Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

Hub Tecnologico nazionale per le Materie Prime Critiche

Progetto PNRR HUB TECNOLOGICO Urban Mining e Materie Prime Critiche

Milano, 06/10/2026

Ing. Marco Tammaro, Ph.D.

Responsabile del Laboratorio per i rifiuti e le Materie Prime Seconde (RMP)

Materie prime ed economia circolare

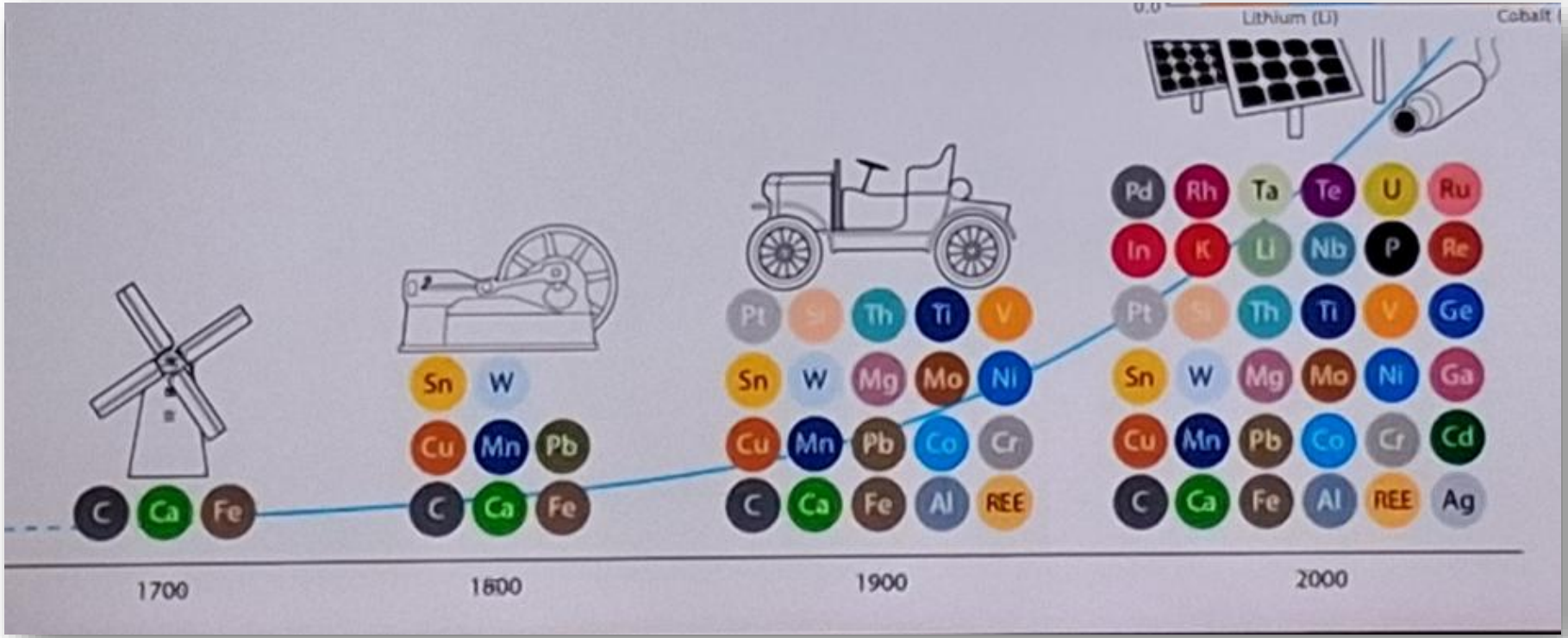
Le **risorse** del Pianeta sono **limitate** così come la sua **resilienza** agli impatti antropici.

L'**aumento** della popolazione e il conseguente aumento dei consumi e della produzione di rifiuti su scala globale pongono la questione delle **risorse** al centro del dibattito scientifico sullo **sviluppo sostenibile.**



Materie prime (critiche e no)

Fabbisogno delle Materie Prime nel tempo



Fonte: M. Syc (www.icpf.cas.cz)

Situazione EUROPA materie prime

L'Europa dispone di un quadro normativo molto avanzato, ma la capacità industriale e il mercato delle materie prime seconde non stanno crescendo allo stesso ritmo degli obiettivi.

Nel 2024 il tasso di utilizzo circolare dei materiali si è fermato al 12,2%, contro un obiettivo di circa il 24% al 2030 (*Clean Industrial Deal europeo*, sarà recepito dal *Circular Economy Act*).

L'UE registra un deficit (IN>OUT) commerciale sulle materie prime di circa 29 miliardi di euro e circa il 40% delle materie prime seconde proviene da importazioni da mercati extra-UE.

Allo stesso tempo, l'Europa continua ad esportare rifiuti e materiali recuperabili.

Fonte: ECONOMIA CIRCOLARE IN EUROPA Rapporto Strategico TEHA Group – CONAI *"Una nuova politica industriale europea per l'economia circolare"* | *Settembre 2026*

Situazione EUROPA riciclo

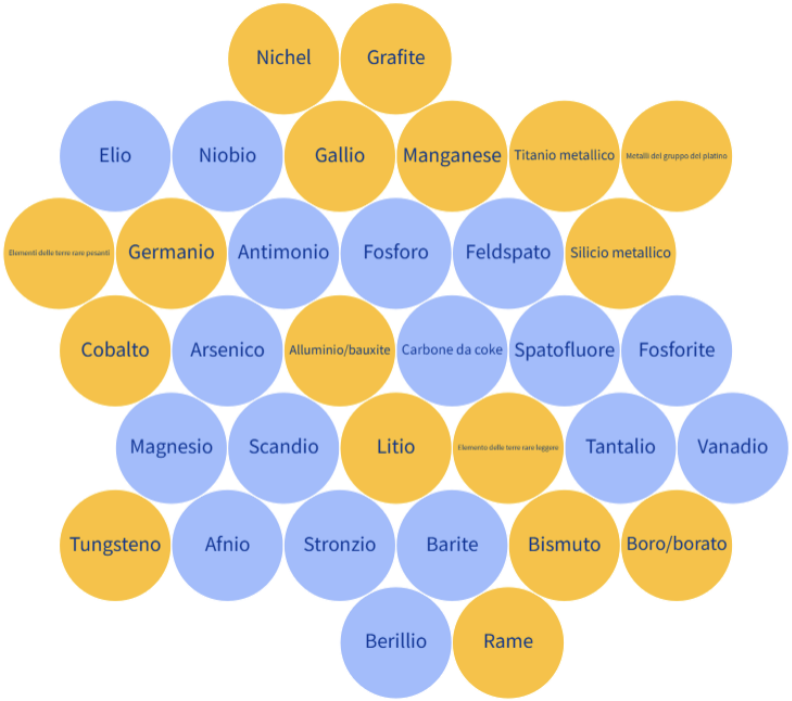
Su 7,7 miliardi di tonnellate di materiali lavorati nell'UE nel 2024, soltanto circa il 14% deriva da riciclo.

- La sfida non è soltanto aumentare gli obiettivi, ma rendere industrialmente possibile il loro raggiungimento.
- La frammentazione normativa, i costi energetici e la concorrenza extra-UE limitano la competitività degli operatori europei.

L'Economia Circolare dovrebbe passare da politica prevalentemente ambientale a componente strutturale della politica industriale europea. Riciclo e materie prime seconde sono leve di competitività, autonomia strategica, sicurezza degli approvvigionamenti e occupazione.

Fonte: ECONOMIA CIRCOLARE IN EUROPA Rapporto Strategico TEHA Group – CONAI *"Una nuova politica industriale europea per l'economia circolare"* | *Settembre 2026*

Materie prime critiche e strategiche (2023)



34 materie prime critiche

17 materie prime strategiche*

** A seguito del negoziato sul Critical Raw Material Act (2024), Alluminio/Bauxite è stato incluso nella lista delle materie prime strategiche*

Materie Prime Strategiche → materie prime che, indipendentemente dalla loro criticità, sono indispensabili alla transizione ecologica e digitale e/o per la difesa e l'aerospazio

Fonte: Commissione Europea, 2023

Critical Raw Materials

“Without critical raw materials, there is no green transition and digital transition”. **Ursula von der Leyen**

L'accesso alle risorse è una questione di sicurezza europea. Il rischio è che, con la transizione ecologica, l'attuale dipendenza dai combustibili fossili venga sostituita da una dipendenza dalle materie prime (critiche), molte delle quali provengono da Paesi extra-europei.

L'Unione Europea nel 2024 ha introdotto il Regolamento sulle materie prime critiche (Critical Raw Materials Act), fissando obiettivi ambiziosi per l'estrazione, la lavorazione, il riciclaggio e la diversificazione dell'approvvigionamento.

CRM ACT

Nuovo Regolamento 2024/1252 "che istituisce un quadro per garantire un approvvigionamento sicuro e sostenibile di materie prime critiche"

- ✓ Nuovo elenco delle materie prime critiche
- ✓ Elenco delle materie prime strategiche → Progetti strategici

Obiettivi generali

- ✓ Incrementare e diversificare l'approvvigionamento dell'UE di materie prime critiche
- ✓ Rafforzare la circolarità, compreso il riciclaggio
- ✓ Sostenere la ricerca e l'innovazione nell'efficienza delle risorse e nello sviluppo di sostituti

Obiettivi per il 2030

- ➢ Almeno il 10% del consumo annuo dell'UE deve provenire dall'estrazione all'interno dell'UE
- ➢ Almeno il 40% del consumo annuo dell'UE deve provenire dalla lavorazione all'interno dell'UE
- ➢ Almeno il 25% del consumo annuo dell'UE deve provenire dal riciclaggio interno (tasso di input da riciclaggio a fine vita – EOL-RiR)
- ➢ Le importazioni di materie prime dovranno essere diversificate e non più del 65% del consumo annuo dell'UE di ciascuna materia prima strategica, in qualsiasi fase di lavorazione, potrà provenire da un singolo paese terzo

Urban mining e Materie Prime Critiche

Entro il 2050, il riciclo di rifiuti potrebbe consentire all'EU di recuperare tra 4,1 e 5,7 Mt/anno di MPC con un potenziale di sostituzione primaria che va dal 33% in condizioni di mercato attuali (scenario BAU), al 47% con sistemi di recupero migliorati e al 56% in uno scenario ideale di Economia Circolare (se la qualità delle MPS sarà in grado di sostituire quelle primarie).

Il riciclo comporta meno emissioni di CO_2 rispetto all'estrazione primaria

Fonte: Progetto FutuRaM (Future Availability of Secondary Raw Materials)

EU: CRM e le leggi di mercato

- Contraddizione: una questione di strategica e di sicurezza viene gestita con le regole del mercato
- Il mercato al momento «dice» che conviene di più importare che riciclare. OpEx elevati per l'industria del riciclo (es. energia). Anche CapEx elevati (fino a tre volte) rispetto ad impianti extra europei
- Non esiste solo un «monopolio di fatto» del mining, ma anche della raffinazione (competenze perse nel corso dei decenni e difficili da acquisire). Il prezzo di alcune CRM viene tenuto basso e questo rende ancora più difficile il mondo del riciclo

MPC in Italia

- Il **31% del PIL nazionale** è generato da settori che dipendono dalle materie prime critiche. Questo rende l'Italia l'economia più esposta tra le cinque principali economie europee.
- Non disponiamo di particolari vantaggi competitivi nell'estrazione primaria di tali risorse.
- Abbiamo solide competenze tecnologiche, industriali e commerciali nelle fasi a maggiore valore aggiunto della filiera. L'Italia può svolgere un ruolo strategico soprattutto nelle attività trasformazione, recupero, riciclo e valorizzazione dei materiali.

MPC in Italia

Il documento strategico del MIMIT *Made in Italy 2030* segnala una significativa dipendenza italiana dall'estero per diverse materie prime.

Tra le principali possono essere richiamate:

- ✓ terre rare, e in particolare quelle utilizzate nei magneti permanenti (neodimio, praseodimio, disprosio e terbio), per la loro rilevanza nei settori automotive, eolico, elettronico, aerospaziale e dell'automazione;
- ✓ grafite, essenziale per la produzione degli anodi delle batterie agli ioni di litio;
- ✓ litio, cobalto, nichel e manganese, per la rilevanza nella filiera delle batterie;
- ✓ gallio e germanio per applicazioni elettroniche e semiconduttori;

MPC in Italia

- ✓ magnesio, scocche pc e smartphone;
- ✓ tungsteno e titanio, rilevanti per applicazioni nella meccanica avanzata, nell'aerospazio, nell'*automotive* e nelle leghe ad alte prestazioni e caratterizzati da una significativa dipendenza italiana dalle importazioni;
- ✓ metalli del gruppo del platino (PGM), per la rilevanza nelle applicazioni catalitiche e nelle tecnologie energetiche;
- ✓ silicio metallico, rilevante per il fotovoltaico, l'elettronica e le leghe, per il quale la concentrazione della produzione e delle capacità di trasformazione in Paesi extra-UE costituisce un elemento di vulnerabilità per le filiere europee

ENEA e CRM

- End-of-Life Treatment of Crystalline Silicon Photovoltaic Panels. No. 02017000033488
- Hydrometallurgical Process for Recovery of CRM from Electronic Boards. Patent Nos. 001422872; PCT/IB2014/065131 and Patent Nos. 0001428567; CT/IB2016/0507

- MASE: PNRR Circular Economy Calls, WEEE Supply Chain Calls
- For MIMIT: 2020 Circular Economy Call
- For the Lazio Region: Rare Earths Challenge

- IPCEI EUBATIN
- MISSION INNOVATION
- ACROBAT
- SCRREEN 1, 2 e 3
- PORTENT
- INNOWEEE
- RESIELP
- PCREC
- PARSIVAL
- EVERPV

- Project REFRESCO
- Project RMs manager
- Project Training for Circularity (ERION e CDCA)

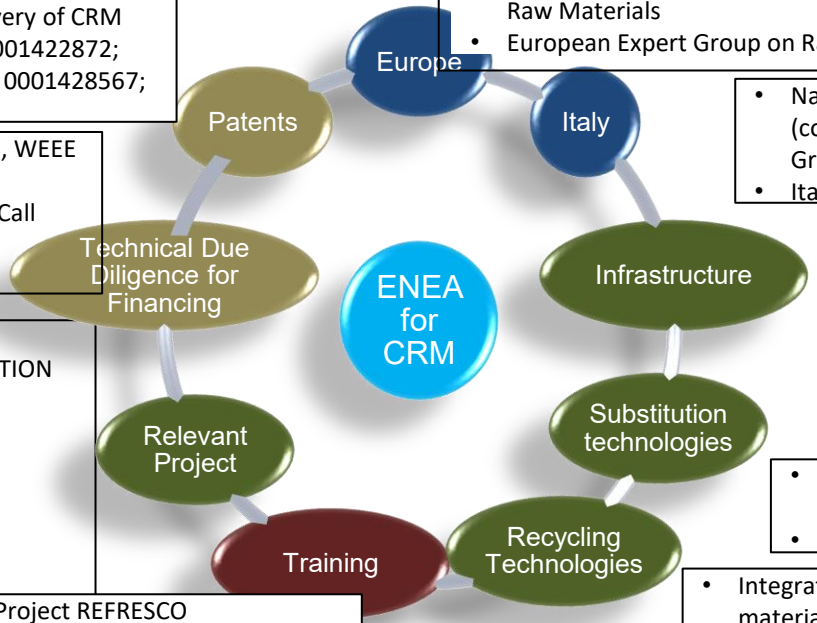
- EIT Raw Materials (founding members)European Innovation Partne Raw Materials
- European Expert Group on Raw Materi
- Rare Earths Competency Network (ERECON)
- European Raw Materials Alliance ERMA
- European Battery Alliance

- National Technical Table on Critical Raw Materials (coord.), Ecodesign and Urban Mining Working Group
- Italian Phosphorus Platform (coord.)

- Laboratories, technology halls C.R. Bologna, Portici, Casaccia, Faenza, Portici, Bergamo, Trisaia
- PROTEO photovoltaic panel pre-treatment prototype
- ROMEO Recovery of Metals plant by hydrOmetallurgy (CR Casaccia, Rome)

- Innovative, high-performance materials
- Lightweighting

- Integrated processes for recovering raw materials from complex end-of-life products
- Product-centric approach



Technological HUB for Urban mining, Eco-design and Substitution

Missione 7 REPowerEU - Investimento 8 "RePowerEU"

Hub Tecnologico per l'urban mining, l'ecodesign e le materie prime critiche

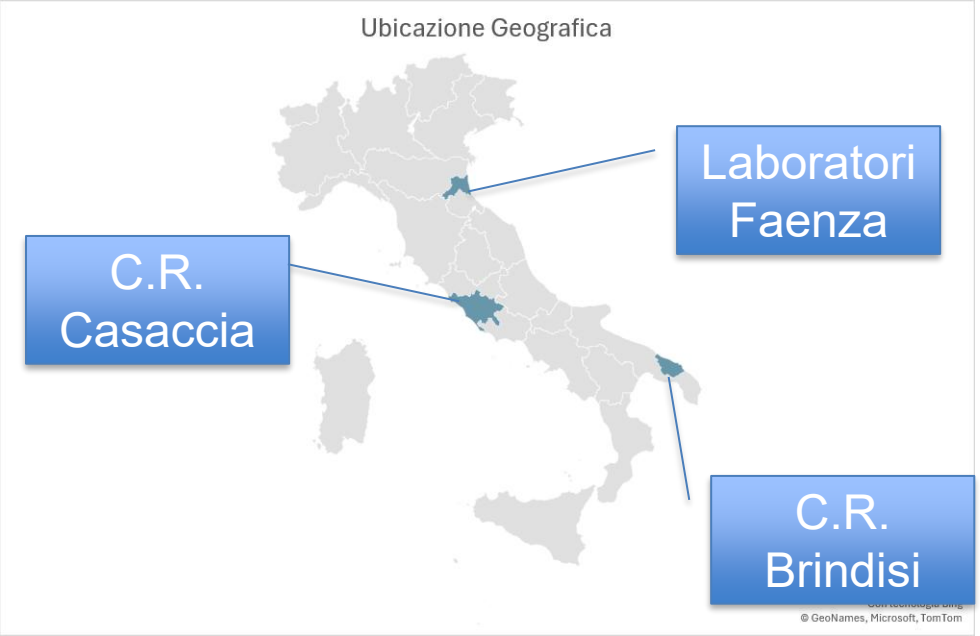
MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

13.277.850,00 € PNRR Missione 7, Investimento 8 di REPowerEU, CUP I83C24000790006

Project manager: Ing. Marco Tammaro

Milestone (30/06/2026)*:* REALIZZAZIONE SEI LABORATORI

- Processi meccanico chimici per il recupero di CRM
- Processi idrometallurgici per il recupero di CRM
- Implementazione di processi industriali
- Caratterizzazione di materie prime seconde
- Ecodesign
- Studi di alternative alle CRM



Budget Totale: **13.277.850 €**

Di cui **10.455.000 €** spese vive:

- ✓ Apparecchiature
- ✓ Allestimento laboratori (Ristrutturazione edifici, arredi, installazione)
- ✓ Piattaforme digitale e contenuti

CR ENEA Brindisi, c/o Cittadella della Ricerca S.S.7 "Appia" Km 706, 72100 Brindisi

CR ENEA Bologna, Laboratori di Faenza, Via Ravegnana 186, 48018 Faenza (RA)

CR ENEA Casaccia, Via Anguillarese, 301 00123 Santa Maria di Galeria (Roma)

LINEE DI ATTIVITA' (LA)

- ✓ **LA1** - Studio finalizzato alla progettazione e all'individuazione delle tecnologie dello HUB. Elaborazione della progettazione e piano opere, studio del benchmark nazionale ed europeo di riferimento e analisi delle tecnologie più promettenti per il recupero e riciclo di MPC per le filiere di interesse.
- ✓ **LA2** - Indagini di mercato. Attività finalizzata alla individuazione dei potenziali fornitori per le attrezzature tecnico scientifiche richieste per l'equipaggiamento dell'HUB-MPC.
- ✓ **LA3** - Adeguamento infrastrutture e servizi.
- ✓ Attività di progettazione e adeguamento dei locali laboratorio e delle hall tecnologiche che ospiteranno l'HUB-MPC.
- ✓ **LA4** - Acquisto attrezzature. Attività relativa all'acquisto delle attrezzature per l'allestimento dell'HUB-MPC.
- ✓ **LA5** - Installazione e collaudo attrezzature. Attività relative all'equipaggiamento e collaudo dell'hub tecnologico.

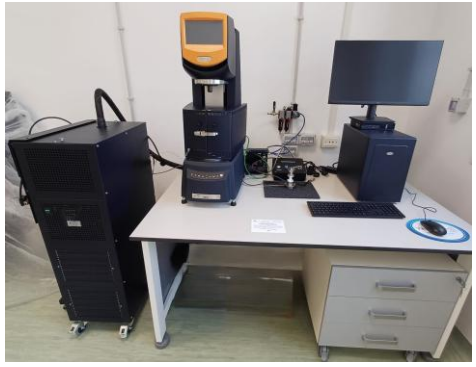
Laboratorio 1 - Trattamento fisico-meccanico di matrici complesse per il recupero di materie prime critiche e strategiche. (Casaccia)

Il Laboratorio è dedicato allo studio, alla sperimentazione e all'ottimizzazione, su scala di laboratorio e pilota, di tecnologie integrate per il trattamento e il riciclo di prodotti complessi a fine vita e di scarti derivanti dai processi produttivi, secondo un approccio *prodotto-centrico*.

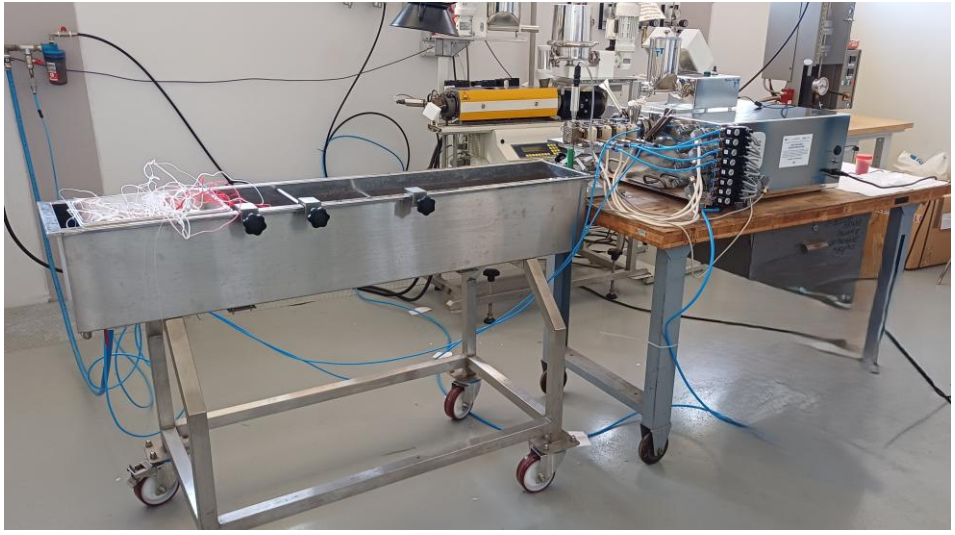
Il laboratorio sarà destinato, in particolare, allo sviluppo di operazioni di pretrattamento fisico-meccanico delle matrici complesse oggetto di studio, quali la riduzione dimensionale, la separazione e la concentrazione delle diverse frazioni.

Tali operazioni saranno propedeutiche alle successive fasi di recupero e valorizzazione delle materie prime critiche e strategiche.

Laboratorio 1 - Trattamento fisico-meccanico di matrici complesse per il recupero di materie prime critiche e strategiche (Csaccia)



Reometro rotazionale per la caratterizzazione reologica di polimeri



Sistema di estrusione bivite



Sistema di analisi termica TGA/DSC AD ALTA T (HT)

Laboratorio 2 - Trattamento idrometallurgico di matrici complesse per il recupero di materie prime critiche e strategiche (Casaccia)

Il Laboratorio è dedicato alla sperimentazione, alla validazione e all'ottimizzazione, su scala pilota, di processi idrometallurgici finalizzati al recupero selettivo delle materie prime critiche e strategiche da RAEE e da altri prodotti complessi a fine vita.

I risultati della sperimentazione permetteranno inoltre di acquisire le informazioni tecniche necessarie per valutare la scalabilità dei processi e supportarne il successivo trasferimento e l'implementazione su scala industriale.

Laboratorio 2 - Trattamento idrometallurgico di matrici complesse per il recupero di materie prime critiche e strategiche (Casaccia)



Pilot Plant Filter Reactor Plus Full-jacketed,



Filtro a tamburo a lama raschiante



Reattore ad alta pressione e temperatura HTC/HTL

Laboratorio 3 - Sviluppo di tecnologie per la selezione dei RAEE finalizzato all'ottimizzazione dei processi di recupero e lo sviluppo di tecnologie di processo idrometallurgiche (Casaccia)

Il Laboratorio si propone di sviluppare e ottimizzare tecnologie innovative per la selezione e il pretrattamento dei RAEE.

Particolare attenzione sarà dedicata alla definizione di soluzioni tecnologiche capaci di massimizzare le rese di recupero, migliorare la selettività dei processi e ottenere materiali caratterizzati da elevati livelli di purezza.

Le tecnologie, i processi e i protocolli operativi messi a punto saranno sottoposti a sperimentazione e validazione negli impianti pilota, al fine di verificarne l'efficacia, la scalabilità e l'applicabilità in ambito industriale.

Laboratorio 3 - Sviluppo di tecnologie per la selezione dei RAEE finalizzato all'ottimizzazione dei processi di recupero e lo sviluppo di tecnologie di processo idrometallurgiche



Cromatografo ionico
Sistema IC 930



Centrifuga LYNX
4000



Analizzatore TOC-TN modello
Multi N/C 3300 (CLD) BU

Il **Laboratorio 4** si occupa della caratterizzazione delle matrici complesse oggetto di studio e dei prodotti ottenuti, per supportare la definizione dei processi di trattamento e recupero e verificare la qualità dei materiali recuperati (**Brindisi**)



LABORATORIO 4

CARATTERIZZAZIONE DIMENSIONALE

- Granulometro laser PSA HORIBA LA-960S2



- Video Microscopia Digitale 3D HIROX HRX-02



MICROSCOPIA E SPETTROSCOPIA

- Microscopio Elettronico a Scansione (SEM) JEOL JSM-IT210LA



- Accessori per FTIR Nicolet iS50



- Accessori per spettrometro Raman HORIBA LabRAM HR Evolution



- Accessori per spettrofluorimetro HORIBA FluoroMax-4



- Sistema per la mappatura chimica LDIR Agilent



- Accessori per FTIR portatile Agilent 4300



PREPARAZIONE E SEPARAZIONE

- Sistema a micro-onde FlexiWAVE ML49050



- Piccole attrezzature per caratterizzazione ottica ed elettronica a scansione STRUERS



- Sistema VERDER Scientific per separazione e caratterizzazione di polveri metalliche



PROCESSO E AMBIENTI DIGITALI

- Estrusore bivite THREE-TEC ZE 12



- Laboratorio di Realtà Virtuale e Aumentata, progettato da CETMA e realizzato da Durante & Sangalli



1 **Dimensioni** Granulometria e imaging 3D

2 **Morfologia** Microscopia elettronica a scansione (SEM)

3 **Composizione**
- FTIR • Raman
- Spettrofluorimetria
- LDIR

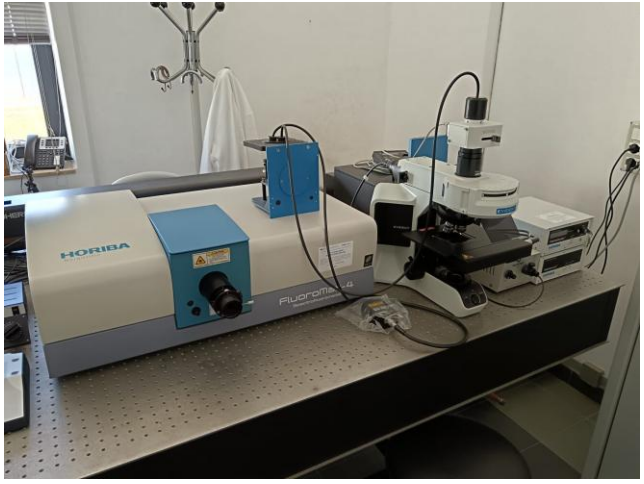
4 **Separazione** Frazionamento granulometrico e selezione delle polveri

5 **Valorizzazione** Processo + visualizzazione AR/VR

Laboratorio 4



Accessori Agilent per spettrofotometro FTIR portatile, mod. 4300, Agilent



Componenti per l'upgrade dello spettrometro FluoroMax-4 della Horiba (microscopio per la mappatura di fotoluminescenza e sistema di misura dei tempi di decadimento)



Microscopio Elettronico a Scansione (SEM) compatto da pavimento JSM-IT210LA

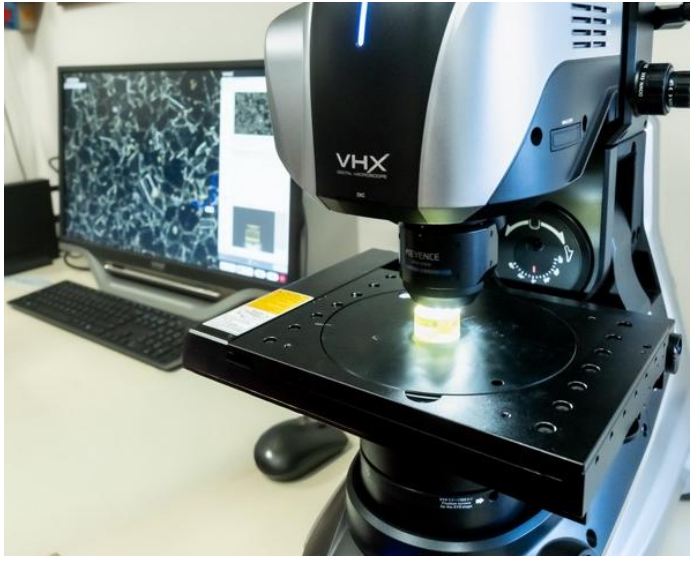
Laboratorio 5 – Innovazione di prodotto (FAENZA - BRINDISI)

Il **Laboratorio 5 Innovazione di prodotto** intende studiare soluzioni per la riciclabilità delle MPC, secondo i principi dell'Eco-design, attraverso la sperimentazione di processi di fabbricazione di componenti basati sull'utilizzo di materiali riciclabili, integrati con sensori per la diagnosi delle condizioni del componente in tempo reale.

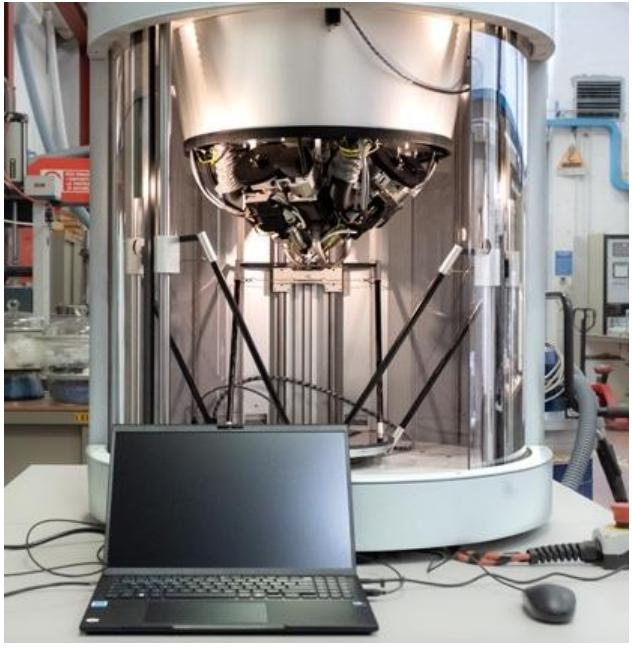
- settore delle turbine eoliche: sviluppo di nuovi materiali leggeri, a basso costo, con processi eco-sostenibili, ed a maggiore efficienza.
- Riduzione nell'uso di materie prime critiche nei magneti permanenti.

Un'attenzione particolare sarà dedicata all'innovazione nell'ambito delle filiere produttive tipiche dei territori in cui è collocato il Laboratorio 5, ovvero materiali ceramici ed automotive per la sede di Faenza, aerospazio, nautica e rinnovabili per la sede di Brindisi.

Laboratorio 5 – Innovazione di prodotto



Microscopio digitale VHX-X1 Keyence - Faenza



Stampante 3D Pollen - Faenza



Scanner 3D ARTEC Micro II - Faenza

Laboratorio 6 – Sostituzione delle MPC (BRINDISI)

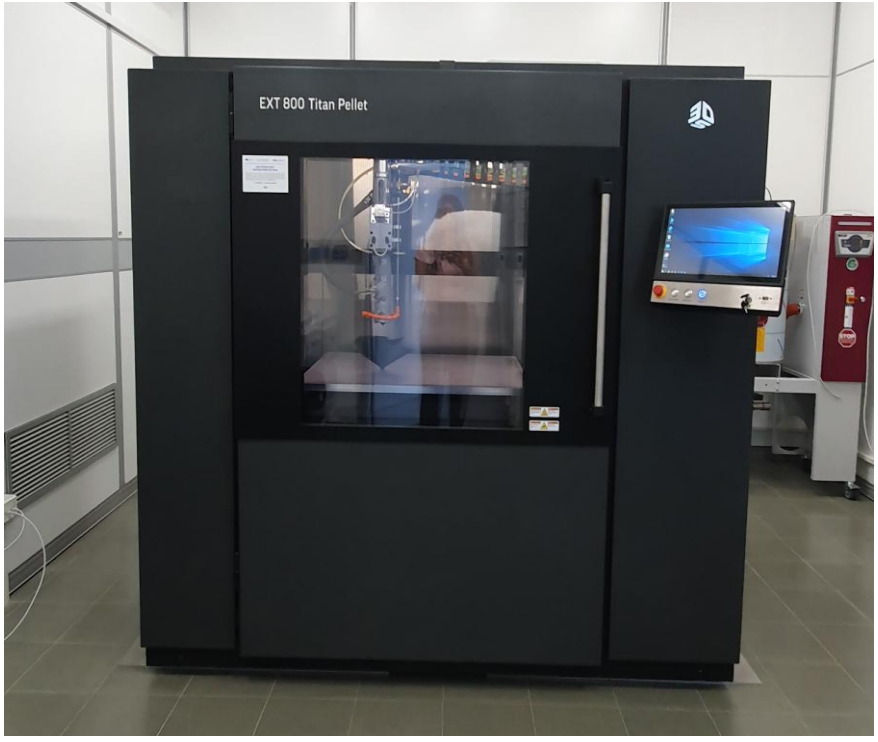
Il **Laboratorio 6 Sostituzione delle MPC** intende apportare innovazione a due livelli: materiali e tecnologie di processo al fine di spingere verso la sostituzione o il minor impiego di materie prime critiche, garantendo un livello di prestazioni analogo alle tecnologie consolidate con un approccio sicuro e sostenibile nella progettazione delle tecnologie di transizione energetica del settore eolico.

Si investigheranno compositi innovativi a livello di matrici termoplastiche (anche bio-based), fibre (es. carbonio da riciclo e vegetali).

Si svilupperanno tecnologie di manifattura additiva per processare tali materiali fino all'ottenimento di componenti finiti.

Esempi di attività di R&S del Laboratorio 6 sui compositi innovativi, relative alla sostituzione di MPC e strategiche: acciai e leghe metalliche leggere a base Alluminio, Magnesio o Titanio.

Laboratorio 6 – Sostituzione MPC



Stampante 3D EXT 800 Titan Pellet per tecnopolimeri fibrorinforzati - Brindisi



Stampante Gimax3D Y3S per tecnopolimeri fibrorinforzati - Brindisi

Laboratorio 6 – Sostituzione MPC



Estrusore da banco per multifilamento continuo (melt spinning) Microex SP - Brindisi



Sistema al plasma atmosferico - Brindisi

Linea di Attività 3. LA3 - Adeguamento infrastrutture e servizi

Attività di progettazione e adeguamento dei locali laboratorio e delle hall tecnologiche che ospitano l'HUB-MPC

- ✓ Arredi, Dispositivi di Protezione Collettiva (cappe aspiranti, armadi di sicurezza), apparecchiature elettriche di servizio (es.: congelatori, gruppi di continuità, …)

- ✓ Lavori di adeguamento edifici

LA3 – Allestimento laboratori





Allestimento laboratori C.R. BRINDISI

LA3 – Allestimento laboratori





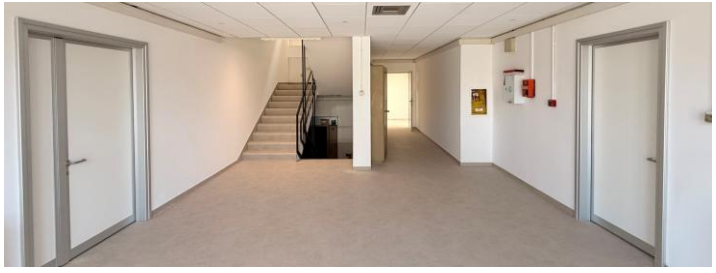
Allestimento laboratori FAENZA

LA3 – Allestimento laboratori

Foyer / stato iniziale



Foyer / nuove finiture

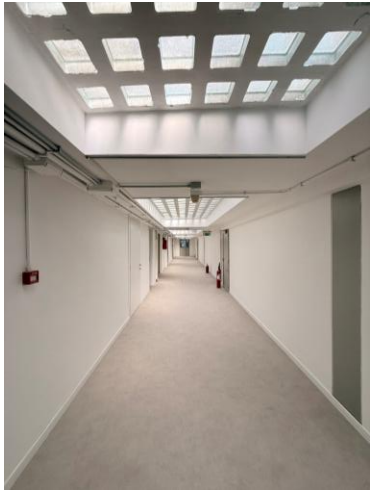


Corridoio / stato iniziale



Pavimenti e apparecchi illuminanti preesistenti

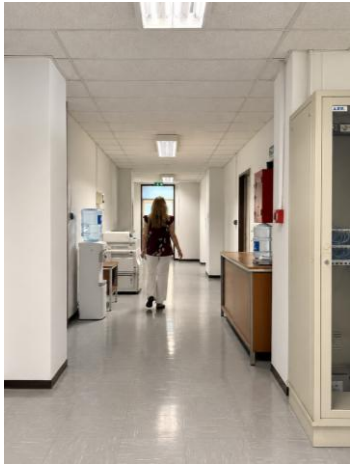
Corridoio / interventi



Pavimento rinnovato e riordino del percorso

LA3 – Allestimento laboratori

Corridoio esistente



Percorso con finiture e porte preesistenti

Corridoio rinnovato



Pavimento, pareti e controsoffitto rinnovati

Corpo scala esistente



Documentazione dello stato iniziale della scala

Nuova porta interna



Serramento interno con finiture coordinate

LA3 – Allestimento laboratori

Laboratori / ambienti di lavoro riqualificati

Stato iniziale





Finiture e dotazioni prima dei lavori

Stato finale



Nuove finiture e postazioni di lavoro

Linea di Attività LA1: attività di supporto tecnico-scientifico e applicativo finalizzate alla **progettazione e implementazione di strumenti, contenuti e metodologie per l'ecodesign, il recupero, il riciclo, il riuso e la sostituzione di materie prime critiche e strategiche** nelle filiere di interesse.



Le filiere di riferimento

Fotovoltaico | Neodimio (CRM) | Aeronautica/ Aerospazio | Eolico di piccola potenza | Prodotti consumer

LA1 – Studio a supporto dell' HUB

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica

ENEA AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

1	**FOTOVOLTAICO**	Ecodesign · riciclo · DPP · progettazione sostenibile
2	**MAGNETI PERMANENTI**	Filiera e recupero di una materia prima critica strategica
3	**AERONAUTICA / AEROSPAZIO**	Ecodesign, riuso e riciclo di materiali e componenti
4	**EOLICO DI PICCOLA POTENZA**	Progettazione e sostituzione di MPC mediante ambiente di calcolo
5	**PRODOTTI DI USO QUOTIDIANO**	Tecnologie promettenti di recupero e riciclo applicabili a flussi complessi

Metodologie e risultati trasferibili a ulteriori filiere dell'HUB-MPC

ENEA

HUB MPC

LA1 – Studi a supporto dell' HUB

PV + portale OVER e progettazione Lab AR/VR su CRM

Studio tecnologie per ecodesign e riciclo PV e implementazione portale OVER

CRM / Neodimio

Studio della filiera del neodimio + metodologia replicabile per flussi MPC

DPP + AI

Proof of concept Help Desk AI per DPP e progettazione safety & sustainable dei PV

AEROSPACE

Studio tecnologie per ecodesign, riuso e riciclo nel settore aeronautico/aerospaziale

EOLICO

Ambiente di calcolo per turbine eoliche di piccola potenza e sostituzione MPC

ECODESIGN

Studio di metodologie di ecodesign e tecnologie di riuso/riciclo di prodotti di uso comune

Le funzionalità dell'Help Desk AI lungo il ciclo di vita del DPP fotovoltaico

Le funzioni dell'Help Desk AI supportano gli attori nel costruire, validare, aggiornare, interrogare e comprendere il DPP lungo l'intero ciclo di vita del modulo.

1 PREDISPOSIZIONE
Progettazione e produzione



- Guida alla compilazione del DPP sezione per sezione
- Spiegazione di obbligatorietà, significato, formato e fonti
- Supporto decisionale su campi facoltativi (costi/benefici)
- Recupero e mappatura dei dati: indica dove reperire e associa al campo corretto

2 PRE-PUBBLICAZIONE
Validazione interna



- Pre-controllo di completezza rispetto ai campi obbligatori
- Verifica di coerenza interna tra dati correlati
- Segnalazione lacune, anomalie e incongruenze
- Verifica formati, soglie e regole applicabili

3 UTILIZZO / CONSULTAZIONE
Accesso e interrogazione



- Interrogazione in linguaggio naturale
- Sintesi comprensibili e collegate alle evidenze documentali
- Ricerca certificazioni e stato di validità
- Collegamento a documenti e fonti

4 ESERCIZIO E MANUTENZIONE
Gestione operativa



- Monitoraggio continuo lungo il ciclo di vita
- Alert su scadenze, certificazioni, dati non aggiornati
- Aggiornamento guidato dei dati (eventi O&M, proprietà, repowering)
- Verifica periodica di validità e coerenza dei dati

5 FINE VITA
Ritiro, riciclo e seconda vita



- Recupero informazioni operative per riciclo e smontaggio
- Registrazione materiali recuperati, quantità e data trattamento
- Emissione certificato RAEE e chiusura del ciclo
- Valutazione idoneità alla seconda vita

FUNZIONI TRASVERSALI
Attive in tutte le fasi

Spiegazione normativa contestuale
Risponde a "perché un campo è obbligatorio" e quale norma lo richiede (ESPR, REACH, RAEE).

Traduzione, multilingua e semplificazione
Gestisce il DPP in più lingue e trasforma dati tecnici in contenuti chiari e coerenti.

Tracciabilità e citazione delle fonti
Ogni rilievo o risposta è collegato alla regola dello studio e alla fonte normativa o documentale di origine.

Affidabilità delle risposte (astensione)
Risponde solo su base documentale e dichiara quando un'informazione non è coperta.

Gestione evidenze, task e workflow (evolutiva)
Collega i campi ai documenti di riferimento e suggerisce workflow operativi.

Le funzionalità riportate sono esemplificative e non esaustive. L'Help Desk AI supporta gli attori nella costruzione, validazione, aggiornamento e comprensione del DPP per tutto il ciclo di vita del modulo fotovoltaico.

LA1 – Studio a supporto dell' HUB

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica

ENEA AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE



L'Officina Virtuale per l'Ecodesign e il Riciclo (OVER) è un ambiente integrato e multifunzionale, concepito per la divulgazione scientifica, la formazione tecnica e la valorizzazione dei risultati di ricerca legati alle Materie Prime Critiche (MPC) e ai processi di riciclo sostenibile.

Tale spazio è collocato presso il C.R.ENEA di Brindisi nell'ambito dell'HUB MPC.





over

Officina Virtuale per l'Ecodesign e il Riciclo

HUB MPC

LA1 – Studio a supporto dell' HUB

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica

ENEA AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE



L'**Officina Virtuale sulle CRM** consente di:

- ✓ **VISUALIZZARE** — rendere visibili e intuitivi processi complessi di ecodesign, disassemblaggio, recupero e riciclo.
- ✓ **SPERIMENTARE** — esplorare virtualmente processi, materiali e soluzioni progettuali attraverso esperienze immersive.
- ✓ **FORMARE** — creare percorsi di training coinvolgenti per studenti, tecnici, ricercatori e imprese.
- ✓ **DIMOSTRARE & TRASFERIRE** — utilizzare l'ambiente AR/VR per demo tecnologiche e trasferimento delle conoscenze verso imprese e stakeholder.

ENEA

HUB MPC

An integrated approach



PROTEO



MISSION INNOVATION
accelerating the clean energy revolution

MAIA
MATERIALI AVANZATI INFRASTRUTTURA APERTA

HUB-MPC



Safe by Design



PRISMA
PLASTIC WASTE- Research Infrastructure for Sustainable MAnagement



RoMEO

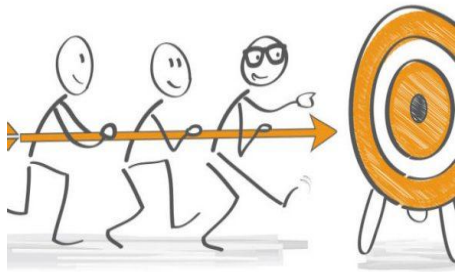
RECOVERY OF CRM and PRECIOUS MATERIALS FROM ELECTRONIC Waste

IPCEI BATTERIES

ENEA

Conclusioni

- ENEA sempre di più aspira a diventare riferimento per l'Economia Circolare
- HUB mira a diventare il riferimento per approvvigionamento sostenibile del MPC
- Economia circolare non è solo tecnologia impiantistica



Grazie!

marco.tammaro@enea.it