

MICROINQUINANTI 2026 - Testimonianze, soluzioni e prospettive per il Servizio Idrico Integrato
| 7 Ottobre 2026 |

Carbone attivo granulare (GAC) e resine a scambio ionico per la rimozione dei PFAS

Prestazioni, qualità dell'acqua e scelta della tecnologia

Approccio pratico alla selezione delle tecnologie di trattamento PFAS per le acque potabili

Mara Brambilla,
Application Engineering
De Nora Water Technologies (Italy)



IL GRUPPO DE NORA

Presenza globale nelle Americhe (AMS), Europa, Medio Oriente, India e Africa (EMEIA) e Asia-Pacifico (APAC).

Tre aree di business

De Nora Water Technologies supporta utility e industrie con tecnologie per il trattamento delle acque, test pilota e soluzioni per PFAS e contaminanti emergenti.



**Tecnologie
Elettrochimiche**



PRODOTTI

Anodi, Catodi, Rivestimenti catalitici,
Elettrodi a diffusione di gas, Produzione
di celle

SERVIZI



Rigenerazione degli elettrodi,
servizi di riparazione e ricambi



Revamping e retrofit per il
miglioramento delle
prestazioni



**Transizione
Energetica**



PRODOTTI

Sistema Dragonfly®, Elettrodi DSA® per elettrolisi
alcalina dell'acqua (AWE), Celle elettrolitiche,
Elettrodi a diffusione di gas (GDE) per celle a
combustibile

SERVIZI



Progettazione ingegneristica



Contratti di fornitura e
manutenzione



**Tecnologie per il
Trattamento delle Acque**



PRODOTTI

Tecnologie per acqua potabile e acque reflue,
Sistemi di disinfezione e filtrazione, Soluzioni
per PFAS e contaminanti emergenti

SERVIZI



Assistenza tecnica



Test pilota e validazione



Come scegliere la tecnologia più adatta per la rimozione dei PFAS

La scelta della tecnologia più adatta per la rimozione dei PFAS richiede un equilibrio tra prestazioni, qualità dell'acqua e costo lungo il ciclo di vita.

Tecnologie comunemente utilizzate per la rimozione dei PFAS:

- Carbone Attivo Granulare (GAC)
- Resine a Scambio Ionico (IX)
- Osmosi Inversa / Nanofiltrazione (RO/NF)

La scelta della tecnologia deve considerare:

- Qualità dell'acqua
- Obiettivi di trattamento
- Vincoli del sito e requisiti operativi
- Costo totale di proprietà (TCO)

GAC

Carbone Attivo Granulare

Tecnologia ampiamente consolidata
Efficace sui PFAS a catena lunga
Prestazioni influenzate dalla matrice dell'acqua.

IX

Resina a Scambio Ionico

Maggiore selettività verso i PFAS
Efficace sia per PFAS a catena corta che lunga
La durata del media dipende dalla qualità dell'acqua

RO

Osmosi Inversa

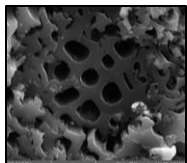
Elevata capacità di rimozione dei PFAS
Applicabile a matrici complesse
Costi più elevati e gestione del concentrato



Non esiste una tecnologia migliore per tutte le applicazioni.

GAC vs Resine a Scambio Ionico

GAC



Rimuove PFAS, ma anche altri contaminanti organici

Maggiore efficacia per i PFAS a catena lunga

Minore efficacia per i PFAS a catena corta

Tempi di contatto (EBCT) più lunghi e velocità lineari più basse → serbatoi di dimensioni maggiori

Il GAC è un processo di **adsorbimento** che "intrappola" i contaminanti sulla superficie e nei micropori del media.

IX



Elevata capacità di rimozione dei PFAS, anche a basse concentrazioni

Elevata selettività → maggiore durata del media

Alcuni contaminanti (TOC, SO_4^{2-} e altri) possono ridurre la vita utile del media

Elevate velocità lineari e tempi di contatto (EBCT) più brevi → serbatoi più compatti e minore impronta impiantistica.

Le resine anioniche utilizzano **meccanismi di scambio ionico** che favoriscono la rimozione dei PFAS dall'acqua.

Entrambe le tecnologie possono rimuovere efficacemente i PFAS. La soluzione ottimale dipende dalle condizioni specifiche del sito.



La qualità dell'acqua guida la scelta della tecnologia

Parametri chiave che influenzano le prestazioni

- TOC (Carbonio Organico Totale)
- NOM (Sostanza Organica Naturale)
- Presenza di particolato
- Contaminanti competitori
- Profilo dei PFAS
- Acqua sotterranea vs acqua superficiale

Impatto sul trattamento

- Prestazioni
- Vita utile del media
- Frequenza di sostituzione
- Costi operativi

La qualità dell'acqua spesso influenza la scelta della tecnologia più della sola concentrazione dei PFAS



Perché i test pilota sono importanti

I test pilota consentono di riprodurre le condizioni reali di esercizio

TEST PILOTA IN CAMPO (ON-SITE)

- Stesso GAC/RESINA e stessa acqua reale da trattare
- Riproduzione delle principali condizioni di esercizio previste per l'impianto finale (EBCT e velocità di carico)
- Valutazione delle curve di breakthrough e dei bed volumes effettivamente trattati
- Possibilità di osservare variazioni stagionali e della matrice dell'acqua
- Identificazione di fenomeni di fouling, perdite di carico ed eventuali esigenze di pretrattamento

Base affidabile per la progettazione di un impianto full-scale

I TEST PILOTA CONSENTONO DI

- Confrontare tecnologie e media in condizioni operative reali
- Quantificare prestazioni e durata del media
- Valutare l'impatto delle specifiche caratteristiche dell'acqua
- Supportare la scelta della tecnologia e la progettazione dell'impianto full-scale

Il test pilota è uno strumento decisionale, non semplicemente una fase di validazione.



TEST PILOTA – GLEN DALE PWS

Glen Dale, West Virginia (USA)

Acquedotto pubblico a servizio di circa 1.100 abitanti

La fonte principale di approvvigionamento è costituita da acque di falda

Obiettivo: Valutare e confrontare le prestazioni di GAC e IX per la rimozione dei PFAS da una sorgente di acqua sotterranea.



Qualità dell'acqua

- Acqua sotterranea (falda)
- PFAS totali ≈ 44 ppt
- PFOS ≈ 21 ppt
- PFHxS ≈ 10 ppt
- PFBS ≈ 3 ppt



Impianto pilota - configurazione

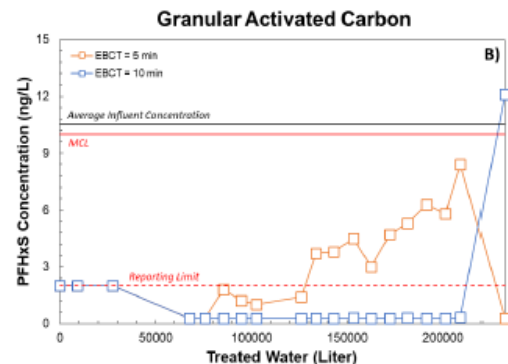
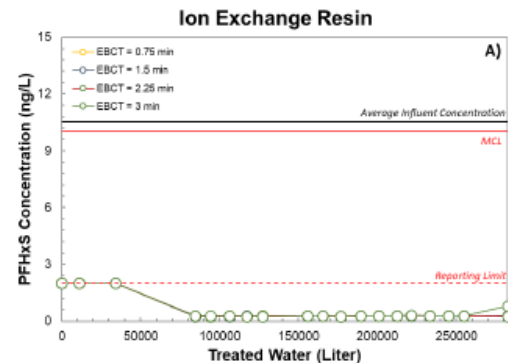
- Colonne GAC e IX operate in parallelo
- Alimentati con acqua reale di falda
- Diverse configurazioni EBCT
- Monitoraggio PFAS nel lungo periodo
- Valutazione del breakthrough e della durata del media



Messaggio chiave

Entrambe le tecnologie hanno raggiunto gli obiettivi di trattamento dei PFAS, ma il breakthrough si è verificato significativamente prima nel GAC.

Confronto delle curve di breakthrough del PFHxS



TEST PILOTA – GLEN DALE PWS

Prestazioni ed economia del ciclo di vita

✓ Confronto tra le tecnologie

Parametro	GAC	IX
Breakthrough osservato	Sì	No
Vita utile stimata	23 mesi circa	50 mesi circa
Bed volumes trattati	100.000 BV circa	>700.000 BV
Costo diretto dell'investimento*	€ 182k circa	€ 143k circa

*Valori indicativi convertiti da USD

✓ Risultati principali

- Entrambe le tecnologie hanno raggiunto gli obiettivi di trattamento dei PFAS.
- La resina IX ha mostrato una vita utile significativamente più lunga rispetto al GAC.
- I dati del pilot hanno supportato la scelta della tecnologia sulla base delle prestazioni e del TCO.

➤ **Messaggio chiave:** Per questa specifica applicazione su acqua sotterranea, le resine hanno fornito il miglior equilibrio tra prestazioni, vita utile del media e costo del ciclo di vita.

TEST PILOTA – CONSTELLIUM ALUMINUM

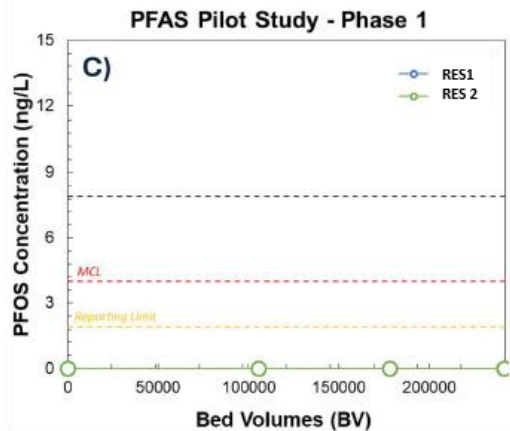
Muscle Shoals, Alabama (USA)

Obiettivo: Valutare le prestazioni di due resine a scambio ionico per la rimozione dei PFAS in una matrice complessa di acqua superficiale.



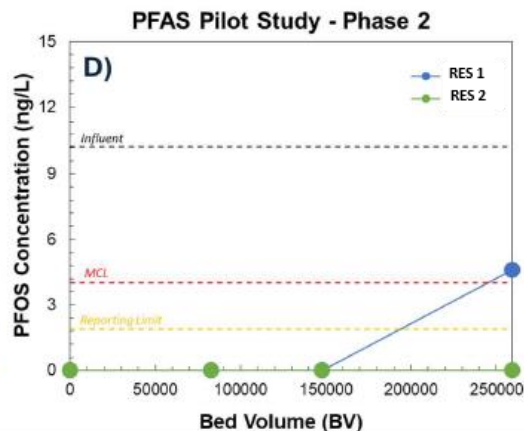
Qualità dell'acqua

- Acqua superficiale proveniente dal Tennessee River
- PFAS totali $\approx 30\text{--}38$ ppt
- PFOS $\approx 11\text{--}15$ ppt
- PFOA $\approx 8\text{--}10$ ppt
- Variabilità stagionale e attività biologica presenti



Impianto pilota - configurazione

- Due resine IX valutate (RES1 e RES2)
- EBCT = 0,75 - 1,5 - 3 minuti
- Fase 1: senza pretrattamento
- Fase 2: con pretrattamento UV



Risultati principali

- Entrambe le resine hanno raggiunto gli obiettivi di trattamento dei PFAS.
- RES2 ha mostrato una maggiore resistenza al breakthrough del PFOS nel lungo periodo.
- Sono emerse differenze prestazionali nel lungo periodo.
- Il pretrattamento UV ha migliorato la stabilità idraulica e il controllo del fouling.
- Il test pilota ha supportato la scelta del media e la progettazione full-scale.

➤ Messaggio chiave:

La qualità dell'acqua influenza le prestazioni, la scelta del media, i requisiti di pretrattamento e le decisioni progettuali full-scale.



CONCLUSIONI

Messaggi chiave

- **La qualità dell'acqua conta** - Le prestazioni del trattamento sono fortemente influenzate dalla matrice dell'acqua.
- **I test pilota contano** - I pilot riducono l'incertezza e supportano una migliore selezione tecnologica.
- **Il TCO conta** - Le prestazioni devono sempre essere valutate insieme ai costi lungo il ciclo di vita.
- **Le decisioni sito-specifiche contano** - La scelta della tecnologia dovrebbe essere basata sulla qualità reale dell'acqua e sui dati ottenuti dai test pilota.



La migliore soluzione per il trattamento dei PFAS è quella che garantisce conformità normativa, affidabilità operativa e il minor costo nel lungo periodo per una specifica fonte d'acqua.

GRAZIE



DE NORA
Dare. Develop. Deliver.