

# Analisi del fabbisogno di materie prime critiche in Italia

---

## LA NUOVA SFIDA PER LE MATERIE PRIME STRATEGICHE NON ENERGETICHE

**Angelo Di Gregorio**, Professore ordinario di Economia e gestione delle imprese, Dipartimento di Scienze Economico-Aziendali e Diritto per l'Economia, Università degli Studi di Milano-Bicocca, [angelo.digregorio@unimib.it](mailto:angelo.digregorio@unimib.it)

**Alessandro Cavallo**, Ricercatore di Georisorse minerarie, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università degli Studi di Milano-Bicocca, [alessandro.cavallo@unimib.it](mailto:alessandro.cavallo@unimib.it)

**Cristina Lanzi**, Ricercatore, Dipartimento per la produzione statistica, Istat, [crlanzi@istat.it](mailto:crlanzi@istat.it)

**Mirella Morrone**, Ricercatore, Dipartimento per la produzione statistica, Istat, [mimorrone@istat.it](mailto:mimorrone@istat.it)

**Debora Tortora**, Professore associato di Economia e gestione delle imprese, Dipartimento di Scienze Economico-Aziendali e Diritto per l'Economia, Università degli Studi di Milano-Bicocca, [debora.tortora@unimib.it](mailto:debora.tortora@unimib.it) – *corresponding author*

## 1 Premessa

Se il tema della disponibilità di risorse, tangibili ed intangibili, anima da sempre importanti dibattiti nell'ambito del management d'impresa, non vi è dubbio che l'accesso a forniture naturali considerate critiche costituisca a livello nazionale e sovranazionale – dunque non solo per le organizzazioni imprenditoriali – una questione di rilevanza strategica, con evidenti ricadute anche dal punto di vista sociale e geopolitico.

L'incremento della domanda di risorse di vario tipo – specialmente materie prime critiche – a livello globale, collegato alla crescita economica (demografica, industriale, connessa a nuove applicazioni tecnologiche, ma anche alle aumentate necessità dei Paesi in via di sviluppo), come alla decarbonizzazione dei trasporti e dei sistemi energetici, influisce sul tema della dipendenza da conferimenti extra-nazionali, ulteriormente provato dal rischio di improvvisa interruzione delle catene di approvvigionamento (Ku et al., 2018), come ha drasticamente recentemente messo in luce l'evento pandemico legato alla diffusione del virus Covid-19 (Akcil et al., 2020; ; Orlando et al., 2021; EIT RawMaterials, 2020).

A ciò si aggiunga, non da ultimo, la necessità di ridurre, quando possibile, l'impiego di tali materie nelle attività industriali come nei prodotti, unitamente all'impegno di promuoverne il riutilizzo ed il riciclo prima di dichiararne il fine vita (Turco, 2020), per sottolineare l'urgenza di riflessioni mirate ed ormai improcrastinabili.

Invero, diventa in tal senso necessario reinterpretare proprio il binomio sviluppo economico – impiego di risorse, poiché l'uso "intelligente" di queste ultime, migliorandone efficienza e circolarità, può garantire la prosperità collettiva nel segno della sostenibilità ambientale, economica e sociale.

In tale ottica, un'approfondita analisi sulle materie prime critiche, volta alla chiara determinazione del fabbisogno nel nostro Paese, così come ai settori di destinazione, al fine di contenerne la dipendenza, rappresenta il *leitmotiv* del presente studio, pienamente nel solco delle indicazioni dell'Unione Europea in tema di New Green Deal, la nuova strategia di crescita volta ad avviare il percorso di trasformazione dell'Europa in una società a impatto climatico zero – neutralità climatica entro il 2050 – con un'economia prospera ed efficiente sotto il profilo delle risorse, oltre che competitiva (Consiglio Europeo, 2021). Più in dettaglio, tra le varie azioni promosse dalla Commissione Europea proprio con riguardo alla resilienza delle materie prime critiche si segnala principalmente, seppur non in via esclusiva:

- Azione 8 - Elaborare progetti di ricerca e innovazione nell'ambito di Orizzonte Europa relativi ai processi di sfruttamento e trasformazione delle materie prime critiche per ridurre l'impatto ambientale a partire dal 2021 (Commissione Europea, 2020).

In ottemperanza a tale azione di indirizzo generale, ma trasversalmente anche alle altre azioni indicate dalla Commissione Europea, è stato realizzato il presente progetto, che intende rappresentare l'input per la realizzazione di una sorta di *road map* per procedere verso un modello di economia circolare in grado di superare il conflitto tradizionale tra interesse economico e interesse ambientale e sociale, riuscendo a riconciliarli in una più ampia accezione di "benessere".

In particolare, l'analisi ragionata del fabbisogno di materie prime strategiche non energetiche in Italia, tenendo in considerazione anche i cicli produttivi in cui esse vengono impiegate e le potenzialità di sviluppo industriale, potrà consentire di pianificare più accuratamente non solo il loro approvvigionamento, evitando per quanto possibile dipendenze e interruzioni delle catene di fornitura, evento quest'ultimo capace di mettere in ginocchio interi settori produttivi, ma anche di comprendere come ridurre l'impatto ambientale, in ottica di circolarità.

Per ottemperare a tale ambizioso obiettivo, il presente studio, quale prima fase di un più ampio progetto di ricerca<sup>1</sup>, parte proprio dalla determinazione delle importazioni di materie prime non energetiche per giungere ad un'analisi delle materie prime strategiche per il nostro sistema paese e per l'Unione Europea, valutandone gli scostamenti in relazione al loro uso.

## 2 Le Critical Raw Material

Sia la letteratura che la pratica mostrano come la maggior parte delle sfide cui è chiamata a rispondere la società in un immediato futuro, come la transizione verso forme di energia a bassa emissione di CO2 nell'intento di frenare il cambiamento climatico, la spinta verso una mobilità più ecologica, la promozione attiva della *green economy* (Loiseau et al., 2016; Mikhno et al., 2021) – solo per citarne alcune – richieda l'impiego di materiali ritenuti ad elevata criticità, sia per una limitata disponibilità a livello globale e per una distribuzione non uniforme, sia perché il loro sfruttamento è molto spesso accompagnato da esternalità sociali ed economiche negative (Langkau & Espinoza, 2018).

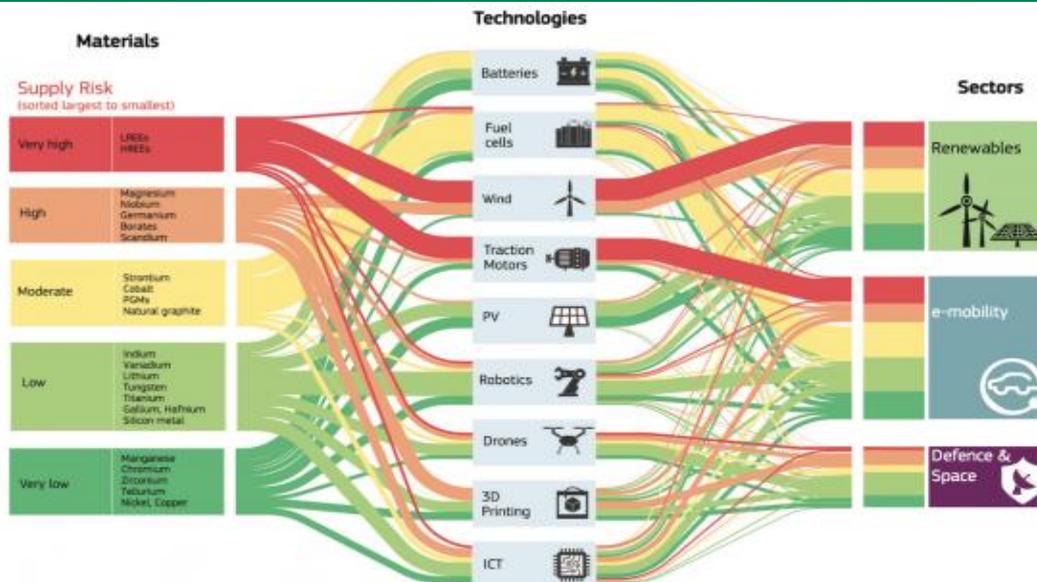
Solo a titolo di esempio, proprio nella auspicata transizione verso forme di energia pulita la produzione di batterie sostenibili diventa un imperativo strategico per l'Europa, oltre che per sostenere l'intero mercato automobilistico. Anzi, proprio la transizione dal trasporto tradizionale alla mobilità elettrica risulta urgente se, in linea con il Green Deal, si vuole rispettare la riduzione delle emissioni nel settore della mobilità e dei trasporti del 90% entro il 2050. Il settore dell'*automotive* contribuisce al Pil italiano per oltre il 10% e rappresenta una delle maggiori *industry* della manifattura del Bel Paese (www.ecomagazine.it, 2021). Il passaggio agli autoveicoli *green*, tuttavia, ed il conseguente raggiungimento della neutralità carbonica devono essere accompagnati da una pianificazione graduale, con una visione di medio-lungo termine, perché innescanti istanze economiche e sociali da non sottovalutare. È lecito, infatti, interrogarsi sulla effettiva capacità dell'industria italiana ed europea di sostenere le necessarie modifiche per adeguare il modello di *business*, rispetto all'attuale, con tutte le eventuali conseguenze in termini di occupazione e di indotto (www.repubblica.it, 2021). Tuttavia, la questione più rilevante per le considerazioni fin qui esposte riguarda la necessità, come già ricordato, di una crescente disponibilità di materie prime per la produzione di auto elettriche. Oltre al tema complesso dell'approvvigionamento (cui si aggiunge la riflessione che anche la produzione di energia per la ricarica necessaria al loro funzionamento debba altresì provenire da fonti rinnovabili), si deve considerare anche quello del riciclo delle materie prime come litio, nichel, cobalto e manganese che ne compongono le batterie. In particolare, in attesa di altre tecnologie, il litio è oggi elemento fondamentale per la costruzione delle batterie, con una produzione passata, tra il 2008 ed il 2018, da 25.400 a 85mila tonnellate ed un *trend* che si prevede in costante crescita per i prossimi venti anni. Accanto all'obiettivo di lungo termine di arrivare a riciclare oltre il 90% delle materie prime che compongono le batterie, oggi fermo al 50%, e in aggiunta al garantirne lo sfruttamento di là da della vita utile (ad esempio batterie di seconda vita recuperate da veicoli elettrici usati che possono essere impiegate come efficaci sistemi di stoccaggio per stabilizzare la rete, in particolare quando è alimentata da fonti "variabili" come il solare o l'eolico), occorrerebbe interrogarsi sull'effettiva quantità di minerali necessaria per la decarbonizzazione dell'economia, valutandone le riserve concretamente fruibili a livello globale e la reale capacità (in termini di sufficiente disponibilità e prezzi) di sostegno alla transizione ecologica. Più in generale, la riconversione delle produzioni maggiormente energivore, che trovano la loro principale fonte di alimentazione nei combustibili fossili, in sistemi industriali operanti nell'ambito della *green economy*, basati sull'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, richiede un notevole apporto ed utilizzo di materie prime critiche, e non solo. Ci si attende, dunque, un incremento della domanda, la cui soddisfazione passa proprio

---

<sup>1</sup> Lo studio è stato sviluppato nell'ambito delle attività del Laboratorio Materie Prime del Criet – Centro di Ricerca Interuniversitario in Economia del Territorio, Università degli Studi di Milano-Bicocca.

per la disponibilità di materie prime che, invece, risultano sempre più problematiche e/o costose da reperire. In altre parole, l'approvvigionamento alla base delle produzioni tecnologiche, dagli *smartphone* alle turbine eoliche, ai pannelli solari, droni, batterie per i veicoli elettrici, ecc., rischia di diventare un problema per la conversione ecologica (Figura 1).

Figura 1 – Esempi di flussi di materie critiche e rischi di approvvigionamento per 9 tecnologie e tre settori



Fonte: European Commission, 2020

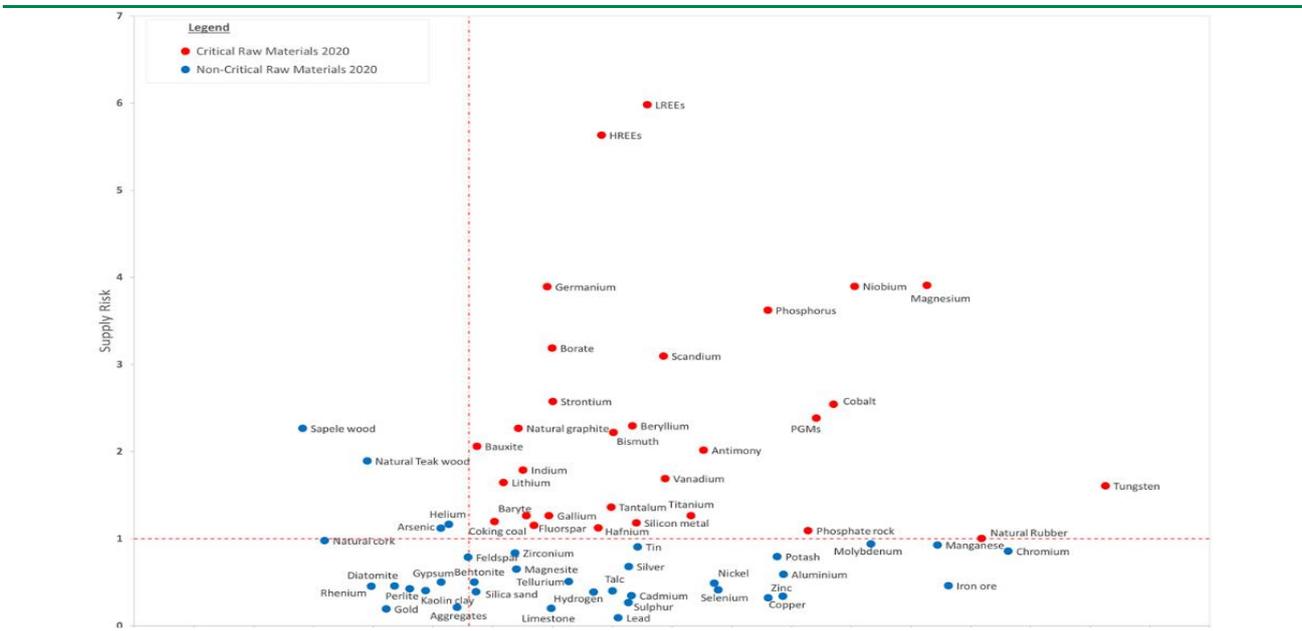
In aggiunta, la mancanza di incentivi ad investire in nuove tecnologie e soluzioni di riciclo, il funzionamento inefficiente del mercato unico, con quadri normativi non armonizzati che non favoriscono condizioni di concorrenza sufficientemente eque, l'assenza di trasparenza sull'approvvigionamento delle materie prime, rappresentano un ostacolo reale all'incremento produttivo, rischiando di generare un circolo vizioso proprio a carico dell'auspicata maggiore sostenibilità energetica. Infine, necessità di notevoli investimenti per il loro sfruttamento, elevato carico ambientale per la produzione ed il successivo recupero/smaltimento, impatti sociali indesiderati se non addirittura riprovevoli dal punto di vista etico ne complicano non poco il pur necessario impiego (Hofmann et al., 2018).

Se l'abbandono dei combustibili fossili sembra, dunque, la strada da percorrere, è altresì evidente che la transizione ecologica non può ignorare l'impatto centrale per l'economia e la produzione industriale, considerando che la catena di approvvigionamento delle risorse materiali necessarie è soggetta a rischi strategici, legati principalmente al fatto che la maggior parte di esse viene estratta in paesi extra-europei, spesso in condizioni sociali problematiche (a partire dallo sfruttamento della manodopera, anche minorile) e con metodi molto impattanti dal punto di vista ambientale, suggerendo quasi una contraddizione in termini che, tuttavia, non può non essere ignorata.

La Commissione Europea classifica le materie prime come critiche se rivestono un'importanza economica decisiva, sia per la loro applicazione in settori ad elevato valore aggiunto, che per il loro legame con la realizzazione di tecnologie pulite (di cui si prevede un intenso sviluppo nel prossimo futuro, con conseguente impatto economico); altro parametro che conferisce ad un materiale lo status di risorsa critica concerne il rischio di fornitura, o meglio di interruzione della catena di fornitura, legata a condizioni di stabilità politica e livello di sviluppo della rete commerciale del Paese di produzione. Rientrano, dunque, nel novero delle materie prime critiche quelle che non possono essere prodotte in modo affidabile all'interno

dell'Unione Europea (UE), sono più difficilmente sostituibili o avviabili ad un percorso di economia circolare e devono essere, quindi, in larga misura importate (European Commission, 2020) – Figura 2.

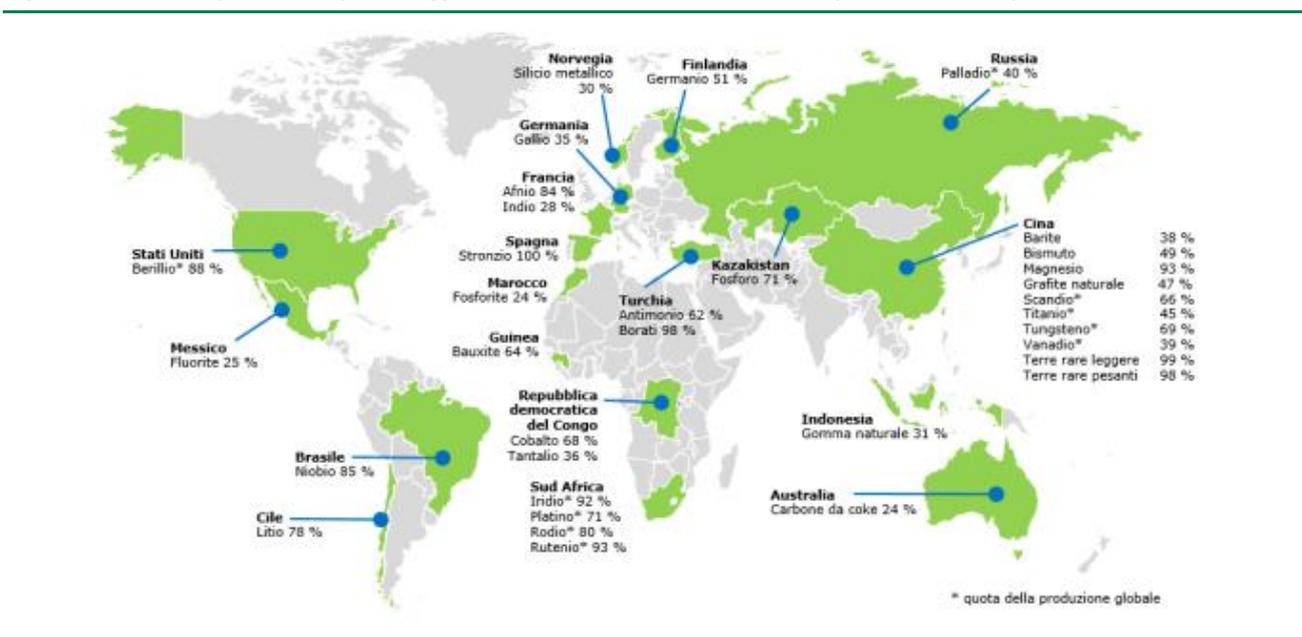
**Figura 2 – Rappresentazione delle Critical Raw Material sulla base della lista 2020**



Fonte: European Commission, 2020

Invero, sebbene l'Europa vanti una considerevole tradizione mineraria e moderne ed efficienti tecnologie estrattive ed anche nel continente possa rintracciarsi la produzione di alcuni materiali rilevanti in base ai due criteri citati, per la maggior parte delle sue necessità industriali l'economia europea dipende grandemente dalle importazioni provenienti da Paesi extra-europei. La Cina, infatti, fornisce all'UE il 98% delle terre rare (REE), la Turchia il 98% di borato e il Sud Africa soddisfa il 71% del fabbisogno di platino e una percentuale maggiore di metalli come iridio, rodio e rutenio – Figura 3.

**Figura 3 – Paesi che esprimono la quota maggiore di offerta di Critical Raw Material per l'Unione Europea**



Fonte: European Commission, Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, 30.10.2020

Per salvaguardare la competitività delle industrie manifatturiere dunque, ed altresì accelerare la transizione verso una società più efficiente e sostenibile sotto il profilo delle risorse, l'UE ha avviato nel 2008 la Raw Materials Initiative, consolidatasi poi nel 2011, che si basa su tre pilastri fondamentali:

- (i) garantire un approvvigionamento equo e sostenibile di materie prime nei mercati globali;
- (ii) promuovere l'approvvigionamento sostenibile di materie prime all'interno dell'UE;
- (iii) accrescere l'efficienza delle risorse e l'approvvigionamento di "materie prime secondarie" sostenendo il riciclo (European Commission, 2020).

Tali obiettivi, necessari quanto apprezzabili, devono però anche essere valutati alla luce della auspicata (ma anche disciplinata per legge) transizione ecologica e della necessaria trasformazione digitale, piani questi ultimi per la cui effettiva realizzazione si prevede un drastico aumento della domanda di alcune materie prime critiche per l'Europa (Girtan et al., 2021).

### 3 Analisi del fabbisogno di materie prime strategiche in Italia

Nel quadro appena tracciato ancor più complessa è la situazione a livello nazionale, con un'industria che dipende per circa il 90% dalle importazioni di materie prime, tra cui non fanno certo eccezione quelle critiche (Erion, 2021). Una subordinazione che, peraltro, complici – benché non uniche responsabili – le misure di confinamento decise dal governo italiano (così come da tantissimi altri stati) quale strategia di contenimento del nuovo Coronavirus (Covid-19), ha manifestato nel recente passato tutta la sua precarietà.

Con il *lockdown*, infatti si è verificata una modifica nella configurazione dei consumi, sia in termini di bisogni che di realizzazione del comportamento d'acquisto, che per alcuni aspetti si è evoluta da situazione contingente a condizione strutturale (minori trasporti, più servizi *online*, ma anche maggiore consumo di energia elettrica, *e-commerce*, acquisti di elettronica di consumo). In aggiunta eventi climatici estremi verificatisi a livello globale (temperature ben al di sopra della media, incendi devastanti, siccità, ma anche inattese gelate, come in Usa a febbraio 2021) hanno influito non poco sull'attività del settore petrolchimico. Infine, un dollaro molto debole ha reso molto convenienti gli investimenti in materie prime, generando effetti speculativi (Murray et al., 2021).

Di conseguenza, tutte queste concause hanno portato nell'ultimo anno anche l'industria italiana a sperimentare difficoltà di approvvigionamento sul mercato delle materie prime, peraltro fruibili a prezzi sempre più elevati, con importanti ripercussioni sull'attività produttiva di molte piccole e medie imprese (Economia circolare, 2021). I prezzi internazionali in dollari delle materie prime usate dalle imprese italiane hanno subito macro-incrementi, come il rame ed il ferro, che hanno registrato rispettivamente aumenti del +43% e +79% tra ottobre 2020 e giugno 2021. Aumenti, peraltro, che si prevedono perdurare per tutto il 2021, con incrementi che possono oscillare dal 104% per le materie siderurgiche (laminati piani in primo luogo), all'87% del legname, al 39% della cellulosa, al 33% del cotone (Confindustria, 2021). I settori metalmeccanico, automobilistico, elettronico, chimico, edile, tessile e del mobile ne hanno risentito maggiormente. È da considerare come tale situazione, poi, non rimanga una problematica confinata al solo sistema produttivo, ma rappresenti un costo per l'intera collettività, non solo in termini di disagi nella disponibilità di alcuni prodotti ed aumento dei prezzi di vendita, ma soprattutto per le ricadute negative a livello occupazionale (taglio di posti di lavoro).

Ad esempio, la recente carenza di semiconduttori sperimentata dall'industria automobilistica in Italia e a livello globale, ma anche nell'elettronica di consumo (esemplare il ritardo nel lancio da parte di Sony della piattaforma videoludica PlayStation 5 per l'assenza di semiconduttori da parte del principale fornitore al mondo, lo stato di Taiwan) ha ben messo in evidenza come intere filiere di produzione, e relative economie, possano essere prese in ostaggio. I semiconduttori, struttura materiale di base per creare una serie di dispositivi chiave dell'elettronica come transistor, microprocessori, circuiti integrati, ecc. per il

funzionamento di televisori, *smartphone*, auto, frigoriferi, aeromobili, richiedono la disponibilità di silicio, cobalto, litio, grafite, nickel, niobio, gallio, germanio, vanadio e indio, tutte materie prime critiche nel periodo in esame più difficilmente reperibili (per l'evento pandemico, l'aumento esponenziale della domanda di prodotti elettronici, ma anche per le crescenti tensioni tra Usa e Cina, e la "ripartenza a V", ovvero la ripresa simultanea ed in tempi brevissimi di tutto il sistema industriale – Querzè, 2021).

In tale contesto, dunque, potrebbero subire rallentamenti anche i progetti di investimento e le misure di sostegno del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).

La situazione dell'opportuno controllo delle materie prime in generale (sia in termini di sicurezza di approvvigionamento che di prezzi di acquisto), allora, presenta assolutamente carattere di urgenza, per non rallentare il cammino della ripresa ed ancor di più per essere in grado di fronteggiare (anziché subire) il già citato ed atteso incremento di domanda di materiali (a livello globale, oltre che nazionale) necessari a sostenere la transizione economica verso le energie rinnovabili ed il passaggio alla mobilità elettrica. Si pensi, ad esempio, al fabbisogno nazionale di terre rare (ittrio, scandio<sup>2</sup>, disprosio, neodimio, gadolinio, europio, ceria<sup>3</sup>), necessarie per il funzionamento dell'industria italiana per l'innovazione tecnologica in tanti settori (oltre alla transizione energetica, vi sono il settore aerospaziale e della difesa, l'industria automobilistica, a componentistica elettronica) che ne utilizza alcune migliaia di tonnellate ogni anno, con previsioni di forte crescita della domanda fino al 2030 (Erion, 2021).

Infine, è doveroso ricordare che uno degli obiettivi del Piano di Azione per le materie critiche emanato dalla Commissione Europea nel settembre 2020 mira a ridurre la dipendenza del continente (quindi anche dell'Italia) da tali materie, appunto, promuovendo l'uso circolare delle risorse, la realizzazione di prodotti sostenibili ed un'innovazione di tipo inclusivo. In tal senso, una strategia per ridurre, almeno parzialmente, la dipendenza dell'Italia dalle complesse dinamiche dei mercati globali delle materie prime critiche, dovrebbe tenere in considerazione la possibilità di valorizzare la "miniera urbana" di rifiuti tecnologici (RAEE), favorendo una gestione orientata al riciclo anziché allo smaltimento delle apparecchiature elettriche ed elettroniche post consumo. I RAEE possono trasformarsi da costo ad elementi di valore, grazie alla possibilità di ottenere materie prime e materiali critici che diversamente si dovrebbero importare, segnando il reale passaggio da una economia lineare ad una circolare, con effetti positivi sull'ambiente e sull'occupazione per il sistema Paese. Naturalmente anche in questo caso, sono necessari investimenti, che il PNRR potrebbe sostenere.

Tuttavia, perché si possa giungere alla realizzazione di tale obiettivo, è necessario compiere un passo indietro e comprendere il reale fabbisogno di materie prime, effettivamente rilevanti e difficili da reperire (sia per questioni di prezzo che di reale disponibilità), che le organizzazioni imprenditoriali esprimono allo stato attuale, chiarendone l'impiego necessario in termini produttivi, ma anche in maniera prospettica, poiché da ciò dipende la domanda futura. Ovviamente non tutti i settori produttivi mostrano poi la stessa necessità, né la medesima possibilità di sostituzione delle materie prime critiche con altre risorse, senza per questo produrre effetti in termini di costi e/o efficacia/efficienza produttiva.

Nell'intento di fornire risposta a tali istanze, il presente progetto di ricerca intende procedere a ricostruire in maniera esaustiva necessità ed impieghi di materie prime strategiche nell'industria nazionale, sia nello scenario attuale che in termini previsionali.

---

<sup>2</sup> Scandio (Sc) e ittrio (Y) sono considerate "pseudo terre rare", per via della loro affinità e comportamento geochimico analogo alle REE s.s. Dal punto strettamente geochimico è una forzatura, ma a livello di utilizzi ormai è la prassi considerare Sc ed Y insieme alle REE, come nel presente studio,

<sup>3</sup> Quelle indicate sono un numero limitato di terre rare; a livello nazionale l'utilizzo è molto contenuto. Sicuramente tra esse il cerio (Ce), come ossido (ceria), viene utilizzato come abrasivo e lucidante per la produzione di vetri e lenti.

#### 4 La metodologia

Muovendo dalle considerazioni esposte, lo studio proposto intende valutare la determinazione delle importazioni di materie prime non energetiche, per giungere all'analisi delle materie prime rilevanti per il nostro sistema Paese e non solo critiche per l'UE, valutando gli scostamenti in relazione al loro uso.

A tal fine il primo *step* di ricerca ha inteso monitorare in maniera approfondita il fabbisogno espresso dall'industria nazionale in termini di materie prime non energetiche, attraverso una valutazione ragionata delle relative importazioni, al fine di circoscrivere l'analisi a quelle realmente strategiche a livello di sistema Paese. Come si è evidenziato in precedenza, infatti, accanto al tema delle *critical raw material*, non si deve tralasciare di dedicare la dovuta attenzione a tutte quelle materie in cui l'accezione di criticità si lega alla rilevanza ed all'influenza esercitate sul sistema produttivo nazionale, che costituisce l'ossatura del Paese. Il quadro d'osservazione, in tale ottica, diventa allora ben più ampio.

Per comprendere chiaramente l'oggetto di analisi, è doveroso chiarire che nello studio proposto si opera una distinzione (non solo terminologica) applicata agli aggettivi "critico" e "strategico" in associazione alle materie prime. In dettaglio, nel fare riferimento alle materie prime considerate dall'UE si assume, come è giusto che sia, la condivisa designazione di "materie prime critiche" (*critical raw material*, con riferimento a quelle definite tali dalla Commissione Europea); invece, a livello nazionale è preferibile parlare di "materie prime strategiche" (*strategic raw material*), prendendo in considerazione, oltre a tutte quelle critiche per l'Europa, anche altre materie ritenute importanti per il funzionamento dell'industria nazionale.

Pertanto, la domanda di ricerca, essenziale ma di rilevanza necessaria per comprendere il reale stato di fatto dell'industria nazionale, nonché l'orientamento futuro, può essere sintetizzata come segue:

*"Le materie prime critiche indicate dall'Unione Europea sono davvero strategiche per l'economia nazionale?"*

Per la determinazione degli elementi da osservare ci si è focalizzati sulle materie prime strategiche non energetiche secondo la classificazione elaborata dall'Istat nel 2020, nell'intento di determinarne la strategicità in relazione al livello di importazione ed ai settori di impiego. Tale classificazione è stata preventivamente validata da ricercatori esperti del settore. La classificazione utilizzata per l'attività di ricerca è riportata in Tabella 1.

Utilizzando tale classificazione, si è proceduto alla determinazione in valore delle importazioni di materie prime non energetiche, classificandole in relazione alla rilevanza degli acquisti. Il *dataset* è stato costituito da tutti gli acquisti (in valore e quantità) effettuati a livello nazionale nel periodo 2015-2020, registrati dall'Istat, per le materie elencate in Tabella 1.

Lo *step* successivo ha posto l'attenzione sulle materie prime critiche non energetiche secondo la catalogazione fornita dall'UE. L'intento è stato quello di evidenziare i principali scostamenti tra i materiali ritenuti rilevanti per l'industria nazionale e quelli che, invece, hanno attirato l'attenzione dell'UE, in relazione al livello di importazione ed ai settori di impiego. La classificazione utilizzata per il confronto è riportata in Tabella 2.

Partendo da tale base informativa, dunque, si è proceduto ad individuare le materie più interessanti in relazione al livello di importazione, incrociando i risultati ottenuti con i settori di destinazione, di cui successivamente si proporrà un'analisi più approfondita relazione alla rilevanza del valore economico.

Senza voler anticipare le future prospettive (cfr. paragrafo 7), l'articolo propone i risultati relativi ad una prima fase di ricerca, quale *output* preliminare di un progetto di più ampio respiro. I risultati attesi in questa

fase, dunque, riguardano l'organizzazione di una serie di informazioni, validate dai dati, funzionali alla costituzione di una lista ragionata di materie prime strategiche non energetiche per l'Italia. Dette *strategic raw material* verranno successivamente analizzate con riferimento ai settori chiave per l'economia nazionale in base al fabbisogno espresso, nonché per una riflessione sulla domanda potenziale.

**Tabella 1 – Strategic Raw Materials**

Industrial and construction minerals	Iron and ferro-alloy metals	Precious metals	Rare earths	Other non-ferrous metals	Bio and other materials
Aggregates	Chromium	Gold	Heavy rare earths (*)	Aluminium	Natural cork
Baryte	Cobalt	Silver	Light rare earths (**)	Antimony	Natural rubber
Bentonite	Manganese	Platinum Group Metals (***)	Scandium	Arsenic	Natural teak wood
Borates	Molybdenum			Beryllium	Sapele wood
Diatomite	Nickel			Bismuth	Coking coal
Feldspar	Niobium			Cadmium	Hydrogen
Fluorspar	Tantalum			Copper	Helium
Gypsum	Titanium			Gallium	
Kaolin clay	Tungsten			Germanium	
Limestone	Vanadium			Hafnium	
Magnesite				Indium	
Natural graphite				Lead	
Perlite				Lithium	
Phosphate rock (****)				Magnesium	
Potash				Rhenium	
Silica sand				Selenium	
Sulphur				Silicon metal	
Talc				Silver	
				Strontium	
				Tellurium	
				Tin	
				Zinc	
				Zirconium	

Note: (\*) Ricomprende: (Dysprosium; Erbium; Europium; Gadolinium; Holmium; Lutetium; Terbium; Thulium; Ytterbium; Yttrium)

(\*\*) Ricomprende: Cerium; Lanthanum; Neodymium; Praseodymium; Samarium

(\*\*\*) Ricomprende: Iridium; Palladium; Platinum; Rhodium; Ruthenium; Osmium

(\*\*\*\*) Ricomprende: anche Phosphorus

Fonte: Istat, 2020

**Tabella 2 – 2020 Critical Raw Materials**

Industrial and construction minerals	Iron and ferro-alloy metals	Precious metals	Rare earths	Other non-ferrous metals	Bio and other materials
Baryte	Cobalt	Platinum Group Metals	Heavy rare earths	Antimony	Coking coal
Borate	Niobium		Light rare earths	Bauxite	Natural rubber
Fluorspar	Tantalum		Scandium	Beryllium	
Natural graphite	Titanium			Bismuth	
Phosphate rock	Tungsten			Gallium	
Phosphorus	Vanadium			Germanium	
				Hafnium	
				Indium	
				Lithium	
				Magnesium	
				Silicon metal	
				Strontium	

Fonte: European Commission, Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, 30.10.2020

## 5 I risultati di ricerca

Di seguito si propongono i risultati relativi alla prima fase di ricerca, organizzati per livello di dettaglio, al fine di renderne più agevolmente fungibile la lettura. Di conseguenza si definiscono:

- risultati di primo livello, riguardanti osservazioni sulla bilancia commerciale delle materie prime strategiche;
- risultati di secondo livello, con riferimento all'analisi del valore delle importazioni di materie prime strategiche, prendendo a riferimento le prime 30 importazioni;
- risultati di terzo livello, che ne rappresentano il confronto con le materie prime critiche a livello europeo e forniscono un approfondimento delle prime 10 materie strategiche per l'Italia;
- risultati di quarto livello, che propongono un'analisi delle importazioni di materie prime dal punto di vista quantitativo.

La suddivisione proposta non fa riferimento ad una gerarchizzazione in termini di importanza o priorità dei risultati presentati, tutti ugualmente utili all'obiettivo dello studio, bensì ne riprende la logica di osservazione.

### 5.1 Risultati di primo livello

Le prime osservazioni, con riferimento al periodo 2015/2020, consentono di evidenziare per l'Italia un saldo negativo della bilancia commerciale con riferimento alle *strategic raw material*, ovvero rilevanti per il Paese; benché le esportazioni, sempre inferiori rispetto all'import di tali materie, abbiano fatto registrare tassi di crescita interessanti (rispettivamente 18% e 19% di crescita dell'export nell'ultimo biennio sull'anno precedente, rispetto ad una crescita dell'import del 5% e del 15% nello stesso periodo) ciò non è servito a colmare il gap tra materie in entrata ed in uscita (Tabella 3).

**Tabella 3 – Bilancia commerciale delle materie prime strategiche in Italia (2015-2020) – milioni di €**

	<i>Import</i>	<i>Export</i>	<i>Saldo</i>
<b>2015</b>	16.912,17	11.665,81	- 5.246,35
<b>2016</b>	16.106,43	11.364,12	- 4.742,31
<b>2017</b>	17.729,77	11.953,36	- 5.776,41
<b>2018</b>	19.169,37	12.073,97	- 7.095,40
<b>2019</b>	20.071,31	14.332,09	- 5.739,22
<b>2020</b>	23.075,97	16.915,26	- 6.160,71

Fonte: elaborazione degli autori su dati Istat

È doveroso comunque sottolineare come, in linea con la migliore tradizione produttiva del Made in Italy, sostanzialmente si importano materiali grezzi e semilavorati per esportare all'estero soprattutto prodotti finiti, specie nei settori tradizionali e di eccellenza dell'*italian style*.

Tuttavia, è altresì da evidenziare come il saldo della bilancia commerciale delle materie prime strategiche rappresenti una prima testimonianza, anche abbastanza palese, della fragilità del Bel Paese rispetto alla tematica, sottolineandone la forte dipendenza da altri Stati per questa tipologia di approvvigionamenti. La situazione risulta, poi, ancora più allarmante se si fa riferimento a quelle materie prime di maggior rilievo per lo sviluppo della digitalizzazione e delle tecnologie che guideranno i mercati nel prossimo futuro.

## 5.2 Risultati di secondo livello

Sulla scorta delle evidenze presentate sopra, l'analisi ha inteso focalizzarsi sulle principali importazioni a livello nazionale. In Tabella 4 si riportano i primi 30 elementi<sup>4</sup> ordinati per valore decrescente delle importazioni rispetto al 2015, anno base per l'analisi in questione.

**Tabella 4 – Tipologia e valore delle importazioni di materie prime strategiche in Italia (2015-2020) – milioni di € – primi 30 elementi**

<i>Elemento</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>
<i>Bauxite</i>	4.778,17	4.499,08	5.196,59	5.621,39	5.212,99	4.312,04
<i>Gold</i>	3.695,14	3.369,82	3.223,01	3.464,35	4.680,63	8.560,72
<i>Silver</i>	1.702,48	1.978,27	2.082,63	1.864,71	2.138,90	2.361,91
<i>Copper</i>	1.557,04	1.500,90	1.674,90	1.911,99	1.723,40	1.658,83
<i>Nickel</i>	970,58	741,88	880,54	1.004,58	898,33	788,94
<i>Zinc</i>	689,31	762,56	934,56	1.053,68	927,17	710,22
<i>Platinum Group Metals</i>	432,42	543,05	651,67	913,57	1.266,55	2.217,34
<i>Others precious metals</i>	430,29	65,51	40,27	139,27	50,93	67,08
<i>Titanium</i>	412,40	448,32	571,94	582,00	534,50	508,29
<i>Chromium</i>	370,48	325,26	35,64	36,77	31,73	22,57
<i>Coking coal</i>	316,74	357,71	536,76	575,68	634,60	332,36
<i>Molybdenum</i>	233,66	204,30	259,42	237,26	268,99	164,44
<i>Manganese</i>	203,38	193,02	348,59	358,84	319,48	265,93
<i>Kaolin clay</i>	95,14	95,15	99,77	92,07	91,85	71,21
<i>Magnesium</i>	85,11	84,17	87,48	98,58	85,82	62,74
<i>Tin</i>	81,03	95,83	128,99	121,43	120,12	88,10
<i>Feldspar</i>	70,63	77,29	90,08	92,94	100,48	80,59
<i>Fluorspar</i>	64,41	53,11	46,42	55,57	85,85	64,37
<i>Zirconium</i>	62,20	48,64	51,09	65,27	60,28	45,41
<i>Antimony</i>	61,38	49,78	57,61	67,19	64,05	57,37
<i>Tungsten</i>	55,68	48,97	56,72	51,92	46,99	33,75
<i>Niobium</i>	50,73	55,05	58,24	60,82	55,19	43,77
<i>Baryte</i>	46,86	50,75	49,89	61,96	63,62	51,34
<i>Natural rubber</i>	43,79	41,86	51,96	43,52	42,01	43,60
<i>Silica sand</i>	42,73	44,86	52,55	54,55	55,91	45,13
<i>Cobalt</i>	40,60	35,29	56,43	67,95	44,52	36,30
<i>Gypsum</i>	33,06	32,68	34,74	34,38	44,66	39,31
<i>Helium</i>	31,15	31,53	32,37	29,99	38,66	37,51
<i>Vanadium</i>	30,14	24,88	44,94	97,56	66,27	24,61
<i>Arsenic</i>	28,01	30,59	42,91	49,00	53,44	38,74
<b><i>Totale (30 elementi)</i></b>	<b>16.714,72</b>	<b>15.890,11</b>	<b>17.478,72</b>	<b>18.908,81</b>	<b>19.807,95</b>	<b>22.834,50</b>
<b><i>Totale complessivo</i></b>	<b>16.912,17</b>	<b>16.106,43</b>	<b>17.729,77</b>	<b>19.169,37</b>	<b>20.071,31</b>	<b>23.075,97</b>

Fonte: elaborazione degli autori su dati Istat

<sup>4</sup> Il termine elemento è in questo caso utilizzato quale etichetta generica ed omnicomprensiva per indicare: elementi propriamente detti, ma anche minerali (ad esempio feldspar, gypsum, ecc.) e/o aggregati di minerali/rocce (ad esempio bauxite, ecc.).

Le materie prime elencate coprono il 99% dell'ammontare complessivo degli approvvigionamenti all'estero. Aspetto di maggior rilievo, nondimeno, è lo scostamento degli acquisti nazionali rispetto a quelle materie prime che invece l'UE ritiene di tale elevato interesse – per i criteri precedentemente citati – da inserirle nella lista ufficiale aggiornata del 2020.

Più in dettaglio, solo 13 dei materiali/minerali/elementi rilevanti per la funzionalità industriale del nostro Paese (restringendo l'analisi alle prime 30 importazioni in valore, ma che, come detto, rappresentano la quasi totalità) sono tenuti in altrettanta considerazione anche dall'UE, con un peso che non supera in media il 40% degli acquisti complessivi effettuati a livello nazionale.

È palese come si profili una evidente discrepanza tra l'attenzione riservata dall'UE ad alcune produzioni (e, quindi, alle corrispondenti materie utilizzate a livello industriale che vengono considerate critiche) e il fabbisogno dell'industria nazionale, aprendo un ragguardevole fronte di discussione non solo economico.

### 5.3 Risultati di terzo livello

Poste le osservazioni precedenti, risulta interessante ai fini del presente studio operare un approfondimento, in termini di importazioni, delle le materie prime strategiche per l'Italia in relazione a quelle critiche per l'UE. In dettaglio, partendo dai dati presentati in tabella 4, sono state estrapolate le importazioni nazionali delle materie considerate critiche a livello europeo (Tabella 5).

**Tabella 5 – Importazioni nazionali di materie prime considerate critiche dalla UE (2015-2020) – milioni di €**

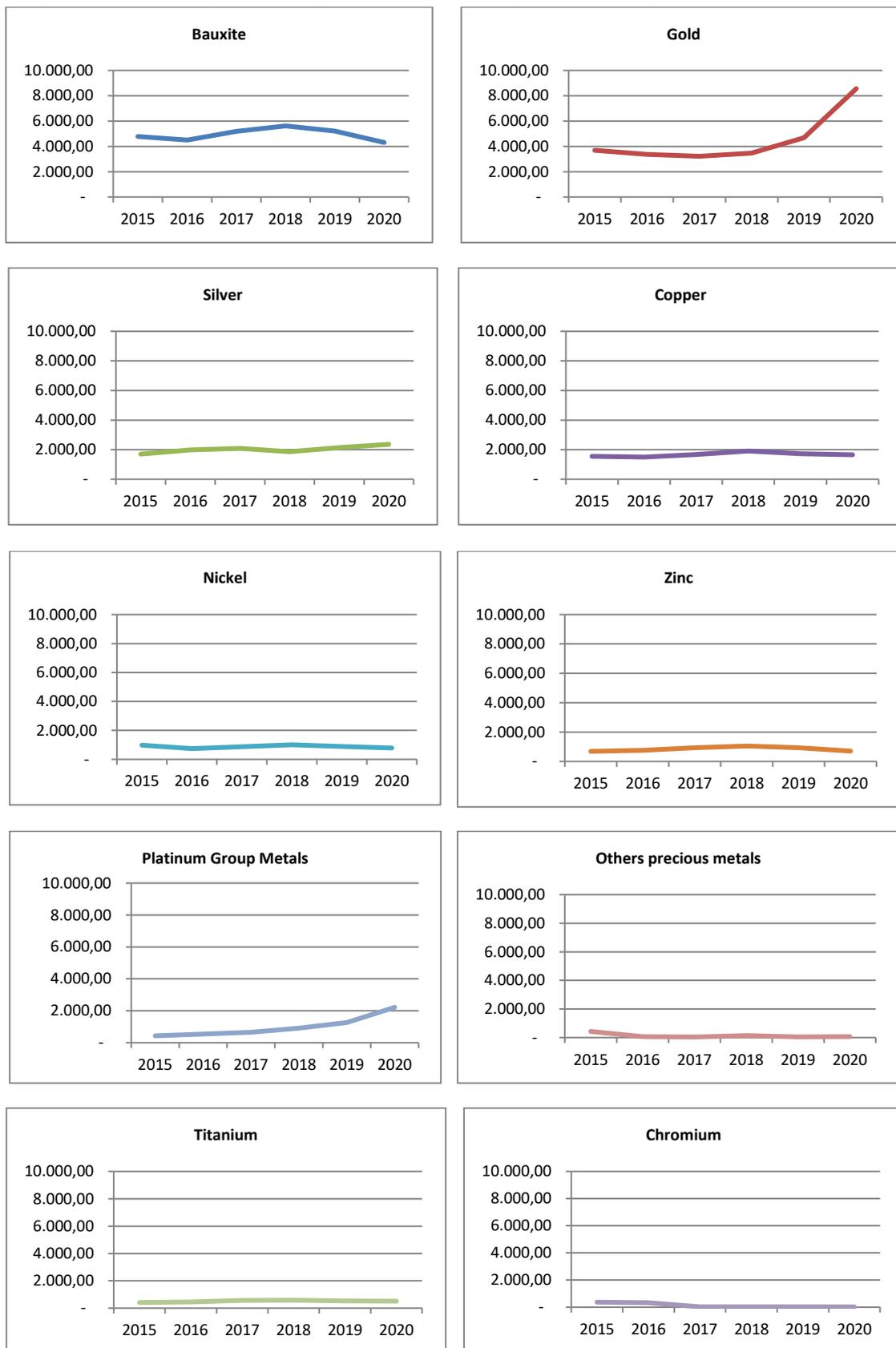
<i>Elemento</i>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
<i>Bauxite</i>	4.778,17	4.499,08	5.196,59	5.621,39	5.212,99	4.312,04
<i>Platinum Group Metals</i>	432,42	543,05	651,67	913,57	1.266,55	2.217,34
<i>Titanium</i>	412,40	448,32	571,94	582,00	534,50	508,29
<i>Coking coal</i>	316,74	357,71	536,76	575,68	634,60	332,36
<i>Magnesium</i>	85,11	84,17	87,48	98,58	85,82	62,74
<i>Fluorspar</i>	64,41	53,11	46,42	55,57	85,85	64,37
<i>Antimony</i>	61,38	49,78	57,61	67,19	64,05	57,37
<i>Tungsten</i>	55,68	48,97	56,72	51,92	46,99	33,75
<i>Niobium</i>	50,73	55,05	58,24	60,82	55,19	43,77
<i>Baryte</i>	46,86	50,75	49,89	61,96	63,62	51,34
<i>Natural rubber</i>	43,79	41,86	51,96	43,52	42,01	43,60
<i>Cobalt</i>	40,60	35,29	56,43	67,95	44,52	36,30
<i>Vanadium</i>	30,14	24,88	44,94	97,56	66,27	24,61

Fonte: elaborazione degli autori su dati Istat

A rafforzare tale considerazione si valuti che la lista europea aggiornata al 2020 indica 30 materie prime da considerare critiche per rilevanza economica e rischio di interruzione della *supply chain*; dunque, ben 17 materie della lista rappresentano acquisti residuali per l'Italia (collocandosi nella posizione 31-63 rispetto degli elementi presi in considerazione per l'analisi qui proposta, ovvero solo l'1% delle importazioni nazionali).

Volendo poi proseguire in una lettura dei dati di maggior dettaglio solo 3 materiali/minerali/elementi – e precisamente bauxite, platinoidi e titanio – rientrano tra i primi 10 materiali importati (in valore) dal nostro Paese. Questi ultimi hanno comunque un peso complessivo sugli acquisti all'estero che oscilla tra lo 86% (anno 2017) ed il 92% (2020). In Figura 4 se ne rappresentano gli andamenti nel periodo preso in esame.

Figura 4 – Importazioni di materie prime strategiche in Italia (2015-2020) – milioni di € – primi 10 elementi



Fonte: elaborazione degli autori su dati Istat

Si riportano, infine, i tassi di crescita di tali materie prime strategiche (Tabella 6).

**Tabella 6 – Tassi di crescita delle importazioni in valore di materie prime strategiche in Italia (2015-2020)**

<i>Elemento</i>	<i>2016/2015</i>	<i>2017/2016</i>	<i>2018/2017</i>	<i>2019/2018</i>	<i>2020/2019</i>
<i>Bauxite</i>	-6%	16%	8%	-7%	-17%
<i>Gold</i>	-9%	-4%	7%	35%	83%
<i>Silver</i>	16%	5%	-10%	15%	10%
<i>Copper</i>	-4%	12%	14%	-10%	-4%
<i>Nickel</i>	-24%	19%	14%	-11%	-12%
<i>Zinc</i>	11%	23%	13%	-12%	-23%
<i>Platinum Group Metals</i>	26%	20%	40%	39%	75%
<i>Others precious metals</i>	-85%	-39%	246%	-63%	32%
<i>Titanium</i>	9%	28%	2%	-8%	-5%
<i>Chromium</i>	-12%	-89%	3%	-14%	-29%

Fonte: elaborazione degli autori su dati Istat

#### 5.4 Risultati di quarto livello

Per una maggiore chiarezza dei risultati rappresentati, è necessario sottolineare ancora una volta che le osservazioni condotte fino a questo momento hanno riguardato la movimentazione in ingresso delle materie strategiche per l'Italia in base al valore, incorporando, quindi, la citata oscillazione dei prezzi verificatasi soprattutto nel 2020 per alcune di esse. Pertanto, nell'intento di pervenire ad una più esaustiva definizione dell'oggetto di studio, si è proceduto ad analizzare l'andamento delle importazioni considerandone le quantità acquistate a livello nazionale per ciascun elemento.

Anche in questo caso, analogamente a quanto evidenziato in precedenza, i primi 30 elementi rappresentano la quasi totalità delle materie strategiche acquistate dall'Italia (99%). Tra essi si segnalano nelle prime 10 posizioni (rispetto all'anno 2020): bauxite, coking coal, feldspar, silica sand, kaolin clay, zinc, limestone, manganese, copper e titanium.

Per l'interessante impiego industriale, poi, una notazione specifica meritano le rocce fosfatiche ed il fosforo – phosphatic rocks and phosphorous (P) – che si posizionano come 14esima materia per acquisti in quantità (35esima per acquisti in valore). Esse vengono estratti principalmente dalle fosforiti sedimentarie marine (depositi sedimentari) e in minor misura da giacimenti legati a rocce ultrabasiche alcaline (complessi carbonatitici e rocce ultrabasiche alcaline distribuite negli scudi precambri). Il fosforo è un composto nutritivo primario (insieme con Na e K), ma è altamente insolubile e deve essere trasformato con acido solforico in una forma assimilabile dalle piante. L'uso principale è, dunque, proprio nell'industria dei fertilizzanti, ma numerosi sono anche gli utilizzi nell'industria chimica e alimentare, come acido fosforico (additivo per cibi e bevande, pasta dentifricia), trifosfato sodico (detergenti, alimenti), tricloruro di fosforo (pesticidi, composti antincendio, plastificanti, antiossidanti delle plastiche).

Facendo riferimento, invece, alle materie prime strategiche individuate per il Bel Paese (come riportate in Tabella 6), è interessante notarne anche le variazioni di crescita in quantità nel corso del tempo (Tabella 7).

**Tabella 7 - Tassi di crescita delle importazioni in quantità di materie prime strategiche in Italia (2015-2020)**

<i>Elemento</i>	<i>2016/2015</i>	<i>2017/2016</i>	<i>2018/2017</i>	<i>2019/2018</i>	<i>2020/2019</i>
<i>Bauxite</i>	7%	2%	4%	0%	-10%
<i>Gold</i>	5%	-2%	16%	46%	48%
<i>Silver</i>	-2%	11%	2%	-12%	-6%
<i>Copper</i>	7%	-6%	12%	-9%	-3%
<i>Nickel</i>	-15%	3%	-7%	-17%	-18%
<i>Zinc</i>	11%	-7%	7%	-3%	-11%
<i>Platinum Group Metals</i>	-56%	9%	17%	195%	67%
<i>Others precious metals</i>	146%	1%	-77%	44%	142%
<i>Titanium</i>	14%	1%	-16%	-8%	12%
<i>Chromium</i>	-2%	-90%	7%	-16%	-1%

Fonte: elaborazione degli autori su dati Istat

Oro (+48%), elementi del gruppo del platino (+67%) ed altri metalli preziosi (+142%) sono le uniche materie prime (ad eccezione del titanio, ma con un tasso di crescita ben più contenuto pari al 12%) a presentare nel 2020 un incremento delle quantità acquistate.

## 6 Discussione

Le osservazioni condotte in precedenza hanno consentito di individuare le 10 materie prime ritenute maggiormente rilevanti per l'industria nazionale in termini di valore degli approvvigionamenti e che è utile analizzare singolarmente, evidenziandone l'impiego nell'industria nazionale.

La bauxite – collocata nella macrocategoria degli altri metalli non ferrosi – è una materia prima critica che compare proprio nel 2020 per la prima volta nella lista stilata dalla UE, la quarta a partire dal 2011, anno in cui venne pubblicata (dalla UE) la prima lista contenente 14 Critical Raw Materials. La bauxite si estrae da depositi ricchi di idrossidi di alluminio e ossidi-idrossidi di alluminio (idrargilliti-gibbsiti e bohemiti) con impurità di ferro, titanio e silicio, tipicamente ubicate nelle fasce tropicali e temperate su rocce silicatiche e carbonatiche. I principali usi industriali riguardano la produzione di alluminio mediante processo Bayer<sup>5</sup>, dunque per la produzione di lattine per bibite, e la creazione di leghe di alluminio (es. per la formazione di leghe speciali leggere, molto utilizzate nell'industria aeronautica). Il 90% della bauxite è utilizzato per la produzione di allumina, mentre il restante 10% per le industrie dei refrattari, degli abrasivi e della chimica (es. nell'industria pirotecnica). A livello di importazione sotto il nome di bauxite si intendono anche lavorati, semi-lavorati e/o grezzi di alluminio. In Italia (purtroppo) non sono presenti impianti per produrre l'alluminio metallico a partire dalla bauxite, dunque la quasi totalità delle importazioni consiste in manufatti grezzi di alluminio; una minima parte, invece, è usata per produrre refrattari. Nel Paese la bauxite è abbondante in Puglia, dove è stata estratta in passato. Osservando anche i livelli di esportazione, essa è tra le poche materie prime critiche per l'UE e strategiche per l'Italia con un saldo della bilancia commerciale non eccessivamente negativo, probabilmente per l'esportazione all'estero di semilavorati, ma anche per effetto di un decremento delle importazioni in valore negli ultimi due anni (-7% e -17% – Tabella 6), cui corrisponde una minore diminuzione delle quantità acquistate (0% e -10% – Tabella 7), segno altresì di un lieve calo dei prezzi di acquisto della materia. Nonostante ciò, si tenga presente che la bauxite rappresenta

---

<sup>5</sup> Il processo Bayer è il metodo principale, e ad oggi maggiormente usato, per produrre alluminio dalla bauxite. Si tratta di un processo industriale mediante il quale la bauxite viene purificata in allumina o ossido di alluminio, attraverso tre fasi principali: estrazione, precipitazione e calcinazione.

la materia prima strategica maggiormente importata (per valore delle importazioni) in Italia dal 2015 al 2019, segnando una evidente discrepanza con le decisioni e gli orientamenti assunti a livello europeo, che ne hanno previsto l'inserimento nella lista solo nel 2020.

L'oro – gold (Au) – non è considerato una materia prima critica secondo la lista 2020 della UE, mentre risulta di elevata importanza per l'Italia, come testimoniato dal consistente livello di importazioni in valore, che hanno fatto registrare un incremento considerevole nel triennio 2018/2020, risultando in assoluto l'elemento (tra quelli presi in considerazione) maggiormente acquistato all'estero nel 2020. L'oro – che fa parte della macrocategoria dei metalli preziosi insieme all'argento ed agli elementi del gruppo del platino – si trova in vari ambienti geologici, in genere nei depositi idrotermali, magmatici, skarn e sedimentari (placer). Viene utilizzato principalmente in gioielleria e come base monetaria. Usi minori si osservano, invece, in odontotecnica, per la costruzione di strumenti scientifici ed apparecchi elettronici e nell'industria aerospaziale. È da evidenziare come nell'ultimo biennio il tasso di crescita delle importazioni sia notevolmente aumentato, con un incremento del 35% degli acquisti in valore nel 2019 rispetto all'anno precedente e dello 83% con riferimento agli approvvigionamenti del 2020 rispetto all'anno precedente (Tabella 6). Effettuando un confronto con le quantità acquistate nello stesso periodo (Tabella 7), si nota un aumento rispettivamente del 46% (2019/2018) e del 48% (2020/2019). Ad evidenza, nel 2020 – *annus horribilis* – il turnover del settore orafa, da ricondurre nello specifico alle aziende più strettamente manifatturiere/trasformatrici, si è attestato a € 5,7 miliardi (perdendo € 2,2 miliardi rispetto a 2019), con una produzione fisica, come certifica l'indice Istat corretto per gli effetti di calendario, in contrazione del 28,1%, mentre la domanda nazionale di oro destinata all'oreficeria-gioielleria è arretrata del -24,6% (World Gold Council, 2021). Nonostante ciò, il metallo giallo rimane la materia prima con il più importante impegno economico in termini di approvvigionamento estero nell'ultimo anno, a sottolineare l'importanza di questo materiale per l'industria nazionale, in considerazione della sua rinomata tradizione orafa. Sorte simile è stata condivisa anche da altri metalli preziosi come l'argento ed i platinoidi. Infine, l'oro, bene rifugio per eccellenza, attira anche l'attenzione degli investitori che cercano un'alternativa al denaro, specie in situazioni di elevata inflazione; ecco che l'ondata di acquisti di metallo giallo cominciata a metà maggio 2020 sembra destinata a protrarsi per parecchi mesi, con conseguente sostegno al suo valore e alla sua quotazione sul mercato.

Come anticipato, alla stessa macrocategoria dell'oro appartiene anche l'argento – silver – che si trova in genere nei depositi vulcano-sedimentari, idrotermali e magmatici. L'argento ha applicazione in diversi campi industriali, come il settore della fotografia, che ne assorbe circa il 28% (film, pellicole per raggi-X in odontoiatria e medicina, per arti grafiche e pitture, composti chimici per fotografia). Molto utilizzato nel settore della gioielleria e dell'argenteria (articoli preziosi, monete, medaglioni, oggetti commemorativi), è anche ricercato nell'elettronica (con un impiego di circa il 25% per la realizzazione di batterie, contatti e conduttori, oggetti metallizzati o argentati elettroliticamente), dell'industria (specchi, leghe di ottone e leghe per saldature, catalizzatori, ceramiche e vetri) e, infine, nella realizzazione di decorazioni. Tranne una battuta d'arresto nel 2018 (-10% di importazioni), gli acquisti di argento hanno visto una crescita costante ed importante nel tempo in valore (+15% e +10% nel biennio 2019 e 2020 sugli anni precedenti – Tabella 6) ed una contrazione in quantità (-12% e -6% nel biennio 2019 e 2020 sugli anni precedenti – Tabella 7), giustificata dal citato e mal controllato incremento dei prezzi di acquisto.

Il rame – copper (Cu) – si estrae principalmente dai *porphyry copper*, depositi idrotermali-magmatici particolarmente diffusi in Sud-America (innanzitutto in Cile), in minor misura da altri giacimenti magmatici, skarn e sedimentari. La sua elevata conducibilità elettrica ne consente un ampio impiego nell'industria elettrica ed elettronica. Circa il 50% della produzione di rame è sfruttato appunto nell'industria elettrica ed elettronica, nella produzione e nel trasporto dell'energia, nella costruzione di parti di motori e generatori, nell'illuminazione. Il rame è utilizzato anche nell'industria edile per la realizzazione di impianti elettrici, di

riscaldamento, di refrigerazione, per la copertura dei tetti, per la realizzazione delle tubature per acqua. Impieghi di rame si hanno inoltre in agricoltura (antiparassitari), ma anche nel conio di monete, in gioielleria, per la realizzazione di utensili da cucina e oggetti decorativi. Nel biennio 2019 e 2020 (nel confronto rispettivamente con il 2018 e 2019) le importazioni di rame in valore hanno subito una battuta d'arresto (-10% e -4% – Tabella 6), così come nelle quantità approvvigionate (-9% e -3% – Tabella 7).

Il nickel (Ni) – macrocategoria del ferro e metalli ferro legati – si estrae principalmente da depositi magmatici (solfuri, es. Norilsk, Sudbury), in minor misura da giacimenti residuali (lateriti nichelifere, es. Nuova Caledonia). Il principale utilizzo del nickel è nell'industria dell'acciaio inossidabile (o inox), delle leghe di acciaio e nelle superleghe (leghe di nickel), che trovano applicazioni nelle industrie chimiche ed aerospaziali. Il nickel è usato anche nelle batterie e nelle celle energetiche, e come catalizzatore, nell'idrogenazione di grassi e petroli. Tranne una crescita delle importazioni nel 2017 e 2018 (rispettivamente +19% e +14% rispetto all'anno precedente – Tabella 6) questa materia prima sperimenta acquisti in costante diminuzione, anche per effetto della competizione internazionale. Nel 2019, infatti si è osservato un calo delle importazioni in valore del -11% ed in quantità del -17% rispetto all'anno precedente, e del -12% in valore e -18% in quantità nel 2020 rispetto al 2019 (Tabella 6 e Tabella 7), a testimonianza dell'incremento di prezzo nell'ultimo biennio anche per questa materia prima strategica, benché non così elevato come registrato per i metalli preziosi.

Lo zinco – zinc (Zn), macrocategoria degli altri metalli non ferrosi – si estrae principalmente da depositi vulcano-sedimentari (es. SEDEX- *Sedimentary Exhalative* e VMS – *Volcanogenic massive Sulphides*), legati a rocce carbonatiche (MVT – *Mississippi Valley Type*) ed idrotermali (skarn ed epitermali). Lo zinco è il terzo metallo non-ferroso più importante per tonnellaggio utilizzato dopo alluminio e rame. La sua elevata reattività nel legarsi con altri metalli ne ha determinato l'impiego massiccio nell'industria metallurgica. I principali utilizzi si trovano nei rivestimenti zincati (zincatura galvanica), nelle leghe metalliche (con contenuti fino al 40% di zinco come Galvalume e Galfan), nella realizzazione di manufatti ottenuti per fusione dentro stampi e per produrre cavi di zinco. Nell'industria chimica, invece, lo zinco è usato come additivo chimico in forma di composti, tra cui l'ossido di zinco, per la produzione della gomma, ceramiche, coloranti (pitture), celle ad aria, allevamento del bestiame (ossido e solfato di zinco) ed in agricoltura (nutriente per piante e correttore di terreni poveri di tale elemento). Nonostante la molteplice possibilità di applicazione, nell'ultimo biennio le importazioni in valore di zinco si sono notevolmente ridotte (-12% e -23% – Tabella 6). Inferiore, invece, è stata la riduzione per gli approvvigionamenti in quantità (rispettivamente -3% e -11% – Tabella 7).

Bisogna arrivare alla sesta posizione in termini di materie prime importate dall'Italia per intercettare una materia considerata critica anche dall'UE, ovvero gli elementi del gruppo del platino – platinum group metals (PGM), appartenenti alla macrocategoria dei metalli preziosi. Tali elementi (platino, palladio, rodio, osmio, iridio, rutenio), si trovano principalmente in complessi basici-ultrabasici stratificati di età proterozoica (es. Bushveld Complex, Sud Africa), complessi ofiolitici, ed in minor misura nei placer (depositi sedimentari). Gli elementi del gruppo del platino hanno numerose applicazioni, sia come elementi puri singoli, sia in lega tra loro o con altri metalli. In generale la domanda riguarda soprattutto l'industria automobilistica (catalizzatori, Pt, Pd, Rh). Altri settori importanti sono, in ordine di rilevanza: la gioielleria, l'industria meccanica di precisione, l'industria chimica, l'elettrochimica, l'industria elettronica, l'industria petrolifera (cracking catalitico, raffinazione del petrolio), la medicina (farmaci antitumorali, es. cisplatino, carboplatino, oxaliplatino). La versatilità di applicazione, ma anche l'utilizzo in settori di estrema rilevanza, oltre a quelli tradizionali come la gioielleria, ne hanno trainato le importazioni a tassi di crescita elevatissimi (nel 2020 +75% per le importazioni in valore – Tabella 6; +67% per le importazioni in volume – Tabella 7, a conferma dell'andamento oscillatorio dei prezzi di acquisto della materia prima sui mercati internazionali).

Della stessa macrocategoria gli altri metalli preziosi – other precious metals – condividono con oro argento e platinoidi molteplici settori di applicazione e stessa attenzione della domanda, benché più altalenante (con un picco di decremento delle importazioni in valore nel 2016 – -85% – e nel 2019 – -63% – e grande incremento nel 2018 – +246% – pur senza arrivare mai ad eguagliare i livelli di importazione del 2015, anzi rimandandone costantemente molto al di sotto – Tabella 6). In termini di quantità acquistate, invece, il maggior decremento si è registrato nel 2018, pari a -77%, mentre l'ultimo biennio si è assistito ad una crescita costante delle quantità di metalli preziosi acquistati (+44% nel 2019 e +142% nel 2020).

Il titanio – titanium (Ti), appartenente alla macrocategoria del ferro e metalli ferro legati – è una materia considerata critica anche dall'UE. Il titanio si estrae soprattutto da depositi sedimentari (placer, eluviali e lateritici), in minor misura da giacimenti magmatici e associati a rocce metamorfiche. Il titanio è legato a diversi minerali, ma ilmenite  $\text{FeTiO}_3$ , rutilo  $\text{TiO}_2$  e leucoxene (una varietà alterata di ilmenite) sono i principali minerali di interesse economico; in particolare l'ilmenite copre il 90% della domanda mondiale. I minerali di titanio hanno un doppio utilizzo, sia come ore minerali (per l'estrazione del titanio metallico) sia come industrial minerals (es. biossido di titanio, il pigmento bianco ampiamente utilizzato in moltissimi settori). Il primo, il titanio metallico, grazie al suo eccellente rapporto resistenza/peso, ed alle caratteristiche di leggerezza, resistenza alla corrosione e alla temperatura, non tossicità, trova applicazione nell'industria chimica, in impianti di desalinizzazione, in chirurgia (protesi, pace-maker), nell'industria navale (rivestimenti e scafi), nell'industria bellica (giubbotti antiproiettile), nello sport (attrezzi per golf, alpinismo), in gioielleria e ricerche oceanografiche, nelle leghe (industria aeronautica ed aerospaziale, scambiatori di calore). Il secondo, invece, biossido di titanio è utilizzato per la produzione di colori (pitture, vernici, lacche bianche), come fondente e di rivestimento nelle saldature, per prodotti chimici (tetracloruro di Ti,  $\text{TiCl}_4$ ) ed in fanghi di perforazione. Nonostante la versatilità, anche per questo elemento il livello di importazioni ha visto un leggero calo nell'ultimo biennio (in valore -8% nel 2019 e -5% nel 2020 – Tabella 6; in quantità -8% nel 2019, mentre nel 2020 si è assistito ad un'inversione di tendenza, con una crescita del +12%).

Infine il cromo – chromium (Cr), anch'esso appartenente alla macrocategoria del ferro e metalli ferro legati – non è invece una materia prima critica nella lista fornita dall'UE. Il cromo, un metallo durissimo, si estrae principalmente da complessi basici-ultrabasici stratificati (es. Bushveld Complex, Sud Africa; Stillwater, USA), in minor misura da complessi ofiolitici. Il principale minerale di cromo è la cromite, che ha diverse applicazioni industriali, basate essenzialmente sul rapporto con il ferro: cromiti ad elevato rapporto (cromo/ferro circa 3:1) sono utilizzate per la produzione di ferrocromo di elevata qualità (acciai inossidabili, acciai speciali e superleghe), mentre cromiti ad elevato contenuto di ferro sono utilizzate per la produzione di ferrocromo di bassa qualità (sabbie di fonderia, refrattari, composti di cromo). L'uso principale del cromo, quindi, si individua nel settore metallurgico (acciai inossidabili, leghe d'acciaio di elevata resistenza al calore ed agli sforzi, metalli di rivestimento – cromatura). Tra gli usi non metallurgici se ne menziona l'applicazione nell'industria chimica (pigmentazione, conceria, anticorrosivo, catalizzatori, conservanti del legno, fabbricazione della gomma) e nell'industria dei refrattari. Anche questa materia prima, benché importante per l'industria nazionale, ha sperimentato una contrazione delle importazioni in valore. L'*annus horribilis* del cromo si è registrato nel 2017, quando le importazioni sono diminuite dello 89% in valore e del 90% in quantità; nel 2020 le contrazioni si sono attestate a -29% in valore ed a livelli ben lontani dalle importazioni del 2015 (Tabella 6). Analogamente, le quantità di cromo acquistate sono diminuite, anche se con un decremento inferiore (-16% nel 2019 e -1% nel 2020 – Tabella 7).

\* \* \*

Le considerazioni esposte, come già chiarito in precedenza, rappresentano solo un punto di partenza per ragionare sia sui criteri utilizzati per definire una materia prima come strategica a livello nazionale ed ancor

più a livello europeo, sia per definire più efficaci metodologie attraverso cui pervenire ad una loro lista ragionata, che tenga realmente conto della dinamica domanda-offerta del nostro Paese.

Le *research question*, dunque, almeno in questa prima fase sembra sottendere una risposta negativa: appare infatti profilarsi una discrepanza tra quanto ritenuto critico a livello europeo in termini di materie prime e quanto osservato come strategico per il funzionamento dell'industria nazionale. Tale affermazione richiede, però, per una piena conferma una più robusta ed articolata analisi.

## 7 Prospettive future di ricerca

Le considerazioni esposte ed i risultati illustrati finora sottolineano senza dubbio la necessità di focalizzarsi sugli scenari di gestione delle materie prime critiche, sia per quanto riguarda la produzione di materiali, elettronica di consumo e infrastrutture richiesti dalla transizione energetica, sia con riferimento alla componente di rischio emergente legato alla gestione dell'energia, costituendo un potenziale ostacolo all'innovazione tecnologica (Dino et al., 2021). In tale contesto, infatti, che ha finito per esacerbare ulteriormente l'attrito tra alcune nazioni nella competizione tecnologica (Stati Uniti e Cina *in primis*), sta emergendo un nuovo scenario potenzialmente conflittuale, ovvero la corsa alle materie prime critiche e ai minerali, in un processo di *governance* incerta, che l'impatto dirompente delle nuove tecnologie digitali e l'uso delle energie rinnovabili per la decarbonizzazione a livello internazionale renderanno difficile da evitare (Kalantzakos, 2020).

Tuttavia, mentre diversificazione e resilienza lungo le catene del valore globali diventano le nuove parole d'ordine, per guidare le scelte strategiche sia a livello economico che politico, non bisogna dimenticare che anche altri settori (e, quindi, molteplici materie prime) necessitano di attenzione per il ruolo chiave giocato nell'economia nazionale. Da qui la necessità di approfondire ulteriormente la questione. In dettaglio, si profilano tre principali direttrici d'analisi lungo cui orientare la ricerca futura.

Innanzitutto, come evidenziato in precedenza, la ricerca ha interessato considerazioni di tipo quantitativo, volte a descrivere dettagliatamente l'oggetto di studio, valutare nel corso del tempo le variabili che hanno inciso in modo significativo sulle caratteristiche del fenomeno, realizzare stime significative, individuare possibili relazioni tra variabili, ecc. Tali osservazioni rappresentano comunque solo un primo risultato, prodromico a più approfondite valutazioni, che saranno poi completate attraverso indagini di tipo qualitativo, utilizzando *focus group* e *panel* di esperti. Nel primo caso, i partecipanti alla discussione di gruppo – geologi esperti della materia – saranno chiamati a valutare, in relazione alla propria *expertise*, la classificazione di materie prime strategiche non energetiche proposta per l'analisi. La specifica tecnica è stata selezionata poiché la combinazione degli studiosi costituenti il gruppo produce un effetto sinergico sulla quantità e qualità delle informazioni ottenibili, rispetto a quanto può emergere con interviste in profondità rivolte agli stessi soggetti. Il *panel* di esperti, invece, coinvolgerà manager e dirigenti di imprese italiane e straniere che operano sul territorio nazionale nell'estrazione e produzione di minerali solidi, nella ricerca e coltivazione di idrocarburi liquidi e gassosi e di fluidi geotermici, nello stoccaggio di gas naturale e nella fornitura al mercato nazionale e internazionale di beni e servizi per l'attività petrolifera e mineraria, iscritte ad Assorisorse. Il *panel* – attraverso una serie di rilevazioni reiterate nel corso dell'attività di ricerca – sarà chiamato a formulare previsioni circa l'andamento economico dei settori ritenuti strategici per l'oggetto di studio e dell'impiego di risorse critiche non energetiche, anche in ottica di circolarità.

In secondo luogo, a completamento di tali analisi, gli stessi risultati dello studio incoraggiano ad approfondire la ricerca a livello europeo, provando a sviluppare anche un processo di *benchmarking* non competitivo con altre nazioni (ad esempio la Francia, la Spagna e la Germania), finalizzato a confrontare le migliori prassi sia a livello politico che industriale e *performance* degli altri paesi dell'UE, onde individuare:

1. a livello di singola nazione aree di miglioramento, adottando o adattando, per quanto possibile, le eventuali *best practices* emerse dal confronto;
2. a livello europeo nuovi spunti di riflessione in termini di *governance*, partendo proprio dai dati.

Infine, dalle prime risultanze presentate emerge come il fronte di discussione sulla criticità delle materie prime, benché allo studio da almeno un decennio (se si prende a riferimento anche solo la prima lista definita dall'UE), presenti ancora ampi e rilevanti margini di riflessione e numerosissimi punti di domanda cui dover necessariamente fornire consistenti risposte, sia a livello politico che industriale, per di più con una certa urgenza. È evidente come la ricerca di materiali sostitutivi, ma soprattutto, l'impiego circolare di tali risorse critiche possa rappresentare giustamente una via da percorrere, quasi obbligatoriamente, con buone possibilità di successo sia in termini economici che ambientali (terza direttrice di ricerca). Lo *urban mining*, ovvero il processo attraverso cui, dal riciclo di rifiuti di diversa natura, si possono ottenere materie prime secondarie rappresenta un'alternativa sostenibile e percorribile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili. Infatti, proprio per tenere sotto controllo le emissioni si palesa la necessità, per un verso, di minimizzare l'estrazione di materie prime, e per l'altro, di massimizzare le attività di recupero, riciclo e sfruttamento di *anthropogenic stocks*, vere e proprie scorte antropogeniche di risorse disponibili sotto forma di residui da attività antropiche, immagazzinate nel corso degli anni nel tessuto urbano in attesa di valorizzazione (Cossu, 2012). Un caso esemplare è fornito dai Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE), da cui è possibile ottenere il recupero e il riciclo di materie prime critiche – terre rare e metalli preziosi (Ilyas et al., 2021) – offrendo una concreta prospettiva di sviluppo che comprende ad un tempo salvaguardia ambientale a lungo termine, conservazione delle risorse e vantaggi economici.

Ad evidenza, dunque, in più ambiti emerge chiaramente la necessità di continuare ad indagare l'oggetto di studio.

## 8 Conclusioni

Il percorso brevemente tracciato con riferimento alla transizione energetica ed alla *green economy*, che pure è doveroso spingere ed avviare e che largamente attinge allo sfruttamento di materie prime critiche, porterà i suoi frutti non certo nel breve periodo. Di conseguenza, ad oggi esso non può rappresentare l'unica strategia perseguibile, né a livello nazionale né europeo, aprendo fronti di discussione ampi e complessi.

In tal senso, anche se scomodo, il primo quesito da porsi a livello nazionale riguarda l'effettiva possibilità di sostituire nel breve tempo le materie prime critiche, e non solo, e con quali costi per la collettività. Una riflessione aperta in tal senso richiama l'attenzione sul rischio che con la transizione dell'industria europea, e nazionale, verso la neutralità climatica, l'attuale dipendenza dai combustibili fossili potrebbe essere sostituita da una dipendenza dalle materie prime critiche.

Parallelamente, è necessario riflettere in maniera approfondita sul binomio criticità-strategicità delle risorse per il sistema industriale del Paese. Probabilmente accanto alla pianificazione strategica dell'uso delle materie prime critiche, cui è giusta e doverosa l'importanza ad oggi riconosciuta, sarebbe opportuno a livello nazionale provvedere a formulare strategie, possibilmente condivise e sostenute a livello europeo, per quelle materie che risultano strategiche per l'economia nazionale, quindi che sono materie prime rilevanti – ed in tale accezione critiche – per l'Italia, la cui difficoltà di reperimento, insieme all'incremento incontrollato dei prezzi, rischia di ridurre la propensione ad investire specie da parte delle piccole e medie imprese, costrette a ricorrere agli ammortizzatori sociali pure in una situazione di ripresa della domanda.

Infine, per dovere di completezza è necessario prendere in considerazione – pur nell'augurio che non si concretizzi mai tale condizione – l'ipotesi pessimistica avversa al pieno compimento della transizione

ecologica, proprio a causa delle difficoltà di reperimento delle materie prime critiche (e non solo). Il verificarsi di detta ipotesi aprirebbe la strada a due presunti scenari: il ritorno all'energia nucleare, con impianti di quarta generazione (dal momento che nel recente Consiglio europeo del 21-22 ottobre 2021, tra i tanti temi, si è andata configurando anche la prospettiva di un ritorno nucleare quale fonte energetica necessaria in funzione del passaggio finale alle rinnovabili); una situazione di decrescita economica (in questo caso tutta'altro che felice). Senza addentrarci sulle due tematiche, che richiamano considerazioni di ordine politico e sociale che esulano dal tema trattato, è lecito soffermarsi a riflettere sulla possibilità di trattare con minore severità l'utilizzo degli idrocarburi quale fonte energetica (Di Gregorio et al., 2019), pur continuando a concentrarsi sulla assoluta necessità di proseguire nel solco intrapreso dal presente studio, perché la corretta gestione a livello politico ed economico delle materie prime critiche possa trasformare le stesse in una determinante di valore, anziché un'ipoteca sulla tanto auspicata ripresa.

## Bibliografia

- Akcil, A., Sun, Z., & Panda, S. (2020). COVID-19 disruptions to tech-metals supply are a wake-up call. *Nature*, 587, 365-367. doi: <https://doi.org/10.1038/d41586-020-03190-8>.
- Consiglio Europeo (2021). Green Deal Europeo. <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/>.
- Cossu, R. (2012). The environmentally sustainable geological repository: The modern role of landfilling. *Waste Management*, 32, 243-244
- De Mattia, N., (2021). La transizione all'auto elettrica: ecco perché serve maggiore "ordine". <https://www.economymagazine.it/news/2021/07/28/news/la-transizione-all-auto-elettrica-ecco-perche-serve-maggiore-ordine-77503/>
- Di Gregorio, A., Bosisio, J., Da Riz, W., & Campana, R. (2019). Produzione e valore del comparto oil & gas in Italia nel periodo 2020-2050. *Esperienze d'impresa*, 27(1/2), 1-18.
- Dino, G. A., Cavallo, A., Farudello, A., Piercarlo, R., & Mancini, S. (2021). Raw materials supply: Kaolin and quartz from ore deposits and recycling activities. The example of the Monte Bracco area (Piedmont, Northern Italy). *Resources Policy*, 74, 102413.
- Economia Circolare (2021). *Tutto quello che c'è da sapere sull'assenza di materie prime e sull'aumento dei prezzi*. <https://economiecircolare.com/assenza-materie-prime-italia-europa-mondo/>.
- EIT RawMaterials (2020). Position Paper on COVID-19. Available at <https://eitrawmaterials.eu/wp-content/uploads/2020/04/EIT-RawMaterials-Position-Paper-on-COVID-19.pdf>.
- Erion (2021). *Approvvigionamento delle materie prime strategiche: una questione di sicurezza nazionale*. <https://d5j7b2h4.stackpathcdn.com/wp-content/uploads/2021/08/Erion-Sicurezza-delle-materie-prime-strategiche.pdf>.
- European Commission (2020). *A New Industrial Strategy for Europe; European Commission*. Brussels, Belgium, 2020, 1-16.
- Girtan, M., Wittenberg, A., Grilli, M.L., de Oliveira, D.P.S., Giosuè, C., Ruello, M.L. (2021). The Critical Raw Materials Issue between Scarcity, Supply Risk, and Unique Properties. *Materials*, 14, 1826. <https://doi.org/10.3390/ma14081826>.
- Hofmann, M., Hofmann, H., Hagelüken, C., & Hool, A. (2018). Critical raw materials: A perspective from the materials science community. *Sustainable Materials and Technologies*, 17, e00074.

Kalantzakos, S., 2020. The race for critical minerals in an era of geopolitical realignments. *The International Spectator*, 55 (3), 1–16.

Ku, A. Y., Loudis, J., & Duclos, S. J. (2018). The impact of technological innovation on critical materials risk dynamics. *Sustainable Materials and Technologies*, 15, 19-26.

Loiseau, E., Saikku, L., Antikainen, R., Droste, N., Hansjürgens, B., Pitkänen, K., ... & Thomsen, M. (2016). Green economy and related concepts: An overview. *Journal of cleaner production*, 139, 361-371.

Mikhno, I., Koval, V., Shvets, G., Garmatiuk, O., & Tamošiūnienė, R. (2021). Green economy in sustainable development and improvement of resource efficiency. *Central European Business Review (CEBR)*, 10(1), 99-113.

Murray, B., Curran, E., & Chipman, K. (2021). The World Economy Is Suddenly Running Low on Everything. *Bloomberg Businessweek*. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-05-17/inflation-rate-2021-and-shortages-companies-panic-buying-as-supplies-run-short?Sref=Eo6UzH1Y>.

Orlando, B., Tortora, D., Pezzi, A., & Bitbol-Saba, N. (2021). The disruption of the international supply chain: Firm resilience and knowledge preparedness to tackle the COVID-19 outbreak. *Journal of International Management*, 100876.

Querzè, R. (2021). Materie prime: dal litio, al silicio all'acciaio, perché non si trovano (e i prezzi sono alle stelle). *Corriere della Sera*. <https://www.corriere.it/economia/lavoro/cards/materie-prime-litio-silicio-all'acciaio-perche-non-si-trovano-prezzi-sono-stelle/silicio-c-problema-semiconduttori.shtml>.

Rapacciuolo, C. (2021). Prezzi delle materie prime: rincari, cause, impatti, prospettive. Webinar Centro Studi Confindustria, 15 aprile.

Turco, G. (2020). Economia circolare: definizione e politiche europee. *www.iusinitinere.it*. [https://www.iusinitinere.it/economia-circolare-definizione-e-politiche-europee-33885#\\_ftn31](https://www.iusinitinere.it/economia-circolare-definizione-e-politiche-europee-33885#_ftn31).

Ilyas, S., Kim, H., & Srivastava, R. R. (Eds.). (2021). *Sustainable Urban Mining of Precious Metals*. CRC Press

Commissione Europea (2020), 474, Bruxelles, 3.9.2020. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN>.

World Gold Council (2021). Gold Demand Trends Full year and Q4 2020. <https://www.gold.org/goldhub/research/gold-demand-trends/gold-demand-trends-full-year-2020>.