



APRILE 2025

REPORT

del

**COORDINAMENTO
INGEGNERI E TECNICI**



Per contatti: coordinamento.ingtec@gmail.com

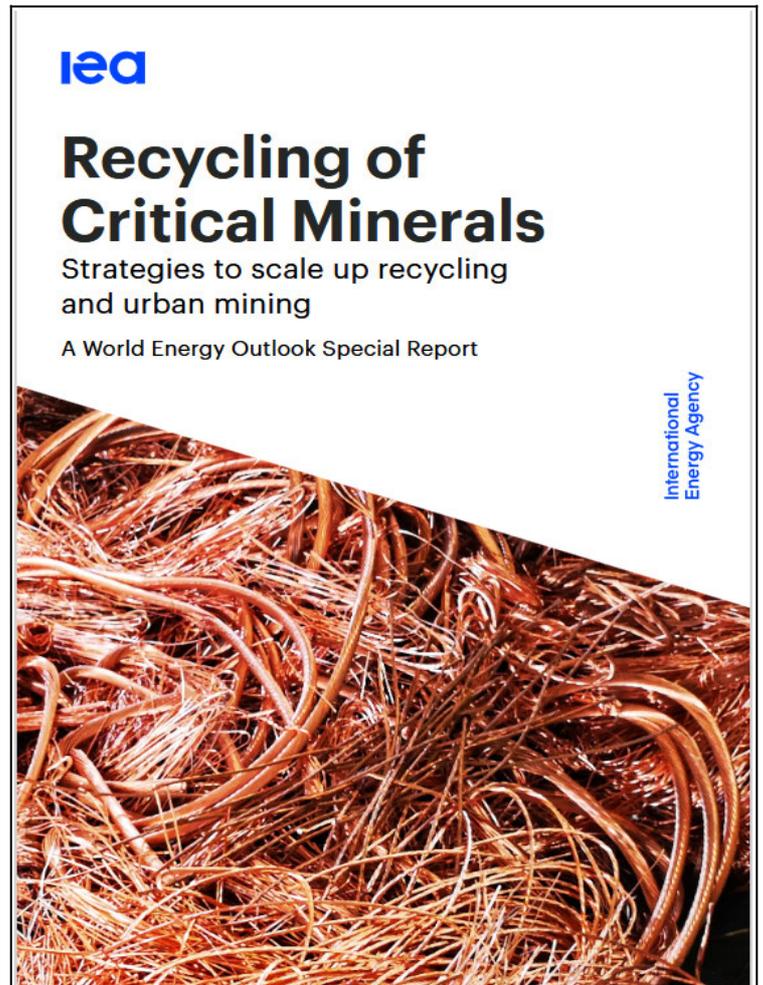
Pubblichiamo
una sintesi del report:

Recycling of Critical Minerals

Strategies to scale up
recycling and urban mining

Dall'introduzione:

"Con l'accelerazione del passaggio a un sistema energetico pulito, saranno necessari investimenti sostanziali in nuove miniere e capacità di raffinazione, soprattutto in regioni geograficamente diversificate, per produrre minerali essenziali come rame, litio, nichel, cobalto e terre rare. Sebbene il riciclo non elimini la necessità di investimenti minerari (o le entrate associate per i paesi ricchi di risorse), crea una preziosa fonte di approvvigionamento secondaria che riduce la dipendenza da nuove miniere e migliora la sicurezza dell'approvvigionamento per i paesi che importano minerali"



Traduzione e sintesi a cura del coordinamento

Introduzione

Nel rapporto redatto da Mario Draghi nel settembre 2024 "Il futuro della competitività Europea", l'ex governatore della BCE, nella sezione dedicata alle materie prime critiche, afferma: "Sta emergendo una nuova dipendenza da materie prime concentrate in pochi fornitori, che potrebbe rallentare o rendere più costosi i progressi della transizione verde e digitale della UE".

La IEA (International Energy Agency) introduce il suo report "Recycling of Critical Minerals", con il quale fotografa la situazione attuale del riciclo e le sue prospettive di sviluppo, così: "Con l'accelerazione del passaggio a un sistema energetico pulito, saranno necessari investimenti sostanziali in nuove miniere e capacità di raffinazione, soprattutto in regioni geograficamente diversificate, per produrre minerali essenziali come rame, litio, nichel, cobalto e terre rare. Sebbene il riciclo non elimini la necessità di investimenti minerari (o le entrate associate per i paesi ricchi di risorse), crea una preziosa fonte di approvvigionamento secondaria che riduce la dipendenza da nuove miniere e migliora la sicurezza dell'approvvigionamento per i paesi che importano minerali".

*Il testo dipinge un settore agli albori con orizzonti ambiziosi ma offuscato dal contesto internazionale. I profitti rimangono incerti a causa dalle fluttuazioni dei prezzi delle materie in questione, dalla bassa standardizzazione dei processi di riciclo, dalle ridotte economie di scala e dalla limitata capacità di avere una visione d'insieme dell'intero ciclo di vita dei prodotti. **Per questo motivo il report sostiene che sia essenziale la cooperazione internazionale tra aziende e Stati per portare a pieno regime il prima possibile questo settore. Un'affermazione tanto vera quanto ingenua, visto che in realtà Stati e aziende sono in lotta e non certo in cooperazione tra di loro.** Lo deve ammettere anche la presidente della Commissione Europea, Ursula von der Leyen, nel suo discorso tenuto alla fine di gennaio dell'anno corrente quando scrive: "L'ordine mondiale cooperativo che avevamo immaginato 25 anni fa non si è realizzato, invece siamo entrati in una nuova era di dura competizione geostrategica". Queste esternazioni si collegano direttamente anche con la situazione in Ucraina, dove la UE è attualmente esclusa dai negoziati per la pace. L'imperialismo europeo vorrebbe invece avere la sua parte. Gli Stati Uniti, al tavolo delle trattative, hanno fatto esplicitamente richiesta delle materie critiche presenti nel sottosuolo ucraino (vere o presunte che siano).*

Vedremo quello che sarà l'esito, ma emerge come la fame di queste materie accomuni tutte le potenze industriali del pianeta, le quali sono disposte a far valere il peso degli Stati per spartirselo.

All'interno di questo contesto il settore del riciclo è da un lato rallentato dal complicarsi delle relazioni tra gli Stati e dalla fragilità delle catene di fornitura delle materie prime, mentre dall'altro è spinto proprio da questi fattori, i quali rendono ancora più appetibile il riciclo in quanto fonte di approvvigionamento alternativa.

L'incertezza abbraccia l'intera transizione energetica.

Sono state rivelatrici nel 2019 le parole di Alberto Bombassei, presidente del gruppo Brembo, il quale affermava: "Oggi c'è grande entusiasmo per l'auto elettrica. Nessuno, però, considera il suo impatto sociale. In Europa, se smettessimo di produrre macchine a gasolio o a benzina e facessimo soltanto più auto elettriche, perderemmo un lavoratore su tre". Profezia forse esagerata, ma l'esito della ristrutturazione di Volkswagen in Germania è eloquente: taglio di 35 000 addetti, riduzione della capacità produttiva di 734 000 veicoli (più dell'intera produzione automobilistica italiana) e il rinvio al 2030 di ogni aumento salariale.

La grandissima opportunità per il genere umano di migliorare il suo rapporto organico con la natura viene diluito e strumentalizzato nella lotta per l'incremento della produttività e spartizione dei mercati mondiali. La transizione energetica rischia di diventare nei prossimi anni un'ondata di licenziamenti per centinaia di migliaia di lavoratori nel settore automobilistico e un'occasione per la compressione salariale da parte dei padroni.

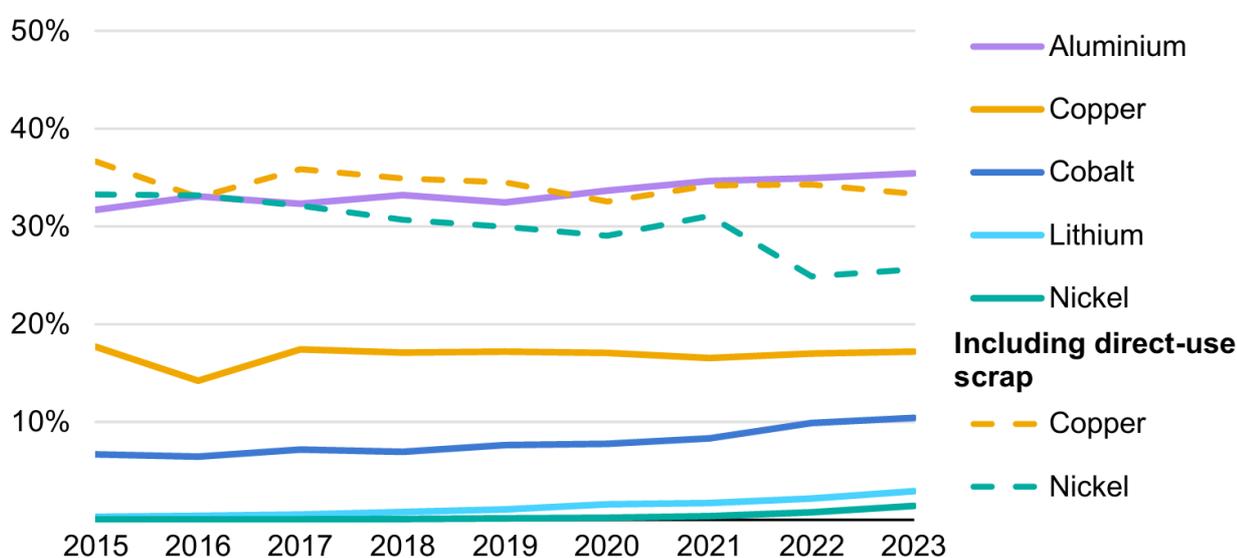
Nelle pagine successive, riassumiamo i punti salienti del report della IEA sul riciclo delle materie critiche. Sappiamo che le cifre indicate come proiezioni nei prossimi decenni sono "cifre politiche" in quanto dipendono da numerosi fattori, non ultimo le incognite legate a crisi e guerre. Tuttavia è prevedibile un aumento di importanza del riciclo, con ritmi che saranno da vedere nel concreto, ma conoscere meglio la tecnologia oggi disponibile è un buon punto di partenza.

Stato dell'arte

Il rapporto valuta lo stato attuale del riciclo, esplora il potenziale dell'approvvigionamento secondario e presenta raccomandazioni politiche per aumentare il riciclo.

Nel caso del rame, che svolge un ruolo centrale in tutte le applicazioni elettriche, la quota di fornitura secondaria (compresi i rottami per uso diretto) sulla domanda totale è scesa dal 37% nel 2015 al 33% nel 2023. Analogamente, la quota di nichel riciclato è diminuita dal 33% al 26% nello stesso periodo. L'eccezione principale è l'alluminio, che beneficia di programmi di gestione dei rifiuti consolidati e di normative di supporto, dove la quota di riciclato è aumentata modestamente dal 32% al 35%.

Figure 1.3 Historical recycled input rate for selected materials



Produzione di metalli riciclati per batterie, come nichel, cobalto e il litio, ha recentemente visto una rapida crescita, anche se da una base bassa. Quando si valutano i volumi di metallo recuperato rispetto alle materie prime disponibili per il riciclo, i tassi sono saliti a oltre il 40% per il nichel e il cobalto e al 20% per il litio nel 2023.

Anche il valore di mercato dei metalli riciclati per batterie ha registrato una crescita di quasi 11 volte tra il 2015 e il 2023, con oltre la metà di questa crescita avvenuta negli ultimi tre anni. Sebbene le batterie dei veicoli elettrici (EV) non siano ancora disponibili per il riciclo su larga scala, questi sviluppi indicano un vasto potenziale per espandere il riciclo, se sono in atto i giusti incentivi politici.

Meno miniere

Se da un lato l'accelerazione della diffusione dell'energia pulita richiede una sostanziale espansione di nuove miniere e raffinerie per soddisfare la domanda di materiali, dall'altro crea un'opportunità per l'offerta secondaria di svolgere un ruolo sempre più prezioso.

Nell'Announced Pledges Scenario (APS), che riflette gli impegni nazionali in materia di clima, il riciclo riduce le esigenze di sviluppo di nuove miniere del 40% per rame e cobalto e di quasi il 25% per il litio e il nichel entro il 2050.

Il valore di mercato dei minerali riciclati per la transizione energetica cresce di cinque volte, raggiungendo i 200 miliardi di dollari entro il 2050. Di conseguenza, i requisiti per le materie prime iniziano a diminuire intorno alla metà del secolo. **Ciononostante, gli investimenti in nuove miniere rimangono essenziali**, poiché i livelli di offerta richiesti entro la metà del secolo sono ancora superiori alla produzione attuale e le miniere esistenti subiscono un calo naturale della produzione.

Costi inferiori

Nell'APS, sono necessari circa 600 miliardi di dollari di investimenti nel settore minerario fino al 2040, mentre il raggiungimento di emissioni nette zero entro il 2050 richiede circa 800 miliardi di dollari. Senza un aumento del riciclo, questi importi sarebbero superiori del 30%. Il riciclo può anche mitigare l'impatto ambientale e sociale associati alla produzione di minerali.

In media, i minerali riciclati per la transizione energetica come il nichel, il cobalto e il litio sono soggetti a emissioni di gas serra inferiori dell'80% rispetto alle materie prime prodotte dall'estrazione mineraria. Ciò si traduce in una riduzione cumulativa del 35% delle emissioni derivanti dalla produzione di litio, nichel e cobalto, necessarie per soddisfare il loro fabbisogno in scenari climatici nel periodo fino al 2040.

Maggiore sicurezza

In Europa, nel contesto APS, l'approvvigionamento secondario di batterie soddisferà circa il 30% della domanda di litio e nichel della regione entro il 2050, una percentuale notevolmente superiore alla media globale inferiore al 25%. Ciò potrebbe ridurre sostanzialmente le spese di importazione o le esigenze di investimento per l'approvvigionamento interno.

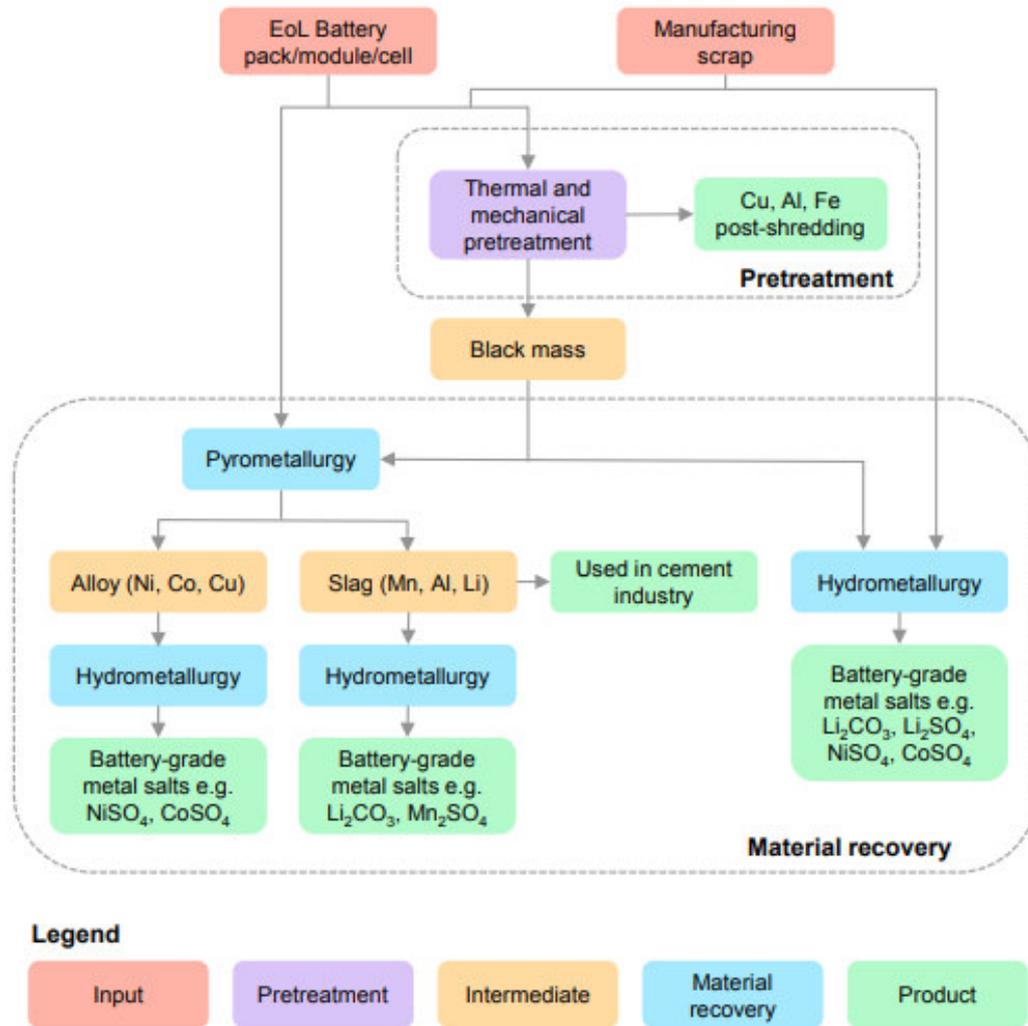
Differenze

Nel caso dei rifiuti elettronici (rifiuti elettronici), i tassi di raccolta sono notevolmente più elevati nelle economie avanzate rispetto alle economie emergenti e in via di sviluppo. I tassi di raccolta nelle economie in via di sviluppo dell'Asia e dell'America Latina sono inferiori al 5% e solo dell'1% in Africa, mentre i tassi si attestano al 30% in Giappone e Corea e al 40-50% in Europa e Nord America.

Come si riciclano le batterie?

Il processo di riciclo delle batterie agli ioni di litio prevede in genere due fasi principali note come "pretrattamento" e "recupero dei materiali".

Prima di ciò, le batterie a fine vita devono essere preparate per il riciclo, prima attraverso la scarica per ridurre al minimo i rischi termoelettrici e garantire che la batteria sia sicura per un'ulteriore manipolazione. La batteria può essere scaricata prima del trasporto per motivi di sicurezza. Successivamente la batteria viene smontata, rimuovendo l'alloggiamento del pacco e del modulo, i sistemi di gestione della batteria e i sistemi di raffreddamento, nonché altri componenti elettronici per raggiungere il livello delle celle.



IEA. CC BY 4.0.

Note: EoL = end of life; Cu = copper; Al = aluminium; Fe = iron; Ni = nickel; Co = cobalt; Mn = manganese; Li = lithium; NiSO₄ = nickel sulphate; CoSO₄ = cobalt sulphate; Li₂CO₃ = lithium carbonate; Mn₂SO₄ = manganese sulphate; Li₂SO₄ = lithium sulphate.

Pretrattamento

Il pretrattamento coinvolge tipicamente sia processi termici che meccanici.

I **processi meccanici** scompongono fisicamente i pacchi batteria, i moduli o le celle attraverso le fasi di triturazione e smistamento. Varie fasi di selezione, tra cui setacciatura e flottazione, vengono utilizzate per separare i componenti in base a proprietà quali dimensioni, densità, magnetismo, forma e conduttività. I collettori di corrente in rame e alluminio vengono spesso separati e recuperati durante la fase di pretrattamento. I **processi termici**, applicati prima o dopo i processi meccanici, vengono utilizzati per rimuovere gli elementi organici come i componenti leganti dell'elettrolita, riducendo le impurità per la fase di recupero del materiale.

L'intero processo produce quindi la "**massa nera**" della materia prima primaria per il recupero del materiale della batteria, una polvere contenente i materiali del catodo e dell'anodo e quindi i preziosi metalli della batteria come nichel, cobalto, litio e grafite. La massa nera può ancora contenere impurità, tra cui particelle di rame e alluminio, collettori di corrente ed elettrolita residuo. Pertanto, alcuni riciclatori sottopongono la massa nera a un ulteriore trattamento termico per rimuovere eventuali componenti organici rimanenti. La fase di pretrattamento è in genere meno complessa dal punto di vista tecnico rispetto alla fase di recupero del materiale, con requisiti di capitale inferiori.

Recupero dei materiali

Il recupero dei materiali è la fase in cui i metalli delle batterie vengono riciclati e recuperati, in genere dalla massa nera. Questa è la fase di riciclo più tecnica e complessa. Esistono due metodi primari di riciclo delle batterie per il recupero dei materiali: pirometallurgia e idrometallurgia.

Pirometallurgia

La pirometallurgia è una tecnica consolidata per l'estrazione e la purificazione dei metalli, che prevede la fusione della batteria o del materiale in un forno ad alta temperatura, recuperando una frazione dei metalli come lega metallica e il resto dei metalli come ossidi (scorie). I metalli primari recuperabili sono sotto forma di lega (per una chimica di litio nichel manganese cobalto [NMC] che include cobalto, nichel e rame) mentre altri sono contenuti in scorie (come alluminio, litio e silicio). Pertanto, è necessario un ulteriore trattamento idrometallurgico per recuperare i singoli metalli o sali per batterie.

La rimozione di diverse impurità chiave durante il processo di fusione pirometallurgica, tuttavia, può consentire un processo idrometallurgico più semplice e più breve. Il recupero del litio dalle scorie è possibile utilizzando processi idrometallurgici; Tuttavia, la resa è in genere inferiore a quella del nichel e del cobalto della lega. Nella pirometallurgia tutto il carbonio della grafite viene bruciato e quindi non può essere recuperato. La pirometallurgia richiede un pretrattamento minimo, quindi le celle della batteria, i moduli e la massa nera possono essere utilizzati direttamente come input.

Idrometallurgia

L'idrometallurgia prevede processi chimici di lisciviazione e purificazione per far precipitare i singoli prodotti metallici. L'idrometallurgia può essere utilizzata per produrre materiali per batterie, ad esempio carbonato di litio per batterie o solfati di nichel, oppure può essere utilizzata per produrre prodotti intermedi a seconda dei reagenti utilizzati e del livello di lavorazione implementato. Nell'industria si stanno sviluppando percorsi idrometallurgici avanzati in grado di recuperare la grafite; Tuttavia, questi processi sono ancora agli inizi rispetto al recupero di litio, nichel e cobalto. Gli input primari per l'idrometallurgia sono la massa nera o i prodotti intermedi formati dalla pirometallurgia; Le celle o i moduli della batteria non possono essere utilizzati direttamente. La materia prima nera di massa è tipicamente soggetta a restrizioni sul livello di impurità da utilizzare come input, ad esempio rame e alluminio.

Confronto tra pirometallurgia e idrometallurgia

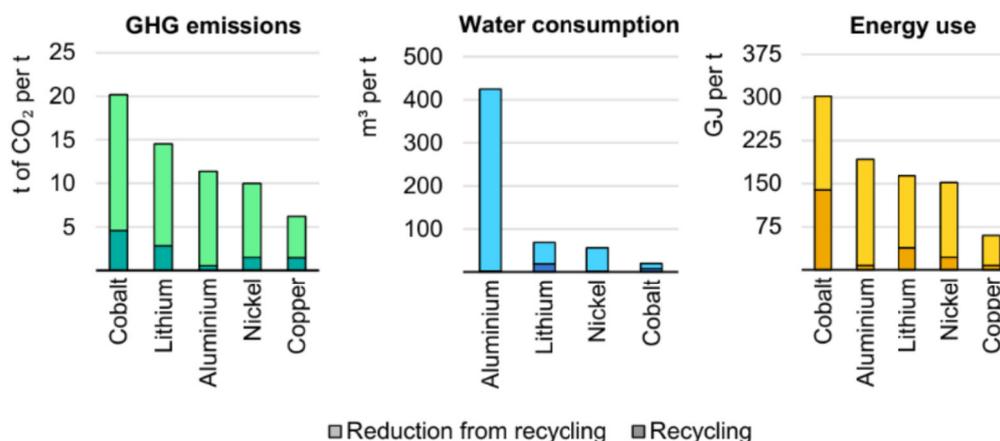
Entrambi i metodi hanno la flessibilità necessaria per gestire la materia prima delle cellule e la varietà di sostanze chimiche. Tuttavia, la pirometallurgia è più flessibile e richiede meno pretrattamento, poiché i processi di idrometallurgia richiedono massa nera o prodotti intermedi e sono in genere progettati per una certa gamma di gradi per essere economici.

Tuttavia, per recuperare completamente i materiali per batterie dai prodotti, la pirometallurgia richiede ancora l'applicazione di ulteriori tecniche idrometallurgiche; pertanto, la pirometallurgia viene spesso utilizzata in combinazione con l'idrometallurgia con un processo idrometallurgico potenzialmente più semplice e più breve richiesto.

Entrambi i metodi possono recuperare i metalli preziosi, in particolare nichel e cobalto, e se non recuperati durante la fase di pretrattamento, il processo di idrometallurgia può essere ingegnerizzato per recuperare il rame e l'alluminio. Convenzionalmente, le rese di litio dalla pirometallurgia combinata con l'idrometallurgia erano tipicamente inferiori rispetto alla sola idrometallurgia.

Tuttavia, i recenti sviluppi nella pirometallurgia hanno consentito elevati recuperi di litio attraverso il recupero del litio dalle polveri di scarico. La pirometallurgia è un processo più semplice che richiede solo la fusione ad alta temperatura, e non richiede nemmeno uno smantellamento importante, rispetto alla chimica più complessa coinvolta nell'idrometallurgia. Ci sono perdite di materiale durante il pretrattamento, quindi, utilizzando una combinazione di pirometallurgia e idrometallurgia all'avanguardia, che richiede un pretrattamento minimo, può ottenere rese competitive.

Figure 3.8 Comparison of recycled versus primary production



Prospettive per il riciclo dei minerali critici

Scarti e riciclo

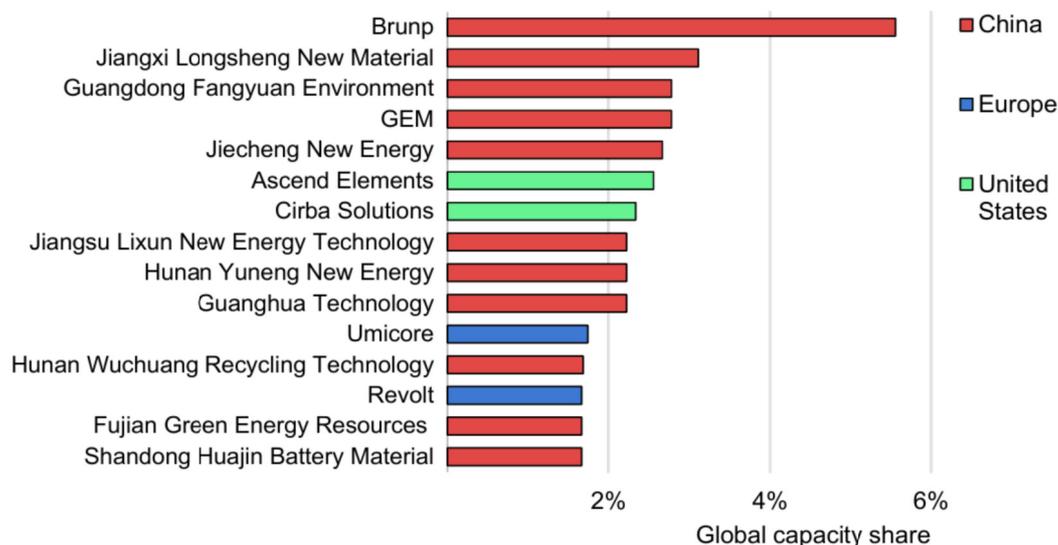
Gli scarti dei processi di produzione rappresentano ancora i due terzi delle materie prime disponibili per il riciclo nel 2030. **A partire dal 2035, tuttavia, le batterie per veicoli elettrici e le batterie di accumulo a fine vita diventeranno la fonte principale e rappresenteranno oltre il 90% delle materie prime disponibili entro il 2050.** Le batterie agli ioni di litio sono una delle tecnologie chiave che spingono verso l'alto la domanda di minerali critici, ma promettono anche di essere una delle principali fonti di recupero dei metalli.

Capacità di riciclo

Negli ultimi anni, i catodi di litio ferro fosfato (LFP) hanno guadagnato una quota di mercato significativa dalle sostanze chimiche a base di nichel, costituendo circa il 40% delle batterie per veicoli elettrici distribuite nel 2023, con una quota che dovrebbe rimanere elevata. La capacità di riciclo delle batterie è in rapida espansione, guidata dalla Repubblica Popolare Cinese (di seguito, "Cina"). **Nel 2023, la capacità globale di pretrattamento e recupero dei materiali è cresciuta del 50% su base annua, con la Cina che rappresenta l'80% della capacità di entrambi. L'analisi della pipeline di progetti indica che la Cina è sulla buona strada per mantenere l'80% della capacità globale di pretrattamento e il 75% della capacità di recupero dei materiali nel 2030.** La Cina ha recentemente annunciato la formazione di China Resources Recycling Group Ltd., un'impresa statale dedicata al riciclo e al riutilizzo di batterie a fine vita, rottami di acciaio e rifiuti elettronici.

Se tutti i progetti annunciati entreranno in funzione come previsto, la capacità di riciclo globale nel 2030 potrebbe essere oltre sei volte superiore a quella disponibile, anche con i rapidi livelli di diffusione delle batterie raggiunti nell'APS.

Figure 2.11 Top global battery material recovery recycling companies by capacity based on announced projects, 2030



IEA. CC BY 4.0.

Tuttavia, il quadro cambierà rapidamente dopo il 2030, quando i veicoli elettrici raggiungeranno la fine del ciclo di vita e la disponibilità di materie prime aumenterà notevolmente, superando la capacità di recupero dei materiali annunciata del 20% nel 2040. Ci sono grandi differenze regionali. La Cina continua a registrare un eccesso di capacità rispetto alle materie prime nazionali. In Europa e negli Stati Uniti, l'eccesso di capacità si dissipa dopo il 2030 e la capacità di riciclo annunciata copre solo il 30% delle materie prime entro il 2040. Questo è più alto che in India, dove la copertura nel 2040 è solo del 10%.

Tassi di raccolta

I volumi di metallo recuperato dalle materie prime disponibili sono influenzati da molti fattori, con i tassi di raccolta che sono i più critici. Nell'ipotesi di continui aumenti dei tassi di raccolta, nell'APS i volumi riciclati delle batterie potrebbero raggiungere il 20-30% della domanda di litio, nichel e cobalto entro il 2050. Tuttavia, l'intervallo varia a seconda delle variazioni plausibili dei tassi di raccolta, dal 25-35% con tassi di raccolta più elevati e dal 15-20% con tassi più bassi. Il riutilizzo delle batterie dei veicoli elettrici nelle applicazioni di stoccaggio svolge un ruolo modesto, soddisfacendo circa il 10% della domanda globale di stoccaggio entro il 2050.

Importare veicoli usati

Nell'APS, se le esportazioni di veicoli elettrici rispecchiassero i modelli delle auto convenzionali, le materie prime disponibili per il riciclo delle batterie nelle economie avanzate e in Cina potrebbero diminuire del 25% (1 terawattora [TWh]) entro il 2050, mentre le economie in via di sviluppo vedranno un aumento del 50% (0,5 TWh); questo è inferiore al calo nelle economie avanzate e in Cina a causa del ritardo nel ritiro delle batterie. Sarà necessaria un'ulteriore capacità di riciclo nelle regioni importatrici, in particolare per gli impianti di pretrattamento, per evitare sprechi e perdite di potenziali materie prime per il riciclo.

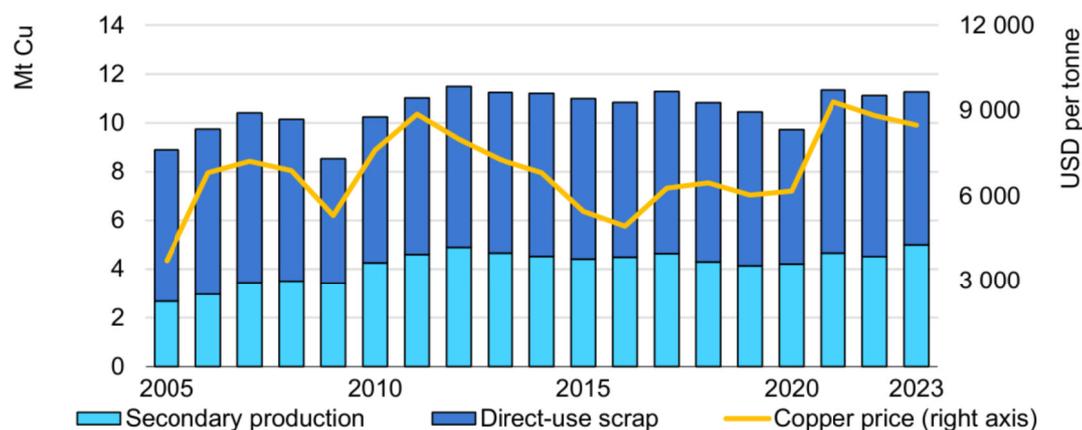
Monopolio cinese del materiale catodico attivo (CAM)

Lo sviluppo relativamente lento dei progetti di fornitura di batterie midstream è una grande incertezza per i riciclatori. Mentre i progetti di produzione di celle per batterie si stanno espandendo in regioni come l'Europa e gli Stati Uniti, i piani per la catena di approvvigionamento midstream come il materiale attivo catodico precursore (pCAM) e il materiale attivo catodico (CAM) rimangono limitati. Entro il 2030, si prevede che quasi il 90% di queste capacità rimarrà concentrato in Cina, riducendo i vantaggi del riciclo in termini di sicurezza, poiché i riciclatori devono competere a livello globale per rifornire i produttori di CAM e i produttori di celle continuano a importare CAM. Un sostegno strategico per lo sviluppo midstream e i progetti integrati verticalmente potrebbero creare acquirenti nazionali più affidabili per i riciclatori. Le partnership strategiche con i paesi in espansione della produzione di CAM, come la Corea, potrebbero fornire una soluzione supplementare e fungere da prezioso off-taker per i riciclatori europei e statunitensi.

Il riciclo dei metalli tradizionali: il rame

Il rame è un materiale essenziale utilizzato in un'ampia gamma di applicazioni elettriche, ma un deficit di approvvigionamento sta iniziando ad apparire all'orizzonte. Entro il 2035 i progetti annunciati saranno sufficienti solo a soddisfare il 70% del fabbisogno di rame nell'APS. Si prevede che la disponibilità di rottami di rame crescerà insieme al consumo fino al 2030, per poi superare la crescita della domanda. Nell'APS, i volumi di rottame (prima delle perdite di raccolta e lavorazione) aumentano dagli attuali 16 milioni di tonnellate (Mt) a 19 Mt entro il 2030 e a 28 Mt entro il 2050, pari al 70% della domanda prevista.

Figure 2.21 Relationship between copper recycling volume and price



IEA. CC BY 4.0

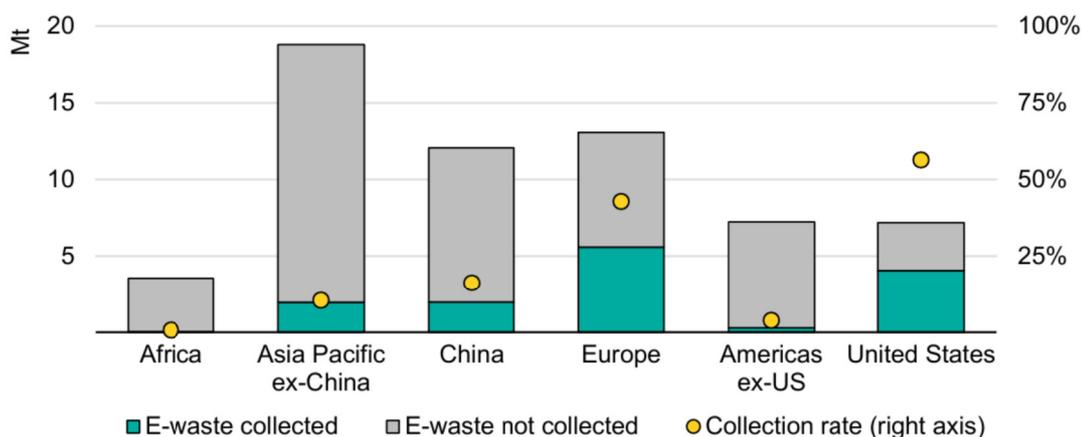
L'edilizia rimane la principale fonte di rottami di rame a fine vita, ma i rottami provenienti dai veicoli elettrici e dallo stoccaggio sono destinati a crescere più rapidamente, espandendosi di oltre 35 volte tra il 2030 e il 2050. L'aumento dei tassi di raccolta e l'investimento nella capacità di trattamento secondario sono fondamentali per sfruttare appieno questo potenziale e alleviare le future pressioni sull'offerta.

Nell'APS, la quota dell'offerta secondaria di rame nella domanda totale (esclusi i rottami per uso diretto) sale dall'attuale 17% a quasi il 40% entro il 2050, sottolineando il ruolo fondamentale del riciclo del rame nell'allentare le future pressioni sull'offerta.

Recupero di metalli da rifiuti elettronici

Il recupero dei metalli dai rifiuti elettronici richiede molta più attenzione da parte dell'industria e dei responsabili politici. Nonostante la crescente consapevolezza, solo un quarto dei rifiuti elettronici generati nel 2022 è stato documentato come correttamente raccolto e riciclato. Dal 2010, la produzione globale di rifiuti elettronici è aumentata cinque volte più velocemente degli sforzi di raccolta e riciclo, con conseguente diminuzione della quota di rifiuti elettronici riciclati.

Figure 2.34 Amount of e-waste generated and collected by region, 2022



IEA. CC BY 4.0.

Solo nel 2022, i metalli contenuti nei rifiuti elettronici sono stati valutati a circa 90 miliardi di dollari, di cui solo 28 miliardi di dollari recuperati e trasformati in materiali preziosi. Dei 193 paesi valutati nel rapporto della Corte, solo 80 disponevano di normative sui rifiuti elettronici a giugno 2023, suggerendo un ampio margine di manovra per rafforzare le azioni politiche.

Riciclo da magneti permanenti

Attualmente, la maggior parte delle materie prime per il riciclo delle terre rare proviene da perdite di produzione, con il riciclo a magneti permanenti a fine vita limitato da bassi tassi di raccolta (inferiori al 5%) e da costi economici impegnativi. Tuttavia, il crescente uso di magneti permanenti nei motori EV e nelle turbine eoliche potrebbe aumentare i tassi di raccolta. Gli alti tassi di raccolta, tuttavia, da soli potrebbero non essere sufficienti, poiché i riciclatori spesso danno la priorità a materiali più accessibili o di valore superiore come il rame o i metalli delle batterie. Il miglioramento dei tassi di riciclo in questo settore richiederà probabilmente misure aggiuntive come incentivi economici mirati, mandati di riciclo delle terre rare e impegni dei consumatori a utilizzare il contenuto riciclato nei prodotti

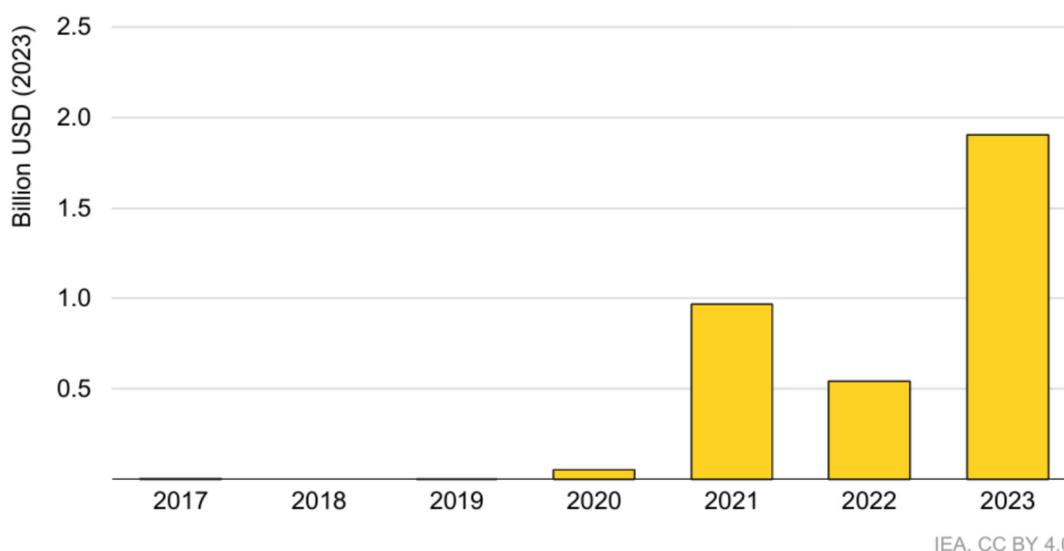
Rifiuti minerari

L'estrazione mineraria genera circa 100 miliardi di tonnellate di rifiuti ogni anno, in aggiunta alla considerevole quantità già esistente negli sterili attivi, inattivi e chiusi. **Entro il 2030 il volume dei rifiuti accumulati è destinato ad aumentare di quasi il 90% rispetto ai livelli del 2020.** Il ritrattamento dei rifiuti minerari, o sterili, può ridurre la produzione di rifiuti e mitigare gli impatti ambientali come la contaminazione dell'acqua, i rischi per la sicurezza e l'inquinamento del suolo. Per i siti chiusi o abbandonati, rappresenta anche un'opportunità di bonifica ambientale. In precedenza, i minerali lasciati nei rifiuti minerari erano considerati economicamente non redditizi, ma il declino della qualità del minerale e i futuri problemi di approvvigionamento stanno rendendo il ritrattamento più attraente

Politica ed economia

I profitti per il riciclo dei minerali della transizione energetica possono essere inferiori a quelli dei materiali sfusi, ma un maggiore sostegno politico e la disponibilità di materie prime possono rafforzare il business case. **Il riciclo dei metalli delle batterie, basato sul mercato, è particolarmente sensibile alle fluttuazioni dei prezzi dei materiali, richiedendo ai riciclatori di disporre di bilanci e capitale circolante solidi per far fronte alla volatilità e ai cicli delle materie prime.** Nuovi modelli, come il riciclo per conto terzi e la condivisione dei ricavi, potrebbero offrire ai riciclatori una migliore stabilità economica e incoraggiare gli investimenti a lungo termine, in particolare per le batterie LFP.

Figure 3.5 Venture capital investment in battery and waste recycling



Le nuove tecnologie sono promettenti per migliorare l'efficienza del riciclo. Le tecnologie attuali spesso si scontrano con la complessità e la diversità dei prodotti contenenti minerali critici, con conseguente riduzione dei tassi di recupero e della perdita di materiale. Le tecnologie emergenti come la selezione avanzata, i nuovi processi chimici e fisici e i nuovi metodi di controllo della qualità possono aiutare a superare queste sfide. **Le tendenze positive sono evidenti: i brevetti di riciclo delle batterie agli ioni di litio sono cresciuti a un tasso medio annuo del 56% dal 2017 al 2022 e gli investimenti di venture capital nel riciclo di batterie e rifiuti sono aumentati tra il 2022 e il 2023.** Gli incentivi politici e le collaborazioni tra gli istituti di ricerca e l'industria saranno essenziali per portare queste tecnologie promettenti sul mercato.

I paesi stanno adottando misure per regolamentare il commercio di rottami per ridurre la dispersione di rifiuti non gestiti e incentivare la capacità di riciclo nazionale. Oltre alle normative nazionali, gli accordi internazionali sui rifiuti, come la convenzione di Basilea e la decisione dell'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico sul controllo dei movimenti transfrontalieri di rifiuti, continuano a rafforzare il controllo del commercio transfrontaliero di rifiuti. Queste misure contribuiranno a garantire che i rottami esportati siano adeguatamente riciclati e trattati in modo sostenibile nelle regioni importatrici. Tuttavia, un'attuazione efficace e agile è essenziale per evitare che queste normative ostacolino la crescita dell'industria globale del riciclo.

Il riciclo non è esente da impatti ambientali e sociali. Un riciclo delle batterie gestito in modo inadeguato può causare inquinamento da residui di rifiuti, contaminanti dell'acqua ed emissioni nocive. In molti paesi, la fase di raccolta dei rifiuti comporta spesso il lavoro minorile o pratiche non sicure. Sebbene stiano emergendo vari standard volontari, vi sono ancora lacune significative negli aspetti sociali e di governance, che richiedono sforzi per rafforzare gli standard di riciclo esistenti. I responsabili politici devono guardare oltre il riciclo per integrare principi più ampi dell'economia circolare. Le opportunità che vanno oltre il riciclo includono la progettazione circolare dei prodotti, la riparazione, il ricondizionamento, il riutilizzo e il riutilizzo. I principi di progettazione circolare riflettono l'importanza di migliorare la durata dei prodotti e facilitare il riciclo a fine vita.

Azioni chiave per i responsabili politici

Questo rapporto distilla una serie di azioni chiave per i responsabili politici per aumentare il riciclo dei minerali critici.

1. Elaborare **tabelle di marcia** dettagliate per le politiche a lungo termine: fissare obiettivi chiari e tappe intermedie per fornire chiarezza sugli orientamenti politici e maggiore certezza per gli investitori.
2. **Armonizzare le politiche di gestione e riciclo dei rifiuti** per sviluppare mercati secondari efficienti: facilitare la cooperazione internazionale per ridurre le barriere commerciali e minimizzare le perdite non gestite.
3. **Rafforzare le infrastrutture nazionali** con incentivi e mandati: incoraggiare gli investimenti nella capacità di riciclo a livello nazionale e regionale con incentivi economici.
4. **Incoraggiare la tracciabilità, gli standard e le certificazioni** per aumentare il consumo di materiali riciclati: l'adozione delle industrie del riciclo è resa possibile dalla trasparenza e dalle migliori pratiche internazionali.
5. Fornire un **sostegno finanziario** mirato all'innovazione tecnologica, alla ricerca e allo sviluppo e alla formazione della forza lavoro: garantire un sostegno continuo a processi più efficienti, alla scalabilità delle tecnologie collaudate e alla formazione di una forza lavoro pronta per la nuova economia energetica.
6. **Rafforzare i sistemi di riciclo nelle economie emergenti** e in via di sviluppo: introdurre nuovi strumenti tecnici e finanziari per sostenere gli investimenti nelle regioni più vulnerabili agli effetti di una gestione impropria dei rifiuti.
7. **Colmare le lacune nei dati e nelle informazioni**: l'accesso a dati affidabili e granulari è fondamentale per scelte politiche e di investimento efficienti.
8. **Adottare un approccio olistico che vada oltre il riciclo**: la progettazione, il riutilizzo, la riparazione e la ristrutturazione dei prodotti possono svolgere un ruolo importante nel garantire catene del valore minerarie sostenibili.