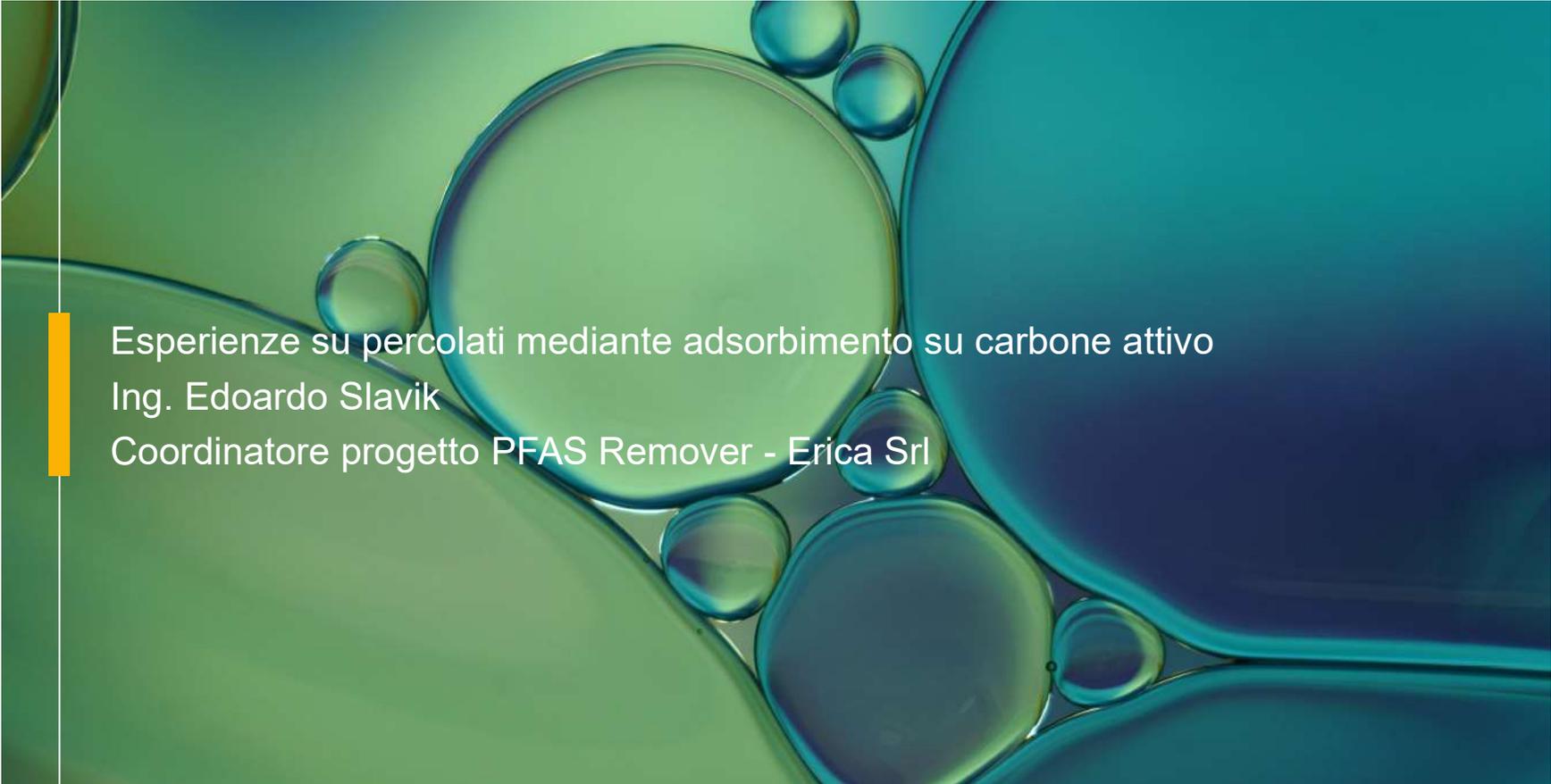


CIRCE2020:

La depurazione dei PFAS nell'ottica dell'economia circolare

11.05.2020 ARPAV



Esperienze su percolati mediante adsorbimento su carbone attivo
Ing. Edoardo Slavik
Coordinatore progetto PFAS Remover - Erica Srl





Erica srl - Cavenago di Brianza (MB)

- Da oltre 25 anni nel settore dei rifiuti industriali
- Divisione dedicata ai percolati di discarica
- La ricerca al servizio dei clienti
- Accesso ad oltre 50 tipologie differenti di percolato di discarica; database analitico sulla presenza dei PFAS



I PFAS nei percolati di discarica

- I PFAS hanno grande stabilità termica, chimica e biologica, oltre a proprietà idro e oleofobiche.
- Tali molecole sono utilizzate in una vasta gamma di applicazioni industriali e commerciali fin dagli anni '50.
- I prodotti di consumo usati e smaltiti in discarica sono soggetti a reazioni chimiche e processi di degradazione che portano a rilasciare i PFAS nei percolati.
- Gestione discarica “post chiusura”, anche oltre 30 anni.
- Percolati di discarica in gran parte smaltiti in impianti di depurazione consortili: problema fanghi biologici?

Progetto di ricerca

Politecnico di Milano

La maggior parte di applicazioni, studi e ricerche reperibili erano relative soltanto alle acque potabili, di sottosuolo o superficiali.

Politecnico di Milano: ricerca coordinata dalla prof.ssa Francesca Malpei, *full professor* del corso “Trattamento delle acque di rifiuto”:

“Trattabilità di reflui e percolati contenenti sostanze perfluorurate” (2017)

- Problematica ubiquitaria
- Pochi studi di trattamenti su percolati e altri reflui liquidi; problematica complessa e poco conosciuta
- Pochi trattamenti dimostrati come efficaci (le ossidazioni “tradizionali” risultano inefficaci)

Progetto di ricerca

Politecnico di Milano | Le tecnologie

Sulla base di quanto emerso dalla letteratura si considera che i **trattamenti percorribili per ottenere abbattimenti sostanziali siano:**

- trattamenti a **membrana** (osmosi/nanofiltrazione su percolato grezzo);
- adsorbimento su **carbone attivo** (su percolato tal quale o pre-trattato);
- in una prospettiva di test da condurre a lungo termine, può essere considerata anche la **biodegradazione anaerobica**

- Altre tecnologie possibili, ma sperimentate solo a scala di laboratorio e non prontamente applicabili su scala industriale

Progetto di ricerca

Individuazione della tecnologia più appropriata per i percolati di discarica

- Grandi quantitativi di percolato prodotti (milioni di mc in Italia, tutti con presenza di PFAS). Elevato numero di discariche (attive o dismesse). Mercato “**povero**”.
- Tecnologia da applicare preferibilmente **presso gli impianti di depurazione** per:
 - sfruttare le **economie di scala**;
 - sfruttare le **competenze gestionali** specifiche di chi già gestisce impianti di trattamento;
 - ottimizzazione tecnica ed economica;
 - il trattamento del percolato effettuato **in discarica** genera comunque un rifiuto liquido (più o meno concentrato) che deve essere smaltito in altro impianto idoneo. Inoltre sarebbe complesso per le discariche non più operative.

Progetto di ricerca

Individuazione della tecnologia più appropriata per i percolati di discarica

La scelta di sperimentare il trattamento su **carbone attivo granulare** è stata quindi data da diversi fattori:

- tecnologia applicabile su **grandi volumi** con ottimo rapporto tra volumi trattati e costi, con un basso investimento iniziale;
- tecnologia flessibile e di **semplice gestione** (senza utilizzo di pressioni elevate, di acidi o altri chemicals);
- tecnologia **nota e sperimentata** su molti micro-inquinanti, incluse le sostanze perfluorate, anche se è ad oggi comunemente applicata prevalentemente ad acque a bassissimo contenuto di organico (acque di falda, acque potabili, acque depurate);

Progetto di ricerca

Individuazione della tecnologia più appropriata per i percolati di discarica

- costituisce grande valore aggiunto la possibilità di **riattivare** il carbone attivo, eliminando in tal modo **definitivamente** i composti adsorbiti; in Italia sono presenti forni di riattivazione dislocati su tutto il territorio;
- quando installata **a monte** dell'impianto biologico a fanghi attivi, la tecnologia salvaguarda anche i fanghi biologici dalla presenza di microinquinanti in generale e PFAS in particolare.
- In termini di LCA, costituisce un elemento importante il **basso consumo energetico** considerando gli ingenti volumi in gioco.

Progetto di ricerca

Le tecnologie

Approfondita sperimentazione utilizzando la tecnologia con carboni attivi, per diverse ragioni:

- perché si tratta di una tecnologia nota, ma non sperimentata in modo specifico sui PFAS nei liquidi con **importante matrice organica** ed in particolare nei percolati di discarica;
- perché è necessario verificare la “**competizione**” delle molecole organiche generiche costituenti il COD dei percolati, rispetto all’adsorbimento su carbone attivo dei PFAS;
- perché è necessario individuare la corretta **tipologia di carboni attivi** per questa applicazione specifica;
- perché è necessario verificare la **durata** dei carboni attivi e quindi la sostenibilità economica.

La sperimentazione in laboratorio

Test in laboratorio eseguiti su **singoli percolati** e su **miscele di percolati** che rappresentano mix realmente conferiti in alcuni impianti del Nord Italia:

- prove di **laboratorio** in **batch** per la costruzione delle isoterme di adsorbimento, interpretabili con i modelli di Langmuir e Freundlich;
- prove di **laboratorio** in **continuo** con filtrazione in pressione su cartucce a sabbia e carboni attivi a scala di laboratorio (simulazione di impianto reale);
- selezione della **migliore combinazione di diversi carboni attivi**: 2 tipologie di diversa natura e diversa porosità, da porre in serie;
- conferma della **rimozione dei PFAS** anche quando i carboni attivi sono esauriti per quanto riguarda la rimozione di altre sostanze organiche (COD)
- progettazione dell'**impianto pilota** industriale (potenzialità circa **10 mc/giorno**)

La sperimentazione con impianto pilota

- La prima sperimentazione industriale con impianto pilota è stata eseguita nel **2018** presso un impianto del gruppo **S.T.A. Trattamento Acque**, localizzato in **Provincia di Cremona**, già autorizzato al trattamento dei percolati di discarica.
- Sperimentazione condivisa con **Regione Lombardia** dal principio fino alla condivisione dei risultati finali; protocollo analitico condiviso con **ARPA Lombardia**.
- Si è deciso di iniziare dalla situazione più complessa: il pilota è stato **posizionato a monte dell'impianto chimico-fisico**.
- **4 cicli sperimentali** su tipologie di percolati diversi e rappresentativi dei percolati di discarica più diffusi. Trattati in totale **220 mc** di percolato.

La sperimentazione con impianto pilota

Obiettivi

- Verificare la **concorrenza delle sostanze organiche** presenza (COD) con l'adsorbimento dei PFAS, nelle condizioni peggiori e con varie tipologie di percolato;
- confermare su **quantitativi maggiori** e in tempi prolungati l'efficacia del trattamento testato positivamente in laboratorio;
- verificare approfonditamente il comportamento dei carboni attivi anche sui **PFAS a catena corta**, vista la minor efficacia già verificata nel trattamento di acque a basso contenuto organico (e nota in letteratura);
- stimare con cura i **costi di investimento e di gestione** della tecnologia.

Risultati della sperimentazione industriale

Casalmaggiore (CR) - Elenco dei percolati testati

DISCARICA	REGIONE	COD	PFOA	PFOS	PFHXA	PFPEA	PFBA	PFBS	Σ
		mg/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
Sperimentazione STA n. 1	Mix diversi perc.	1250	1140	27	510	140	1580	1170	4567
Sperimentazione STA n. 2	Lombardia	3440	16200	450	3540	1470	4050	142000	167710
Sperimentazione STA n. 3	Lombardia	13000	52000	1600	5900	800	8100	168000	236400
Sperimentazione STA n. 4	Veneto	1260	9100	398	5500	3310	11100	16300	45708

Seconda sperimentazione con impianto pilota

- La seconda sperimentazione industriale con impianto pilota è stata eseguita nel **2019** presso l'impianto di depurazione di **Ireti S.p.A., Gruppo Iren, a Parma.**
- In questo caso il pilota è stato **posizionato a valle dell'impianto chimico-fisico** e a monte dell'impianto di depurazione a fanghi attivi.
- Si è introdotto l'impianto sperimentale nel **normale processo di funzionamento** dell'impianto di depurazione, approvvigionandolo con il mix normalmente ricevuto dall'impianto stesso.
- L'impianto è stato modificato con un **upgrade tecnologico**, mediante l'aggiunta di una ulteriore colonna a carboni attivi.
- Trattati **250 mc** di percolato

Seconda sperimentazione con impianto pilota

Obiettivi

- Verificare il funzionamento dell'impianto pilota nella “**normale**” vita di un impianto di depurazione
- Ottimizzare ulteriormente gli abbattimenti con l'inserimento di un **upgrade** della tecnologia focalizzato in particolare per migliorare la **rimozione dei PFAS a catena corta**
- Sperimentare anche la **riattivazione dei carboni**
- Puntualizzare e verificare ulteriormente la **stima dei costi** gestionali anche in una diversa situazione impiantistica

L'impianto pilota Casalmaggiore



L'impianto pilota



L'impianto pilota



L'impianto pilota



L'impianto pilota Parma



Il protocollo analitico

- Le **analisi complete** sono state eseguite in ingresso/uscita dai diversi stadi dell'impianto ed analisi dei soli parametri “strategici” (**pH, COD, TOC, PFAS**) sono state eseguite anche nei punti intermedi al fine di verificare la progressione nell'esaurimento del carbone nel tempo.
- È stata eseguita, per ogni ciclo sperimentale, un'**analisi sul carbone** a fine prova, questo ha consentito di stimare la “vita residua” a fine ciclo.
- Il protocollo analitico è stato effettuato da un laboratorio privato con sede in Veneto e il 20% dei campioni è stato analizzato anche dal **laboratorio del CNR/IRSA** per verifica e confronto dei PFAS.

Risultati della sperimentazione industriale

- **L'adsorbimento** sul carbone attivo **dei PFAS è molto performante e rimane attivo** su tutti i PFAS anche quando va ad esaurirsi l'effetto di adsorbimento del substrato organico (TOC/COD)
- Per i **PFAS a catena lunga** l'adsorbimento rimane molto elevato anche dopo molti ricambi del letto filtrante
- Per i **PFAS a catena corta** ci sono di fatto alcuni fattori da considerare:
 - le interferenze analitiche, notevoli su matrici organiche importanti;
 - per ottenere abbattimenti simili a quelli dei PFAS a catena lunga, si deve utilizzare un sistema a 4 colonne di carboni anziché 2 e si devono considerare tempistiche di ricambio più frequenti;
 - da verificare la tematica dei “nuovi PFAS”; per esempio il C6O4 sembra avere un comportamento simile ai PFAS a catena corta

I dati delle sperimentazioni con impianto pilota

Sperimentazione di Casalmaggiore (CR)

- PFAS analizzati su **145** campioni da parte del laboratorio privato
- Contro-analisi di PFAS effettuate dal CNR su **24** campioni
- **3.573** singoli parametri analitici rilevati da parte del laboratorio privato
- **2** analisi dei carboni a fine ciclo

Sperimentazione di Parma

- PFAS analizzati su **80** campioni da parte di del laboratorio privato
- **1.517** singoli parametri analitici rilevati da parte del laboratorio privato
- **518** singoli parametri analitici rilevati da parte di IREN
- **1** analisi dei carboni a fine ciclo

I dati delle sperimentazioni con impianto pilota

Sperimentazione di Casalmaggiore (CR)

- I risultati ottenuti nei cicli di sperimentazione industriale hanno dimostrato:
 - un'ottima riduzione in termini percentuali dei **PFAS a catena lunga**: a carbone “fresco”, riduzioni superiori al **98-99%**, ma che si mantengono superiori all'**85-90%**, talvolta **95%**, per tempi prolungati, variabili con la tipologia di percolato.
 - Sui **PFAS a catena corta** (in particolare sotto C5) è confermato che, come per le acque potabili, l'adsorbimento pare più difficoltoso ed è quindi necessario l'upgrade tecnologico sperimentato a Parma, ottenendo rese di abbattimento superiori al **70%** anche per tempi prolungati; l'eventuale imposizione di limiti anche su questi composti può causare maggiori costi (dovuti a **più frequenti riattivazioni dei carboni**)

I dati delle sperimentazioni con impianto pilota

Ulteriore sperimentazione con Politecnico di Milano (2019-2020)

- Opportunità di **ottimizzare il pretrattamento con filtro a sabbia** per la rimozione della frazione sospesa prevedendo la possibilità di **aggiungere coagulanti/flocculanti**, per poter rimuovere anche la **frazione colloidale**, soprattutto nel caso di percolati molto carichi.
- contratto di ricerca dal titolo **“Esecuzione di prove di flocculazione di percolato”**, affidato alla prof.ssa Manuela Antonelli;
- con **flocculanti appositamente selezionati**, efficienza di rimozione del COD modesta (circa del 10%), e quasi nulla dei PFAS (in tal modo si evita la loro eventuale presenza nella frazione sospesa)
- grande efficacia come pre-trattamento per la rimozione dei **solidi sospesi** (fino all'**80-90%**) e delle **sostanze colloidali**, in modo da far operare le colonne di adsorbimento in condizioni più favorevoli, traendone così anche un beneficio economico

Progettazione di un impianto industriale

Considerazioni preliminari

- Quali **limiti** devono essere rispettati? E su **quali composti**? Si tratta di informazioni indispensabili per la progettazione. Ha senso parlare di “**zero PFAS**” quando in realtà di queste sostanze se ne introducono ingenti quantitativi ogni giorno nei cicli produttivi?
- Le BAT europee sugli impianti di trattamento dei rifiuti (agosto 2018) prevedono soltanto il monitoraggio di **PFOA** e **PFOS** negli scarichi, senza prevederne limiti;
- ad oggi non risultano studi che accertino i danni alla **salute** dei **PFAS a catena corta**, mentre è certa la minore persistenza di tali composti nell’ambiente e nel corpo umano; il DECRETO LEGISLATIVO 13 ottobre 2015, n. 172 stabilisce standard di qualità ambientale (come valori medi annui) notevolmente superiori per i PFAS a catena corta:
 - Per il PFBA valori 70 volte superiori rispetto al PFOA
 - Per il PFBS e per il PFPeA valori 30 volte superiori rispetto al PFOA

Progettazione di un impianto industriale

Considerazioni preliminari

- Il **Parlamento Europeo**, con una votazione avvenuta ad **ottobre 2018** a Strasburgo, ha sancito limiti per le acque potabili per i PFAS a catena lunga, mentre non sono passati gli emendamenti per i limiti sui PFAS a catena corta e l'emendamento "Zero PFAS".
- normativa di riferimento: eventuali **limiti** applicati **in uscita** dagli impianti di trattamento dovrebbero tenere conto che si tratta di acque reflue e non di acque per il consumo umano diretto (potabili) e i **costi devono essere proporzionati ai benefici ambientali**.
- deve inoltre essere considerata l'impossibilità di aggiornare i limiti per sostanze **continuamente emergenti** (solo per i PFAS per esempio c6O4, GenX, Adona...) e di cui non sono ancora noti gli effetti sulla salute;

Progettazione impianto industriale

Con i dati ricavati dalle prove è stato possibile eseguire la progettazione preliminare di un impianto industriale, ipotizzando di concentrarsi principalmente sull'abbattimento dei PFAS **in termini percentuali**.

Il dimensionamento è stato eseguito riferendosi a quantitativi e tipologie di percolati conferiti in un impianto con caratteristiche comuni, ma la tecnologia è **replicabile** e in modo modulare su altri impianti.

Potenzialità di progetto

- Portata: **20 mc/h**
- Marcia: 20 h/d – 5 d/w
- Potenzialità complessiva: **400 mc/d**
- Ovvero circa **94.000 mc/y** considerando anche le fermate estive ed invernali

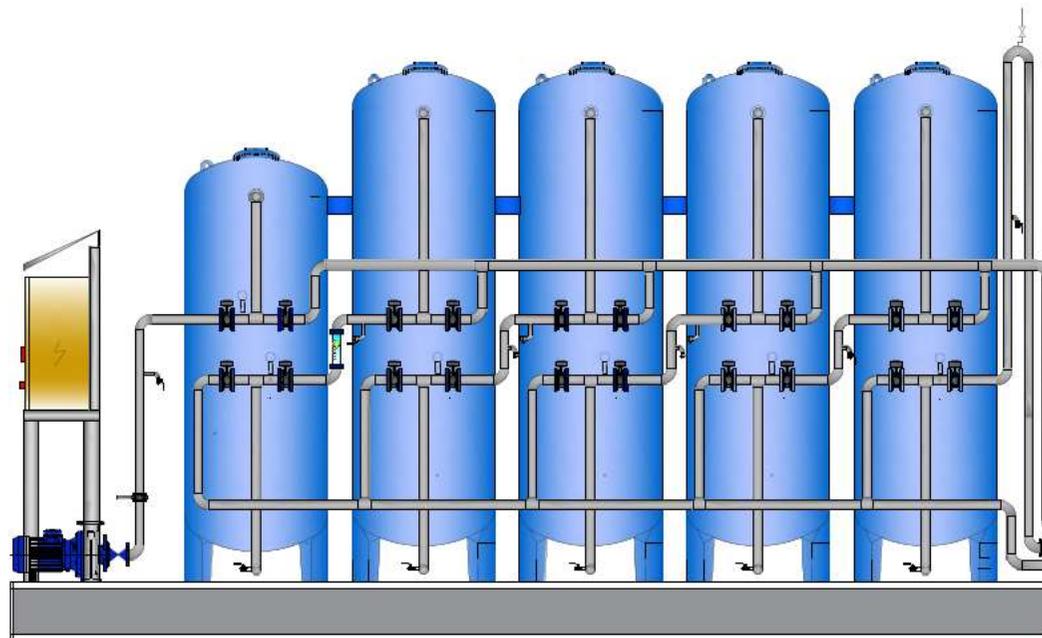
Progettazione impianto industriale

Nella configurazione tecnologica più evoluta e focalizzata sulla rimozione anche dei PFAS a catena corta, la sequenza prevede **2 coppie di colonne** poste in serie fra loro e progettate per lavorare con sistemi alternati di interscambio:

Sabbie - Carbone n. 1A - Carbone n. 1B - Carbone n. 2A - Carbone n. 2B

Gli ingombri dell'impianto sono approssimativamente 3 m x 13 m, se le colonne vengono installate in linea, a cui si devono aggiungere le aree di manovra da considerare per la manutenzione. Sono comunque possibili anche configurazioni diverse in funzione della logistica del luogo di installazione.

Progettazione impianto industriale



Costi e sostenibilità impianto industriale

INVESTIMENTO INIZIALE: € 295.000,00*

L'investimento include tutte le attrezzature dell'impianto, la sua installazione, le opere accessorie (civili, meccaniche, elettriche...) e la doppia fornitura dei carboni attivi (scorta già inclusa nel conteggio). L'impianto è totalmente automatizzato.

COSTI DI GESTIONE TOTALI: €/y 160-580.000,00*

Inclusa manutenzione elettrica e meccanica, consumi energetici, riattivazione e reintegro (15%) dei carboni attivi.

Sono ESCLUSI i costi del personale, le spese generali e amministrative.

* I costi sono da verificare e confermare per ogni diversa installazione

Costi e sostenibilità impianto industriale

Tenendo conto della potenzialità ipotizzata di **94.000 mc/y** l'incidenza dei costi di gestione diretti è pari a **1,7- 6,2 €/mc** di percolato trattato.

L'**ammortamento** dell'impianto, ipotizzando un tempo relativamente breve di 10 anni (l'impianto ha in realtà una durata certamente superiore ai 20 anni), ammonta a circa **0,3 €/mc** di percolato trattato.

L'**incidenza totale dei costi** per questo specifico impianto è compresa approssimativamente fra **2,0 e 6,5 €/mc** di percolato trattato.

Costi e sostenibilità impianto industriale

Considerazioni

- L'incidenza dei costi evidenziata non è trascurabile, ma è **compatibile** con un mercato “povero” come quello dei percolati, costituito peraltro da enormi volumi in gioco.
- Per ogni impianto è ovviamente necessario fare delle **valutazioni specifiche**, soprattutto in base al mix di percolati da trattare e alle caratteristiche dell'impianto stesso. In questo modo si otterrà un'ulteriore ottimizzazione del processo e la maggior efficacia possibile nell'abbattimento dei PFAS.
- Il punto centrale del progetto si trova nell'attenzione massima **alla sostenibilità ambientale ed economica** che la tecnologia indagata offre; da non trascurare la semplicità impiantistica e la tecnologia già nota agli operatori del settore.

Applicazioni industriali

Considerazioni

- **Numerosi** impianti a carboni attivi già funzionanti su tutto il territorio (e in particolare in Regione Veneto) sulle acque potabili, specificamente sui PFAS
- **1** impianto PFAS REMOVER su reflui industriali in regione Veneto
- **2** impianti PFAS REMOVER in progettazione su percolati di discarica in Regione Lombardia, nell'ambito di ampliamenti o modifiche autorizzative di Autorizzazioni Integrate Ambientali

Brevetti

È stata depositata la domanda di due brevetti per la tecnologia PFAS REMOVER per l'abbattimento dei PFAS nei percolati di discarica.





GRAZIE PER L'ATTENZIONE





Erica S.r.l.

Via Piave, 23/25

20873 Cavenago di Brianza (MB)

T 02 95339260 | F 02 95339286

info@ericambiente.it | www.ericambiente.it