Sistema modulare di abbattimento e assorbimento degli inquinanti dell'H2O

SMART-H2O è un sistema modulare multistadio per il trattamento avanzato di acque industriali e reflue, progettato per la rimozione di contaminanti organici persistenti, metalli pesanti e carica microbica. Il prototipo integra tecnologie complementari di adsorbimento, membrane funzionalizzate, geopolimeri, fotocatalisi ed elettrofotocatalisi in una configurazione riconfigurabile e scalabile, validato in ambiente rilevante. Con questa soluzione è possibile adattare sequenza e materiali filtranti alle caratteristiche del refluo, raccogliendo dati prestazionali utili al dimensionamento, allo scale-up e alla valutazione tecnico-economica. Partendo da risultati di laboratorio, si è raggiunto TRL 6 con un prototipo funzionante in grado di trattare almeno 2 L/min, aprendo prospettive di applicazione per il riuso delle acque e la riduzione dell'impatto ambientale degli scarichi industriali.

"Abbattimento inquinanti nelle acque: un impianto pilota per trattamenti multistadio - Smart H2O"

Laboratorio	CIPACK
Area di specializzazione	Agroalimentare
Referenti	Daniel Milanese, Roberto Montanari
Keyword	Acque industriali e reflue, Materiali innovativi, Sistema modulare multistadio, Sostenibilità soluzioni industriali

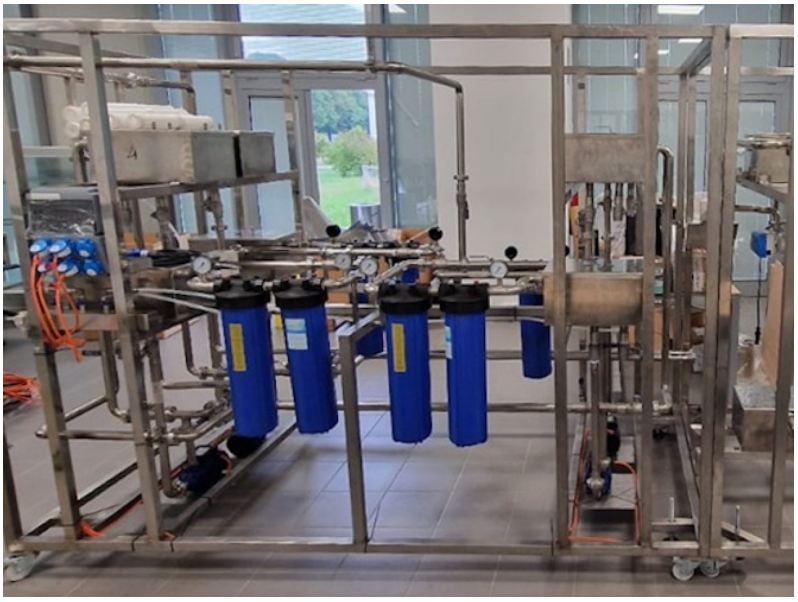


Fig. 1: Prototipo SMART-H2O: Impianto pilota multistadio realizzato e assemblato in configurazione skid, a funzionamento autonomo o integrato, per il trattamento dei reflui industriali.

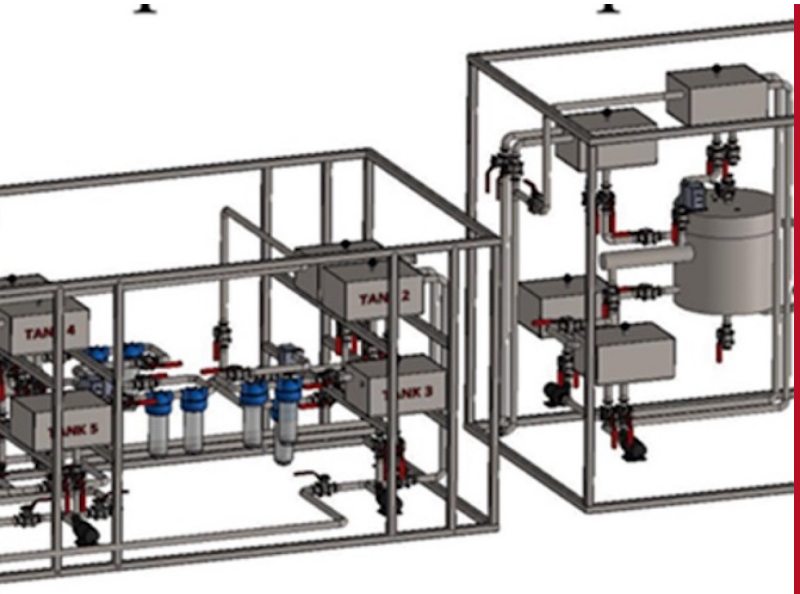


Fig. 2: Prototipo SMART-H2O: Vista 3D di sintesi dell'impianto completo, presentata nel workshop tecnico, con dettaglio delle soluzioni progettuali di filtrazione.

Descrizione

Sistema modulare multistadio per il trattamento avanzato delle acque industriali
Il prodotto/servizio consiste in un impianto pilota modulare per il trattamento di acque industriali e reflue contaminate, rivolto a imprese manifatturiere, agroalimentari, chimiche e, più in generale, a soggetti che devono ridurre il carico inquinante degli scarichi o valutare scenari di riuso dell'acqua. Il sistema è basato su una sequenza configurabile di stadi di trattamento inseriti in uno skid: prefiltrazione, cartucce adsorbenti, membrane funzionalizzate, geopolimeri/zeoliti e stadi di ossidazione avanzata fotocatalitica ed elettrofotocatalitica. In funzione della matrice da trattare, possono essere selezionati materiali e condizioni operative diverse, così da agire su contaminanti organici persistenti, IPA, PFAS, metalli pesanti e carica microbica. Il servizio comprende l'analisi del refluo, la scelta della configurazione più idonea, l'esecuzione di prove sul prototipo, la valutazione delle prestazioni di abbattimento e la raccolta dei dati necessari a definire criteri di dimensionamento e possibili sviluppi industriali.

Aspetti innovativi

L'innovazione principale è il passaggio da singole tecnologie validate in laboratorio a un sistema integrato, modulare e riconfigurabile in scala pilota. Rispetto ai trattamenti tradizionali, SmartH2O combina approcci fisici, adsorbenti e ossidativi per affrontare matrici complesse e contaminanti di diversa natura. Il sistema integra geopolimeri e zeoliti per metalli pesanti, membrane funzionalizzate per inquinanti organici, scaffold in PLA stampati in 3D e funzionalizzati con nanorods di TiO2, oltre a stadi di fotocatalisi ed elettrofotocatalisi. La modularità consente di variare sequenze, tempi di contatto, ricircolo e materiali, riducendo il rischio di soluzioni standard non adatte al refluo reale. Il prototipo genera inoltre dati utili a curve prestazionali, criteri di scale-up, fattibilità tecnico-economica e Life Cycle Costing.

Applicazioni

Validazione dimostrativa di uno skid multistadio per il trattamento avanzato di acque industriali



Fig. 3: Prototipo SMART-H2O: Esempio e training d'uso al pubblico tecnico sulle procedure applicative e di utilizzo dell'impianto.

Partner coinvolti	**CIPACK - Centro Interdipartimentale per il Packaging, Università degli Studi di Parma** **CIDEA - Università degli Studi di Parma** **Laboratorio Terra&Acqua Tech - Università di Ferrara** **ISSMC-CNR** **CFR - Consorzio Futuro in Ricerca**
Tempi di realizzazione	3-6 mesi/persona per adattamento e test
Livello di maturità tecnologica	TRL 6 - tecnologia dimostrata in ambiente rilevante
Valorizzazione applicazione	Il prototipo può essere valorizzato come piattaforma dimostrativa e di testing per imprese interessate a reflui reali. Prossimi passi: campagne con partner industriali, configurazioni dedicate, studi di fattibilità tecnico-economica/LCC e scale-up verso applicazioni pilota o preindustriali.

Esempio di applicazione

Validazione dimostrativa di uno skid multistadio per il trattamento avanzato di acque industriali

Il prototipo SmartH2O è stato validato, attraverso l'assemblaggio di un impianto pilota multistadio e una campagna di prove su acque modello e reflui industriali. Il prototipo, presentato anche nel laboratorio dimostrativo del 26 marzo 2026 presso il Centro Santa Elisabetta dell'Università di Parma, ha permesso di verificare l'integrazione tra stadi adsorbenti, membrane, geopolimeri e processi di ossidazione avanzata. Le prove hanno evidenziato prestazioni significative: abbattimenti degli IPA fino al 99% in specifiche condizioni di prova, rimozione superiore al 70% con membrane fotocatalitiche in pochi minuti, incrementi del 6-9% per membrane funzionalizzate, rimozione pressoché completa di Cu2+ e Zn2+ dopo circa 10 minuti con geopolimeri e compositi, oltre alla conferma del potenziale di riduzione della carica microbiologica. Il sistema ha raggiunto TRL 6, trattando almeno 2 L/min e fornendo indicazioni per lo scale-up industriale.

CIPACK

Centro Interdipartimentale di Ricerca per il Packaging



Sito web	https://www.centritecnopolo.unipr.it/cipack/
Direttore	Roberto Montanari
Data pubblicazione	05/06/2026

Il Centro Cipack promuove e sviluppa ricerche, servizi di consulenza scientifica e formazione per la filiera dell'agroalimentare e meccanica/ impiantistica proponendosi come interlocutore privilegiato per le imprese e il pubblico nell'ambito del packaging innovativo.

I pilastri sui quali si basano le attività di ricerca del Centro CIPACK sono:
• Materiali innovativi per il packaging
• Qualità e igiene nel confezionamento
• Impianti evoluti per il confezionamento alimentare e farmaceutico
• Impatto ambientale degli imballaggi
Il CIPACK si propone di promuovere e coordinare attività di trasferimento tecnologico quali:
• Approfondire le tematiche di ricerca su imballaggi primari secondari e terziari
• Sviluppare ricerche nel settore del confezionamento di prodotti alimentari, cosmetici, farmaceutici e del settore health-care
• Approfondire tematiche relative alla fabbricazione e/o trattamento dei contenitori per alimenti e per prodotti farmaceutici e cosmetici
• Sviluppare nuovi materiali di confezionamento e migliorare la shel-life dei prodotti confezionati
• Svolgere ricerche su problematiche relative a materiali in contatto con alimenti e farmaci, durante tutta la filiera produttiva e distributiva
• Spaziare su tematiche connesse al packaging, quali la logistica distributiva
• Promuovere la sinergia tra le diverse competenze scientifiche e tecniche dei partecipanti al fine di raggiungere un livello di eccellenza nel settore