

INSIGHT

MATERIA RINNOVABILE

RIVISTA INTERNAZIONALE
SULLA BIOECONOMIA
E L'ECONOMIA CIRCOLARE

Supplemento al n. 45

Giugno 2023

RM Editori

Alluminio

- Il contesto globale
- La filiera italiana
- Alluminio per la transizione verde e circolare
- Decarbonizzare la produzione
- Miniere urbane di alluminio in Italia
- Raccolta differenziata e riciclo: metodi e tecnologie



MATERIA RINNOVABILE

Partner



Sostenitori



Networking Partner



ReteAmbiente



Partner Tecnici



Stampato da Geca Industrie Grafiche con inchiostri a base vegetale privi di oli minerali. Il sistema produttivo di Geca non produce scarichi e ogni sforzo delle nostre lavorazioni è immesso in un processo di raccolta e riciclo. www.gecaonline.it



Sommario

- Emanuele Bompan **2** **Preziosa materia rinnovabile**
- Emanuele Bompan **6** **Numeri che parlano chiaro**
Intervista Giuseppina Camimeo
- Emanuele Bompan **9** **La sfida circolare delle raffinerie di alluminio**
Intervista a Roberta Niboli

A cura di Duccio Bianchi

Dossier CiAl

- 13** **Alluminio. Un materiale per la transizione ecologica da non disperdere**
- 15** Il contesto globale
- 25** La filiera italiana
- 33** Alluminio per la transizione verde e circolare
- 44** Decarbonizzare la produzione
- 49** Miniere urbane di alluminio in Italia
- 55** Raccolta differenziata e riciclo: metodi e tecnologie



Questa rivista è stampata su carta FSC® amica della foresta. Il logo FSC® identifica prodotti che contengono carta proveniente da foreste gestite secondo i rigorosi standard ambientali, economici e sociali definiti dal Forest Stewardship Council® e altre fonti controllate.



INSIGHT

MATERIA RINNOVABILE

RIVISTA INTERNAZIONALE
SULLA BIOECONOMIA
E L'ECONOMIA CIRCOLARE

Supplemento al n. 45
Giugno 2023
RM Editori

Alluminio

www.renewablematter.eu
ISSN 2385-2240
Reg. Tribunale di Milano n. 351
del 31/10/2014

Direttore responsabile
Emanuele Bompan

Vicedirettore
Marco Moro

Caporedazione
Giorgia Marino

Lo studio Alluminio
è stato realizzato da Duccio Bianchi

Editing
Emanuele Bompan
Giorgia Marino

Supervisione
Stefano Stellini, Gennaro Galdo

Relazioni esterne e istituzionali
Anna Re

Art direction e impaginazione
Margherita Gallon

Infografiche
Angela Testa

Contatti
redazione@materiarinnovabile.it
t. +39 02 45487277

Questa rivista è composta in
Dejavu Pro di Ko Stiggers

Prodotto e stampato in Italia
presso GECA srl,
San Giuliano Milanese (Mi)

Copyright
© RM Editori Srl - Società benefit 2023
Tutti i diritti riservati

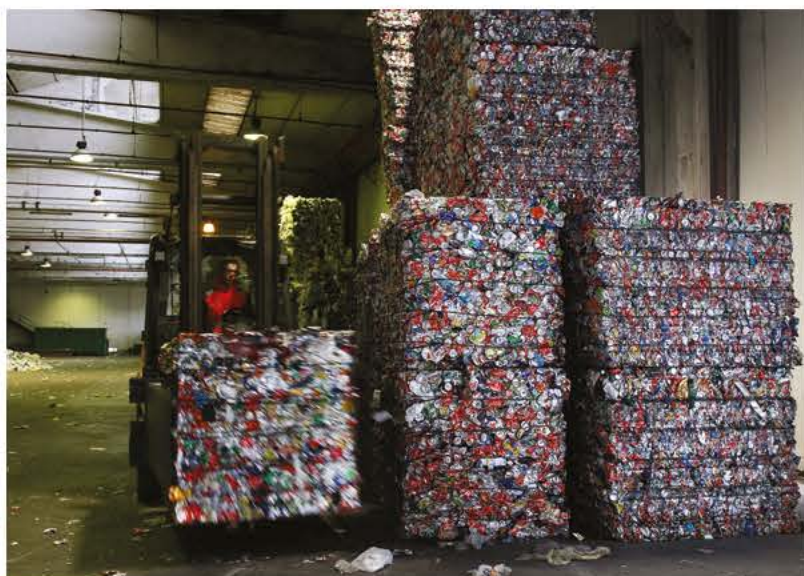
Un progetto di RM Editori

In copertina
Foto di Alberto Bernasconi

Dove non specificato, le immagini
sono di Alberto Bernasconi

Editoriale

Preziosa materia rinnovabile



di **Emanuele Bompan**

Il metallo di alluminio è molto raro in forma nativa e il processo per raffinarlo dai minerali è complesso. Proviene dall'allume, una famiglia di sali doppi, che viene scoperta e impiegata sin dal V secolo a.C.

Inizialmente l'allume veniva utilizzato come mordente per tingere la lana, fissare coloranti naturali, per imbalsamare animali e corpi umani, e per rendere ignifugo il legno. Già Plinio il Vecchio nella sua *Naturalis historia* descrisse dettagliatamente varie sostanze chiamate *aluminis*, reperibili in natura. Le regioni di provenienza erano Spagna, Egitto, Armenia, Macedonia, Sardegna. Nel Medioevo divenne un bene di commercio internazionale, e le sue proprietà stupivano studiosi e alchimisti. Nel Rinascimento si credeva fosse il sale di una nuova terra, materia proveniente da una nuova Gerusalemme, materia speciale di origine arcana, mentre gli alchimisti cinesi ritenevano fosse un ingrediente magico da utilizzare nella preparazione di elisir o nella trasformazione dei metalli oppure una pericolosa sostanza in grado di sviare dalla Ricerca, come racconta il libro del IX secolo *Chen Yuan Miao. Tao Yao Lueh* ("Elementi classificati essenziali del misterioso. Tao della vera origine delle cose", noto anche per essere il primo libro a menzionare la polvere da sparo).

Emanuele Bompan

è direttore responsabile di *Materia Rinnovabile*. Ha scritto *Che cosa è l'economia circolare* (2021), *Atlante geopolitico dell'acqua* (2019) e *Water Grabbing, le guerre nascoste per l'acqua nel XXI secolo* (2018).

La scoperta dell'alluminio come metallo fu annunciata nel 1825 dal fisico danese Hans Christian Ørsted, il cui lavoro fu esteso dal chimico tedesco Friedrich Wöhler. Viste le potenzialità, il prezzo schizzò alle stelle, superando persino quello dell'oro, scendendo nuovamente dopo l'inizio della produzione industriale da parte del chimico francese Henri Étienne Sainte-Claire Deville nel 1856.

Nella seconda metà dell'Ottocento metallurgisti come James Fern Webster producevano al massimo 50 chili di alluminio a settimana in piccole fabbriche attraverso un processo chimico instabile. La rivoluzione arrivò con il "processo Hall-Héroult", sviluppato indipendentemente dall'ingegnere francese Paul Héroult e dall'ingegnere americano Charles Martin Hall nel 1886.

Ad oggi Hall-Héroult è l'unico processo industriale utilizzato per la produzione dell'alluminio primario, cioè non derivante da riciclo: il procedimento consiste nella dissoluzione di allumina in un bagno di criolite fusa, con la formazione di un sale fuso che viene sottoposto a elettrolisi per ottenere alluminio. Fu un successo immediato, e con il primo impianto di produzione di alluminio su larga scala, inaugurato a Pittsburgh nel 1888 (in seguito diventerà l'azienda Alcoa) il materiale entrò a far parte dell'economia di massa.



@insp.it, Rui Htayoshi

Packaging, costruzioni, velivoli, biciclette: un successo planetario. Tanto che l'alluminio diventa nel 1954 il primo metallo non ferroso per volume di produzione, superando, con quasi 3 milioni di tonnellate realizzate in un anno, il rame. Poca cosa addirittura, se comparata ai 100 milioni di alluminio prodotti nel 2019.

La seconda vita dell'alluminio arriva a fine anni Sessanta (sotto la spinta della CocaCola, interessata a ridurre i costi per la produzione delle sue lattine) con l'industrializzazione del riciclo tramite rifusione del metallo, processo molto meno costoso e ad intensità energetica ridotta rispetto alla creazione di nuovo alluminio. Subito il processo si fa notare per i suoi plus ambientali ed economici. La creazione di materia prima seconda richiede solo il 5% dell'energia utilizzata per produrre nuovo alluminio dal minerale grezzo e oggi vede sempre quote maggiori di uso di questo materiale soprattutto nel packaging monouso e riutilizzabile, lattine e bottiglie in primis. I costi poi sono vantaggiosissimi: ragioni per cui decolla il consumo di bibite e birre in lattina.

Nelle pagine di questo Insight di *Materia Rinnovabile* con la ricerca di Duccio Bianchi e il lavoro di CIAL, il Consorzio nazionale

Imballaggi in Alluminio, mettiamo sotto la lente d'ingrandimento proprio questo processo di recupero, cercando di analizzare il mercato dell'alluminio riciclato, i dati di raccolta e riciclo, i processi industriali, le innovazioni e gli obiettivi futuri. Nella complessa arena di idee e progetti sul futuro del packaging, il pack in monomateriale alluminico, leggero e riciclabile *ad aeternum*, diviene un caposaldo della transizione circolare, sostenuto da una produzione di alluminio vergine sempre più efficiente e da volumi di materiale di recupero sempre più elevati quantitativamente e qualitativamente a livello globale, oltre che da un ammodernamento del design e dei processi (ben raccontato dall'intervista ad Assiral). Oggi grazie alle sue caratteristiche intrinseche (conservazione dell'umidità, temperatura, schermatura alla luce) pone una sfida direttamente agli imballaggi in plastica riciclata e persino alla carta. Inserito in schemi di riuso del packaging (pensiamo alle latte aerosol) può avere molteplici vite prima ancora di essere riciclato. La sua leggerezza ha un impatto sul tonnellaggio nei trasporti dei beni di consumo e le caratteristiche per primeggiare in vari settori non mancano.

Non sarà un materiale magico come pensavano gli alchimisti cinesi della dinastia Song, ma di sicuro l'alluminio è capace di sorprenderci sempre di più. ●



Numeri che parlano chiaro

Intervista a Giuseppina Carnimeo



di Emanuele Bompan

I dati non mentono. In linea con i principi del nuovo Piano d'azione per l'economia circolare del Green Deal europeo, il modello italiano di gestione degli imballaggi e dei rifiuti da imballaggi in alluminio rappresenta un'eccellenza nel panorama europeo. Un risultato di cui Giuseppina Carnimeo, direttrice generale di CIAL - Consorzio Nazionale Imballaggi Alluminio va particolarmente fiera: il Consorzio ha infatti avviato a riciclo nel 2022 il 73,6% degli imballaggi in alluminio immessi sul mercato (ovvero 60.200 tonnellate), percentuale che, includendo anche il recupero energetico, si avvicina al 78%. Numeri importanti che hanno consentito di evitare emissioni di gas serra pari a 423.000 tonnellate di CO₂ e di risparmiare energia per oltre 185.000 tonnellate equivalenti di petrolio.

Risultati importanti che posizionano CIAL tra le migliori filiere della materia prima seconda.

Il riciclo riveste un'importanza strategica per l'intero comparto industriale grazie all'enorme risparmio di materia prima e di energia che garantisce. Basti pensare che oltre il 75% dell'alluminio prodotto negli ultimi 125 anni è tutt'ora in circolo. Va inoltre sottolineato che in Italia il 100% della produzione di alluminio si basa sul riciclo e, in termini quantitativi, il nostro Paese



CIAL- Consorzio Nazionale Imballaggi Alluminio www.cial.it

è tra i primi al mondo. Tali risultati sono possibili per le eccezionali caratteristiche e performance del materiale, che può essere riciclato facilmente, completamente e per cicli infiniti, fornendo un materiale durevole, permanente, sempre pronto e disponibile per nuovi e diversi impieghi.

Quali sono le ragioni della forza di questa filiera del packaging?

La scelta dei criteri di gestione della filiera del packaging in alluminio garantisce un rapporto costo-risultato tra i più efficienti d'Europa, realizzando un eccellente modello di sostenibilità sociale, economica e ambientale accanto a una relazione estremamente costruttiva con il territorio, grazie all'azione combinata di istituzioni, imprese, operatori, cittadini e Comuni. Il sistema Italia si caratterizza per una forte simbiosi industriale sostenuta da una grande evoluzione tecnologica della rete impiantistica nazionale. Abbiamo impianti all'avanguardia ed estremamente efficienti che permettono di recuperare l'alluminio in ogni fase del trattamento del rifiuto. Siamo in grado di massimizzare il recupero e minimizzare gli scarti che necessariamente si creano durante il trattamento dei rifiuti. Vari impianti su tutto il territorio italiano si stanno dotando di ulteriori

tecnologie per andare a operare nel cosiddetto sotto-vaglio, ovvero nelle frazioni più piccole della fase di selezione del materiale che spesso vanno perdute. Solo grazie a questo modello possiamo contenere il più possibile il contributo ambientale a carico delle imprese, che – va ricordato - oggi è il più basso d'Europa.

A livello nazionale i dati di raccolta e riciclo sono già oltre gli obiettivi comunitari: siete al 73,6% mentre gli obiettivi di riciclo UE al 2025 sono del 50% e quelli al 2030 del 60%. Quali sono quindi le prossime sfide per CIAL?

La nuova sfida, oggi, più che quantitativa è qualitativa e riguarda la necessità di disporre di un atteggiamento e di un approccio nuovo e innovativo anche dal punto di vista culturale per agevolare la transizione dall'economia lineare a quella circolare. Focalizzarsi ulteriormente sul supporto alla raccolta differenziata e allo sviluppo di nuove e integrative modalità di recupero per una crescita costante e continuativa del riciclo è l'obiettivo principale delle strategie e delle iniziative che il Consorzio sta pianificando per il prossimo triennio. In particolare, lavoreremo in quelle aree del Paese che ancora oggi risultano in ritardo. Siamo inoltre consapevoli che il processo di sviluppo è ormai irreversibile e che, seppur a macchia di leopardo, le principali regioni del



La sfida circolare delle raffinerie di alluminio

Intervista a Roberta Niboli

sud Italia dimostrano interessanti e crescenti performance in grado di ridurre il gap con le aree più avanzate in tempi relativamente brevi. L'impegno di CIAL inoltre prevede ormai da anni un supporto personalizzato, su tutto il territorio nazionale, che non si limita alla semplice erogazione di corrispettivi economici a fronte del materiale raccolto e conferito ma, piuttosto, a garantire l'individuazione delle migliori opzioni possibili per massimizzare il recupero dell'alluminio nei diversi contesti territoriali. Attraverso una continua analisi e monitoraggio valutiamo, inoltre, possibili forme premianti e incentivanti in funzione di crescenti livelli di quantità e qualità raccolta pro-capite; offriamo supporto nell'adozione di nuove tecnologie e soluzioni integrative della stessa raccolta differenziata per garantire la captazione di frazioni di materiale erroneamente conferite nel rifiuto indifferenziato; rafforziamo il recupero della frazione alluminio dal sotto-vaglio degli impianti di selezione dei rifiuti da raccolta differenziata, per minimizzare lo smaltimento degli scarti e massimizzare quindi il recupero di questa componente, senza dimenticare il recupero dell'alluminio dal trattamento delle scorie post-combustione dopo il processo di termovalorizzazione.

Le strategie *circular* del Green Deal europeo richiedono non solo che gli imballaggi siano tutti riciclabili entro il 2030, ma che vengano anche progettati per questo scopo, cercando di prevenire la formazione di rifiuto.

Sottolineo quanto l'alluminio sia il materiale ideale per la produzione di imballaggi (lattine per bevande, scatolette per alimenti, bombolette aerosol, tubetti, vaschette, foglio sottile in rotoli e per involucri, tappi, chiusure e capsule per il caffè) perché è leggero, malleabile, resistente agli

urti e alla corrosione ed è in grado di garantire un effetto barriera che protegge dalla luce, dall'aria, dall'umidità e dai batteri. In linea, quindi, con gli altissimi standard richiesti nei settori food e beverage per una lunga e sicura conservazione, a tutela della salute umana e con un contributo imprescindibile alla prevenzione della formazione del rifiuto organico e alla riduzione dello spreco alimentare e degli scarti.

Come sta cambiando il design del packaging in alluminio?

L'alleggerimento è una strategia fondamentale di riduzione del consumo di materiale. Grazie alla ricerca e allo sviluppo tecnologico, il peso di una lattina per bevande da 33 cl è passato negli ultimi 20 anni dai 14 grammi ai 12,2 grammi attuali, con un calo del 12%, quello delle bombolette si è ridotto del 13,2%, mentre lo spessore medio del foglio sottile di alluminio si è ridotto del 27,5% e quello delle vaschette del 15%. Per la tutela dell'ambiente, sono grammi "pesantissimi" che, moltiplicati per i miliardi di pezzi realizzati ogni anno, si trasformano in tonnellate risparmiate in fase di produzione. Se si sommano i risultati ottenuti per le diverse tipologie di imballaggi in alluminio, si arriva a un risparmio totale di circa 107.000 tonnellate, con 5350 tonnellate risparmiate mediamente ogni anno. Ovviamente tutto questo non influisce solo sull'approvvigionamento di alluminio, sia esso proveniente da materia prima o da rottame, ma, a cascata, su tanti costi di produzione e sul risparmio energetico. Facendo un esempio numerico il risparmio di alluminio medio annuo avuto negli ultimi 20 anni equivale ad oltre 51.000 carrozzerie per auto, mentre il risparmio totale di 107.000 tonnellate di alluminio si traduce in mancate emissioni serra pari a 936.000 tonnellate di CO₂ equivalenti. ●

di **Emanuele Bompan**



@Roberta Niboli

Per un materiale energivoro come l'alluminio, la circolarità è un'opportunità economica oltre che ambientale. Da questo punto di vista le raffinerie di alluminio svolgono un lavoro importantissimo recuperando i materiali di scarto derivati dalle lavorazioni industriali. Sono tanti i temi che interessano l'alluminio: dall'efficientamento energetico alle auto elettriche, fino agli effetti del Carbon Border Adjustment Mechanism sulle raffinerie europee. Per inquadrare le sfide presenti e future del settore abbiamo incontrato Roberta Niboli, presidente di Assiral, Associazione Italiana Raffinatori Alluminio.

A che punto è l'evoluzione della raffinazione dell'alluminio in ottica circolare?

Su tanti temi come l'ambiente, la sicurezza e l'efficienza produttiva assistiamo ad un miglioramento continuo grazie all'evoluzione delle tecnologie disponibili. Ad aumentare è stata soprattutto l'efficienza, che di conseguenza ha ridotto i consumi energetici e l'impatto ambientale in fase produttiva. Anche grazie al Green Deal europeo, un altro trend in crescita è quello di massimizzare la percentuale di riciclo dei prodotti semilavorati che realizziamo. Nel settore della raffinazione si è investito molto affinché si possano recuperare tutti i tipi di rottame, anche quelli con una percentuale maggiore di materiale organico. Questo permette di andare a ottimizzare i processi in ottica circolare.



Quali sono state le innovazioni tecnologiche e le strategie messe a terra per far fronte al caro energia che ha colpito i settori più energivori come il vostro?

Abbiamo lavorato molto sulla riduzione dei consumi: da un maggiore isolamento dei forni all'efficientamento dei processi di combustione che limitano la dispersione di calore. Sono in fase di studio anche nuovi vettori energetici come l'idrogeno, di cui tanto si parla ma che a livello industriale non sono ancora utilizzati. Diciamo che dal punto di vista energetico una soluzione pronta per l'uso è quella di sfruttare pannelli fotovoltaici per generare direttamente energia pulita.

Se dobbiamo invece guardare alle performance, quali sono le tipologie di prodotto su cui si punterà in futuro?

Massimizzare la circolarità è ormai un'esigenza. Negli ultimi due anni, anche le aziende che non utilizzavano rottami come materia prima seconda stanno cercando di puntare sul riciclo.

Questa tendenza a massimizzare la componente di riciclo in tutti i tipi di materiali crescerà, anche grazie alla spinta della normativa europea. Oltre all'efficientamento energetico, le principali innovazioni saranno legate alla grande trasformazione del settore automotive. Con il passaggio dal motore endotermico al motore elettrico, la chiave sarà riuscire a realizzare prodotti a bassa carbon footprint, con un alto tasso di riciclo e l'utilizzo di energia verde.

Quando si parla di digitalizzazione, quali sono i ruoli che possono giocare queste tecnologie nei processi produttivi?

Sicuramente la digitalizzazione coinvolgerà tutti i processi delle aziende: da quello produttivo e commerciale, fino a quello amministrativo. Per rispondere ad un mercato dinamico è fondamentale investire nella digitalizzazione, la cui evoluzione è molto rapida. Soprattutto nell'automotive, un settore in forte trasformazione.

CBAM - Commissione europea
<https://shorturl.at/fhoV8>

Che tipo di scenario si prospetta per la transizione all'elettrico?

Ora è difficile avere un quadro preciso. Nel 2018 erano previsti dei volumi di crescita, ma si trattava di quote ancora modeste. Dall'aggiornamento delle stime emerge che in molti Paesi, specialmente quelli del Nord, il tasso di crescita sarà molto alto. Dovremo capire quali sono i nuovi tipi di componenti in alluminio che saranno presenti, quali tipi di leghe saranno utilizzate per produrli e poi, a valle, come soddisfare queste esigenze grazie al processo di riciclo.

Tra i prodotti ad alto impatto carbonico, inclusi nel Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), c'è anche l'alluminio. Servirà ad evitare la rilocalizzazione delle emissioni (carbon leakage) fuori dall'Europa?

Adesso sarà semplicemente una fase di studio e di raccolta dei dati. Tuttavia, se il fine del meccanismo CBAM è quello di tutelare l'industria europea, c'è il rischio che l'Europa, avendo ancora

una forte dipendenza per l'alluminio primario da Paesi extraeuropei, si ritrovi a pagare dei costi aggiuntivi sull'import di materiale di cui comunque abbiamo bisogno. Sarà importante sia aumentare la percentuale di riciclo, ma anche avere anche disponibilità di alluminio primario in Europa.

Ci sono altre criticità per cui Assiral si sta battendo?

Ogni anno l'Europa esporta milioni di tonnellate di rottame che si traducono sostanzialmente in esportazioni di energia elettrica. Perché quando esportiamo rottame, perdiamo una materia prima che può essere recuperata e riutilizzata con il 95% in meno di energia rispetto alla produzione di alluminio da minerale. La percentuale dell'alluminio nell'auto elettrica aumenterà in varie forme e ci sarà sicuramente la necessità di fare in modo che l'alluminio disponibile venga utilizzato per la produzione europea. Se viene esportato, invece, bisogna assicurarsi che chi lo recupera abbia standard ambientali simili a quelli europei.

Dossier CIAL

Alluminio

Un materiale
per la transizione ecologica
da non disperdere

a cura di **Duccio Bianchi**

Riciclabile al 100% e potenzialmente all'infinito, l'alluminio è uno dei materiali circolari per eccellenza. La sua resistenza e il suo alto tasso di circolarità avranno un ruolo sempre più importante in vista della transizione ecologica ed energetica nei prossimi anni.



Il contesto globale

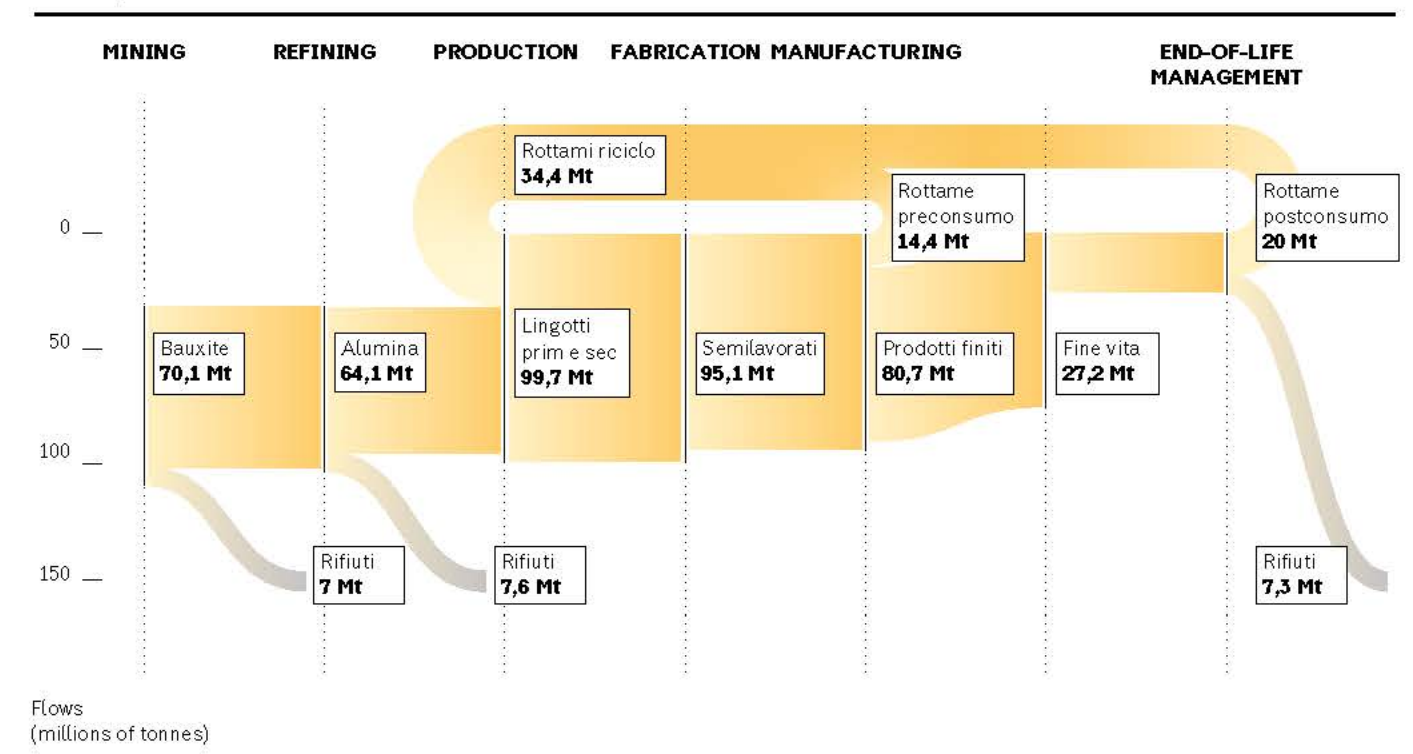


I flussi globali di alluminio

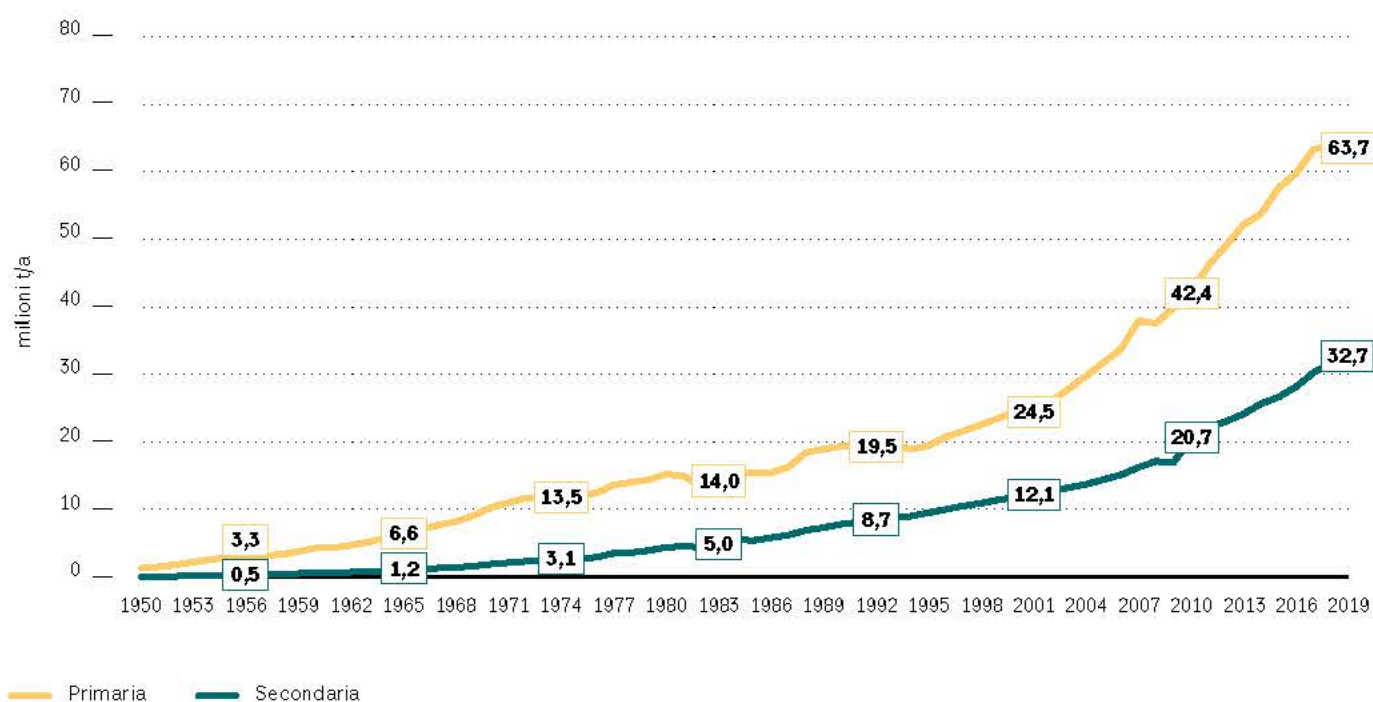
L'alluminio è uno dei materiali più "circolari", con una riciclabilità quasi integrale e infinita, e con una lunga permanenza nel sistema: il 75% dell'alluminio primario prodotto negli ultimi 125 anni è ancora in uso, come prodotto originario o

riciclato. L'alluminio attualmente in uso (2019) è pari a 1098 milioni di tonnellate. Nel 2019, la produzione mondiale di alluminio è stata pari a poco meno di 100 milioni di tonnellate, da cui sono stati ottenuti circa 81 milioni di tonnellate di prodotti finiti. Per circa il 40% si tratta di prodotti sostitutivi, per il 60% (48 Mt) di prodotti aggiuntivi allo stock in uso.

Flusso globale di alluminio



Produzione mondiale di alluminio primario e secondario (milioni t/a)



I dati, qui e nel seguito se non diversamente specificato, derivano dal database pubblico in <https://alucycle.international-aluminium.org/>

I dati sono resi disponibili dal 1962 e sono scorporati per le varie regioni mondiali (ad es. Europa, Nord America etc.).

I prodotti a fine vita sono stati pari a circa 27,2 milioni di tonnellate (Mt), di cui 20 milioni sono stati riciclati nello stesso processo produttivo. La produzione mondiale di alluminio deriva sia da processi primari (66% nel 2019) che secondari (34%), cioè da riciclo.

I processi primari si basano sull'estrazione di allumina dalla bauxite e sulla successiva elettrolisi per ottenere alluminio metallico. Per la produzione di 63,7 Mt di alluminio primario, nel 2019 sono stati estratti oltre 70 Mt di bauxite. Su scala globale i processi secondari, da cui derivano 32,7 Mt di alluminio, sono stati alimentati da 34,4 Mt di scarti di processo e rottami pre e post-consumo (rispettivamente il 42% e il 58% dei rottami impiegati, ma in Italia la ripartizione è diversa). Il 73% circa dei rifiuti di alluminio post-consumo sono direttamente riciclati.

La produzione di alluminio primario, basata sul processo elettrolitico, è quasi triplicata negli ultimi venti anni arrivando a circa 64 Mt nel 2019. Negli ultimi venti anni la produzione primaria è diminuita in Europa e Nord America (da un cumulo di 10,7 Mt nel 2000 a 7,6 Mt nel 2019), mentre è cresciuta enormemente in Cina (da 2,8 Mt a 36 Mt tra il 2000 e il 2019), ove oggi si concentra il 56% della produzione mondiale. La produzione di alluminio secondario (sia a partire da scarti interni e pre-consumo che da scarti post-consumo) è stata pari a circa 33 Mt nel 2019 (il 34% della produzione totale) ed

è triplicata negli ultimi venti anni, anche se il rapporto tra primario e secondario è rimasto sostanzialmente stabile. In Europa e Nord America (così come in Giappone) la produzione secondaria è diventata prevalente rispetto a quella primaria: era il 37% nel 2000 ed è diventata il 58% nel 2019. La Cina rappresenta il 35% della produzione mondiale di alluminio secondario. Il post consumo riciclato deriva principalmente da demolizione di autoveicoli e mezzi di trasporto, edilizia e da raccolta di imballaggi.

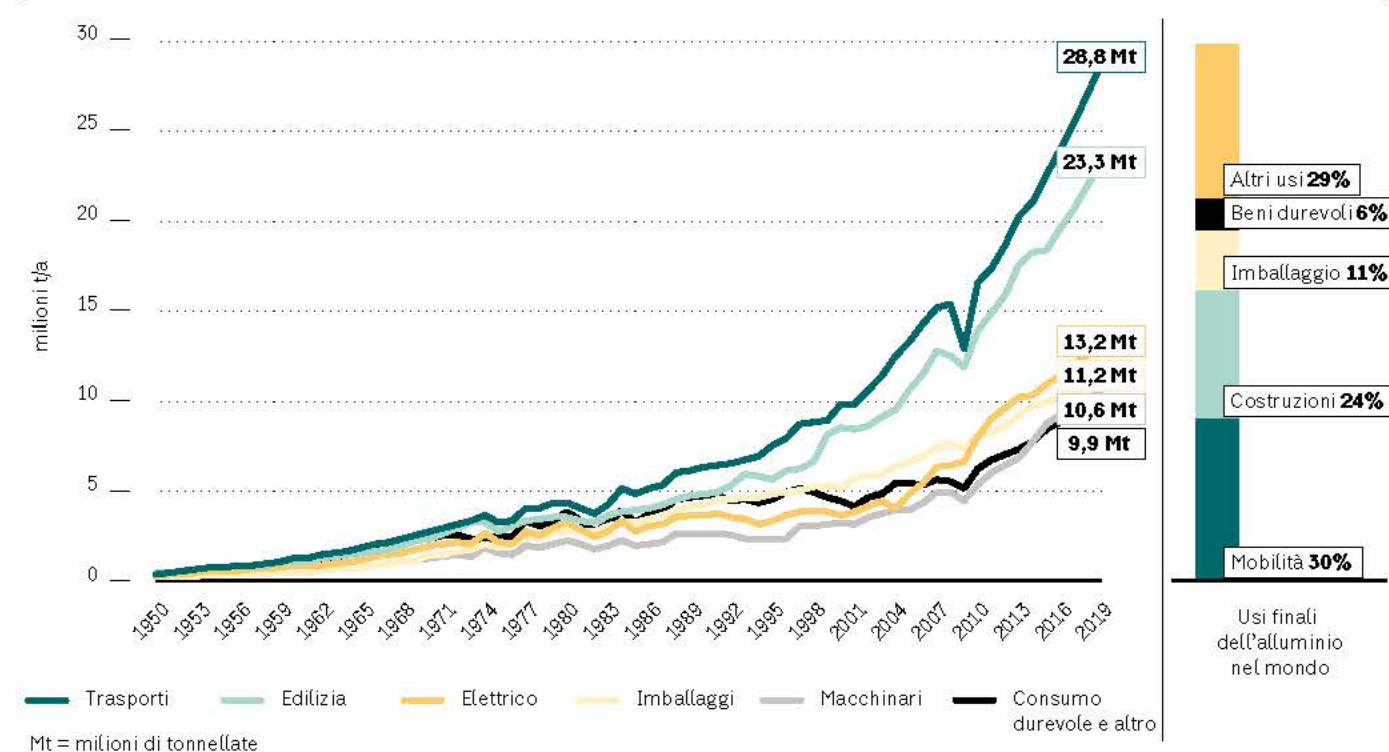
Usi finali dell'alluminio

L'alluminio trova impiego in una pluralità di applicazioni. Su scala mondiale gli usi predominanti sono nella produzione di mezzi di trasporto (principalmente autoveicoli e treni) e nell'edilizia, pari rispettivamente al 30% e al 24%. In Europa e in Italia sono prevalenti gli impieghi nel settore della mobilità (42% del totale). Altri importanti campi di impiego sono il settore elettrico (principalmente cavi), la produzione di imballaggi, la produzione meccanica, la produzione di beni di consumo durevoli (dal pentolame ai prodotti di arredo). Tutti i settori di impiego hanno conosciuto una forte crescita quantitativa, anche se con differenze regionali. In Cina sono molto cresciuti gli impieghi per edilizia e per macchinari, mentre in Europa sono cresciuti molto gli impieghi nel settore dei trasporti.

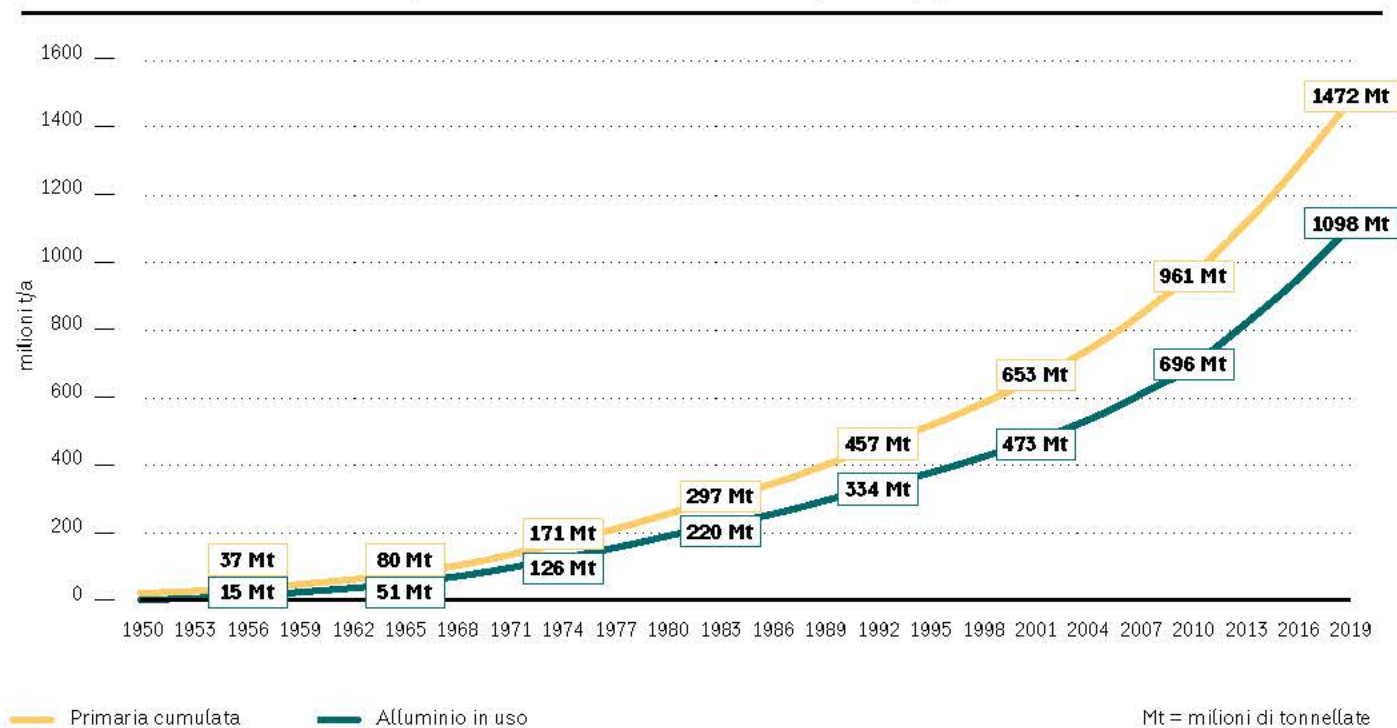


©Ennio Elements

Produzione mondiale di beni in alluminio (milioni t/a) e usi finali dell'alluminio a scala nel mondo



Produzione cumulata di alluminio primario e alluminio ancora in uso (milioni t/a)



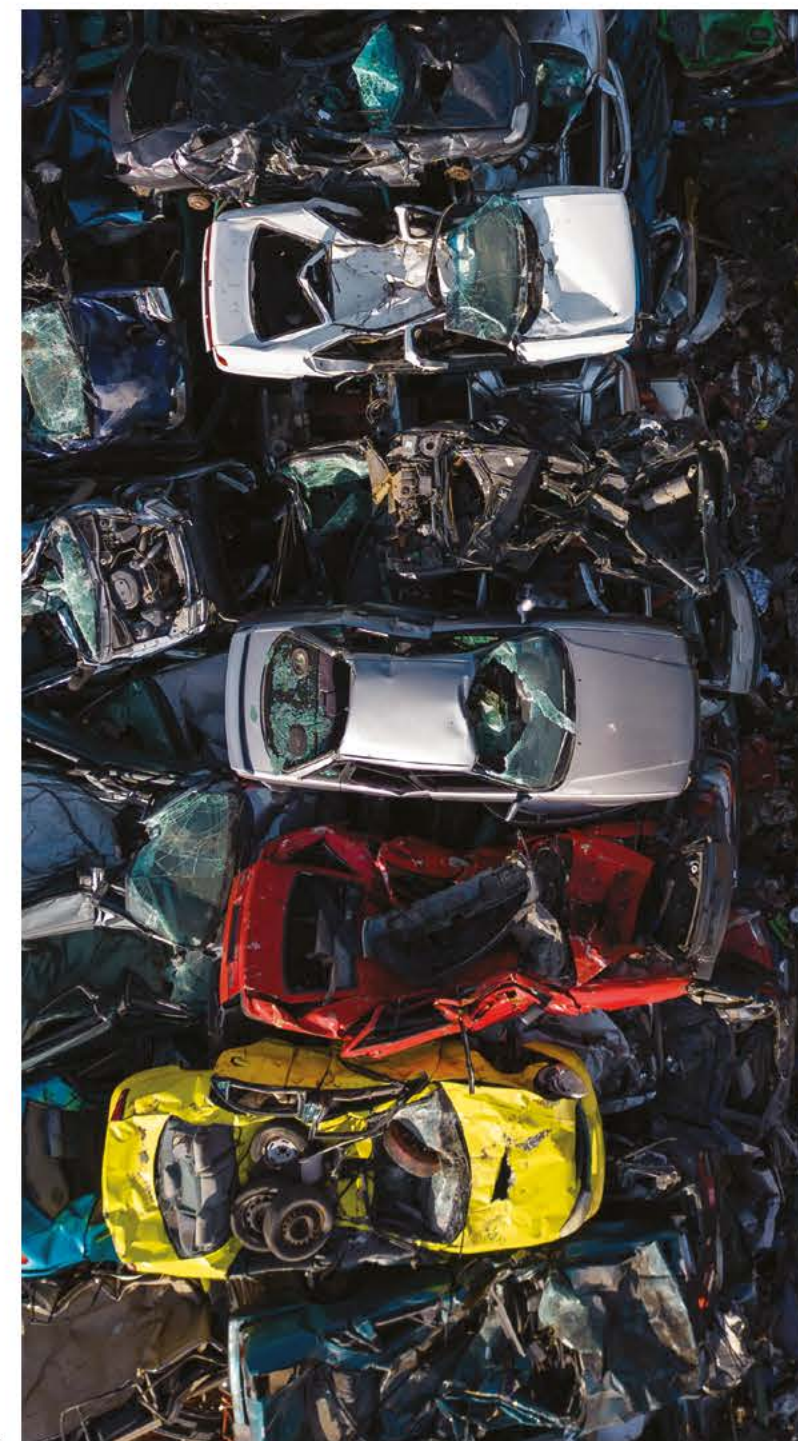
La permanenza dell'alluminio

L'alluminio è un materiale "permanente", cioè una volta prodotto e immesso sul mercato vi rimane per un lunghissimo periodo, sia per la lunga durata d'uso dei principali prodotti, sia per l'elevato tasso di riciclo e le minime perdite a cui è soggetto in fase di riciclo.

Sul totale dell'alluminio primario storicamente prodotto – si stimano circa 1.471.000 tonnellate, più della metà delle quali immesse negli ultimi venti anni – circa il 75% è ancora in uso, o come prodotto originario o come un prodotto derivante dal riciclo (elaborazione su dati IAI – Alucycle).

I prodotti originari di alluminio ancora in uso corrispondono a circa il 65% dell'alluminio immesso storicamente sul mercato.

La durata di vita media dei prodotti in alluminio è molto alta, superiore ai 25 anni. Nel settore dell'edilizia la durata media è di circa 50 anni e nel settore della mobilità varia dai circa 15-20 anni per le autovetture agli oltre 40 nell'aeronautica o nei treni. Anche nei beni di consumo durevoli la durata media è stimata circa 12 anni. Gli imballaggi, la cui durata è ovviamente annuale, pesano solo per l'11% dei prodotti immessi su scala mondiale.



Riciclo e dispersione dell'alluminio

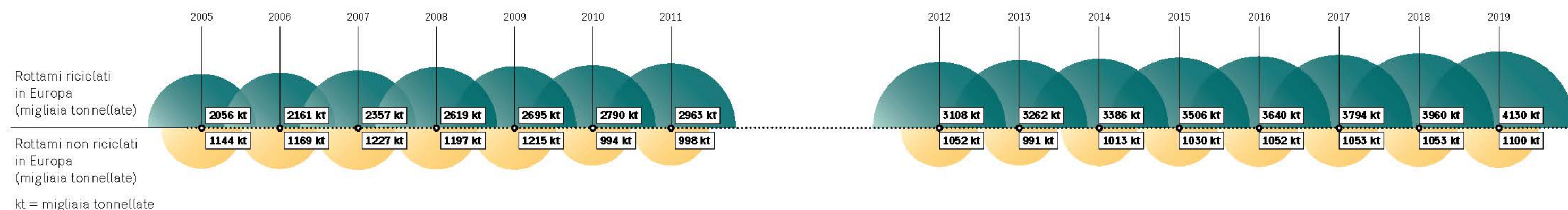
Nonostante l'alto valore dell'alluminio e la sua riciclabilità, una parte ancora importante dell'alluminio viene dissipata. Su scala globale, secondo le stime IAI, gli scarti post-consumo di alluminio non recuperati valgono cumulativamente (dal 1950 ad oggi) circa il 46% del totale degli scarti generati. Sugli scarti post consumo generati oggi, invece, il tasso di riciclo è molto più alto, circa il 70% su scala globale e il 79% in Europa.

Le tipologie di prodotto per cui si stima un minor tasso di riciclo (dal 70% al 33%) sono la componentistica di macchinari, i beni di consumo durevoli, gli usi elettrici e gli imballaggi in foglio. In Europa il tasso di riciclo (o meglio, di raccolta interna, visto che l'Europa è un esportatore di rottami di alluminio) è significativamente cresciuto negli ultimi anni, passando dal 65% del 2005 al 79% del 2019, con un raddoppio dei rottami recuperati per il riciclo, da 2,06 a 4,13 milioni di tonnellate.

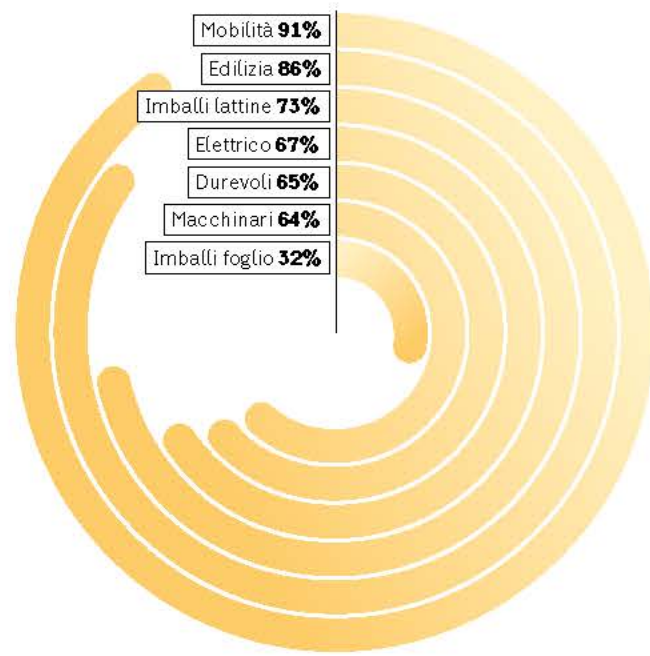
Anche nei processi industriali di produzione di alluminio e dei semilavorati si generano elevate quantità di scarti. Questi rottami pre-consumo, allo stato attuale, hanno un recupero quasi totalitario, in primo luogo nei processi di *remelting*.

Inoltre, una parte significativa degli scarti generati nei processi produttivi e riciclati all'interno degli stessi processi non emerge statisticamente, perché si tratta di ricicli interni allo stabilimento o alla stessa proprietà.

Rottami riciclati e non riciclati in Europa (migliaia tonnellate)



Tasso di riciclo medio nel mondo (2019)



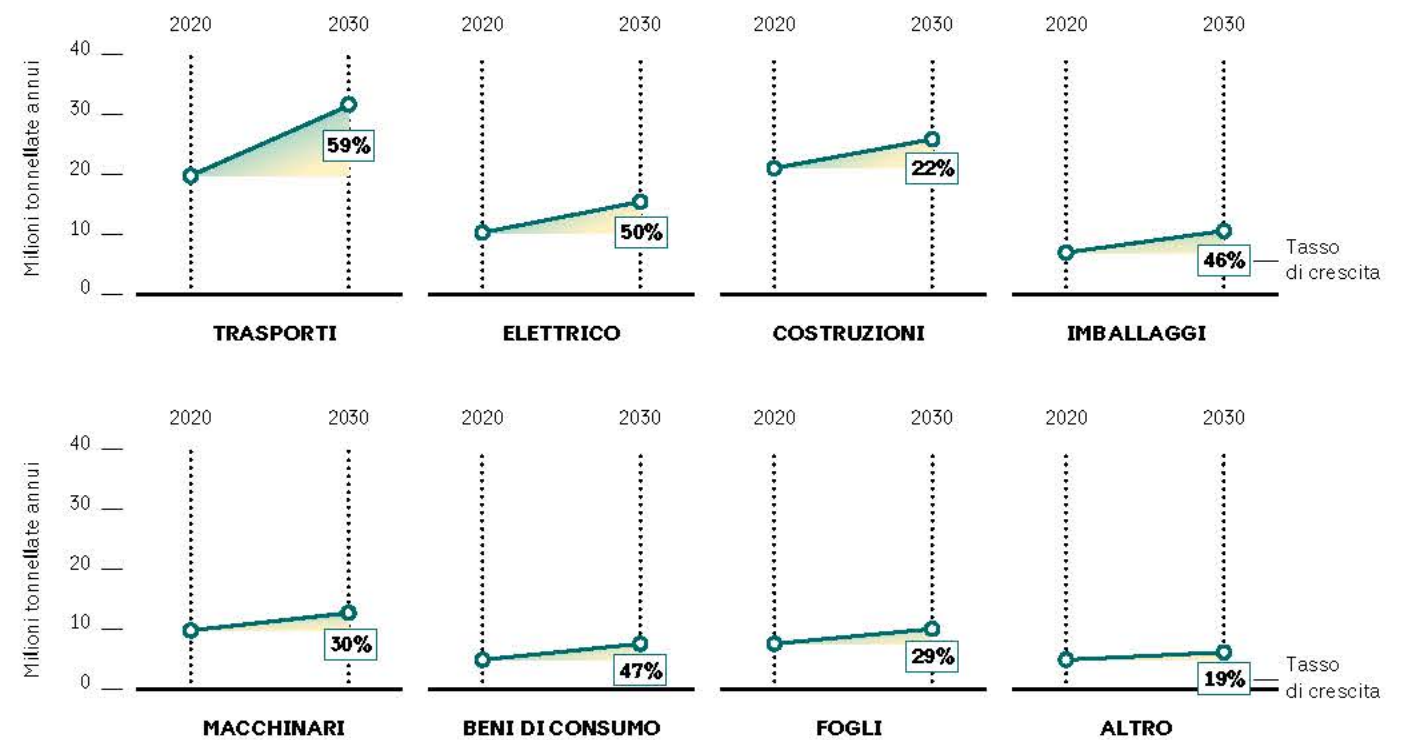
©Enviato Elements

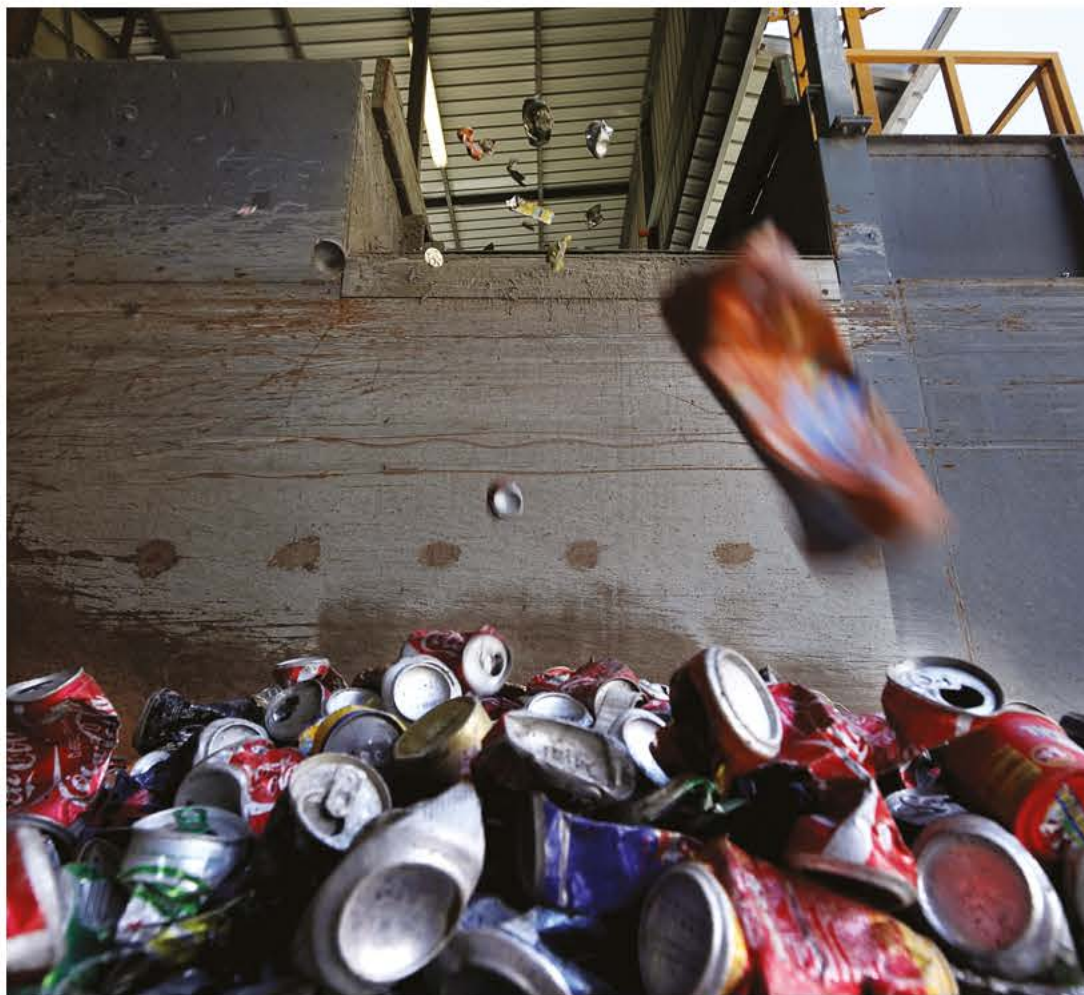
Le prospettive di sviluppo per produzione e consumo

È attesa nei prossimi anni e decenni una forte crescita della domanda di alluminio. Lo studio di CRU International per conto dell'International Aluminium Institute, *Opportunities For Aluminium In A Post-Covid Economy (2022)*, illustra in dettaglio le previsioni sulla domanda nei settori e nelle regioni industriali chiave in un'economia post-Covid. Trasporti, edilizia, imballaggio e settore elettrico sono i quattro settori chiave che guideranno la domanda, rappresentando il 75% del metallo totale richiesto. Complessivamente si prevede che la domanda globale di alluminio aumenterà di quasi il 40% entro il 2030 e che il settore dell'alluminio dovrà produrre ulteriori 33,3 Mt per soddisfare la crescita della domanda in tutti i settori industriali, passando dagli 86,2 Mt del 2020 ai 119,5 Mt del 2030. Quasi due terzi di questa crescita proverranno dalla Cina e dal resto dell'Asia (20,9 Mt), mentre la maggiore domanda dell'Europa sarà nell'ordine di 4,8 Mt. In quasi tutti i settori di uso finale dell'alluminio, l'elemento trainante della domanda è legato alla sostenibilità ambientale e in particolare

alla riduzione dei consumi energetici e delle emissioni climalteranti. La crescita maggiore in termini di domanda assoluta proverrà dal settore Trasporti che, sulla spinta dell'elettrificazione, passerà da un consumo di 19,9 Mt di alluminio nel 2020 a 31,7 Mt nel 2030. La maggior parte di questa crescita proverrà dalla Cina (33%), dal Nord America (22%) e dall'Europa (19%). Nel settore elettrico, la transizione verso fonti energetiche verdi rafforzerà la domanda di alluminio, che raggiungerà i 15,6 Mt nel 2030 a partire dai 10,4 del 2020. Una crescita ancora più rilevante potrebbe verificarsi nel periodo 2030-2050 in particolare laddove tutti i Paesi si orientassero su politiche Net Zero. Il settore elettrico rappresenta una delle opportunità più sostanziali per l'industria dell'alluminio nei prossimi anni. La transizione verso le energie rinnovabili determinerà una maggiore domanda di alluminio perché le fonti rinnovabili hanno una maggiore intensità d'uso (per MW di potenza) rispetto alle fonti fossili o al nucleare. L'energia solare richiede oltre quattro volte più alluminio per megawatt installato rispetto all'energia eolica e circa 25 volte in più rispetto al carbone. Inoltre questo aumento dei

Aumento consumo mondiale di alluminio. Previsioni 2020-2030 in Mt annui (CRU 2022)





consumi da fonti rinnovabili, in un quadro di crescente elettrificazione dei consumi energetici, determinerà un incremento della necessità di cavi conduttori per l'energia e per la sua distribuzione. Anche se i cavi conduttori sono tradizionalmente realizzati in rame, il passaggio all'alluminio rappresenta una valida alternativa sia in termini di costi che di spazi fisici. L'edilizia dovrebbe mostrare una crescita relativamente bassa nel prossimo decennio con un consumo che aumenterà da 21,2 Mt nel 2020 a 25,8 Mt nel 2030, principalmente trainato dalla realizzazione di infrastrutture e nuova urbanizzazione piuttosto che dall'impiego di alluminio per la realizzazione di abitazioni ed edifici a maggiore efficienza energetica. Laddove siano incentivati gli interventi di ristrutturazione ambientale dell'edilizia o applicati specifici standard costruttivi, la domanda potrebbe aumentare significativamente.

Infine, il consumo di alluminio del settore packaging aumenterà da 7,2 Mt nel 2020 a 10,5 Mt nel 2030, trainato principalmente dall'aumento della popolarità delle bevande

in lattina in Nord America, Europa e Cina. L'impennata della domanda di bevande in lattina negli ultimi anni e la conseguente domanda di alluminio dal settore imballaggi dovrebbe essere alimentata dalla comparsa di nuovi prodotti e da una maggiore competitività, anche per ragioni di percezione ambientale, rispetto agli imballaggi in plastica.

L'aumento della domanda di alluminio secondario

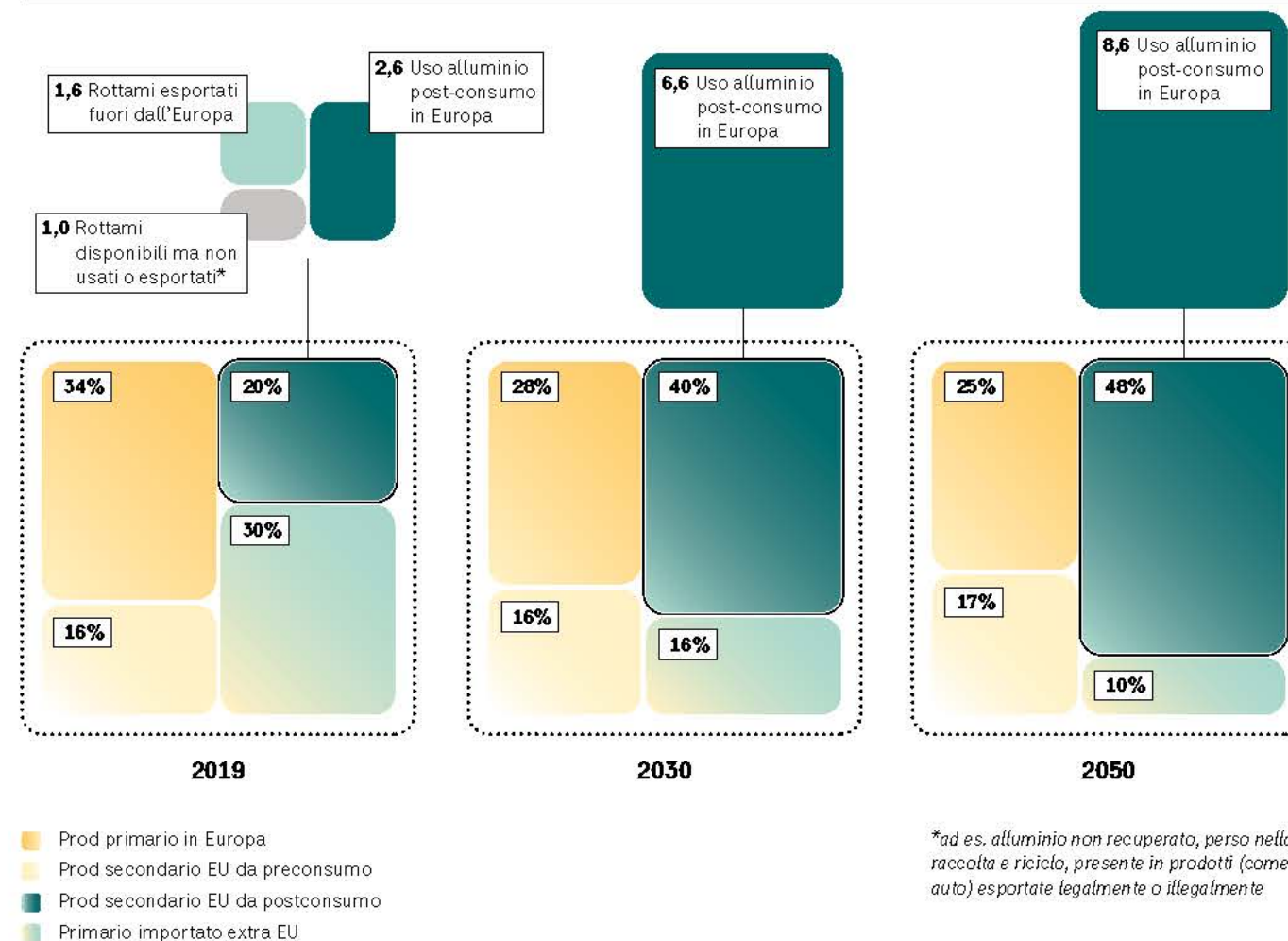
L'incremento atteso della produzione di alluminio su scala mondiale non potrebbe mai essere soddisfatto dalla produzione di alluminio secondario, per la semplice ragione che i prodotti a fine vita che si genereranno saranno largamente inferiori ai nuovi prodotti richiesti. Ciò nonostante, anche in presenza di una riduzione delle emissioni dirette e indirette della produzione di alluminio primario, per conseguire gli obiettivi climatici diventerà essenziale un forte potenziamento della produzione di alluminio

secondario riducendo tutte le dispersioni e migliorando la qualità della raccolta (ad esempio segregando alluminio da ri-fusione e da raffinazione). A queste ragioni si aggiungono anche quelle legate all'importanza strategica dell'alluminio – uno dei materiali critici, nonostante la disponibilità di riserve di bauxite – soprattutto in una fase di tensioni geopolitiche e di mercato. Su scala globale è quindi attesa una forte spinta verso la produzione da alluminio secondario, per ragioni ambientali ed energetiche e per il valore strategico del materiale, che potrà determinare anche criticità negli approvvigionamenti di materia seconda.

In Europa, dove già la quota di secondario è elevata, vi è la possibilità di soddisfare gli accresciuti fabbisogni di prodotti di alluminio attraverso un incremento della produzione di secondario. Secondo dati di European Aluminium (Circular Aluminium Action Plan, 2020) allo stato attuale, l'uso di alluminio post-consumo da raccolta interna in Europa è pari a circa 2,6 Mt (il valore ovviamente non include gli scarti industriali pre-consumo né le importazioni di

rottame extra europeo). Ma un valore quasi equivalente viene generato senza essere utilizzato entro i confini dell'Unione europea: circa 1 Mt di rottami post-consumo sono infatti esportati fuori dall'Europa e circa 1,6 Mt di rottami di alluminio non sono recuperati o sono esportati (legalmente o illegalmente) nei veicoli da rottamare e nei RAEE. Con il blocco delle esportazioni e l'ottimizzazione del recupero dei rottami post-consumo, nell'ipotesi di un aumento dei consumi di alluminio, i rifiuti post-consumo generati potrebbero essere pari a 6,6 Mt nel 2030 e 8,6 Mt nel 2050, con un incremento rispettivamente del 25% e del 65% rispetto al 2019. Tale incremento potrebbe tradursi in una crescita da 2,5 a 3,3 volte rispetto alla quantità di rottami post-consumo oggi impiegata nella produzione di alluminio secondario in Europa. Il recupero di questa importante frazione potrebbe consentire di accrescere la produzione di secondario, riducendo sia la quota di produzione di primario in Europa (dal 34% al 25% nel 2050 della produzione totale) e soprattutto riducendo la quota e la quantità assoluta delle importazioni di alluminio primario dai Paesi extra-europei. ●

Potenziale di sviluppo dell'uso di alluminio post-consumo e riduzione delle importazioni di alluminio primario con l'incremento dell'utilizzo di materia seconda in Europa



La filiera italiana



I flussi di alluminio in Italia

L'Italia è il secondo produttore e trasformatore europeo, dopo la Germania, di alluminio grezzo e in lega e di semilavorati di alluminio, ma dal 2021 è al primo posto per valore dei getti di fonderia. Per quanto riguarda la produzione di alluminio riciclato, l'Italia è invece al primo posto in Europa, sia per quantità di leghe di alluminio in formati che per quantità di rottame impiegato. La produzione italiana è storicamente una produzione basata sul riciclo di rottami (analogamente all'industria siderurgica italiana), ma con una produzione primaria (a partire dall'importazione di bauxite) rilevante ancora nel primo decennio degli anni 2000 (con una media di 190.000 t/a, poco meno del 25% della produzione totale), fino alla chiusura definitiva degli impianti di produzione nel 2012.

Nel 2021 la produzione di leghe di alluminio secondario in formati ha raggiunto il massimo storico di 954.000 tonnellate. Inoltre la produzione di leghe in pani per fonderia è largamente basata su alluminio secondario e nel

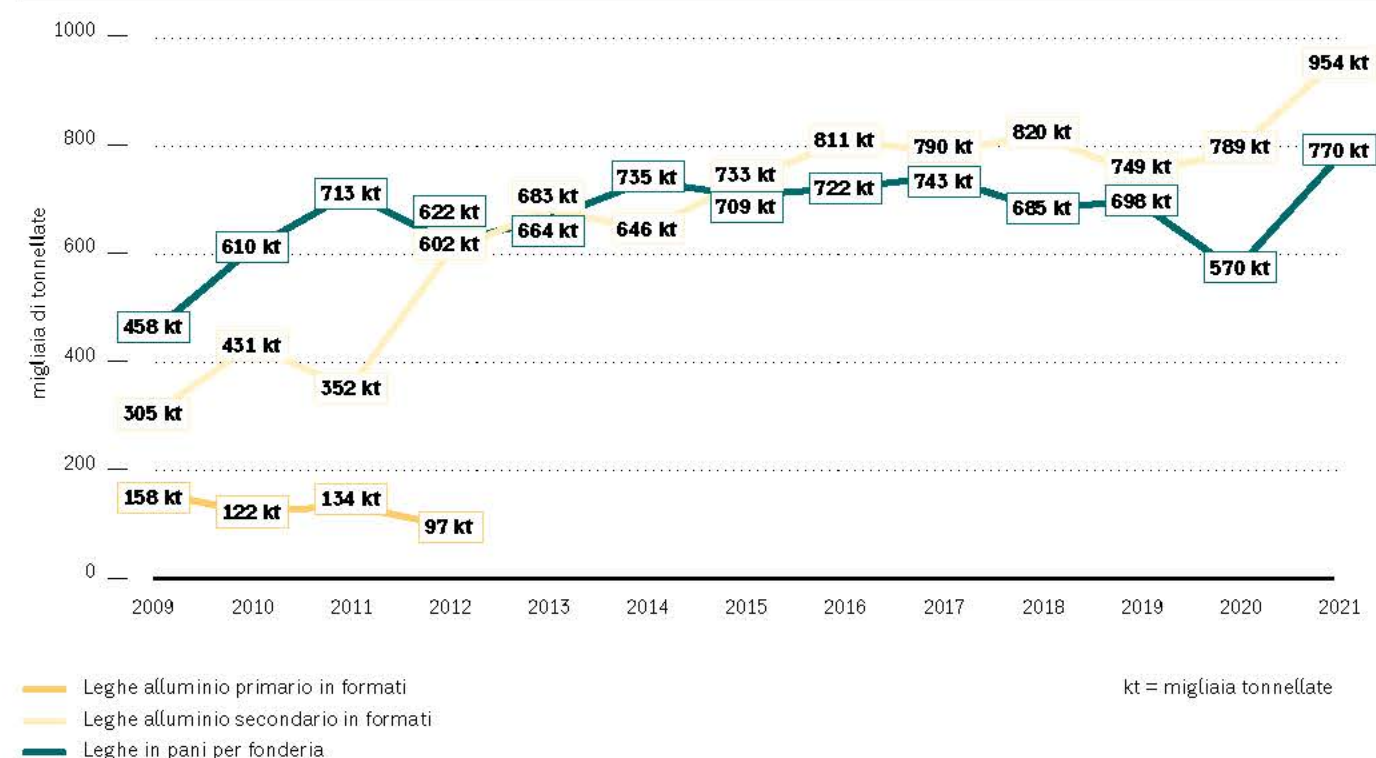
2021 ha raggiunto le 770.000 tonnellate, il valore più elevato degli ultimi anni.

La produzione di alluminio secondario, cioè da riciclo, deriva sia da recuperi interni (scarti dei processi di laminazione ed estrusione integrati con impianti di rifusione) che da rottami pre-consumo (da processi industriali) e post-consumo (dismissioni di mezzi di trasporto, demolizioni edili, rifiuti di beni di consumo e imballaggi). Una quota rilevante di rottami è importata. Complessivamente la produzione di alluminio è alimentata da oltre 1,7 milioni di tonnellate di scarti interni e rottami, di cui 1,3 milioni commercializzati.

I più rilevanti impieghi della produzione di alluminio sono nella motoristica e nei trasporti (principalmente da getti di fonderia), nell'edilizia (soprattutto estrusi), nella produzione di fogli e imballaggi (da laminati), nei prodotti domestici e per ufficio, nella meccanica ed elettro-meccanica. La gran parte, anche se non la totalità, dei semilavorati e dei prodotti finiti in alluminio derivano da leghe di alluminio secondario, l'unica produzione nazionale di alluminio.

Dove non diversamente indicato i dati sono basati sui rapporti statistici annuali di Assomet.

La produzione di alluminio primario e secondario

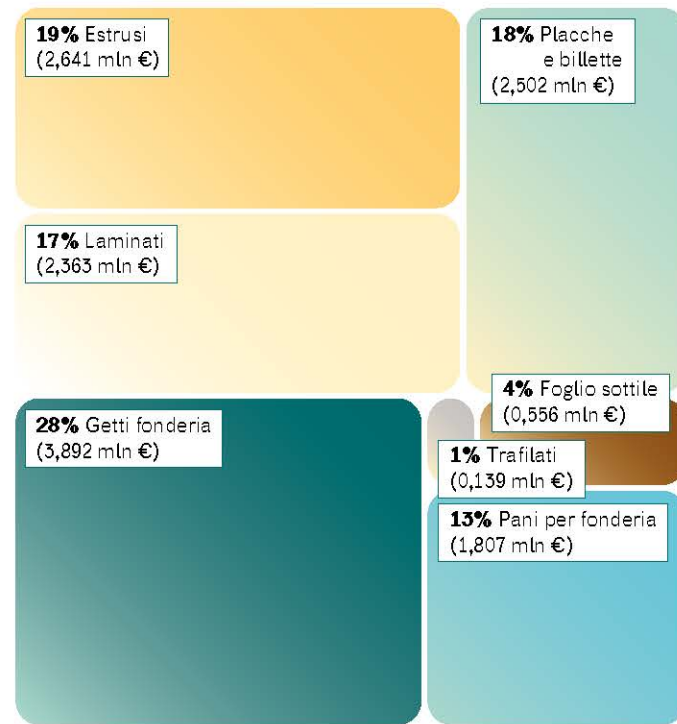


La dimensione economica dell'industria italiana dell'alluminio

Nel 2019 l'industria italiana di produzione alluminio, sulla base dei dati Eurostat, valeva il 12% del valore della produzione europea e il 10% degli occupati. Nel settore della fusione dei metalli leggeri – che includono anche zinco, rame, magnesio, ottone, bronzo, ma di cui l'alluminio rappresenta l'82% della produzione - l'industria italiana rappresentava il 18% del valore della produzione e il 13% dell'occupazione. Considerando complessivamente i due settori, nel 2019 l'Italia rappresentava il 13,5% del valore della produzione e l'11% delle persone impiegate nell'Unione europea.

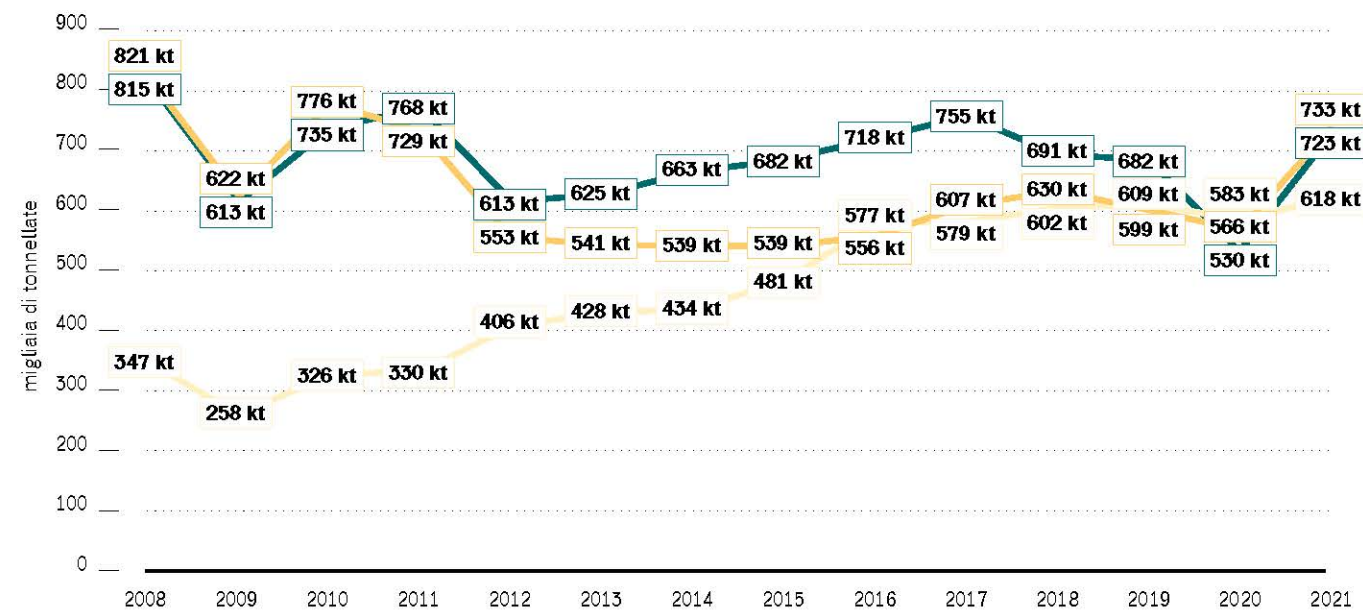
Secondo dati Assomet per il 2021, il comparto ha un valore complessivo di fatturato pari a 13,9 miliardi di euro (rispetto ai 12,8 del 2018), principalmente composto dalla produzione di placche e billette (*remelting*), dalla produzione di pani in lega per fonderia (*refining*), dalla produzione di getti per fonderia e dalla fabbricazione di estrusi e laminati. Il settore industriale dell'alluminio è caratterizzato dalla presenza di un nucleo molto ristretto di medie imprese – soprattutto refiners e remelters e aziende integrate nella filiera – e da un ampio numero di piccole e medie imprese a gestione familiare, soprattutto nella fusione. In Italia operano 25 remelters, 15 refiners e una cinquantina di imprese di laminazione ed estrusione, mentre sono oltre 400 sono le fonderie per getti in alluminio.

Fatturato settore alluminio italiano nel 2021 (milioni di euro)



mln € = milioni di Euro

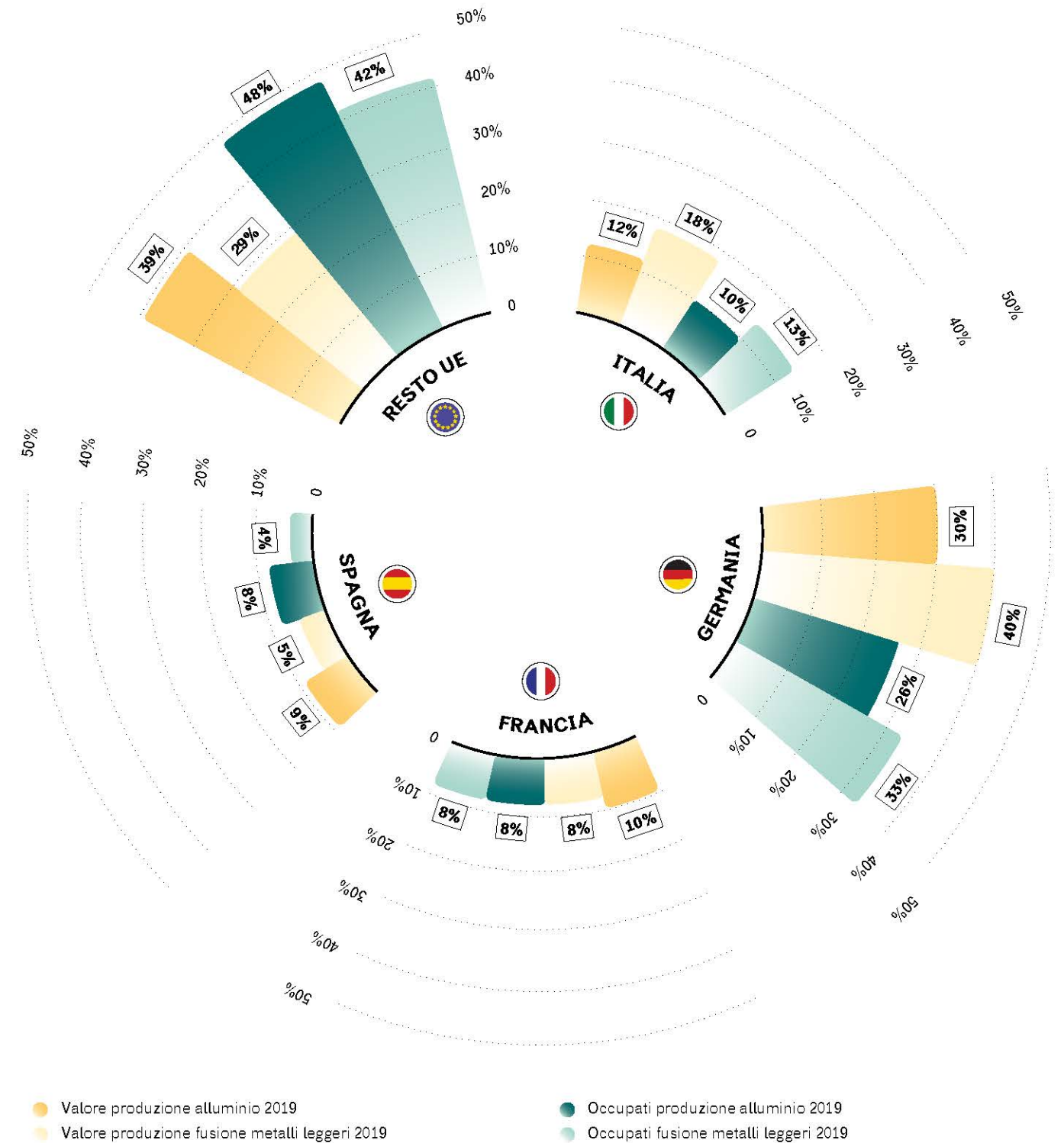
Produzione italiana di estrusi, laminati e getti per fonderie (migliaia di tonnellate)



— Estrusi — Laminati — Getti per fonderia

kt = migliaia tonnellate

Valore della produzione e occupati nella produzione di alluminio e nella fusione di metalli leggeri in Europa



La filiera dell'alluminio riciclato

La filiera dell'alluminio riciclato si basa su due categorie di imprese: i remelters, che producono le leghe da cui derivano estrusi e laminati, e i refiners, che producono i pani per i getti di fonderia.

I **Remelters** (rifusione) lavorano rottami di leghe da lavorazione plastica ottenendo così nuove leghe da lavorazione plastica. La produzione nazionale è di 954.600 tonnellate (2021) ed era di 749.300 tonnellate nel 2019.

I rottami che alimentano i remelters sono essenzialmente costituiti da scarti interni (di laminazione ed estrusione negli impianti integrati)

e da rottami pre-consumo e, in misura minore, post-consumo. Le perdite di processo (come alluminio ossidato) sono inferiori all'1%.

I principali prodotti dei remelters sono: billette (cilindri tra 50 e 500 mm di diametro e fino a 7 metri di lunghezza) da estrusione, per la produzione di profilati, tubi, barre; placche (lastre) da laminazione, con cui si ottengono lamiere sottili (fino al 5 micron per il foglio sottile).

I **Refiners** (raffinatori) lavorano rottami pre e post-consumo per la produzione di leghe in pani da fonderia e di alluminio da disossidazione impiegato nella metallurgia dell'acciaio.

La produzione nazionale è di 769.500 tonnellate (2021) ed era 697.700 tonnellate nel 2019.

I rottami che alimentano i refiners derivano dai rottami pre-consumo di produzione di

semilavorati e di manifattura, dalle scorie dei remelters, dal recupero delle scorie saline, dai rottami post-consumo di demolizione e imballaggi.

Per effetto della minore purezza delle leghe in ingresso il processo richiede maggiori quantitativi di sali e leganti e genera mediamente perdite di processo pari a circa il 6% su base europea (ma stimate inferiori per l'Italia).

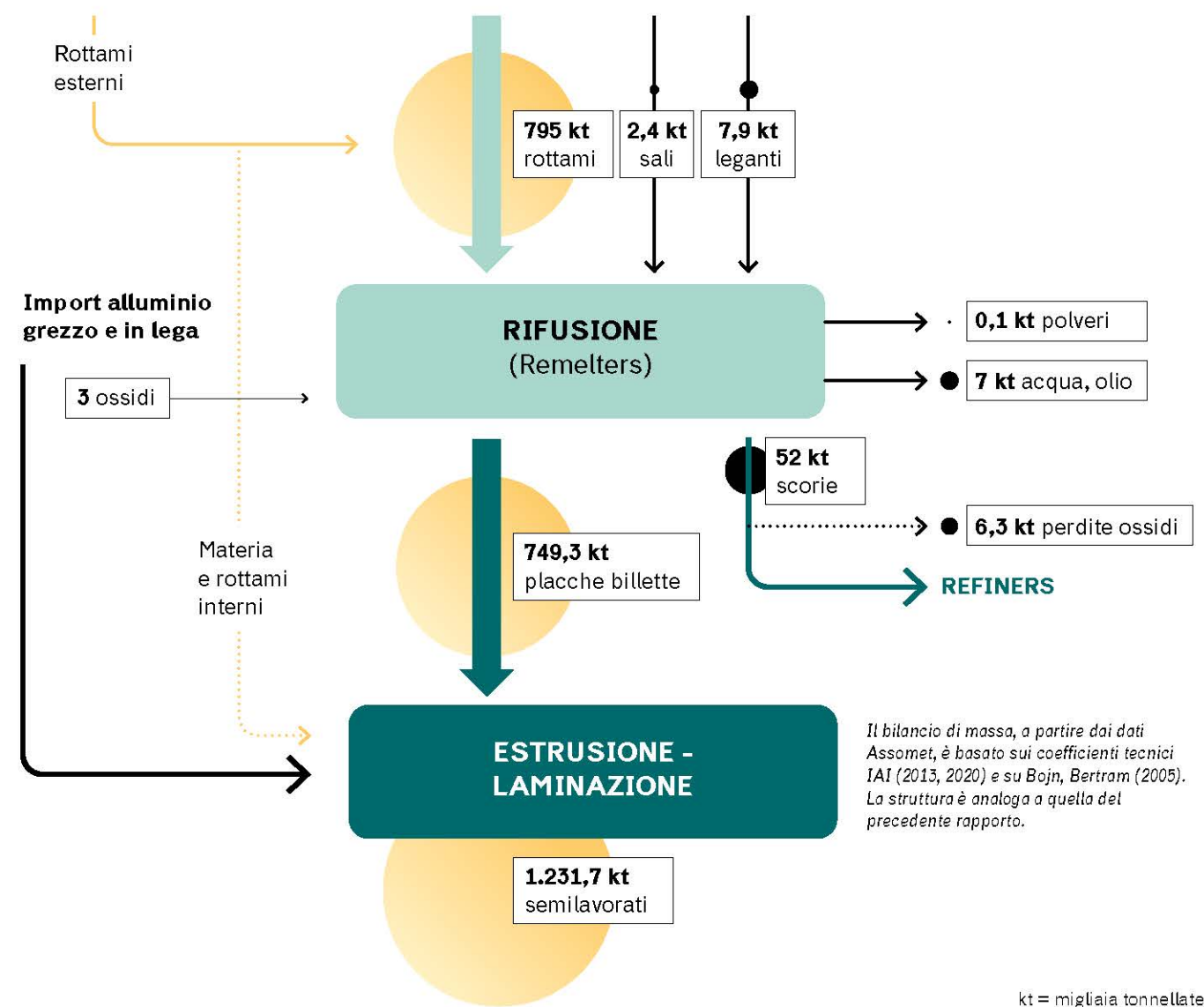
I principali prodotti dei refiners sono: pani (lingotti) per fonderia, per la produzione di getti; alluminio per deossidazione in acciaieria. La produzione di alluminio secondario è alimentata da tre tipologie di rottami:

1. Scarti post-consumo, costituiti da rottami vecchi, anche frammenti ad altre sostanze (verniciature, altri materiali), derivanti da

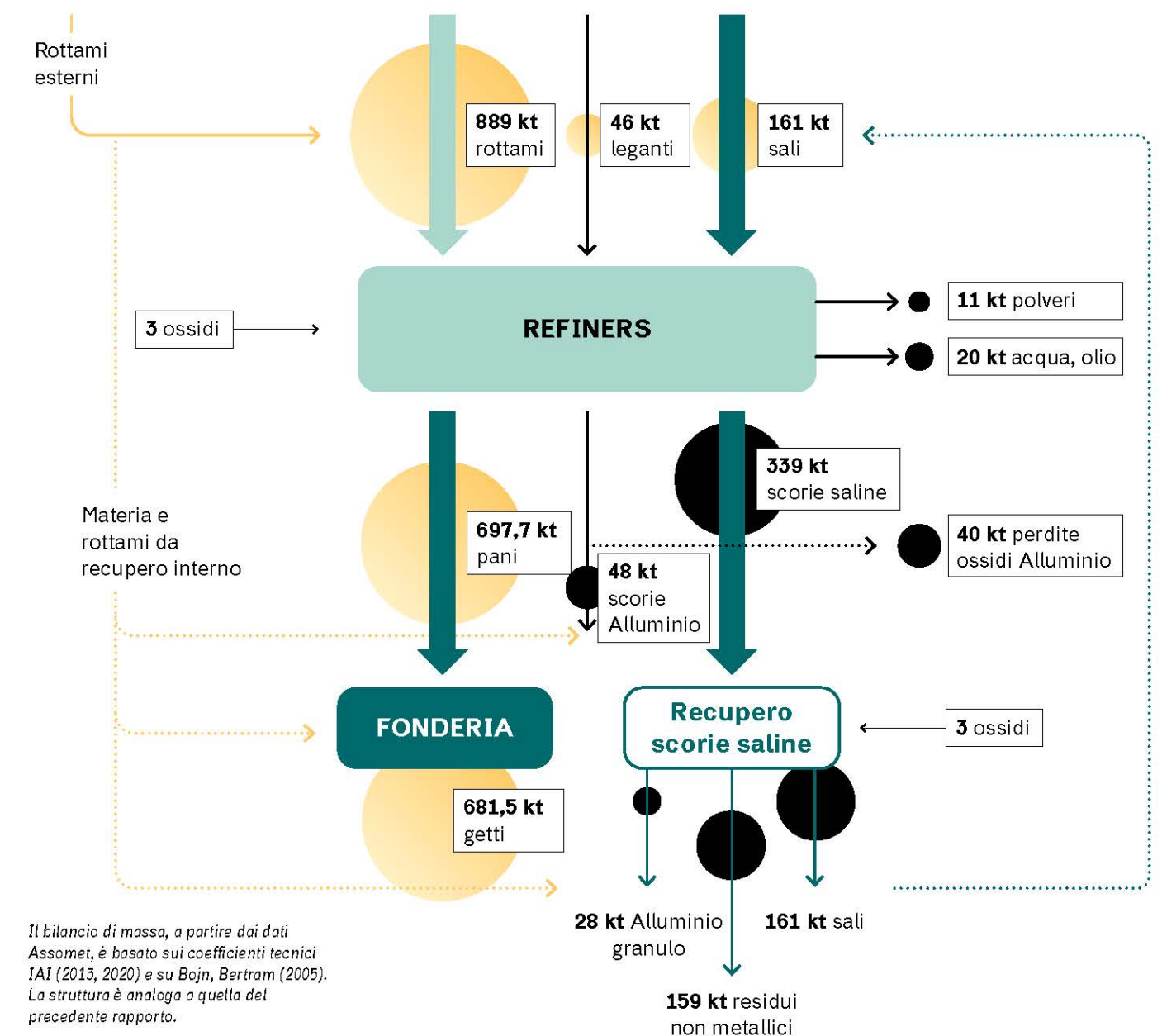
demolizioni, dismissioni, raccolte differenziate dei rifiuti urbani. Nel 2019 sono stimate circa 582.000 tonnellate di rottami post-consumo, inclusa la quota di importazione; nel 2021 i rottami post-consumo sono stimati a 654.000 tonnellate.

2. Scarti pre-consumo (commercializzati), costituiti da leghe pulite e nuove, sotto forma di scarti, torniture e trucioli dei processi di laminazione, estrusione e fonderia (analoghi a quelli considerati come "recuperi interni") e da scarti di produzione dei processi manifatturieri di impiego di laminati, estrusi, getti. Al 2019 erano stimate circa 476.000 tonnellate di rottami pre-consumo, incluse le importazioni; nel 2021 i rottami pre-consumo sono arrivati a 650.000 tonnellate.

Remelters - Bilancio di materia teorico: rifusione, estrusione e laminazione (stima 2019)



Refiners - Bilancio di materia teorico: refiners e getti di fonderia (stima 2019)



3. Scarti interni (non commercializzati) dei processi di produzione. Si intendono i recuperi di scarti di processo e di rottami pre-consumo non commercializzati (e pertanto non rilevati dalle statistiche) che avvengono all'interno dello stesso ciclo produttivo (come il recupero di scorie di processo o di scorie delle soluzioni saline) o all'interno della stessa impresa se integrata a valle, ad esempio con estrusione o laminazione. I recuperi più rilevanti sono costituiti da scarti, torniture e trucioli di laminazione ed estrusione e fonderia. Gli scarti di lavorazione variano in funzione del tipo di prodotto, oscillando ordinariamente tra il 20-30% del prodotto finito. Questi flussi non sono rilevati statisticamente e sono stimati: al 2019 il fabbisogno teorico di scarti interni è stimato in circa 627.000 tonnellate.

Raccolta nazionale e import-export di rottami

La raccolta nazionale di scarti di alluminio è composta sia da scarti post-consumo che da scarti pre-consumo. Il rifiuto pre-consumo nazionale ha un tasso di raccolta quasi totalitario e, in parte rilevante, è considerato come scarto interno e pertanto non commercializzato e contabilizzato.

La raccolta di scarti post-consumo è composta, con l'eccezione degli imballaggi, dal fine vita di prodotti immessi sul mercato anche svariati decenni or sono. Le fonti principali di rottami post-consumo sono costituite da: demolizioni e ristrutturazioni edilizie (serramenti, facciate) e dismissioni di infrastrutture (tubazioni e palificazioni); demolizioni di veicoli (blocco cilindri, testate, pistoni, freni, ruote, scambiatori

di calore) e di mezzi di trasporto (treni, metropolitane); imballaggi (lattine, vaschette, foglio); prodotti elettrotecnici (cavi) e componenti di apparati meccanici e termici (radiatori); rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (componenti di condizionatori, computer); beni di consumo durevole (prodotti di arredo, illuminazione, pentolame).

I tassi di raccolta e di avvio a riciclo variano, a seconda dei prodotti, da meno del 20% (come nel caso del foglio sottile) a oltre l'80% (rifiuti edili, cavi, imballaggi rigidi).

Per quanto l'alluminio sia un metallo pregiato, in alcuni settori si registrano ancora forti scarti (e quindi perdite di metallo) tra rifiuti prodotti e rifiuti raccolti per il riciclo.

La raccolta interna (post e pre-consumo) è stimata per differenza tra il consumo interno di rottami e il saldo import-export di rottami (incluso il rottame

lingottato); tra il 2016 e il 2021 la raccolta interna nazionale è passata, con alcune oscillazioni, da 651.000 a 809.000 tonnellate. Nella raccolta interna si valuta una prevalenza del post-consumo, mentre per le importazioni sono possibili solo stime con un certo grado di incertezza.

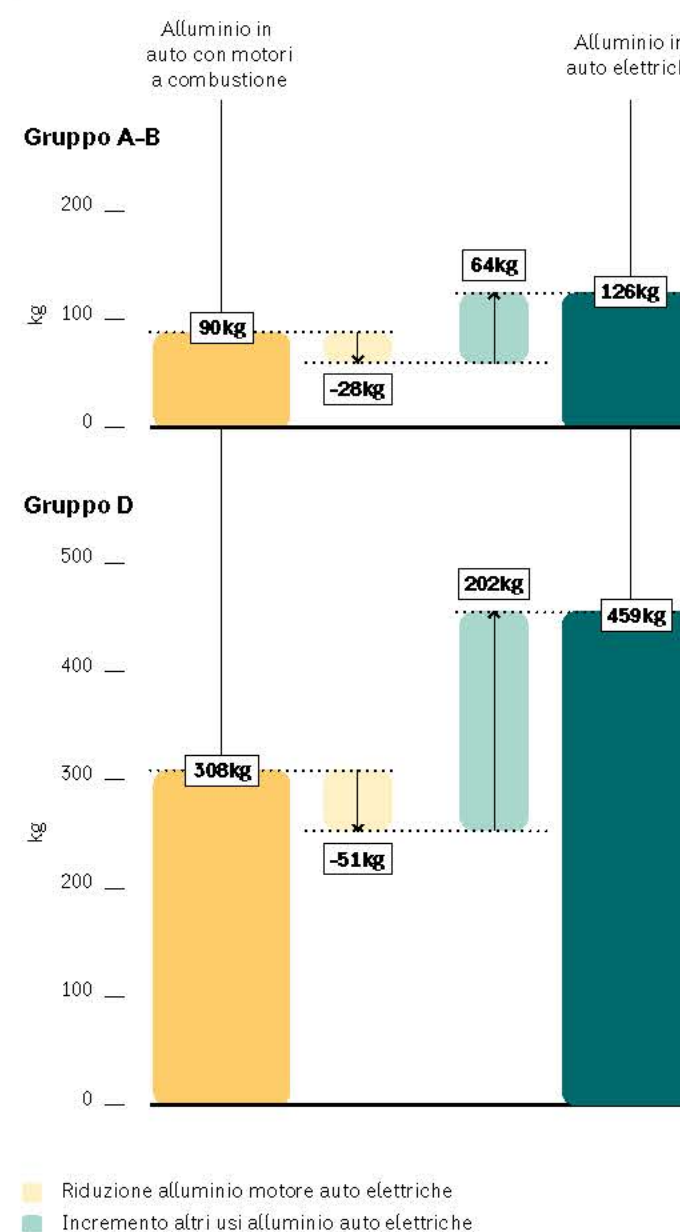
Mentre per altri metalli non ferrosi la raccolta nazionale copre la totalità o comunque una parte largamente maggioritaria del fabbisogno (per il rame è il 97%), l'industria italiana dell'alluminio è un'importatrice netta di rottami (nel 2021 circa il 38%), con il massimo storico raggiunto nel 2019 (486.000 tonnellate) e con valori molto prossimi anche nel 2020 e 2021 (valori intesi al netto del rottame lingottato). In termini economici, per effetto del forte incremento dei costi della materia prima, la bilancia commerciale ha raggiunto il suo massimo storico nel 2021 con un saldo di 668 milioni di euro. ●





Alluminio per la transizione verde e circolare

Confronto del contenuto di alluminio per tipo di alimentazione e per "livello" dell'auto



L'alluminio è un materiale chiave per la transizione energetica e per l'economia circolare. Per la durezza e per la quasi infinita riciclabilità può essere un materiale intrinsecamente circolare e a basso impatto (sia di produzione che di gestione nella fase d'uso e poi di smaltimento) in molteplici applicazioni, compresa la produzione di beni di consumo durevoli e di imballaggi.

Per le sue caratteristiche tecnologiche, oltre che per la sua circolarità, sarà uno dei materiali critici e fondamentali per la transizione energetica, per mezzi di trasporto più efficienti ed elettrici, per un'edilizia energeticamente efficiente e a zero consumi, per la creazione di un sistema energetico basato sulle fonti rinnovabili.

Le proiezioni sulla domanda internazionale dei prossimi decenni sottolineano la centralità della transizione energetica e della decarbonizzazione nello sviluppo della domanda di alluminio.

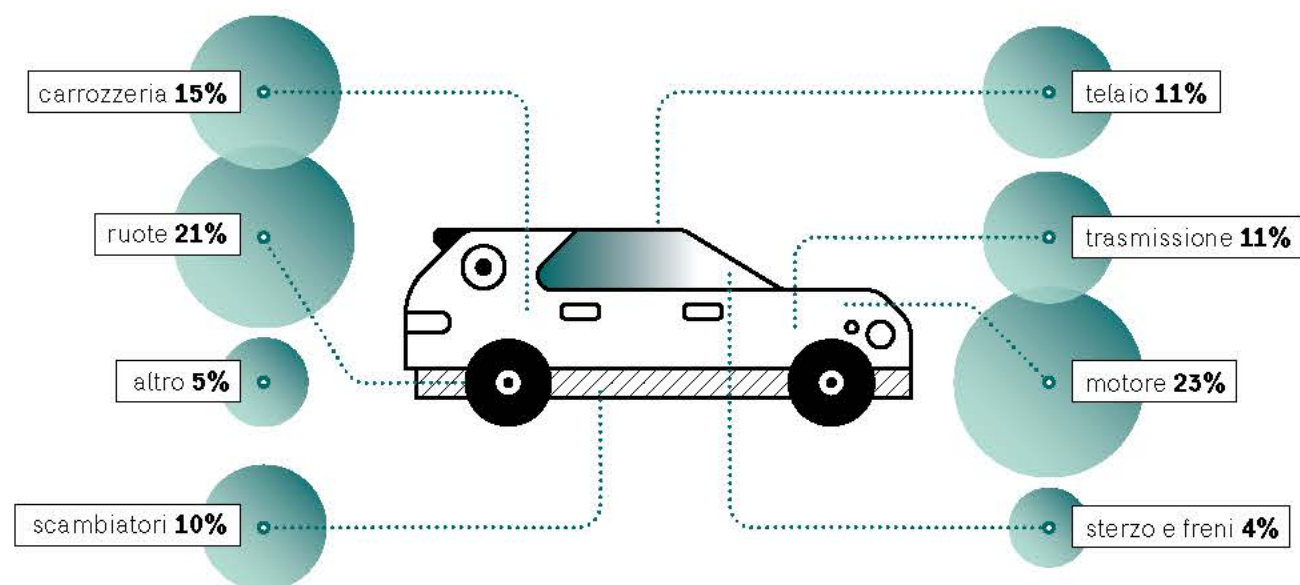
Mobilità verde

L'alluminio ha un ampio impiego nei mezzi di trasporto. In Italia poco meno del 40% della produzione ha come uso finale i trasporti, con una forte produzione di blocchi motori e altri componenti in getto. A scala europea, oltre il 40% dell'alluminio è impiegato per mezzi di trasporto, con un uso predominante per le autovetture, ma importante anche per mezzi pesanti, metropolitane, treni, aerei e navi.

Negli autoveicoli il contenuto medio di alluminio è salito da 120 kg nel 2006 a 140 kg nel 2012 fino ai 180 kg attuali (media europea 2019). I componenti principali in alluminio sono ruote, blocchi motori, trasmissione e, sempre più, anche chassis e carrozzeria.

Il cambiamento in corso nel tipo di componenti prodotti in alluminio (che subirà una ulteriore svolta con l'elettrificazione) significa anche un cambiamento nella tipologia di alluminio consumato: meno getti di fonderia, più laminati

Impiego di alluminio nel parco automobilistico europeo (2019)



ed estrusi. Questa evoluzione – sia pure non improvvisa e per molti versi prevedibile in anticipo – impatterà però significativamente sull'industria di fusione italiana, che è il principale produttore europeo di getti di fonderia e in particolare di getti per il settore automobilistico.

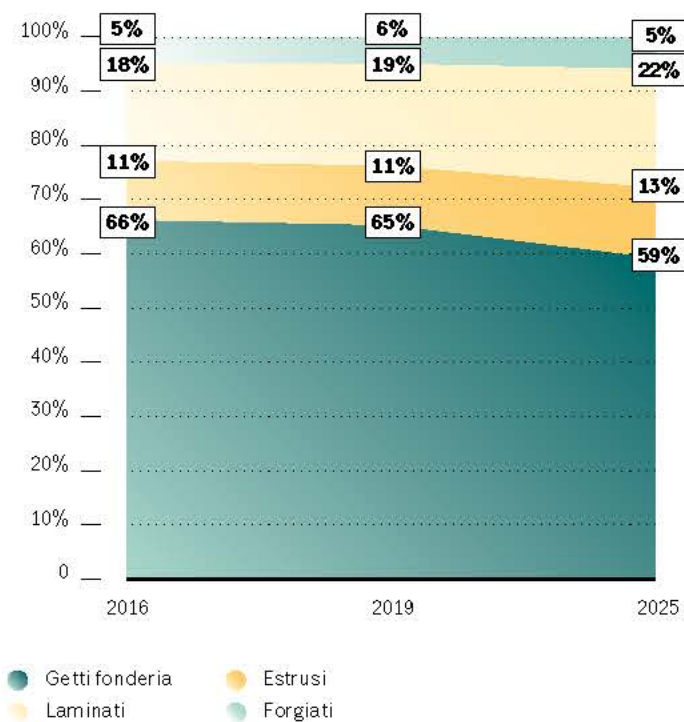
Con la progressiva elettrificazione del parco auto – accelerata anche dal blocco dell'immesso al mercato di autovetture a combustione dal 2035 – si verificherà il maggior cambiamento strutturale nella storia automobilistica.

L'elettrificazione comporterà una drastica semplificazione della componentistica, ma anche una ricerca di soluzioni sempre più leggere ed energeticamente efficienti per ridurre il consumo delle batterie e aumentare la capacità di percorrenza.

L'impatto complessivo sulla domanda di alluminio sarà positivo, con una crescita attesa (complessivamente nel settore della mobilità) di circa il 55% al 2030 e che sarà ulteriormente in crescita nei decenni successivi con la progressiva elettrificazione anche del parco autoveicolare esistente.

La domanda di alluminio, però, sarà prevalentemente orientata verso nuovi componenti, connessi all'elettrificazione stessa, oltre che al "corpo" dell'autovettura, con un incremento ulteriore della domanda di alluminio estruso, laminato e forgiato. Con l'ulteriore elettrificazione del parco automobilistico si verificherà un incremento del contenuto in alluminio in tutti i vari segmenti automobilistici, dalle macchine compatte ed economiche alle autovetture premium di potenza e costo più elevato.

Evoluzione della tipologia di alluminio impiegata nelle autovetture con previsione al 2025



Edilizia eco-efficiente

Gli impieghi edili rappresentano circa il 23% degli usi finali sia della produzione nazionale che europea. I prodotti per l'edilizia sono principalmente costituiti da laminati ed estrusi. Allo stato attuale impieghi rilevanti in edilizia sono costituiti dagli infissi e dai serramenti, dai supporti per le facciate continue e da supporti per gli elementi di condizionamento e riscaldamento.

Uno degli impieghi industrialmente più rilevanti è quello degli infissi, dove l'alluminio rappresenta nel 2021 circa il 32% del mercato in volume e il 37% in valore. Dal 2015 il mercato dei serramenti metallici è stato interessato da un

trend di crescita positivo, interrotto nel 2020, e ripreso nel 2021 con un +22,5% rispetto al 2020, raggiungendo 1,7 miliardi di fatturato (corretto il dato per l'aumento del costo dei fattori produttivi rilevanti, si ha una crescita reale del 9,6%).

In termini di "pezzi standard", gli infissi prodotti in Italia hanno raggiunto nel 2021 il loro massimo storico e in termini di valore rappresentano più del 25% del mercato europeo (dati Eurostat-Prodcom, 2022).

Nel 2021 le vendite di finestre in alluminio rappresentano il 64,6% del totale delle vendite, le persiane l'11%, le facciate il 9% (si tratta di un settore marginale per i serramentisti). Gli incentivi fiscali, nel 2022 hanno determinato il 51% del fatturato dei costruttori di serramenti metallici.



Anche le facciate continue rappresentano un importante elemento architettonico, largamente basato sull'impiego di alluminio, con un crescente impiego nel settore non residenziale.

Lo sviluppo in edilizia sarà trainato dalla conversione ecologica e dal fabbisogno di edifici energeticamente efficienti, soprattutto in un Paese come l'Italia dove prevale la ristrutturazione rispetto alla nuova edificazione (71% vs 29% degli investimenti totale nel 2021, proseguendo una tendenza ormai di lunga durata), sia nel residenziale che nel non residenziale.

Un dato del resto già reso evidente dall'effetto del bonus casa e del superbonus, che hanno visto una crescita nella produzione e nel consumo interno di elementi per l'edilizia.

Il crescente utilizzo dell'alluminio come materiale per la costruzione di una casa ecologica dipenderà da quattro elementi (EA 2019, Wang 2015).

Efficienza energetica - L'uso dell'alluminio ottimizza l'efficienza energetica di un edificio aiutando a controllare e gestire i fattori relativi al riscaldamento, all'illuminazione, al raffreddamento e alla ventilazione. Ciò può essere ottenuto mediante l'installazione di sistemi di intelaiatura, facciate continue, finestre, mensole luminose, sistemi di oscuramento e persiane, oltre all'installazione di pannelli solari termici e fotovoltaici, dei quali l'alluminio rappresenta quantitativamente il maggior componente.



©Enviato Elements

Qualità ambientale Interna - Diversi elementi influiscono sul comfort di coloro che vivono o lavorano in un edificio, tra questi l'aria fresca, la luce naturale e la vista. L'uso dell'alluminio vi contribuisce sotto forma, ad esempio, di finestre o porte scorrevoli a libro, che migliorano la qualità del flusso d'aria, la quantità di luce naturale che entra nell'edificio e forniscono viste libere che migliorano la qualità della vita.

Ciclo di vita di materiali e risorse - L'alluminio come materiale da costruzione rappresenta una soluzione molto sostenibile durante il suo ciclo di vita, dalla progettazione alla costruzione, all'uso e alla demolizione. Questo perché ha una lunga durata di vita, può essere impiegato alluminio secondario, è totalmente riciclabile.

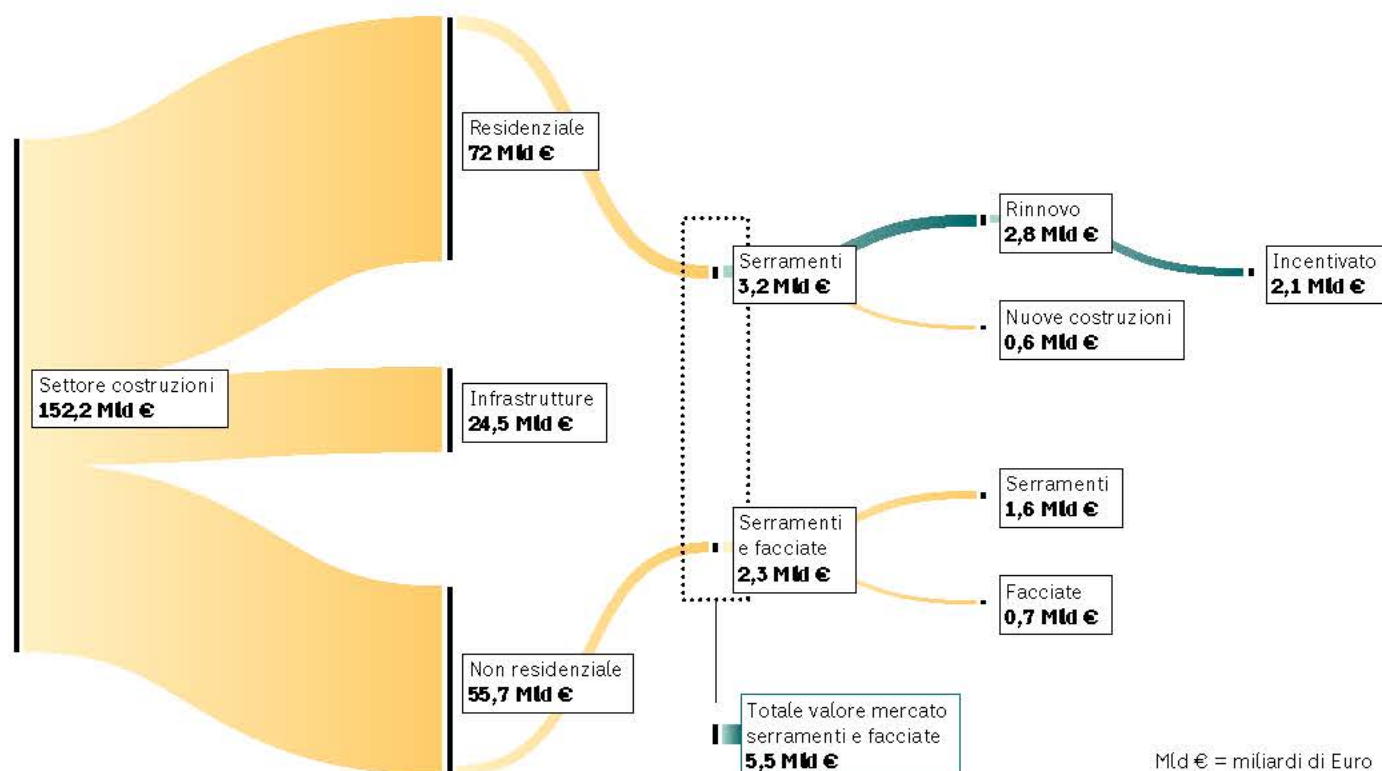
Innovazione - La natura durevole, flessibile e robusta di questo metallo si presta a nuovi approcci innovativi alla progettazione e costruzione degli edifici. Queste proprietà consentono la personalizzazione e permettono ad architetti e designer di sviluppare soluzioni innovative di bioedilizia.

Nell'edilizia green l'alluminio trova quindi molteplici impieghi: infissi e serramenti, elementi strutturali come le facciate continue, lamiere per coperture, laminati per soffittature, profilati o getti per impianti di condizionamento e riscaldamento. In questi tipi di impieghi sono particolarmente rilevanti la leggerezza, la resistenza alla corrosione, la resistenza alle sollecitazioni e la conduttività.

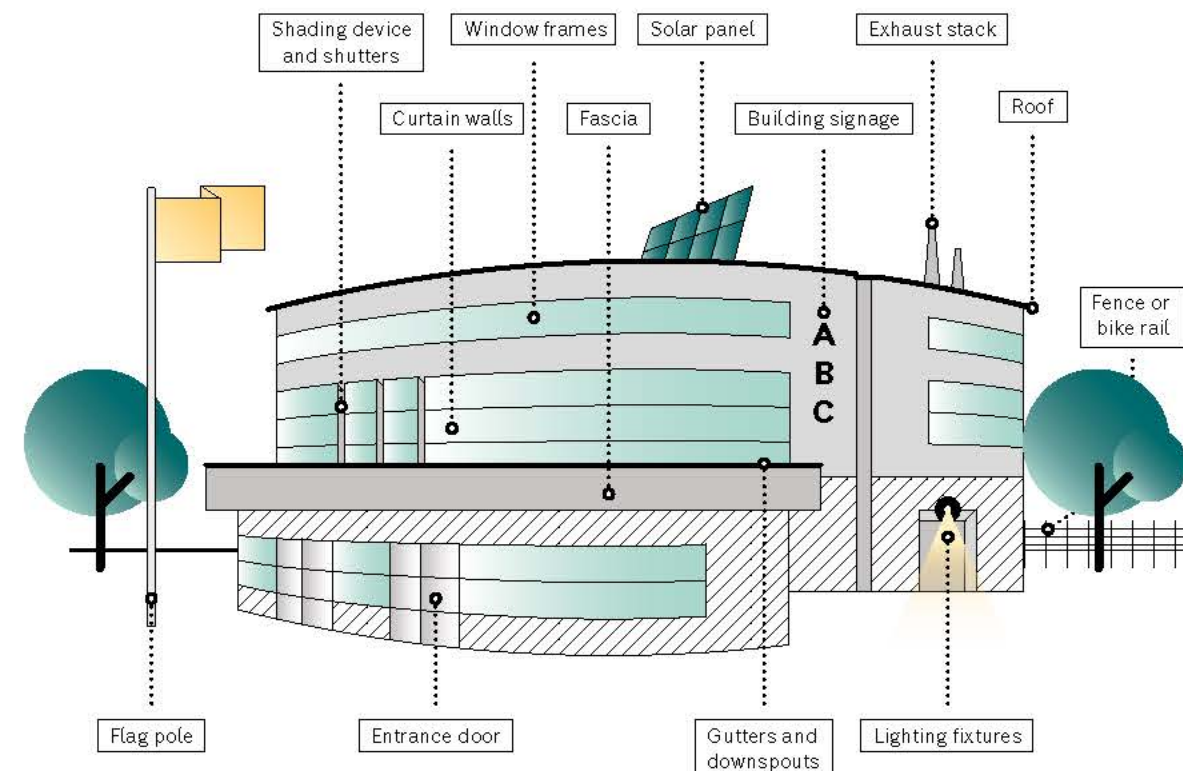
La maggiore sostenibilità ambientale degli infissi in alluminio

Il grado di sostenibilità ambientale dei serramenti è stato oggetto di diversi studi. Quando le analisi del ciclo di vita considerano l'intera durata di esercizio, la manutenzione e la riciclabilità a fine vita, nella comparazione tra i vari tipi di materiale, gli impatti dei telai delle finestre in alluminio sono inferiori a quelli delle altre opzioni di materiali per tutte le tipologie di impatti ambientali. Un fattore importante nei benefici dell'alluminio – anche considerando una prevalenza di alluminio primario (67% in questo studio) – è la durata di vita del prodotto e l'impatto della manutenzione dello stesso infisso. In particolare, per quanto riguarda le emissioni climateranti (il cosiddetto *global warming potential*), anche lo scenario peggiore di gestione per l'alluminio è preferibile a qualsiasi scenario per gli altri materiali. Un serramento in alluminio con media manutenzione ha emissioni climateranti inferiori del 68% rispetto allo scenario migliore per il Pvc e del 50% in meno rispetto allo scenario migliore per il legno.

Valore della domanda di serramenti e facciate nel settore delle costruzioni (Italia, 2021)



Usi energeticamente efficienti dell'alluminio in edilizia



Imballaggi riciclabili all'infinito

L'alluminio è impiegato negli imballaggi per la produzione di contenitori (tipicamente lattine e scatolame per bevande o cibi solidi, ma anche contenitori di maggiori dimensioni), di vaschette e tubi sia per uso alimentare che non alimentare, fogli per il confezionamento di prodotti sfusi o come componenti di poliaccoppiati.

L'alluminio presenta caratteristiche idonee all'ottimizzazione sia della conservazione del prodotto (garantendo un elevato tempo di vita sullo scaffale e quindi minori scarti), che della razionalizzazione di trasporto e di impiego di materia (in virtù della sua leggerezza).

Nel corso degli ultimi venti anni si è verificato un significativo efficientamento degli imballaggi che – a parità di prestazioni – hanno ridotto nella gran parte delle applicazioni di oltre il 10% il consumo di materia.

La produzione italiana di imballaggi in alluminio – incluso il foglio per converter – è superiore alle 200.000 tonnellate annue e presenta un fatturato superiore ai 3 miliardi di euro. L'uso apparente di imballaggi si aggira attorno alle 130.000 tonnellate, ma queste quantità non corrispondono a quelle effettivamente consumate in Italia (cioè quelle al netto di import ed export di alimenti e prodotti imballati) che sono sostanzialmente stabili tra le 70 e le 80.000 t/a. Il consumo procapite, di poco superiore a 1 kg/ab, è in linea con la Francia, ma meno della metà del Regno Unito e dei Paesi nordici.

L'impiego prevalente di alluminio, secondo le rilevazioni dell'Istituto Italiano Imballaggi, è per le bevande (circa 64%), per il Food (circa il 20%), per il settore cosmetico e farmaceutico (circa il 16%).

L'alluminio per imballaggi ha un tempo di vita estremamente breve, convenzionalmente interno all'anno.

L'alta riciclabilità e la possibilità di produrre imballaggi in alluminio con una elevata quota di alluminio secondario (caratterizzato quindi da un basso impatto ambientale anche nella produzione) rendono oggi l'alluminio un materiale di imballaggio più sostenibile di altri. Una volta che la lattina è stata raccolta, l'efficienza dell'insieme del processo di riciclaggio (smistamento, ritrattamento e trattamento termico) è del 90% (Economia, 2021). Le perdite di processo dell'alluminio (ca. 10%) sono largamente inferiori a quelle note per il vetro (33%) o per il Pet (34%).

Le perdite potrebbero essere ulteriormente

ridotte implementando un efficiente sistema di restituzione (anche con deposito) in alcune delle aree chiave di consumo

Una recente ricerca di Eunomia (2021) ha mostrato che le lattine di alluminio sono, su scala globale, l'imballaggio per bevande più raccolto, più riciclato, più effettivamente riciclato al netto delle perdite e con il più alto tasso di riciclo *closed loop* (cioè per lo stesso uso).

Queste prestazioni fanno dell'alluminio il materiale più "circolare" per l'imballaggio di bevande.

In Italia, con un tasso di riciclo complessivo degli imballaggi in alluminio (includendo non solo le lattine, ma anche gli imballi semirigidi e flessibili, dalle vaschette ai fogli) molto alto, è possibile intraprendere una strada anche più radicale, con l'obiettivo tendenziale del 100% di riciclo degli imballaggi.

Uno degli elementi problematici per l'imballaggio in alluminio – e più in generale di tutti gli imballaggi – è però la presenza di poliaccoppiati, di difficile se non impossibile riciclabilità.

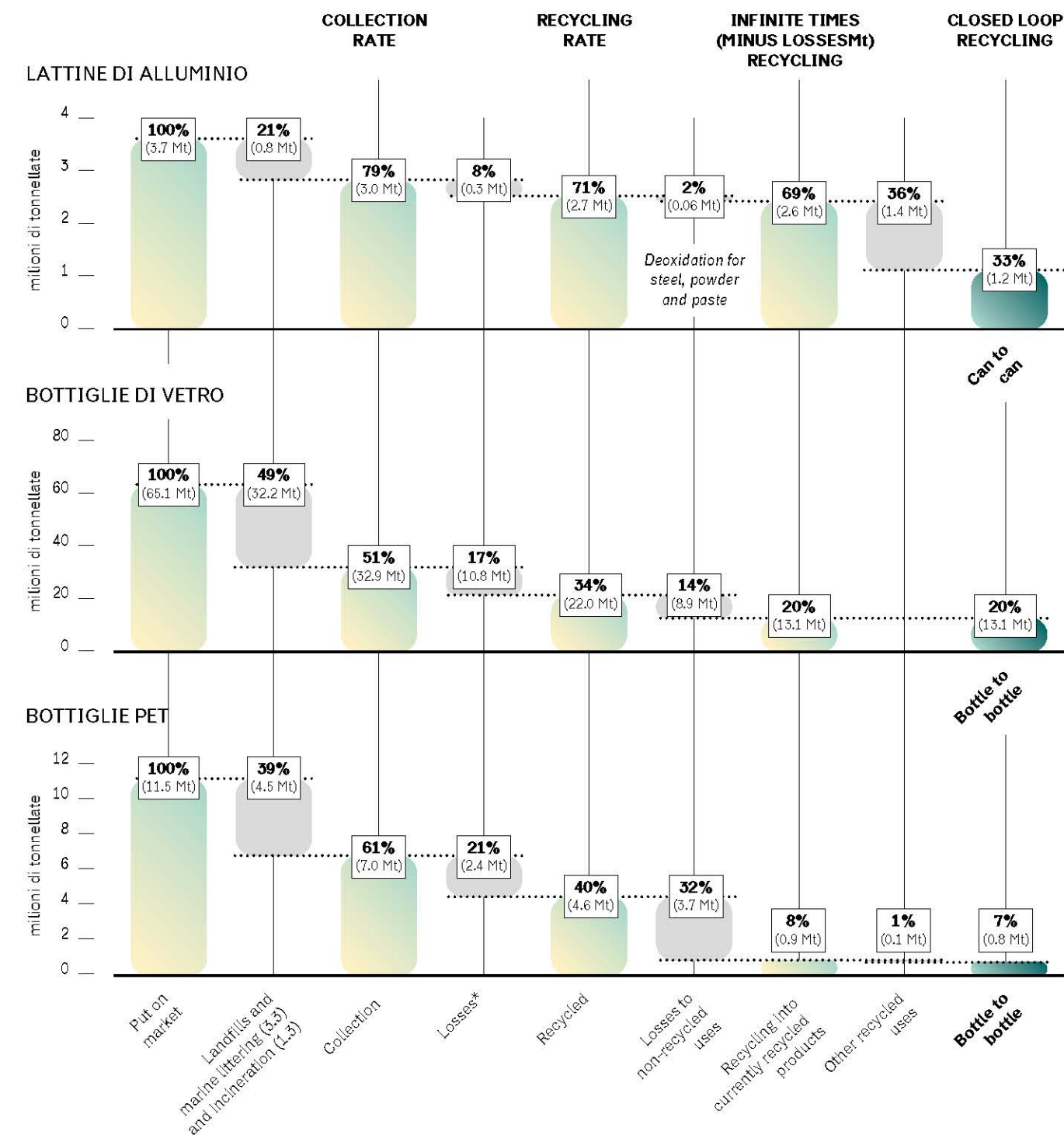
Perché il risultato del 100% di riciclo possa essere ottenuto occorre intervenire su tre aree, quelle dove si realizza la "perdita" di imballaggio per il riciclo. In primo luogo, la raccolta differenziata, che deve diventare più efficiente.

Nel contesto italiano, il focus deve essere rivolto all'intercettazione degli imballaggi semirigidi e flessibili, poiché per le lattine e gli imballaggi rigidi il tasso di raccolta per il riciclaggio è ormai prossimo al 100%. È essenziale condurre campagne di riciclo regolari e mirate volte a modificare i comportamenti dei consumatori.

In secondo luogo occorre implementare il recupero di alluminio dal trattamento dei rifiuti residui. In Italia è evidente lo spreco di alluminio che si realizza nella rete di trattamenti meccanico-biologici proprio per l'assenza e la non adeguata gestione di tecnologie di intercettazione dei metalli non ferrosi. Gli interventi per rendere efficienti questi impianti sono tecnologicamente semplici, ad esempio la dotazione di almeno due separatori a correnti parassite ad alte prestazioni negli impianti di selezione.

Infine, occorre massimizzare il recupero dalle scorie e ceneri pesanti. Per gli imballaggi di alluminio che finiscono nei termovalorizzatori, ad eccezione della quota di alluminio ossidabile (che genera energia recuperabile), tutto l'alluminio viene catturato dalle ceneri pesanti dell'inceneritore che, se sottoposte ad opportuni trattamenti di separazione, possono consentire un elevato recupero, aggiuntivo a quello raggiungibile con le raccolte differenziate.

Tasso di riciclo totale e closed loop di lattine di alluminio, bottiglie di vetro e bottiglie di Pet



Mt = milioni di tonnellate

*Includes: Sorting losses, reprocessing losses and thermal processing losses. Numbers may not add up due to rounding.



@Envato Elements

Beni di consumo durevoli

L'alluminio ha un grande impiego nei prodotti di arredo e di uso domestico. Per i soli prodotti di uso domestico, di cucina e sanitario (che include parte dei prodotti di arredo) la produzione italiana è stata nel 2021 pari a 200.000 tonnellate (erano 128.000 nel 2013), con un consumo apparente (produzione + import - export) di 172.000 tonnellate. Si tratta di una forte specializzazione italiana sia in termini di produzione che (in minor misura) di consumo.

L'alluminio è impiegato nella produzione di mobili, librerie, sedie tavoli - per interni ed esterni - cucine, pentolame e vasellame, caffettiere, prodotti per l'igiene. Nella produzione di oggetti per cucina è utilizzato sia puro che

come base per pentole e padelle antiaderenti con rivestimenti in teflon o altri materiali; in combinazione con l'acciaio è oggi idoneo anche alle più moderne cucine a induzione.

Anche questi impieghi, in parte trainati da fattori ambientali, sono in crescita, soprattutto nei Paesi extraeuropei. La possibilità di produzione di beni integralmente da riciclo (e a loro volta riciclabili) potrebbe diventare un ulteriore elemento di espansione di questa area di utilizzo, con un ruolo importante per l'Italia.

Il ciclo di vita di questi oggetti di consumo è variabile, generalmente tra 3 e 20 anni. Il flusso di rifiuti conferisce in parte nei rifiuti urbani, in parte negli ingombranti, in parte nei rifiuti industriali.

Fonti rinnovabili

L'alluminio è ampiamente utilizzato sia per la fabbricazione di impianti di produzione di energia che per le tecnologie di stoccaggio e distribuzione. La fornitura di alluminio è quindi fondamentale indipendentemente dalla intensità di sviluppo della decarbonizzazione, ma diventa critica negli scenari di maggiore sviluppo delle fonti rinnovabili. L'alluminio è il minerale di cui è attesa la maggiore produzione per lo sviluppo delle rinnovabili, con una produzione che cumulativamente, da qui al 2050, dovrebbe collocarsi, secondo gli scenari meno estremi, tra i 150 e i 320 milioni di tonnellate, equivalenti al 6-13% della produzione annua del 2019.

L'intensità d'uso dell'alluminio (in termini di kg per kW di potenza) nelle fonti rinnovabili è straordinariamente più elevata che nelle fonti fossili o nel nucleare. Elevato è anche il consumo di alluminio nelle reti di distribuzione elettrica. Perciò in qualsiasi scenario di transizione energetica, basato sulla decarbonizzazione e su un maggior ricorso all'energia elettrica, si registrerà un marcato incremento dell'impiego di alluminio.

La principale domanda di alluminio sarà legata allo sviluppo del solare, in particolare del solare fotovoltaico. L'alluminio rappresenta circa l'88% in peso dei metalli usati per l'installazione dei pannelli fotovoltaici (principalmente telai e accessori) ed è impiegato in maniera consistente anche per il solare termico e per il solare a concentrazione. Ma viene utilizzato anche nella maggior parte delle altre tecnologie a basse emissioni di carbonio, come l'eolico, lo stoccaggio di energia e l'energia idroelettrica.

La dimensione della domanda aggiuntiva di alluminio, comunque imponente, dipenderà da due fattori: la rapidità e intensità di diffusione e la composizione delle fonti energetiche non fossili nei nuovi scenari energetici; e, in minor misura, dall'evoluzione tecnologica nella produzione e distribuzione di energia non fossile, con le inevitabili incertezze in ipotesi di lungo periodo. Gli scenari di transizione energetica stanno rapidamente evolvendo verso obiettivi di zero emissioni. Ad esempio il primo scenario IEA 2°C del 2017 prevedeva che le rinnovabili incidessero per il 26% della domanda energetica nel 2030 e per il 46% nel 2050. Nel 2022, invece, lo scenario



@Envato Elements

IEA Net Zero Emission prevede di raggiungere al 2050 il 67% di rinnovabili nella domanda di energia primaria e circa l'88% di fonti rinnovabili nella produzione elettrica. In questo nuovo contesto crescono anche le previsioni di capacità installata della produzione elettrica da rinnovabili, che raggiungono i 14.458 GWh di solare (oltre a 426 GWh di solare a concentrazione) e 8265 GWh di eolico.

Altre fonti, ad esempio il rapporto *New Energy Outlook* di Bloomberg (2021), individuano un "Green Scenario" più fortemente orientato verso l'elettrificazione (al 2050 si prevede una produzione di 121.000 TWh rispetto ai 71.000 TWh dello scenario IEA), con una quota di rinnovabili dell'84% e una capacità installata ulteriormente in crescita sia per il solare (19.800 GW) che per l'eolico (fino a 25.000 GW).

Alcuni scenari, elaborati dall'interno dei produttori di fotovoltaico come l'*International Technology Roadmap for Photovoltaic* (VDMA, 2022), prevedono una penetrazione ancora più spinta del fotovoltaico, fino a 63.400 GW.

Meno rilevanti, ma non insignificanti, sono anche gli impatti legati alle prospettive di produzione diretta di energia termica. In un contesto di forte elettrificazione la crescita attesa del solare termico è ridimensionata. Ciò nonostante sia IEA (2022) che IRENA (2022) vedono una significativa crescita - rispetto ai 714 milioni di mq di solare termico del 2020 - degli impieghi sia residenziali che industriali per giungere a 4- 6,3 miliardi di metri quadri di collettori solari per una potenza installata tra 2,8 e 4,4 TW al 2050. Questa crescita si traduce, in termini di domanda di alluminio, in un cumulo di 8 -12,6 Mt al 2050.

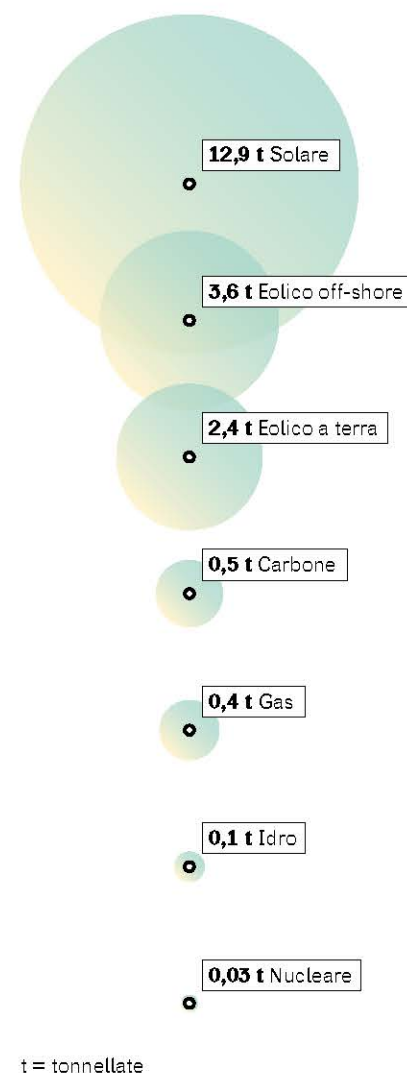
L'altra fonte energetica che ha un impiego non marginale di alluminio è l'eolico. Le prospettive di sviluppo dell'eolico sono anch'esse aumentate nel corso degli anni (anche se meno rispetto al solare, per maggiori limiti localizzativi e di costo), passando dai 3,3 TW al 2050 dello scenario 2°C di IEA del 2017 a valori di poco superiori agli 8 TW negli scenari di Irena e nel Net-Zero Emission della IEA (2021). In ipotesi di massiccia elettrificazione (scenario Green del rapporto Neo-Bloomberg) il mercato dell'eolico potrebbe però crescere fino a 25 TW al 2050.

Nello sviluppo delle rinnovabili l'elettrificazione dei servizi energetici gioca un ruolo importante. In tutti gli scenari, l'uso dell'elettricità nell'industria, nei trasporti e negli edifici aumenta la sua quota di energia finale totale a poco meno del 50% nel 2050, dal 19% di oggi.

In questi scenari il mercato delle rinnovabili avrebbe uno sviluppo esponenziale. Mentre i primi 1000 gigawatt di eolico e fotovoltaico hanno impiegato vent'anni per essere implementati, per arrivare a emissioni nette zero nel 2050 sarebbero necessari circa 1400 GW di energie rinnovabili da distribuire ogni anno, in media, per i prossimi tre decenni.

La dimensione della domanda di solare e, in minor misura, di eolico sarà l'elemento decisivo per la

Intensità in alluminio di differenti fonti energetiche (t Al / MWh)



quantità di alluminio richiesta.

Un impatto meno rilevante, ma non insignificante, è atteso anche dall'evoluzione tecnologica della produzione di pannelli (in particolare dalla diffusione di installazioni su tetto vs. terra e dalla dimensione dei singoli pannelli) e dalle tecnologie di distribuzione elettrica.

In funzione delle stime sui fabbisogni di alluminio per MW di potenza le stime possono variare significativamente.

Assumendo valori intermedi di impiego specifico di Al per MW, coerenti con le stime CRU (pari a 12,9 t/MW per il fotovoltaico e a 2,4 t/MW per l'eolico), si può valutare un fabbisogno cumulato variabile tra 150 e 320 milioni di tonnellate negli scenari prossimi o uguali a emissioni zero nel 2050, che si traduce in un fabbisogno annuo tra 5,1 Mt e 10,6 Mt.

Stime più estreme di ricorso al fotovoltaico (60 TW di ITRPV, 2021) potrebbero portare ad un fabbisogno cumulato di circa 500 Mt.

Infine, alla domanda per gli impianti di rinnovabili si dovrebbe aggiungere la domanda per le reti di distribuzione elettriche, che oggi costituisce la principale fonte di impiego dell'alluminio nel settore energetico. ●

Anche tra fonti recenti sussistono significative differenze nella stima del contenuto di alluminio per MW di potenza nei pannelli fotovoltaici: dalle 25 t/MW di World Bank (2017) ai 12,9 t/MW della stima CRU (2022) per International Aluminium fino alla stima (in presenza di una massima diffusione del fotovoltaico, pari a 63 TW) di 8,1 t/MW nello studio Lennon (2022). Per l'eolico le stime invece sono più convergenti, variando da 2,4 t/MW (onshore) - 3,6 t/MW (offshore) di CRU (2022) e quelle di circa 0,5 - 3,5 t/MW di JRC UE (2020).

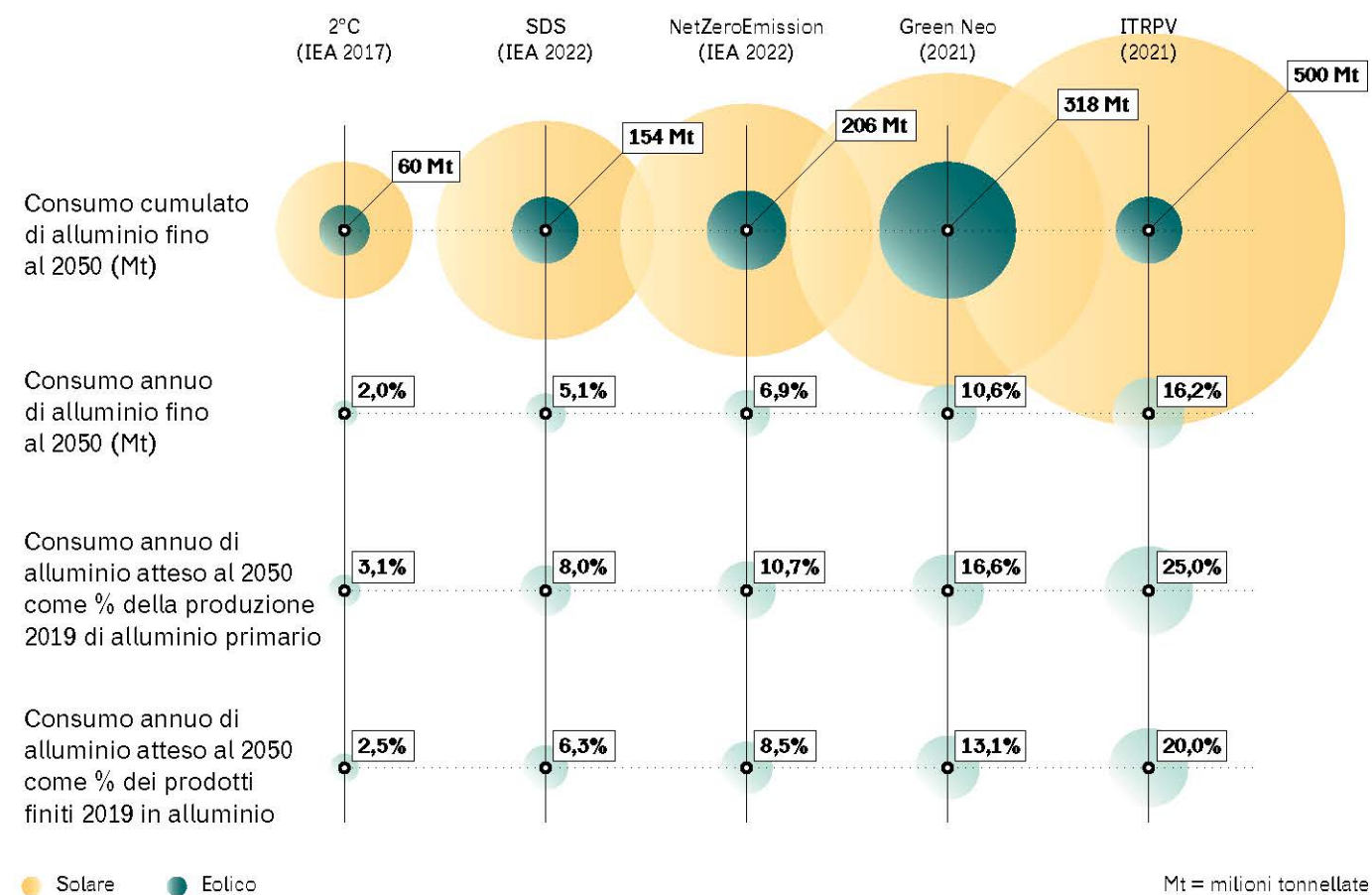
Usi elettrici di distribuzione e connessione

Anche l'enorme espansione delle reti elettriche (effetto dell'elettrificazione dei processi) richiederà una grande quantità di minerali e metalli. Rame e alluminio sono i due principali materiali impiegati per fili e cavi e anche nei trasformatori. Si stima che circa 150 Mt di rame e 210 Mt di alluminio siano "bloccati" nelle reti elettriche oggi operative nel mondo.

Nel 2020 si stima che siano stati usati circa 5 Mt di rame e 9 Mt di alluminio per la realizzazione di reti elettriche, di cui oltre il 55% riconducibili alle reti di distribuzione. La domanda annuale di alluminio per le reti crescerà dai 9 Mt nel 2020 a circa 16 Mt nel 2040 (nello scenario IEA SDS, che ha una elettrificazione ancora contenuta). Per ridurre i costi delle reti è possibile e probabile una parziale sostituzione del rame

con l'alluminio, laddove le condizioni tecniche e normative lo consentano. Con un impiego più ampio dell'alluminio nei cavi sotterranei e sottomarini, la domanda di alluminio dovrebbe arrivare fino a 21,8 Mt annui (IEA, *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions 2022*). Negli scenari più plausibili la domanda annua di alluminio nel settore elettrico potrebbe grosso modo raddoppiare. La domanda annua aggiuntiva nel settore della distribuzione e connessione elettrica è all'incirca equivalente o superiore alla domanda aggiuntiva di alluminio nella produzione di impianti per le rinnovabili. Complessivamente nel settore elettrico i consumi annui potrebbero diventare comparabili con quelli - pur in aumento - del settore trasporti e costruzioni.

Consumo di alluminio in vari scenari di sviluppo di fonti rinnovabili



Decarbonizzare la produzione

L'attesa crescita dei consumi di alluminio, trainata in primo luogo dalla transizione energetica, richiederà anche una profonda decarbonizzazione dei processi di produzione.

Le emissioni globali del settore

Le emissioni climalteranti (CO₂eq) complessive del settore sono state pari nel 2019 a 1071 Mt (un valore simile è stimato da IEA anche per il 2021), cresciute dell'88% rispetto al 2005. La dimensione delle emissioni della produzione di alluminio è pari a poco meno di tre volte quelle dell'Italia.

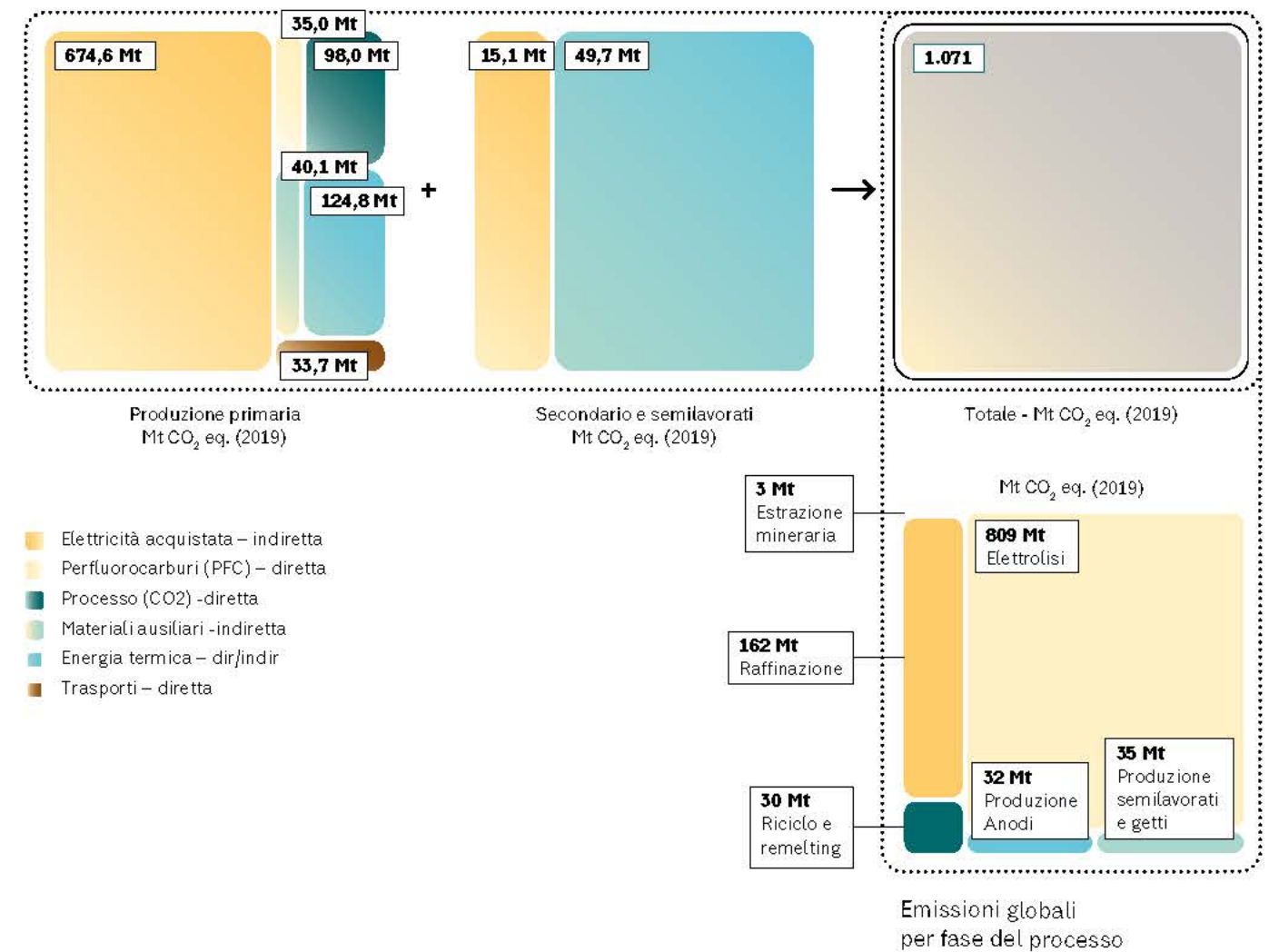
Le emissioni derivano per il 64% dal consumo di energia elettrica, per il 26% dalla produzione industriale di alluminio, per il 3% dal consumo di perfluorocarburi (PFC) nei processi elettrolitici (dati IAI 2019).

Le emissioni per la produzione primaria valgono il 94,7% del totale delle emissioni (la sola elettrolisi vale il 75% del totale delle emissioni), mentre la produzione di alluminio secondario vale meno del 3% e la produzione di semilavorati e getti il 3,3%.

L'origine delle emissioni deriva per il 64% dai consumi di energia elettrica. Ma una importante quota di queste emissioni è nel diretto controllo dell'industria dell'alluminio, dato che il 55%

Emissioni di CO₂ del settore

Emissioni globali dirette e indirette



dell'energia consumata è auto-generata piuttosto che acquistata dalla rete. La quota di auto-generazione è particolarmente alta in Asia (> 65% in Cina, > 95% nel resto dell'Asia) e più moderata nel Nord e nel Sud America (circa 45%). Invece in Europa la gran parte dell'energia elettrica è acquistata dalla rete.

La struttura delle fonti energetiche del settore dell'alluminio è perciò sostanzialmente diversa dalla composizione media globale delle fonti energetiche e presenta inoltre forti differenze regionali.

Complessivamente, nel sistema dell'alluminio è prevalente il ricorso al carbone (56%) e all'idroelettrico (30%), cioè alle due fonti tradizionalmente più economiche di produzione elettrica.

Nel corso degli ultimi 10 anni, però, la quota di rinnovabili (in particolare l'idroelettrico) è diminuita di quasi 10 punti percentuali, mentre è cresciuta la quota di carbone. Questo cambiamento è derivato dalla crescita della produzione cinese (la cui produzione elettrica dipende ancora per l'80% dal carbone). In Europa, Nord e Sud America, l'idroelettrico fornisce più del 75% della produzione elettrica consumata nel settore dell'alluminio.

L'autonomia energetica del settore determina quindi consistenti differenze regionali nelle emissioni associate alla produzione di alluminio. Le emissioni di CO₂ nella produzione primaria alimentata dal carbone sono pari a 20 t CO₂eq/t di alluminio, le emissioni medie mondiali sono

pari a 16,9 t CO₂eq/t alluminio, mentre quelle europee sono pari a 6,7 t CO₂eq/t alluminio. Ma la differenza sostanziale è tra la produzione primaria e la produzione secondaria, da riciclo. Le emissioni per tonnellata di alluminio prodotto da riciclo (0,6 tCO₂eq/t alluminio) sono pari al 3,6% di quelle della produzione primaria media mondiale e la produzione secondaria avrebbe una emissione unitaria inferiore al 15% rispetto a quella di una ipotetica produzione primaria alimentata da energia elettrica "carbon free". Su scala mondiale, l'intensità di emissioni di CO₂ nel settore della produzione primaria ha avuto in circa 15 anni una riduzione molto modesta, pari al 6% (da 16,9 a 15,9 tCO₂eq/t Al), principalmente per effetto della maggiore quota di produzione derivante dalla Cina e altri Paesi ad alto impiego di fonti fossili e in particolare di carbone.

Emissioni europee per la produzione di alluminio

In Europa l'andamento è stato diverso, con una riduzione delle emissioni più marcate in tutti i vari comparti della produzione di alluminio sia primario che secondario.

In Europa nella produzione di alluminio primario vi è stata una crescita nell'uso delle rinnovabili (dal 50% del 2010 al 70% del 2015) e si sono ulteriormente ridotte le emissioni climalteranti da PFC (-97% comparate al 1990). Di conseguenza tutti gli indicatori ambientali della produzione

di primario in Europa sono migliorati. Tra il 2010 e il 2015 (ultimo dato completo rilasciato) le emissioni di CO₂eq per tonnellata prodotta sono diminuite del 21% passando da 8,5 a 6,7 t CO₂eq per tonnellata di alluminio.

Anche nella produzione di semilavorati e nella produzione da riciclo vi è stato un generalizzato miglioramento. Nella produzione da remelting si è registrata una riduzione del 9%.

Nella raffinazione (fonderie), dove l'Italia è leader europeo, il miglioramento delle prestazioni (determinato da efficientamenti produttivi e fonti energetiche) è stato pari a una riduzione del 14% delle emissioni climalteranti (nel 2017/18 rispetto al 2010) per tonnellata di alluminio prodotto, scendendo a 438 kg CO₂eq.

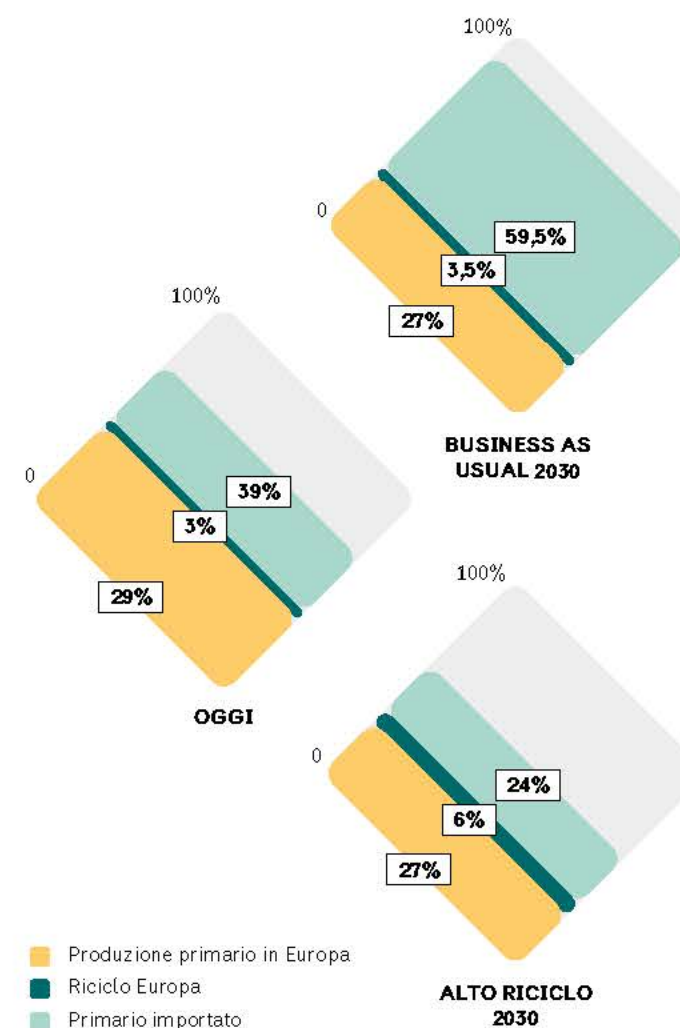
Anche nella produzione da riciclo, le emissioni unitarie (per t di alluminio) di CO₂eq della produzione secondaria sono in Europa pari a poco più del 50% rispetto alla media mondiale.

Le prospettive di riduzione delle emissioni

L'allineamento con uno scenario Emissioni Zero per il settore dell'alluminio, in particolare per la produzione primaria, richiede un salto tecnologico, non raggiungibile solo con progressive ottimizzazioni dei processi esistenti. Sebbene l'efficienza energetica, la decarbonizzazione della produzione elettrica e la produzione secondaria basata su rottami siano



Emissioni di CO₂eq evitate sostituendo l'import di alluminio primario con riciclo alluminio in Europa



importanti per l'allineamento con lo scenario Zero Emissioni Nette entro il 2050, da sole non possono decarbonizzare il settore dell'alluminio, che – per ragioni oggettive – dovrà ricorrere anche a ulteriori incrementi della produzione primaria.

Lo scenario IAI per andare verso zero emissioni prevede di ridurre drasticamente entro il 2035 le emissioni unitarie della produzione primaria (da 16,1 a 4,2 tCO₂eq/t Al) per poi giungere ad emissioni unitarie pari a 0,5 tCO₂eq/t Al per la produzione primaria e a 0,1 per la produzione di secondario e di semilavorati (per i quali la conversione energetica del sistema elettrico è parte importante della riduzione).

Il cambiamento necessario richiede che le basi per tecnologie rivoluzionarie siano poste entro il 2030. In questi anni, però, sono stati compiuti notevoli progressi su questo fronte. Attualmente, quasi tutta la fusione primaria dell'alluminio

utilizza anodi di carbonio che rilasciano CO₂ come parte del processo di elettrolisi. Questi anodi possono essere sostituiti da anodi inerti che rilasciano ossigeno mentre decadono. Nel corso del 2021, in impianti in Russia e in Australia, si è sperimentata con successo, su scala industriale, la produzione di alluminio primario con anodi inerti.

La commercializzazione e l'implementazione anticipata di questa tecnologia sono fondamentali nei prossimi anni per entrare in linea con lo scenario Net Zero, che vede anodi inerti utilizzati per poco meno del 10% della produzione primaria entro il 2030.

Inoltre, sarà importante sviluppare metodi alternativi per la produzione di calore nella raffinazione dell'allumina che attualmente si basa principalmente sui combustibili fossili, basandosi su biomassa o su idrogeno verde o su rinnovabili come il solare concentrato.

Un altro metodo per ridurre le emissioni di fusione dell'alluminio è attraverso la tecnologia di cattura e stoccaggio del carbonio (CCS), sebbene questo sia molto più difficile da realizzare per l'alluminio rispetto ad altri processi industriali a causa delle sue minori concentrazioni di CO₂. Considerata l'elevata incidenza del consumo di energia elettrica, la conversione "carbon free" del sistema elettrico contribuirebbe in maniera rilevante alla riduzione anche delle emissioni della stessa produzione di alluminio.

Le emissioni possono essere ulteriormente ridotte aumentando la percentuale di produzione riciclata. Su scala mondiale la quota di produzione secondaria è rimasta abbastanza costante al 31-33% (esclusa la produzione interna di rottami) per la maggior parte degli ultimi due decenni, ma ha recentemente registrato modesti aumenti: nel 2021 la quota era del 34%.

Tuttavia, la produzione primaria rimarrà ancora importante in futuro, poiché sarà necessario più alluminio di quanto fosse prodotto in passato, quindi la disponibilità di rottami rimarrà insufficiente per soddisfare la domanda esclusivamente con la produzione riciclata, anche se i tassi di raccolta vengono massimizzati. Per l'Italia, però, considerata l'assenza di produzione primaria, l'ottimizzazione del recupero di rottami e del consumo interno alla UE di tutti i rottami (oggi in parte esportati in Paesi extra-UE) riveste un'importanza cruciale per lo sviluppo del sistema produttivo.

Per l'Italia e l'Europa, anche in presenza di un consistente incremento della produzione di alluminio, l'eliminazione delle esportazioni (legali e illegali) di alluminio fuori dall'Unione e un miglioramento della capacità di raccolta e di avvio a riciclo interno del post-consumo potrebbe consentire, nelle stime di EA, di ridurre del 37% al 2030 l'importazione alluminio primario.

Anche in questo caso è bene ricordare che la riduzione di queste importazioni comporta, oltre a un beneficio ambientale ed economico, anche un risvolto di autonomia geopolitica. ●



Le miniere urbane di alluminio in Italia

Gli scarti di lavorazione da un lato e i rifiuti e i prodotti usati dall'altro costituiscono le grandi miniere dell'alluminio secondario.

Queste miniere hanno un elevato valore intrinseco sia economico che ambientale.

Gli scarti di lavorazione (pre-consumo) sono recuperati pressoché integralmente.

Per i rifiuti post-consumo, invece, una ricostruzione dei flussi può essere fatta, allo stato attuale, solo con una certa complessità, anche per la possibilità che vi sia una ampia area grigia di recupero e commercio, che sfugge anche per motivi fiscali alle rilevazioni.

Con più attendibilità può essere stimata la quantità di rottami post-consumo generati in ambito urbano (imballaggi, beni di consumo durevoli, RAEE). Non tutti questi rifiuti – almeno apparentemente – sono effettivamente recuperati; anzi, le miniere urbane di alluminio secondario sembrano ancora molto ricche. La perdita apparente complessiva di alluminio è di circa il 40%.

Soprattutto tra i flussi che vengono conferiti nel circuito dei rifiuti urbani vi sono forti evidenze di rilevanti sprechi e perdite di materia: fogli da imballo in alluminio e altri imballi flessibili e semirigidi, oggetti di uso domestico e di arredo, componenti dei rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche, alluminio nelle scorie di incenerimento sono recuperati solo in parte. Altra area apparentemente critica sotto il profilo del potenziale di recupero (fatta salva la possibilità di dati incompleti) è quella del fine vita degli autoveicoli.

I rottami post-consumo nel flusso dei rifiuti urbani

Sono quattro i flussi principali di prodotti in alluminio (o comunque con una quota di alluminio) che potenzialmente confluiscono nei rifiuti: imballaggi, foglio (non imballaggio), beni di consumo di uso domestico e arredo, RAEE (rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche, dove l'alluminio costituisce in genere una quota minoritaria sul totale del prodotto).

Imballaggio - La quantità di imballaggi immessa sul mercato è stimata pari a 78.400 tonnellate. La quantità di imballaggi in alluminio è stimata annualmente da CIAL considerando il consumo apparente interno di imballaggi, corretto per le quantità di imballaggio esportate e importate con i prodotti (analogamente a quanto fatto per le altre tipologie di imballaggi).

Foglio - Foglio e film in rotoli, non classificato come imballaggio, anche se funzionalmente simile ad un imballaggio flessibile, stimato pari a 14.400 tonnellate.

Si assume che il flessibile classificato imballaggio sia pari al 40% del totale di foglio e film immesso sul mercato (CIAL, rapporto annuale). Il totale di foglio e film considerato (escludendo la quantità di film di alluminio inclusa in imballi compositi a prevalenza di altri materiali) è quindi pari a 24.000 t. Il consumo interno apparente totale di foglio d'alluminio fino a 0,2 mm (200 micron) è

stato pari nel 2021 a ca. 150.000 tonnellate, di cui 54.000 di foglio per converter (il consumo apparente interno non considera però l'import-export di imballaggi pieni)

Rifiuti da uso domestico e arredo - La quantità di tali prodotti, generalmente classificabili come beni di consumo durevoli, è stimata pari a 41.175 tonnellate.

Il valore è stimato come equivalente al consumo apparente medio del 2005 – 2007 (stima 15 anni di durata di vita media) dei codici Prodcom 25991255 e 25991257. Non si ricomprendono qui i prodotti di alluminio per uso sanitario e igienico. Questo flusso di rifiuto è probabilmente conferito, oltre che nel rifiuto indifferenziato (o per alcune componenti minori nella raccolta differenziata degli imballaggi in alluminio come flusso simile), anche nel rifiuto ingombrante raccolto separatamente o conferito direttamente ai Centri di Raccolta.

RAEE - Il quantitativo teorico di alluminio presente nei RAEE calcolato è pari a circa 33.000 tonnellate.

La stima è qui basata sul contenuto di alluminio recuperato dai RAEE trattati dal Consorzio Erion per i raggruppamenti R1-R4 (rappresentativo del 69,2% del totale dei RAEE domestici) ed Ecolamp per il raggruppamento R5. Il contenuto di alluminio recuperato in ciascun raggruppamento è stato moltiplicato per la media del triennio precedente di immesso sul mercato (così la regolamentazione in vigore stima la produzione di "fine vita"). Si osservi che l'alluminio teorico presente nei RAEE è tendenzialmente sottostimato perché corrisponde al solo flusso effettivamente recuperato, ma il quantitativo di immesso al mercato a fine vita potrebbe essere sovradimensionato.

Il totale di alluminio generato come rifiuto potenziale nei rifiuti urbani è dunque pari a 166.720 tonnellate.

Il recupero dell'alluminio post-consumo dai rifiuti urbani

Il recupero di prodotti di alluminio per riciclo (o in parte per recupero energetico), attraverso raccolta differenziata e quindi prima dei trattamenti sul rifiuto urbano residuo, è stimato sulla base dei dati di recupero degli imballaggi, dei RAEE e degli ingombranti in raccolta separata o presso CdR.

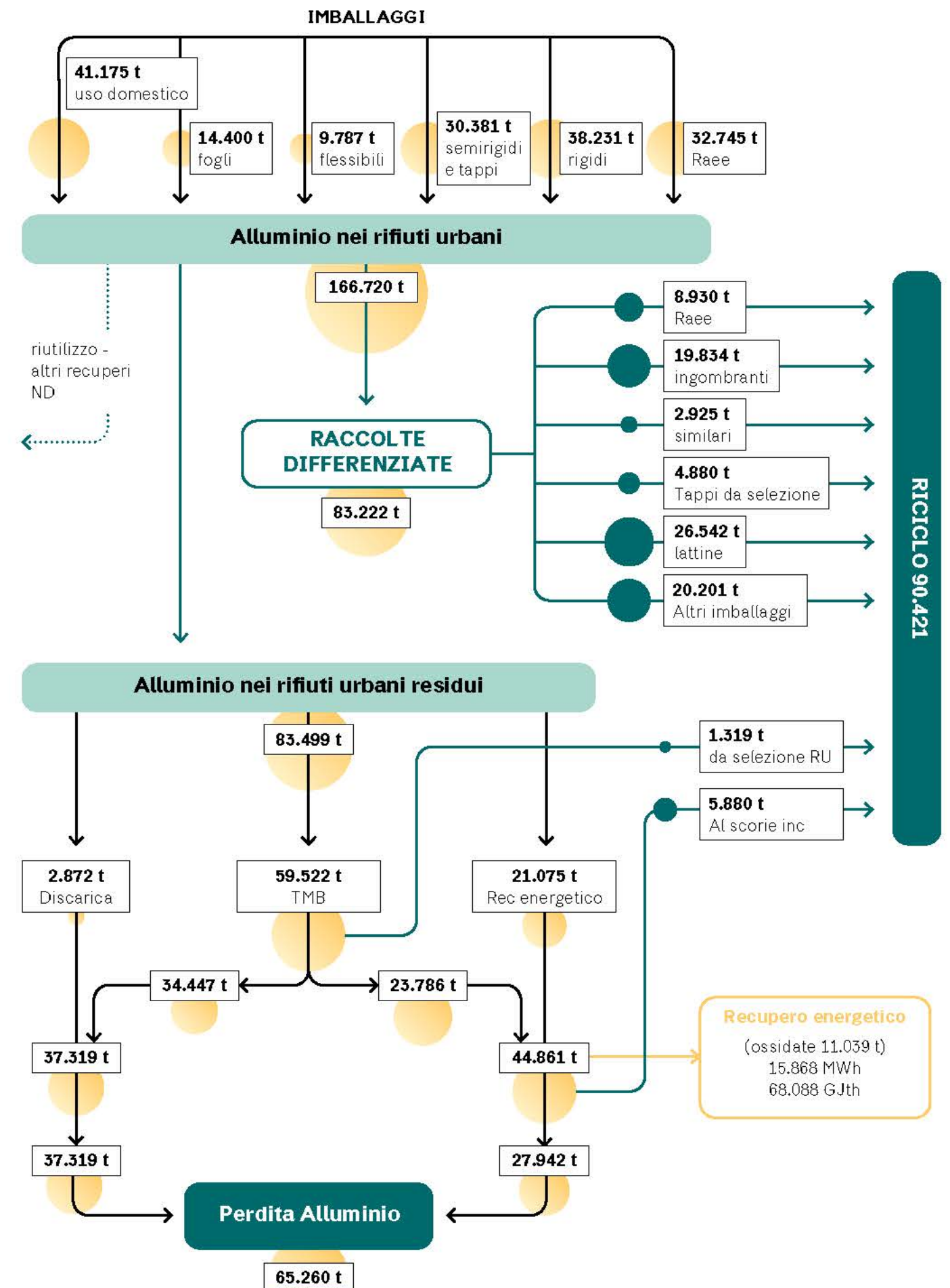
Imballaggi - Il totale degli imballaggi a riciclo raccolti prima della formazione del Rifiuto Urbano Residuo è stato pari nel 2021 a 46.653 t/a mentre gli imballaggi (tappi e chiusure) a riciclo provenienti da selezione RD (in primo luogo vetro) sono stati pari a 4.880 t/a. Gli imballaggi residui contenuti nei RUR sono stati pari a 26.687 t/a, da cui sono stati recuperati per il riciclo 1367 t/a costituite da recuperi nei TMB e da scorie di incenerimento. Il riciclo totale di imballaggi corrisponde al 67,5% dell'immesso al consumo.

Sulla base delle analisi merceologiche, CIAL ha certificato il riciclo di 26.452 t/a di lattine, pari al 90,4% dell'immesso al consumo di lattine. Le lattine rappresentano il 56,7% della RD imballaggi e il 50% del totale del riciclo imballaggi. La tipologia di imballaggi meno raccolta – e con il tasso di riciclo più basso – è quella dell'imballaggio flessibile.

Questi valori corrispondono alla quantità di imballaggi avviata a riciclo determinata da CIAL che comprende oltre alla raccolta differenziata urbana, anche la raccolta separata e la selezione meccanica dei tappi e i conferimenti post-Rd derivanti da TMB e da scorie. Nei valori di raccolta differenziata non sono inclusi i materiali estranei e le frazioni simili (non imballaggi propriamente detti). Le frazioni simili, secondo le analisi merceologiche effettuate sulla raccolta differenziata imballaggi, sono pari nel 2021 al 5,9% del totale raccolto e corrispondono a 2.925 t/a.



Il ciclo dell'alluminio nei rifiuti urbani: recuperi e dispersione





Frazioni similari - Le frazioni similari sono prodotti di alluminio non considerati come imballaggi (possono essere sia oggetti di uso domestico, dalle caffettiere al pentolame, sia film di alluminio non classificabile come imballaggio), ma raccolti assieme nella raccolta urbana. Sulla base della analisi merceologiche sono stimate pari a 2925 t/a.

Ingombranti - La stima di 19.834 tonnellate di prodotti di alluminio recuperato attraverso il circuito degli ingombranti e dei centri di raccolta (assunto come costituito da “prodotti in alluminio per uso domestico ed igiene”) somma la quota di recupero diretto di ingombranti e il recupero di frazioni non ferrose in centri di raccolta. Su un flusso totale di 900.700 t (2020) di ingombranti misti a recupero (Ispra 2022), si è stimata una quantità di alluminio pari al 1% del totale, equivalente a circa 9.000 t/a. A questa quantità si è aggiunta quella relativa ai conferimenti a centri di raccolta di “metalli non ferrosi”, stimati estrapolando il dato registrato in regione Lombardia e assegnando all’alluminio una quota pari al 75% del totale, per ottenere una stima totale di 10.827 t.

RAEE - Il quantitativo di alluminio recuperato dai RAEE è stimato pari a 8930 tonnellate. Il dato, non disponibile dal CDC RAEE, è stato stimato per i raggruppamenti R1 – R4 sulla base del tasso di riciclo (rispettivamente 3,1%, 1,7%, 1%, 3,6% del flusso di RAEE) rilevato da ERION (il consorzio collettivo più rilevante dei raggruppamenti); per il raggruppamento R5 il tasso di riciclo rilevato da Ecolamp (pari al 5%).

Totale recuperato per il riciclo prima della formazione del rifiuto urbano residuo

Complessivamente, si stimano 83.222 tonnellate di alluminio recuperato per il riciclo (al netto delle frazioni estranee) prima della formazione del rifiuto urbano residuo e quindi dei recuperi aggiuntivi in impianti di trattamento. Da qui si deduce la quantità di alluminio residua nei rifiuti urbani, pari a 83.499 tonnellate.

*Ipla stima per Conai 37 mila tonnellate di alluminio imballo e non imballo (di cui 28.316 t di imballo e 9.021 t di non imballo) con un rapporto tra imballo e non imballo diverso da quello qui riportato. I numeri totali sono grosso modo coerenti.

Recuperi dalla gestione del rifiuto residuo

Il flusso residuo del rifiuto di alluminio è nella quasi totalità trasferito a impianti di Trattamento meccanico o Meccanico-Biologico e, per la parte non recuperata o degradata, avviato a incenerimento e co-combustione o a discarica. In particolare, in accordo con la ripartizione determinata da Ispra sul rifiuto urbano residuo, si stima che i rifiuti avviati a TMB siano pari al 71,3%, quelli avviati direttamente a incenerimento siano il 25,2% e quelli avviati direttamente a discarica il 3,4%.

Sui rifiuti avviati a TMB – un trattamento intermedio – i residui non valorizzati o non degradati (per l’alluminio sono uguali all’input meno i recuperi per riciclo) il 40,8% è avviato a incenerimento e il 59,2% è avviato a discarica. L’alluminio avviato a TMB nel 2021 è stimato pari a 59.522 tonnellate. Da tale flusso si hanno alcuni recuperi e poi un successivo avvio in parte a incenerimento o trattamento CSS e a discarica. I dati stimati da CIAL relativamente all’alluminio proveniente dai TMB sono pari nel 2021 a 1319 t/a (993 t/a nel 2020). Si tratta di valori eccezionalmente bassi considerando la quantità di alluminio teoricamente presente nel rifiuto urbano residuo. Sul totale dei TMB, l’intercettazione di alluminio è pari al 2%

dell’alluminio atteso nel rifiuto. Complessivamente i rifiuti di alluminio avviati a incenerimento, direttamente o dopo trattamento, ammontano a 44.861 tonnellate.*

Dal flusso avviato a incenerimento vi sono due forme di recupero: noduli di scorie di alluminio; energia generata dalla frazione ossidabile di alluminio.

Per quanto attiene al recupero da scorie, la quantità stimata è di 5880 tonnellate (il recupero potenziale potrebbe essere di circa 28.000 t; tuttavia il recupero per il riciclo assunto da CIAL, come imballaggio, è pari a solo 48 t nel 2021, ma ciò dipende in primo luogo dalla mancata quantificazione dei recuperi di materia da scorie e ceneri). La frazione di alluminio ossidabile soggetta a produzione e recupero di energia è stimata pari a 11.039 tonnellate.

Perdita di alluminio

La perdita di alluminio è quantificata come la quantità di alluminio potenzialmente presente nei rifiuti urbani e non riciclata o recuperata (ossidata) come energia.

Su un totale di 166.720 tonnellate di rifiuti urbani di alluminio, la perdita è pari al 39% (65.000 t), mentre il riciclo è pari al 54% (90.000 t) e l’uso energetico è pari al 7% (11.000 t). ●

Un calcolo alternativo della presenza di alluminio nei rifiuti urbani residui

Le analisi merceologiche dei rifiuti non presentano, in genere, una grande affidabilità, essendo spesso svolte su un campione limitato e di cui non è nota la rappresentatività. Inoltre, nella struttura delle analisi merceologiche, raramente è evidenziata la voce alluminio.

Esistono però alcune recenti e significative analisi merceologiche da cui è possibile inferire – almeno come “ordine di grandezza” – la presenza specifica di alluminio nei rifiuti urbani residui, cioè al netto delle raccolte differenziate.

Le analisi merceologiche sono ordinariamente condotte sulla cosiddetta frazione secca o indifferenziata del rifiuto urbano, al cui interno non sono ricompresi rifiuti ingombranti (ove si dovrebbero trovare quote importanti di alluminio di uso domestico e anche di RAEE). Sulla base di questi dati si può stimare una presenza di alluminio nel rifiuto urbano residuo che varia tra lo 0,3% (Bolzano, 2020) e lo 0,75% (Veritas, Venezia, 2017).

Da questi dati si ricava inoltre che nel rifiuto urbano residuo il rapporto tra alluminio e totale

dei metalli oscilla tra il 16,5% (Bolzano) e il 50% (Veritas). Altre stime, più elevate, provengono da aree con un minor tasso di raccolta differenziata. Complessivamente, la finestra di questa stima è molto ampia – da 30.000 a 197.000 t – ma i valori intermedi, come quello di Veritas (Veneto) pari allo 0,75% del rifiuto urbano residuo, sono pari a 79.000 tonnellate e pertanto del tutto consistenti con la nostra stima “top down” di circa 83.000 tonnellate di alluminio nel rifiuto residuo.

Un ulteriore e diverso approccio può essere basato sulla valutazione IPLA (*Valutazione sulla quantità di imballaggi inviati a recupero energetico nell’anno 2021*) della quantità di alluminio presente nei rifiuti alimentati agli impianti di termovalorizzazione e di produzione di combustibile alternativo.

Rapportando la stima di IPLA al totale di 10,6 milioni di tonnellate di rifiuti urbani residui (parte delle quali vanno a discarica dopo i TMB), si avrebbe una stima di 88.263 t di alluminio nel rifiuto urbano residuo, che è di poco superiore a quella (83.000 t) ottenuta con metodo “top down”.

Raccolta differenziata e riciclo: metodi e tecnologie



La raccolta differenziata dell'alluminio è, nella maggior parte dei Comuni, intesa come raccolta di "imballaggi in alluminio" e in particolare come raccolta di lattine, sebbene CIAL accetti anche le cosiddette "frazioni similari", cioè altri oggetti di uso domestico in alluminio diversi dagli imballaggi (contenitori, caffettiere, pentolame, fogli etc.).

La raccolta differenziata dell'alluminio è svolta con quattro modalità:

multimateriale leggera (imballaggi in alluminio, acciaio e plastica), che è ormai la modalità più diffusa;

multimateriale pesante (imballaggi alluminio, acciaio, vetro, plastica), ancora presente in alcune aree del Paese, ma in contrazione;

vetro e metalli (imballaggi alluminio, acciaio e vetro), diffusa soprattutto in modalità stradale; *mono-metalli* (alluminio e acciaio), meno diffusa e presente solo in alcune aree del Paese.

Poiché la raccolta dell'alluminio è sempre congiunta con altri materiali, la quantificazione dell'alluminio raccolto avviene a valle delle operazioni di selezione.

La raccolta differenziata degli imballaggi (al netto delle frazioni estranee, delle frazioni similari e dei recuperi da gestione del rifiuto residuo) è costituita in larga parte da imballaggi rigidi (lattine, bombolette e scatolame), e per il restante da imballi semirigidi come vaschette, tubetti, tappi e capsule e da imballaggi flessibili in foglio. I dati delle analisi merceologiche mostrano che il tasso di recupero rispetto ai consumi è molto elevato per le lattine (>90%), mentre è più contenuto per le altre frazioni, in particolare per gli imballaggi flessibili.

Nel settore degli imballaggi vi è quindi una forte dispersione dei flessibili, che non sono valorizzati o perché non raccolti separatamente o perché non adeguatamente separati dagli impianti ECS sulle linee di selezione delle raccolte multimateriali e dei trattamenti meccanico-biologici.

Complessivamente, considerando anche il recupero da scorie e la conversione energetica di parte dell'alluminio, la perdita di materia contenuta negli imballaggi è di circa 25.000 tonnellate, pari a circa il 32%.



Recupero meccanico dai rifiuti urbani

Il recupero dell'alluminio - e di altri metalli non ferrosi - avviene tramite separatori ECS basati sul principio delle correnti indotte (o passive o correnti di Foucault) generate da un campo magnetico rotante.

Separatori ECS sono diffusamente presenti negli impianti di selezione multimateriale, tra plastica e metalli o tra vetro e metalli; mentre sono raramente presenti negli impianti di TMB (trattamento meccanico-biologico), da cui pure transitano poco meno di 10 milioni di tonnellate di rifiuti urbani, e negli impianti di recupero ingombranti.

Nel 2020, su 132 impianti di trattamento meccanico e meccanico-biologico operativi, sulla base dei dati forniti dagli impianti stessi, si rileva una presenza di recupero di metalli non ferrosi solo in 25 di essi, che hanno trattato complessivamente 2,6 milioni di tonnellate di rifiuti (il 27,3% del totale nazionale nei TMB). In questi 25 impianti il recupero totale di metalli non ferrosi è stato di 1451 tonnellate e il recupero complessivo di metalli ferrosi è stato pari a 32.760 tonnellate.

Secondo le stime di CIAL, circa il 65% del Non Ferroso è costituito da alluminio. Pertanto la quota di alluminio recuperata dai TMB corrispondeva, nel 2020, a 993 tonnellate.* Tale valore è pari al 0,04%

*Stima CIAL sul conferito da raccolta CIAL e indipendente.

del rifiuto trattato nei 25 TMB.

I valori registrati presentano una fortissima variabilità sia nel rapporto tra Non Ferrosi e Totale del rifiuto trattato che tra Non Ferrosi e Ferrosi. La quota di Non Ferrosi recuperata oscilla tra lo 0,01% del rifiuto e lo 0,21% del rifiuto trattato, la mediana è lo 0,06%.

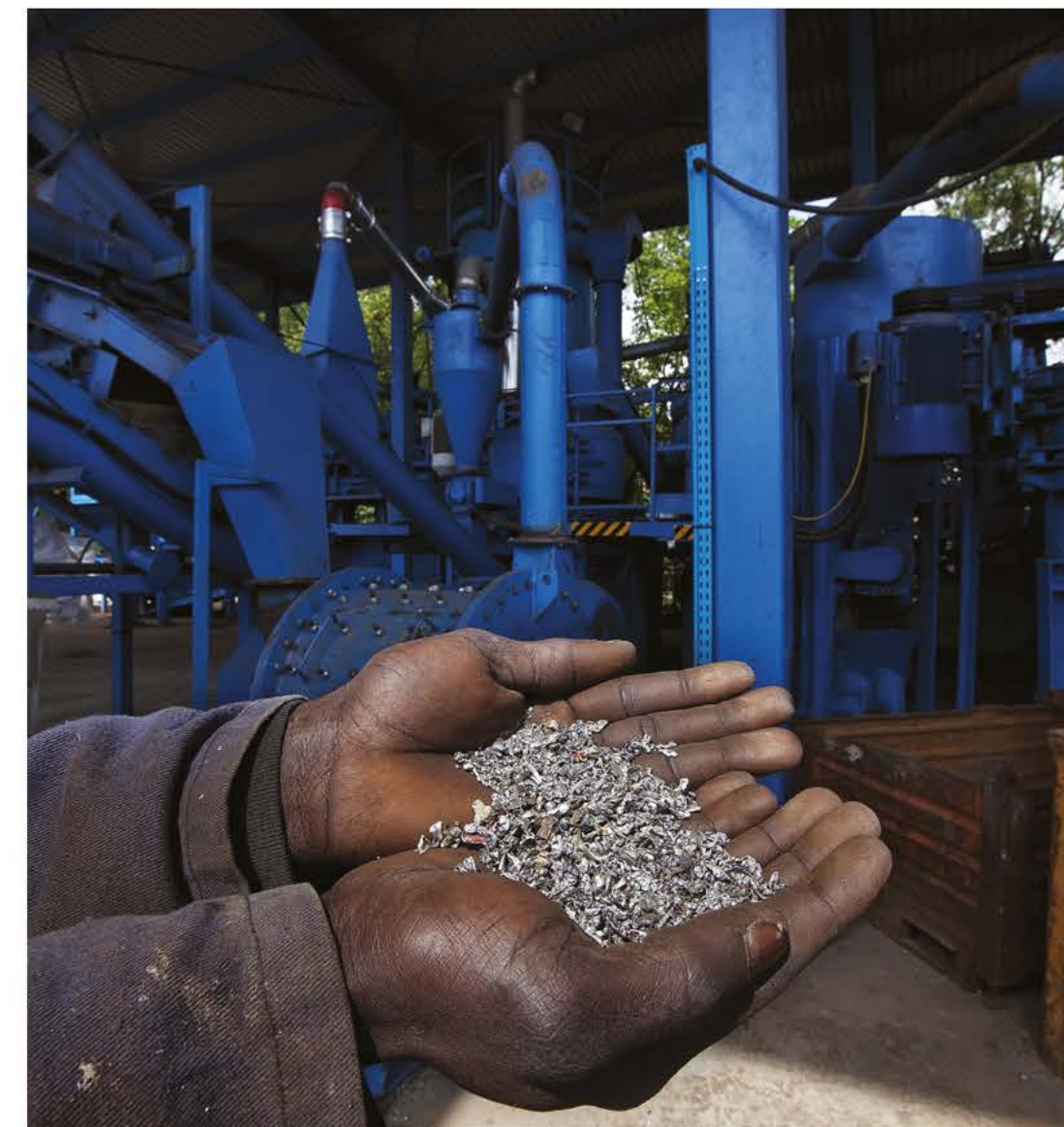
Per i metalli ferrosi la variabilità è meno marcata, anche se passa dallo 0,1% al 4%, con un valore medio dell'1,3% che, per quanto più basso della quantità di metalli attesi, si colloca comunque almeno nell'estremo più basso della finestra attesa di recupero.

L'inefficienza del sistema di recupero metalli e, in particolare, di metalli non ferrosi negli impianti di trattamento meccanico-biologico è responsabile

della dissipazione di una rilevante quantità di alluminio.

L'inefficienza è testimoniata anche dal fatto che nel 2010, a fronte di soli 13 impianti TMB con selezione ESC i recuperi erano comunque pari a 869 t di metalli non ferrosi. Nonostante l'evidenza dello spreco di alluminio e nonostante la buona valorizzazione dell'alluminio, gli impianti TMB sono rimasti impianti privi di una sezione di recupero e avvio a riciclo.

Sulla base delle stime di questo studio sono attese nei rifiuti urbani residui avviati ai TMB circa 60.000 tonnellate di alluminio, un quantitativo ben superiore a quello delle sole lattine. Di queste ne risultano recuperate circa il 2% o per assenza di dispositivi o per inefficiente uso degli stessi.





Recupero dalle scorie dei rifiuti urbani

Nel corso dei processi di incenerimento solo una frazione dell'alluminio viene ossidata e rilascia energia. La restante quota di alluminio metallico non ossidato, teoricamente disponibile per il riciclo, si ritrova nelle ceneri pesanti (scorie), nelle ceneri leggere e nei sali e depositi di reazione.

Il maggior contenuto di alluminio metallico appare presente nelle frazioni non fini (superiori a 0,5 mm) delle ceneri di fondo.

La percentuale di alluminio teoricamente recuperabile è variabile in funzione della tipologia di materiale: da oltre l'80% per le lattine al 51% del semirigido fino al 27% del foglio (Biganzoli, Grosso et al, 2012, 2014). Per i prodotti diversi dagli imballaggi si ritengono applicabili i rendimenti caratteristici delle lattine.

Sul totale del rifiuto incenerito, sulla base della composizione del rifiuto e dei tassi di separazione, si può stimare un potenziale recupero fino a circa 27.000 t/a, rispetto al 1.053.000 t di ceneri pesanti e scorie non pericolose prodotte nel 2020 (Ispra) pari a circa il 2,5% delle scorie generate (un valore in linea con le stime a livello europeo pari al 2,3%).

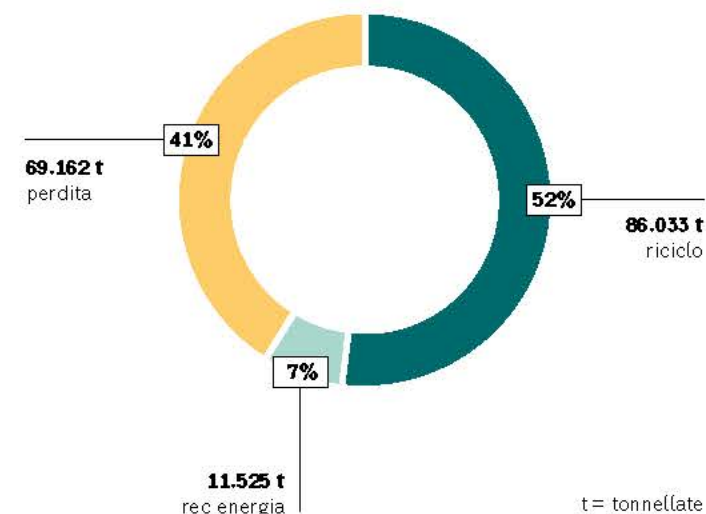
Per quanto attiene al recupero da scorie, la più

recente analisi disponibile (Ispra 2022, su dati 2020) riporta solo un quantitativo di recupero diretto di metalli ferrosi da scorie (pari a 25.049 t). Il recupero di alluminio è però usualmente effettuato in impianti terzi specializzati nella gestione delle scorie e ceneri. Nel 2019 sono state avviate a trattamenti di recupero (presso terzi) 874.000 t di scorie e ceneri pesanti non pericolose. Non essendo disponibili dati specifici sulle frazioni recuperate da tali trattamenti, si assume un tasso di recupero di alluminio pari al 0,7% (analogo a quello impiegato nel 2013 sulla base dei dati di alcuni impianti), equivalente a 5880 t.

La recuperabilità teorica può corrispondere a quella effettiva solo in presenza di sistemi ECS adeguatamente progettati per l'intercettazione delle diverse granulometrie. Allo stato attuale la recuperabilità registrata da alcuni impianti appare notevolmente inferiore a quella teorica. La stima del potenziale di recupero è infatti notevolmente superiore a quanto apparentemente recuperato oggi (operando solo su una parte delle scorie e con tecnologie non adeguate).

Per confronto, si può ricordare che nel 2019 risultano recuperate dalle scorie di incenerimento 16.800 t in Germania e 31.997 t in Francia e, nel 2018, 25.057 t nel Regno Unito.

Gestione dei rifiuti urbani di alluminio (t e %, 2021)



Recupero energetico

Il trattamento termico dell'alluminio ossida parte dell'alluminio, in particolare la componente a più basso spessore (film e foglio sottile). Nel processo di ossidazione l'alluminio rilascia energia, convenzionalmente calcolata equivalente a 31 MJ/kg, disponibile per il recupero termico o la conversione elettrica. La percentuale di alluminio ossidabile è differenziata in funzione dei prodotti e del loro spessore.

Stime sperimentali individuano un tasso di ossidazione per i materiali di imballaggio variabile dal 59% del foglio al 9% della lattina. Per gli altri oggetti di alluminio si possono assumere cautelativamente i valori delle lattine.

Sul totale dei rifiuti di alluminio avviati a recupero energetico (diretto o come CSS) il contenuto energetico è di circa 342.000 GJ termici. Il rifiuto ossidabile è pari a 11.039 t su un input di circa 45.000 tonnellate. Il recupero energetico effettivo, con i rendimenti attuali, è stimato pari a 15,9 GWh elettrici e a 68.000 GJ termici. ●



Recupero di alluminio da demolizione auto: una fonte solo in parte sfruttata?

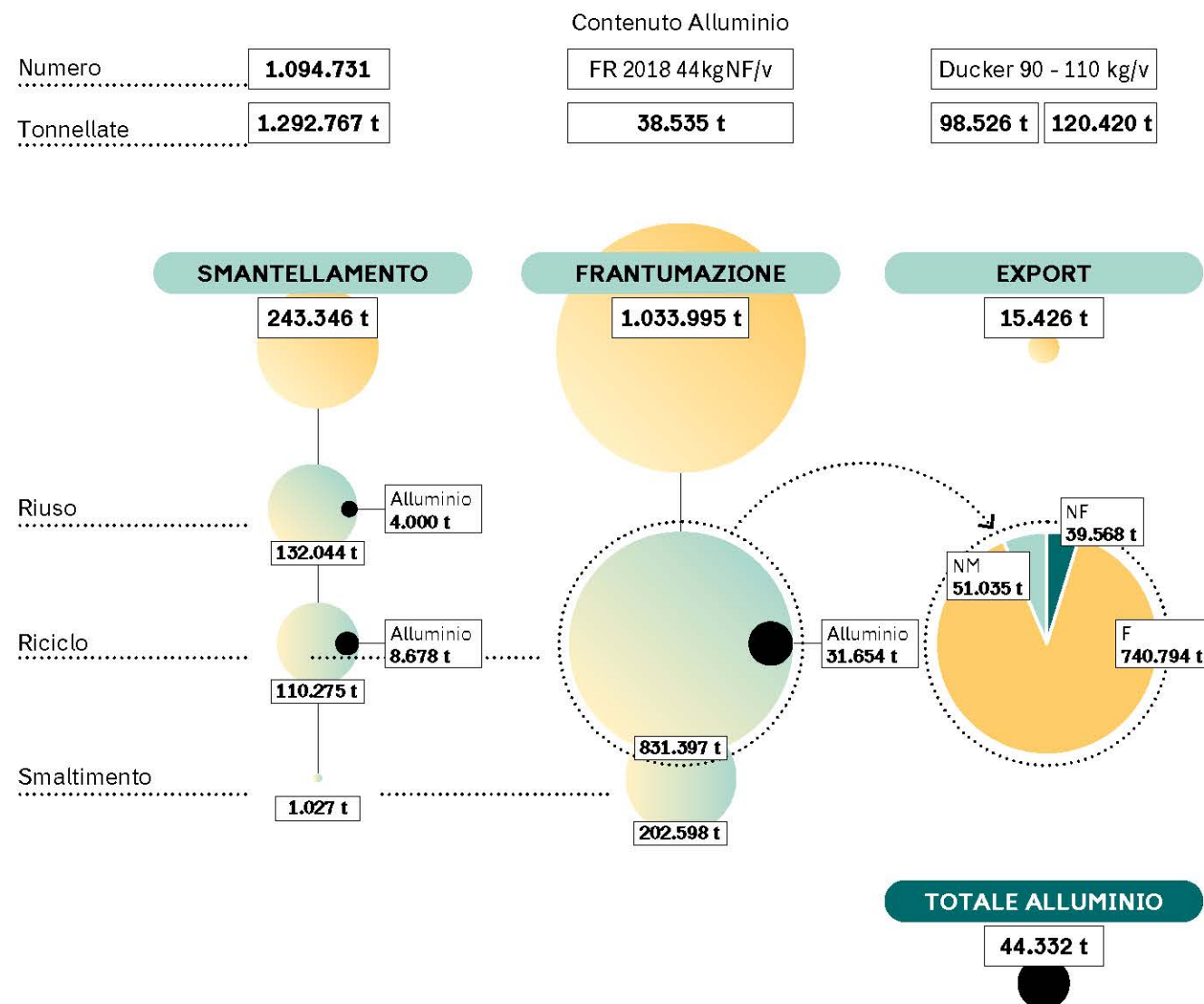
Gli autoveicoli costituiscono una delle principali fonti di rottame di alluminio. Il contenuto di alluminio negli autoveicoli è progressivamente cresciuto nel corso degli anni.

Nel 2020 l'età media dei veicoli cancellati (rottamati) in Italia era pari a 16,4 anni. Il parco di riferimento può pertanto essere considerato quello tra la fine degli anni '90 e i primi anni 2000. Dovremmo stimare di conseguenza un contenuto medio di alluminio variabile tra 90 - 110 kg/veicolo. Sulla base delle vetture rottamate ciò dovrebbe tradursi in circa 100 - 120.000 tonnellate di alluminio.

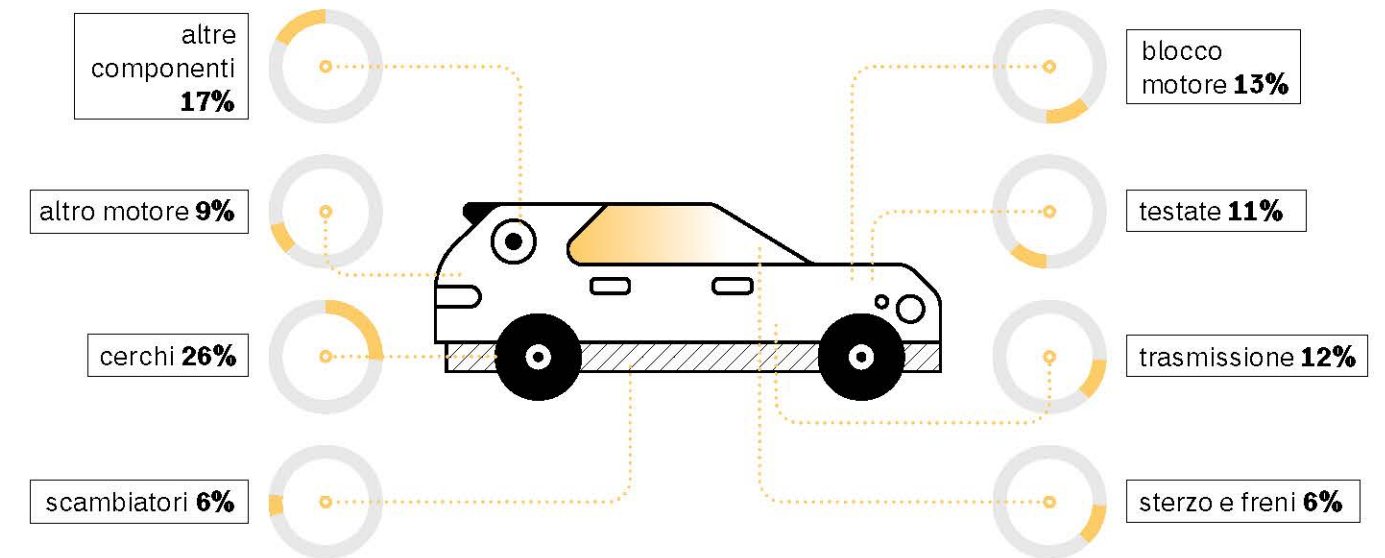
L'alluminio recuperato effettivamente è largamente inferiore al previsto. Si tratta di un dato comune a tutti i Paesi

europei. Uno studio recentemente condotto per European Aluminium (IRT M2P, 2021) conferma il forte scostamento tra l'atteso e l'effettivo recupero di alluminio, nell'ordine di circa il 60%. Ciò dipende da una molteplicità di fattori. In primo luogo dal fatto che il parco automobilistico "dismesso" in Europa non ha la stessa composizione del parco automobilistico "rottamato" in Europa, perché all'interno del parco avviato a rottamazione (in Italia come in altri Paesi europei) la quota di autovetture dei segmenti più alti (C, D), che hanno un contenuto di alluminio più elevato, sono meno rappresentate che nel parco teorico, essendo le più soggette a esportazione a fine vita in Paesi extraeuropei, per riparazione o per diretto riuso.

Veicoli a fine vita (2019)



Distribuzione dell'alluminio per tipo di componente nelle auto dei segmenti A-B (2012)



La quantità di alluminio apparentemente recuperata in Italia è peraltro simile a quella riscontrata in Francia, dove gli analitici rapporti disponibili (*Rapport annuel de l'Observatoire des véhicules hors d'usage*) quantificano in circa 44 kg/veicolo la presenza di metalli non ferrosi (prevalentemente, circa 80%, costituito da alluminio, esclusi i fasci elettrici).

Gli impianti di autodemolizione italiani hanno trattato 1.217.515 t/a di veicoli nel 2020 (erano 1.292.794 t nel 2019).

Nel 2019, l'ultimo anno per cui abbiamo dati sui risultati delle autodemolizioni, sono stati cancellati dai registri 1.616.039 veicoli, mentre i veicoli avviati a rottamazione sono stati 1.094.731. La differenza, oltre 500.000 veicoli, circa un terzo del totale cancellato, risulta esportato.

L'avviato in Italia a operazioni di gestione del fine vita è pari a un peso di 1.292.767 t, equivalente ad un peso medio per veicolo di 1180 kg. Sul flusso totale a rottamazione vi sono state 15.446 t di veicoli direttamente esportati, 243.346 t di veicoli sottoposti ad operazioni di smantellamento e disinquinamento e 1.033.995 tonnellate residue avviate a frantumazione. Le operazioni di smantellamento, preliminari alla frantumazione, comportano oltre alla rimozione degli elementi inquinanti (combustibili, oli ecc.), anche il recupero di componenti per il riuso o per il riciclaggio.

In Italia, nel 2019, 132.000 tonnellate sono state destinate a riuso e 110.000 tonnellate a riciclo. L'Italia - a differenza di altri Paesi - non riporta dati sulla composizione per materia di questi flussi.

Dati più analitici sono forniti dalla Francia e sono stati utilizzati per una stima appropriata dell'Italia. Applicati all'Italia - considerando

sempre l'alluminio pari all'80% del totale non ferrosi - questi coefficienti consentono di stimare uno smantellamento pari a circa 13.000 t di alluminio.

In fase di frantumazione, invece, i dati sono dettagliatamente disponibili anche per l'Italia. Su oltre un milione di tonnellate, con una quota predominante ovviamente costituita da metalli ferrosi (740.000 t), i metalli non ferrosi qui sono quantificati in circa 40.000 t, corrispondenti ad un contenuto di alluminio di circa 32.000 t. Complessivamente si stima un recupero pari a 44.332 t di alluminio, che grosso modo corrisponde a 40 Kg di alluminio per veicolo. Nell'ipotesi che il contenuto di alluminio nei veicoli sia più elevato - tra 90 e 110 kg/veicoli, come si può stimare cautelativamente sulla base dei dati Ducker - si avrebbe uno scarto molto significativo tra quanto atteso e quanto effettivamente riciclato.

È importante, infine, ricordare che l'attuale processo di riciclaggio dei veicoli fuori uso (ELV) - triturazione e cernita post-triturazione - si traduce nella produzione di rottami di alluminio contenenti un mix di leghe (da fusione e da lavorazioni plastiche) e a volte piccole quantità di altri materiali indesiderati. Oggi, questa qualità del rottame soddisfa i requisiti delle raffinerie europee per il riciclaggio in getti di fonderia, che possono essere rifusi per produrre parti per l'industria automobilistica.

Tuttavia, con una quota crescente di leghe di estrusi e laminati nelle automobili, se le pratiche di riciclaggio rimanesse invariate non vi sarebbe possibilità di recupero di queste leghe di maggior valore, che potrebbero invece essere riciclate per produrre analoghe leghe con una forte riduzione del fabbisogno di alluminio primario.





