 30 l/min = 3 ricambi dello spazio di testa ogni minuto



## Influenza del pH

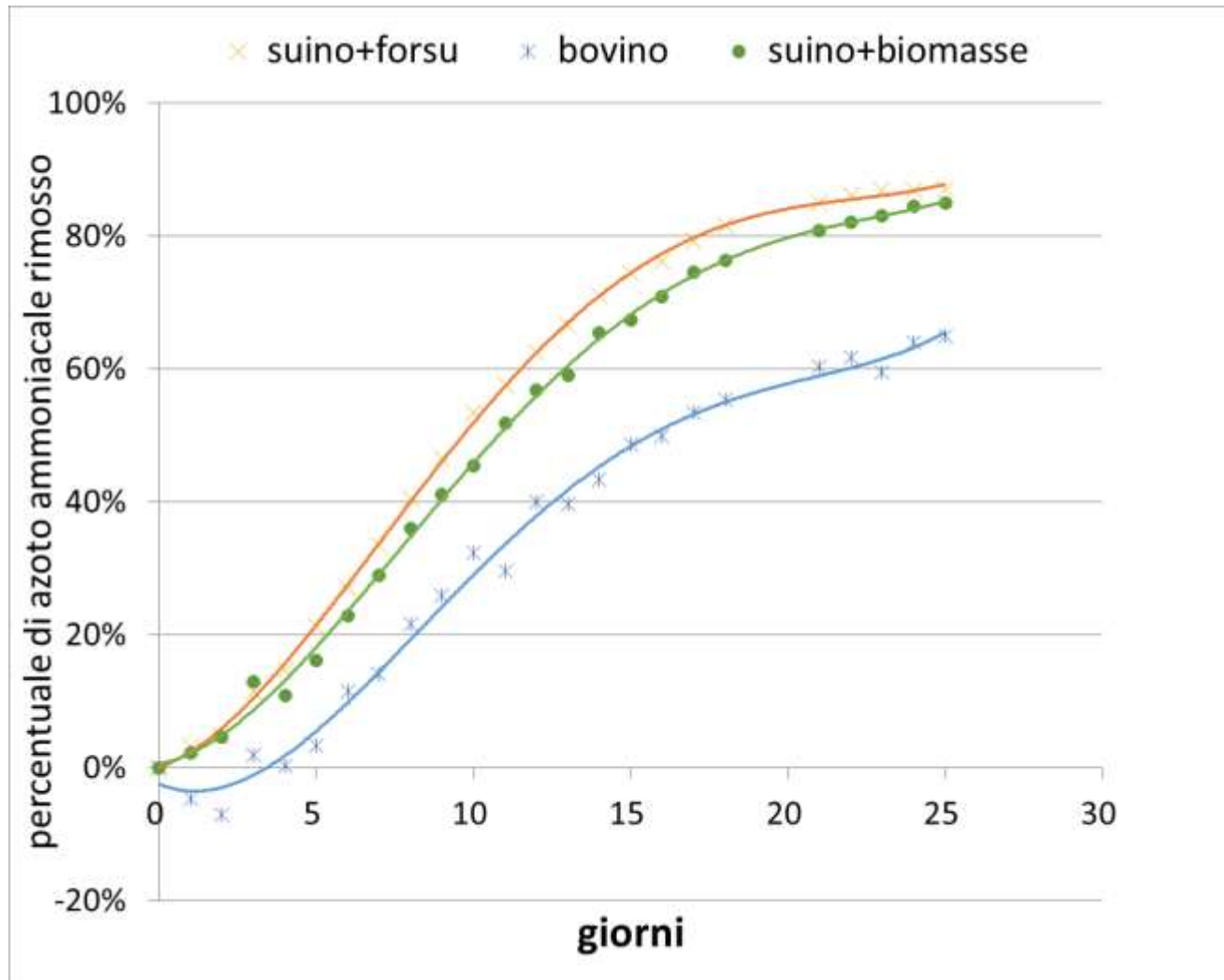


**Un pH Alto** favorisce il rilascio dell' $\text{NH}_3$

- Nella prova con liquame suino ( $25^\circ\text{C}$ ), l'aggiunta di calce aumenta il **pH a 12**, si raggiunge il 96% di rimozione in 8 giorni, mentre nella prova senza l'uso di calce nello stesso tempo si arriva al 39%
- Nel processo di strippaggio in condizioni ottimali il **pH tende ad aumentare naturalmente** di circa 1 punto, stimolando il rilascio di  $\text{NH}_3$



## Influenza della **Tipologia di Effluente**



**La tipologia di effluente** ha un effetto sul rilascio dell' $\text{NH}_3$

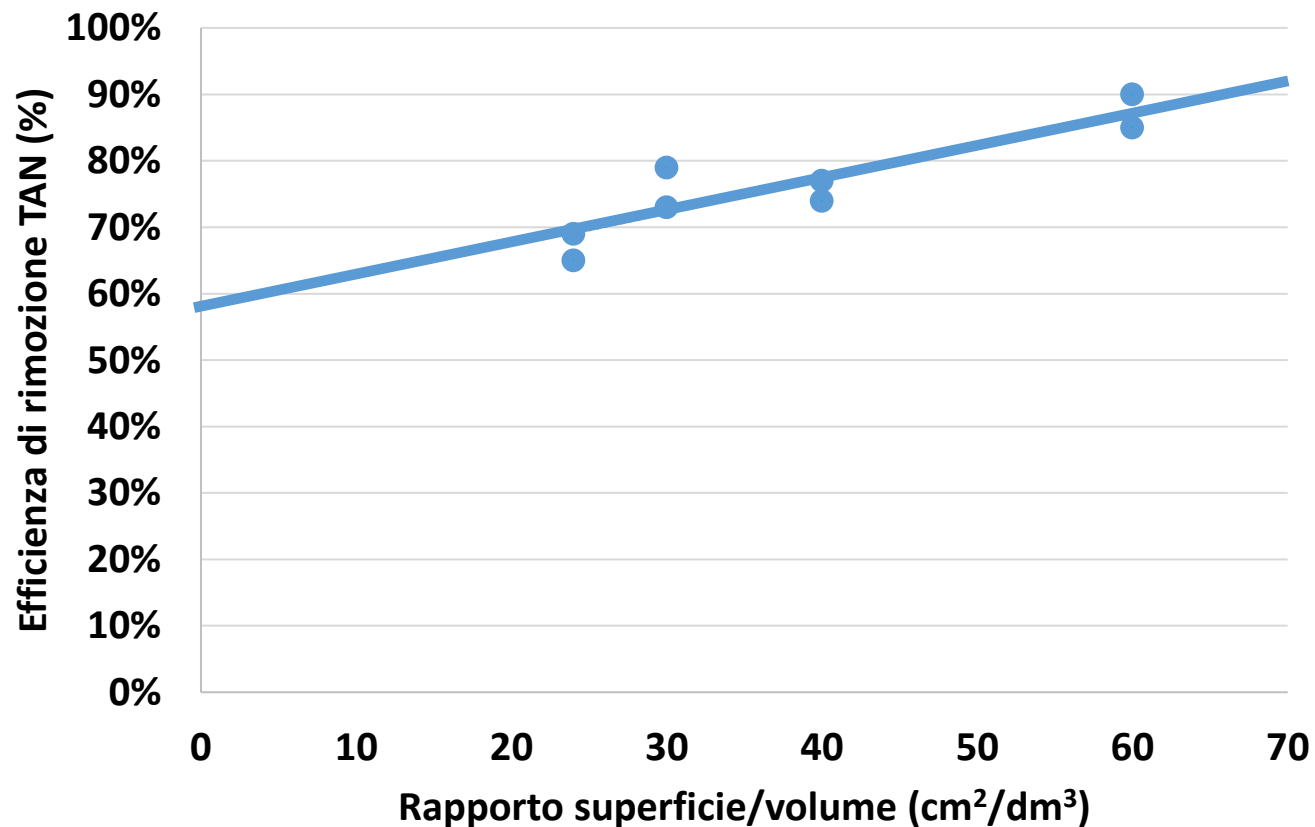
I parametri importanti sono:

- Contenuto e dimensione dei solidi
- Concentrazione di  $\text{NH}_3$
- Alcalinità

In 25 giorni di trattamento ( $40^\circ\text{C}$  e  $10 \text{ l/min}$ ) le efficienze di rimozione variano dal 65% all' 87%



## Influenza del Rapporto superficie-volume



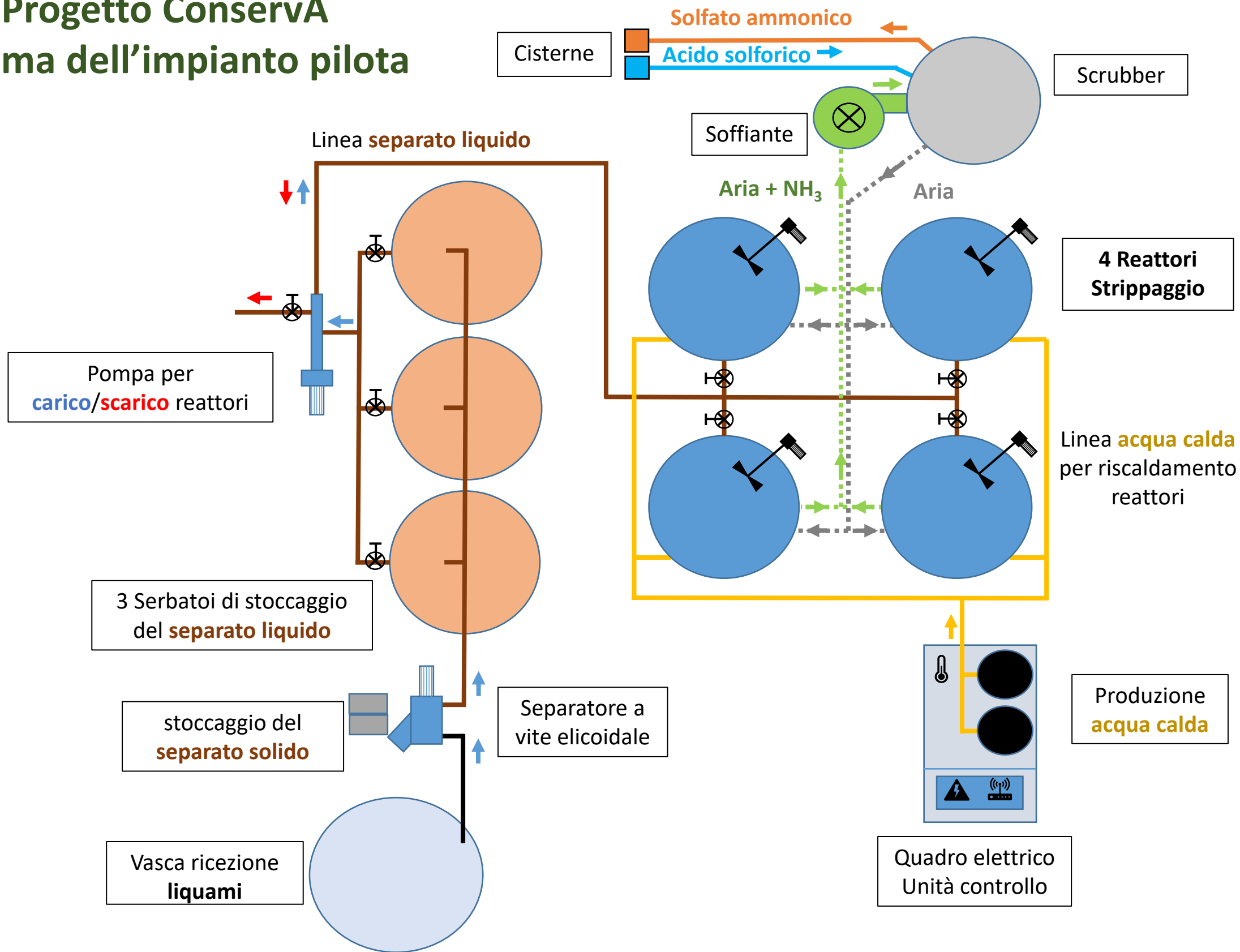
**Un Alto rapporto Superficie-volume favorisce il rilascio dell'NH<sub>3</sub>**

- Nella prova con digestato (20-22°C; 10 l/min; in 25 giorni) con **S/V di 70 cm<sup>2</sup>/dm<sup>3</sup>** si raggiunge il 92% di rimozione, mentre nella prova con **S/V di 10 cm<sup>2</sup>/dm<sup>3</sup>** nello stesso tempo si arriva al 60%
- L'impianto di ConservA ha le seguenti caratteristiche:
  - Volume reattore 3780 dm<sup>3</sup>
  - Superficie reattore 37994 cm<sup>2</sup>
  - Rapporto S/V = **10.1 cm<sup>2</sup>/dm<sup>3</sup>**



# Progetto ConservA

## Schema dell'impianto pilota





# Progetto ConservA - Impianto pilota: funzionamento e caratteristiche



Vasca con capacità di 30 m<sup>3</sup> per ricevere gli effluenti da trattare nell'impianto provenienti da diversi allevamenti



Separatore a vite elicoidale per rimuovere i solidi grossolani e facilitare il processo di rimozione dell'ammoniaca dall'effluente. Tre serbatoi da 7,5 m<sup>3</sup> raccolgono la frazione liquida, mentre la frazione solida viene raccolta in due cassoni.



Pompa monovite da 4 kW per caricare la frazione liquida nei reattori di stripping e scaricare i reattori al termine del trattamento



Quattro reattori da 7.5 m<sup>3</sup>, miscelati e riscaldati a 30-40°C, riempiti a metà livello. Un flusso d'aria nello spazio di testa rimuove l'NH<sub>3</sub> rilasciata dalla superficie del liquido.



L'impianto è monitorato e controllato da un PLC, accessibile anche da remoto.



Nei reattori sono presenti sensori per il monitoraggio di pH, livello e temperatura.



La soffiante genera un flusso d'aria in un circuito chiuso che collega reattori e scrubber. L'aria viene aspirata dai reattori e inviata allo scrubber, per poi rientrare nei reattori.



L'aria carica di NH<sub>3</sub> viene trattata in uno scrubber a umido. L'ammoniaca reagisce con una soluzione di acido solforico formando solfato di ammonio. Un pHmetro monitora il processo.

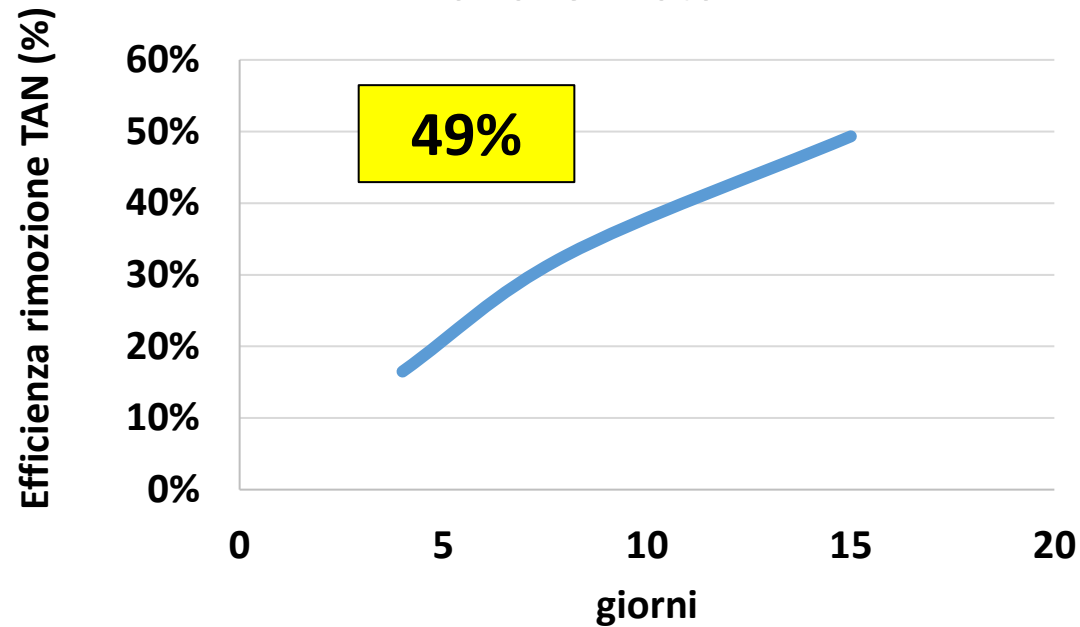


Cisterne da 1 m<sup>3</sup> per stoccare l'acido solforico utilizzato nello scrubber e il solfato ammonico prodotto nello scrubber.



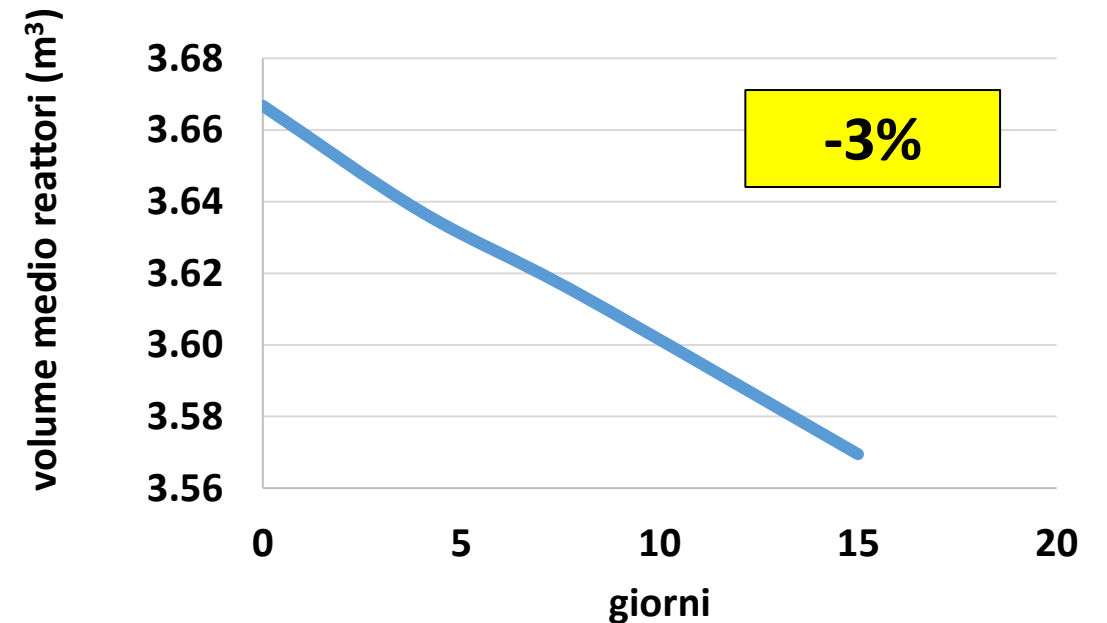
# Prestazioni dell'impianto di ConservA

## Rimozione Azoto

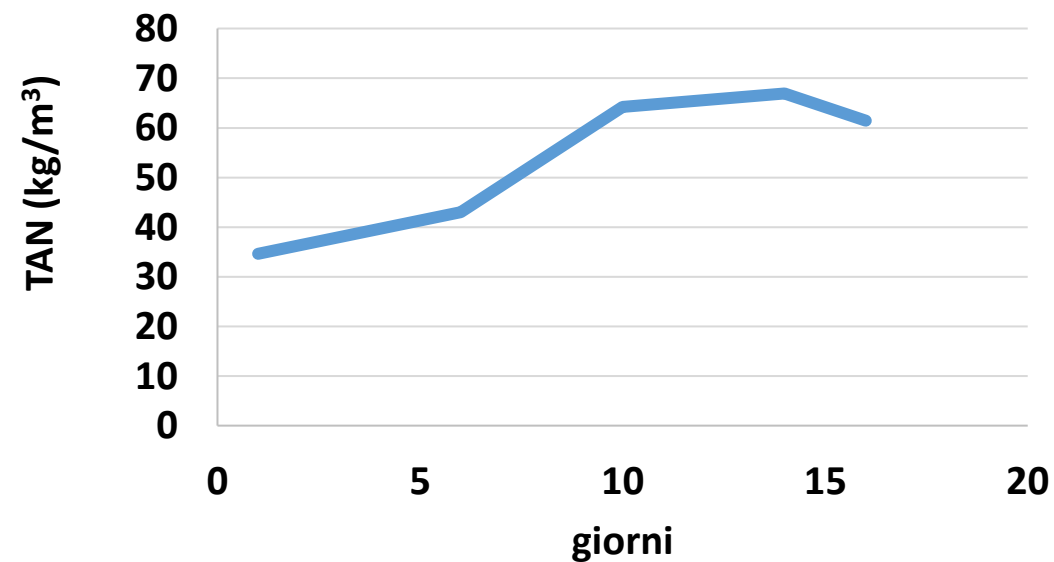


Prova con liquame suino  
ST = 3.1% TAN = 2.97 kg/m<sup>3</sup>

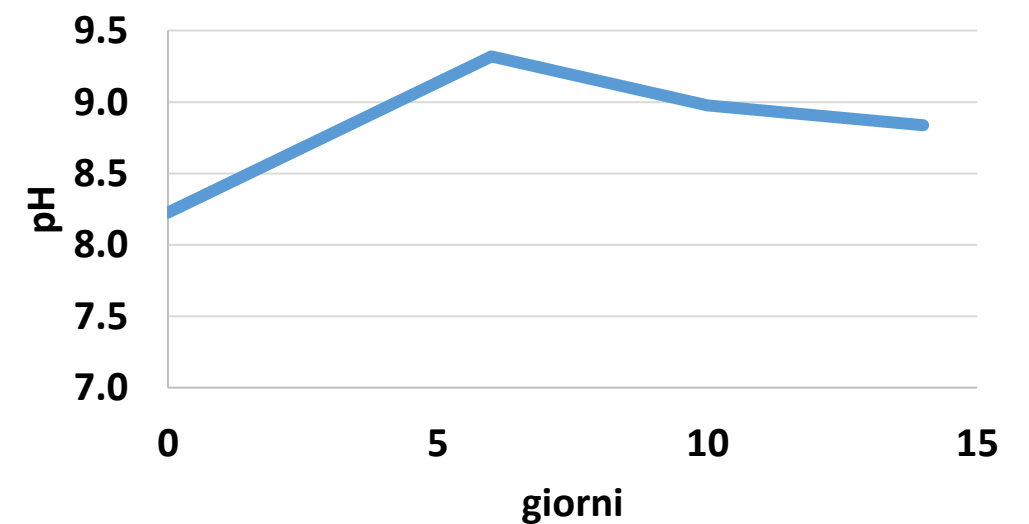
## Andamento volume



## Azoto nel Solfato Ammonico



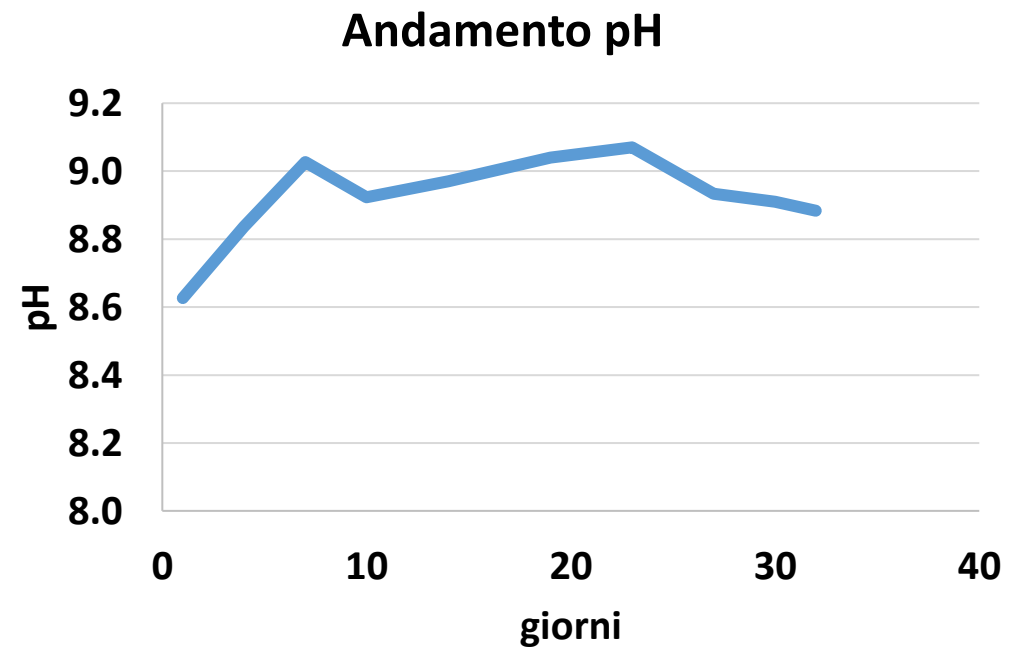
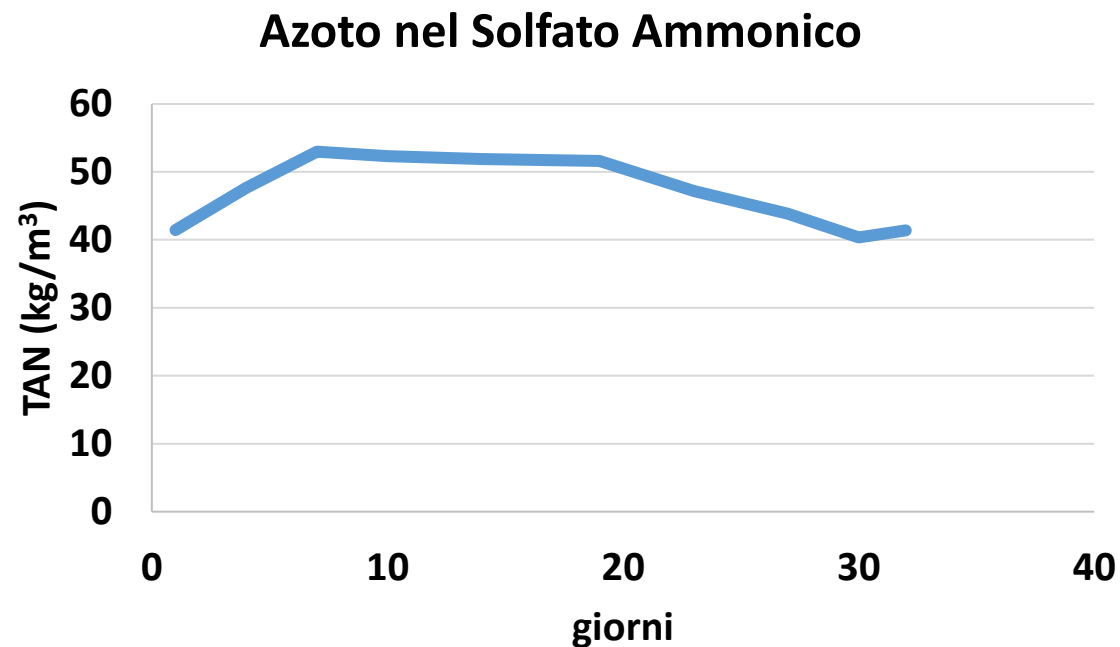
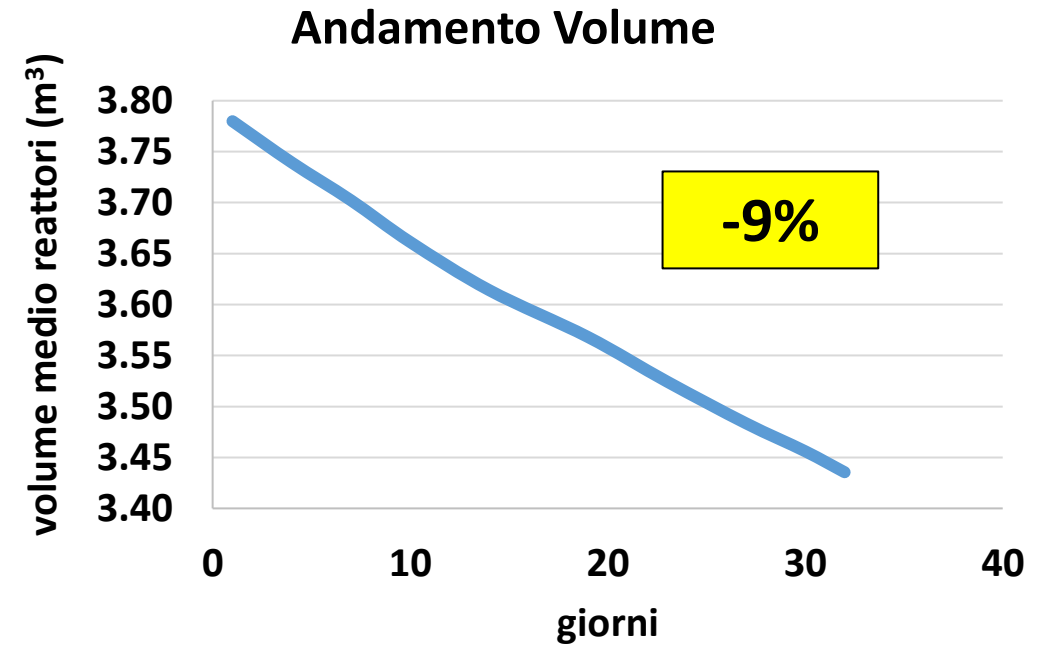
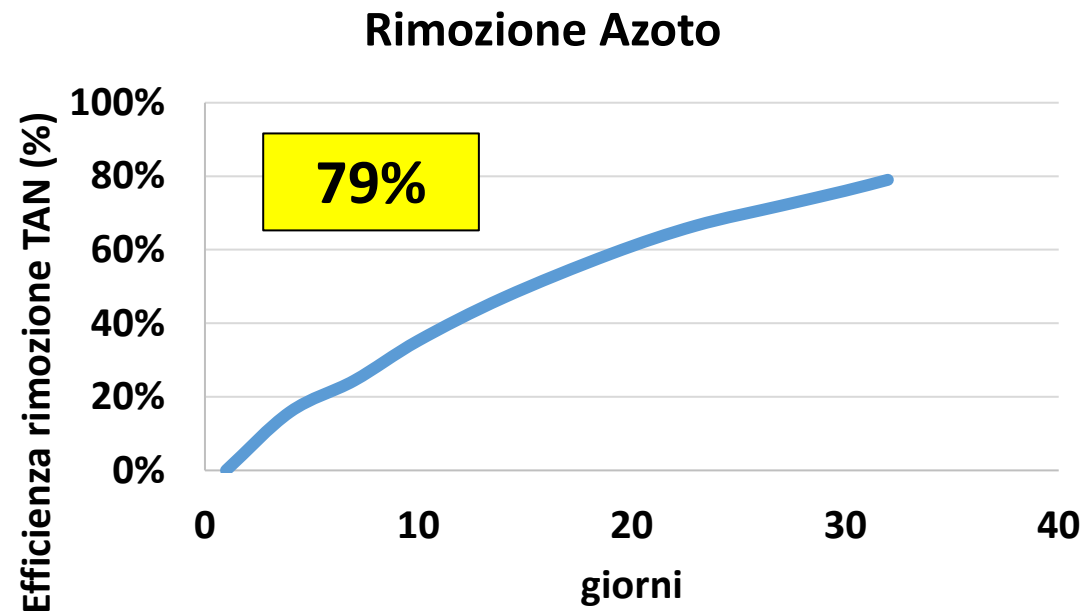
## Andamento pH



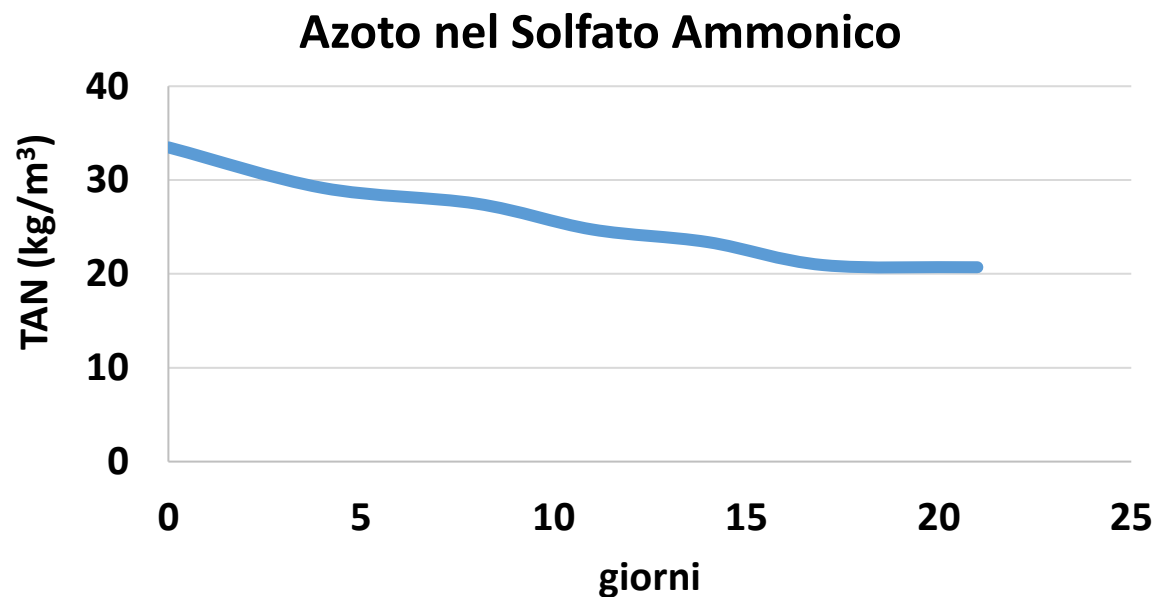
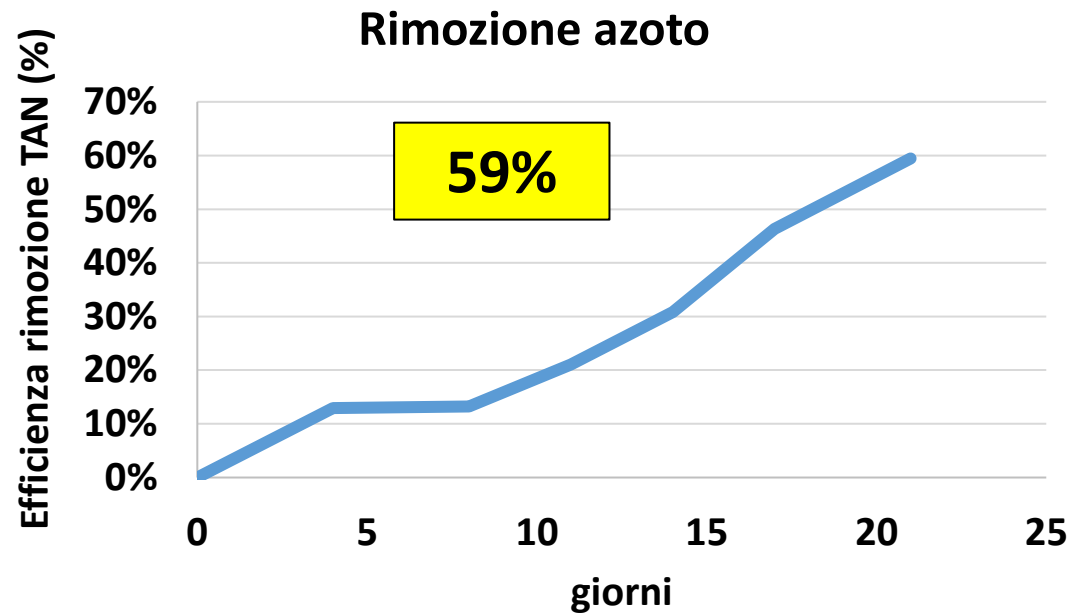
GO ConservA - Impianto innovativo per la rimozione Conservativa dell'Azoto da effluenti zootecnici e digestato

# Prestazioni dell'impianto di ConservA

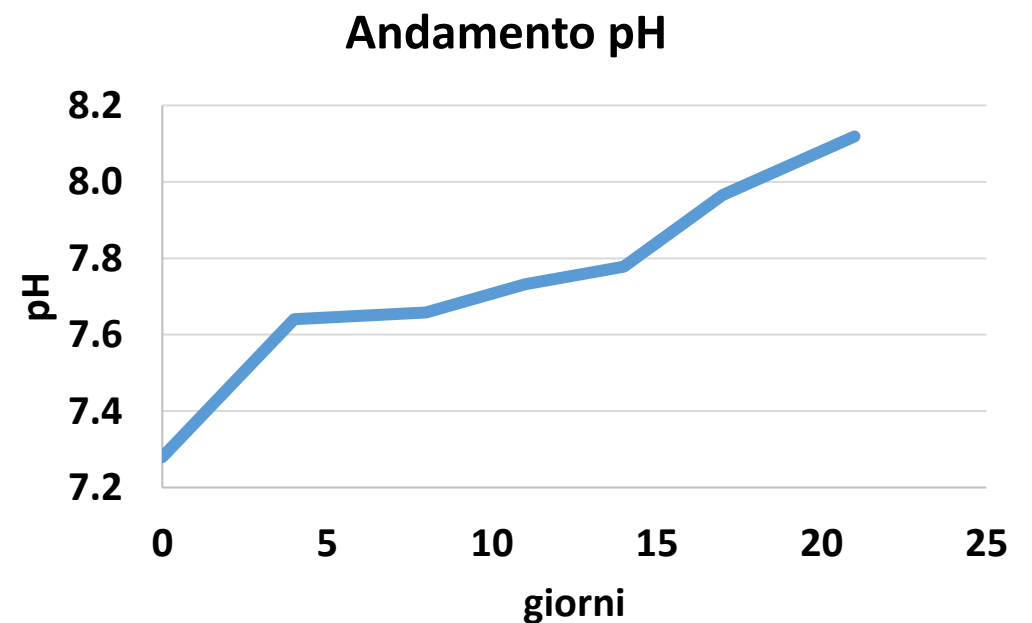
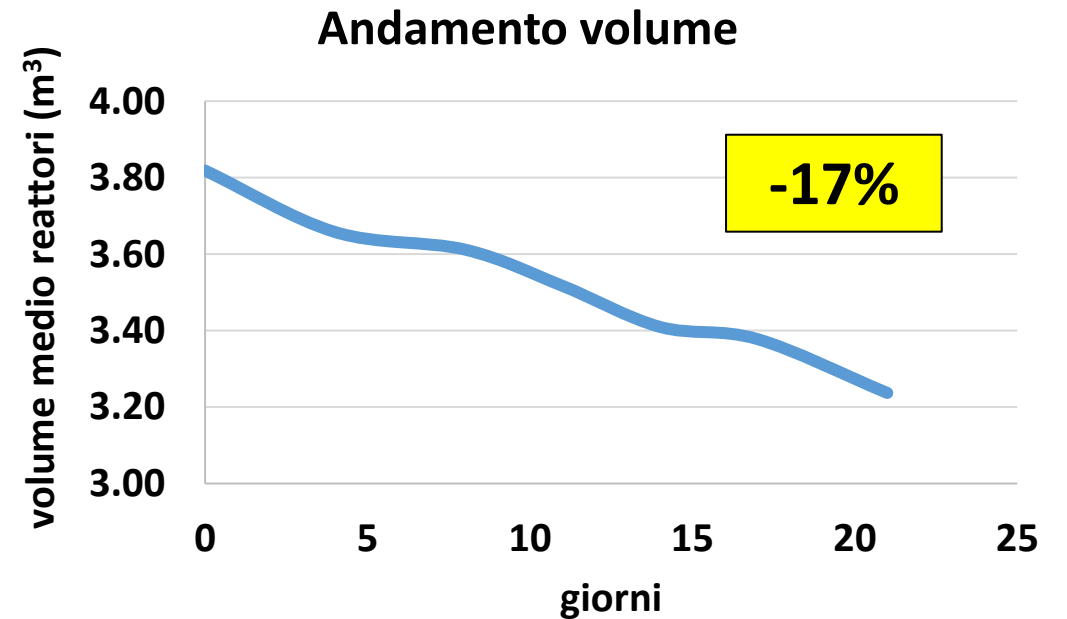
Prova con digestato (Estate)  
ST = 2.4% TAN = 2.33 kg/m<sup>3</sup>



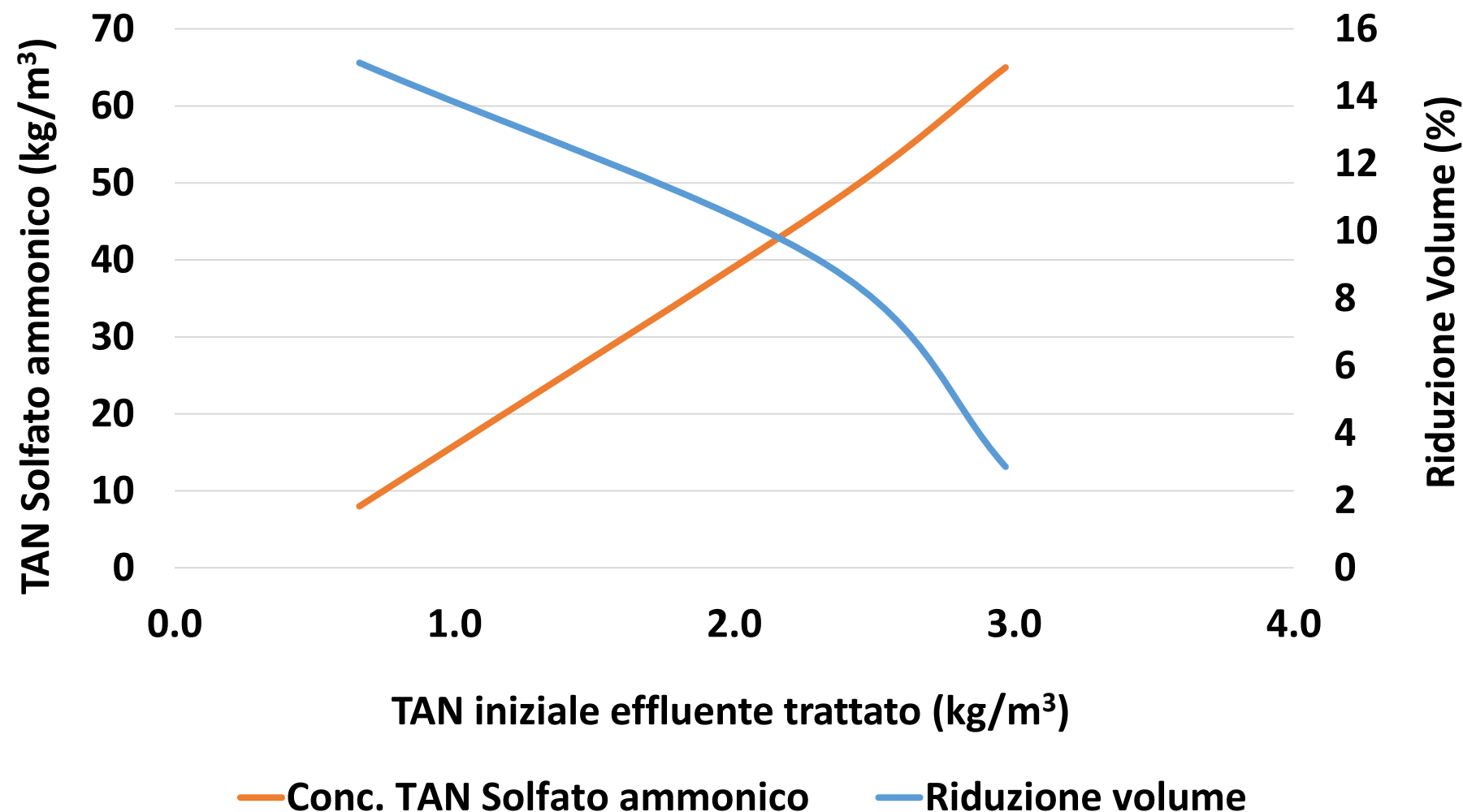
# Prestazioni dell'impianto di ConservA



Prova con Liquame bovino  
ST = 1.32% TAN = 0.66 kg/m<sup>3</sup>



# Prestazioni dell'impianto ConservA

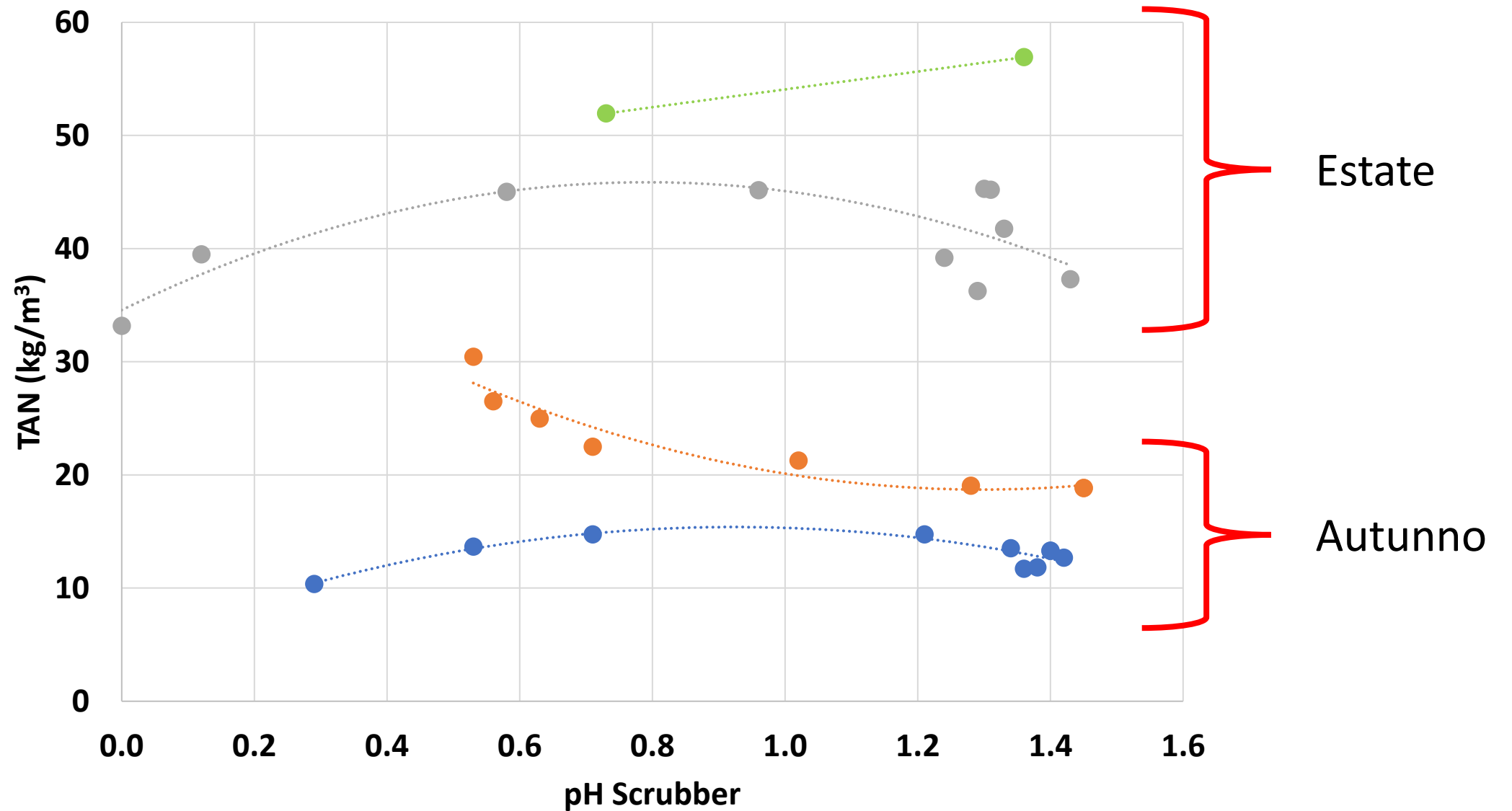


	Suino giugno	Digestato luglio	Bovino settembre
TAN iniziale (g/kg)	2,97	2,33	0,66
TS iniziale (%)	3,1	2,4	1,32
Rimozione azoto (%)	49	79	59
Riduzione volume (%)	3	9	15
Durata (giorni)	15	32	21
Conc. TAN Solfato ammonico (kg/m³)	65	47	8





# La concentrazione di TAN è influenzata dalla condensa di acqua che evapora dai reattori



- prova 1 suino
- prova 2 digestato
- prova 3 bovino
- prova 4 digestato & suino

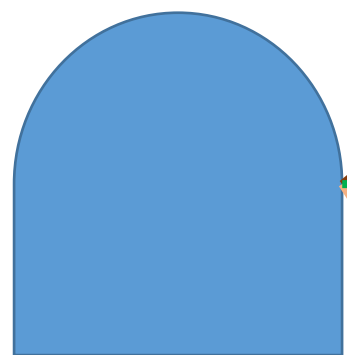


# Bilancio di Massa

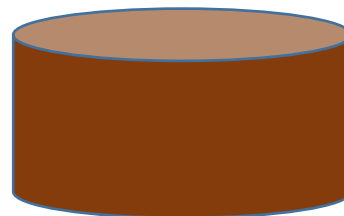
## Liquame concentrato

### Liquame in ingresso

100 m<sup>3</sup>  
**4,6** kg/m<sup>3</sup> N  
 460 kg N  
*di cui 230 kg TAN*



Rimozione TAN: **50%**



97 m<sup>3</sup>  
**3,6** kg/m<sup>3</sup> N  
 345 kg N  
*di cui 115 kg TAN*

Acqua persa  
in aria

1 m<sup>3</sup>

### Liquame trattato

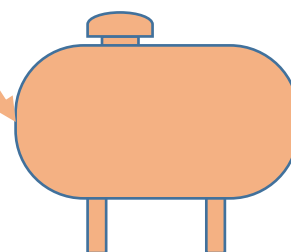
**80%**

91 m<sup>3</sup>  
**3** kg/m<sup>3</sup> N  
 276 kg N  
*di cui 46 kg TAN*

### Soluzione di Solfato Ammonico

2 m<sup>3</sup>  
**58** kg/m<sup>3</sup> N  
 115 kg N  
*di cui 115 kg TAN*

4 m<sup>3</sup>  
**46** kg/m<sup>3</sup> N  
 184 kg N  
*di cui 184 kg TAN*

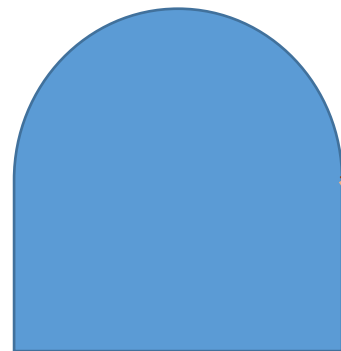


# Bilancio di Massa

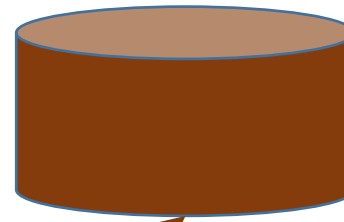
## Liquame diluito

### Liquame in ingresso

100 m<sup>3</sup>  
**2** kg/m<sup>3</sup> N  
200 kg N  
*di cui 100 kg TAN*



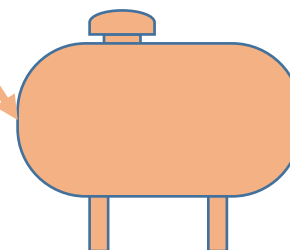
Rimozione TAN: **50%**



94 m<sup>3</sup>  
**1,6** kg/m<sup>3</sup> N  
150 kg N  
*di cui 50 kg TAN*

Acqua persa  
in aria

1 m<sup>3</sup>



5 m<sup>3</sup>  
**10** kg/m<sup>3</sup> N  
50 kg N  
*di cui 50 kg TAN*

### Liquame trattato

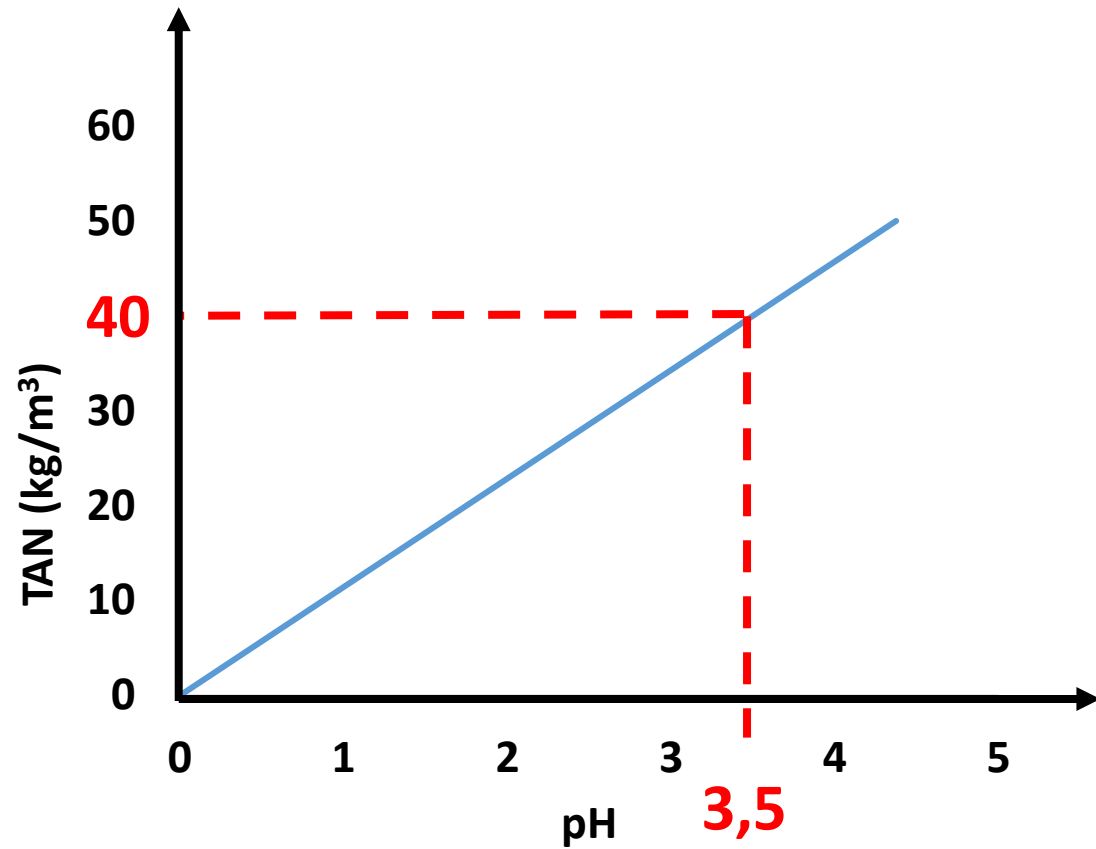
**80%**

85 m<sup>3</sup>  
**1,4** kg/m<sup>3</sup> N  
120 kg N  
*di cui 20 kg TAN*

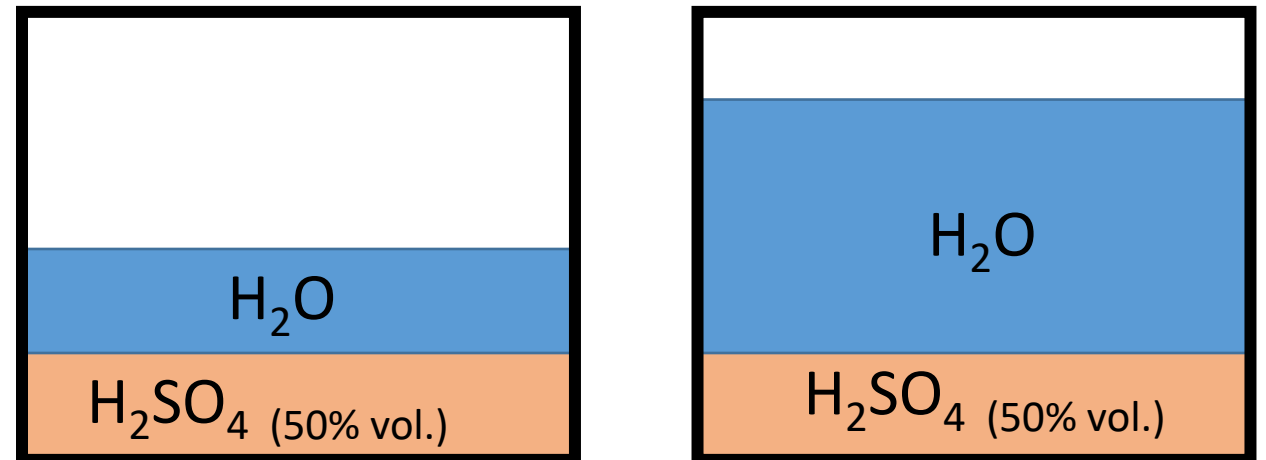
### Soluzione di Solfato Ammonico

10 m<sup>3</sup>  
**8** kg/m<sup>3</sup> N  
80 kg N  
*di cui 80 kg TAN*

# Rapporto pH e TAN atteso

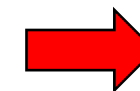


## Gestione dell'acido nel serbatoio dello scrubber



A parità di pH:

Conc. TAN =  
40 kg/m³



Conc. TAN =  
20 kg/m³

# Fabbisogni

## Impianto attuale

Ventilazione reattori di strippaggio		
Velocità dell'aria	(m/s)	<b>11</b>
Ricambi nello spazio di testa	(n° /minuto)	<b>2.3</b>
Portata d'aria	(m <sup>3</sup> /h)	<b>517</b>

Consumi elettrici		Min-max
Per unità di azoto rimosso (con calore)	(kWh/kg N rimosso)	<b>6.6 - 41.2</b>

Consumo di acido		Min-max
Per unità di azoto rimosso	(kg/kg N rimosso)	<b>5 - 13.4</b>

## Impianto ottimizzato

Ventilazione reattori di strippaggio		
Velocità dell'aria	(m/s)	<b>25</b>
Ricambi nello spazio di testa	(n° /minuto)	<b>5</b>
Portata d'aria	(m <sup>3</sup> /h)	<b>1200</b>

Consumi elettrici		obiettivo
Per unità di azoto rimosso (senza calore)	(kWh/kg N rimosso)	<b>2.5</b>

Consumo di acido		obiettivo
Per unità di azoto rimosso	(kg/kg N rimosso)	<b>3.5-4.0</b>





# Prospettive dello strippaggio

- Costo orientativo del processo: 2-3 euro/kg di azoto rimosso
- Al costo attuale dell'azoto lo strippaggio consentirebbe di ottenere un prodotto ad alta efficienza dagli effluenti con benefici ambientali significativi.

Costi vivi (senza calore):

(Energia elettrica: 0,25 €/kWh;  
Acido solforico: 0,24 €/kg)

Costo orientativo: 1.6  
euro/kg azoto rimosso

Il costo per m<sup>3</sup> di liquame  
(1-3 €/ m<sup>3</sup>) dipende da:

- Concentrazione N
- Livello di rimozione N

Ridurre la diluizione è  
essenziale



## Soluzioni operative

- Abbinamento con impianti di biogas per avere disponibilità di calore.
- Utilizzo di additivi (calce) per innalzare il pH se non è presente impianto di biogas
- Il solfato ammonico può essere utilizzato come fertilizzante (ideale per fertirrigazione)

## Impianto semplificato

- Impianto facilmente modulabile in relazione alle esigenze di rimozione di azoto
- Tecnica semplice e facilmente gestibile (con attenzione alla gestione dell'acido)
- Tecnica di realizzazione consolidata (derivata da impianti di biogas)



# <https://costruzionirurali.unimi.it/conserva/>

ConservA - Home

ConservA realizzazione impianto

Team



## ConservA - Home



### Impianto innovativo per la rimozione Conservativa dell'Azoto da effluenti zootecnici e digestato

#### Il Progetto



Il progetto si propone di sviluppare una tecnologia innovativa per la rimozione dell'azoto dagli effluenti di allevamento e realizzare un impianto pilota che possa dimostrare la possibilità di introduzione del sistema nelle aziende zootecniche.

#### Attività



Il GO-ConservA prevede di utilizzare una tecnologia di stripping semplificato dell'azoto basata su un processo sperimentato in laboratorio con buoni risultati e che ha dimostrato di avere le caratteristiche adatte all'introduzione in aziende.

#### Team



Il partenariato del GO-ConservA è composto, oltre che dal capofila, da quattro imprese agricole che rappresentano diverse realtà produttive dello stesso territorio. Le competenze e le esperienze di queste imprese confluiranno nel

#### News



[vedi le news sul sito della Regione Lombardia](#)

[Scarica l'articolo su "Suinicoltura" sul progetto "ConservA"!](#)