



# UNIVERSITA' 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



## EFFETTO DELLE CONCENTRAZIONI DI AZOTO, ZOLFO E NICHEL NELL'INFLUENTE SULLE PRESTAZIONI DEL PROCESSO DI DENITRIFICAZIONE AUTOTROFA CON ZOLFO BIOGENICO

**RELATORE**

**Ch.mo Prof. Francesco Pirozzi**

**CORRELATORE**

**Prof. Ing. Stefano Papirio**

**CANDIDATA**

**Piera Fattore**

**MATRICOLA**

**M67/384**

# DEFINIZIONE DEL PROBLEMA

## CONTAMINAZIONE DELLE ACQUE DA AZOTO



**USO DEI NITRATI IN AGRICOLTURA**



**ALLEVAMENTI INTENSIVI**



**SCARICO DI REFLUI NON CORRETTAMENTE TRATTATI**

# DEFINIZIONE DEL PROBLEMA

## EFFETTI SULL' AMBIENTE E SULLA SALUTA PUBBLICA



**EUTROFIZZAZIONE**



**SINDROME DEL BAMBINO BLU**



**INQUINAMENTO DELLE ACQUE DI FALDA**

# PROCESSI DI RIMOZIONE DALLE ACQUE DI NITRITI E NITRATI

## PROCESSI FISICO-CHIMICI

SCAMBIO IONICO

OSMOSI INVERSA

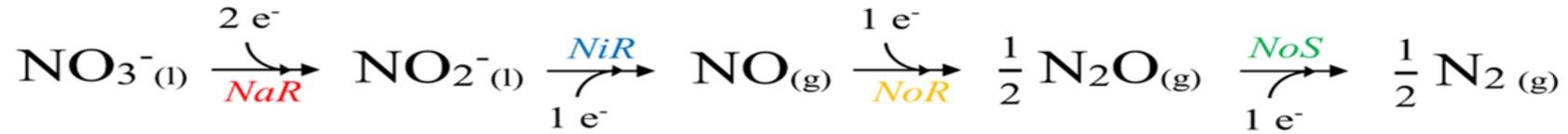
## PROCESSI BIOLOGICI

DENITRITAZIONE

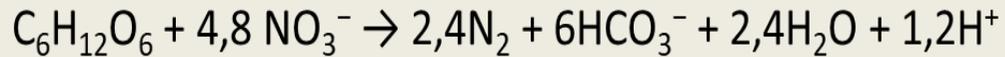
DENITRIFICAZIONE

- ETEROTROFA
- AUTOTROFA
- AUTOTROFA CON ZOLFO

# DENITRIFICAZIONE



## ETEROTROFA



### VANTAGGI:

- maggiori rendimenti e cinetiche di biodegradazione

### SVANTAGGI:

- maggiore produzione di fango
- meno economica poiché prevede l'aggiunta di substrati organici

## AUTOTROFA



### VANTAGGI:

- più economica
- minore produzione di fango

### SVANTAGGI:

- cinetiche di biodegradazione più lente

# DENITRIFICAZIONE AUTOTROFA CON ZOLFO



**S<sup>0</sup>**

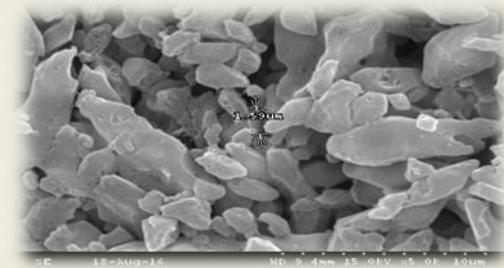
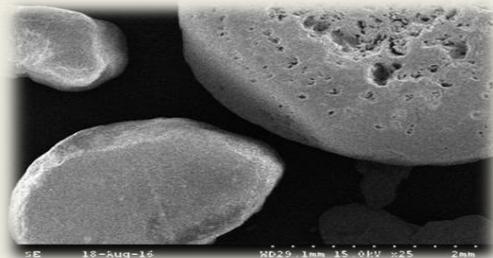
## ZOLFO ELEMENTARE

### SINTETICO:

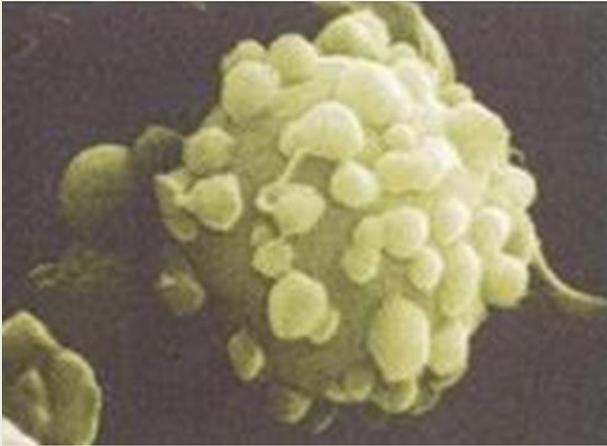
- Facilmente reperibile
- Poco solubile

### BIOLOGICO O BIOGENICO:

- Più difficile da reperire
- Molto solubile
- Maggiormente biodisponibile



# DENITRIFICAZIONE AUTOTROFA CON ZOLFO BIOGENICO

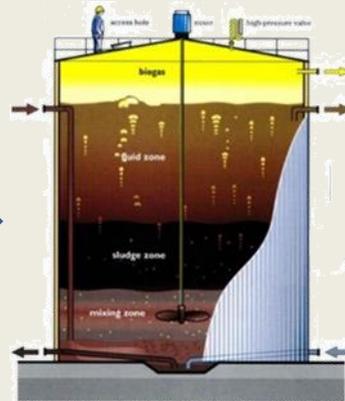
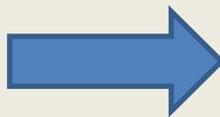


*I'm Theo, I'm very good at removing H<sub>2</sub>S*

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



substrati organici



digestore anaerobico

Microaerazione:  
H<sub>2</sub>S → S(0)



biogas



# CONFIGURAZIONI IMPIANTISTICHE PER LA DENITRIFICAZIONE AUTOTROFA

SISTEMI A COLTURE  
ADESE



IFBR

Inverse Fluidized Bed Reactor



SISTEMI A COLTURE  
SOSPESE



CSTR

Continuously Stirred Tank Reactor



Entrambi operanti in condizioni anaerobiche

# SISTEMI A COLTURE ADESE

La particolarità dei sistemi a colture adese è che la biomassa non è sospesa nell'acqua, ma si sviluppa su degli elementi di supporto inerti formando la cosiddetta **PELLICOLA BIOLOGICA O BIOFILM**. Ciò porta alla formazione di un fenomeno diffusivo, poiché non tutti i microrganismi sono esposti alla stessa quantità di substrato.

## *FASI DI SVILUPPO DEL BIOFILM:*

1. PRIMA COLONIZZAZIONE
2. SVILUPPO DELLE PRIME COLONIE
3. CRESCITA
4. MATURAZIONE
5. DISTACCO



# SISTEMI A COLTURE ADESE: IFBR

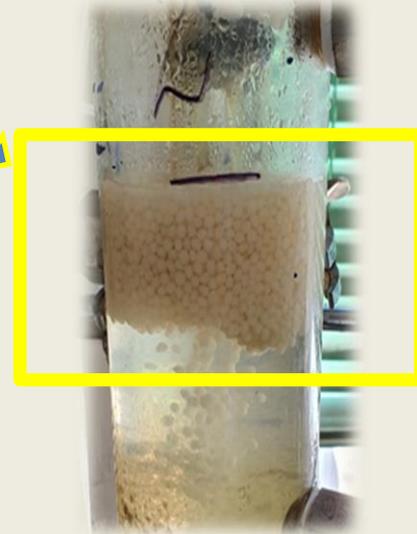
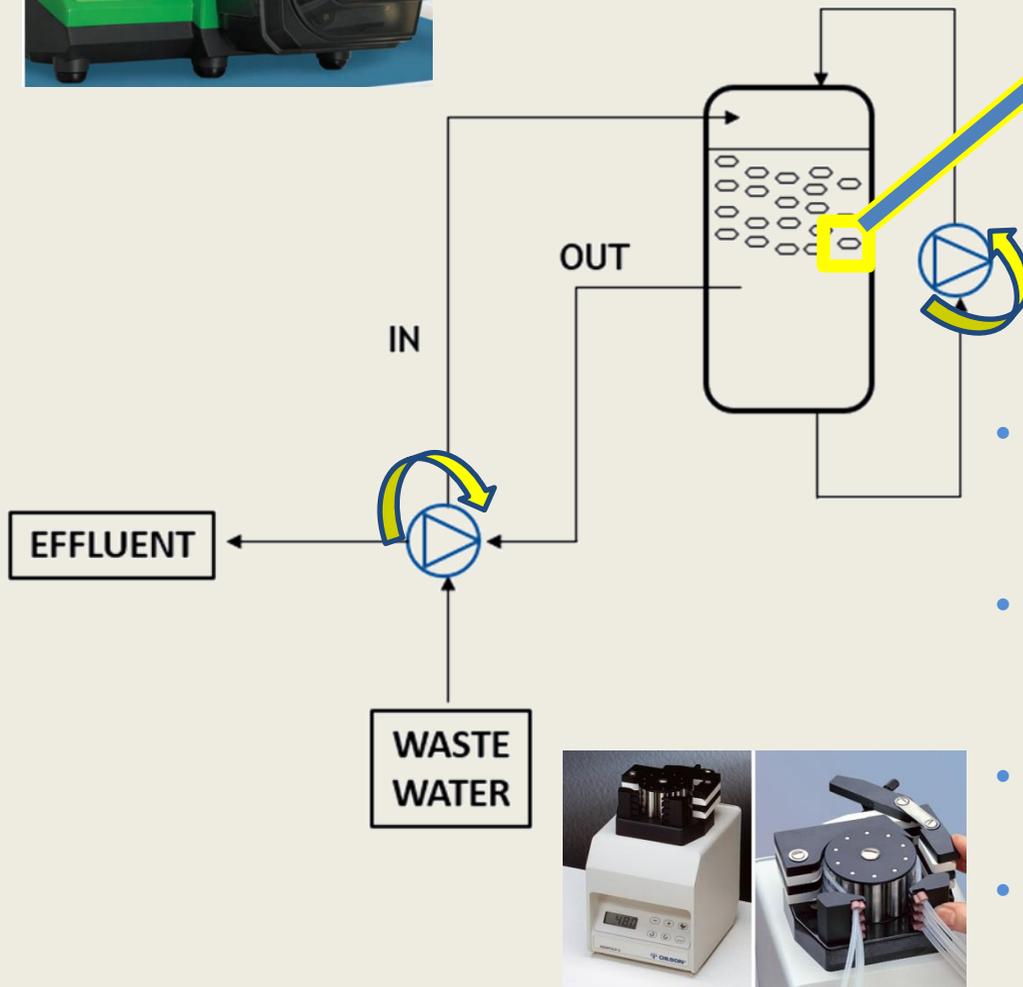


## SUPPORTI PER LO SVILUPPO DEL BIOFILM:

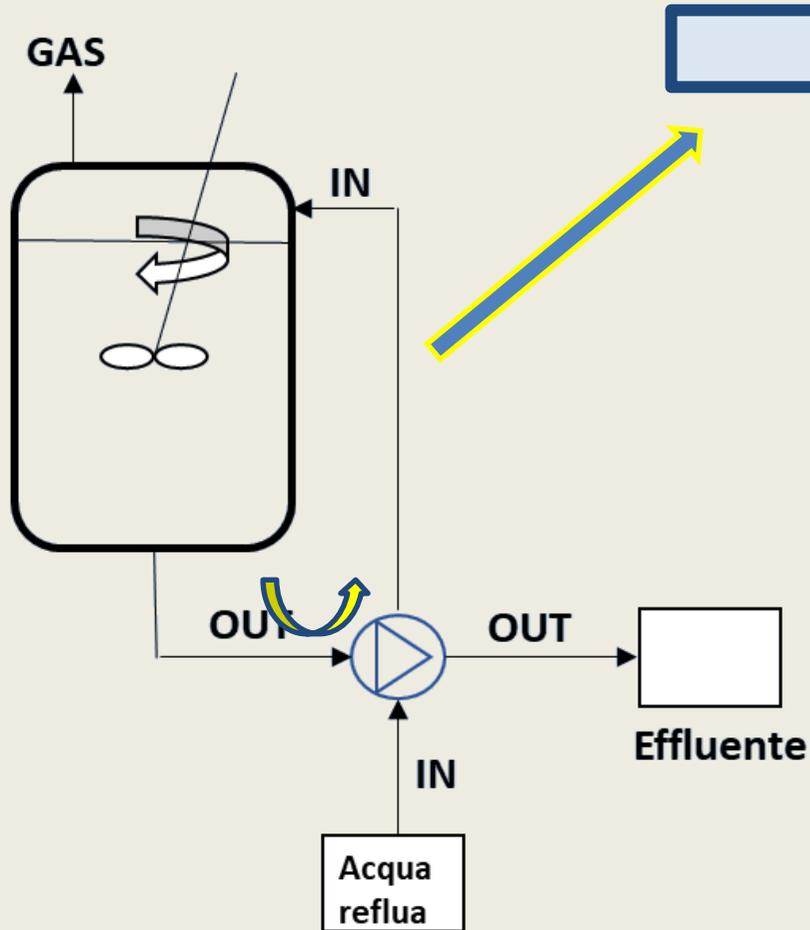
- plastici, di forma circolare, di circa 3 mm;
- più leggeri dell'acqua.

## VANTAGGI:

- tempi di reazione e detenzione più bassi, quindi reattori più piccoli ed economici;
- il biofilm ha una più ampia superficie su cui formarsi, dovuta al letto fluidizzato;
- biomassa facilmente separabile dall'effluente
- buona miscelazione e contatto tra substrato e biomassa



# SISTEMI A COLTURE SOSPESE: CSTR



**NON SI SVILUPA IL BIOFILM**

## **VANTAGGI:**

- i microrganismi non trovandosi legati tra loro in una matrice lattiginosa, hanno la possibilità di essere esposti tutti alle stesse quantità di substrato;
- non si crea un fenomeno diffusivo;



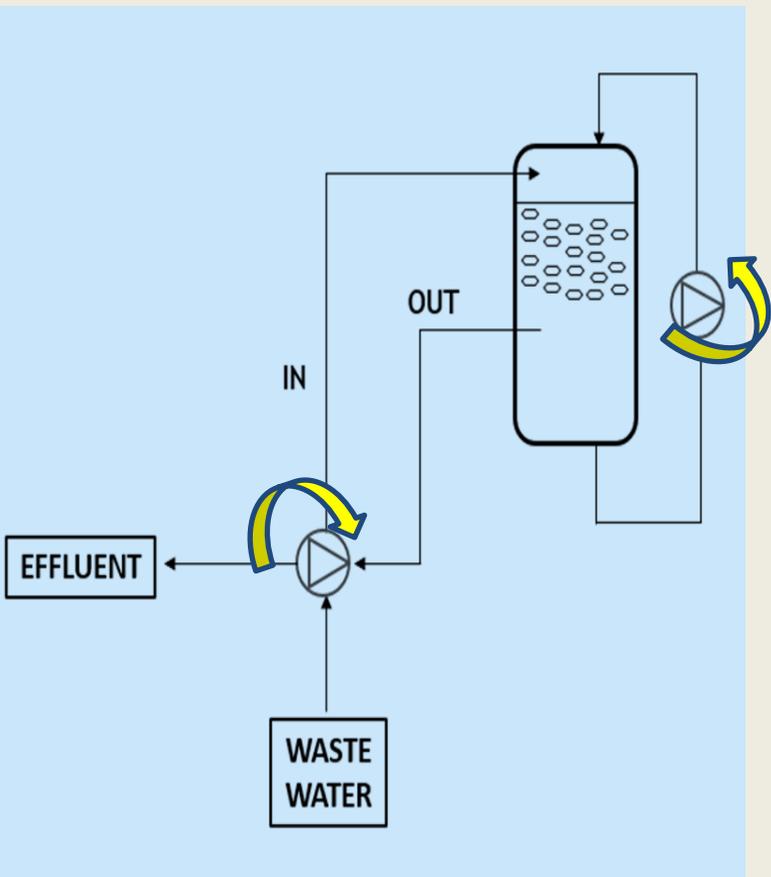
## OBIETTIVO DELLO STUDIO

- Valutare l'abbattimento di  $\text{NO}_3^-$  in un IFBR anaerobico a colture adese con zolfo biologico  $\text{S}^0$  ;
- Valutare l'abbattimento di  $\text{NO}_3^-$  in un CSTR anaerobico a colture sospese con zolfo biologico  $\text{S}^0$ ;
- Valutare il potenziale effetto inibente del nichel (Ni) sulla denitrificazione autotrofa;
- Valutare l'abbattimento di  $\text{NO}_3^-$  in presenza della massima concentrazione di Ni e con una riduzione graduale della concentrazione di  $\text{S}^0$ .

# IFBR

$V_{\text{REATTORE}} = 2 \text{ L}$   
 $\text{pH} = 6 \div 8$

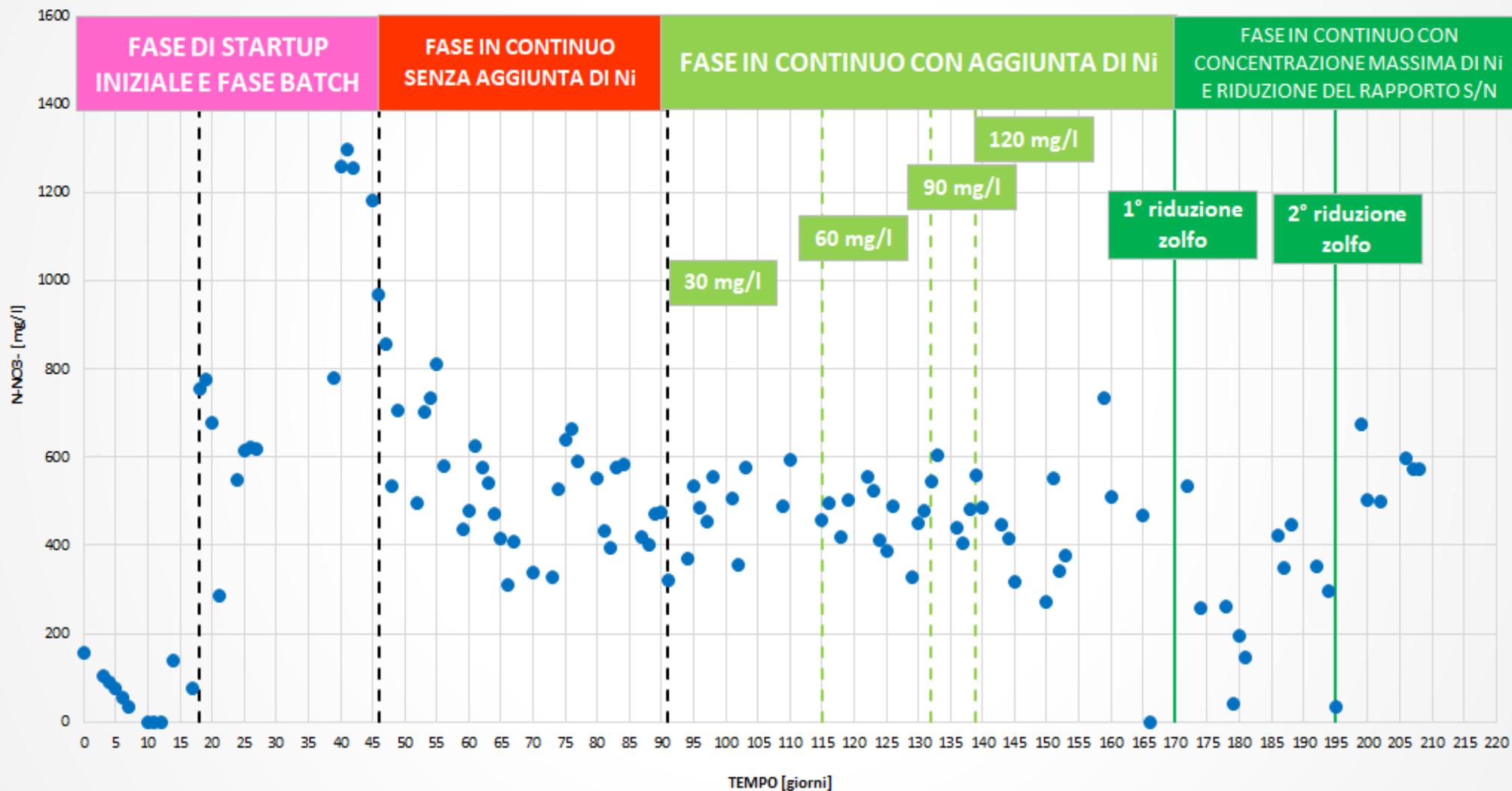
$T = T_{\text{AMBIENTE}}$   
 $T_d = 48 \text{ h}$



CONDIZIONI OPERATIVE	GIORNI	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	NICHEL		S <sup>0</sup>					
			GIORNI	[mg/l]	GIORNI	[gr]				
STARTUP DEI REATTORI CON ARRICCHIMENTO DI BIOMASSA	0-17	1000			0-170	3,6				
REATTORI IN MODALITA' BATCH	17-45									
REATTORI IN MODALITA' CONTINUA	45-90									
REATTORI IN MODALITA' CONTINUA CON AGGIUNTA DI Ni	90-170						90-114	30		
							114-131	60		
							131-138	90		
							138-170	120		
REATTORI IN MODALITA' CONTINUA CON MASSIMA CONCENTRAZIO DI Ni E RUDUZIONE DEL QUANTITATIVO DI ZOLFO	170-208						170-208	120	170-195	1,8
									195-208	0,9

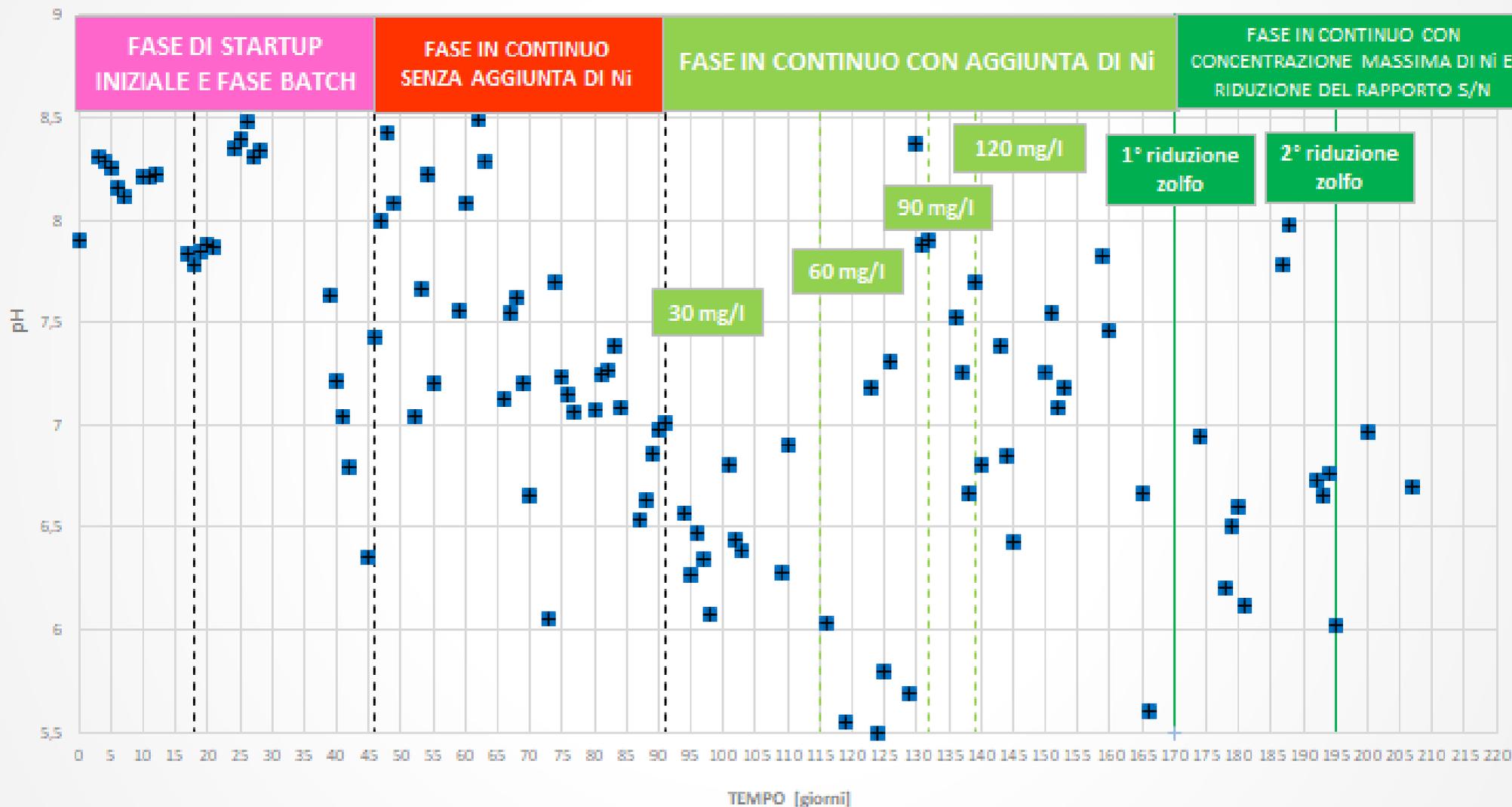
# IFBR: RISULTATI SPERIMENTALI ANDAMENTO DELLE CONCENTRAZIONI DI N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>



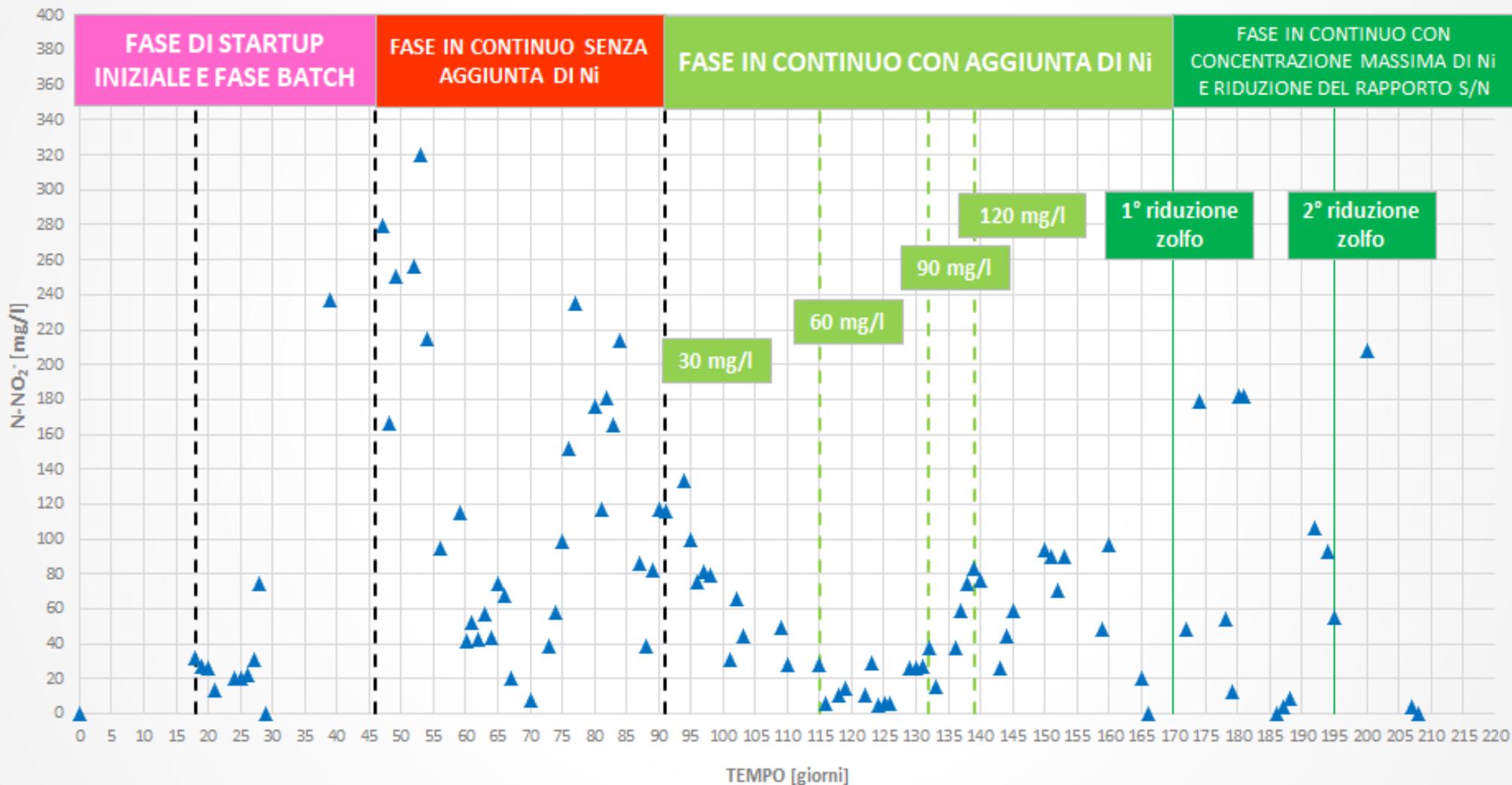
## IFBR: RISULTATI SPERIMENTALI ANDAMENTO DEI VALORI DEL pH

pH

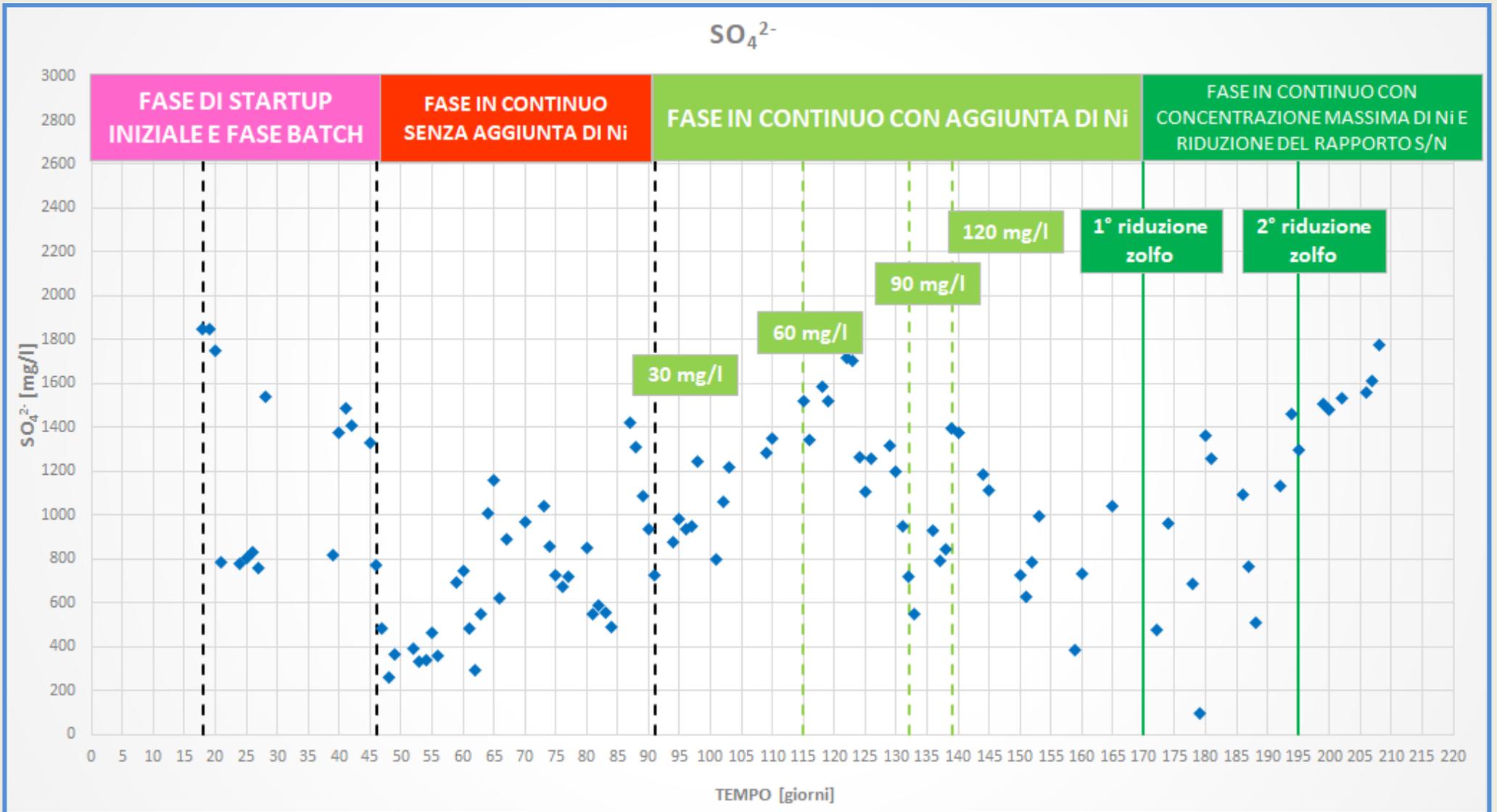


# IFBR: RISULTATI SPERIMENTALI ANDAMENTO DELLE CONCENTRAZIONI DI N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>

N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>



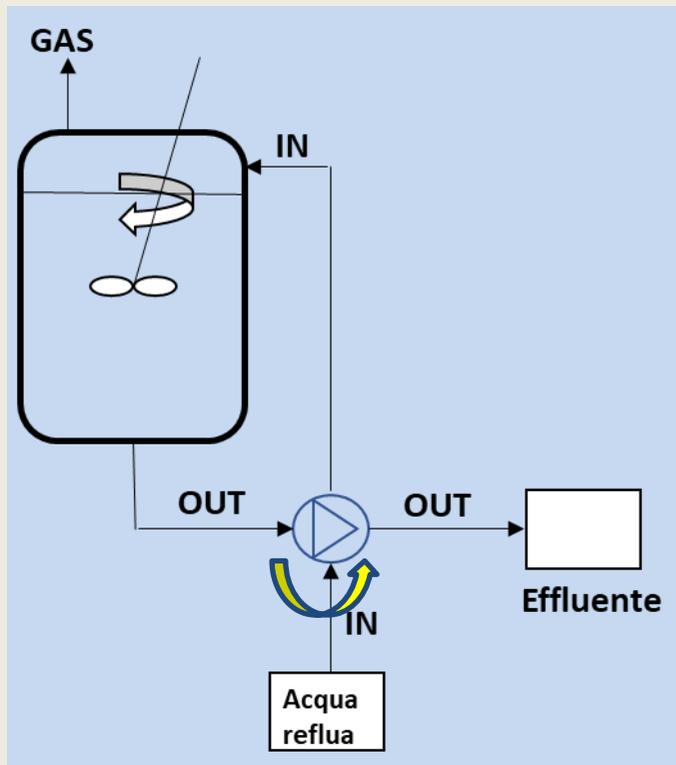
# IFBR: RISULTATI SPERIMENTALI ANDAMENTO DELLE CONCENTRAZIONI DI $\text{SO}_4^{2-}$



# CSTR

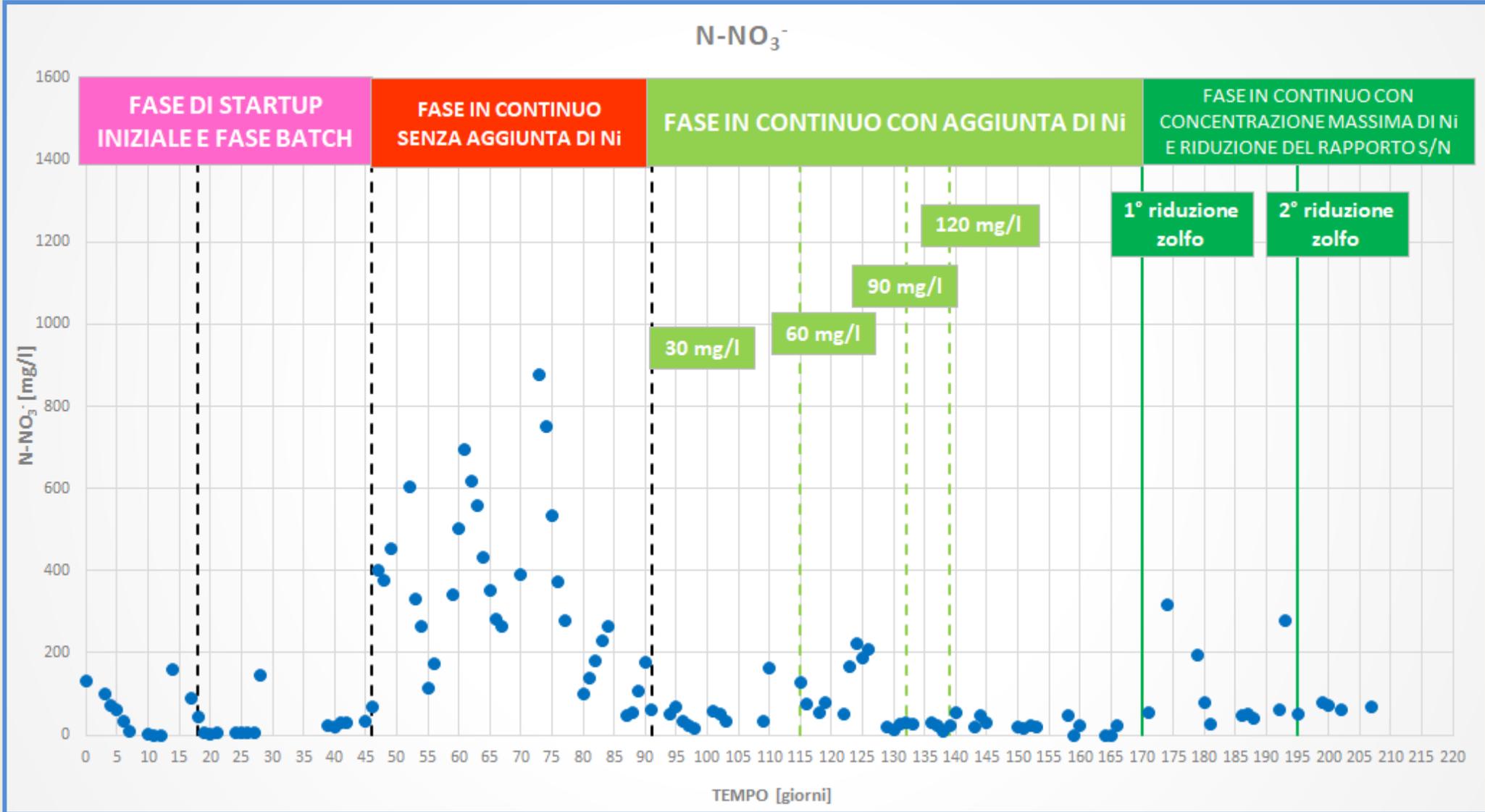
$V_{\text{REATTORE}} = 1,5 \text{ L}$   
 $\text{pH} = 6 \div 8$

$T = T_{\text{AMBIENTE}}$   
 $T_d = 48\text{h}$

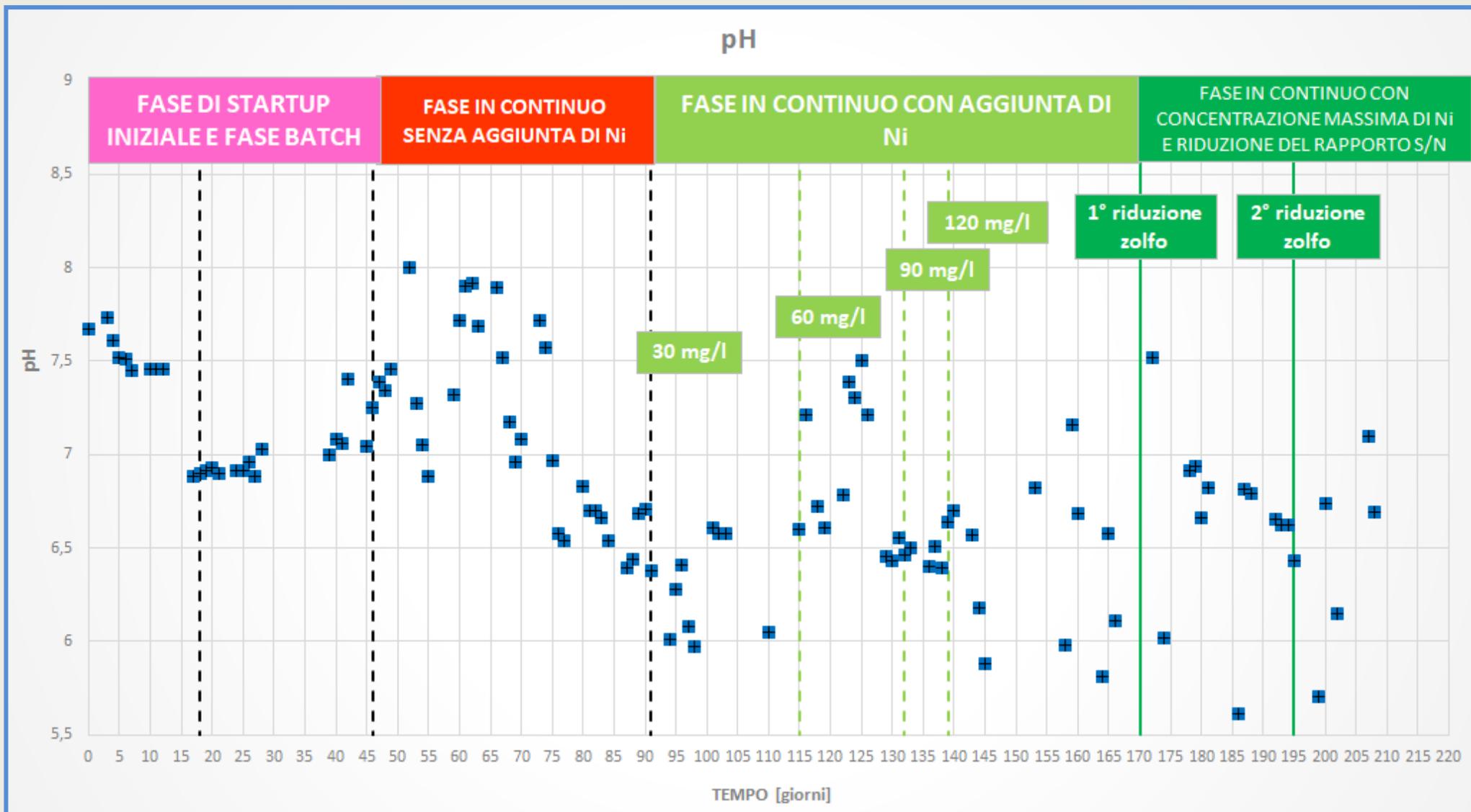


CONDIZIONI OPERATIVE	GIORNI	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	NICHEL		S <sup>0</sup>					
			GIORNI	[mg/l]	GIORNI	[gr]				
STARTUP DEI REATTORI CON ARRICCHIMENTO DI BIOMASSA	0-17	1000			0-170	2,25				
REATTORI IN MODALITA' BATCH	17-45									
REATTORI IN MODALITA' CONTINUA	45-90									
REATTORI IN MODALITA' CONTINUA CON AGGIUNTA DI Ni	90-170						90-114	30		
							114-131	60		
							131-138	90		
							138-170	120		
REATTORI IN MODALITA' CONTINUA CON MASSIMA CONCENTRAZIO DI Ni E RUDUZIONE DEL QUANTITATIVO DI ZOLFO	170-208						170-208	120	170-195	1,125
									195-208	0,5625

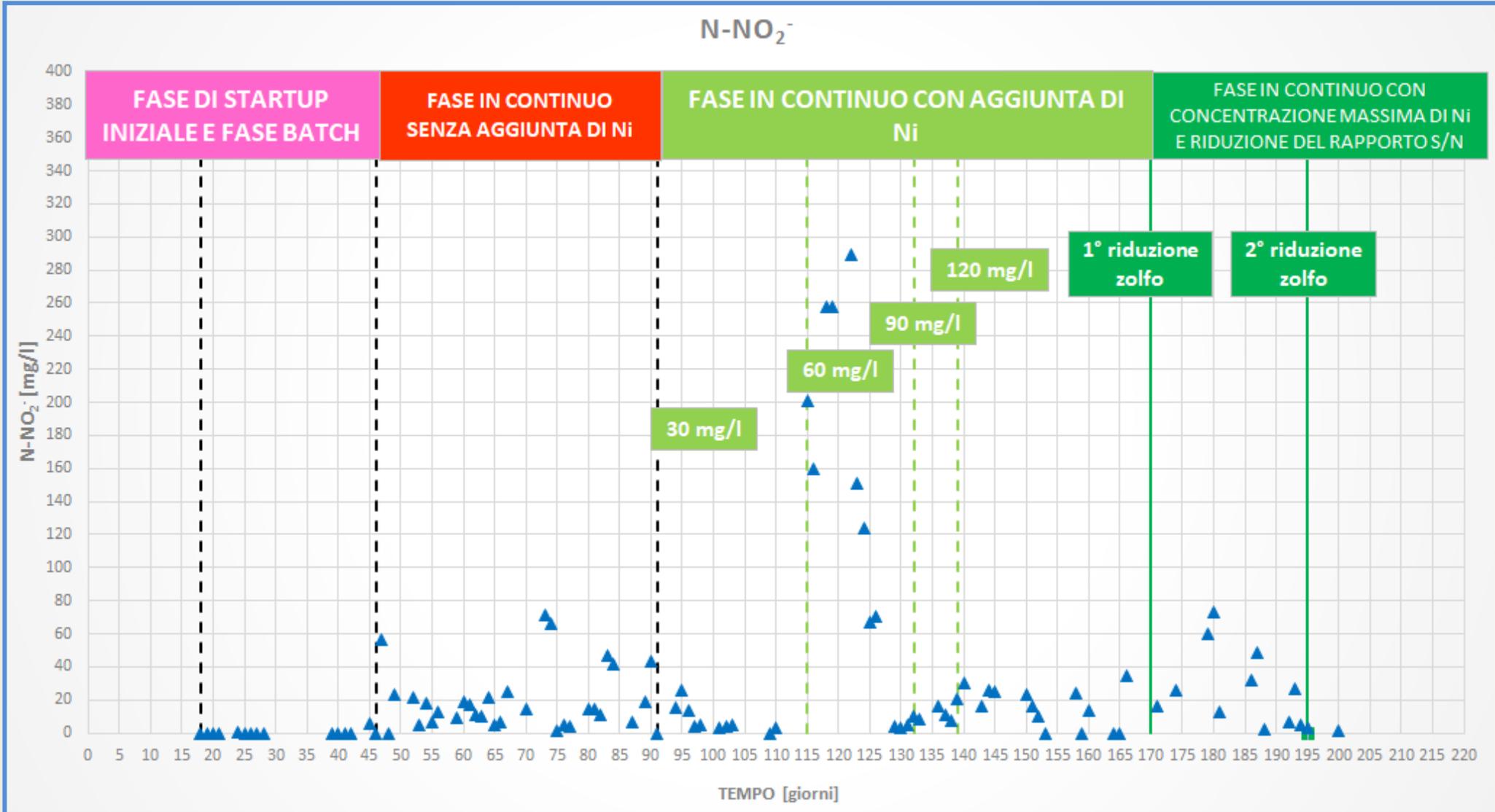
# CSTR: RISULTATI SPERIMENTALI ANDAMENTO DELLE CONCENTRAZIONI DI N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>



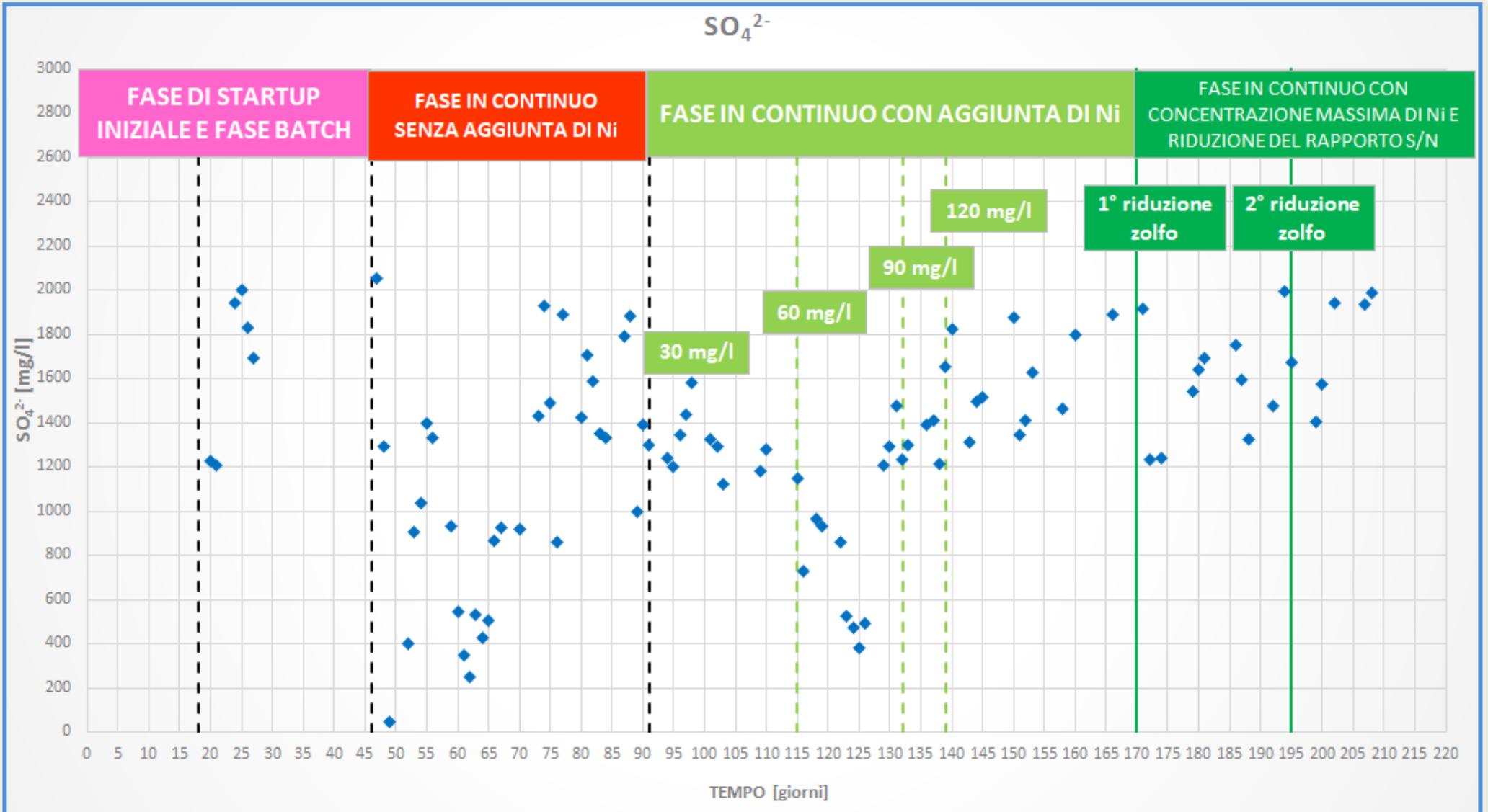
# CSTR: RISULTATI SPERIMENTALI ANDAMENTO DEI VALORI DEL pH



# CSTR: RISULTATI SPERIMENTALI ANDAMENTO DELLE CONCENTRAZIONI DI N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>



# CSTR: RISULTATI SPERIMENTALI ANDAMENTO DELLE CONCENTRAZIONI DI $\text{SO}_4^{2-}$



## CONFRONTO FRA I DUE REATTORI

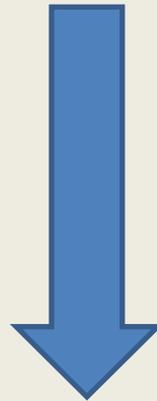
# IFBR

# VS

# CSTR

- RIMOZIONE DI  $\text{NO}_3^-$  DI CIRCA IL 65%;
- MAGGIORE ACCUMULO DI  $\text{NO}_2^-$ ;
- PRODUZIONE DEI SOLFATI MENO COSTANTE.

- RIMOZIONE DI  $\text{NO}_3^-$  DI CIRCA IL 95%;
- PROCESSO PIÙ COMPLETO:  
CONCENTRAZIONE DI  $\text{NO}_2^-$  RIDOTTA;
- PRODUZIONE COSTANTE DEI SOLFATI.



IL REATTORE **CSTR** HA RESTITUITO I RISULTATI  
MIGLIORI!



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

СВЯЗЬ БЕЗ ГАЛЛЕНСИОНЕИ



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
**FEDERICO II**