CFA
CAMERA FORENSE AMBIENTALE



Ing. PIETRO MAZZIOTTA

Effetto dei PFAS sulle prestazioni di biofiltri a zolfo per la rimozione biologica dei nitrati nelle acque reflue



HYDROLAB

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA BASILICATA · 1982 ·

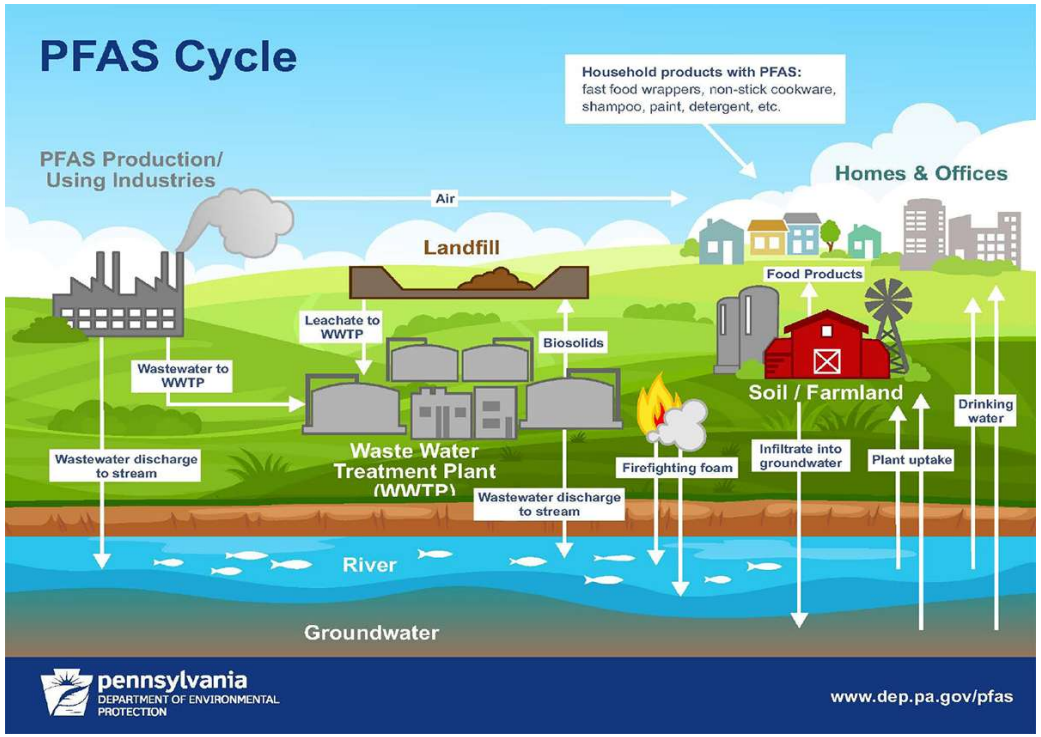
diing
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA

SOMMARIO

- **Contesto e motivazioni**
- **Obiettivi**
- **Metodologia**
- **Risultati**
- **Conclusioni e sviluppi futuri**

CFA
CAMERA FORENSE AMBIENTALE

➢Contesto e motivazioni



- La contaminazione da nitrati (NO_3^-) e PFAS rappresenta un importante rischio ambientale.
- I processi biologici convenzionali non sono sufficienti per una rimozione completa dei PFAS.
- È crescente la necessità di approcci di trattamento sostenibili e a basse emissioni di carbonio.

CFA
CAMERA FORENSE AMBIENTALE

➢ Panoramica sulla denitrificazione biologica

Denitrificazione eterotrofa

- È prevalentemente utilizzata negli impianti convenzionali di trattamento delle acque reflue.
- Richiede carbonio organico.
- Le prestazioni possono essere limitate dalla disponibilità di sostanza organica.

Denitrificazione autotrofa

- Utilizza donatori inorganici (zolfo elementare, idrogeno, solfuri, pirite, ecc.).
- I processi autotrofi non richiedono carbonio esterno, risultando vantaggiosi in determinati scenari.

Denitrificazione mixotrofa

- Combina vie metaboliche autotrofe ed eterotrofe.
- Migliora la rimozione dei nitrati mediante l'impiego di diversi donatori di elettroni.
- Garantisce flessibilità al variare delle caratteristiche delle acque reflue.

➢ Fonti di zolfo utilizzate nella denitrificazione autotrofa

Zolfo chimico (S^0_{chem})

- Sintetizzato chimicamente, idrofobico, cristallino e poco solubile (~5 µg/L a 20 °C).
- Richiede il contatto diretto con il biofilm per l'ossidazione.
- Biodisponibilità limitata; efficace soprattutto nei sistemi a letto impaccato.
- Le limitazioni al trasferimento di massa riducono l'accesso microbico allo zolfo.

Zolfo biogenico (S^0_{bio})

- Sottoprodotto della desolforazione del biogas e di flussi di scarto industriali.
- Costituito da cristalli di S^o rivestiti da polimeri a lunga catena e proteine.
- Idrofilo e colloidale; l'elevata area superficiale favorisce l'ossidazione microbica.
- Migliora la cinetica della denitrificazione.

Lo zolfo biogenico (S^0_{bio}) è un donatore di elettroni più biodisponibile e sostenibile rispetto allo zolfo sintetizzato chimicamente (S^0_{chem}).

CFA
CAMERA FORENSE AMBIENTALE

Riferimenti: Di Capua et al., 2016; Ju et al., 2007; Kleinjan et al., 2003.

➢ Obiettivi dello studio

- Valutare le prestazioni della denitrificazione autotrofa e mixotrofa a base di zolfo chimico e biogenico nella rimozione dei nitrati e dei PFAS.

- Valutare l'interazione tra l'attività denitrificante e la rimozione dei PFAS.



CFA
CAMERA FORENSE AMBIENTALE

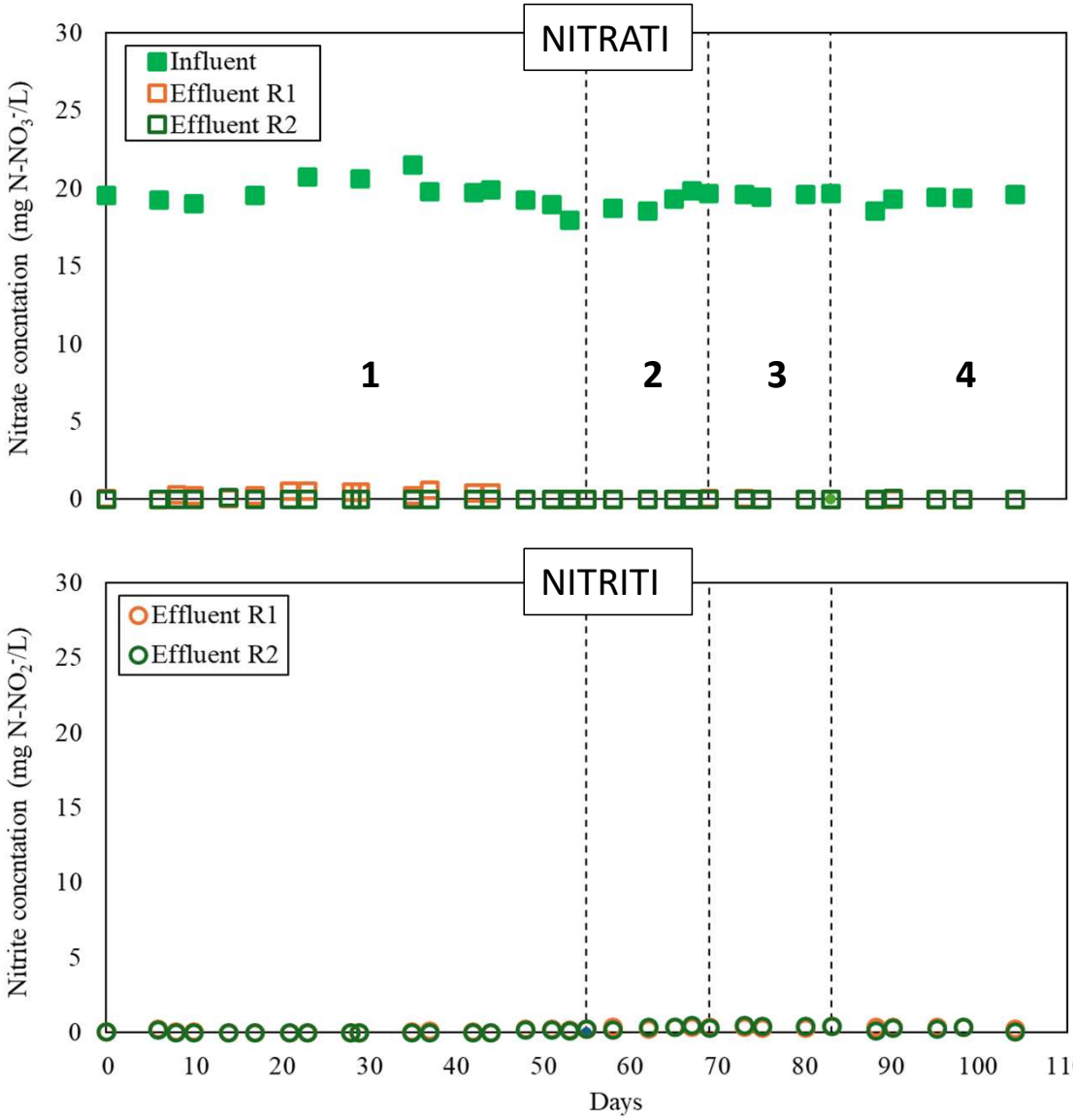
➢ Configurazione dei reattori

- Due reattori identici in vetro a flusso ascendente sono stati gestiti in parallelo.
- Reattore 1 (R1): riempito con zolfo elementare (S^0_{chem}) come donatore di elettroni e supporto per il biofilm.
- Reattore 2 (R2): riempito con zolfo biogenico (S^0_{bio}) prodotto da batteri solfuro-ossidanti.
- Fango di inoculo proveniente dall'impianto di depurazione di Potenza.
- Nitrati in influente: 20 mg N/L.
- Tempo di detenzione idraulica (HRT): 10 h.
- Aggiunta di 24 PFAS: 10-100 ng/L ciascuno
- Test di acque reflue ad alto e basso carico di carbonio e PFAS

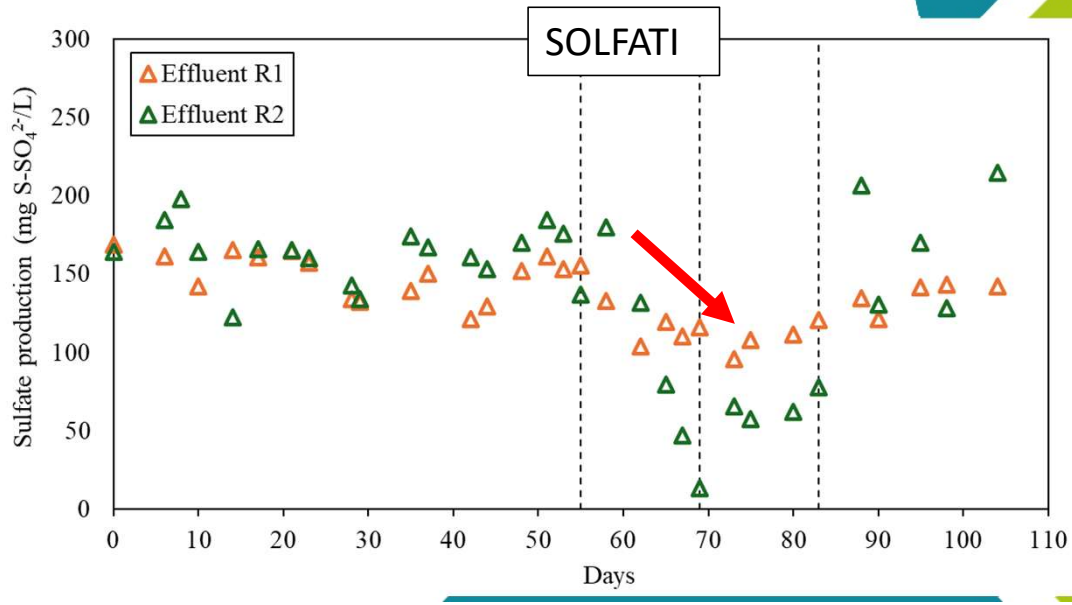


CFA
CAMERA FORENSE AMBIENTALE

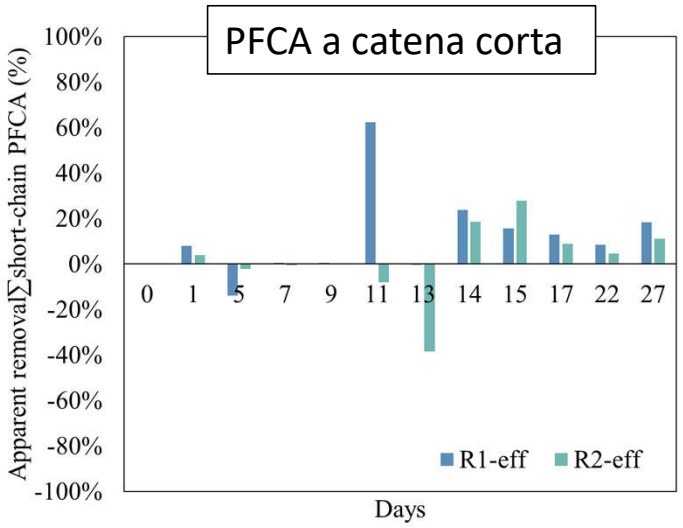
Rimozione di nitrati

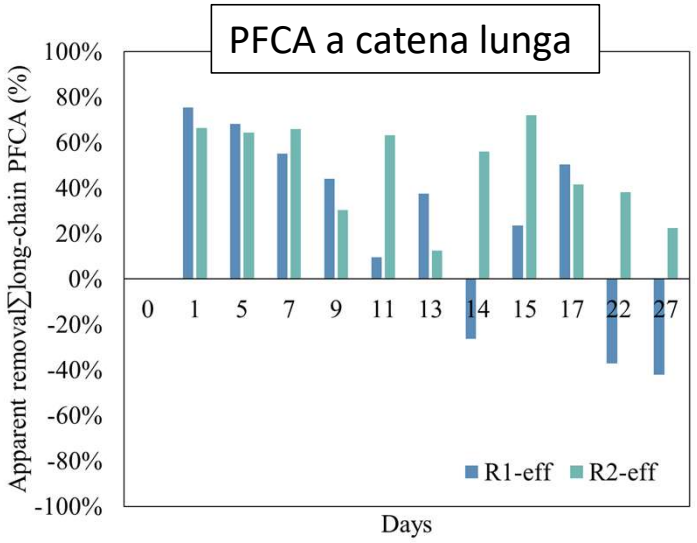


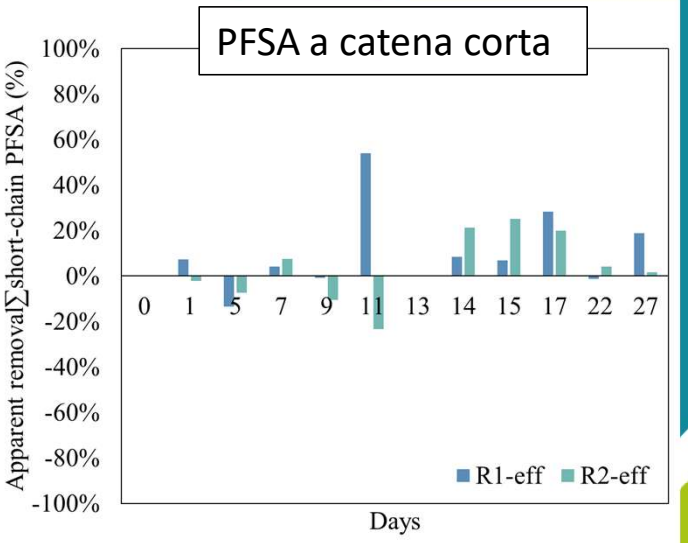
Period	Days	Condition
1	0-55	No PFAS, no methanol
2	55-69	ΣPFAS ~2.4 µg/L, COD ~1000 mg/L
3	69-83	ΣPFAS ~0.24 µg/L, COD ~100 mg/L
4	83-109	No PFAS, no methanol

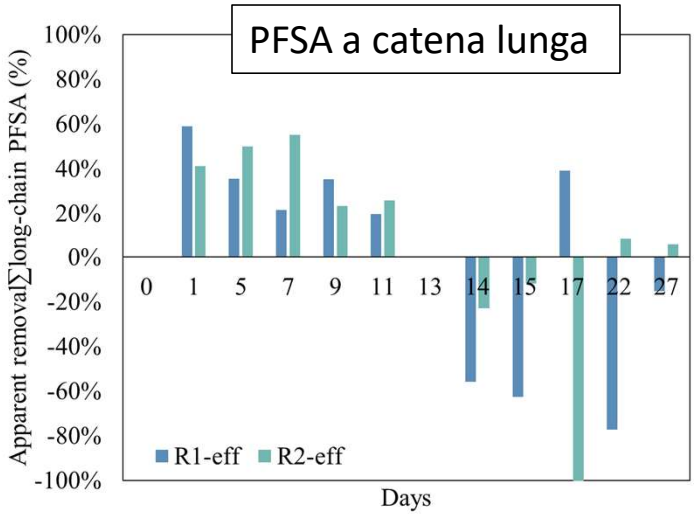


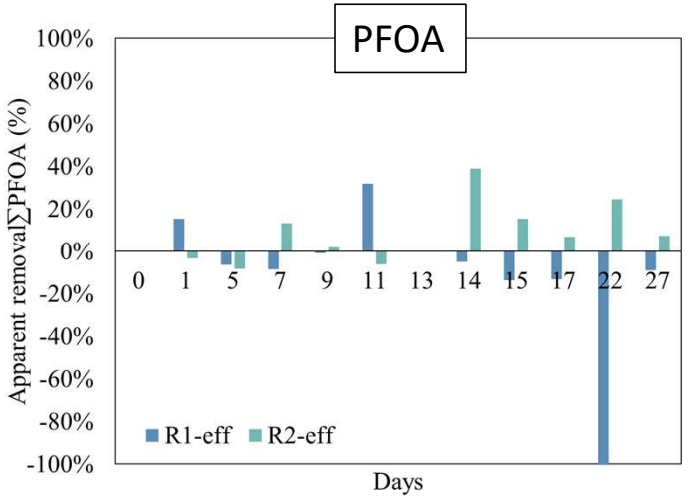
➢Rimozione di PFAS

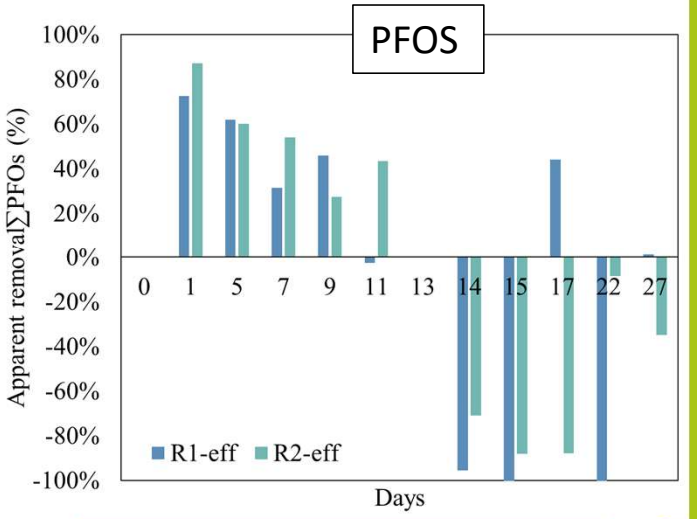












➢I biofiltri a zolfo sono in grado di trattanere PFAS?

Come abbiamo verificato i risultati?

Un test statistico (test *t* di Student a un campione monodirezionale) ha permesso di individuare le riduzioni sufficientemente consistenti da non essere attribuite alla variabilità delle misure.

Cosa abbiamo osservato?

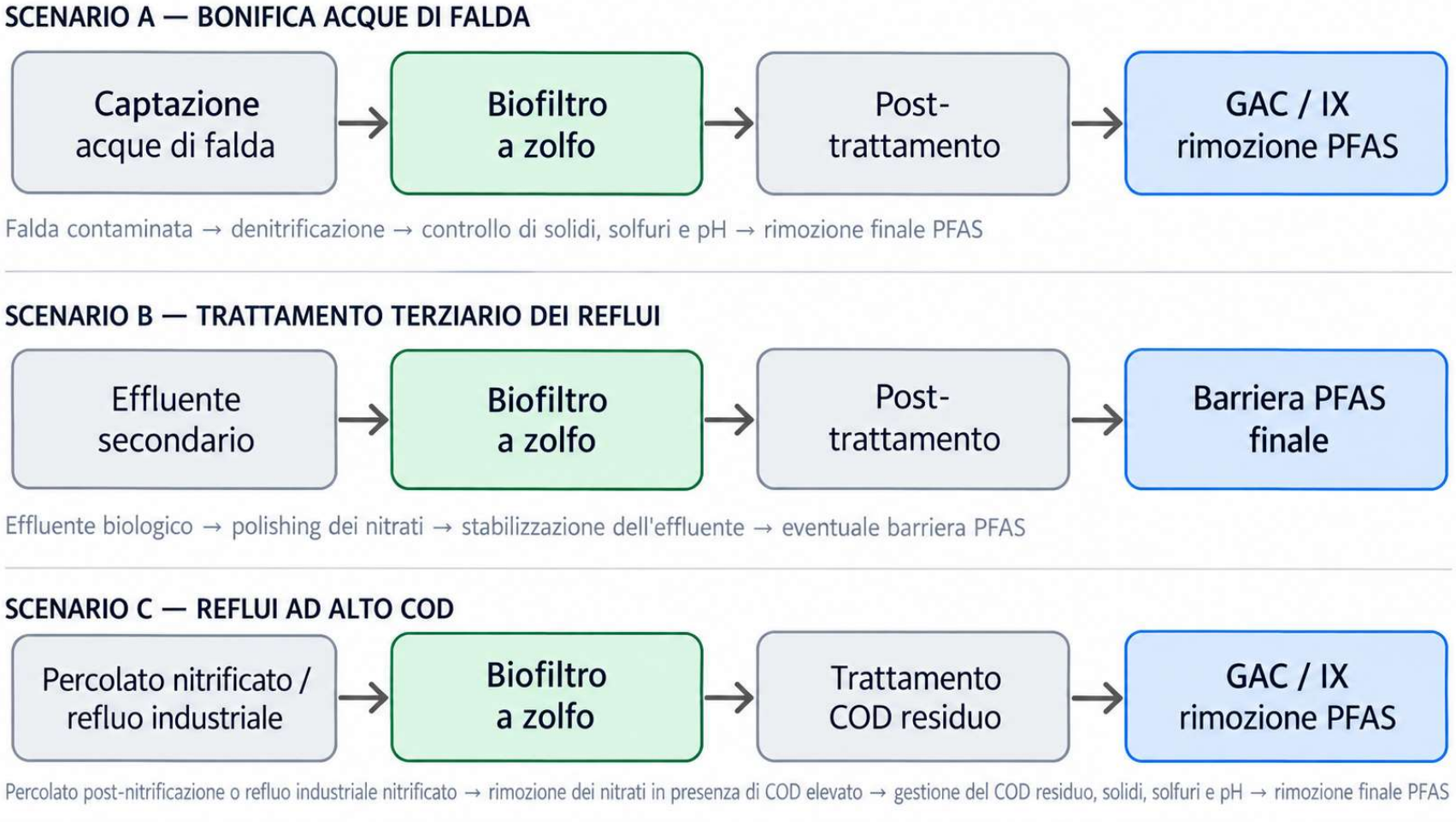
- Ritenzione significativa per PFCA e PFSA a catena lunga in R1 e R2 durante alimentazione con 100 ng/L di ciascun PFAS
- Ritenzione significativa per PFCA a catena lunga e PFSA a catena corta in R2 durante alimentazione con 10 ng/L di ciascun PFAS

Risultato principale

- I PFAS a catena lunga mostrano una maggiore tendenza a essere trattenuti.
- Il reattore con zolfo biogenico (R2) presenta più casi di ritenzione statisticamente significativa.

CFA
CAMERA FORENSE AMBIENTALE

➢ Possibili scenari applicativi e sviluppi futuri



CFA

CAMERA FORENSE AMBIENTALE



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

