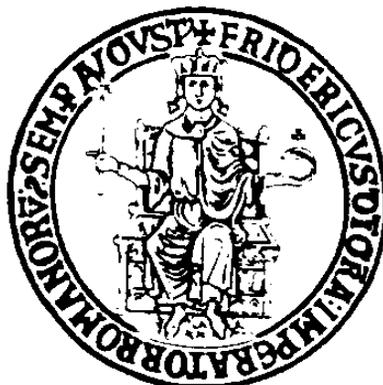


# Università degli studi Federico II di Napoli



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base  
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Corso di Laurea in

**INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

(Classe delle Lauree in Ingegneria Civile e Ambientale, Classe N.L-7)

Presentazione della tesi di laurea

## **«APPLICAZIONI DEL PROCESSO ANAMMOX NEL TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE»**

**Relatore:**

*Ch.mo Prof. Massimiliano Fabbricino*

**Candidato:**

*Paola Pizzuti  
N49/362*

Anno accademico 2013-2014

# L'AZOTO: PERCHÉ E QUANDO RIMUOVERLO

La recente scoperta del metabolismo **Anammox** ha rivoluzionato la comprensione del ciclo dell'azoto e ha consentito di ideare nuove tecnologie per migliorare l'efficienza di rimozione dell'azoto dalle acque reflue

È importante rimuovere l'azoto perché:

❑ L' $\text{NH}_3$  è tossico per la fauna ittica

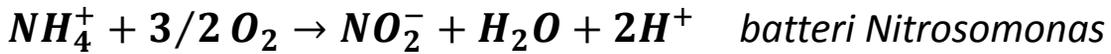
❑  $\text{NO}_2$  e  $\text{NO}_3$  possono provocare l'eutrofizzazione del corpo recettore

Ai sensi del decreto legislativo del 3 aprile 2006, n° 152 «**Norme in materia ambientale**» gli scarichi provenienti da impianti di trattamento delle acque reflue urbane, il cui recapito finale è un'area sensibile, devono rispettare le seguenti concentrazioni:

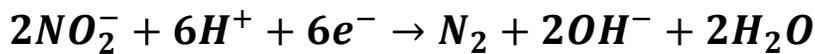
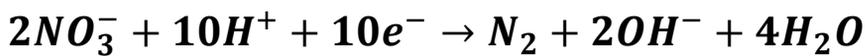
Parametri (media annua)	Potenzialità impianto in A.E (abitanti equivalenti)			
	10.000 - 100.000		> 100.000	
	concentrazione	% di riduzione	concentrazione	% di riduzione
Fosforo totale (P mg/L)	≤ 2	80	≤ 1	80
Azoto totale (N mg/L)	≤ 15	70-80	≤ 10	70-80

# RIMOZIONE CONVENZIONALE DELL' AZOTO: PROCESSO DI NITRIFICAZIONE-DENITRIFICAZIONE

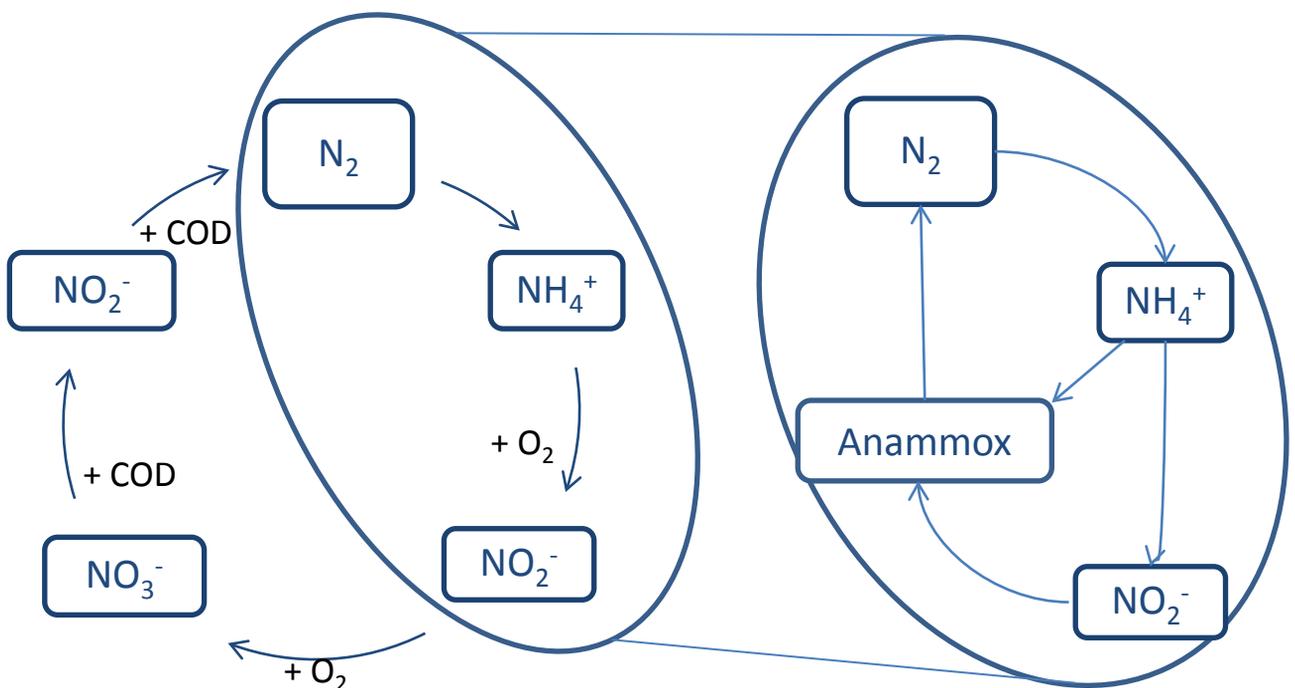
- La fase di **nitrificazione** consiste nell'ossidazione dello ione ammonio a nitrito e successivamente a nitrato ad opera di batteri autotrofi in condizioni aerobiche



- La fase di **denitrificazione** consiste invece nella riduzione del nitrito e del nitrato ad azoto molecolare ad opera di batteri eterotrofi in condizioni anaerobiche



## Collocazione del processo anammox nel ciclo dell'azoto



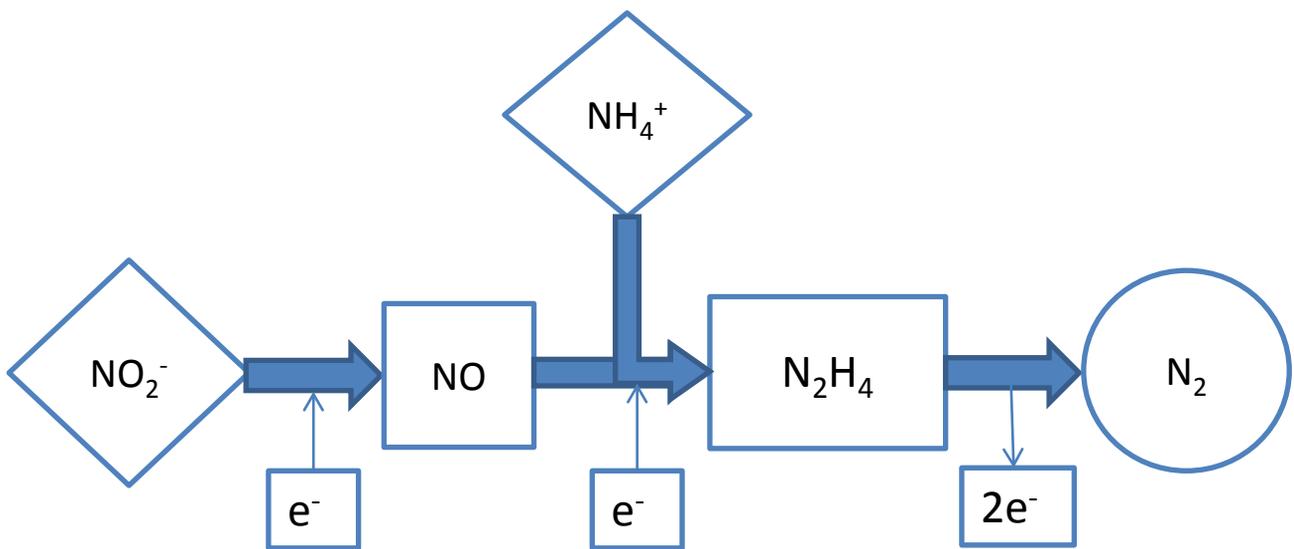
# IL PROCESSO ANAMMOX

## ANAMMOX : ANaerobic AMMonium OXidation

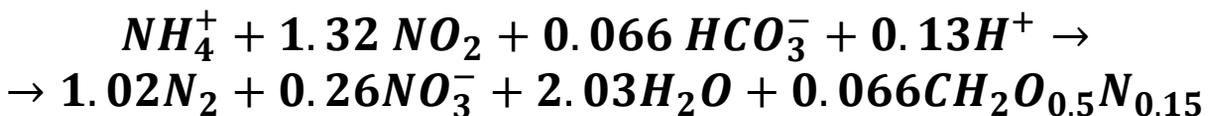
processo biologico di ossidazione anaerobica dell'ammonio ad azoto molecolare ad opera di batteri autotrofi.

- Schema semplificato del catabolismo anammox

◆ Substrati    ■ Intermedi di reazione    ● Prodotti



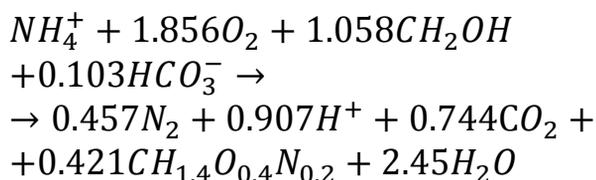
- Stechiometria del processo anammox



Stante la necessità di nitrito come substrato, il processo anammox deve essere preceduto dal processo di **nitritazione parziale**

# CONFRONTO TRA STECHIOMETRIE: VANTAGGI DELL'ANAMMOX

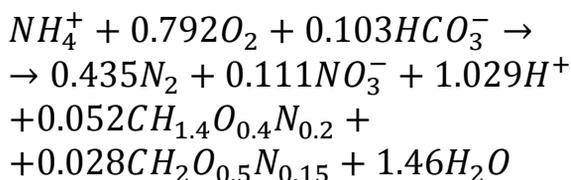
## STECIOMETRIA NITRO-DENITRO



Il processo comporta:

- 1) notevole consumo di energia per l'aerazione con conseguenti elevati costi di gestione e potenziali emissioni di gas serra
- 2) elevata produzione di fanghi di supero con conseguenti costi di trattamento e smaltimento

## STECIOMETRIA PN/ANAMMOX



Il processo anammox:

- 1) essendo anaerobico consente di risparmiare sul consumo energetico per l'aerazione (consumo di O<sub>2</sub> ridotto del 60%)
- 2) essendo autotrofo non necessita di un substrato organico per cui anche la produzione di fango di supero è notevolmente ridotta (80% in meno di fango di supero)

		PN/Anammox	Nitro/Denitro
Consumo di O <sub>2</sub>	kg-O <sub>2</sub> /kg-N	1.81	4.24
Consumo di COD	kg-COD/kg-N	0.00	3.63
Produzione di biomassa	kg-VSS/kg-N	0.13	0.68

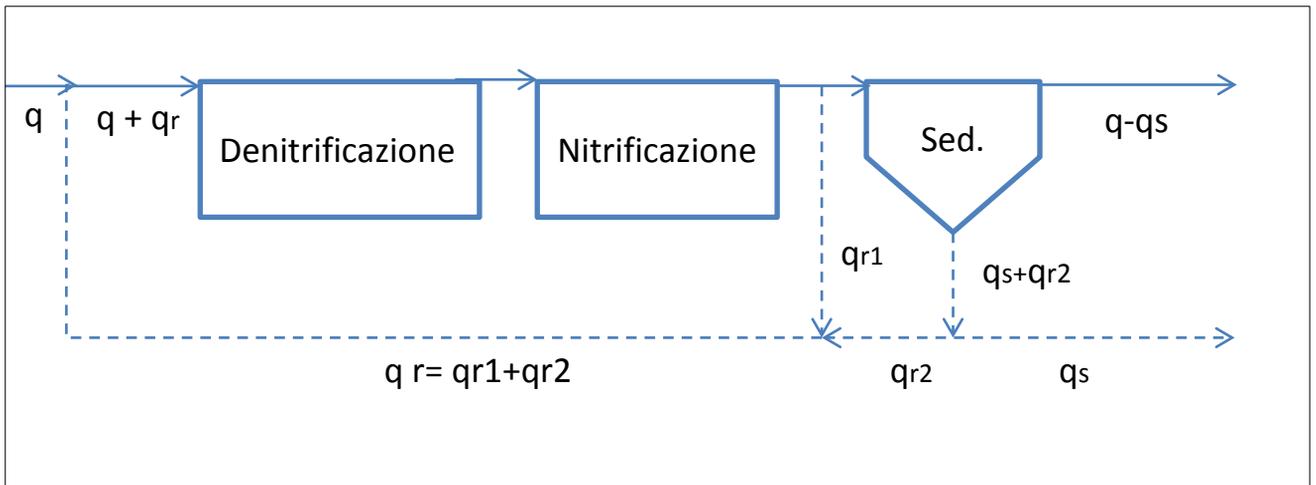
## PROBLEMATICHE DEL PROCESSO ANAMMOX: FATTORI INIBITORI

- ❑ Concentrazione di nitrito: concentrazioni maggiori di 100mg-N/L destabilizzano il processo;
- ❑ Bicarbonato: il rapporto bicarbonato / ammonio deve essere compreso tra 2.3:1 - 4.7:1 al di sotto di tale range vi è poca CO<sub>2</sub>, al di sopra vi è troppa NH<sub>3</sub> a causa di un pH basico;
- ❑ Ossigeno: inibizione reversibile per saturazione del 0.25-2%, inibizione irreversibile per saturazione >18%
- ❑ Carbonio organico: diverse indicazioni in letteratura:
  - C/N > 1
  - COD > 300mg/L
  - COD/N > 2In presenza di carbonio organico si sviluppano i batteri denitrificanti che competono con gli anammox per il nitrito
- ❑ Temperatura: deve essere compresa tra 25°C-45°C funzionamento ottimale riscontrato tra i 35°C e i 40°C
- ❑ Biomassa: deve essere presente in concentrazioni maggiori di 10<sup>10</sup>-10<sup>11</sup> cellule/ml

# CONFIGURAZIONI IMPIANTISTICHE: CICLI DI PRE E POST DENITRIFICAZIONE

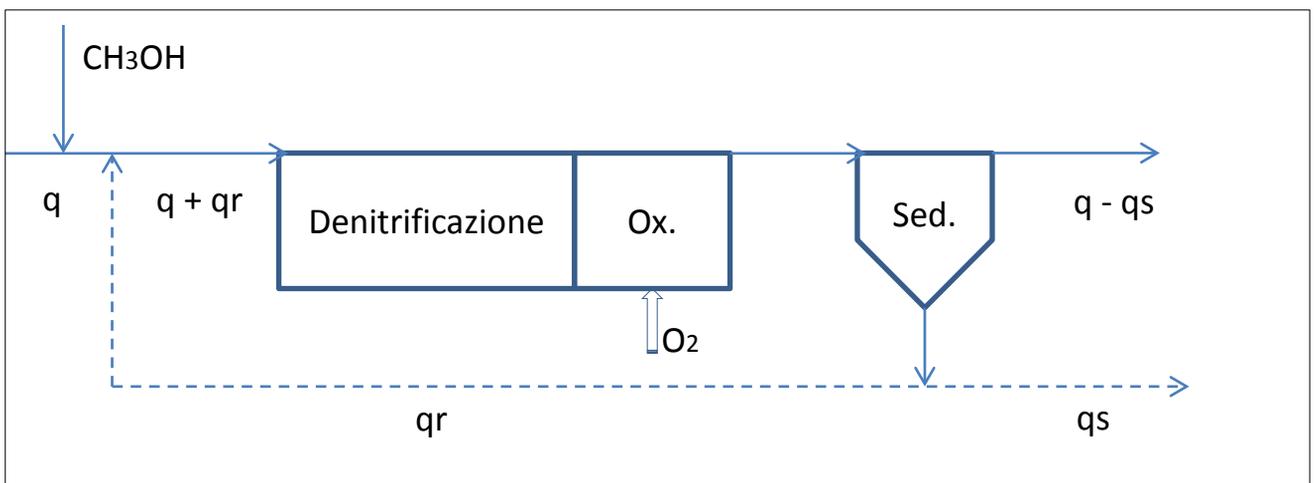
## □ CICLO DI PRE-DENITRIFICAZIONE:

Utilizzato generalmente per trattare reflui civili, caratterizzati da elevate concentrazioni di COD e basse concentrazioni di azoto.



## □ CICLO DI POST-DENITRIFICAZIONE:

Utilizzato generalmente per trattare reflui industriali caratterizzati da basse concentrazioni di COD e notevoli concentrazioni di azoto.



# CONFIGURAZIONI IMPIANTISTICHE: CICLO PN/ANAMMOX UN REATTORE / DUE REATTORI

**DUE REATTORI** biologici in serie di cui il primo è areato e ospita il processo PN, il secondo è anossico e ospita il processo anammox.

## VANTAGGI:

- Ottimizzazione dei singoli processi;
- Minor rischio di competizione eterotrofa;
- Quantitativi minori di inoculo per un rapido start-up del reattore anammox;
- Minor rischio di inibizione da ossigeno.

**UNICO REATTORE** dove le condizioni aerobiche si alternano (nel tempo o nello spazio) alle anossiche per consentire lo sviluppo contemporaneo di entrambi i processi

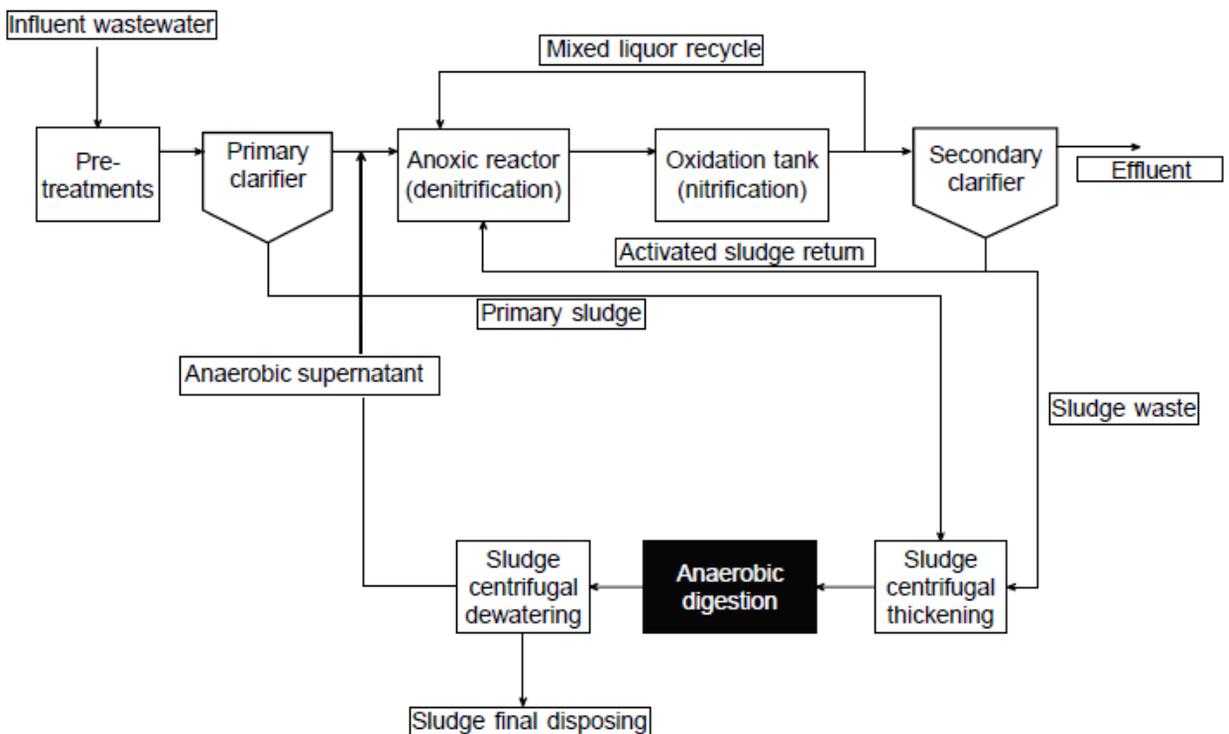
## VANTAGGI:

- Minor costi di investimento
- Controllo di processo meno complesso;
- Minor rischio di inibizione da nitrito dei batteri anammox;
- Minori emissioni di protossido di azoto.

# APPLICAZIONI: studio sull'upgrading dell'impianto di S. Colombano, Firenze

Ad oggi i processi di rimozione puramente autotrofa vantano circa **90 applicazioni a scala reale** per il trattamento di acque di rifiuto con temperature relativamente alte ( $>25^\circ$ ) e concentrate ( $>200$  mgN/L) in particolar modo per il trattamento di surnatanti della linea fanghi.

## □ L'IMPIANTO DI S. COLOMBANO: Potenzialità: 600.000 A.E



## □ PROBLEMATICHE:

valore di progetto: COD = 316 mg/L

valore influente: COD = 110 mg/L

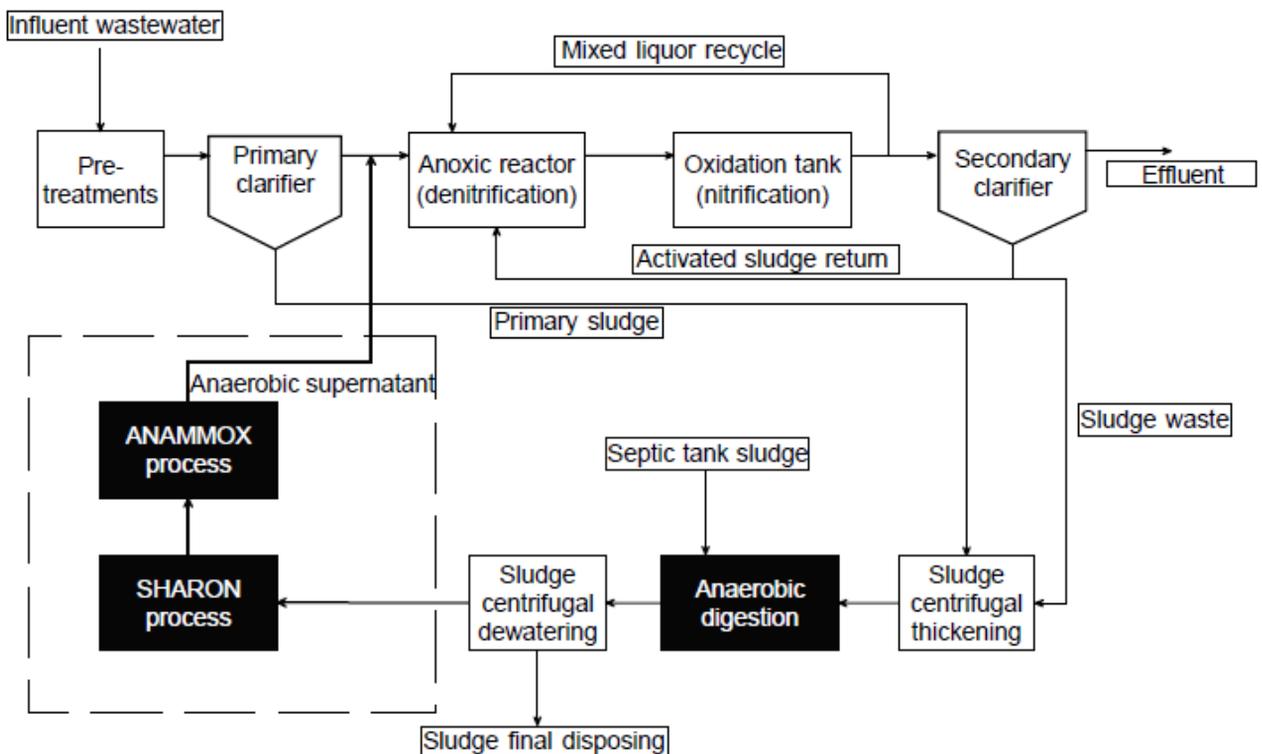
Conseguenza: rapporto COD/N troppo basso perché potesse avvenire un'adeguata denitrificazione.

Il limite di azoto totale (10 mg/L) è stato superato nel **30%** dei campioni dell'effluente finale osservati.

# APPLICAZIONI: studio sull'upgrading dell'impianto di S. Colombano, Firenze

## LA SOLUZIONE:

Trattare il surnatante della digestione anaerobica con un impianto a due reattori PN/Anammox e ricircolare l'effluente a monte della denitrificazione per aumentare il rapporto COD/N



## ANALISI DEI COSTI:

COSTI (€/kgN rimosso)	SHARON-Anammox	Nitro/Denitro (C esterno)
Capitale	0.38	Trascurabile
Energia	0.13	0.3
Manutenzione	0.10	Trascurabile
Esercizio	0.09	Trascurabile
Sostanze chimiche	0.012	0.54
Trattamento fanghi	Trascurabile	0.28
Costo totale	0.71	1.12

# NUOVI CAMPI DI APPLICAZIONE E SVILUPPI FUTURI

## Rimozione dell'azoto dalla linea acque di impianti civili di depurazione

Alcuni risultati fino ad ora conseguiti:

- ❑ trattamento di un **refluo sintetico**  
concentrazioni NH<sub>4</sub>: 60-160 mg-N/L  
T : 10 - 20°C  
  
efficienza : 83%
- ❑ Trattamento di un **refluo civile reale**  
a valle di una rimozione spinta di BOD  
è stata dimostrata la fattibilità di un processo PN/anammox mono-stadio a T=20°C

Un passaggio obbligato verso l'implementazione in scala reale sarà la messa a punto di una strategia di processo a lungo termine atta a controbilanciare le **fluttuazioni della temperatura durante l'anno**

## Trattamento di digestati agrozootecnici

Un esempio italiano: **progetto BRAIN**

- ❑ Trattamento della frazione liquida di un digestato misto di fanghi sunicoli, pollina e colture energetiche e di altri scarti zootecnici a scala lab e pilota

Durata del trattamento: **350 d**  
efficienza di rimozione media dell'azoto: 93%  
carico medio applicato:  
0.5 kg-N/m<sup>3</sup>d

è stata dimostrata così la trattabilità di tale digestato anche senza diluizione