

# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE



CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

# NITRIFICAZIONE E DENITRIFICAZIONE AUTOTROFA CON ZOLFO BIOLOGICO IN REATTORI A COLTURE SOSPESE

**RELATORE:** 

Ch.mo Prof. Francesco Pirozzi

**CORRELATORI:** 

**Prof. Ing. Giovanni Esposito Prof. Ing. Stefano Papirio** 

**CANDIDATO:** 

Carlo Moscariello

Matricola:

M67/405

#### CONTAMINAZIONE DELLE ACQUE DA AZOTO



Uso di fertilizzanti eccessivo nell'agricoltura



Scarico di reflui non correttamente trattati



Sversamenti di rifiuti industriali contenenti sostanze nutritive



Allevamenti intensivi



Rifinitura e pulizia dei metalli

#### EFFETTI SULL'AMBIENTE E SULLA SALUTE PUBBLICA



Eutrofizzazione



Inquinamento acque di falda





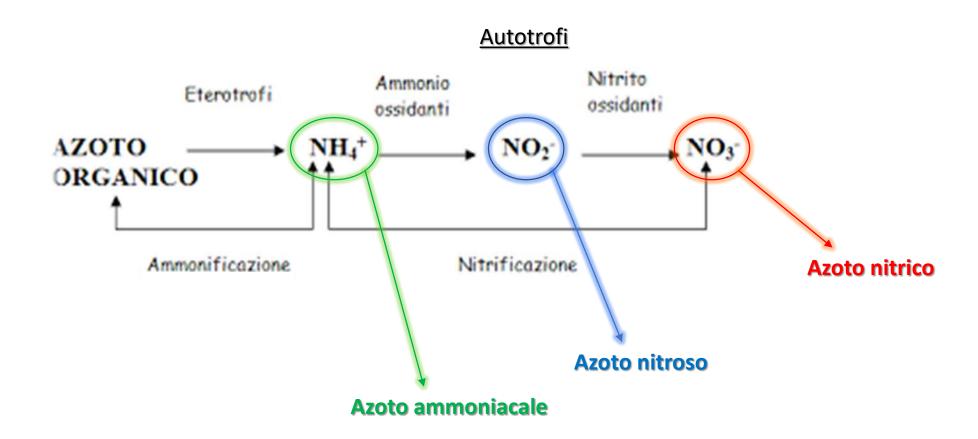
## PROCESSI DI RIMOZIONE DELL'AZOTO DALLE ACQUE PROCESSI BIOLOGICI

PRESENZA DI CO-SUBSTRATI DURANTE I PROCESSI DI ABBATTIMENTO DEI COMPOSTI AZOTATI



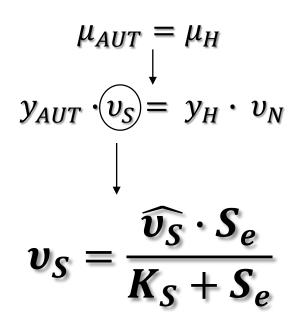
## PROCESSI BIOLOGICI

#### **NITRIFICAZIONE**



#### **NITRIFICAZIONE**

Nel processo classico di <u>NITRIFICAZIONE COMBINATA</u> di un impianto di depurazione è presente sia sostanza organica che azoto ammoniacale; affinché gli **autotrofi** siano favoriti rispetto agli **eterotrofi** bisogna mantenere bassa una concentrazione di sostanza organica.



 $\mu_{AUT}$  = velocità effettiva di crescita della biomassa autotrofa [t<sup>-1</sup>]

 $\mu_H$  = velocità effettiva di crescita della biomassa eterotrofa [t<sup>-1</sup>]

 $\mathbf{y}_{AUT}$  = coefficiente di crescita della biomassa autotrofa  $\mathbf{y}_{H}$  = coefficiente di crescita della biomassa eterotrofa  $\mathbf{v}_{S}$  = velocità di consumo del substrato organico (glucosio) [t-1]

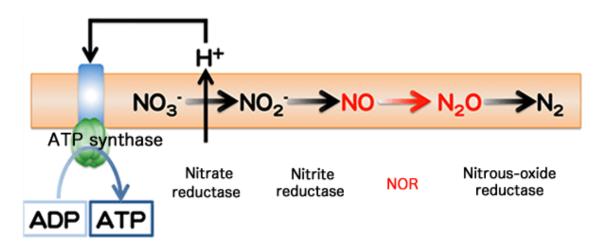
 $v_N$  = velocità di consumo dell'azoto [t<sup>-1</sup>]

 $\widehat{\mathbf{v_S}}$  = massima velocità di consumo del substrato organico (glucosio) [t<sup>-1</sup>]

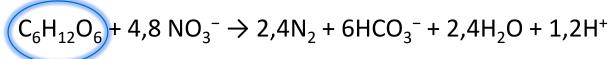
**S**<sub>e</sub> = Concentrazione di sostanza organica [mg/L]

 $K_s$  = Costante di semi-saturazione [mg/L]

#### **DENITRIFICAZIONE**



#### **DENITRIFICAZIONE ETEROTROFA**



Elevati rendimenti e cinetiche di biodegradazione Aggiunta di substrati organici

Maggiore produzione di fango

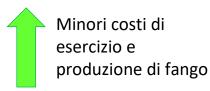
#### **DENITRIFICAZIONE AUTOTROFA**

$$(55S^0) + 38H_2O + 50NO_3^- + 20CO_2 + 4NH_4^+ \rightarrow 4C_5H_7O_2N + 55SO_4^{2-} + 25N_2 + 64H^+$$

ZOLFO BIOGENICO

**GLUCOSIO** 

DONATORE INORGANICO DI ELETTRONI

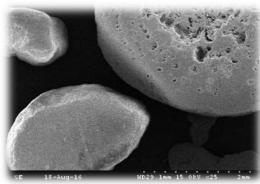


Cinetiche di biodegradazione più lente

#### DENITRIFICAZIONE AUTOTROFA CON ZOLFO

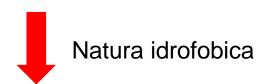
#### **Zolfo sintetico**





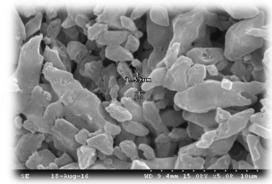


Facilmente approvvigionabile



#### Zolfo «biologico» o «biogenico»





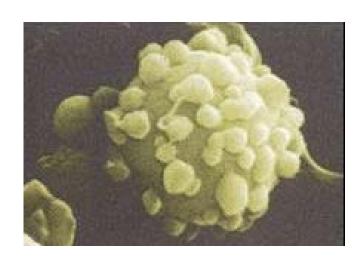


Maggiore idrofilicità e biodisponibilità



Più difficilmente approvvigionabile

#### DENITRIFICAZIONE AUTOTROFA CON ZOLFO BIOGENICO

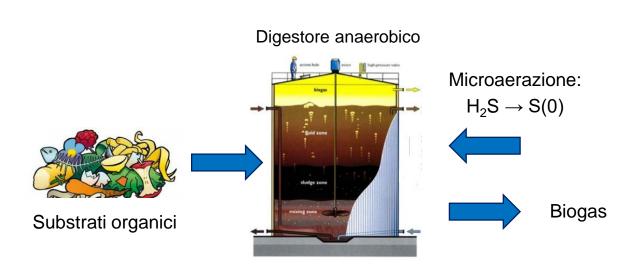




I'm Theo, I'm very good at removing  $H_2S$ 

THIOPAQ technology ( La conversione di H<sub>2</sub>S a S<sup>0</sup> biogenico viene effettuata da batteri (es., Thiobacilli)

# ECONOMIA CIRCOLARE





#### TIPOLOGIE DI SISTEMI USATI

- COLTURE SOSPESE



Reattori CSTR (Continuously Stirred Tank Reactor)



- COLTURE ADESE

Reattori IFBR (Inverse Fluidized Bed Reactor)



## ATTIVITÀ E OBIETTIVI

#### **DENITRIFICAZIONE AUTOTROFA**

- Valutare l'abbattimento di NO<sub>3</sub><sup>-</sup> in un CSTR anaerobico a colture sospese con zolfo biologico S<sup>0</sup>;
- Valutare l'abbattimento di NO<sub>3</sub> in un esperimento batch;
- Valutare il potenziale effetto inibente del nichel (Ni) sulla denitrificazione autotrofa.

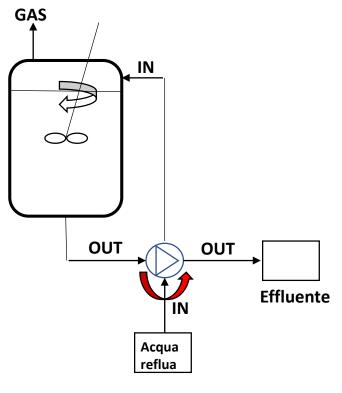
#### **NITRIFICAZIONE**

- Valutare l'abbattimento di NH<sub>4</sub><sup>+</sup> in un CSTR aerobico con glucosio come sostanza organica;
- Valutare l'effetto della riduzione di glucosio sul processo di nitrificazione.

#### <u>DENITRIFICAZIONE AUTOTROFA</u> – MATERIALI E METODI

#### **Reattore CSTR anaerobico**

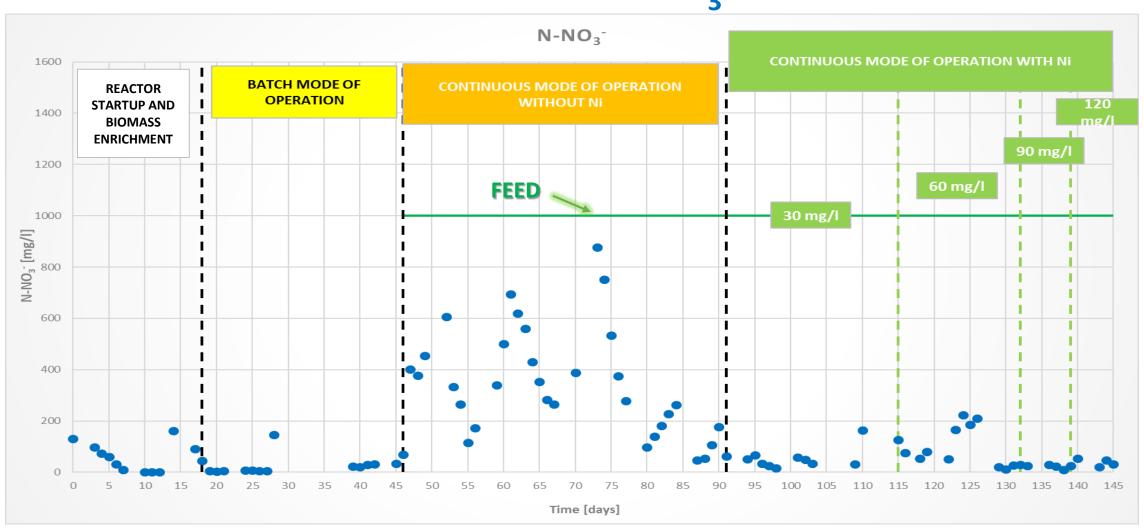
$\mathbf{V}_{reattore}$	1,5 L		
Т	$T_{amb}$		
рН	6 ÷ 8		
[N-NO <sub>3</sub> -] <sub>IN</sub>	1000 mg/L		
[S <sup>0</sup> ] <sub>IN</sub>	2,25 g/L		
HRT	48 h		
Q	0,042 L/h		



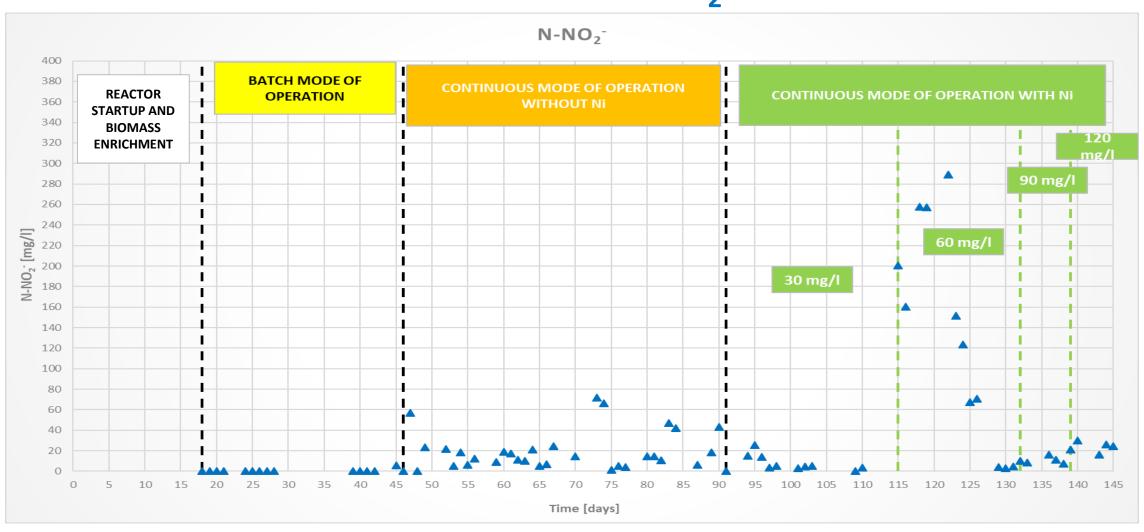


CONDIZIONI OPERATIVE	GIORNI	N-NO <sub>3</sub> - [mg/L]	Nichel	
			Giorni	[mg/L]
Startup dei reattori con arricchimento di biomassa	0 - 17	1000		
Fase Batch	18 - 45			
Esercizio in continuo	46 – 90			
Ecorciaio in	91 - 145		91 – 114	30
Esercizio in continuo con			115 – 131	60
aggiunta di			132 – 138	90
nichel			139 - 145	120

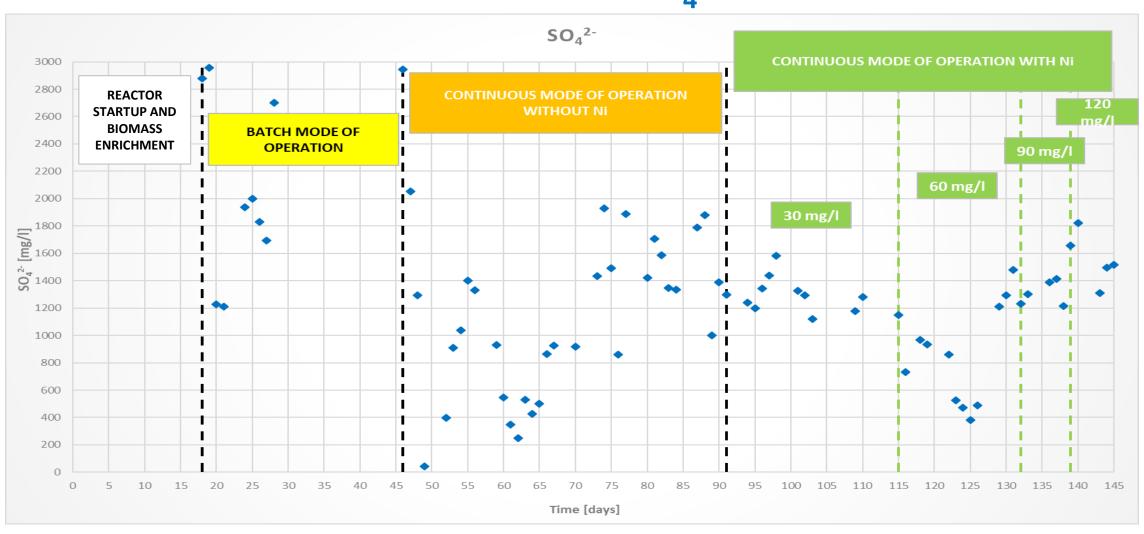
## Rimozione N-NO<sub>3</sub>



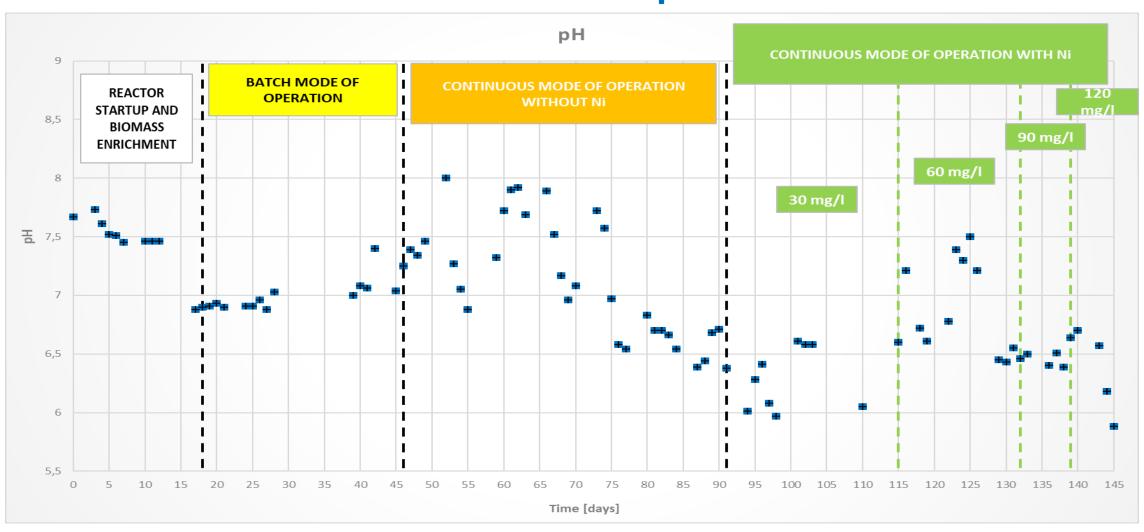
## Rimozione N-NO<sub>2</sub>



## Produzione SO<sub>4</sub><sup>2</sup>-



#### **Andamento pH**



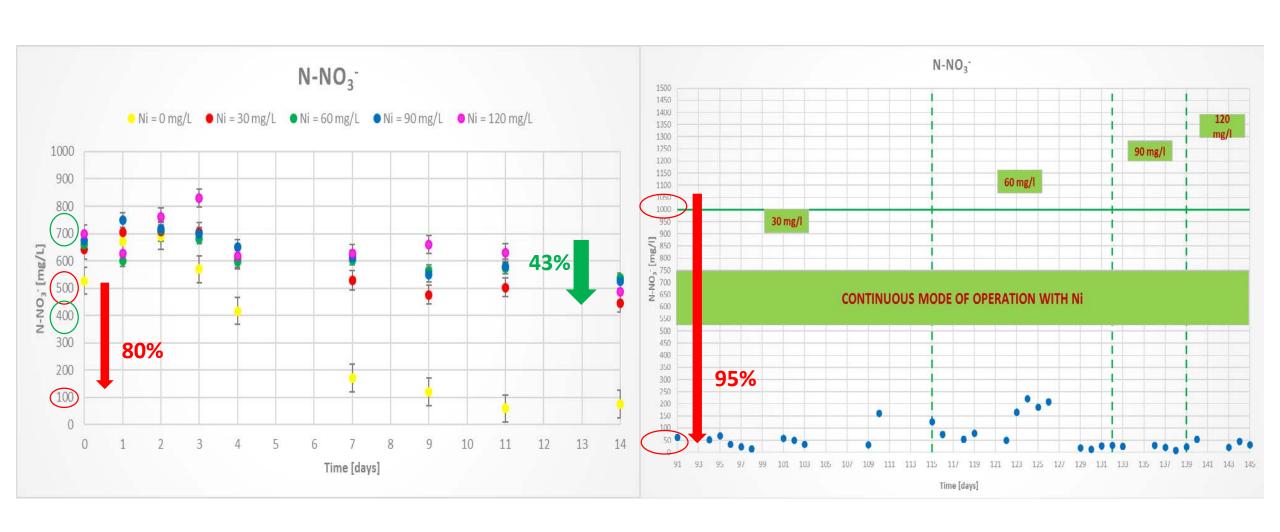
## Esperimento in condizioni batch



- 15 bottiglie
- $S^0 = 0.15$  g/bottiglia
- Ni = 0 30 60 90 120 mg/L
- Inoculo = 10 ml/bottiglia
- $[NO_3^-]_{IN} = 1000 \text{ mg/L}$
- Nutrienti

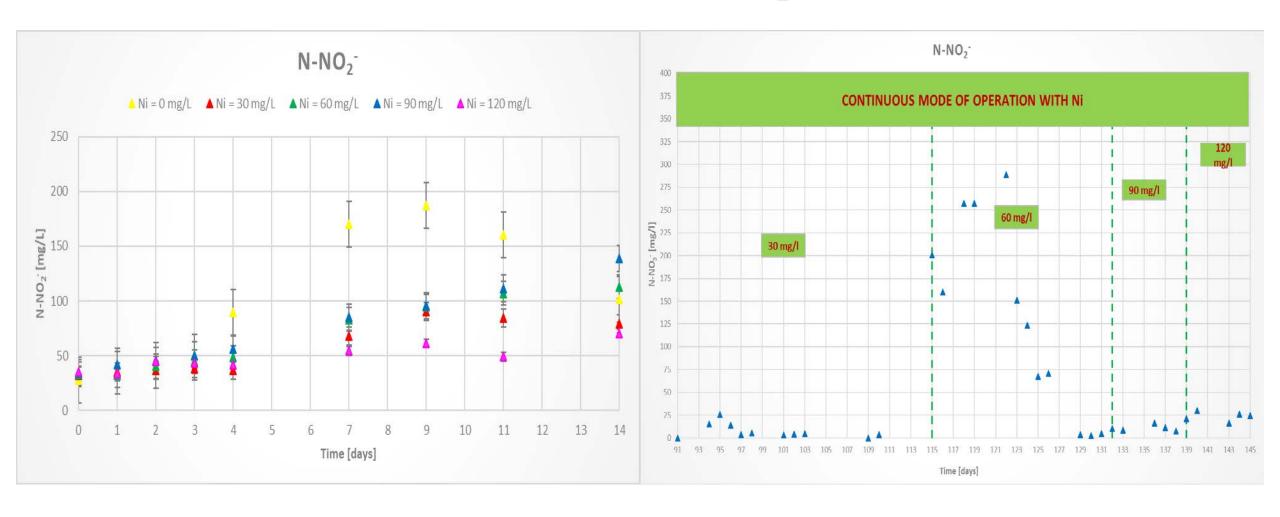
#### **DENITRIFICAZIONE AUTOTROFA** – Esperimento Batch

## Rimozione N-NO<sub>3</sub>



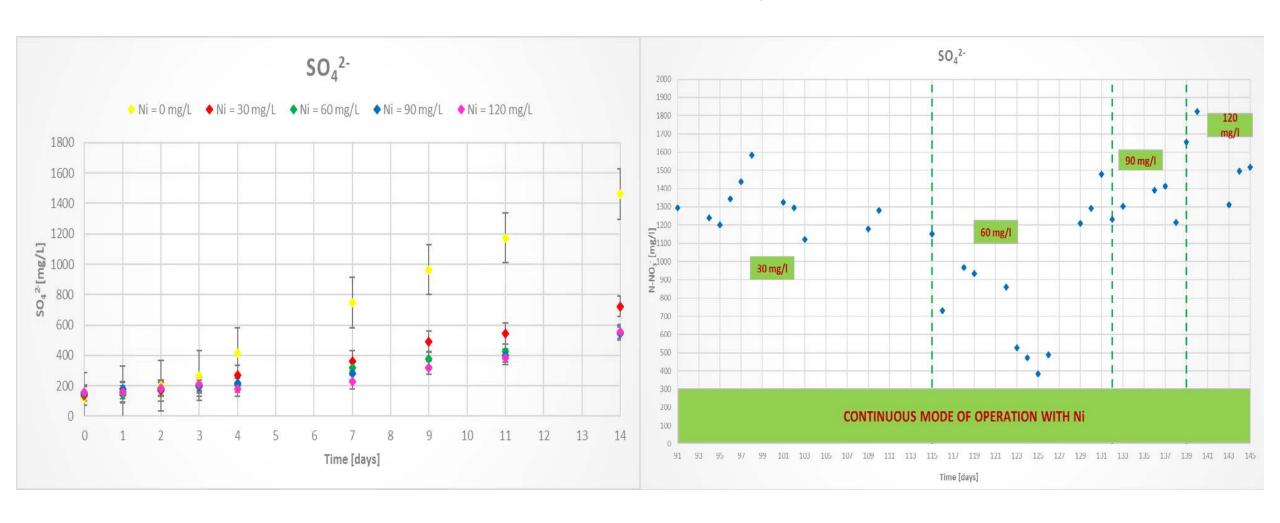
#### **DENITRIFICAZIONE AUTOTROFA** – Esperimento Batch

#### Rimozione N-NO<sub>2</sub>



#### **DENITRIFICAZIONE AUTOTROFA** – Esperimento Batch

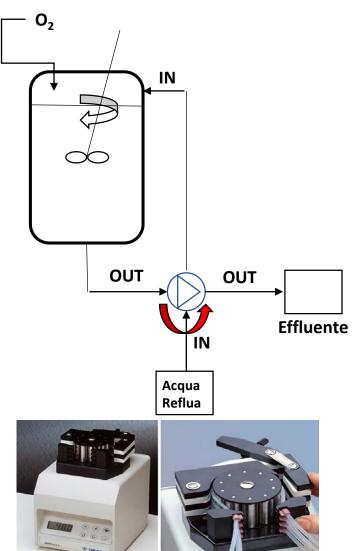
## Produzione SO<sub>4</sub><sup>2</sup>-



#### <u>NITRIFICAZIONE</u> – MATERIALI E METODI

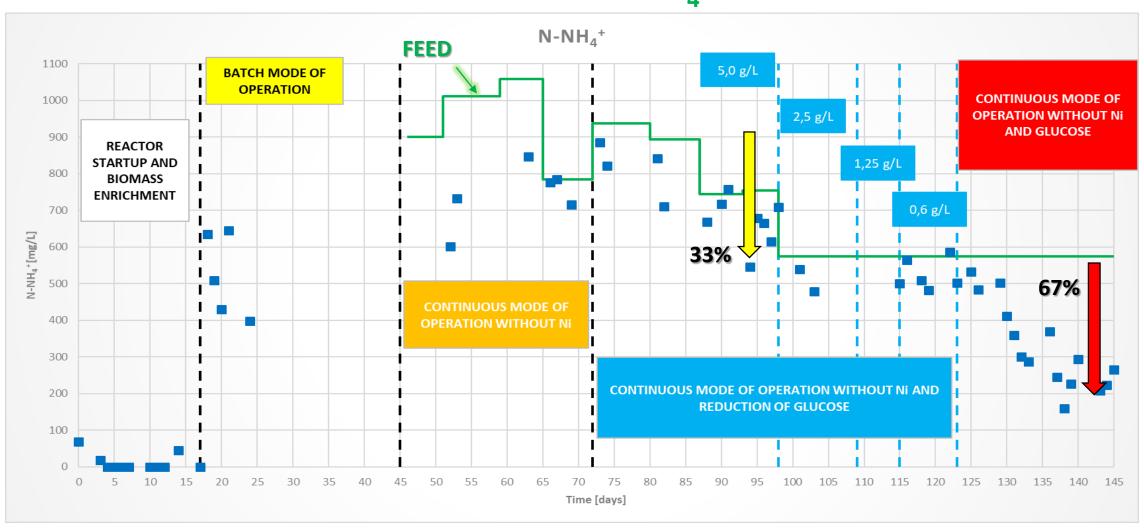
#### **Reattore CSTR aerobico**

${f V}_{ m reattore}$	1,5 L		
Т	T <sub>amb</sub>		
рН	6 ÷ 8		
[N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ] <sub>IN</sub>	900 mg/L		
HRT	48 h		
Q	0,042 L/h		

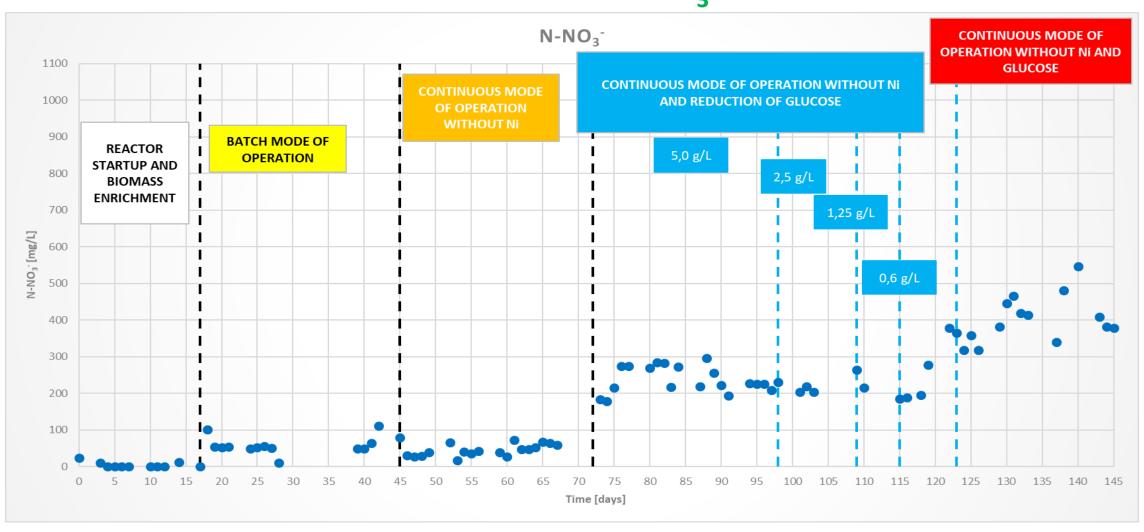


	CONDIZIONI OPERATIVE	GIORNI	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/L]	COD (glucosio)	
				Giorni	[g/L]
	Startup dei reattori con arricchimento di biomassa	con ento 0 – 16			
	Fase Batch	17 - 44	900		10
	Esercizio in continuo	45 - 145		45 - 71	10
				72 – 97	5
				98 - 108	2,5
				109 – 114	1,25
				115 - 122	0,6
				123 - 145	0

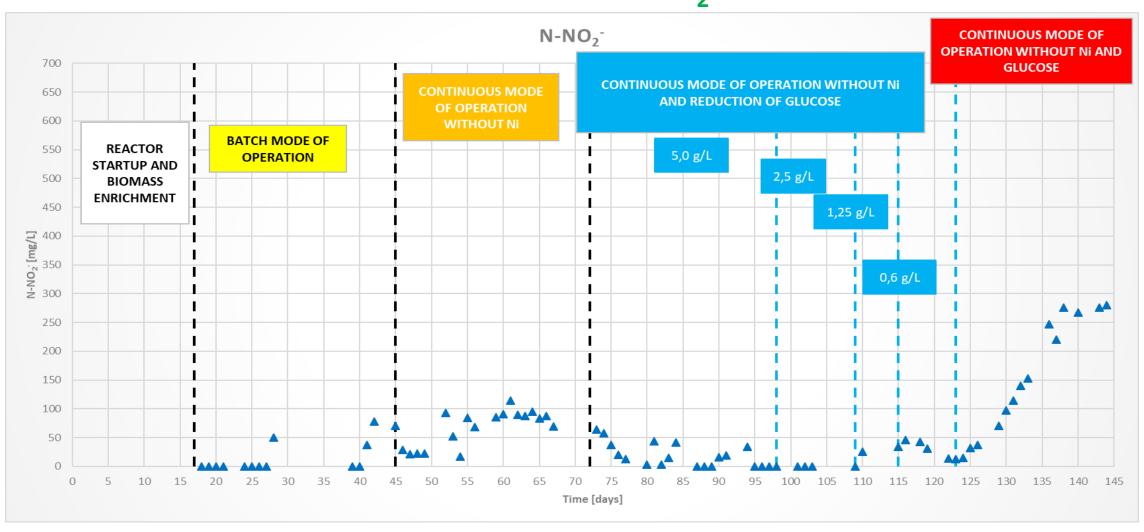
#### Rimozione N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>



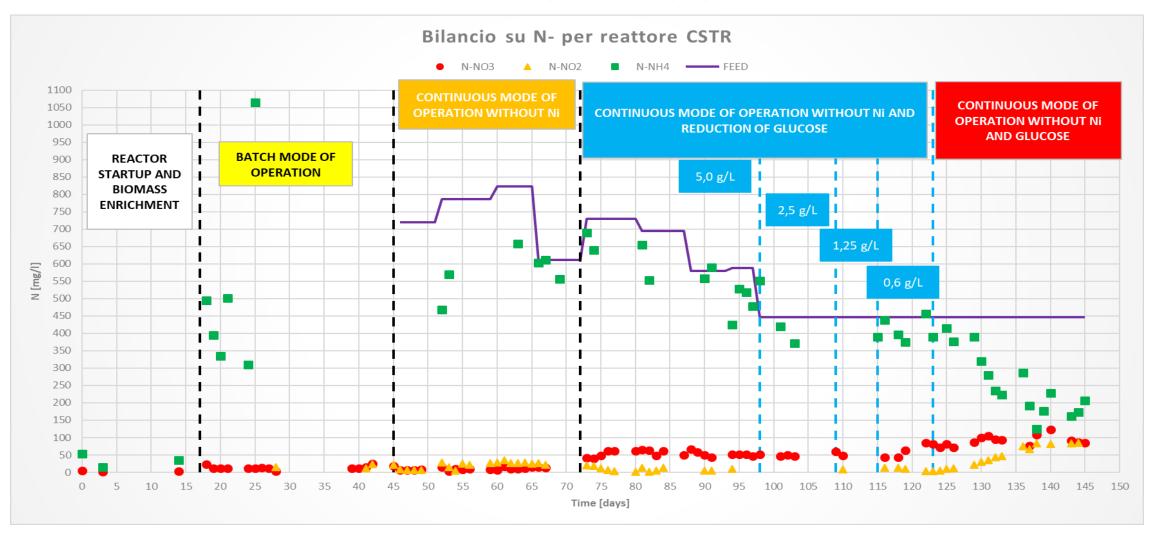
#### Produzione N-NO<sub>3</sub>



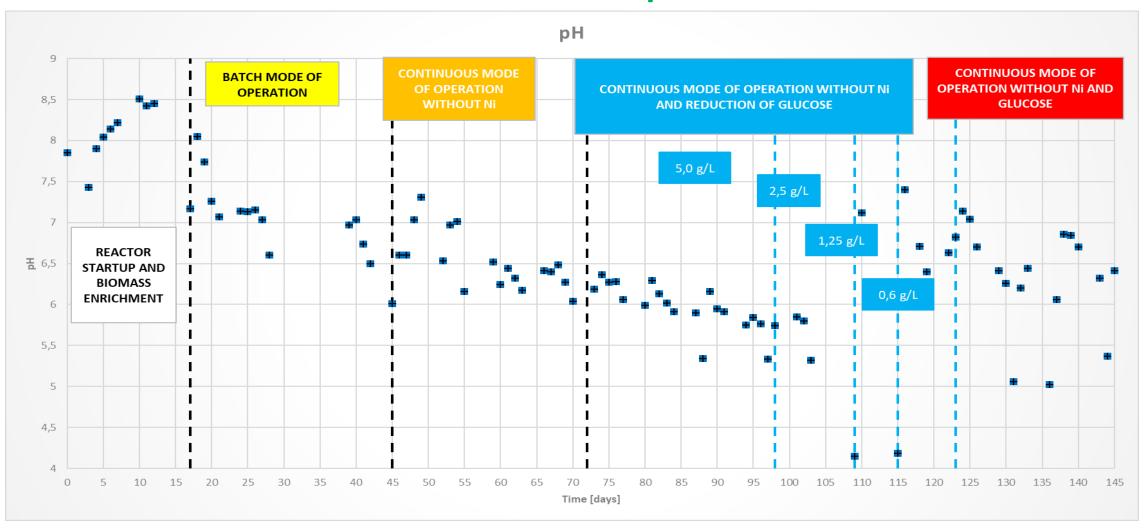
#### Produzione N-NO<sub>2</sub>



#### Bilancio sull'azoto



#### **Andamento pH**



#### CONCLUSIONI

#### **DENITRIFICAZIONE AUTOTROFA con zolfo biogenico**

• CSTR

Rimozione di circa il 95% di NO<sub>3</sub>-.

Effetto del nichel non inibente anche ad alte concentrazioni.

Batch
 Effetto del nichel inibente già a partire da 30 mg/L.

#### **NITRIFICAZIONE**

• Rimozione importante di NH<sub>4</sub>+ principalmente in assenza di glucosio.

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE!