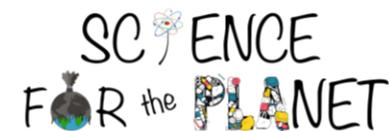




PFAS e Rifiuti: Abbiamo un Problema!
Un Focus per una Gestione Responsabile e Sostenibile
Campobasso, 13 e 14 Giugno 2024



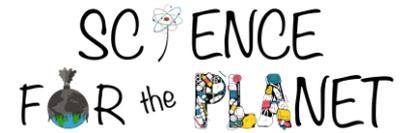
Metodi di Rimozione e Degradazione dei Composti Organici Fluorurati in Diverse Matrici Acquose

Sergio Passarella

Dipartimento Agricoltura, Ambiente e Alimenti
Università del Molise
sergio.passarella@studenti.unimol.it



Metodi di rimozione e degradazione dei composti organici fluorurati in differenti matrici acquose



PFAS - Effetti sulla Salute Umana

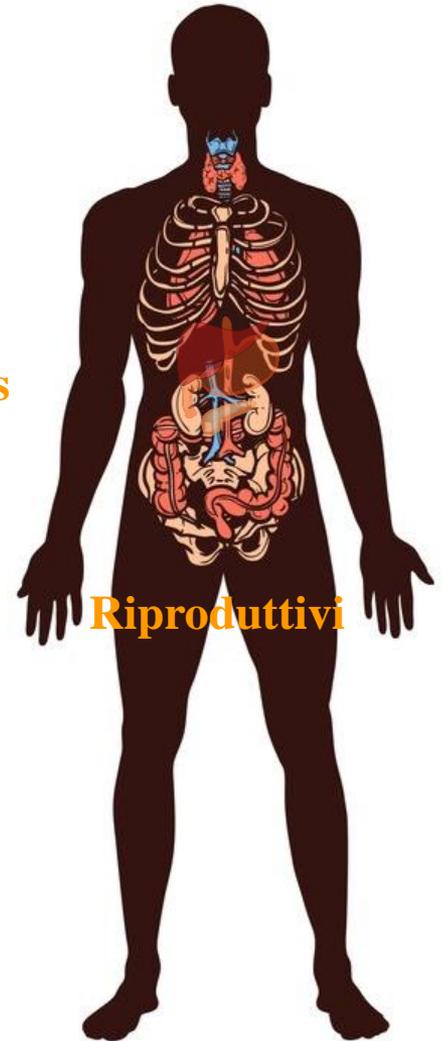
Gli inquinanti chimici fra i quali i PFAS possono generare l'aumento delle specie reattive ossidanti (**ROS**) all'interno dell'organismo.

Essi sono responsabili dell'aumento di condizioni patologiche.

Neoplasie { **Fegato**
Pancreas
Reni
Testicoli

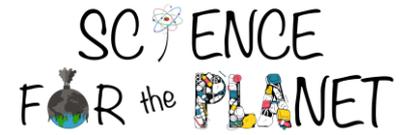
Problemi

Zone di accumulo { **Polmoni**
Fegato (PFOS)
Ossa (PFOA)





Metodi di rimozione e degradazione dei composti organici fluorurati in differenti matrici acquose



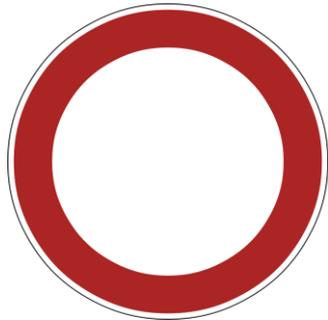
PFAS - Cenni Normativi Acqua



Direttiva (UE) 2020/2184 del parlamento europeo e del consiglio del 16 dicembre 2020 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano.



Decreto Legislativo n. 18 del 23 febbraio 2023 che abroga il Decreto legislativo 2 febbraio 2001, n. 31.



0,10 $\mu\text{g L}^{-1}$ per la **somma** di PFAS (allegato III, parte B, punto 3);

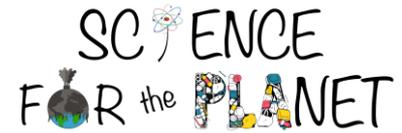
0,50 $\mu\text{g L}^{-1}$ per il **totale** di PFAS.

... ma entreranno in vigore solo dal 12 gennaio 2026!



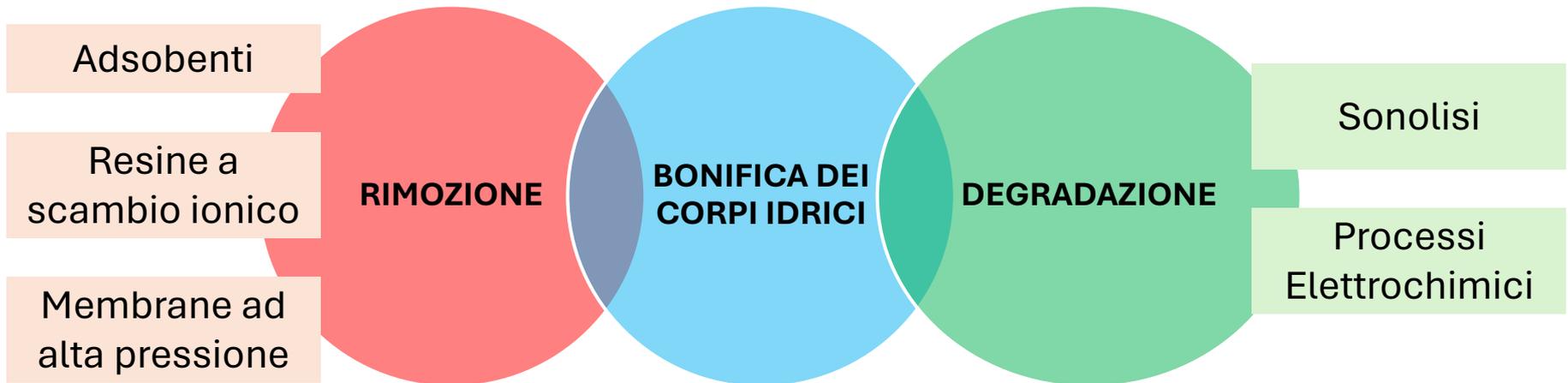


Metodi di rimozione e degradazione dei composti organici fluorurati in differenti matrici acquose



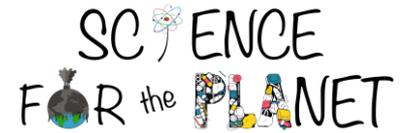
PFAS - Metodi di Rimozione e Degradazione

Al fine di eliminare queste sostanze dai corpi idrici si possono utilizzare due approcci diversi, ognuno dei quali presenta diverse soluzioni.





Metodi di rimozione e degradazione dei composti organici fluorurati in differenti matrici acquose



PFAS - Processi di Separazione Fisica: Adsorbenti

F.A. Zeidabadi, E.B. Esfahani and M. Mohseni

Journal of Hazardous Materials Advances 10 (2023) 100322

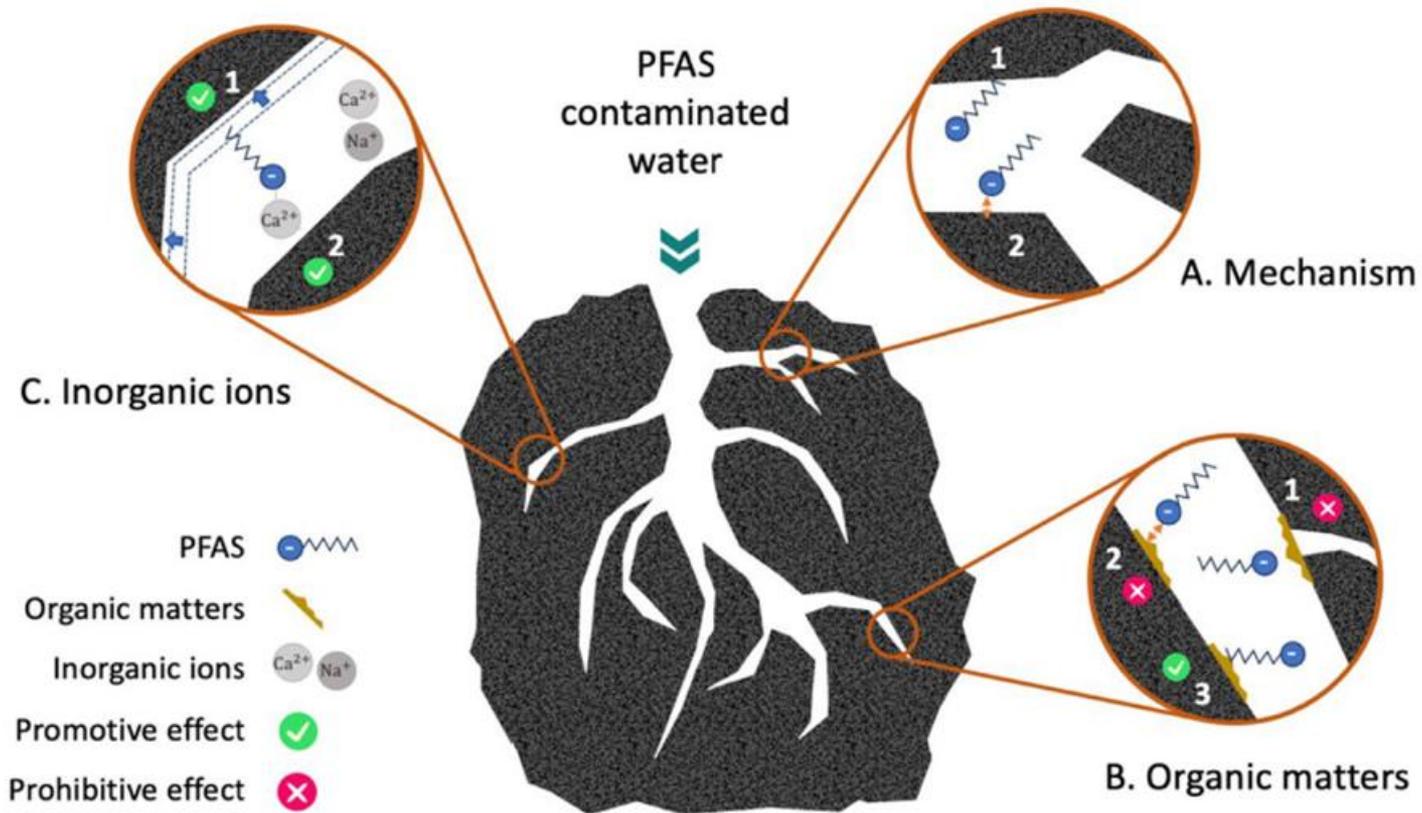
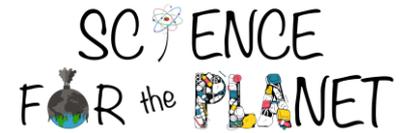


Fig. 1. PFAS removal using GAC: A. Mechanism (1. hydrophobic interaction, 2. electrostatic attraction). B. Effects of organic matter (1. pore blockage, 2. electrostatic repulsion, 3. hydrophobic interaction). C. Effects of inorganic ions (1. compression of electrical double layer, 2. bridge formation between PFAS and GAC).



Metodi di rimozione e degradazione dei composti organici fluorurati in differenti matrici acquose



PFAS - Processi di Separazione Fisica: Resine a Scambio Ionico

F.A. Zeidabadi, E.B. Esfahani and M. Mohseni

Journal of Hazardous Materials Advances 10 (2023) 100322

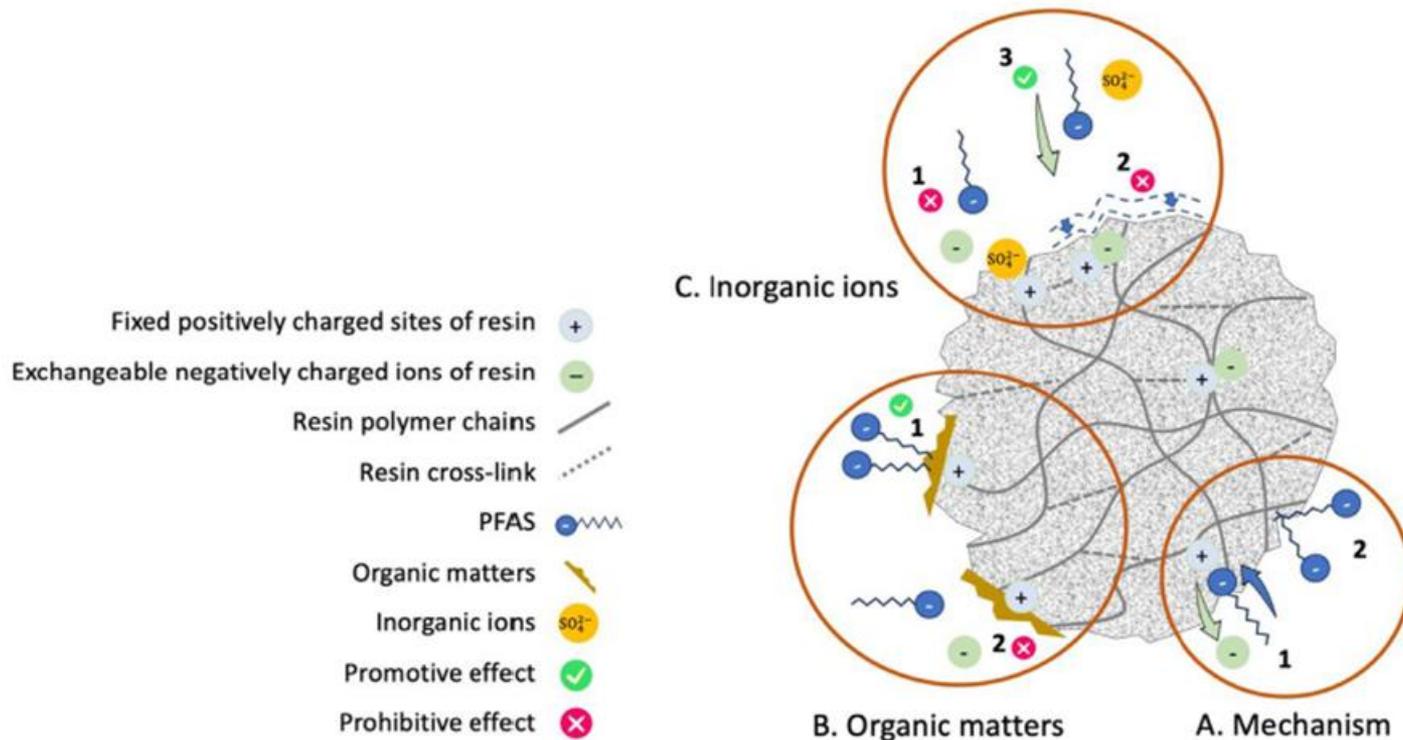
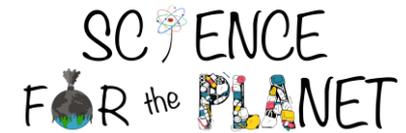


Fig. 2. PFAS removal using IX resins: A. Mechanism (1. ion exchange, 2. hydrophobic interaction), B. Effects of organic matters (1. hydrophobic interaction, 2. occupation of sorption sites), C. Effects of inorganic ions (1. occupation of exchange sites, 2. electrostatic screening, 3. salting-out effect).



Metodi di rimozione e degradazione dei composti organici fluorurati in differenti matrici acquose



PFAS - Processi di Separazione Fisica: Membrane ad Alta Pressione

F.A. Zeidabadi, E.B. Esfahani and M. Mohseni

Journal of Hazardous Materials Advances 10 (2023) 100322

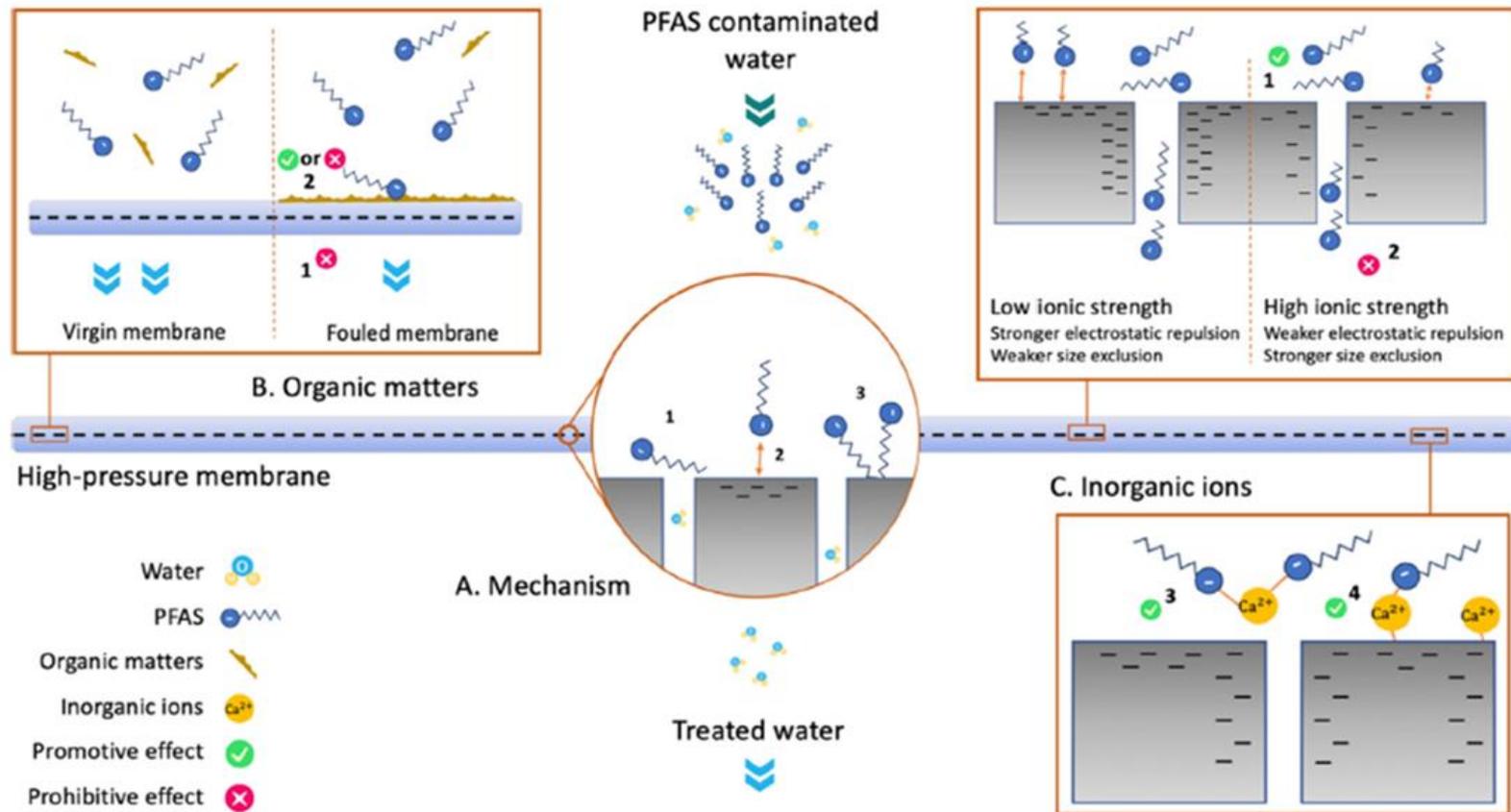
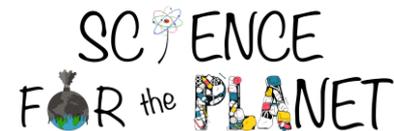


Fig. 3. PFAS removal using high pressure membrane: A. Mechanism (1. size exclusion, 2. electrostatic repulsion, 3. adsorption). B. Effects of organic matters (1. permeate flux decrement, 2. PFAS retention). C. Effects of inorganic ions (1. strong size exclusion, 2. weak electrostatic repulsion, 3. bridge formation between two PFAS, 4. bridge formation between PFAS and membrane).



Metodi di rimozione e degradazione dei composti organici fluorurati in differenti matrici acquose



PFAS - Degradazione: Sonolisi

F.A. Zeidabadi, E.B. Esfahani and M. Mohseni

Journal of Hazardous Materials Advances 10 (2023) 100322

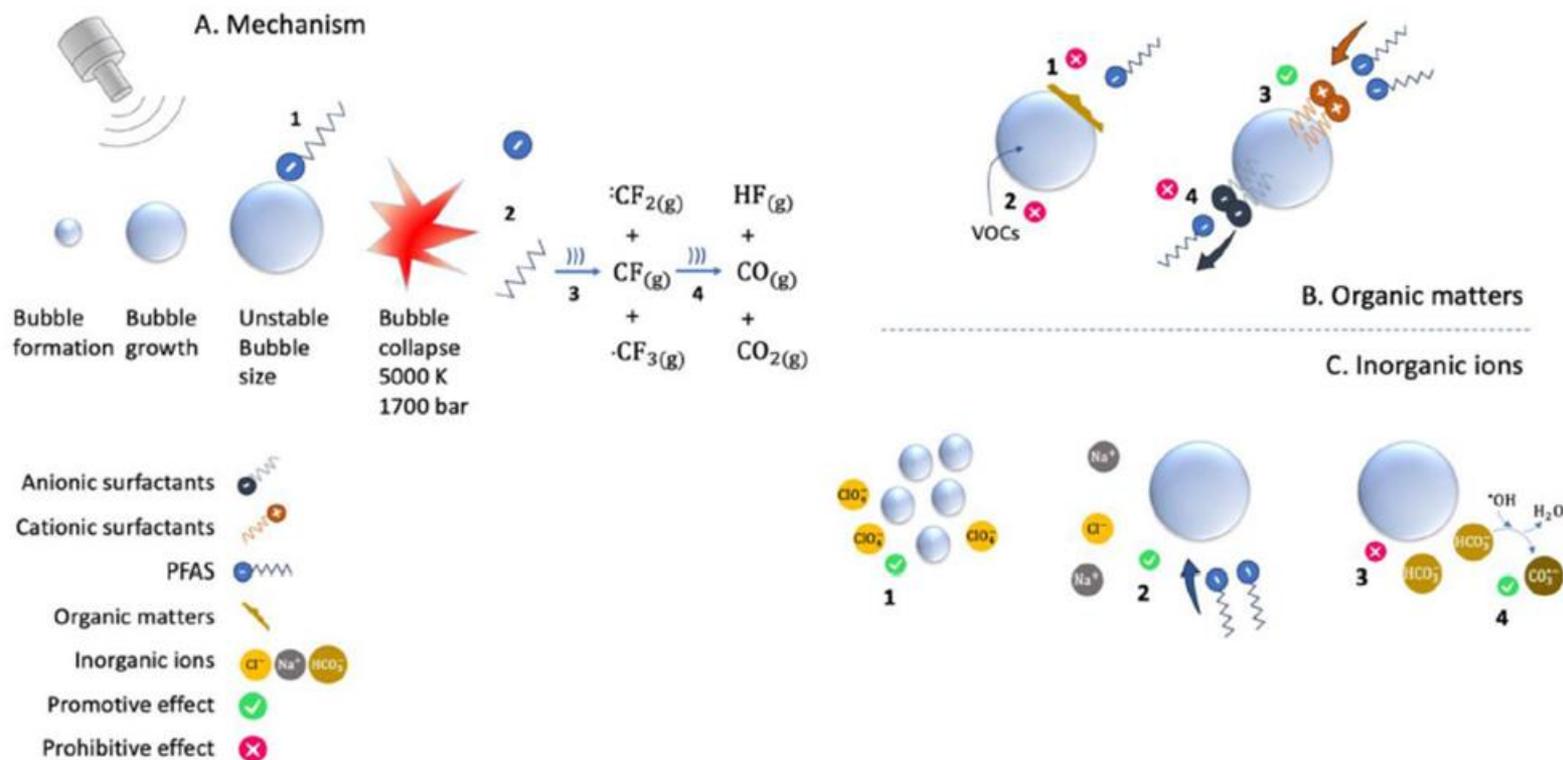


Fig. 4. PFAS degradation using sonolysis: A. Mechanism (1. PFAS adsorption to the water-bubble interface, 2. pyrolytic decomposition of PFAS through functional group cleavage, 3. pyrolysis of fluoro-carbon chain into fluoro-radicals, 4. transformation of fluoro-radicals within the bubble vapor to CO, CO₂, and HF). B. Effects of organic matters (1. competitive adsorption onto bubble-water interface, 2. VOCs evaporation to bubble phase, 3. attractive effect of cationic surfactant, 4. competitive adsorption of anionic surfactant). C. Effects of inorganic ions (1. increasing available surface area by ClO₄⁻, 2. increasing hydrophobicity by NaCl, 3. adverse effect of HCO₃⁻ on interfacial pyrolysis conditions, 4. formation of CO₃^{•-}).

PFAS - Degradazione: Processi Electrochimici

F.A. Zeidabadi, E.B. Esfahani and M. Mohseni

Journal of Hazardous Materials Advances 10 (2023) 100322

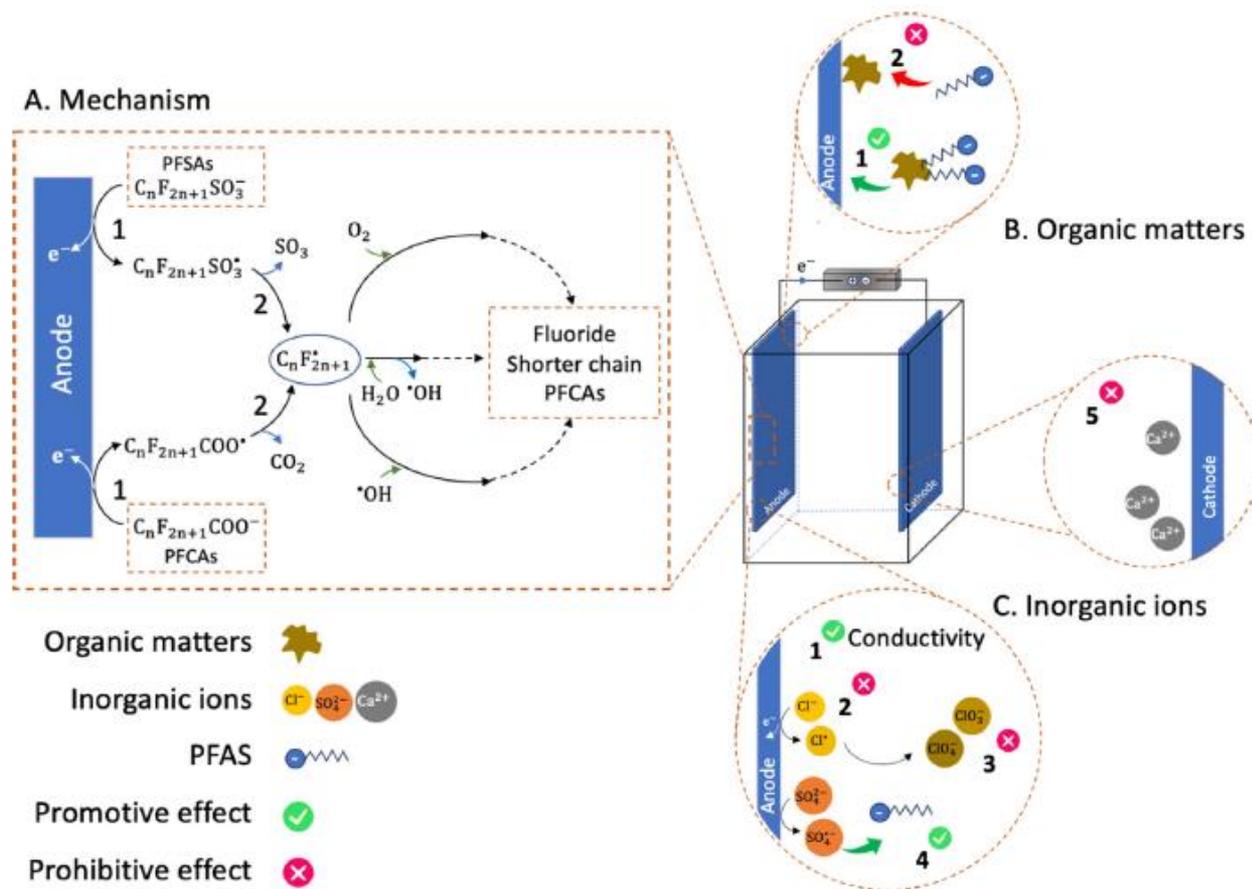
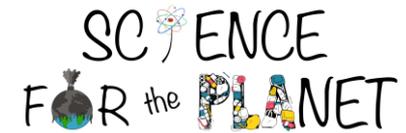


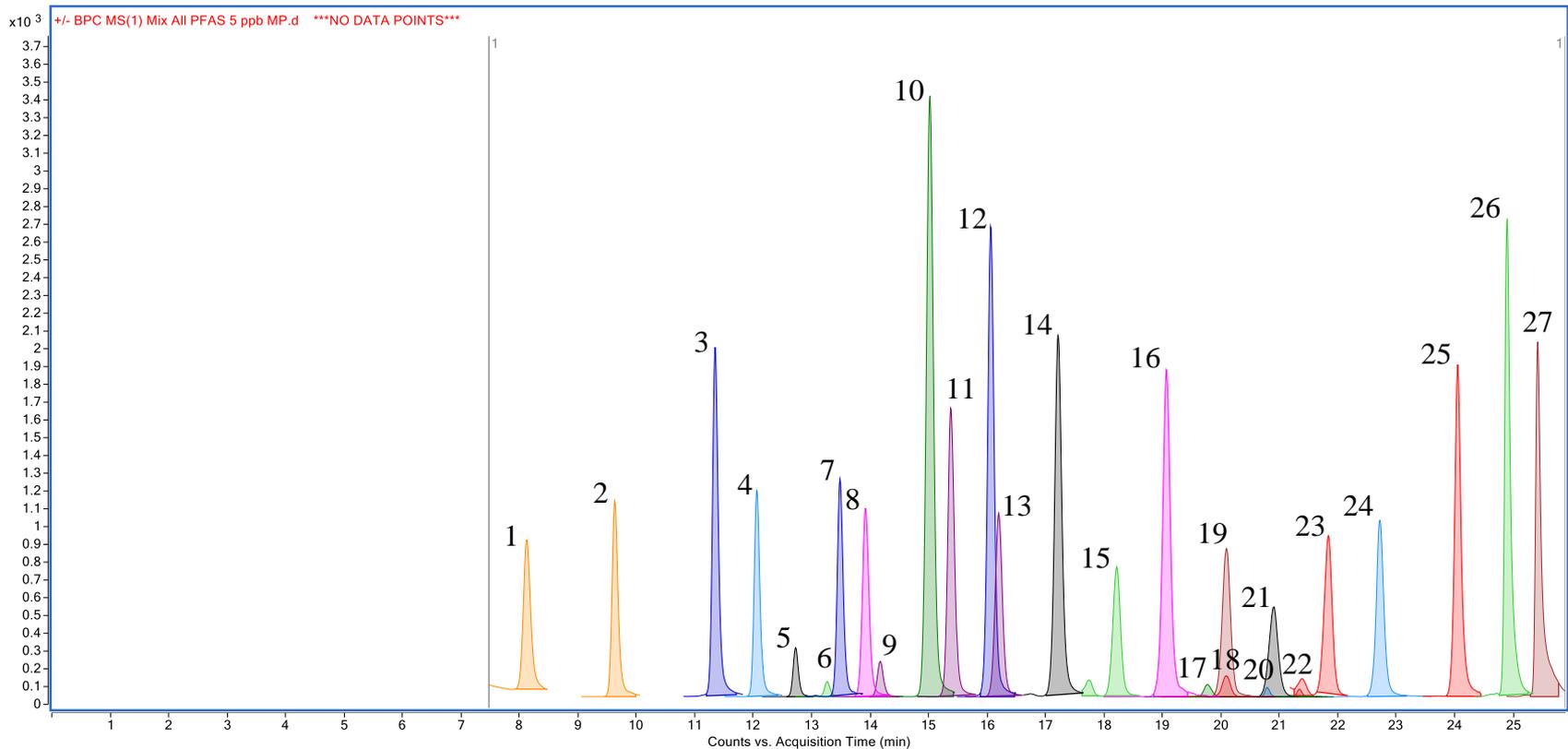
Fig. 6. PFAS degradation using electrochemical oxidation: A. Mechanism (1. one-electron oxidation of PFCAs and PFASs, 2. functional group cleavage). B. Effects of organic matters (1. enhancing PFAS flux to anode, 2. consuming electrochemical energy). C. Effects of inorganic ions (1. increasing conductivity, 2. occupation of active sites, 3. chlorate and perchlorate formation, 4. reactive species formation, 5. scale formation).



Metodi di rimozione e degradazione dei composti organici fluorurati in differenti matrici acquose



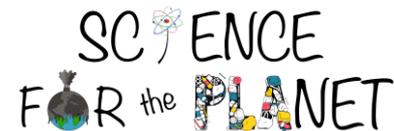
PFAS - Metodo Analitico per la Determinazione dei PFAS



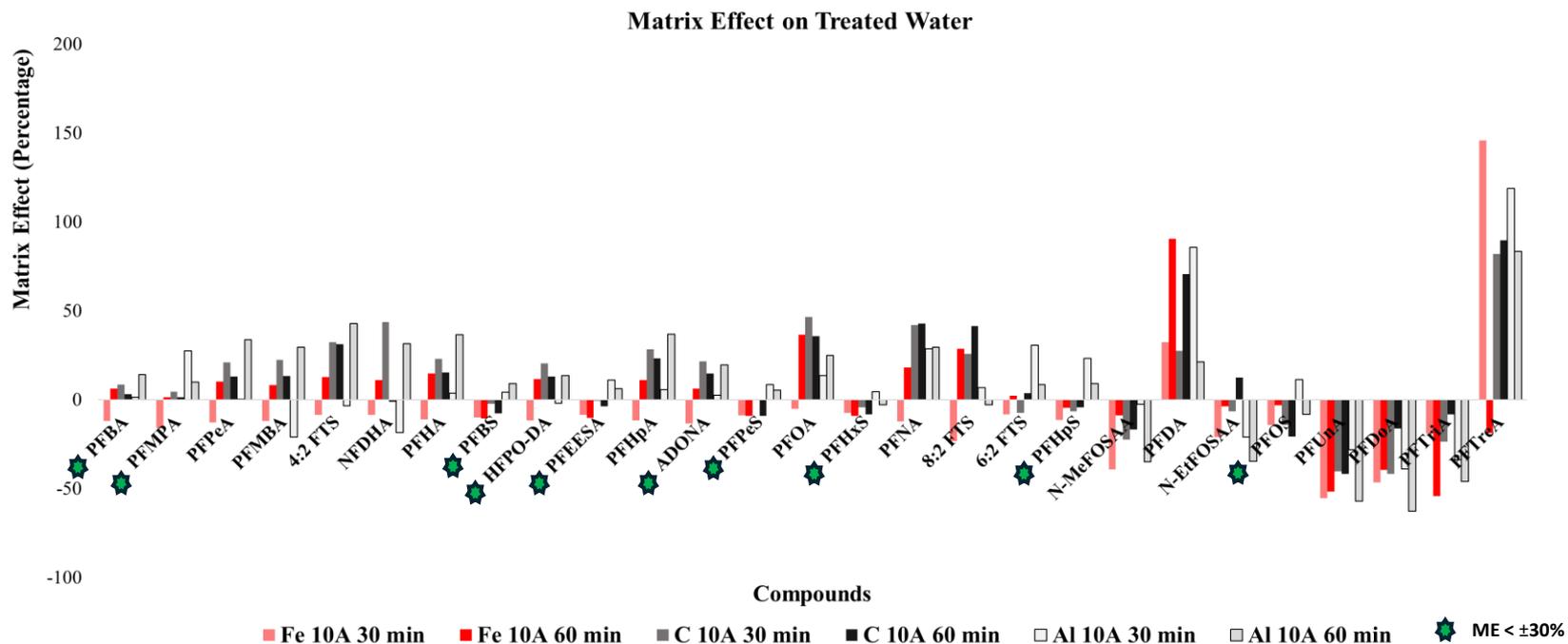
1 PFBA, 2 PFMPA, 3 PFPeA, 4 PFMBA, 5 4:2 FTS, 6 NFDHA, 7 PFHA, 8 PFBS, 9 HFPO-DA, 10 PFEESA, 11 PFHpA, 12 ADONA, 13 PFPeS, 14 PFOA, 15 PFHxS, 16 PFNA, 17 8:2 FTS, 18 6:2 FTS, 19 PFHpS, 20 N-MeFOSAA, 21 PFDA, 22 N-EtFOSAA, 23 PFOS, 24 PFUnA, 25 PFDoA, 26 PFTrIA, 27 PFTreA.



Metodi di rimozione e degradazione dei composti organici fluorurati in differenti matrici acquose



PFAS - Studio Effetto Matrice per la Valutazione dell'Efficienza del Processo Elettrochimico

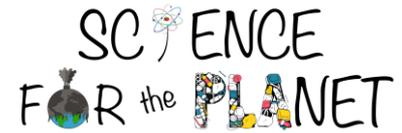


L'effetto matrice studiato risulta contenuto con l'utilizzo degli elettrodi di Fe/30min, Fe/60min e Al/30min. Per ognuno di quest'ultimi tre, solo 5 molecole superano il range del $\pm 30\%$ di effetto matrice.

Tranne che per l'elettrodo Fe/30min, l'effetto matrice è positivo per i PFAS a catena media e negativo per i PFAS a catena lunga, escluso il PFTreA.



Metodi di rimozione e degradazione dei composti organici fluorurati in differenti matrici acquose



PFAS - Approcci di Degradazione Integrati

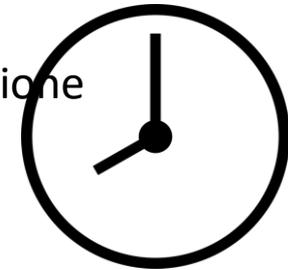
Metodi di separazione



Sostituzione delle membrane ad alta pressione



Processi di degradazione



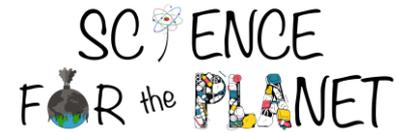
L'obiettivo è quello di un **approccio integrato** tenendo conto della qualità dell'acqua da trattare e quindi dei fattori promotori e inibitori.

Per grandi volumi d'acqua, è opportuno ricorrere a metodi di separazione fisica.

Il rifiuto finale contenente PFAS e altre sostanze chimiche in elevate concentrazioni, deve essere trattato con metodi di degradazione prima del loro smaltimento nell'ambiente.



Metodi di rimozione e degradazione dei composti organici fluorurati in differenti matrici acquose



Grazie per l'attenzione