

OIMCE - Luglio 2024

Recupero e riciclo delle materie prime critiche per l'energia

Un contributo di OIMCE

1) Introduzione

La transizione energetica è guidata dalla necessità di raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione attraverso una trasformazione profonda del sistema energetico che si basi sull'aumento dell'impiego di tecnologie pulite, con piena neutralità nella scelta, al fine di abilitare le soluzioni più efficaci ed efficienti in un'ottica di ottimizzazione complessiva. L'impiego di soluzioni green e low carbon e la crescente elettrificazione dei consumi finali potranno aumentare la sicurezza e la flessibilità del sistema energetico durante la transizione.

Le tecnologie rilevanti per la transizione richiedono un utilizzo significativo di alcune **materie prime**, che vengono definite **critiche** nella misura in cui presentano un rischio di fornitura.

Per la transizione energetica sono essenziali **rame, ferro, acciaio**, usati ad esempio per fondazioni, sostegni e pale degli aerogeneratori, ma anche materie prime meno note come **indio, gallio e il gruppo delle terre rare**, dotate di proprietà essenziali per produrre i magneti degli aerogeneratori o celle solari ad alta efficienza, oppure il **platino** usato per le celle a combustibile a idrogeno e componenti delle batterie fondamentali ad esempio per la diffusione della mobilità elettrica, quali **litio, cobalto e grafite**, e altri come **nichel**, alluminio, fosforo, manganese.

È pertanto molto importante la comprensione e l'analisi delle dinamiche di mercato dei *critical raw materials* (CRM) e diffonderne la conoscenza con un approccio neutrale e basato su criteri scientifici. In tale contesto si colloca [OIMCE, Osservatorio Italiano Materie prime Critiche Energia](#), un'iniziativa permanente promossa da WEC Italia (Comitato Nazionale Italiano del World Energy Council) ed Assorisorse (Associazione di Confindustria delle Risorse Naturali ed Energie sostenibili).

L'Osservatorio, oltre a svolgere attività divulgative, ha lo scopo di promuovere il dibattito sulle materie prime critiche al fine di sviluppare il dialogo tra i soggetti che hanno interesse e competenze nel settore energetico, attraverso la realizzazione di studi tematici e l'organizzazione di seminari e incontri di approfondimento. In costante confronto con le istituzioni di riferimento, OIMCE mira a valutare le diverse strategie per: ridurre il fabbisogno di materie prime critiche per il settore energetico, incrementarne il tasso di riciclo, identificare materiali alternativi e nuove tecniche estrattive.

Per chi, come l'Europa, è povero di materie prime critiche l'impegno strategico per il loro recupero e riciclo è fondamentale anche per attenuare la **dipendenza dall'estero**, in particolare da pochi paesi che controllano il mining e il processing, tra i quali primeggia la Cina. L'Europa con il recente Critical Raw Material Act, ha perciò fissato il riferimento di raggiungere il 25% del fabbisogno attraverso il recupero e il riciclo.

Grazie al contributo di AIDIC, Utilitalia e Assoambiente e all'appoggio di Confindustria Energia e del Dipartimento di Ingegneria ed Architettura dell'Università di Trieste una delle prime attività dell'Osservatorio è stata la creazione di un gruppo di lavoro dedicato al recupero e riciclo dei CRM con l'obiettivo di mappare il potenziale nazionale anche in un'ottica di identificazione di nuove aree di attività industriale correlate alla raccolta differenziata di flussi di rifiuti con potenziale di recupero di materie prime critiche e alla capacità impiantistica di trattamento esistente e realizzabile in Italia.

Il gruppo di lavoro ha circoscritto l'attenzione a 10 materiali: **cobalto, litio, vanadio, terre rare e grafite**, individuati come critici nel report EU, e **nichel, manganese, rame, molibdeno e silicio**, in quanto anche essi particolarmente rilevanti e strategici per lo sviluppo delle tecnologie necessarie alla transizione energetica nel nostro paese. In particolare, il silicio è un materiale strategico perché, pur essendo largamente disponibile in natura, la produzione del *grade* per le applicazioni fotovoltaiche richiede un dispendio enorme di energia e la sua produzione è oggi concentrata prevalentemente in Cina.

2) I temi affrontati dal GdL OIMCE

Il lavoro finora svolto dal gruppo di lavoro e qui sintetizzato è articolato su 5 temi principali:

1. Fonti di recupero e riciclo
2. Tecnologie
3. Disponibilità impiantistica
4. Sostenibilità economica
5. Cenni su attività minerarie

Fonti di recupero e riciclo

Sono stati analizzati gli scenari relativi ai rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE), catalizzatori esausti e batterie, oltre a svolgere alcune considerazioni su pannelli fotovoltaici e aerogeneratori.

RAEE

La Direttiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio classifica i RAEE in grandi e piccoli elettrodomestici, apparecchiature informatiche e per le telecomunicazioni, attrezzature di consumo e pannelli fotovoltaici, apparecchi di illuminazione, strumenti elettrici ed elettronici, giocattoli e dispositivi medici, distributori automatici e strumenti di monitoraggio e controllo e molti altri. L'obiettivo della normativa europea è quello di prevenire in modo prioritario la creazione di tali rifiuti, contribuire alla produzione e al consumo sostenibili, all'uso efficiente delle risorse e al recupero di materie prime secondarie, attraverso il riutilizzo, il riciclo e altre forme di recupero.

L'Italia è solo ventesima in Europa nella **raccolta** dei RAEE, con un una raccolta pro capite di 8,5 kg (2021). Secondo i primi dati disponibili nel 2023 la raccolta dei RAEE domestici è in diminuzione, a poco più di 345.000 tonnellate (-3,5% rispetto al 2022), circa un terzo sul totale dell'immesso al consumo a fronte di un obiettivo normativo del 65%.

Per una valutazione delle capacità di trattamento e delle relative difficoltà va tenuto conto che i RAEE contengono una gamma diversificata di prodotti, che li rende un flusso molto complesso da riciclare. I più comuni sono i circuiti stampati (PCB), i tubi catodici (CRT), gli schermi a cristalli liquidi (LCD), i telefoni cellulari e i televisori (TV). Escludendo il rame, il **contenuto di metalli critici** nei RAEE è molto basso, tanto da giustificare con difficoltà il recupero, se non come prodotto secondario dal recupero di metalli preziosi, di rame, o di metalli molto più abbondanti come alluminio o zinco. Maggiori appaiono le opportunità di recupero del nichel, il cui contenuto medio ponderale è dello 0,01-0,02%. Applicando il dato più ottimistico e con riferimento ai dati del 2022, la raccolta e il processamento dei RAEE domestici raccolti in Italia potrebbero fornire 72 t di nichel, pari a poco più dello 0,1% della domanda. In futuro la situazione potrebbe cambiare in funzione delle variazioni della domanda di nichel e della produzione di RAEE.

ERION (il sistema collettivo più rappresentativo della raccolta dei RAEE) riferisce che nel 2023 ha estratto 5.000 t di rame dai 230.000 t di RAEE trattati dal loro consorzio. Sull'attuale raccolta di RAEE domestici la produzione sarebbe di circa 7.000 t, a fronte di un fabbisogno annuo nazionale di oltre 600.000 t.

Catalizzatori

A livello europeo, la quantità di catalizzatori utilizzati e quindi da riciclare tende ad aumentare. La percentuale di metalli contenuta, come nichel, vanadio, molibdeno, cobalto e terre rare, pur essendo soltanto del 3-10%, è comunque 100-200 volte superiore a quella presente nei minerali da cui vengono estratti, riducendo fino a 5 volte le emissioni di CO₂ per kg di metallo.

Il recupero dei catalizzatori è un settore altamente specializzato che ha già sviluppato tecnologia e logistica idonea al recupero delle materie prime di interesse.

Batterie

Per quanto riguarda le **batterie**, le più presenti nei rifiuti elettronici sono quelle acide al piombo, quelle al nichel-cadmio e quelle agli ioni di litio. Queste ultime (**LIB**) sono diventate particolarmente diffuse grazie a relativa leggerezza, densità di energia e longevità e sono utilizzate nella maggior parte degli smartphone, laptop e PDA, nell'elettronica domestica ed in maniera estensiva nell'automotive.

In Europa è prevista al 2030 una capacità di 41 Gigafactory con una potenzialità di riciclo di 80.000 t/a di batterie al litio.

In Italia è stata annunciata da una Joint-venture Italo-Cinese (Energy S.p.A. e Pylon Tech) la costruzione di uno stabilimento, che sorgerà a Piove di Sacco (Padova), con una capacità a regime di 30-40 MWh. Nel 2023 è stata completata la costruzione di una linea da 3-4 MWh. La tecnologia impiegata è quella del litio-ferro-fosfato.

Bisogna tuttavia tenere presente che ci vorranno 10-15 anni prima che le batterie messe oggi sul mercato per la mobilità elettrica siano disponibili per il riciclo. Inoltre, si dovrà tener conto anche delle opportunità che dovessero presentarsi per il loro riuso ("second life").

A ciascuna tipologia di batterie corrisponde un processo di recupero mirato, il cui output è costituito dai metalli trasformati in sali vendibili sul mercato, come materia prima per la sintesi di nuove batterie.

Le LIB, in particolare, contengono diversi materiali che possono essere riciclati, compresi quelli catodici come **cobalto**, **alluminio**, **rame**, **grafite** e plastica. Tuttavia, il riciclo è attualmente limitato (5-10%) a causa della percezione della sua complessità. A livello mondiale, al momento, il volume di **batterie al Litio** è stimato a 4.6 milioni di tonnellate all'anno, corrispondente, con i tassi sopra indicati, ad un potenziale di circa 460.000 tonnellate di materiale riciclato. È però previsto un significativo incremento della produzione di batterie, con una stima che supera i 30 milioni di tonnellate all'anno entro il **2040**, con conseguente aumento del materiale riciclato.

Ad oggi, uno dei principali problemi risiede nel **tasso di raccolta delle batterie al litio**, che in Europa si attesta intorno al 10% dei volumi disponibili: il tasso attuale di riciclo del litio in Europa arriva al 10%, valore che con la revisione del Regolamento sulle batterie ci si propone di alzare fino al 70%. Finora però, difficoltà nel controllo della qualità della purezza del litio riciclato hanno fatto sì che non venisse riutilizzato per produrre nuove batterie.

In termini **legislativi**, appare necessaria un'evoluzione a livello europeo per superare alcuni limiti e ostacoli, a partire da un quadro che favorisca l'incremento della capacità di trattamento in Europa per fermare l'esportazione in Asia della maggior parte della "black mass", peraltro resa complicata dalla tipologia dei permessi richiesti dalla classificazione come prodotto o rifiuto pericoloso, classificazione attualmente differenziata tra i paesi dell'UE e tra le regioni stesse di alcuni stati.

Pannelli fotovoltaici e aerogeneratori

Il fotovoltaico contiene importanti quantità di silicio (3,56%) e di rame (2,14%). I pannelli di prima generazione sono prossimi al decommissioning e ciò rende necessario mettere a punto piani adeguati di sviluppo delle filiere di riciclaggio. A livello nazionale si stima una dismissione di pannelli pari a 140.000 t al 2030, con un potenziale recupero di 5.000 t di silicio e 3.000 t di rame. Le previsioni di dismissioni al 2050 crescono a 2,1 Mt con un potenziale recupero di 75.000 t di silicio e 45.000 t di rame.

Le turbine eoliche dismesse vengono in genere ritirate dai produttori per recuperare i metalli I magneti permanenti, in particolare, contengono quantità rilevanti di materiali critici. A seguito della sostituzione della prima generazione, il quantitativo di aerogeneratori in dismissione in Italia nel prossimo decennio è stimabile raggiunga gli oltre 1.250 nel 2032 in crescita dai 145 del 2020. Da alcuni anni si stanno sviluppando le prime collaborazioni tra aziende e centri di ricerca italiani ed europei per sviluppare e validare i processi di recupero analizzando anche la qualità delle materie prime secondarie e dei prodotti che si ottengono.

A livello **normativo**, i pannelli fotovoltaici sono citati al punto 4 della direttiva europea sui RAEE, mentre gli impianti eolici non sono citati nella direttiva europea né nella legislazione italiana. Emerge quindi la necessità di maggiore chiarezza delle norme per il riciclo di queste apparecchiature.

Nel febbraio del 2024 il Parlamento Europeo ha dato il via libera alla nuova direttiva RAEE, che chiarisce i collegamenti con le disposizioni della direttiva quadro sui rifiuti. Le modifiche prevedono la responsabilità estesa del produttore e che siano a suo carico i costi della gestione e dello smaltimento di rifiuti provenienti dai pannelli fotovoltaici. La direttiva richiede inoltre che i costi di gestione dei RAEE non siano scaricati “in modo sproporzionato” su consumatori e cittadini.

Tecnologie

Le tecnologie metallurgiche per il recupero di metalli da **RAEE** o da **catalizzatori** presentano caratteristiche simili.

Il trattamento e il recupero dei metalli non ferrosi più pregiati avvengono con tecniche impegnative dal punto di vista dell'investimento e della gestione impiantistica.

Sulla base del materiale da recuperare e del tipo di impiego a cui è destinato, le tecnologie si differenziano in pirometallurgiche, idrometallurgiche ed elettrometallurgiche.

La pirometallurgia richiede alte temperature e la fusione dei metalli in fasi diverse e complesse e non permette il recupero dei singoli elementi.

Diversi indicatori, quali, la minor richiesta energetica del processo e la selettiva separazione dei metalli critici, sono in favore del maggiore sviluppo delle tecnologie idrometallurgiche, per quanto riguarda il recupero di metalli critici per il loro riutilizzo nelle tecnologie per la transizione energetica.

L'elettrometallurgia prevede l'utilizzo di celle elettrolitiche e si configura come una possibile alternativa all'idrometallurgia per la separazione e l'estrazione dei metalli, poiché offre vantaggi in termini di controllo del livello di impurità, un basso costo di investimento e un minore impatto ambientale.

La sfida attuale di idro- ed elettrometallurgia è quella di ottenere buone rese di metallo estratto, bassi consumi di energia e contenimento delle quantità di sostanze potenzialmente inquinanti. Alcuni di questi aspetti devono essere meglio investigati e gestiti, in particolare per quanto riguarda un tasso di riciclo spesso basso, la presenza di prodotti secondari inquinanti, il sovrautilizzo di solventi chimici e la produzione di gas.

Il recupero e riciclo delle **batterie** è tecnologicamente complesso, considerando la diversità dei tipi di batterie e dei metalli che contengono. Tutti gli impianti esistenti trattano le batterie intere, attraverso processi di triturazione e separazione, e poi pirometallurgici, mentre l'utilizzo di processi idrometallurgici è raro.

Disponibilità impiantistiche

In Italia, il recupero delle CRM viene prevalentemente affrontato attraverso i pretrattamenti, che si limitano alla separazione fisica di metalli da non-metalli e da plastica, che costituisce la prima fase del recupero dei metalli.

Il trattamento e il recupero dei metalli critici non ferrosi, più pregiati, avvengono con tecniche metallurgiche più impegnative dal punto di vista dell'investimento e della gestione impiantistica.

In considerazione delle quantità in gioco, il recupero del nichel e del rame dai RAEE viene fatto in piccole raffinerie o in centri di ricerca a carattere sperimentale.

Nel nostro paese sono presenti alcuni impianti di piccola taglia per il recupero di metalli preziosi, mentre il recupero e la separazione dei metalli critici viene fatto in pochi impianti esteri. Sono presenti delle piccole raffinerie di rame e oro, che lavorano per esempio le schede elettroniche.

Per quanto riguarda il riciclo delle **batterie** al litio, esistono all'estero impianti che provvedono all'intero ciclo di recupero del litio, dalla triturazione alla precipitazione del sale. In Italia esiste un piccolo impianto già operativo, un progetto PNRR e un impianto pilota dell'Enea. Sono tutti concepiti per arrivare alla black mass, ma non alla raffinazione vera e propria. Vicino a Verona è stato presentato un progetto finanziato che prevede al 2028 la possibilità di arrivare a raffinare le Litio-Ferro-Fosfato per ottenere black mass pronta per il riutilizzo. Ad oggi non esistono soluzioni che "saltano" la raffineria (tutte situate all'estero), almeno fino al 2028.

Glencore e Ly Cycle hanno siglato una lettera di intenti, per costruire un impianto per il recupero di metalli (nichel, cobalto, litio) dalle batterie al litio a Porto Vesme in Sardegna.

Per le batterie Ni-Cd e NiMh, peraltro poco diffuse, non sono stati rilevati progetti di riciclo italiani. Un altro interessante ambito di sviluppo e di ricerca è costituito dalla potenziale estrazione di metalli critici dalle ceneri dei termovalorizzatori.

Esiste invece un'industria affermata per il riciclo del **rame da cavi**.

Il recupero del **vanadio dai catalizzatori** avviene con tecnologie idrometallurgiche.

Non risultano fonderie in Italia in grado di recuperare cobalto, grafite, vanadio e molibdeno.

Sostenibilità economica

La sostenibilità economica degli investimenti negli impianti di trattamento è imprescindibile affinché possa materialmente concretizzarsi il riciclo dei materiali critici. Questa dipende da diversi fattori, tra cui i principali sono: il **costo dell'impianto**, il valore del bene prodotto, i **costi delle materie prime**, della **logistica** e del **lavoro**.

I costi dipendono dalle tecnologie disponibili, dalla capacità dell'impianto, dalla sua localizzazione e dalla **concentrazione dei CRM nei rifiuti in ingresso**. Quest'ultima influisce non solo direttamente sulla resa del processo, ma anche indirettamente sui maggiori consumi o trattamenti necessari nel caso di basse concentrazioni.

L'effetto scala ha generalmente un impatto positivo, che può essere valorizzato anche attraverso specifiche **policy che favoriscano la creazione di una filiera organizzata** di raccolta e trattamento dei rifiuti.

Rispetto al **valore di mercato delle materie prime critiche**, per alcune di esse la valutazione può essere difficile perché spesso l'andamento dei prezzi non segue le usuali logiche di mercato.

Cenni su attività minerarie

È difficile ipotizzare che il fabbisogno di materie prime critiche per il settore energetico, fermo restando il potenziale dell'economia circolare e della sostituzione con nuovi materiali, possa

essere soddisfatto senza una ripresa delle attività minerarie, incluso il recupero dei rifiuti estrattivi.

Per quanto riguarda l'Italia, se per l'estrazione le informazioni disponibili evidenziano prospettive in Sardegna (fluorite), Lazio (fluorite e litio), Liguria (titanio) e Piemonte (cobalto), per gli scarti minerari non si è a conoscenza di dati in forma organica.

Appaiono pertanto indispensabili, oltre all'adozione di una formulazione legislativa per la gestione degli scarti, un piano di gestione ed una valutazione economica del potenziale di recupero dei materiali di interesse; attraverso: l'individuazione di strutture di deposito, incluse quelle abbandonate; la creazione di una banca dati con quantità e concentrazioni di materiali presenti, eventualmente con tecniche di caratterizzazione non invasive; l'effettuazione di carotaggi e analisi per i depositi più promettenti.

Saranno inoltre necessari studi di fattibilità per un riutilizzo industriale degli scarti.

3) Conclusioni

- **L'insieme dei RAEE è eterogeneo** e ogni tipologia richiede processi e tecnologie specifiche.
- Anche ipotizzando un forte incremento dei tassi di riciclo, arrivando alla potenzialità massima, **le quantità di CRM recuperabili dai RAEE, a eccezione del rame, sembrano piccole rispetto all'effettiva capacità di contribuire alla quota di fabbisogno che l'Europa attribuisce al riciclo, oltre che oggi va valutata la sostenibilità economica dei processi**, anche in relazione ai prezzi dei materiali.
- **Il riciclo da catalizzatori e batterie appare promettente**, così come il recupero di **rame e silicio dai pannelli fotovoltaici dismessi**, nonché di **cobalto e terre rare dai magneti permanenti degli aerogeneratori**.
- **L'utilizzo delle batterie** per il trasporto elettrico, per le utenze civili e industriali e per lo stoccaggio di energia **aumenterà enormemente nei prossimi anni** e con esso aumenterà la richiesta dei minerali critici per la loro produzione.
- L'UE sta studiando vincoli sull'importazione, che probabilmente porteranno alla **costituzione in Europa di centri di produzione di batterie, che potranno effettuare direttamente il recupero dei metalli**.
- Sebbene non sia stato classificato nella direttiva UE come materiale critico, **il silicio recuperato dai pannelli fotovoltaici dismessi è da considerare strategico**, poiché la produzione del *grade* per le applicazioni fotovoltaiche richiede un dispendio enorme di energia, con impatti molto rilevanti, anche considerando il notevole sviluppo nei prossimi anni di questa tecnologia. Già adesso ed ancor più negli anni prossimi, dato il notevole sviluppo previsto di questa tecnologia, i quantitativi recuperabili giustificano la relativa impiantistica e l'organizzazione di centri di raccolta che bilancino la presenza diffusa di pannelli dismessi nel territorio.
- Gli **impianti eolici** stanno vivendo una fase di passaggio ad una nuova generazione di maggior potenza, con la sostituzione delle pale e dei sistemi di produzione di energia. Le quantità e la gamma di materiali critici recuperabili sono interessanti, anche se i proprietari stanno raggiungendo accordi con i costruttori per affidare a loro il recupero dei materiali dai componenti dismessi.
- **In Italia l'impiantistica per il recupero delle materie critiche è da sviluppare**, in particolare per il completo sfruttamento della catena del valore.
- **È necessario sviluppare una logistica** che consenta la raccolta e la messa a disposizione di una massa critica di materiali critici a grandi stabilimenti in grado di consentirne il recupero.
- La disponibilità in Italia di quantitativi significativi di CRM provenienti dai rifiuti richiederà tempo ed è comunque da ritenere difficilmente paragonabile alle altre fonti

che saranno necessarie per coprire i fabbisogni, fermo restando che **le dinamiche di domanda e offerta sono soggette a significative variazioni nel tempo**, in particolare in relazione agli sviluppi tecnologici.

- I **benchmark europei** del Critical Raw Material Act che mirano alla copertura del 25% del fabbisogno UE nel 2030 con il riciclo **non appaiono supportati da analisi di scenario condivisibili**.

4) Proposte

- **Incentivare la raccolta dei RAEE** con una riforma della normativa e la piena applicazione del principio di Responsabilità Estesa del Produttore e il **contrasto a circuiti non autorizzati di raccolta**.
- **Valorizzazione, all'interno del nuovo PNIEC, dei processi, prodotti e servizi circolari**, sostenibili e funzionali alla riduzione dell'impronta ambientale e alla sicurezza energetica nazionale.
- Rendere organico il **quadro normativo per lo sviluppo del modello circolare**, in particolare nel recupero e valorizzazione di scarti, rifiuti e sottoprodotti in attuazione della Strategia Nazionale per l'Economia Circolare.
- **Pannelli fotovoltaici e i componenti degli impianti eolici vanno inseriti a pieno titolo nelle direttive europee sui RAEE e nei provvedimenti di recepimento nazionali**.
- **Rivedere la legislazione sulla classificazione dei materiali di riciclo delle batterie al litio** per superare inutili limitazioni e consentire il processamento a fine vita anche attraverso l'armonizzazione in applicazione di direttive e regolamenti europei.
- **Supportare le filiere innovative del riciclo e del riuso** nello sviluppo delle tecnologie necessarie per la riconversione delle materie seconde e per il recupero delle materie prime critiche.
- Espansione del mercato di materiali riciclati, rigenerati e riutilizzati attraverso la creazione di mercati premianti anche attraverso una **fiscalità differenziata della componente circolare**.
- Favorire il riconoscimento di **agevolazioni agli imprenditori** impegnati ad utilizzare nuove tecnologie.
- **Modificare i benchmark del CRM Act destinati all'energia non appena si dovesse prendere atto della loro impraticabilità**.
- Lanciare **campagne di comunicazione e sensibilizzazione** per il coinvolgimento dei consumatori in azioni e stili di vita circolari e per il consenso sociale nel territorio.

OIMCE - Osservatorio Italiano Materie Prime Critiche per l'Energia è un'iniziativa permanente promossa da WEC Italia – Comitato Nazionale Italiano del World Energy Council e Assorisorse per approfondire il tema dei critical raw materials, diffonderne la conoscenza e condividere proposte di politiche pubbliche sul tema. L'Osservatorio è aperto a tutti gli stakeholder interessati tramite l'adesione e il supporto alle attività del network. Opera con un approccio neutrale per raccogliere informazioni terze e certificate e supportare le istituzioni sui punti di attenzione identificati dal proprio network. Come stakeholder qualificato sul tema è intervenuto in audizione alla Camera dei Deputati sul DL Materie Prime Critiche.