



REGIONE DEL VENETO



PR Veneto FESR 2021-2027

Obiettivo Specifico 1.1 “Sviluppare e rafforzare le capacità di ricerca e di innovazione e l’introduzione di tecnologie avanzate”

Azione 1.1.1 “Rafforzare la ricerca e l’innovazione (in collaborazione) tra imprese e organismi di ricerca”

Sub A “Rafforzare la ricerca e l’innovazione tra imprese e organismi di ricerca”

Bando per il finanziamento di progetti di ricerca e sviluppo realizzati dalle Reti Innovative Regionali e dai Distretti Industriali.

DGR n. 729 del 26 giugno 2024

**“Tecnologie di recupero ad alta sostenibilità per la produzione di compositi intermetallici e minerali reattivi”**  
**STILLMETALEVO**



REGIONE DEL VENETO

## STILLMETALEVO Il progetto

Il progetto di R&S denominato “**Tecnologie di recupero ad alta sostenibilità per la produzione di compositi intermetallici e minerali reattivi**” (acronimo **STILLMETALEVO**) si è posto l'obiettivo di sviluppare tecnologie innovative e sostenibili per il **recupero di materie prime critiche** quali Silicio metallico, Magnesio, Alluminio e Manganese da **rifiuti siderurgici**. Il progetto è un'iniziativa “MULTI RIR” che vede come capofila **GREEN TECH ITALY RDI**, rappresentante la **VENETO GREEN CLUSTER**, in collaborazione con **SINFONET - Smart & INnovative FOUNdry NETwork**, rappresentata dal **CONSORZIO SPRING**.

Il contesto di riferimento è la crescente importanza economica e il contemporaneo alto rischio di approvvigionamento delle materie prime critiche per l'Europa, elementi fondamentali per numerose attività industriali e per la transizione ecologica. In linea con il regolamento europeo sulle materie prime critiche, **STILLMETALEVO** mira a **valorizzare i rifiuti siderurgici** - come scorie di affinazione e fusione, terre esauste di fonderia e polveri di aspirazione - dimostrando la possibilità di recuperare materiali di interesse non solo per la siderurgia, ma anche per l'edilizia, la bioedilizia, la ceramica refrattaria e la bonifica ambientale. Attualmente, milioni di tonnellate di rifiuti siderurgici vengono smaltite in discarica solo nel Veneto, rappresentando un significativo problema ambientale ed economico.

Il progetto si è basato su una **stretta collaborazione** tra il mondo accademico (**Università degli Studi di Padova**) e **12 imprese** (5 di Sinfonet e 7 di Veneto Green Cluster), che coprono l'intera filiera: produttori di rifiuti (**FONDERIA ZANARDI SPA, FONDERIA POVOLARO SRL**), sviluppatori di processi di trattamento (**ZEROCENTO SRL, PROSERVICE SRL, PIGOZZO SYSTEM SRL**), utilizzatori dei materiali rigenerati (**ITALKER SRL, JOSEPH EGLI ITALIA SRL, TEV GROUP SRL, VILLAGA STRUTTURE SRL, FERRARI BK SRL, ALUSISTEMI SRL**) e un fornitore di servizi ambientali (**APLUS SRL**).

**STILLMETALEVO** ha previsto lo sviluppo di due principali **processi di trattamento**: • **Processo termomeccanico (PROSERVICE)**: Integra la rigenerazione delle terre di fonderia con il trattamento simultaneo delle polveri di aspirazione, migliorando l'efficienza energetica. • **Processo alluminio termico (ZEROCENTO)**: Innovativa tecnologia per il trattamento di scorie di fusione ad elevato valore aggiunto; può utilizzare come input anche gli output del processo termomeccanico. È previsto anche un processo di **pretrattamento dei rifiuti (PIGOZZO SYSTEM)** basato sulla compattazione a umido di polveri a reattività idraulica.

Dai processi di trattamento si otterranno diversi **output**: • **Silice rigenerata**, riutilizzabile in fonderia o come fonte di silicio per il processo alluminio termico. • **Minerali idraulicamente reattivi** (a base di argille calcinate o calcio-silico-alluminati), impiegabili nella produzione di leganti idraulici. • **Compositi intermetallici**, riutilizzabili nell'affinazione dell'acciaio e nella produzione di ghisa sferoidale. • **Calcio alluminati**, utilizzabili come flussanti in siderurgia o come minerali reattivi in ceramiche refrattarie.

Questi prodotti intermedi sono stati utilizzati dai partner per dimostrarne l'impiego come nuove materie prime per **prodotti finiti** in diversi settori: • Manufatti in composito cementizio e blocchi per la bioedilizia (**FERRARI BK**). • Manufatti in calcestruzzo strutturale (**VILLAGA STRUTTURE**). • Manufatti in calcestruzzo non strutturale per strutture fotovoltaiche (**ALUSISTEMI**). • Soluzioni per l'inertizzazione e stabilizzazione del suolo (**TEV Group**). • Soluzioni adsorbenti per il trattamento di acque contaminate (**JOSEPH EGLI**). • Manufatti in ceramica refrattaria (**ITALKER**). • Miscele inorganiche per la costruzione di strade (**ZEROCENTO**). • Manufatti in ghisa, anime e sistemi di formatura per fonderia (**FONDERIE ZANARDI E FONDERIE POVOLARO**).



Cofinanziato  
dall'Unione europea



REGIONE DEL VENETO

Il progetto si inserisce nella **Strategia di Specializzazione Intelligente (S3) della Regione del Veneto 2014 - 2020** nell'ambito **"Smart Manufacturing"** e nelle traiettorie tecnologiche relative a processi innovativi di trattamento/riutilizzo di rifiuti industriali, nuovi macchinari e impianti per il risparmio energetico e materiali innovativi. È rilevante anche per **"Smart Living & Energy"** con traiettorie su soluzioni e materiali innovativi per il living, tecnologie per la progettazione e gestione degli edifici, rigenerazione urbana e tecnologie per il monitoraggio ambientale.

Il budget totale previsto per il progetto STILLMETALEVO è di **3.473.728,52 €**. Questa cifra è il risultato della somma delle previsioni di spesa per le diverse categorie nel corso dei semestri di attività del progetto.

Le principali categorie di spesa includono:

- **Spese di personale:** 1.826.105,00 €
- **Utilizzo di beni strumentali:** 62.857,24 €
- **Utilizzo di beni immobili:** 20.250,00 €
- **Consulenze tecniche e scientifiche:** 700.000,00 €
- **Costi di esercizio:** 678.571,43 €
- **Spese generali supplementari:** 185.944,85 €

Importo del sostegno pubblico concesso:

-Sovvenzione a fondo perduto: € 1.841.917,71

-Finanziamento agevolato: € 631.428,68

## RELAZIONE TECNICO\_SCIENTIFICA SULLO SVILUPPO DI MEZZI FILTRANTI INORGANICI CIRCOLARI

Programma: Bando PR FESR 2021-2027 – Regione del Veneto | Azione 1.1.4

Capofila: Green Tech Italy RDI (RIR Veneto Green Cluster)

In Sinergia con: RIR SINFONET (Consorzio Spring) e Università degli Studi di Padova (CIRCE e DII)

### 1. I sistemi di filtrazione allo stato dell'arte

I sistemi di filtrazione basati su **resine a scambio ionico** rappresentano da decenni la tecnologia standard di riferimento in Europa per il trattamento delle acque reflue industriali, la demineralizzazione dell'acqua di processo e la decontaminazione da metalli pesanti e sostanze ioniche. Le resine tradizionali sono costituite da matrici polimeriche sintetiche organiche (prevalentemente copolimeri di stirene-divinilbenzene o matrice acrilica) funzionalizzate con gruppi chimici attivi acidi o basici (solfonici, carbossilici, ammonici quaternari o amminici).

Sebbene tali sistemi offrano un'elevata selettività iniziale ed una consolidata maturità tecnologica, il contesto industriale ed ambientale europeo — guidato dall'adozione del **Green Deal Europeo, della Direttiva sulle Emissioni Industriali (IED 2010/75/UE)** e dal principio **DNSH (Do No Significant Harm)** — sta mettendo fortemente in discussione la sostenibilità a lungo termine di queste soluzioni. L'utilizzo intensivo di resine organiche sintetiche evidenzia infatti profonde criticità gestionali, economiche ed ambientali lungo l'intero ciclo di vita dell'impianto.

### 2. Analisi delle Principali Criticità Ambientali dei sistemi Tradizionali

L'analisi tecnica condotta nell'ambito del progetto STILLMETAL-EVO ha evidenziato cinque macro-problematiche strutturali legate all'impiego delle resine a scambio ionico organiche nel settore industriale europeo:

- **Produzione di Rifiuti Speciali Non Riciclabili a Fine Vita:** Le resine polimeriche esauste, una volta subito il degrado chimico o meccanico irreversibile, non possono essere riciclate né rigenerate ulteriormente. A causa della loro struttura reticolata termoindurente e della presenza di metalli o contaminanti assorbiti, vengono classificate come rifiuti speciali pericolosi o non pericolosi destinati all'incenerimento o alla discarica, in totale contrasto con le direttive comunitarie sull'Economia Circolare.
- **Il Fenomeno del 'Effluent-Peaking' e Rilascio di Inquinanti:** In presenza di soluzioni acquose complesse multi-ioniche o al variare delle condizioni operative (pH, portata, forza ionica), le resine sintetiche sono soggette al fenomeno del dislocamento competitivo. Gli ioni a minor affinità precedentemente trattenuti possono essere improvvisamente desorbiti e rilasciati nell'effluente trattato in concentrazioni superiori a quelle di alimento (effluent-peaking), provocando il superamento dei limiti di legge per gli scarichi ambientali.
- **Elevato Impatto Ambientale delle Rigenerazioni Chimiche:** La rigenerazione periodica del letto filtrante richiede l'impiego massivo di reattivi chimici concentrati (acido cloridrico, acido solforico, idrossido di sodio). Questo processo genera enormi volumi di eluati reflui ad altissima salinità (salamoie esauste) e pH estremi, la cui neutralizzazione e smaltimento

comporta elevatissimi costi operativi ed ulteriori impatti ambientali sui corpi idrici ricettori.

- **Fouling Organico, Clogging e Sensibilità agli Inquinanti Emergenti:** Le resine sintetiche soffrono di un rapido decadimento prestazionale in presenza di sostanze organiche disciolte, oli residui, solidi sospesi o agenti ossidanti (es. cloro libero). Il fenomeno del 'fouling organico' avvelena irreversibilmente i siti attivi, riducendo la capacità di scambio utile e costringendo a frequenti ed onerose sostituzioni della carica filtrante.
- **Elevata Impronta Carbonica e Costi di Approvvigionamento:** La sintesi delle resine organiche dipende interamente dalla filiera della petrolchimica, con elevati consumi energetici ed emissioni di CO<sub>2</sub>. Le fluttuazioni dei prezzi delle materie prime fossili e la dipendenza da catene di fornitura extra-UE rendono l'approvvigionamento delle resine sintetiche fortemente instabile e oneroso.

### Confronto tra Resine Sintetiche Tradizionali e Mezzi Filtranti Inorganici Circolari

La seguente tabella sintetizza il confronto prestazionale, ambientale ed economico tra i tradizionali sistemi a resina e la nuova tecnologia sviluppata da Joseph Egli Italia S.r.l.:

| Parametro Tecnico / Ambientale         | Resine a Scambio Ionico Tradizionali (IEX)                     | Mezzi Filtranti Inorganici Joseph Egli (STILLMETAL-EVO)             |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>Natura della Matrice</b>            | Polimerica organica da petrolchimica (Stirene-DVB)             | Inorganica minerale da recupero industriale (Scorie EAF/Loppa)      |
| <b>Fine Vita e Riciclabilità</b>       | Rifiuto speciale organico destinato a discarica/inceneritore   | Materiale inorganico inerte, riciclabile in matrici cementizie      |
| <b>Rischio Effluent-Peaking</b>        | Elevato in presenza di soluzioni complesse multi-ioniche       | Assente (immobilizzazione irreversibile per precipitazione/cattura) |
| <b>Gestione Eluiti e Rigenerazione</b> | Generazione di salamoie esauste acide/basiche ad alto impatto  | Senza rigeneranti tossici / stabilizzazione chimica nel filtro      |
| <b>Prestazioni su Metalli Pesanti</b>  | Dipendenti dalla selettività della resina e dal pH di alimento | Efficienza 80-100% (mono-ioniche) e 98-100% (multi-ioniche)         |

## 3. La Soluzione Innovativa di Joseph Egli Italia S.r.l. nel Progetto STILLMETAL-EVO

Nell'ambito del progetto di R&S **STILLMETAL-EVO**, l'azienda **Joseph Egli Italia S.r.l.** ha ricoperto il ruolo strategico di partner industriale ed end-user specializzato nella filtrazione ed ingegnerizzazione di impianti ambientali. L'obiettivo dell'azienda è stato il totale superamento delle resine sintetiche attraverso la progettazione di **nuovi mezzi filtranti inorganici reattivi (monoliti porosi e granuli adsorbenti)** sintetizzati a partire dalle scorie siderurgiche di acciaieria (EAF/SMS) e dalle terre esauste di fonderia valorizzate dai partner Zerocento e Proservice.

### 3.1 Formitatura e Sintesi dei Monoliti di Schiuma Minerale Porosa

I tecnici di Joseph Egli Italia avvalendosi del supporto scientifico dei laboratori dell'Università di Padova, hanno sviluppato una formulazione innovativa per la produzione di **monoliti minerale ad elevata porosità attivati con alcali**:

- **Composizione della Matrice:** La ricetta prevede l'impiego dell'80% in peso di loppa granulata d'altoforno miscelata con il 20% in peso di cemento alluminoso ad alta purezza CAC-80, con l'aggiunta dello 0,02% di carbonato di litio ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ) come accelerante di presa e cristallizzazione.
- **Meccanismo di Schiumatura:** L'espansione della struttura porosa avviene mediante l'aggiunta di perossido di idrogeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) in presenza di un sistema tensioattivo biconcomponente formulato con cocamidopropyl betaina ed acido miristico, garantendo la formazione di macro e micro-pori interconnessi senza collasso strutturale.
- **Proprietà Microstrutturali:** Le analisi di porosimetria ad intrusione di mercurio e microscopia elettronica SEM-EDX hanno confermato una porosità totale del 48,7%, una densità apparente di 1,1 g/mL ed un diametro medio dei pori pari a 0,14  $\mu\text{m}$ . Le fasi minerali idratate sintetiche dominanti sono rappresentate da stratlingite ed ettringite, note per la loro eccezionale capacità di scambio ionico e fissazione minerale.

### 3.2 Granulati Filtranti da Basalto Sintetico e Scorie

Affianco ai monoliti, Joseph Egli Italia ha sviluppato una linea di **granulati filtranti inorganici** ottenuti mediante processo di granulazione a disco (piatto granulatore). La formulazione combina 'basalto sintetico' derivato da scorie nere EAF ricche di ferro e silicio con leganti a presa idraulica formulati con loppa, gesso minerale e calcitec. I granuli sferici ottenuti presentano un'elevata resistenza meccanica all'abrasione ed al schiacciamento all'interno delle colonne di filtrazione a letto fluido o fisso.

## 4. Prestazioni di Abbattimento dei Contaminanti e Meccanismi Chimico-Fisici

La campagna sperimentale di filtrazione condotta su colonne da laboratorio e su skid pilota ha testato la capacità di rimozione dei nuovi materiali inorganici verso soluzioni acquose mono-ioniche e multi-ioniche contenenti rame ( $\text{Cu}^{2+}$ ), ferro ( $\text{Fe}^{3+}$ ), nichel ( $\text{Ni}^{2+}$ ) e manganese ( $\text{Mn}^{2+}$ ).

### 4.1 Risultati di Efficienza di Cattura

- **Soluzioni Mono-ioniche:** L'efficienza di rimozione dei singoli metalli pesanti disciolti ha raggiunto valori costantemente compresi tra l'80% ed il 100% già nei primi minuti di contatto con il letto filtrante.
- **Soluzioni Multi-ioniche Complesse:** Nelle prove condotte su miscele multi-elemento (che simulano reflui industriali reali di galvanica e decapaggio), l'efficienza di cattura si è attestata su valori compresi tra il 98% ed il 100%, senza manifestare alcun fenomeno di competizione ionica o dislocamento.
- **Trattamento di Inquinanti Emergenti (PFAS ed Arsenico):** Le prove preliminari hanno confermato la capacità della matrice alcalino-alluminosa di rimuovere anche inquinanti

complessi come i composti per-fluoroalchilici (PFAS) ed anioni inorganici tossici come l'Arsenico da acque destinate al consumo umano o reflui industriali.

## 4.2 Meccanismo di Precipitazione ed Intrappolamento Minerale

Per comprendere le ragioni scientifiche di tali prestazioni straordinarie, i ricercatori hanno impiegato la spettroscopia ad **Risonanza Paramagnetica Elettronica (EPR)** e la modellazione di speciazione chimica mediante il software **Medusa**. Le analisi hanno dimostrato che il meccanismo principale di decontaminazione non è un semplice scambio ionico reversibile, bensì un fenomeno combinato di:

### 1. Elevata Alcalinità Interfacciale (pH 12 - 12,5):

La matrice minerale rilascia gradualmente frazioni controllate di ossidrili (OH<sup>-</sup>), innalzando il pH locale e conducendo i metalli pesanti oltre il limite di solubilità chimica. I metalli precipitano istantaneamente sotto forma di idrossidi ed ossidi insolubili.

### 2. Intrappolamento Meccanico e Fissazione nella Rete Porosa:

I precipitati metallici microscopici rimangono stabilmente intrappolati all'interno della fitta rete di micro-pori (0,14 µm) della schiuma minerale, venendo inglobati nelle fasi idratate di ettringite e stratlingite in modo irreversibile, eliminando alla radice il rischio di rilascio o effluent-peaking.

## 5. Ingegnerizzazione dell'Impianto Pilota e Validazione Industriale

Per trasferire i risultati dal laboratorio al contesto industriale (passaggio da TRL 4 a TRL 6), Joseph Egli Italia ha progettato, assemblato e validato un **impianto pilota di filtrazione avanzata** con un investimento specifico in componenti e strumentazione.

- **Struttura dell'Impianto Pilota:** Lo skid modulare comprende contenitori filtranti (vessels) in acciaio inox condotti in pressione o gravità, tubazioni e valvole servocomandate per la gestione automatizzata dei flussi, ed una sezione di pompaggio industriale a portata variabile.
- **Strumentazione e Controllo di Processo:** L'impianto è equipaggiato con una centralina PLC Siemens interfacciata con sensori analitici in continuo Hach Lange per il monitoraggio in tempo reale di pH, conducibilità, torbidità e concentrazione dei metalli residui in uscita.
- **Investimenti in Analisi e Certificazioni:** L'azienda ha attivato servizi di laboratorio biochimico per ed avviato le procedure per le certificazioni ambientali e sanitarie necessarie per l'omologazione industriale dei filtri.

## 6. Impatto Ambientale, Conformità DNSH e Modello di Business Economico

Le soluzioni tecnologiche sviluppate da Joseph Egli Italia si inseriscono pienamente negli indirizzi strategici della Regione del Veneto e dell'Unione Europea:

- **Strategia S3 Veneto (Traiettoria ID n. 46):** Risponde direttamente alla traiettoria 'Tecnologie per il monitoraggio dell'inquinamento ambientale e l'uso sostenibile delle risorse idriche'.
- **Conformità al Principio DNSH (Do No Significant Harm):** Soddisfa il Regolamento UE 2020/852 garantendo la protezione ed il ripristino delle risorse idriche, la prevenzione dell'inquinamento e la transizione verso l'economia circolare azzerando l'impiego di resine plastiche.

- **Valorizzazione dei Terreni Contaminati:** I granuli adsorbenti sono stati testati con successo anche dal partner TEV Group per l'inertizzazione e la stabilizzazione in situ di suoli contaminati da metalli pesanti.

## Modello di Business e Ricadute Economiche Attese a Regime

L'introduzione sul mercato della nuova linea di impianti e mezzi filtranti inorganici consentirà a Joseph Egli Italia di sviluppare un modello di business altamente redditizio, con un **impatto economico stimato in 1.850.000 €/anno di nuovo fatturato**, così ripartito:

### PROIEZIONE FATTURATO ANNUO INCREMENTALE A REGIME (JOSEPH EGLI ITALIA S.R.L.)

- Vendita Impianti di Filtrazione Dedicati:  
 $5 \text{ impianti/anno} \times 250.000 \text{ €/impianto} = 1.250.000 \text{ €/anno}$
- Vendita Granulato e Monoliti Filtranti Ecosostenibili:  
 $500 \text{ m}^3/\text{anno} \times 1.200 \text{ €/m}^3 = 600.000 \text{ €/anno}$

---

TOTALE NUOVO FATTURATO ANNUO ATTESO: 1.850.000 €/anno

## 7. Conclusioni

I risultati conseguiti da Joseph Egli Italia S.r.l. dimostrano la piena fattibilità tecnica, ambientale ed economica della sostituzione delle tradizionali resine a scambio ionico con mezzi filtranti minerale porosi ottenuti da rifiuti industriali siderurgici. La tecnologia sviluppata offre al mercato europeo una risposta concreta contro l'inquinamento idrico, abbattendo la produzione di plastica monouso e garantendo una totale sicurezza di processo.