

Fabio Olmi

✉ fabio.olmi@gmail.com

Per realizzare la transizione ecologica è necessario puntare decisamente sull'economia circolare

Facciamo un po' di chiarezza

L'economia circolare è il fulcro dell'ecosostenibilità dello sviluppo. È indispensabile soprattutto per il nostro paese, data la grande dipendenza dall'estero per le principali materie prime. Tuttavia, l'uso delle discariche in Italia è attualmente ancora troppo elevato: quasi il 22% dei rifiuti finisce "in buca" [1]. La perdita netta di materia e energia (nel caso si produca anche biogas) che viene fatta scaricando i rifiuti in discarica è un delitto "ecologico". Dobbiamo ridurre al minimo l'impiego delle discariche come già avviene in altri paesi europei: non ci possiamo permettere questo spreco e solo una più appropriata raccolta differenziata e soprattutto l'impiego dell'economia circolare consentirà di ridurlo al minimo!

Vediamo in primo luogo cosa si intende per economia circolare: non sempre c'è chiarezza sul significato di questo termine. *L'economia circolare non si chiude con il recupero della materia prima seconda, ma si conclude quando questa viene trasformata di nuovo in un prodotto del tipo di quello da cui proviene o comunque, anche se diverso, utilizzabile e commerciabile.* Due esempi molto semplici: il recupero del ferroacciaio e quello del vetro che possono essere impiegati per produrre nuovi manufatti esattamente come quelli da cui provengono.

C'è poi il caso del recupero della materia rifiuto con produzione di materiali impiegati a scopi diversi da quello da cui provengono: è il caso dell'umido dei Residui Solidi Urbani (RSU) che può essere trasformato in compost per uso agricolo e fornire anche biogas, cioè energia.

C'è ancora un altro tipo di economia circolare laddove si produce qualcosa di utile *a partire da materia rinnovabile*: in questo caso non è detto si debba recuperare il manufatto, ma la natura ci for-

nisce nuovamente e ciclicamente la materia prima da cui esso si può riottenere. È l'esempio delle materie plastiche di origine vegetale come il Mater-Bi prodotto a partire dall'amido (di mais o di altri vegetali). Il problema in questo caso si sposta sulla "eliminazione" del manufatto.

Infine, economia circolare non significa *solo produzione di oggetti ma anche un loro uso multiplo*: anche l'uso, cioè, può essere circolare. Un esempio è il car sharing, l'utilizzo a tempo di un'auto che poi viene usata da un'altra persona.

Chiariti i molteplici significati che può avere l'economia circolare, vediamo *come debbono essere trattati i rifiuti per utilizzarli al meglio nell'ottica di questa economia* e successivamente quali sono i problemi che si incontrano quando si tratta di metterla in pratica. Da ultimo, vogliamo verificare come l'Italia si colloca in questo campo, ma andiamo per ordine.

Il trattamento dei rifiuti solidi urbani (RSU)

Parliamo ora dei rifiuti più comuni che riguardano le nostre città. Come devono essere i rifiuti "separati per tipologia" per essere impiegati validamente nell'economia circolare? Devono essere essenzialmente *privi di componenti impuri e sufficienti quantitativamente per alimentare la nuova produzione industriale.*

Qual è la situazione della gestione dei rifiuti in Italia? Le considerazioni che verranno sviluppate nel seguito provengono da un documento elaborato da The European House – Ambrosetti in collaborazione con A2A (la più grande multiutility italiana) [2]. Tale documento è stato presentato in anteprima il 3 settembre 2021 in occasione del Forum Ambrosetti di Cernobbio.

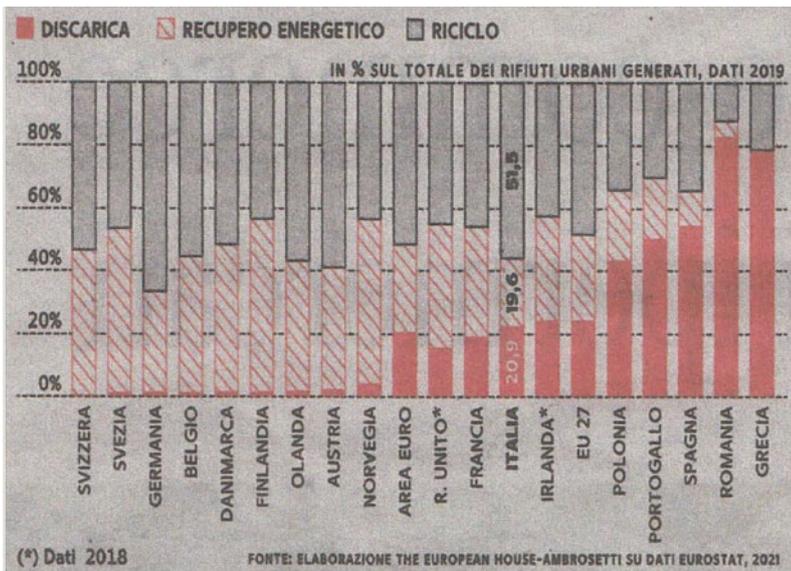


Fig. 1. Come vengono trattati i rifiuti in Europa

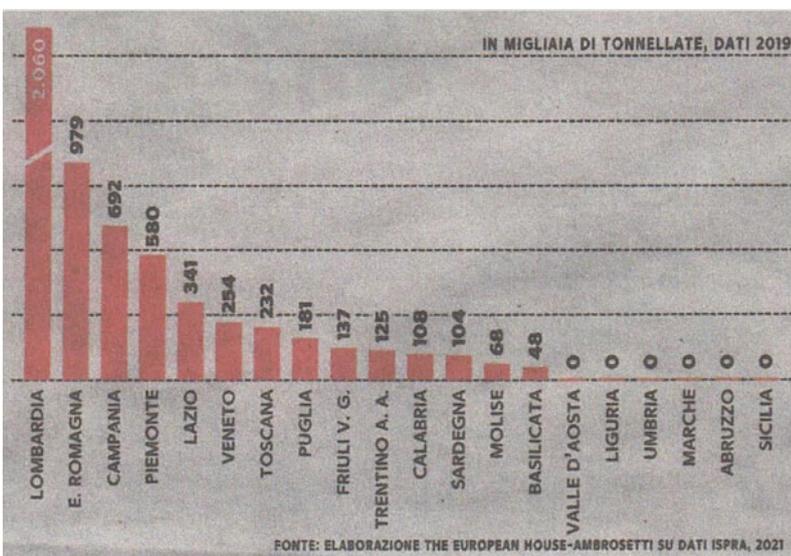


Fig. 2. Rifiuti urbani in Italia trattati in impianti di recupero energetico

La posizione dell'Italia è ancora lontana dagli obiettivi UE, in particolare per quanto riguarda le discariche. Come abbiamo già accennato, noi "gettiamo in buca" una quantità eccessiva di materia senza recupero: il nostro tasso di conferimento in discarica è circa 30 volte più elevato di quello di altri paesi europei come Svezia, Germania, Belgio, Danimarca e Svizzera (Figura 1).

L'Italia usa le discariche per circa il 21% dei rifiuti e solo quattro regioni sono sotto il 10% (Lombardia, Emilia-Romagna, Friuli-Venezia Giulia e Campania) (Figura 2). Da puntuali analisi effettuate è emerso un dato allarmante: entro i prossimi tre anni la capacità residua delle nostre discariche si esaurirà, con differenze significative tra Nord (4,5 anni) e Sud (1,5 anni).

Per la situazione descritta, il nostro Paese vede crescere progressivamente le penali per l'infrazione: le sentenze di condanna sono costate all'Italia dal 2012 ad oggi 750 milioni di euro all'erario.

Emblematico è il caso degli impianti dedicati al recupero della frazione organica: ad oggi, solo la metà di questi rifiuti è trattata secondo canoni avanzati che permettono il recupero combinato di materia (compost) e di energia (biogas). Con l'aumento poi nel tempo della frazione organica si prevede un fabbisogno di 38 nuovi impianti, di cui la maggior parte nei territori del Centro - Sud.

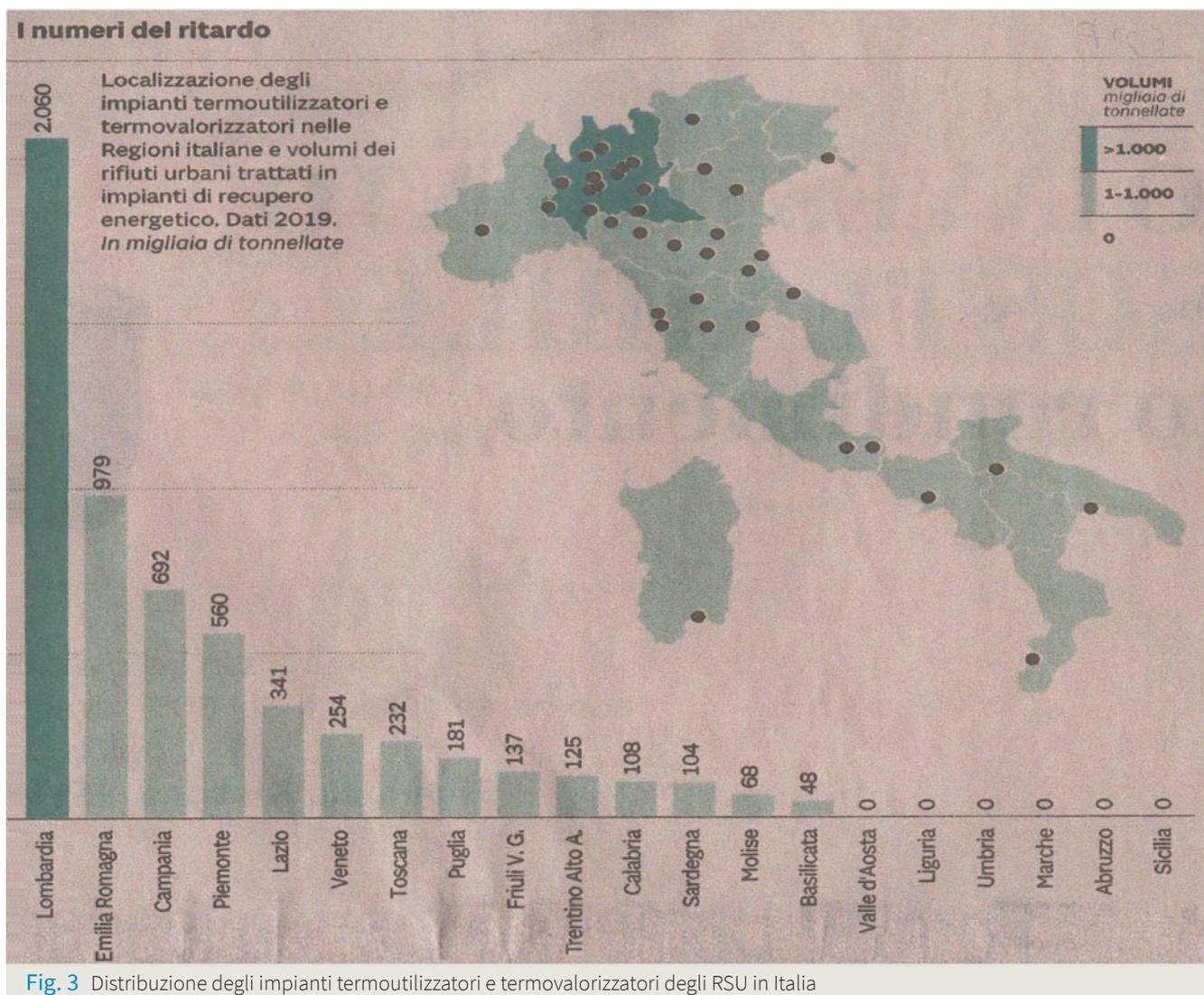
Per raggiungere gli obiettivi europei nel recupero degli RSU, l'Italia dovrà ricorrere anche al recupero energetico di ulteriori 3,1 milioni di tonnellate di rifiuti urbani e il Paese avrà quindi bisogno di 6-7 nuovi impianti di termovalorizzazione, con un investimento complessivo tra i 2,2 e 2,5 miliardi di euro. La situazione di tali impianti è illustrata dalla figura 3.

Complessivamente servono investimenti per almeno 4,5 miliardi di euro per risolvere il problema della gestione dei rifiuti in Italia, cioè un quarto dei soldi con cui il nostro Paese finanzia ogni anno i sussidi ambientalmente dannosi legati ai combustibili fossili. Questi investimenti sono necessari per costruire nuovi impianti di recupero energetico e di moderno trattamento della frazione organica. È stato stimato che ciò consentirebbe di generare fino a 11,8 miliardi di euro di

indotto economico, con un gettito per lo Stato di 1,8 miliardi e una riduzione della TARI per le famiglie superiore a 550 milioni di euro.

Altri tipi di rifiuti e il loro riciclo

Per concludere la prima parte del processo di economia circolare, e cioè il recupero della materia da riutilizzare, dobbiamo ricordare che oltre agli RSU di cui abbiamo parlato e visto le carenze complessive in cui versa ancora il paese, è necessario tener presente che vengono prodotti altri due tipi di rifiuti, quelli speciali e quelli di materiali non recuperabili dai cassonetti o dai soli cassonetti: inerti, metalli, legno, plastica e i rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE), pneumatici, tessuti, oli esausti.



I rifiuti speciali rappresentano circa il quadruplo di quelli urbani e si distinguono in pericolosi (7,2%) e non pericolosi (92,8%): ad esempio, i residui di lavorazioni edilizie non sono pericolosi, quelli derivanti da attività sanitarie sono pericolosi. La loro gestione è un tassello fondamentale dell'economia circolare. Si riciclano facilmente i rifiuti non pericolosi come quelli ottenuti dalla demolizione di immobili. Si riciclano anche quelli speciali e anzi l'Italia ricicla oltre il 65% dei rifiuti speciali e costituisce un'eccellenza europea [3].

Altre eccellenze del nostro riciclo sono quelle della carta, del legno e del vetro. Per gli imballaggi di carta e cartone il recupero e il riutilizzo sono al 64%, per il vetro al 76% e per il legno al 67%.

Esaminiamo il riciclo nelle diverse filiere di prodotti

Riciclo dei metalli - I materiali metallici di scarto vengono raccolti e posizionati presso le imprese industriali e artigianali, o nelle piattaforme ecologiche

per poi essere trasportati ai centri di trattamento. Vediamo brevemente a che punto siamo per il recupero di questi tipi di rifiuti. *I processi per il recupero dei metalli, più semplici di altri, consentono all'Italia il recupero di oltre l'80% di materia seconda, collocando il paese in questo campo all'avanguardia in Europa. I rottami recuperati vengono trattati in forni elettrici (diffusi in alta Italia) da dove si ottengono materiali di ferro-acciaio con proprietà al 100% uguali a quelle da cui provengono: il riciclo dei metalli consente al nostro paese un grosso risparmio in materia prima ed energia (oltre che di inquinamento). Alcuni dati specifici sono riportati di seguito.*

- **Riciclo del ferro-acciaio** - Com'è noto i metalli sono riciclabili al 100% e si possono dunque riutilizzare per produrre infinite volte manufatti di caratteristiche identiche a quelli da cui provengono. L'unica esigenza del settore è quella di un'accurata differenziazione dei tipi di scarti e residui in modo da ottenere per fusione materiali omogenei. In Italia il ferro-acciaio si riutilizza

nella misura del 79%, quindi quello riciclato dà un deciso contributo al fabbisogno della nostra industria e consente un grande risparmio di materia prima, di energia e abbattimento di inquinanti.

- **Riciclo dell'alluminio** - Si recupera per 72,5% dagli imballaggi di alluminio [4] e l'Italia si colloca al primo posto in Europa. Il riciclo dell'alluminio consente un risparmio di energia del 95% rispetto alla metallurgia dal minerale e un netto miglioramento dell'impatto ambientale. Oggi tutto l'alluminio impiegato dall'industria italiana proviene da riciclo¹. Il prezzo dell'alluminio ha avuto una forte impennata e oggi supera i 2.700 dollari a tonnellata.
- **Riciclo del rame** - Il 40,5% del rame proviene in Italia dal riciclo [5]: è la materia prima di cui disponiamo maggiormente pur non avendo miniere. In Europa ne viene prodotto più di 5 milioni di tonnellate (2010, ultimo dato disponibile) di cui il 44% si ottiene dal recupero. Proviene dalla raccolta e trattamento di tubi, cavi e fili elettrici, da apparecchi elettrici e da sfridi di lavorazione.

Riciclo del legno - Il recupero e riciclaggio del legno si realizza per il 67% e il 96% della produzione dell'arredamento italiano è fatto con pannelli ricavati da legno riciclato. *L'Italia è l'indiscusso leader mondiale in questo campo* [6]. Nonostante il costo della materia prima tra lo scoppio della pandemia e oggi sia più che raddoppiato, il settore dell'arredamento è stato interessato pochissimo poiché vengono utilizzati quasi esclusivamente pannelli riciclati.²

Riciclo del vetro - Con più di 1.800.000 tonnellate riciclate, l'Italia si piazza al secondo posto nella classifica dei paesi europei più "ricicloni" di vetro, davanti a noi solo la Germania. In base ai dati pubblicati dalla Federazione Europea dei produttori di contenitori di vetro, i tassi medi di *riciclo del vetro* nell'Unione Europea hanno superato la soglia del 70% già dal 2010 e l'Italia si posiziona al di sopra di questa media (76%); negli ultimi anni, la raccolta del vetro non ha fatto altro che migliorare.

Riciclo carta e cartone - In Italia carta e cartone rappresentano il 30% del totale dei rifiuti. Recuperando una tonnellata di *materiale cellulosico* si possono salvare tre alberi alti 20 metri, riducendo così

sia la deforestazione che lo spreco di energia. Ogni anno in Italia vengono consumate circa 9 milioni di tonnellate di prodotti cellulosici. Di queste, il 64% viene riciclato, il 14% bruciato per produrre energia e il 22% finisce in discarica. Il riciclo è sicuramente il tipo di smaltimento meno oneroso, sia in termini economici che ambientali. Il consorzio Comieco [7] si è costituito nel 1998 come Consorzio Nazionale nell'ambito del sistema Conai e raggruppa oggi oltre 3.300 aziende della filiera del riciclo di carta e cartone.

Riciclo di pneumatici - In Italia ogni anno vengono montati sulle nostre auto circa 400.000 tonnellate di pneumatici nuovi. Nel 2018 sono state raccolte e riutilizzate in vario modo circa 350.000 tonnellate di pneumatici fuori uso (PFU). Per il riciclo di questo materiale operano principalmente due consorzi (Ecopneus e Ecotyre [8]) che nel 2019 hanno riciclato 267.000 tonnellate di PFU. Sul totale dei materiali recuperati, il 57% è stato riciclato come recupero di materia, mentre il 43% è stato avviato al recupero di energia. Il riciclo prende la via di nuovi pneumatici, viene poi utilizzato, ad esempio, nelle pavimentazioni stradali, nelle superfici di erba sintetica, in isolanti e impermeabilizzanti nell'edilizia.

Riciclo di tessuti - Uno studio della Ellen MacArthur Foundation rileva che il 13% dei prodotti tessili viene riciclato in diversi modi dopo l'uso nell'abbigliamento, il 12% viene utilizzato in usi di valore inferiore e solo l'1% viene riciclato in nuovi abiti. Il 74% viene conferito in discarica o incenerito [9]. *Come si vede il riciclo dei tessuti costituisce un problema aperto e può e deve essere sensibilmente migliorato.* I vestiti e i tessuti che sono in buone condizioni possono essere donati o rivenduti. Invece, quelli che non sono riutilizzabili e sono da buttare via devono essere riciclati e trasformati in nuovi prodotti come: imbottiture per sedie o sedili delle auto, stracci per pulire o materiali per riempire i materassi. In ogni caso i tessuti, se gettati in discarica, impiegano tantissimo tempo per decomporsi.

Riciclo di oli esausti - Sono prodotti fortemente inquinanti per l'ambiente se sversati direttamente nel terreno o nelle condutture. È dunque assolutamente necessario procedere a *una loro raccolta specifica*, puntando a recuperarli tramite la *raccolta differenziata*. In Italia ci sono due consorzi per il re-

¹ L'impianto di alluminio di Portovesme, l'unico in Italia per la produzione di alluminio primario, fermo da anni, era stato acquistato dalla svizzera Sider Alloys e avrebbe dovuto rientrare in funzione nel 2021, ma ancora non è stato raggiunto l'accordo sul costo dell'elettricità necessaria ad alimentarlo.

² L'uso del legno massello è ormai molto limitato e circoscritto a poche aziende artigianali.

cupero e il trattamento degli oli esausti vegetali e animali (Conoe) e industriali (Conou). Il Conou dal 1986, data da cui ha iniziato ad operare, ad oggi ha raccolto e trattato circa 4.670.000.000 tonnellate di olio minerale. L'olio vegetale esausto va portato presso gli appositi bidoni di raccolta differenziata (riciclerie o isole ecologiche) che li ospitano, oppure presso supermercati o benzinai che si occupano del suo ritiro e della sua raccolta gratuitamente. Ogni anno si raccolgono tra le 260.000 e le 280.000 tonnellate di oli alimentari esausti (il 64% dalle famiglie, il 36% dalla ristorazione, artigianato e industria). Il riciclo dell'olio alimentare viene utilizzato per produrre oli lubrificanti, inchiostri, biodiesel, per la produzione di saponi, di candele e di bitumi stradali.

Riciclo delle materie plastiche - Il discorso per il riciclo di questo tipo di materiale è complesso. Si deve chiarire subito che non tutte le materie plastiche sono riciclabili e si impiegano molteplici tipi di materie plastiche aventi caratteristiche anche molto diverse tra loro.³ Per gli imballaggi di plastica nel nostro paese il recupero e riutilizzo raggiungono circa il 45%, un valore ancora *assai al di sotto del target fissato dall'Europa pari al 50% per il 2025 e del 55% per il 2030.*⁴

Vediamo più in dettaglio la situazione: la produzione di imballaggi di plastica è aumentata negli ultimi anni (2015 - 2018) di oltre il 6%. La produzione nel 2015 è stata di 2.165 migliaia di tonnellate, nel 2018 di 2.315.⁵ Il 63% degli imballaggi di plastica prodotti è destinato all'uso domestico. Il 43,75% della plastica viene riciclata in nuovi prodotti (2019), mentre il rimanente (oltre il 55%) è stato recuperato a scopo energetico (termovalorizzazione). Nel 2019 sono stati riciclati imballaggi di plastica per 1.054 migliaia di tonnellate, l'1,3% in più rispetto all'anno precedente.

Dove vanno a finire le quantità di imballaggi di plastica riciclati? La scheda che segue (Scheda 1) indica i prodotti che si ottengono da questo settore di economia circolare.

Scheda 1 - Cosa si fa con la plastica riciclata*

- *Componenti degli scooter* – (contro scudo, pedana, porta targa, vano sottosella, parafango, fiancate) da plastiche miste eterogenee derivate da imballaggi di plastica
- *Cassette per ortaggi* – da granulato di polipropilene o polietilene ad alta densità
- *Montature occhiali* – dal riciclo di bottiglie di PET
- *Panchine e arredi vari da giardino* – dal riciclo di plastiche eterogenee
- *Imbottitura di gilet* – dal riciclo di bottiglie di PET
- *Tessuto "pile" (coperte, felpe, cappelli e guanti)* – dal riciclo delle comuni bottiglie di PET dell'acqua minerale
- *Tubi di irrigazione* – dalla plastica riciclata che copre i cavi elettrici (PVC)
- *Tessuti da arredamento* – da filo poliestere ottenuto da riciclo di PET
- *Nuove bottiglie* – da preforme di PET soffiate (da bottiglia a bottiglia)
- *Palette e scope* – da plastiche miste
- *Secchi (contenitori rigidi)* – da 100% di polietilene o polipropilene riciclato
- *Sedili per auto* – Le imbottiture con ovatta da PET riciclato; tessuti di rivestimento, moquette, tappetini da filati di polietilene provenienti da riciclo di bottiglie
- *Trolley e carrelli spesa* – da plastica mista riciclata
- *Trapunte* – con solo 20 bottiglie di PET si ricava tessuto per una morbida trapunta

* da COREPLA (Consorzio nazionale per la raccolta e il riciclo di imballaggi di plastica)

Riciclo dei RAEE - I residui da apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) costituiscono i rifiuti che hanno il più rapido aumento (+ 3-5% annuo)⁶ e presentano varie tipologie di trattamento per il re-

³ Le plastiche più diffuse e riciclabili sono: il PET, polietilene tereftalato, HDPE e LDPE, polietilene ad alta e bassa densità, PVC, cloruro di polivinile, PP, polipropilene, PS, polistirene (o polistirolo); possiamo cioè riciclare bottiglie, flaconi di detersivi e saponi, piatti e bicchieri di plastica, vaschette della frutta e verdura, grucce in plastica, borse in plastica, barattoli dello yogurt, ecc. Non sono riciclabili oggetti come bacinelle, utensili di cucina, giocattoli, tubi per innaffiare, barattoli di plastica, le siringhe, i sottovasi, gli spazzolini, i pennarelli e le penne in plastica, ecc. (fonte: Azienda Autonoma di Stato per i Servizi Pubblici: tipi di plastica riciclabili e non riciclabili). Le plastiche riciclabili sono termoplastiche, quelle non riciclabili sono termoindurenti. Le termoindurenti possono però essere utilizzate per il loro potere calorico con la termovalorizzazione e non buttate in discarica.

⁴ In Italia è stata recepita la Direttiva dell'Unione Europea con DL 116/2020.

⁵ Elaborazione Openpolis su dati Ispra, 31/12/19.

⁶ Gestione-rifiuti – Smaltimento RAEE

cupero dei componenti a seconda del loro tipo. La Scheda 2 raccoglie i diversi tipi di RAEE.

Scheda 2 - Gruppi tipologici di RAEE

- **R1** (freddo e clima), ad esempio frigoriferi, congelatori, apparecchi per il condizionamento
- **R2** (grandi bianchi), ad esempio lavatrici, lavastoviglie, forni a microonde
- **R3** (TV e monitor), ad esempio vecchi schermi a tubi catodici, moderni schermi a led, al plasma e nuove tecnologie
- **R4** (varie), ad esempio apparecchiature illuminanti, aspirapolvere, ferri da stiro, frullatori, computer (unità centrale, mouse, tastiera), stampanti, fax, telefoni cellulari, apparecchi radio
- **R5** (sorgenti luminose), per esempio lampade che contengono gas (a incandescenza), tubi fluorescenti al neon, lampade a risparmio energetico, a vapori di mercurio, sodio, ioduri

I cittadini possono conferire i loro RAEE alle isole ecologiche e dal 18 giugno 2010 è possibile riconsegnare gratuitamente i rifiuti direttamente al rivenditore all'atto dell'acquisto di una apparecchiatura della medesima tipologia.⁷ Tuttavia, la crescente diffusione di apparecchi elettrici ed elettronici determina un sempre maggior rischio di abbandono nell'ambiente con conseguenze serie di inquinamento del suolo, dell'aria e dell'acqua.

Le attività di trattamento dei RAEE prevedono varie fasi:

- messa in sicurezza o bonifica (asportazione dei componenti pericolosi);
- smontaggio dei sottosistemi e separazione preliminare dei materiali;
- lavorazione meccanica per il recupero dei materiali.

Dal trattamento dei RAEE di tipo R1 e R2 si ricavano ferro, acciaio, alluminio, rame, manganese e diversi

tipi di plastiche e si può arrivare al recupero di materiali pari al 90% dell'intero prodotto. Questi vengono riutilizzati per produrre nuovi manufatti.

Più complesso e particolare è il recupero dei RAEE elettronici: per ogni tonnellata di questi RAEE si stima un recupero di oro che va da 100 a 250 grammi, fino a 750 grammi di argento, 75 grammi di palladio e da 40 a 120 grammi di rame [10]. Nel 2019 il corretto riciclo dei RAEE in Italia, piuttosto limitato, ha avuto un incremento del 10,4% rispetto all'anno precedente e il consorzio ERP Italia si conferma uno dei principali operatori del riciclaggio.

Per comprendere come avviene il recupero dei materiali dei circuiti, ad esempio dei cellulari, si deve tener presente che la produzione di chip, il prodotto delle industrie di semiconduttori che sono alla base di tutti i dispositivi elettronici che usiamo quotidianamente,⁸ avviene solo in parte in Italia e le aziende come Nvidia tendono a esternalizzare il processo di produzione dei loro chip verso altri produttori come, ad esempio, TSMC (Taiwan) o Samsung (Sud Corea). Esiste un made in Italy dei chip, ma è rivolto solo alla produzione di elementi parziali che poi vengono esportati [11]. È il colosso Italo-francese STMicroelectronics, con diversi centri produttivi anche in Italia, che è inserito con i suoi prodotti nella catena produttiva dei chip in Italia, in Europa e altri paesi extraeuropei.

Da segnalare la "guerra" dei microchip che si sta verificando da qualche tempo nel mondo e, in questo ambito, la ricerca di indipendenza di alcuni paesi dalla Cina, da Taiwan e dalla Corea del Sud. Recentemente è il Giappone che, alleandosi con Taiwan, cerca di guadagnare una propria indipendenza nella produzione dei chip [12]. L'Europa cerca di raggiungere la sua indipendenza dai paesi dell'Asia con la STMicroelectronics.

In una recente intervista Jean-Marc Chery, presidente e ceo di STMicroelectronics [13], ha dichiarato "oggi nel nostro settore il gap fra domanda e offerta è stimabile nel 25-30%. È necessario aumentare la capacità produttiva dell'Unione Europea". La STMi-

⁷ La responsabilità dei produttori: la "Direttiva RAEE" è basata sul principio che chi inquina paga. Pertanto, il finanziamento e l'organizzazione della raccolta e del trattamento dei RAEE sono posti sotto responsabilità dei produttori (tutti coloro che immettono per primi il prodotto sul mercato anche se non direttamente produttori) dall'entrata in vigore in Italia del Decreto RAEE l'1 settembre 2007 e in G.U. il 5/11/2007. I Sistemi Collettivi di trattamento dei RAEE (Consorzi) sono distinti per tipologia di RAEE che trattano; ad esempio, Re.Media: Consorzio Trattamento e Riciclo dei RAEE domestici e industriali; Ecolamp: Consorzio per recupero e smaltimento di apparecchiature di illuminazione; Ecodom: Consorzio per recupero e riciclaggio degli elettrodomestici; ecc.

⁸ I chip rappresentano il cuore digitale degli smartphone, dei tablet, dei pc e di tutti i dispositivi "intelligenti" che usiamo. Sono circuiti elettronici particolarmente complessi costituiti da molti transistor che rappresentano l'hardware necessario al funzionamento dei moderni sistemi operativi. Interessante osservare che il numero dei transistor che si riescono ad integrare in un chip raddoppia all'incirca ogni due anni (miniaturizzazione sempre più spinta), ma si troverà pure un limite a questo processo.

croelectronics contava oltre 20.000 addetti, circa metà in Francia e l'altra in Italia e conta nel mondo circa 46.000 addetti. Ora si stanno realizzando nuovi impianti: uno ad Agrate Brianza per la produzione di wafer di silicio i cui addetti saranno presto circa 4000 rispetto agli attuali 2500; ciò consentirà di raddoppiare la produzione di wafer di silicio in Europa nel 2025. Già oggi in Europa realizziamo il 60% della produzione necessaria.

Una delle ragioni della rivoluzione dei semiconduttori è la trasformazione del mondo dell'auto con l'elettrificazione delle motorizzazioni e la digitalizzazione sempre più spinta.⁹ Il Gruppo STMicroelectronics è anche all'avanguardia nella produzione di chip al carburo di silicio, un semiconduttore che consente maggiore efficienza di quelli al silicio. Sempre Jean-Marc Chery ha dichiarato: "È in uno stabilimento di Catania che viene lavorato questo materiale e stiamo espandendo progressivamente la capacità produttiva".

Difficile dire se in questi casi si possa parlare di una circolarità nella produzione dopo il recupero dei materiali dai circuiti elettronici che abbiamo accennato sopra.

Casi particolari: il recupero del litio e delle Terre Rare

Il caso del litio

Il recupero del litio dalle batterie delle macchine elettriche ha una enorme importanza, soprattutto considerando la quantità di batterie che verranno sia prodotte che dismesse nei prossimi anni. Le risorse ottenute dal riciclo non solo potranno essere notevoli per compensare la scarsità crescente di quelle in natura, la vulnerabilità nell'approvvigionamento ed evitare fattori di inquinamento legati al processo di estrazione del litio. Altri elementi che si possono recuperare insieme al litio¹⁰ con il riciclo di queste batterie sono il nichel e il cobalto o l'alluminio e il rame.

L'Europa non è ancora rilevante in termini di riciclo batterie al litio e ancora meno l'Italia: nel periodo 2013-2014 a fronte di 65.000 tonnellate di batterie al litio, ne sono state recuperate in Europa solo 1.900. Attualmente questo gap si è ridotto, ma non supera ancora il 50%. *Sono la Cina e la Corea del sud che hanno riciclato il maggior volume di batterie esauste: nel 2018 sono state riciclate 97.000 tonnellate*

di batterie, di cui 67.000 in Cina, 18.000 in Corea e solo il resto (circa il 13%) in Europa. Si stima che nel 2025 le batterie da riciclare rappresenteranno 800.000 tonnellate di minerali da dover recuperare e si comprende quanto sia impegnativo affrontare il problema.

L'Unione Europea, tuttavia, è al lavoro per sviluppare una filiera interamente dedicata allo smaltimento dei rifiuti delle batterie al litio: questa sfida si tradurrebbe anche in una opportunità per le imprese costruttrici che si occuperebbero direttamente sia dello smaltimento che del riuso dei materiali per nuove batterie da loro prodotte [14]. Dobbiamo tener presente che, oltre ai problemi posti dal recupero del litio delle batterie, ci sono quelli connessi al recupero del nichel e del cobalto delle stesse batterie che hanno caratteristiche fisico-chimiche che richiedono procedure complesse per il loro recupero. I metodi di recupero in corso di studio sono essenzialmente di due tipi: metallurgico e idrometallurgico.

Recentemente un gruppo di ricerca dell'Istituto Chimico del CNR dei composti organometallici del Polo Scientifico di Firenze, in collaborazione con il Cobat [15], ha messo a punto e brevettato un metodo di recupero di metalli, in particolare del litio delle batterie, di tipo idrometallurgico. Precisamente si recupera oltre il 90% del litio con una purezza del 95% per essere impiegato in nuove batterie. Il metodo messo a punto in laboratorio sarà portato a livello semindustriale con un primo impianto di riciclo in corso di realizzazione. La notizia è particolarmente importante per il nostro paese che ancora deve avviarsi su un consistente riciclo del litio.

La tecnologia recente LFP (Flash Battery) non impiega il cobalto presente generalmente nelle batterie al litio e questo permette di ottenere batterie di vita estremamente lunga (oltre 4000 cicli di ricarica) e risulta più facile da riciclare e meno impattante per l'ambiente. La tecnologia LFP è la più sicura e stabile che si possa reperire oggi sul mercato [16].

Il caso delle Terre Rare

Le Terre Rare (Figura 4) com'è noto sono un gruppo di 14 elementi metallici chimicamente molto simili tra loro (hanno tutti la valenza 3) e sono ampiamente utilizzati come acciai speciali in molti oggetti usati nella vita di tutti i giorni (cellulari, dischi rigidi, auto

⁹ In alcuni modelli di auto convivono ormai 1500 diversi microchip, tra microcontrollori, sensori e dispositivi di potenza.

¹⁰ La struttura di una batteria al litio è così fatta: ha un catodo generalmente di Al, un anodo generalmente di rame, un setto separatore degli elettrodi generalmente ceramico, un elettrolita costituito da una soluzione di LiPF₆ che riempie tutta la cella e degli additivi che hanno il compito di facilitare il trasporto degli ioni Li⁺ da un elettrodo all'altro durante i processi di carica e scarica.

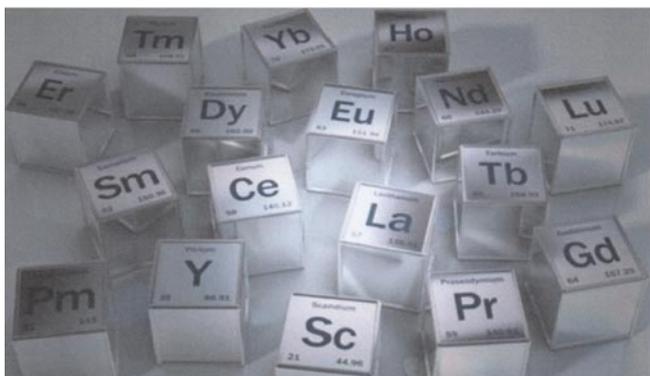


Fig. 4 Le Terre Rare

ibride, ecc.). La produzione di Terre Rare si concentra in pochi paesi e in Europa non c'è alcun impianto produttivo. La grande precarietà del loro approvvigionamento e i costi rapidamente crescenti che mettono a rischio il settore industriale rendono sempre più importante la ricerca di metodi per il loro riciclo: il riciclaggio di materiali rari come il neodimio da prodotti a fine vita è una necessità strategica [17].

Tra gli acciai speciali contenenti Terre Rare particolarmente importanti sono quelli al neodimio-ferroboro (NdFeB) fortemente magnetici che vengono utilizzati in vari campi, specie nei motori ad alte prestazioni delle macchine elettriche.¹¹ Il progetto REMANENCE finanziato dalla UE ha messo a punto una nuova tecnologia per il recupero, in particolare del neodimio, riciclando i magneti NdFeB. Questo offrirà all'Europa una preziosa fonte secondaria di Terre Rare sostenendo la crescita del settore dei magneti speciali.

È importante anche il caso del recupero di lantanio e cerio dai catalizzatori esausti Fluid Catalytic Cracking (FCC)¹² provenienti dall'industria petrolifera (Figura 5). Un team di ricercatori dell'Università dell'Aquila ha sviluppato un procedimento innovativo per il recupero delle Terre Rare presenti nei catalizzatori esausti. Il processo brevettato che prevede lisciviazione e precipitazione dei metalli è in grado di recuperare l'85-90% delle Terre Rare (il precipitato contiene circa il 75% di lantanio e cerio e il 10% di impurezze di vario tipo) [18].

Aspetti economici dell'economia circolare

Oltre ai processi scientifico-tecnologici che abbiamo analizzato sia pure brevemente e che sono necessari



Fig. 5 Una tipica unità di cracking catalitico in una raffineria di petrolio

per dar vita all'economia circolare di diverse filiere di prodotti, c'è anche da tener conto del costo dei processi di riciclo e del prezzo che condiziona la disponibilità delle materie prime. La domanda da porsi è la seguente: è sempre economicamente vantaggioso il costo del processo di riciclaggio? Per la risposta ci vengono in aiuto le considerazioni fatte dall'economista Antonio Massarutto (docente di Economia Applicata all'Università di Udine) in un suo libro [19].

L'autore sostiene, in relazione alla prima fase propria dell'economia circolare, il riciclo dei rifiuti: "Ci sono numerose buone ragioni per ritenere che il riciclo è desiderabile; nessuna, tuttavia, tra quelle esaminate sembra suggerire che ciò vada preso alla lettera, come se il riciclo fosse un obiettivo da perseguire a tutti i costi e a qualsiasi livello ... Il riciclo va incontro a costi crescenti, per intercettare le frazioni via via più difficili, e benefici decrescenti, il che significa che prima o poi ci si dovrà fermare". L'autore ha condotto uno studio che considera l'intero percorso dei materiali, dal momento in cui diventano rifiuti fino a quando sono nuovamente pronti per essere

¹¹ Le calamite al neodimio vengono rivestite da uno strato antiossidante generalmente di nichel senza il quale si "salderebbero" diventando semplice polvere magnetica.

¹² I catalizzatori FCC sono impiegati in uno dei più importanti processi di conversione nelle raffinerie di petrolio. Catalizzano la conversione delle frazioni di idrocarburi ad alto peso molecolare in idrocarburi più leggeri aumentando la resa delle benzine, la frazione più preziosa che si ottiene dalla distillazione frazionata del petrolio.

commercializzati e riutilizzati. Gli scenari presi in esame hanno l'obiettivo di ridurre al minimo i flussi destinati alla discarica e giungono a queste considerazioni (pp. 85-94 del testo citato):

- gli scenari basati sulla raccolta porta a porta competono con quelli dei cassonetti solo se raggiungono livelli di raccolta differenziata superiori al 75%; risultano assai più costosi se le rese sono inferiori; al di sotto del 70% i costi risulterebbero nettamente sfavorevoli a quelli a cassonetto;
- per gli scenari "bilanciati" lo studio mostra che l'opzione migliore per la gestione del rifiuto residuo (indifferenziato) è quella dell'incenerimento diretto;
- gli scenari analizzati comportano un incremento degli obiettivi di riciclo riferito al totale dei rifiuti fino al 60-70%;
- uno studio condotto dalla Commissione Europea si conclude senz'altro a favore di uno scenario basato sul recupero di materiali spinto al massimo (70% di recupero diretto) e incenerimento del restante (pari al 30%).

Non c'è dubbio, dunque, che si debba spingere il riciclo al di là di quanto si fa attualmente nel nostro paese... "anche un'analisi condotta sulla base dei dati di mercato attuali rivela che muoverci in direzione dell'economia circolare è già oggi la cosa giusta da fare".

Se poi si considera che il costo delle materie prime, con cui quelle seconde recuperate dalla gestione dei rifiuti sono in competizione, sta da tempo aumentando anche di molto e, inoltre, tendono ad essere sempre più scarse (ricordiamoci che sono comunque esauribili) e la loro disponibilità è spesso influenzata da fattori politici, *si comprende quanto sia necessario puntare sull'economia circolare, soprattutto per un paese come il nostro.*

Per avere un'idea più precisa di quanto detto, osserviamo che fra la fine del 2020 e la metà del 2021 si è registrato un forte aumento del prezzo delle materie prime e sono ormai frequenti segnalazioni in questo ambito sulla stampa: stanno crescendo alle stelle i prezzi di alcuni metalli e materiali di base per l'industria [20, 21]. Di seguito riportiamo una scheda particolarmente significativa (Scheda 3) che illustra il picco nel costo raggiunto recentemente da alcune importanti materie prime.

Se a questo si aggiunge il forte aumento del costo dell'energia che si sta realizzando proprio in questi mesi, lo scenario che si ha di fronte per l'economia anche del nostro paese appare preoccupante: alcune aziende ricorrono già alla contrazione della produzione (vedi le cartiere) per risparmiare energia.

Scheda 3 - Rincari di alcune materie prime e prodotti energetici*

Materia prima	Periodo	Rincaro
Ferro, acciaio tondo per cemento armato	11/2020 – 7/2021	+ 243,3
Polietilene	11/2020 – 6/2021	+ 100,9
Polietilene LDPE	11/2020 – 6/2021	+ 128,0
Polipropilene	11/2020 – 6/2021	+ 100,5
PVC	11/2020 – 6/2021	+ 73,8
Polistirene	11/2020 – 6/2021	+ 96,7
Rame	11/2020 – 6/2021	+ 38,6
Petrolio	11/2020 – 6/2021	+ 67,5
Bitume	11/2020 – 6/2021	+ 25,2
Cemento	12/2020 – 1/2021	+ 10,0
Legname di conifera	11/2020 – 6/2021	+ 76,3
Gas naturale	11/2020 – 6/2021	+ 113,7

*Il Sole 24 Ore del 31/08/21

Conclusione

A che punto siamo dunque con l'economia circolare nel nostro paese? Secondo il *Rapporto Greenitaly 2021 della fondazione Symbola – Unioncamere l'Italia è leader in Europa per l'economia circolare.*

In base a questo Rapporto il riciclo sulla totalità dei rifiuti raccolti in Italia ha un valore molto superiore a quello della media europea (49%) e degli altri paesi, come Germania, Francia e Regno Unito. Ciò consente un risparmio ogni anno di 23 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio e 63 milioni di tonnellate equivalenti di CO₂ nelle emissioni [22].

Tutto bene allora? Non è proprio così. Dai dati che abbiamo esaminato in precedenza per i diversi settori si ricava quanto segue: nonostante le eccellenze che ci sono in Italia in molti settori dell'economia circolare, c'è ancora da lavorare soprattutto nel settore pubblico (Regioni ed Enti locali) per potenziare e migliorare la raccolta differenziata e il riciclo dei rifiuti, rendendo omogeneamente distribuite in tutto il paese anche le apparecchiature necessarie; e dobbiamo anche ridurre drasticamente l'utilizzo di discariche con una necessaria grossa quantità di investimenti, come abbiamo detto in precedenza.

Si attende una spinta decisiva in questo senso dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) che punta decisamente sulla diffusione dell'economia circolare. Il Piano prevede interventi specifici per l'economia circolare nell'ambito dei 69 miliardi di euro destinati alla transizione ecologica: 1,5 miliardi

verranno impiegati per la realizzazione di impianti (o il loro ammodernamento) per il trattamento e il riciclo dei rifiuti. Rimane solo da sperare che i progetti vedano la loro applicazione.

Da sottolineare infine che far avanzare l'economia circolare vuol dire anche fabbisogno di energia e se questa non viene prodotta in modo sostenibile, ma attraverso i fossili, il problema della sostenibilità dell'economia non si risolve. Tutto risulta interconnesso e l'aver isolato per svilupparlo in particolare il comparto dell'economia circolare (il necessario ricupero di materia) non deve far dimenticare che *la transizione ecologica è una problematica complessa fatta di un intreccio di fattori che devono essere affrontati insieme* [23]. *Il problema prioritario è, però, quello dell'energia, se questa non è progressivamente prodotta con le rinnovabili (WSW) nessun processo produttivo risulterà ecocompatibile. In altre parole, la transizione energetica dai combustibili fossili alle energie rinnovabili è il fulcro dell'economia circolare.*

Oltre a potenziare sempre più un'economia circolare sarà necessario anche far in modo che i prodotti non abbiano più un'obsolescenza programmata: è sempre più necessario far durare tutto di più e riutilizzare anche un vecchio prodotto. È ben noto che la logica produttivistica attuale costruisce un bene programmandone la durata per poter garantire la sua stessa attività in futuro: spesso non si fanno trovare pezzi di ricambio per riparare, ad esempio, un elettrodomestico, scoraggiandone il riuso. ■

Riferimenti e sitografia

- [1] V. De Ceglia, Le discariche, disonore italiano. "Necessari impianti moderni", *la Repubblica A&F*, 6 settembre 2021.
- [2] The European House, "Da Nimby a Pimby. Economia circolare come volano della transizione energetica e sostenibile del Paese e dei suoi territori", 3 settembre 2021, Cernobbio.
- [3] M. Froio, Riciclo rifiuti, gli italiani sul podio e la filiera adesso vale 70 Miliardi, *la Repubblica, A&F*, 27 settembre 2021.
- [4] www.cial.it- (sito del consorzio italiano per il recupero dell'alluminio, 2021).
- [5] www.copperalliance.it (Consorzio italiano per il riciclo del rame).
- [6] M. Froio, Italia leader mondiale nel riuso del legno, *la Repubblica*, 6 settembre 2021.
- [7] www.comieco.org (Consorzio nazionale per il riciclo di carta e cartone)
- [8] www.ecopneus.it, www.ecotyre.it (Consorzi per il recupero di pneumatici fuori uso.)
- [9] <https://wisersociety.it>
- [10] www.ldeegreen.it (Come funziona il riciclo dei RAEE).
- [11] M. Maccari, Il made in Italy dei chip: eccellenze di nicchia in un mercato mondiale, *la Repubblica*, 28 giugno 2021.
- [12] G. Modolo, Alleanza Giappone-Taiwan nella guerra dei microchip, *la Repubblica*, 20 ottobre 2021.
- [13] L. Piana, Per i chip è una tempesta perfetta, nell'UE raddoppiamo la produzione, *la Repubblica, A&F*, 1 novembre 2021.
- [14] HBW – Litium battery revolution, La sfida del riciclo delle batterie al litio, 26 maggio 2021.
- [15] V. Strambi, Scoperta green al CNR "Possiamo ridare vita alle batterie al litio", *la Repubblica*, 28 settembre 2021.
- [16] Flash Battery, Riciclo delle batterie al litio: facciamo chiarezza, 22 dicembre 2020.
- [17] European Commission, Progetto REMANENZA, Nuove tecnologie promuovono il riciclaggio delle Terre Rare, 8 settembre 2021.
- [18] [Knowledgeshare.html](https://www.knowledgeshare.html), Processo per il recupero di Terre Rare.
- [19] A. Massarutto, *Un mondo senza rifiuti?* Il Mulino Ed., 2019.
- [20] M. del Corno, Acciaio, rame e ferro: effetto domino dei rincari. Ora è l'edilizia a chiedere aiuto al governo "Cantieri a rischio stop", *Il Fatto Quotidiano*, 2 giugno 2021.
- [21] M. del Corno, Alluminio sui massimi da 10 anni, previsti ulteriori rialzi nei prossimi mesi. Incognita materie prime sulla ripresa, *Il Fatto Quotidiano*, 1 settembre 2021.
- [22] S. Di Palma, Economia circolare, l'Italia è leader..., *la Repubblica A&F*, 1 novembre 2021.
- [23] F. M. Butera, *Affrontare la complessità per governare la transizione ecologica*, Edizioni Ambiente, 2021.
- [24] G. Viale, *La parola ai rifiuti-Scrittori e letture sull'aldilà delle merci*, Ed. Interno, 2019.

Appendice

Una pennellata storica sul rapporto uomo/rifiuti



Il rapporto uomo-rifiuti ha avuto connotati caratteristici in ciascuna epoca della nostra storia ed è particolarmente interessante quanto hanno scritto alcuni grandi autori della letteratura mondiale. Lo si può ricavare dal libro "La parola ai rifiuti – Scrittori e letture sull'aldilà delle merci" [24].

Ad esempio, Goethe (1749-1832), nel suo "Viaggio in Italia", compiuto tra il 1786 e il 1787, tocca varie città, in particolare Napoli e resta colpito in modo forte dal-

l'allegria, la cordialità, il fatalismo e il ricorso all'arte di arrangiarsi del popolo napoletano.

In particolare, l'autore rimane colpito dalla dimestichezza che questo popolo mostra con il mondo dei rifiuti e con la capacità di trarre da essi tutto quello che si può utilizzare. "Tutta la campagna che circonda Napoli è un solo giardino di ortaggi, ed è un godimento vedere le quantità incredibili di legumi che affluiscono nei giorni di mercato, e come gli uomini si diano da fare a riportare subito nei campi l'eccedenza respinta dai cuochi Lo spettacoloso consumo di verdura fa sì che gran parte dei rifiuti cittadini consista di torsoli e foglie di cavolfiori, broccoli, carciofi, verze, insalata e aglio ... Ragazzi, per lo più assai poveramente vestiti, trovano lavoro trasportando le immondizie fuori città a dorso di mulo i due grossi canestri flessibili che gli asini portano appesi al dorso vengono inzeppati fino all'orlo... Nessun orto può fare a meno dell'asino. Per tutto il giorno un servo, un garzone, a volte il padrone stesso, vanno e vengono senza tregua dalla città, che a ogni ora costituisce una miniera preziosa".

Le forme spontanee di riciclaggio a Napoli non si limitano alla componente organica, "...vi è pure una massa di piccoli rivenduglioli girovaghi che, senza tante cerimonie, offrono in vendita le loro cosucce Non si tratta di merci vere e proprie, ma di autentico ciarpame, non c'è pezzettino inutilizzato di ferro, cuoio, tela, feltro, ecc. che non sia messo in vendita da questi robivecchi e non sia comprato dall'uno o dall'altro".

Insomma, la società napoletana del Settecento aveva organizzato un sistema di riciclaggio pressoché totale dei propri scarti. Un sistema che si è andato perdendo con l'avvento della rivoluzione industriale.

Il problema dei rifiuti nei panorami delle città sconvolte dalla rivoluzione industriale è poi una costante della letteratura dell'Ottocento. Nella secolare convivenza tra uomini e rifiuti, la rivoluzione industriale inserisce un elemento di novità: *i rifiuti si concentrano là dove vivono gli operai, il nuovo proletariato industriale attirato in città dallo sviluppo dirompente del sistema di produzione manifatturiero.*

Contemporaneamente, nei quartieri borghesi di nuova formazione o risanati entravano in funzione nuovi sistemi fognari e *i primi servizi di raccolta e smaltimento dei rifiuti urbani.* Nelle città medioevali le case dei nobili e dei mercanti e artigiani sorgevano vicino a quelle dei lavoratori e dei poveri. Ricchi e poveri vivevano insieme entro la città muraria che proteggeva entrambi.

Gli storici ci dicono che dal Rinascimento in poi si registra in tutta Europa un generale peggioramento della situazione sanitaria delle città. È con la Rivoluzione Industriale che la convivenza con i rifiuti e la sporcizia diventa quasi un marchio della condizione operaia. È stato Friederick Engels a fornire un quadro sintomatico del cambiamento delle città con il suo saggio "La situazione della classe operaia in Inghilterra" (1845). Com'è noto, Engels è stato compagno di militanza politica di Carlo Marx. Engels (1820 - 1895) era figlio

di un industriale tedesco ed era stato mandato dal padre tra il 1842 e il 1844 a Manchester per studiare i sistemi che stavano alla base dei successi della manifattura inglese.

Il saggio di Engels è un'avvincente esplorazione di un mondo allora sconosciuto. Scrive l'autore "La città stessa [Manchester] è costruita in modo singolare e si potrebbe abitarvi per anni ed entrarvi e uscirne senza mai venire a contatto con un quartiere operaio o anche soltanto con operai, almeno fino a quando ci si limita a occuparsi dei propri affari o ad andare a passeggio".

Per scoprire il volto nascosto della città ufficiale bisogna volerlo fare. Ed Engels continua "Ciò deriva dal fatto che ... i quartieri operai sono nettamente separati dai quartieri destinati alla classe media. Ad eccezione del quartiere commerciale, tutta la vera Manchester ... non è che un unico quartiere operaio che, simile a una fascia larga in media un miglio e mezzo, cinge il quartiere commerciale. Fuori, oltre questa fascia, abita la media e alta borghesia ... È la struttura urbanistica della città a svelare il segreto delle due Manchester, ma il più bello in tutto questo è che questi ricchi rappresentanti dell'aristocrazia del denaro possono attraversare i quartieri operai, seguendo la strada più diretta per arrivare ai loro uffici al centro della città, senza neppure accorgersi della miseria che si stende tutto intorno. Infatti, lungo i due lati delle strade principali ... si stendono negozi in fila quasi ininterrotta. È vero che questi negozi hanno pur sempre un qualche legame con i quartieri che si stendono alle loro spalle, ... tuttavia sono pur sempre sufficienti a nascondere ai ricchi signori e alle ricche dame, la miseria e il sudiciume ... Giungendo a LongMilgate dalla Chiesa Vecchia siamo realmente in un quartiere dichiaratamente operaio, poiché anche i negozi e le osterie non si prendono la briga di apparire un po' puliti ... Ma questo non è ancora nulla a paragone delle viuzze e dei cortili che si stendono dietro ed ecco che ci troviamo in mezzo ai rifiuti In basso scorre, o meglio ristagna l'Irk, un corso d'acqua stretto, nerastro, puzzolente, pieno di immondizie e di rifiuti. Con il tempo asciutto sulla riva destra resta una lunga fila di pozzanghere fangose, verdastre, dal cui fondo salgono continuamente alla superficie bolle di gas mefitici, che diffondono un puzzo intollerabile ... In questo tipo di abitato l'igiene urbana è affidata esclusivamente allo scorrimento delle acque. Ma anche queste non possono scorrere perché la rivoluzione industriale le ha imbrigliate... In capo al ponte stanno grandi conerie, più sopra ancora tintorie, mulini per polverizzare ossa e gasometri i cui canali di scolo e rifiuti si riversano tutti nell'Irk, che raccoglie inoltre anche il contenuto delle attigue fognature e latrine. ... Qui lo sfondo è costituito dal cimitero dei poveri e dalle stazioni ferroviarie per Liverpool e Leeds."

