

zeroEmission
MEDITERRANEAN 2024

RdS
RICERCA DI SISTEMA

 **csea**
cassa per i servizi
energetici e ambientali

BATTERIE A IONI SODIO: IL CONTRIBUTO DELLA RICERCA A UNO
SVILUPPO INDUSTRIALE IN ITALIA

Roma, 18/10/2024

Alessandra Di Blasi

 **Consiglio Nazionale
delle Ricerche**

Margherita Moreno

ENEA

Omar Perego

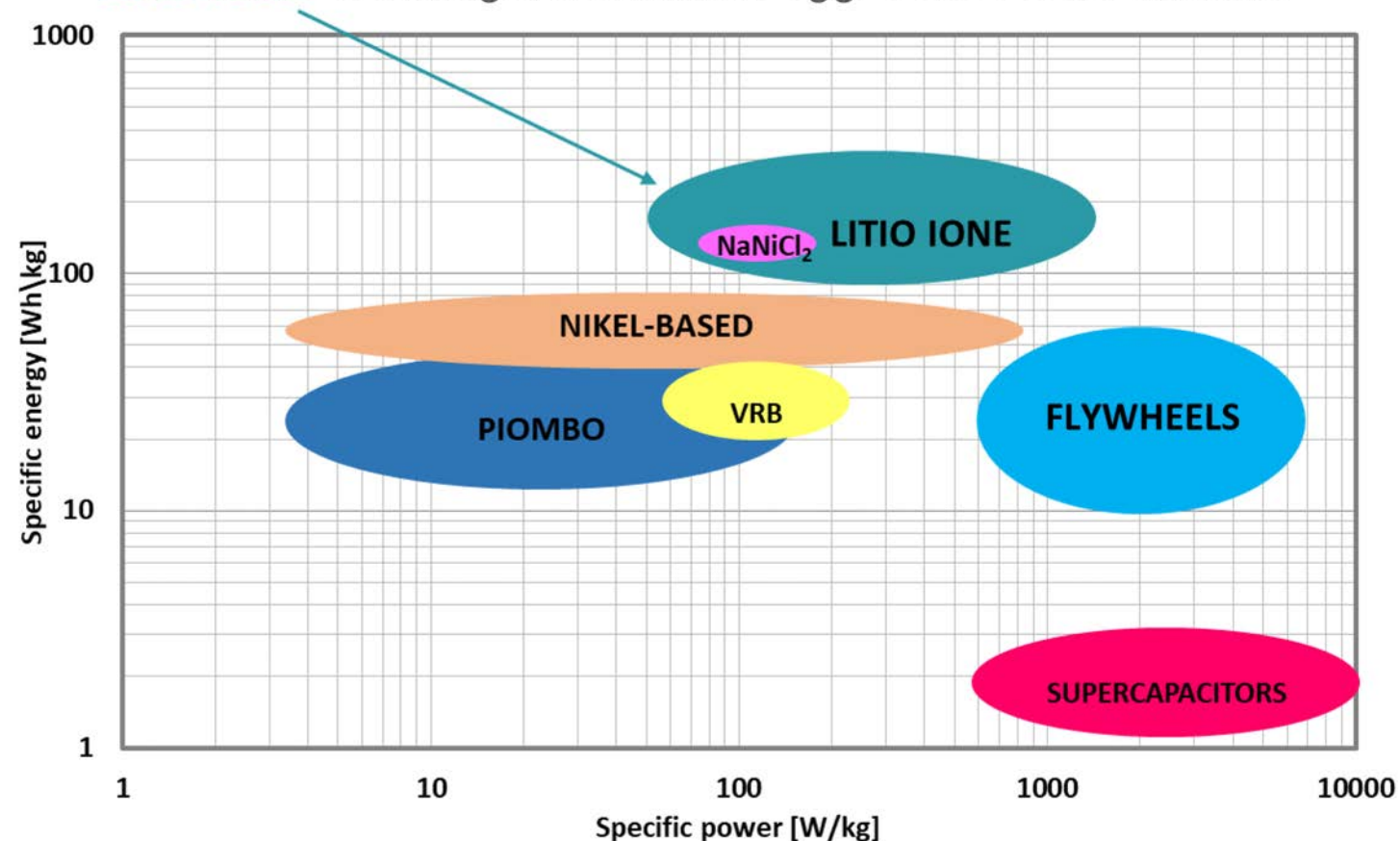
 **RSE**
Ricerca
Sistema
Energetico | we move
rsearch

BATTERIE LITIO IONE: CARATTERISTICHE

DIFFERENTI CHIMICHE (NMC, NCA, LFP, LTO, LCO, ...)

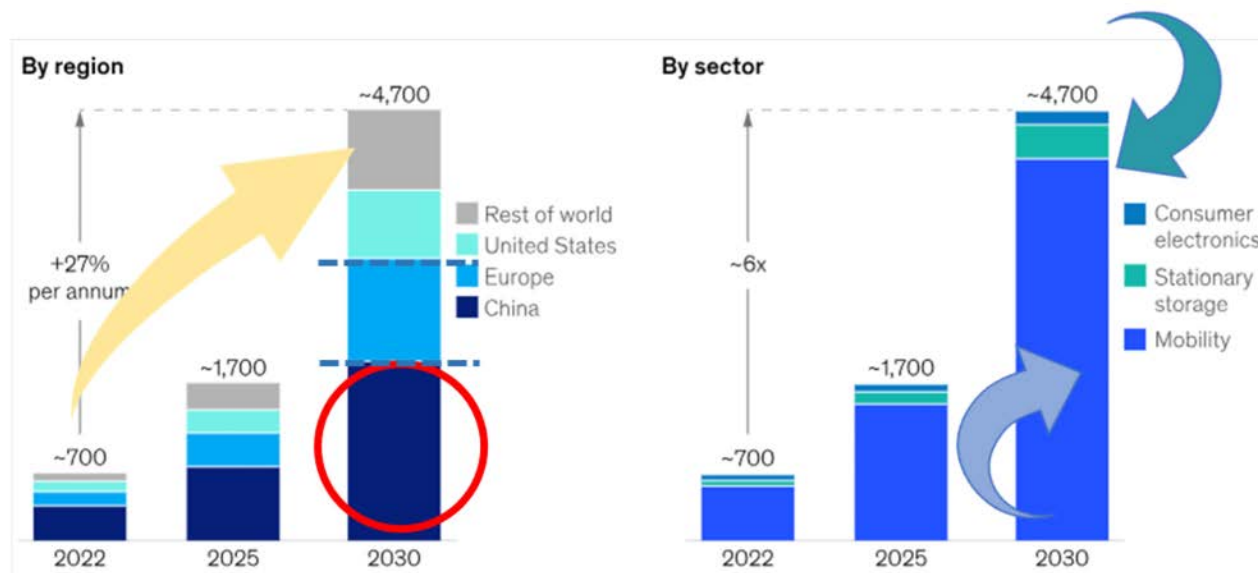
- ✓ Buona densità di energia (≈ 250 Wh/kg)
- ✓ Alta Potenza specifica (> 1000 W/kg)
- ✓ Alta efficienza energetica (85 ÷ 98 %)
- ✓ Lunga vita attesa (> 5.000 cicli equivalenti = almeno 15 anni)
- ✓ Modulari e con prestazioni flessibili (E/P 0,25 ÷ 8 hours)
- ✓ Tempo di risposta molto rapido
- ✗ Presenza di materie prime critiche
- ✗ Bassa sicurezza intrinseca
- ✗ Costo alto

Litio-ione: tecnologia dominante oggi e nel medio termine



MERCATO DELLE BATTERIE DOMINATO DAL LITIO

CRESCITA DELLA DOMANDA ANNUALE DI BATTERIE A IONI LITIO RISVOLTI ECONOMICI, SOCIALI E OCCUPAZIONALI



Evoluzione della domanda annuale mondiale di batterie a ioni litio (GWh) per regione e settore (fonte: McKinsey - Battery 2030: Resilient, sustainable, and circular, 2023).

A circular battery value chain as a major driver to meet the Paris Agreement target

A circular battery value chain that is a major driver to achieve the Paris Agreement target to stay below the 2°C scenario

Transformation of the economy in the value chain, creating new jobs and additional value

An industry safeguarding human rights, supporting a just energy transition and fostering economic development, in line with the UN SDGs



Enable **30%**
of the required emission reductions in
transport and power sector



Create **10m** jobs, and
150b of economic value in a



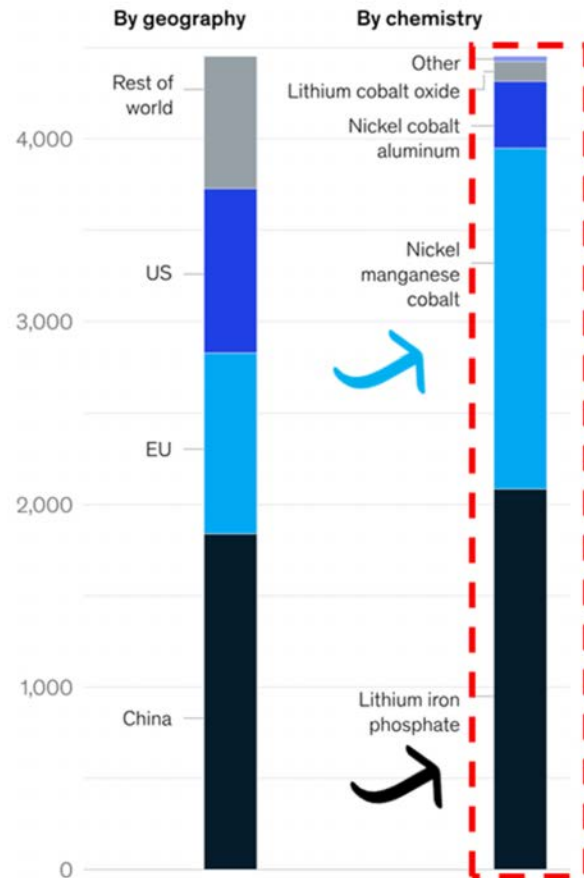
Provide **600m**
people with access to electricity, reducing the
gap of people without electricity by 70%

Source: World Economic Forum, Global Battery Alliance; McKinsey analysis

Crescita occupazionale lungo la catena del valore delle batterie
Riduzione delle emissioni del 30%
Accesso all'elettricità a circa 600 milioni di persone

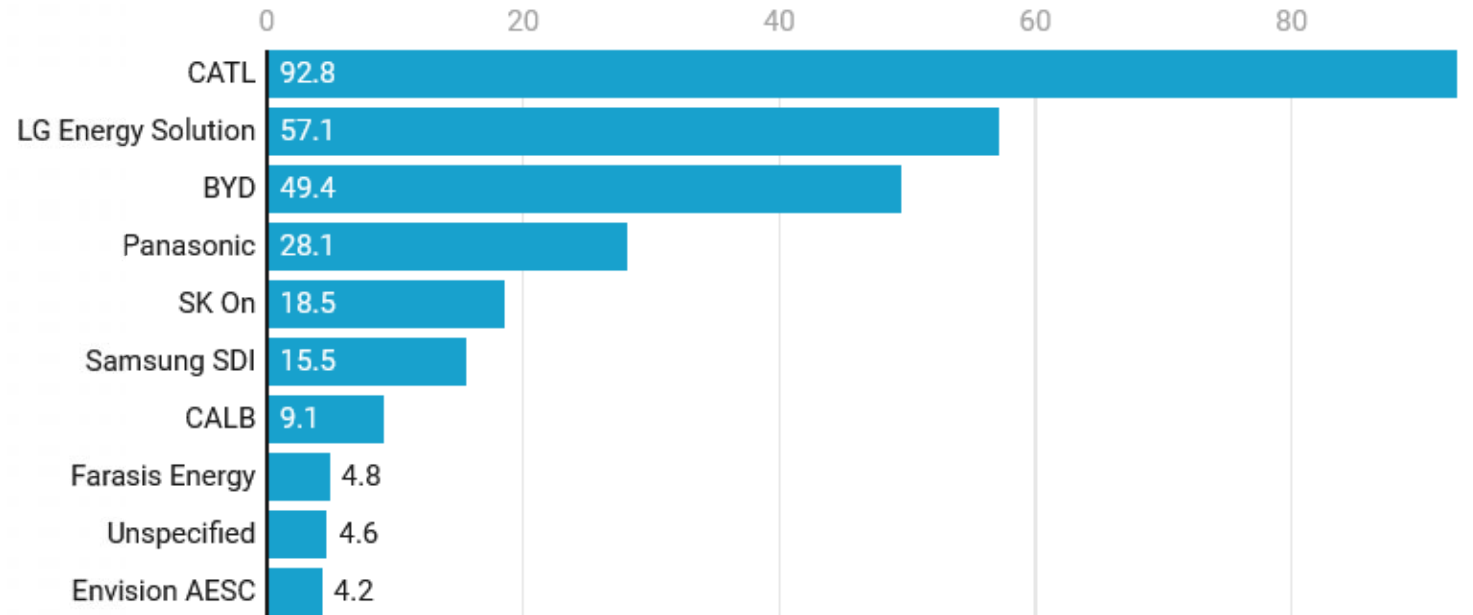
By 2030, 40 percent of global battery demand could come from China—evenly split between the top two battery chemistries.

Breakdown of demand, 2030, GWh



Leading automotive cell suppliers by GWh

January to June 2023



For use in passenger cars and vans

Source: EV-volumes.com · Created with Datawrapper

EUROPEAN BATTERY ALLIANCE (EBA)

CASE AUTOMOBILISTICHE EUROPEE PERDONO IL VANTAGGIO COMPETITIVO

EBA lanciata nel **2017** dalla EC per sviluppare in Europa il settore delle batterie, rendendolo competitivo rispetto alla **concorrenza asiatica e americana**.

Potenziare la capacità produttiva di batterie Li-ion (**Giga Factory**) per mobilità e applicazioni stazionarie.

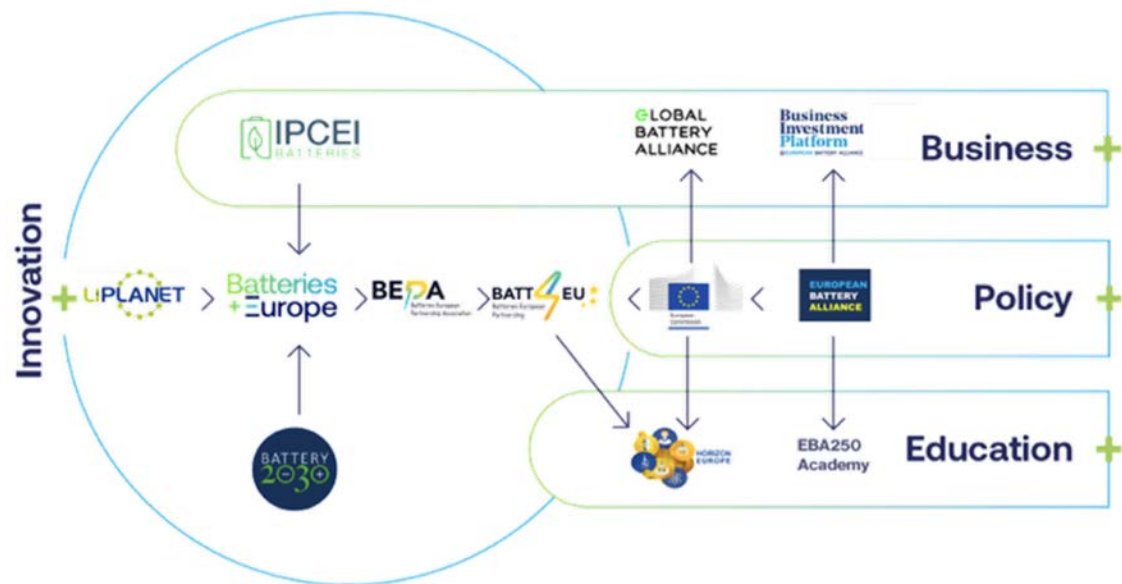


Con EBA sono nate o hanno ripreso vigore diverse **iniziative nazionali, europee e internazionali** sulle batterie

GIGA-FACTORY in EUROPA

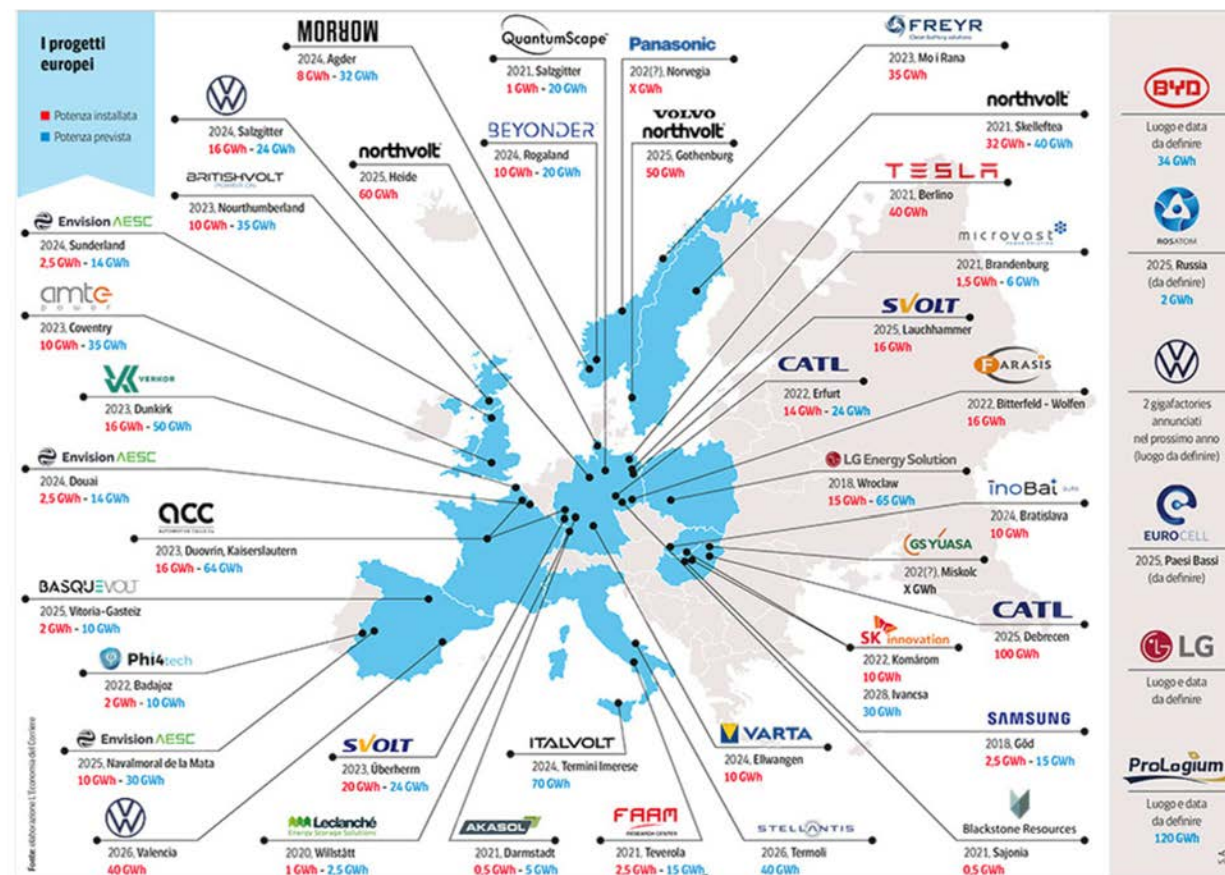
FABBRICHE DI BATTERIE A IONI LITIO

EBA (2017) ha avviato diverse iniziative europee per creare un ecosistema di innovazione tecnologica e realizzare **Giga-factory** per celle a ioni litio. Innovazione sull'intera value chain.



Ecosistema europeo delle iniziative di ricerca e innovazione legate al settore delle batterie (fonte: BatteRIES Europe, 2023)

Da 0 GWh (2017) a oltre 1000 GWh di capacità (2023*)



Giga-factory in Europa (fonte: Corriere - Batterie, la corsa europea alle gigafactory – inserto L'Economia, 22 marzo 2023)

GIGA-FACTORY nel MONDO

LEADER DEL MERCATO DELLE BATTERIE E DELLE AUTO ELETTRICHE SONO IN ASIA

Mentre in Europa si è iniziato a costruire **Giga-factory**, nel Mondo la produzione è in corso da diversi anni. Le batterie (e le auto elettriche) arrivano in Europa dagli USA (es. Tesla) o dall'Asia (es. LG, BYD, CATL)



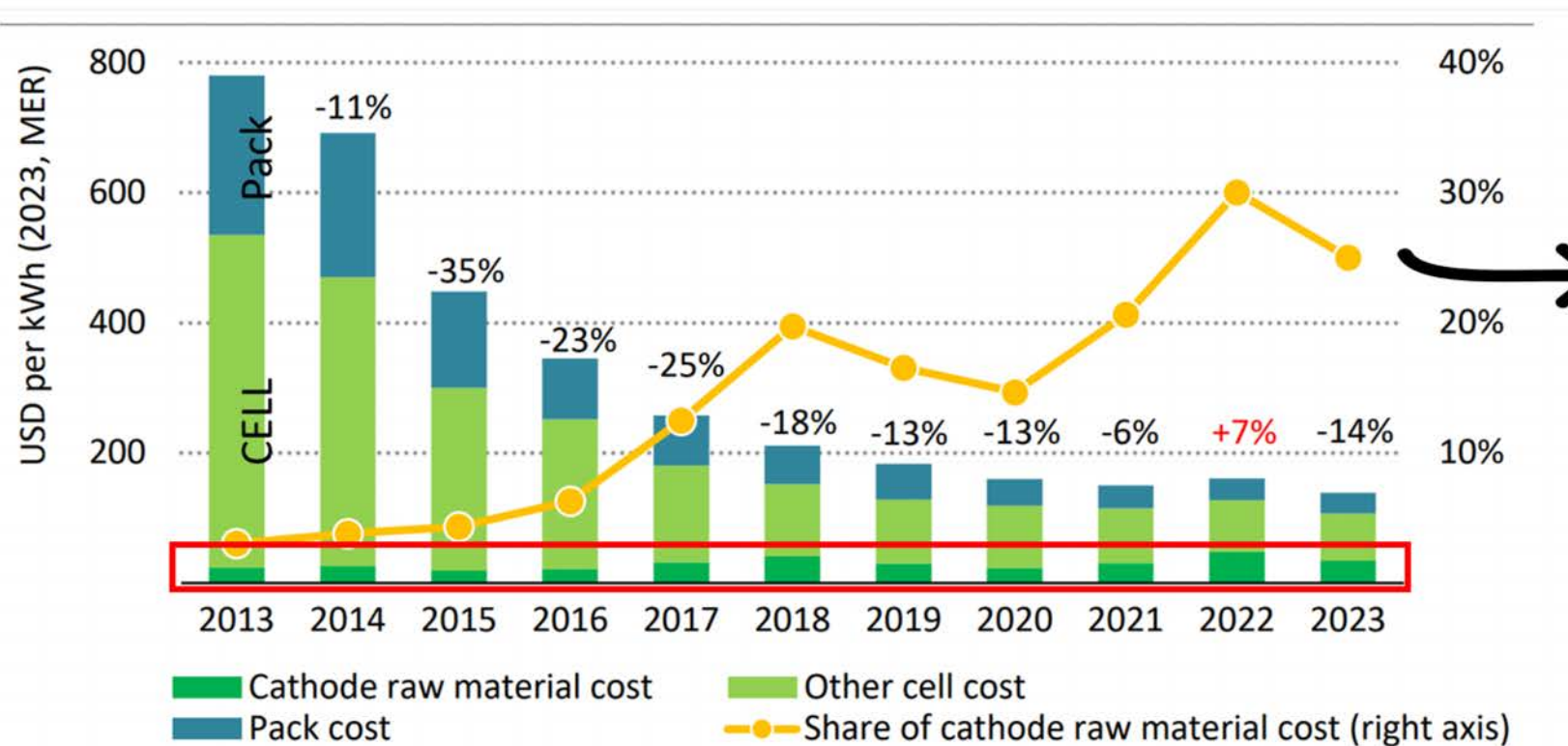
Giga-factory nel Mondo (fonte: CIC energiGUNE, 2020)

BATTERIE LITIO IONE

EVOLUZIONE DEL COSTO

Suddivisione del costo medio tra pacco batteria e cella (2013-2023)

I prezzi delle batterie mostrano un trend discendente negli ultimi 10 anni, ma sono sempre più sensibili alla volatilità dei prezzi dei minerali



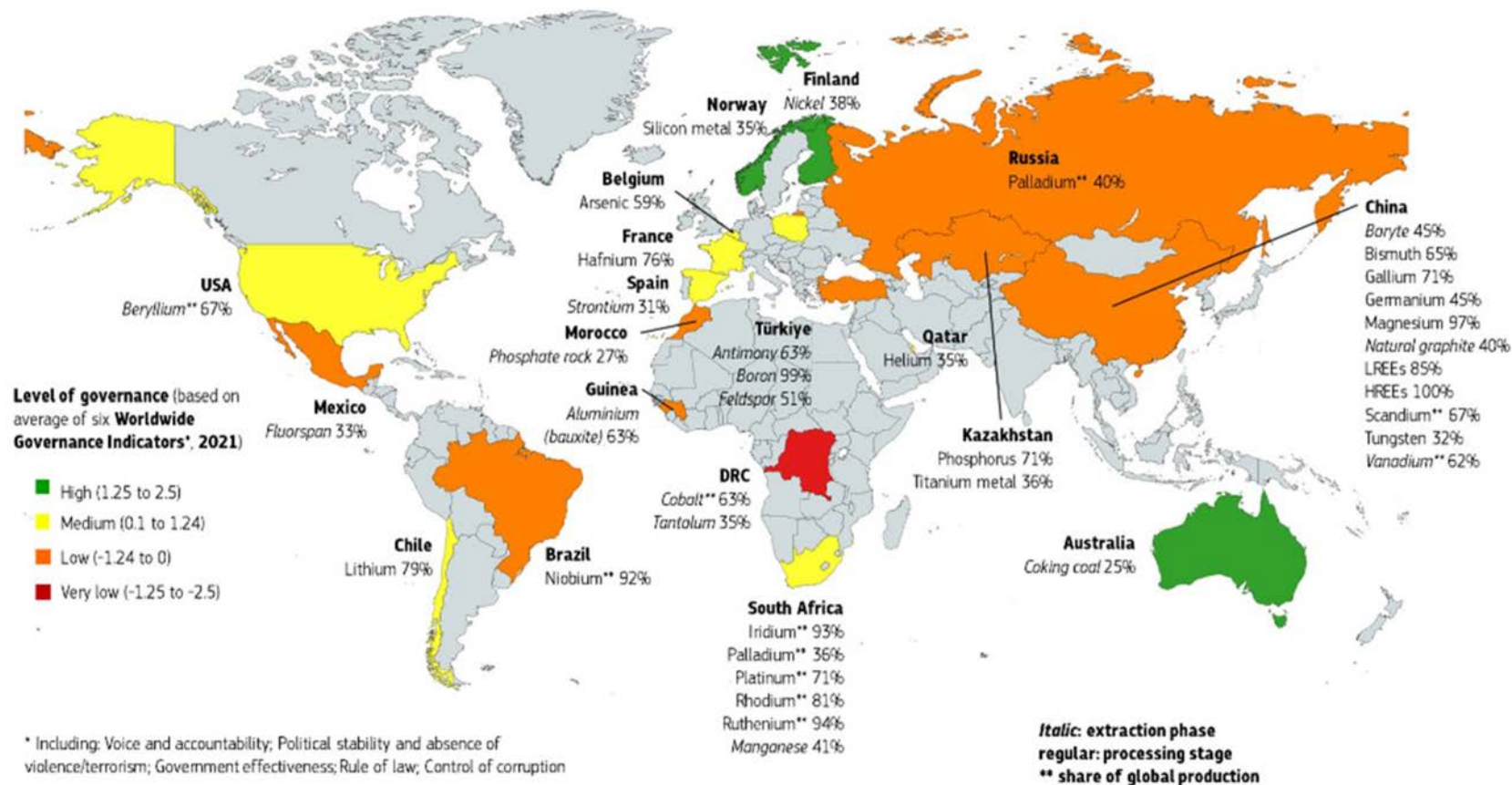
~30% del costo di una batteria dipende oggi dal costo dei minerali critici!

IEA. CC BY 4.0.

PERCHÉ QUESTA DIFFERENZA DI PREZZO?

MATERIE PRIME CRITICHE

Major EU suppliers of CRMs (2023) and their level of governance

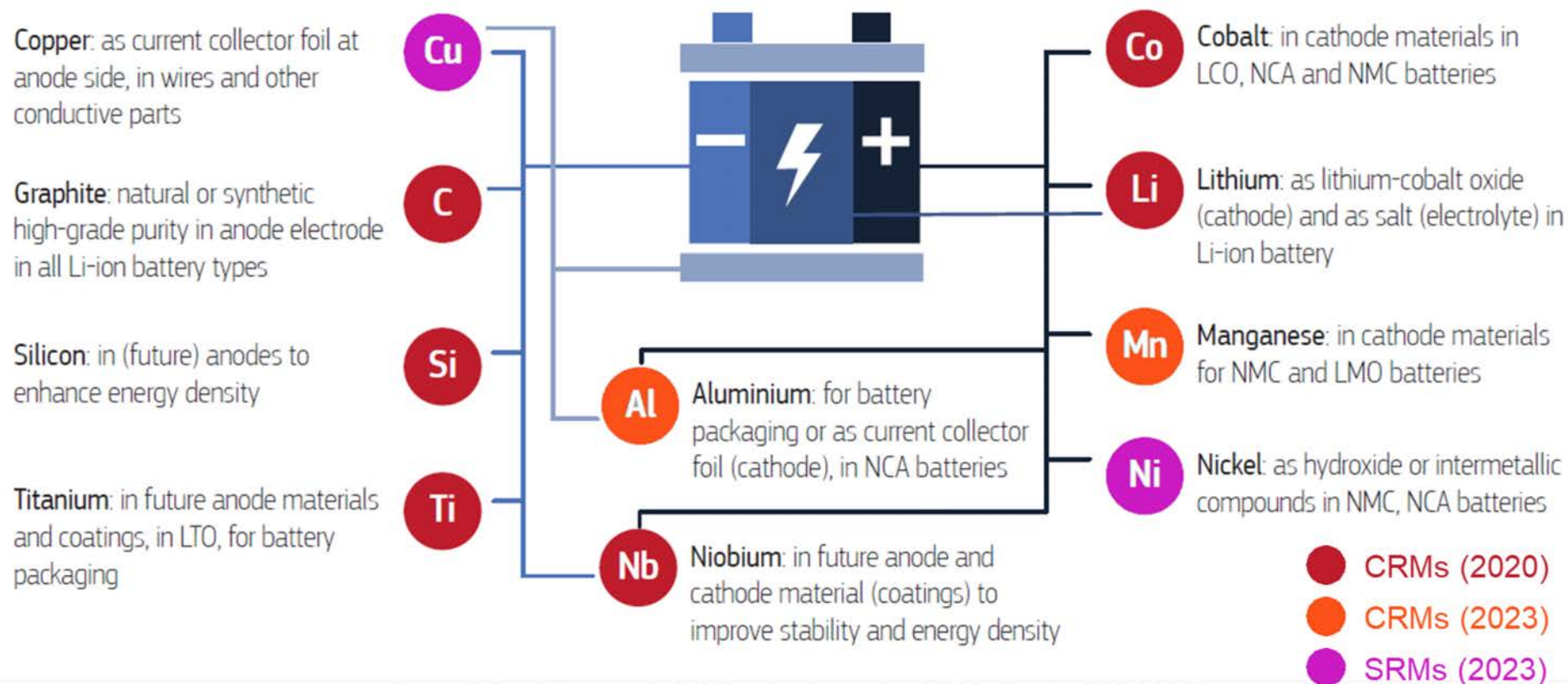


(Fonte RMIS – Raw Materials Information System)

LITIO E MATERIE PRIME CRITICHE (CRM)

LA CHIMICA DEL LITIO

I materiali rappresentano il 60-70% del costo della batteria. Le batterie più performanti, attualmente in commercio, sono costituite da **materiali critici e strategici**, definiti secondo gli indicatori **supply risk** ed **economic importance**.

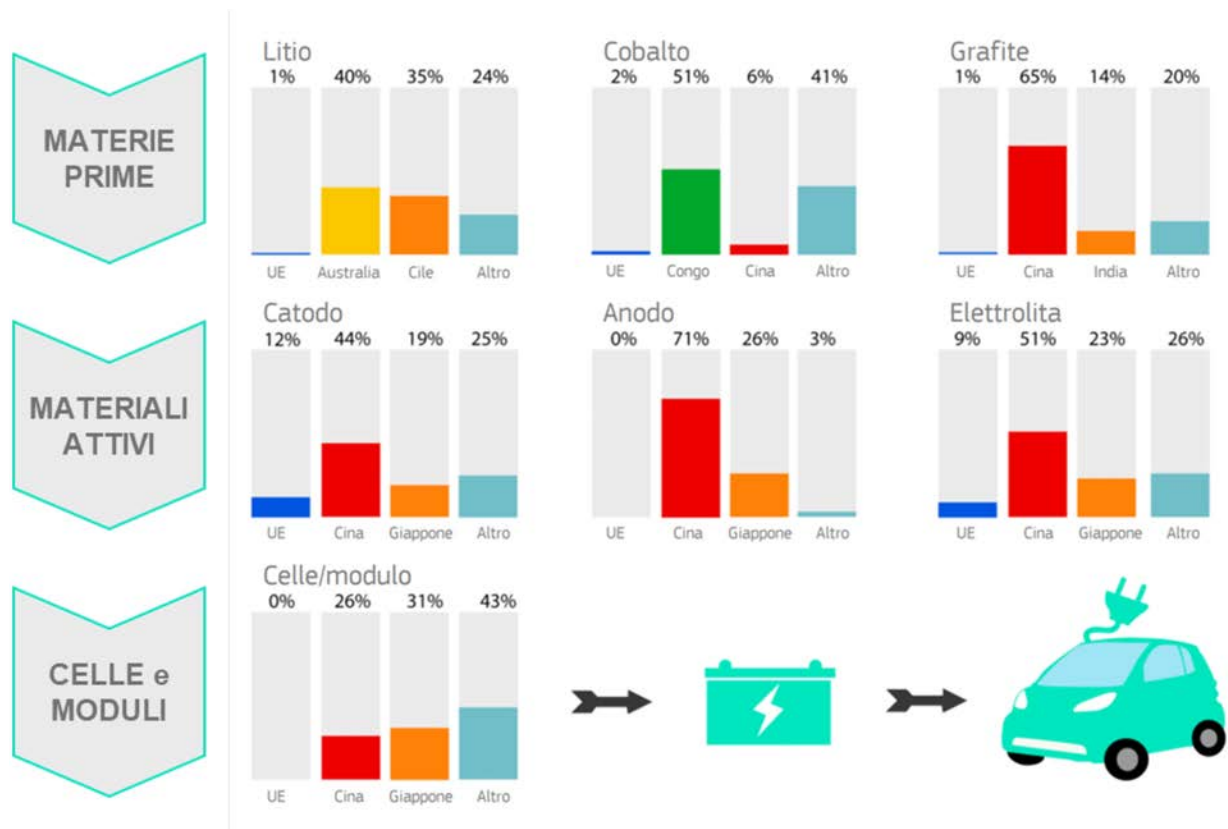


(Fonte EC, elaborata da RSE – Study on the CRMs for the EU, 2023)

MONOPOLIO ASIATICO

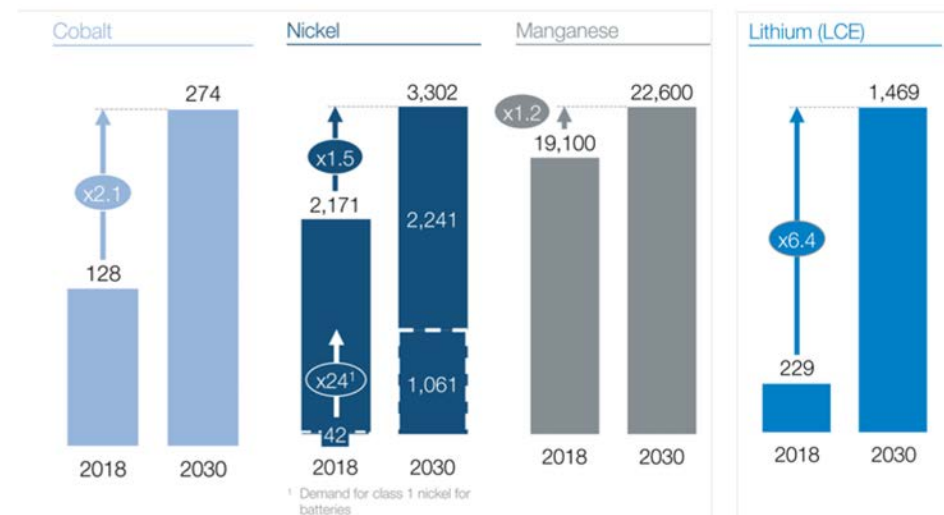
dalla **ESTRAZIONE** delle **MATERIE PRIME** alla **LAVORAZIONE** fino alla **PRODUZIONE**

L'Asia detiene il monopolio non solo delle **materie prime**, ma il settore delle batterie è fortemente dipendente dalla produzione asiatica (e nord americana) di **materiali attivi** e di **celle e moduli**.



(Fonte: Roskill, Peteves et Al. – EU World Resource Forum, 2017)

DOMANDA ANNUA DI MATERIE PRIME

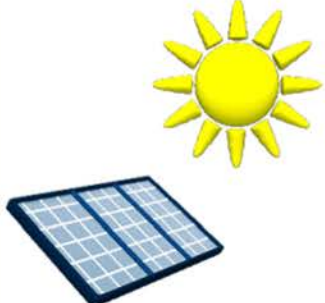


Fonte: USGS, 2019; McKinsey analysis; expert interviews


TRANSIZIONE ENERGETICA DIFFICILE

I CRM SONO IN TUTTE LE TECNOLOGIE DI TRANSIZIONE

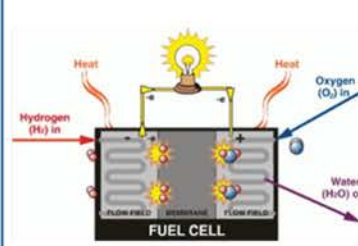
Tecnologie attuali e future



CRM in **PV**: **B, Ge, Si, Ga, In**
(semiconduttori e dopanti)



CRM in **Batterie**:
C, Li, Nb, Co, Si, Ti
(materiali anodo e catodo)



CRM in **Fuel Cell**:
Pt, C, Sr, Ti, Co, Pb
(materiali anodo, catodo e catalizzatori)



CRM in **motore elettrico**: **B, D, Nd, Pr, Si** (componenti elettronici, materiali magneti permanenti)



CRM in **elettrolizzatore**: **Ir, La, Sc, Y, Zr**
(materiali per elettrodi e membrane)



CRM in **componenti elettrici**: **Cu, Si**
(materiali per componenti elettrici ed elettronici)

Le tecnologie abilitanti la transizione energetica sono tutte soggette a una **dipendenza dai CRM** (lo sarà anche il nucleare), **come il gas** (e il **petrolio**) costituiscono elementi di dipendenza per le tecnologie termoelettriche tradizionali.

«**Crisi di Materie Prime**» sarà la nuova crisi, grande al pari della recente «**crisi del gas**».

CRITICAL RAW MATERIAL ACT

OBIETTIVI AMBIZIOSI

Il **CRM Act** è stato emesso a fine 2023 e definisce azioni prioritarie entro il 2030:

- **almeno il 10%** delle materie prime critiche consumate nell'UE dovrà essere estratto da **miniere europee**. Attualmente, siamo al 3%
- **almeno il 40%** delle materie prime critiche consumate nell'UE dovrà essere **lavorato (raffinato) in Europa**
- **almeno il 15%** delle materie prime critiche consumate nell'UE dovrà arrivare da attività di **recupero e riciclo**
- **Non più del 65%** del consumo annuo dell'EU di ciascuna materia prima strategica in qualsiasi fase della trasformazione **da un singolo paese terzo**

Creare canali di approvvigionamento sostenibile (sicuro e resiliente) di CRM per l'EU, diversificando, stringendo accordi strategici, mitigando i rischi, investendo in ricerca e innovazione, promuovendo la circolarità.



BATTERY REGULATION – RICICLO

BATTERIE PIÙ SOSTENIBILI IN OTTICA DI ECONOMIA CIRCOLARE

Il nuovo **Regolamento europeo sulle batterie** è stato emesso a metà 2023, propone una prospettiva di «**life cycle**» e stabilisce requisiti di fine vita (**end-of-life**), inclusi obiettivi e obblighi di **raccolta, recupero di materiali e responsabilità** estesa del produttore.

- obiettivi **per i produttori** di raccolta dei rifiuti di batterie portatili (63% entro fine 2027 e 73% entro fine 2030)
- obiettivi specifici per i rifiuti di batterie per **mezzi di trasporto leggeri** (51% entro fine 2030 e 61% entro fine 2031)
- obiettivo per il **recupero del litio** dalle batterie usate (50% entro fine 2027 e 80% entro fine 2031)
- target di **efficienza del riciclaggio** entro fine 2025 (85% per batterie nichel-cadmio e 50% per le altre batterie usate)
- livelli **minimi obbligatori di contenuto riciclato** validi per tutti i tipi di batterie (entro fine 2025, 16% cobalto, 85% piombo, 6% litio e 6% nichel) con **documentazione attestante** il contenuto riciclato
- entro il 2027 le **batterie portatili** integrate negli apparecchi debbano essere rimovibili e **sostituibili dall'utente finale**, lasciando tempo sufficiente agli operatori per adattare la progettazione dei propri prodotti a questo requisito



BATTERY REGULATION – SICUREZZA e LABELLING

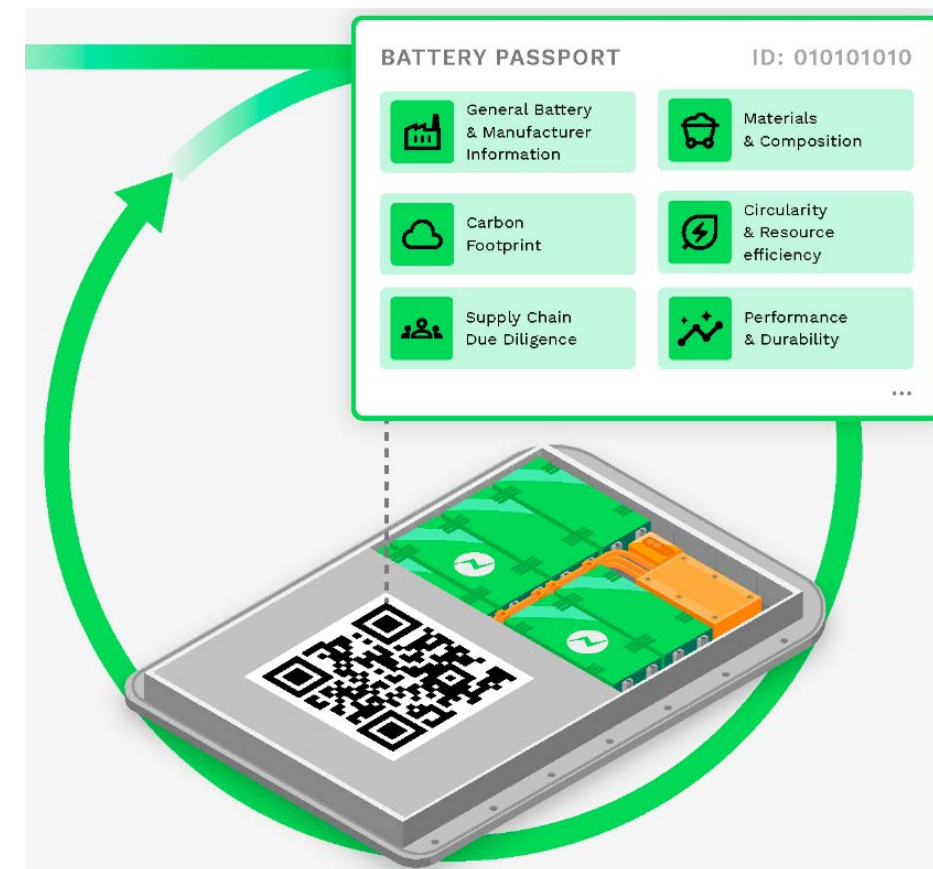
BATTERIE PIÙ SICURE E INFORMAZIONI RESE FACILMENTE DISPONIBILI

Le nuove norme mirano a migliorare il **funzionamento del mercato interno delle batterie**, garantendo concorrenza più equa grazie ai **requisiti di sicurezza, sostenibilità ed etichettatura**.

- Le batterie circolanti sul mercato dovranno rispettare **criteri di prestazione, durata e sicurezza**, rigide **restrizioni per sostanze pericolose** come mercurio, cadmio e piombo e **informazioni obbligatorie sull'impronta di carbonio**

Il regolamento introduce requisiti di **etichettatura e informazione**, tra le altre cose sui **componenti della batteria** e sul **contenuto riciclato**

Introduce un passaporto elettronico della batteria (**BATTERY PASSPORT**), entro il 2026, e un **codice QR**, entro il 2027.



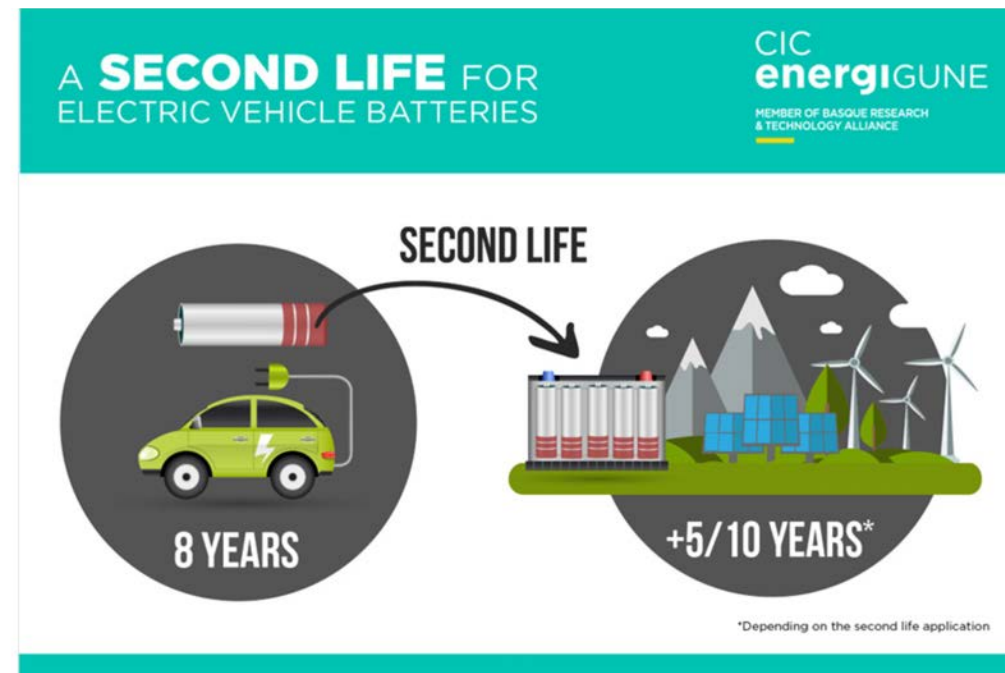
(Fonte: German Bundestag Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action)

BATTERY REGULATION – RICICLO vs. RIUSO

REGOLAMENTO EUROPEO SULLE BATTERIE È CHIARO SUL RICICLO, MENO SUL RIUSO

Il concetto di «**end-of-life**» (batterie a fine vita) è da ampliare attraverso il concetto di «**end-of-waste**» (il rifiuto che rientra in un ciclo produttivo), secondo concetti di **economia circolare** e **simbiosi industriale** (valorizzare gli scarti industriali provenienti da altri settori)
Per le batterie il concetto di «**riuso**» si esplicita nel concetto di «**2nd-life**».

Una batteria esausta (a fine vita) in un'applicazione energy intensive può avere una seconda vita in un'applicazione con meno requisiti di densità energetica
→ dalla **mobilità** all'**uso stazionario**



(Fonte: CIC Energigune - Second life batteries for a sustainable energy transition, 05/10/2021)

TAVOLO NAZIONALE MATERIE PRIME CRITICHE

INTERMINISTERIALE, PERMANENTE



Ministero delle Imprese
e del Made in Italy



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

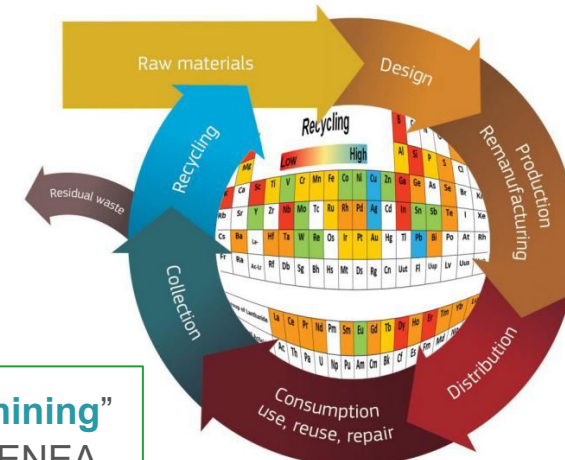


Ministero degli Affari Esteri
e della Cooperazione Internazionale

Gruppi di Lavoro (GdL) lungo tutta la catena del valore delle materie prime.

GdL5 “**Approvvigionamento**”
Coordinatore: MAECI

GdL1 “**Analisi Fabbisogni**”
Coordinatori: Confindustria e RSE



GdL4 “**Urban mining**”
Coordinatore: ENEA

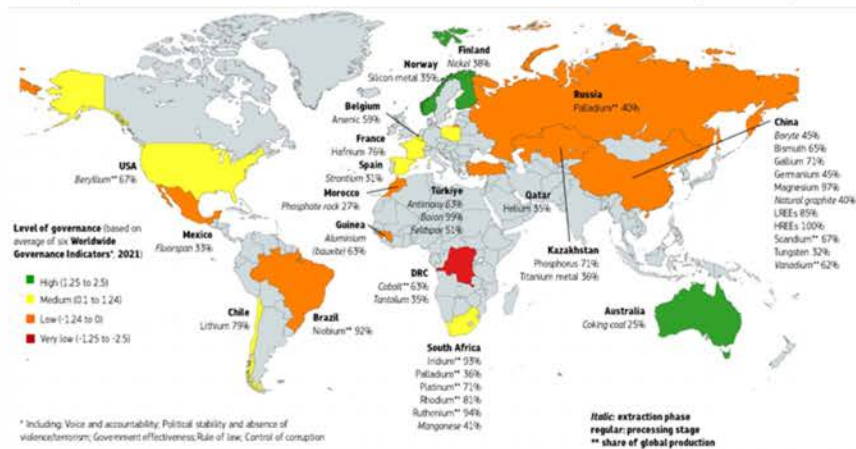
GdL2 “**Mining**”
Coordinatore: ISPRA

GdL3 “**Ecodesigned – Ecoprogettazione**”
Coordinatore: ENEA

AZIONI PER MITIGARE IL RISCHIO SUI CRM

SU TUTTA LA CATENA DEL VALORE

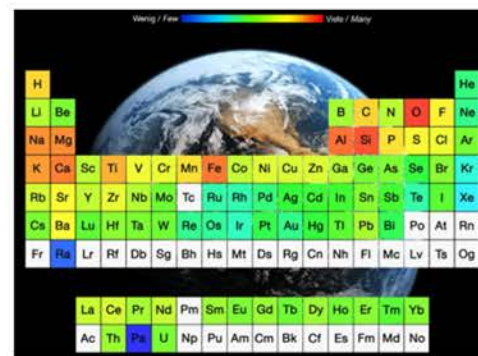
(Fonte: RMIS – Raw Materials Information System)



NUOVE FONTI di approvvigionamento e diversificazione

INNOVAZIONE TECNOLOGICA

materiali sostituiti
rese di processo
prestazioni
(capacità, potenziale, vita utile)



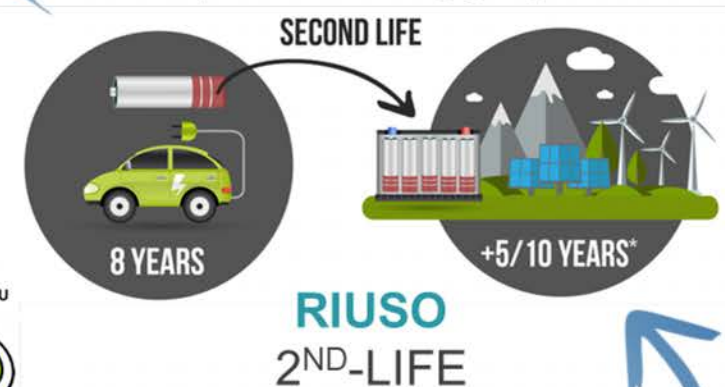
(Fonte: ESO/N. Bartmann/ESA/Hubble)

RICICLO Urban Mining

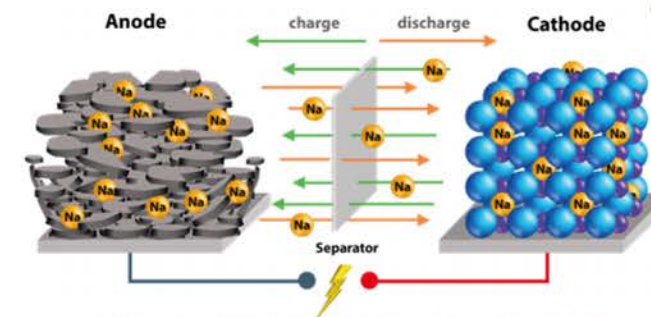


(Fonte: Roma La Sapienza)

(Fonte: CIC Energigune)



(Fonte: Handbook of Battery Materials)

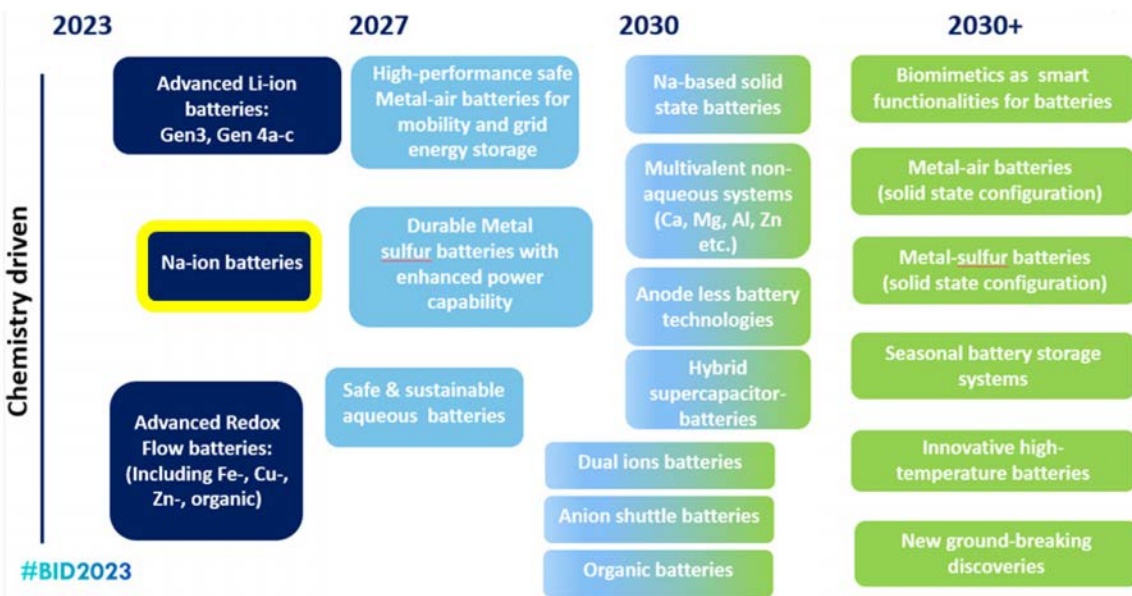


NUOVE TECNOLOGIE
Batterie a IONI-SODIO
(«Sollevare» il litio)

BATTERIE A IONI SODIO

LA TECNOLOGIA PIÙ PROMETTENTE TRA QUELLE «POST LITIO»

Tecnologia con gli **stessi principi chimici** del litio, **meno CRM**, ancora non «apertamente» sul mercato, ma **pronta a uno scale-up** industriale.



Electrochemical energy storage technologies and their TRL level (Source: Battery Innovation Days 2023)

Diverse aziende hanno dichiarato di produrre o di aver avviato la produzione di batterie a ioni sodio.

NORTHVOLT

Auto elettrica, Northvolt sviluppa la prima batteria agli ioni di sodio senza litio e cobalto

Le prime celle agli ioni di sodio sono state progettate principalmente per l'accumulo di energia, ma le prossime generazioni potrebbero essere in grado di fornire una maggiore densità di energia per la mobilità elettrica

(Fonte: Il Sole 24 ore, 21 novembre 2023)

CATL + CHERY

CATL **CHERY**

CATL's First Sodium-ion Battery to Power Chery EV Models

Breaks the bottleneck of limited raw materials. Provides a cost-effective solution.

(Fonte: CATL, 16 Aprile 2023)

BYD

BYD, iniziata la costruzione della fabbrica per le batterie agli ioni di sodio

(Fonte: HDMotori.it, 5 Gennaio 2024)

JAC MOTORS + VW

Auto elettrica, arriva la prima con batteria al sodio

Battezzato Hua Xianzi, il modello della cinese Jac Motors (sviluppato in joint-venture con Volkswagen) ha una batteria da 25 kWh con autonomia di 250 km. Vantaggi, limiti e prospettive di mercato per gli accumulatori NA-ion.

(Fonte: QualEnergia.it, 8 Marzo 2023)

FOCUS SULL'ITALIA

BATTERIE A IONI SODIO: LA CATENA DEL VALORE DELL'INDUSTRIA ITALIANA

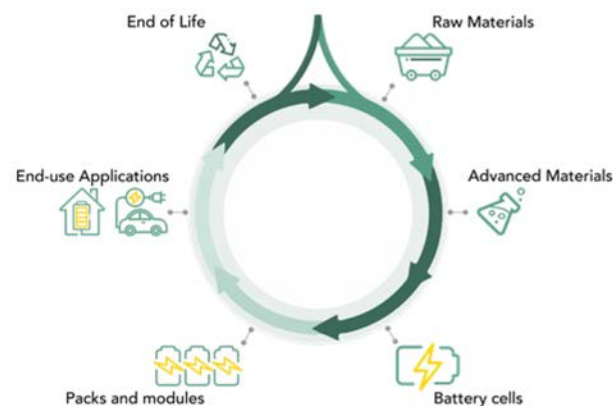
Workshop organizzato da RSE a **febbraio 2024** sulle batterie a ioni sodio:

- Tavola rotonda con: **Syensqo** (ex Solvay) e **Alkeemia**, che producono materiali per elettroliti; **Midac Batteries**, che produce moduli e pacchi batterie; **FAAM**, che produce celle; **Manz Italy**, che realizza linee di produzione di celle → opinioni favorevoli sull'**investire nella tecnologia a ioni sodio**

Altre compagnie in Italia stanno prestando attenzione su questa tecnologia

Il **progetto RdS** “tecnologie di accumulo elettrochimico e termico” ha un focus sulla tecnologia a ioni sodio → sviluppo di materiali, celle, eco-design, LCA/LCC, ecc.

Le aziende italiane del settore stanno **investendo rapidamente in capacità produttiva basata su tecnologie consolidate** (ioni di litio), ma è opinione diffusa che debbano guardare anche alle **innovazioni più promettenti** per il futuro. Tra queste, la **tecnologia agli ioni di sodio** è considerata l'opzione principale.

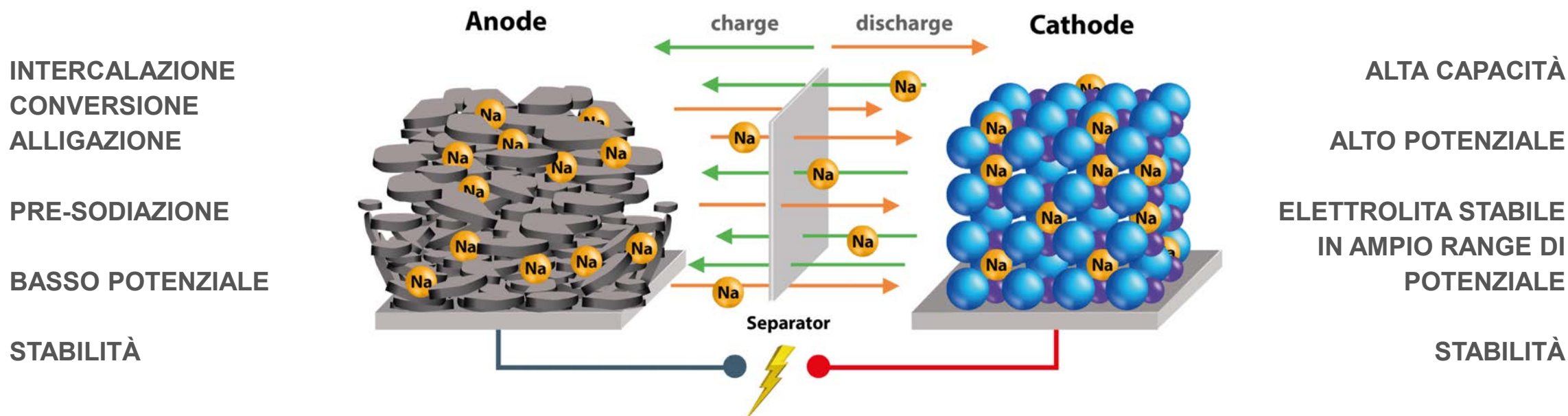


BATTERIE A IONI SODIO: LE SFIDE

Na^+ CON MAGGIORE RAGGIO ATOMICO, MA ABBONDANTE IN NATURA

Na^+ non può intercalare nella **grafite naturale** (materiale critico). Bisogna trovare altri materiali anodici (**prodotti di sintesi**).

Materiali derivati dalle formulazioni per batterie Li^+ . Necessità di **alto potenziale**. È l'elemento che limita la capacità della cella.



Il più comune è in cosiddetto **hard-carbon**; nelle batterie a stato-solido può essere **Na-metallico**.

Diverse famiglie in studio con alto potenziale vs. Na^+ : **NASICON**, **ossidi misti**, **fosfati e pirofosfati**.

È veramente una tecnologia più sostenibile di quella litio ione?

CATL: **77 \$/kWh**
(1a generazione)

- **RUOLO DELLA RICERCA** nella transizione energetica
- **LE AZIONI MESSE IN ATTO DALLA RICERCA:** progettualità finalizzate all'innovazione tecnologica e sostenibilità

RUOLO DELLA RICERCA nella transizione energetica



Uno dei principali programmi di finanziamento del MASE è la “Ricerca di Sistema Elettrico” (RdS) strumento a sostegno dell'innovazione tecnologica di interesse generale per il settore elettrico

AZIONI MESSE IN ATTO DALLA RICERCA

Progettualità finalizzate all'innovazione tecnologica e sostenibilità



ACCORDO DI PROGRAMMA

PROGETTO INTEGRATO 1.02

TECNOLOGIE DI ACCUMULO ELETTROCHIMICO E TERMICO

TRL: 3 up to 5

Partnership: Research Centers + Universities

Coordinator: **CNR/ITAE**

Overall budget: about 16 M€

Timeline: 01/01/2022 – 31/12/2024

PROGETTO INTEGRATO

1.2 TECNOLOGIE DI ACCUMULO ELETTROCHIMICO E TERMICO



3 AFFIDATARI



- **28 CO-BENEFICIARI**
(dipartimenti di università)
- **16 COLLABORATORI A CONTRATTO**
(dipartimenti di università e centri di ricerca)

In tutto → **22 UNIVERSITÀ**

PROGETTO INTEGRATO

1.2 TECNOLOGIE DI ACCUMULO ELETTROCHIMICO E TERMICO

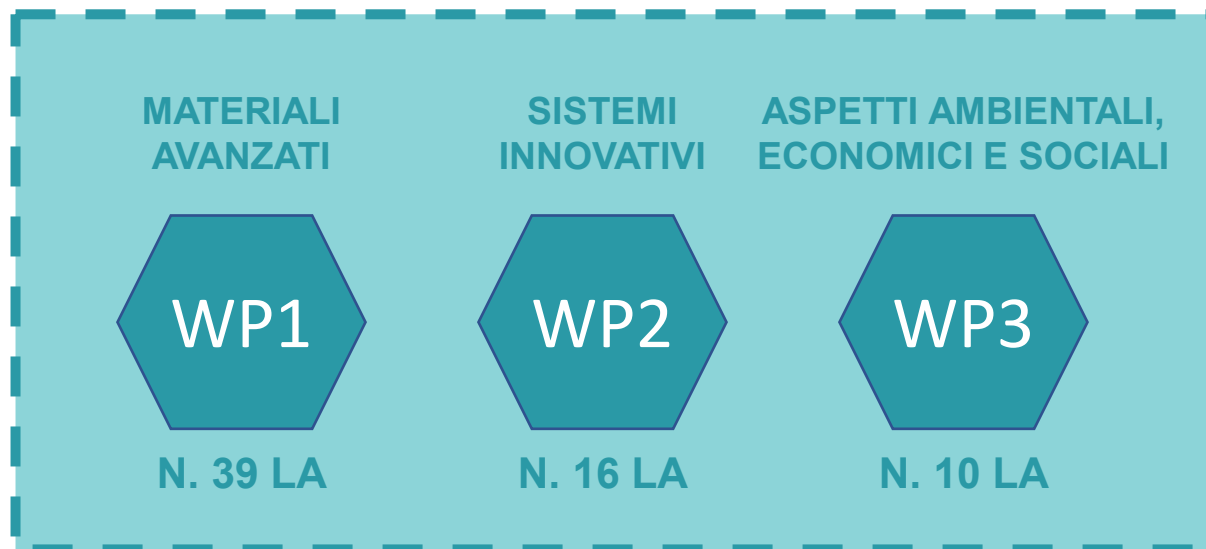
WORK-PACKAGE (WP) e LINEE DI ATTIVITÀ (LA)

TRL 3-5

ACCUMULO
ELETTROCHIMICO

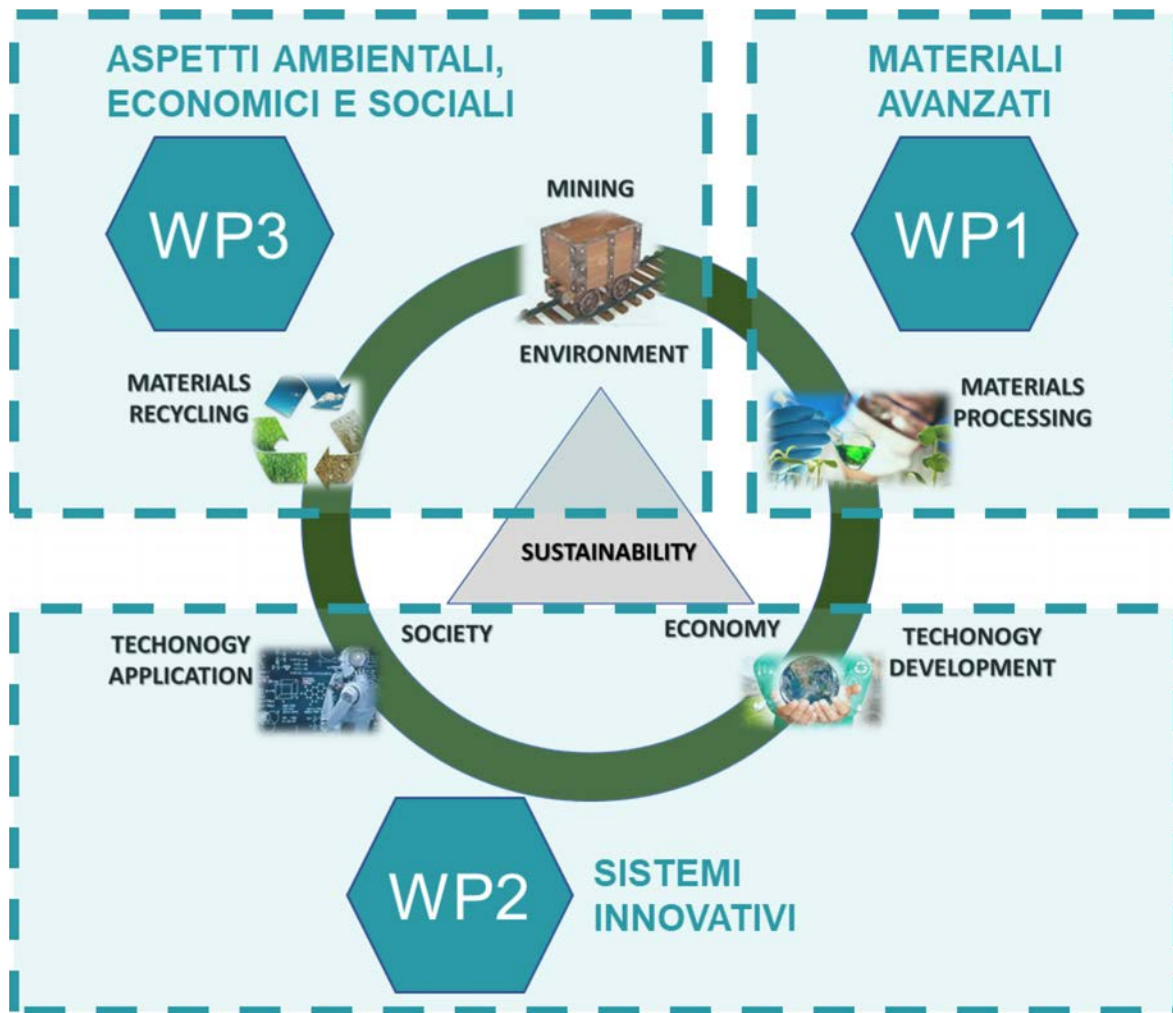
ACCUMULO
TERMICO

DIFFUSIONE



TOTALE: 92 LA in 5 WP

CATENA DEL VALORE



TEMI:

- Potenziale minerario delle **materie prime** e sviluppo dei processi di raffinazione – **WP3**
- Sviluppo di **materie avanzate** (elettrodi ed elettroliti) per celle di batteria (Li-ione, Na-ione e post-litio) – **WP1**
- Strumenti **computazionali multi-scala** per lo screening dei materiali e la modellazione dei sistemi – **WP1** e **WP2**
- Eco-design e realizzazione di celle (**scale-up**) – **WP1** e **WP2**
- Sviluppo di sistemi di **diagnostica, monitoraggio e controllo** – **WP2**
- Tecnologie di **riuso e riciclo** – **WP2** e **WP3**
- Valutazione della **sostenibilità** ambientale (LCA), economica (LCC) e sociale – **WP3**

MATERIALI
AVANZATI



SISTEMI
INNOVATIVI



Attività sperimentali su materiali innovativi ed a basso impatto ambientale per

Batteria SODIO-IONE

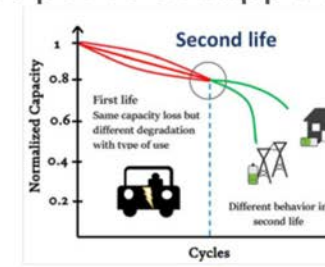
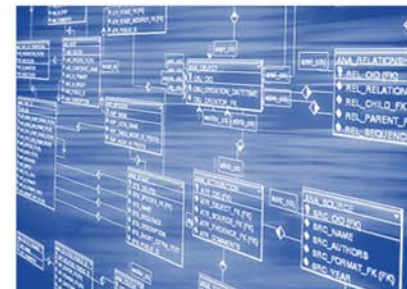
finalizzata ad identificare i materiali più promettenti a seguito di al Round Robin test

Lo scopo è quello di confrontare e validare le metodologie di assemblaggio e test usate da ciascun affidatario, nell'ottica di individuare i punti critici da attenzionare per ottimizzare l'assemblaggio di cella

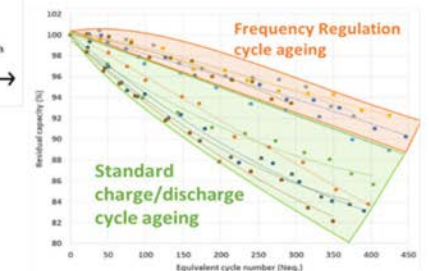
Matrice Comune di Test di Invecchiamento finalizzata alla creazione di un Database

Protocolli di test per invecchiamento e caratterizzazione delle prestazioni elettrochimiche di celle, moduli e pacchi batterie finalizzati alla creazione di dataset per lo sviluppo di tool di diagnostica.

Database invecchiamento batterie



Analisi dei dati di invecchiamento



RIASSUNTO

- La **tecnologia attuale litio ione** (quella delle **Giga-Factory**) presenta problemi legati alle **Materie Prime Critiche** (principalmente: Li, Co, Grafite Naturale)
- Il problema è riconosciuto a livello europeo: pubblicati il **Critical Raw Material Act** (2024) e il **Battery Regulation** (2023) con obiettivi sfidanti legati ad un approvvigionamento sostenibile di materie prime
- Sono proposte alcune **soluzioni** per affrontare la **nuova crisi energetica, economica e ambientale** legata alle materie prime:
 - cercare **nuove fonti di approvvigionamento** (interne o esterne, innovative e sostenibili), **differenziando** fornitore e paese
 - spingere sul **riuso** (2nd life) e **riciclo** per allungare la vita utile e recuperare materie prime seconde
 - migliorare le **prestazioni** delle batterie, in termini di **capacità** (maggiore densità energetica), **potenziale** (maggiore densità di potenza), **vita utile** (rimando il problema), **sicurezza** (meno guasti, maggiore durata)
 - scelta di **materiali sostituiti** meno critici (stessa tecnologia, ma con meno Co)
 - adozione di **altre tecnologie** → da litio a **post litio** per alleggerire il litio di qualche «responsabilità», in settori diversi dalla mobilità. Tra queste, la tecnologia **sodio ione** è quella considerata più promettente, sebbene ci siano alcune sfide ancora da affrontare

Nel nuovo Piano Triennale di Ricerca (PTR) 2025 – 2027 si intende proseguire attività congiunta di sviluppo e caratterizzazione di processi e il **Round Robin test** continuerà ad essere uno strumento di confronto in grado di **indirizzare gli enti verso le soluzioni più efficaci e sostenibili per accelerare verso l'introduzione sul mercato della tecnologia di accumulo ritenuta più strategica per il nostro Paese**





GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Alessandra Diblasi – CNR-ITAE (alessandra.diblasia@cnr.it)

Margherita Moreno – ENEA (margherita.moreno@enea.it)

Omar Perego – RSE (omar.perego@rse-web.it)

Questo lavoro è stato finanziato dal Fondo di Ricerca per il Sistema Elettrico nell'ambito del Piano Triennale 2022-2024 (DM MITE n. 337, 15.09.2022), in ottemperanza al DM 16 aprile 2018.