

Capitolo 4. Rifiuti e Riciclaggio



Sommario

§ Introduzione.
Definizione di “rifiuto”.
Classificazione dei rifiuti
§ Riciclaggio.
I prodotti soggetti a riciclo.
Vetro.
Plastica.
Carta e cartoni.
Tessuti e scarpe
Pneumatici.
Acciaio e alluminio
AEE.
§ Smaltimento dei rifiuti
Gli impianti di selezione
Inceneritori generatori di rifiuti.
Il compostaggio
La discarica.
Il Percolato e il Biogas.
Conferimento dei rifiuti in discarica
§ L’impatto dei rifiuti sulla salute umana.
§ Conclusioni.
§ Bibliografia e Sitografia

Introduzione.

Il grande astronomo statunitense Carl Sagan sosteneva che «il nostro pianeta è un granellino solitario nel grande, avvolgente buio cosmico. Nella nostra oscurità, in tutta questa vastità, non c'è nessuna indicazione che possa giungere aiuto da qualche altra parte per salvarci da noi stessi» (C. SAGAN, *Pale Blue Dot: A Vision of the Human Future in Space*, Random House, 1994). Parole forti, che tuttavia invitano a riflettere sullo stato attuale della società industrializzata, nella quale lo sviluppo tecnologico e il progresso scientifico non sempre si conciliano con il rispetto dell'ecosistema e la salvaguardia del benessere dell'uomo.

Nella società odierna si producono rifiuti in grande quantità. Ciò accade perché i consumi sono notevolmente aumentati rispetto ad alcune decine di anni orsono, quando la raccolta differenziata non era praticata né conosciuta e soprattutto non esistevano, se non in minime quantità, molti dei prodotti e degli oggetti presenti oggi in quasi tutte le nostre case. Lo sviluppo tecnologico e scientifico, infatti, sebbene abbia generalmente migliorato le nostre condizioni di vita, d'altra parte ha riempito le discariche di rifiuti pericolosi, il cui impatto sull'ambiente si è rivelato essere molto pesante.

“Salvare l'uomo da se stesso” non è del tutto utopistico ma, per farlo, è indispensabile ridurre la produzione di rifiuti e arginare la loro pericolosità, cercando ogni giorno di adottare uno stile di vita rispettoso dell'ambiente, effettuando la raccolta differenziata, preferendo prodotti con poco imballaggio ed ecocompatibili e riducendo al minimo i comportamenti con un alto impatto ambientale.

Definizione di “rifiuto”.

Secondo la Direttiva n. 2008/98/Ce (19 novembre 2008), la definizione di “rifiuto” si applica a «qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o l'obbligo di disfarsi». Non vengono considerati rifiuti i cosiddetti “sottoprodotti”, ossia i residui ottenuti da un

ciclo produttivo che soddisfano i requisiti elencati nell'art. 184-bis del D.lgs. n. 152/2006:

La sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza o oggetto.

È certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi.

La sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale.

L'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.

Tuttavia, in conseguenza di una determinata lavorazione, un rifiuto può anche cessare di essere considerato tale qualora vengano rispettate le condizioni descritte nell'art. 184-ter del D.lgs. n. 152/2006 e qui di seguito riportate:

La sostanza o l'oggetto è comunemente utilizzato per scopi specifici.

Esiste un mercato o una domanda per tale sostanza o oggetto.

La sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti.

L'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana.

Solitamente, i rifiuti vengono classificati in base alla loro origine: “rifiuti urbani” e rifiuti speciali”, oppure in base alle loro caratteristiche di pericolosità: “rifiuti pericolosi” e “rifiuti non pericolosi”.

Normativa italiana sui rifiuti.

Inizialmente, la gestione dei rifiuti in Italia è stata disciplinata dal D.lgs. n. 22 del 5 febbraio 1997, meglio noto come

Decreto Ronchi. Si trattava di una vera e propria “legge quadro” del settore, emanata in attuazione delle direttive europee: 91/156/Cee sui rifiuti, 91/689/Cee sui rifiuti pericolosi e 94/62/Cee sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio. Il Decreto è entrato in vigore nel marzo del 1997 ma, nel tempo, con l’aggiunta di numerosi e successivi provvedimenti, è divenuto un sistema normativo molto complesso e articolato.

La legislazione mirava a ridurre la produzione di rifiuti e a incentivarne il recupero e il riciclaggio, al fine di salvaguardare al meglio la salute dell'uomo e dell'ambiente.

Inoltre, essa prevedeva una serie di obblighi per i produttori e i detentori di rifiuti e per i soggetti che esercitavano attività professionali attinenti ai rifiuti, tra i quali in particolare: l'obbligo di adottare un formulario di identificazione per il trasporto, l'obbligo di tenere un registro di carico e scarico e quello di compilare il Modello Unico di Dichiarazione ambientale.

Il D.lgs. n. 22 del 5 febbraio 1997 è stato abrogato dall'art. 264 del D.lgs. n. 152 del 3 aprile 2006, al quale furono a sua volta apportate modifiche da parte del D.lgs. n. 205 del 3 dicembre 2010. Quest’ultimo decreto è costituito da 39 articoli e 5 allegati e rappresenta, di fatto, un perfezionamento della “legge quadro” in materia di rifiuti. Il decreto ha accolto e attuato la direttiva 2008/98/CE, la quale aveva introdotto un quadro giuridico unitario per il trattamento dei rifiuti all'interno della Comunità europea, con l’obiettivo di proteggere l’ambiente e la salute umana attraverso la prevenzione degli effetti causati dalla produzione e dalla gestione dei rifiuti, l’ottimizzazione del riciclaggio-recupero e la garanzia del rispetto di rigorosi standard ambientali.

In particolare, le modifiche apportate dal D.lgs. n. 205/2010 riguardano le norme sulla gerarchia dei rifiuti, sulle modalità di raccolta-recupero, sulla nozione di rifiuto, sulle responsabilità e sanzioni. Il provvedimento funge oltretutto

da collegamento tra quanto stabilito dal D.lgs. n. 152/2006 in materia di rifiuti e il SISTRI, il nuovo sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti.

Tra le novità introdotte dal decreto, si segnalano:

La “responsabilità estesa del produttore” (art. 178-bis), affinché tutti coloro che fabbricano, trasformano, trattano, vendono o importano beni siano coinvolti nel rafforzare la prevenzione della produzione di rifiuti e a promuoverne il riciclaggio e il recupero.

Il criterio della “prevenzione” (art. 179), in base al quale le Pubbliche Amministrazioni devono perseguire iniziative rivolte alla prevenzione della produzione di rifiuti al riutilizzo, al riciclaggio”, e al recupero (come, ad esempio, il recupero di energia) e allo smaltimento. Le Pubbliche Amministrazioni devono perseguire anche iniziative atte a favorire la riduzione del volume dei rifiuti da smaltire, in particolare dei rifiuti pericolosi, attraverso la prevenzione e con la promozione dello sviluppo di tecnologie pulite, l'adozione di misure economiche e la promozione delle pratiche di *green public procurement*.

La “preparazione per il riutilizzo” (art. 180-bis e definizione all'art. 183, lettera q), comprende le operazioni di controllo, pulizia, smontaggio e riparazione attraverso cui i prodotti o i componenti dei prodotti diventati rifiuti sono preparati in modo da poter essere reimpiegati senza altro pretrattamento.

Si definisce “riutilizzo” qualsiasi operazione attraverso la quale i prodotti o i componenti che non sono rifiuti vengono reimpiegati per la stessa finalità per la quale erano stati concepiti. Il Ministero dell'Ambiente fornisce un catalogo esemplificativo di prodotti da avviare a riutilizzo e di rifiuti di prodotti da avviare a preparazione per il riutilizzo.

Per favorire principio di prevenzione, L'art. 180 del Codice offre strumenti economici, eco-bilanci e sistemi di certificazione ambientale.

Ai fini di una corretta valutazione dell'impatto di uno specifico prodotto sull'ambiente durante il suo intero ciclo di vita è necessario l'utilizzo delle migliori tecniche disponibili, l'uso di sistemi di qualità

Per “riciclaggio” si intende «qualsiasi operazione di recupero attraverso cui i rifiuti sono trattati per ottenere prodotti, materiali o sostanze da utilizzare per la loro funzione originaria o per altri fini. Include il trattamento di materiale organico, ma non il recupero di energia né il ritrattamento per ottenere materiali da utilizzare quali combustibili o in operazioni di riempimento» (art. 183, lettera u).

Per il riciclaggio-recupero dei rifiuti si pone come obiettivo da raggiungere entro il 2020 quello di aumentare complessivamente almeno del 50% in termini di peso la preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio di rifiuti quali carta, metalli, plastica e vetro provenienti dai nuclei domestici, o di provenienza simile a quella domestica.

Il riciclaggio e altri tipi di recupero di rifiuti da costruzione e demolizione non pericolosi deve essere aumentato almeno del 70% in termini di peso.

In materia di smaltimento finale, la priorità è per quei rifiuti non recuperabili generati nell'ambito di attività di riciclaggio o di recupero.

Si stabilisce, inoltre, il divieto di smaltire i rifiuti urbani non pericolosi in regioni diverse da quelle dove gli stessi sono prodotti, fatta eccezione per eventuali accordi regionali o internazionali.

Infine, vengono introdotti i principi di “autosufficienza” e di “prossimità”, in base ai quali lo smaltimento dei rifiuti e il recupero dei rifiuti urbani non differenziati sono realizzati attraverso una idonea rete di impianti, con le migliori tecniche disponibili e il miglior rapporto tra costi e benefici, al fine di realizzare l'autosufficienza nello smaltimento dei rifiuti urbani non pericolosi e del loro trattamento in ambiti territoriali ottimali, e con l'utilizzo di metodi e tecnologie

più idonei a garantire un alto grado di protezione dell'ambiente e della salute pubblica.

Per l'avvio dei rifiuti a recupero e/o smaltimento, il produttore è libero di scegliere se farlo ogni tre mesi dalla produzione oppure entro un anno (se le quantità depositate raggiungono in totale 30 metri cubi, di cui al massimo 10 metri cubi di rifiuti pericolosi). La rimozione è annuale anche se non si raggiungono questi limiti.

Il Sottoprodotto

Si definisce quindi “sottoprodotto” qualsiasi sostanza che presenti contemporaneamente alcune caratteristiche:

la sostanza deve essere originata da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante e il cui scopo primario non sia la produzione di tale sostanza ;

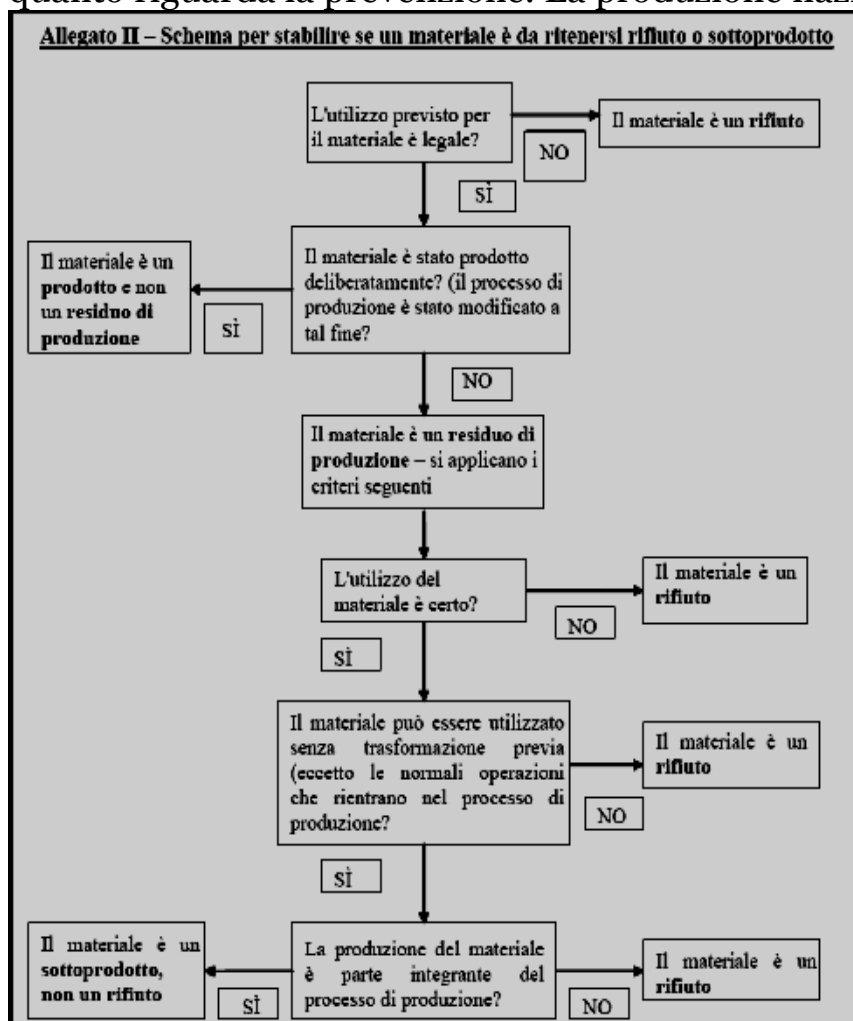
la sostanza deve essere riutilizzata nel corso di un successivo processo di produzione o anche di utilizzazione da parte del produttore o di terzi;

la sostanza deve essere adoperata senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale; infine, è necessario che l'ulteriore utilizzo sia legale, ossia che la sostanza soddisfi tutti i requisiti riguardanti i prodotti e non porti a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana

Confronto tra la produzione di rifiuti in Italia e nel resto d'Europa.

Per quanto concerne il riciclaggio da raccolta differenziata, l'Italia sta tuttora cercando di recuperare i ritardi del passato, mentre lo stesso discorso non può essere fatto per

quanto riguarda la prevenzione. La produzione nazionale di



rifiuti urbani si è attestata nel 2010 a circa 32,5 milioni di tonnellate, con una crescita dell'1,1% rispetto al 2009.

Dal 2000 al 2009 la produzione italiana di rifiuti è aumentata del 6%, nel resto dell'Europa, invece è diminuita del 2% con punte del 9% in Germania e nel Regno Unito. In questi Paesi, la riduzione dei rifiuti è stata una sfida affrontata energicamente ed efficacemente dai Governi e non la si è considerata affatto come una questione che riguarda unicamente gli ambientalisti.

In Italia, Legambiente promuove annualmente campagne di sensibilizzazione della popolazione, nella speranza di riuscire a raggiungere anche nel nostro Paese gli stessi

risultati di riduzione dei rifiuti ottenuti altrove. L'ISPRA ha presentato a Roma uno dei suoi Report d'eccellenza, il Rapporto Rifiuti Urbani edizione 2012.

Se si osserva la situazione dell'Unione Europea, si nota che i 27 Stati membri hanno prodotto, nel corso del 2010, circa 252,5 milioni di tonnellate di rifiuti urbani, ossia 2,7 milioni di tonnellate (pari all'1,1%) in meno rispetto all'anno precedente. Si conferma, dunque, il *trend* generale iniziato nel 2008, che sta portando alla diminuzione della produzione di rifiuti urbani.

I valori della produzione pro-capite dei rifiuti urbani mostrano una notevole eterogeneità: si passa da 304 kg/abitante per anno in Lettonia a 760 kg/abitante per anno a Cipro (dato che si spiega con la considerevole componente di popolazione fluttuante legata ai flussi turistici).

Il valore pro capite riferito ai 27 stati della UE (UE 27) è di 503 kg/abitante per anno (-1,4% rispetto al 2009). Dall'analisi dei dati emerge una netta differenza tra i "vecchi" Stati membri (UE 15) e i "nuovi" (ossia i 12 Stati entrati a far parte dell'Unione a partire dal 2004), con questi ultimi caratterizzati da valori di produzione pro capite decisamente più contenuti rispetto ai primi (352 e 542 kg/abitante per anno rispettivamente per i nuovi e i vecchi Stati membri).

Sempre per il 2010, i dati relativi alla gestione delineano il seguente quadro: circa il 38% dei rifiuti urbani gestiti nei 27 Stati membri è smaltito in discarica; circa il 22% è avviato ad incenerimento, mentre circa il 25% e circa il 15% sono, rispettivamente, avviati a riciclaggio e compostaggio (includendo in quest'ultima voce anche le quantità avviate al trattamento anaerobico della frazione biodegradabile).

Per contro, la produzione dei rifiuti urbani in Italia è cresciuta, tra il 2009 e il 2010, dell'1,1% circa, attestandosi a poco meno di 32,5 milioni di tonnellate; una crescita che ha interessato tutte le macro-aree geografiche (+1,9% circa per il Centro, +1,3% circa per il Nord e +0,4% circa per il Sud) e che rappresenta un'inversione di tendenza rispetto all'anno

precedente, in cui si era rilevata una contrazione della produzione dei rifiuti urbani (-1,1% rispetto al 2008). Tale dato risulta essere tuttavia coerente con il *trend* degli indicatori socio-economici: tra il 2009 e il 2010, infatti, l'incremento della produzione dei rifiuti urbani, rilevato su scala nazionale, si è accompagnato a un aumento sia del PIL (+1,3%), sia delle spese delle famiglie (+1%).

Nel 2010, il *trend* di crescita della raccolta differenziata ha raggiunto il 35,3% della produzione totale dei rifiuti urbani, a fronte del 33,6% circa del 2009.

Il totale dei rifiuti urbani raccolti in modo differenziato si attesta, nel 2010, a oltre 11,4 milioni di tonnellate. L'obiettivo prefissato dalla normativa per il 31 dicembre 2006 (35%) è stato dunque conseguito con quattro anni di ritardo; nel 2012 appaiono ancora distanti i *target* relativi al 2009 (50%) e al 2011 (60%) e molto più quelli fissati per il 2007 (40%) e il 2008 (45%).

Lo stato della raccolta differenziata risulta, al 2010, notevolmente diversificato per macro-area geografica: il Nord, infatti, pur non avendo raggiunto l'obiettivo fissato dalla normativa per l'anno 2009, si colloca, per il 2010, ad una percentuale pari al 49,1%; mentre il Centro e il Sud si attestano a tassi pari, rispettivamente, al 27,1% e al 21,2%.

In termini quantitativi, si rileva che tra il 2009 ed il 2010 vi è stato nel Nord un incremento del +3,5%, nel Mezzogiorno un incremento del +11,9% nel Centro in incremento del +11,1%.

Tali incrementi portano il valore della raccolta differenziata delle regioni settentrionali a poco meno di 7,3 milioni di tonnellate, e quelli del Sud e del Centro rispettivamente a quasi 2,2 milioni di tonnellate e poco meno di 2 milioni di tonnellate di raccolta differenziata.

Le Regioni capofila nella differenziata risultano essere, per l'anno 2010, il Veneto e il Trentino Alto Adige, con tassi pari al 58,7% e al 57,9%.

Nel Centro, la regione Marche fa registrare un consistente incremento (9,5 punti), raggiungendo una percentuale del 39,2%, la Toscana si attesta al 36,6% (35,2% nel 2009), l'Umbria sfiora il 32%, mentre nel Lazio si osserva una

percentuale del 16,5%. Al Sud, oltre al rilevante progresso della Sardegna (dal 19,8% del 2006 al 44,9% del 2010), si è registrata un'ulteriore crescita per la Campania, la cui percentuale di raccolta differenziata si attesta, nel 2010, al 32,7% circa (29,3% nel 2009 e 19% nel 2008).

Pur se in lieve aumento, la percentuale di raccolta differenziata della Sicilia risulta ancora inferiore al 10% (9,4%, per l'esattezza). Verona, tra le città con più di 200 mila abitanti, vince tra le province con i maggiori livelli di raccolta differenziata, con una percentuale pari al 47,6%, seguita da Torino con il 42,6% circa. Genova e Roma superano la soglia del 20% con percentuali pari, rispettivamente, al 26,2% e 21,1%. Palermo, Catania e Messina, invece, si attestano, nel 2010, al di sotto del 10% della raccolta differenziata, con tassi pari rispettivamente al 7,4%, 5,6% e 3,8%.

Nel 2010, i rifiuti complessivamente inviati a incenerimento negli impianti autorizzati al trattamento di Rifiuti Urbani (RU), frazione secca e CDR (Combustibile Derivato dai Rifiuti), ammontano a 5,2 milioni di tonnellate, di cui 3 milioni di RU indifferenziati, circa 1,3 milioni di tonnellate di frazione secca da trattamento meccanico biologico e circa 903 mila tonnellate di CDR.

Gli impianti operativi sono 50, la maggior parte dei quali è ubicata nel Nord Italia (56%), in particolare in Lombardia ed Emilia Romagna (rispettivamente 13 e 8 impianti). Nel Centro operano 13 impianti, di cui 8 in Toscana, 4 nel Lazio e 1 nelle Marche. Gli altri 9 impianti sono localizzati in Campania (1), Puglia (2), Basilicata (1), Calabria (1), Sicilia (1) e Sardegna (2). Gli impianti di incenerimento dotati di sistemi di recupero energetico elettrico hanno trattato oltre 3,4 milioni di tonnellate di rifiuti, recuperando circa 2,2 milioni di MWh di energia elettrica. Gli impianti dotati di cicli cogenerativi per la produzione di energia sia elettrica che termica hanno trattato 2,2 milioni di tonnellate di rifiuti con un recupero di oltre 1,5 milioni di MWh di energia elettrica e 1,2 mila MWh di energia termica. La discarica si conferma quindi come la forma più diffusa di

smaltimento dei rifiuti urbani, nonostante sia l'opzione meno adeguata dal punto di vista ambientale.

Nel 2010 sono state smaltite in discarica 15 milioni di tonnellate di rifiuti, pari al 46% di quelli complessivamente prodotti. Rispetto al 2009, si rileva una riduzione del 3,4% (pari a 523 mila tonnellate) che interessa tutte le aree del Paese e, in particolare, il Nord (-4,7%) e il Centro (-4,2%); nel Sud si rileva invece una flessione del 2,1%.

Vi sono state riduzioni dello smaltimento in discarica in tutte le regioni, ad eccezione della Lombardia (+15%), del Trentino Alto Adige (+11%), dell'Umbria (+23%), della Basilicata (+4%) e della Sicilia (+3%). La Lombardia, nonostante l'incremento rilevato, è la regione con la quota più bassa di rifiuti urbani smaltiti in discarica (pari all'8% del totale prodotto). Ottimi risultati, in termini di riduzione dello smaltimento, sono stati raggiunti in Friuli Venezia Giulia (15% dei rifiuti prodotti), in Veneto (19%), in Emilia Romagna e in Trentino Alto Adige (29%).

Nelle regioni del Centro-Sud, in molti casi, la discarica rappresenta ancora la forma di gestione prevalente. Si registrano percentuali al di sotto del 50% solamente in Toscana (43%), in Campania (48%) e in Sardegna (41%). In Sicilia (93%), Molise (84%) e Basilicata (83%) il ricorso allo smaltimento in discarica rimane ancora la forma prioritaria di gestione dei rifiuti. In Campania, grazie all'incremento della raccolta differenziata (+ 32,7% nel 2010) e all'entrata in funzione, a pieno regime, dell'inceneritore di Acerra, per la prima volta, negli ultimi dieci anni, tutti i rifiuti prodotti sono stati destinati a impianti di trattamento senza il ricorso allo stoccaggio delle ecoballe che, nell'anno di riferimento, ha interessato solo 9 mila tonnellate. Il Lazio, con oltre 2,5 milioni di tonnellate di rifiuti, rappresenta la regione che smaltisce in discarica la maggiore quantità di rifiuti urbani. La provincia di Roma smaltisce quasi 1,9 milioni di tonnellate di rifiuti, di cui oltre 1,3 milioni nel solo Comune di Roma.

Diminuisce di 18 unità il numero delle discariche che hanno smaltito RU, che passano dalle 229 del 2009 alle 211 del

2010. Di queste, 85 sono localizzate al Nord, 46 al Centro ed 80 al Sud.

Quanto costa agli italiani gestire i rifiuti urbani?

Si calcola che nel 2009 il costo sia stato in media di 143,94 € a persona. Nei Comuni con più di 50 mila abitanti si paga di più, circa 162,71 € pro capite, mentre nei piccoli centri al di sotto dei 5 mila abitanti si spendono normalmente 106,40 € a persona. Il costo di gestione del servizio di igiene urbana è cresciuto del 4,1% rispetto al 2008.

In termini percentuali, sul costo totale per abitante (€/abitante) il costo per lo spazzamento e il lavaggio (CSL) incide del 15,2%, il costo della raccolta indifferenziata (CRT) incide del 43,4% e il costo della raccolta differenziata (CRD) incide del 21,2%.

I costi specifici di gestione per ogni kg di rifiuto ammontano a 18,4 € per la gestione dei rifiuti indifferenziati e a 15,1 € per la gestione della frazione differenziata. Se si considerano anche gli altri costi associati al servizio di igiene urbana, il costo per kg finisce per ammontare a 26,6 €.

La percentuale di copertura dei costi di gestione del servizio di igiene urbana con i proventi derivanti dalla tassa per lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani è passata dall'83,9% del 2001 al 92,4% del 2009. Questi dati, come si è già detto, sono relativi all'anno 2010 ma, volendo azzardare una previsione, la riduzione della produzione di rifiuti urbani, in Italia come in Europa, subirà necessariamente nei prossimi anni un calo fisiologico, dovuto alla crisi economica che stiamo vivendo a livello mondiale, per quanto sarebbe preferibile poter ascrivere tale calo non a motivi economici ma alla sensibilità e al comportamento virtuoso di ogni singolo cittadino.

Classificazione dei rifiuti.

I parametri individuali dei rifiuti sono numerosi e numerose risultano essere le classificazioni che possono derivarne a seconda del riferimento prescelto (stato fisico, composizione qualitativa e merceologica, origine, corretta gestione).

Come già anticipato, in base all'art. 184, comma 1, del D.lgs. n. 152/2006, i rifiuti si distinguono:

• :

Secondo l'origine in	
Rifiuti urbani	Rifiuti speciali
Secondo le caratteristiche di pericolosità in	
Rifiuti non pericolosi	Rifiuti pericolosi

Rifiuti solidi urbani: sono costituiti da tutte quelle sostanze, parzialmente consumate o utilizzate, residue dalle varie attività urbane. Possono distinguersi in rifiuti di origine domestica e in rifiuti di origine stradale. I rifiuti domestici sono costituiti dalla spazzatura degli ambienti, da rifiuti alimentari, da vetri, carta, stracci, materie plastiche e scatolame. I rifiuti stradali sono ordinariamente costituiti da elementi minerali, da rifiuti vegetali e animali.

La composizione dei rifiuti urbani è molto eterogenea e incide sulle modalità di raccolta e sul potere calorico del rifiuto che viene condizionato dall'economia della zona di provenienza ed è variabile in base alle diverse aree geografiche.

Rifiuti speciali comprendono la vasta categoria dei rifiuti industriali, artigianali, agricoli e commerciali.

In aggiunta sono considerati rifiuti speciali:

I rifiuti composti da materiali da costruzione, demolizione e scavo.

I veicoli e i macchinari obsoleti.

I rifiuti prodotti da ospedali e case di cura.

I residui derivanti dal trattamento di rifiuti solidi urbani (scorie di incenerimento, residui degli impianti di riciclaggio) e dal trattamento delle acque reflue civili (materiale grigliato e fanghi di risulta).

Rifiuti pericolosi comprendono quei rifiuti che rappresentano un rischio immediato o nel lungo termine per la salute dell'uomo e la vita animale e vegetale.

Si tratta in prevalenza di rifiuti di origine industriale, i quali mostrano una o più delle seguenti caratteristiche:

- Infiammabilità (formazione di fiamma a bassa temperatura).
- Tossicità/nocività/irritabilità (rischi per la salute acuti o cronici, conseguenti ad ingestione, inalazione, penetrazione dermica).
- Corrosività (distruzione di tessuti vivi).
- Cancerogenicità (malformazioni cancerose).
- Teratogenicità (malformazioni congenite, non ereditarie).
- Mutagenicità (difetti genetici ereditari).
- Infettabilità (malattie all'uomo ed altri organismi viventi a causa di microrganismi contenuti nel rifiuto).
- Reattività (sviluppo di calore, gas tossici o altri prodotti pericolosi, a seguito di contatto con acqua, aria, altri rifiuti).
- Esplosività (possibilità di esplosione per effetto di fiamme, urti, attriti).



Rifiuti tossici: sono quei materiali di scarto che possono causare danni o morte agli esseri viventi o che possono mettere a rischio l'ambiente circostante. Generalmente si tratta di prodotti di provenienza industriale e commerciale, ma può

trattarsi anche di prodotti provenienti da uso domestico (prodotti delle pulizie, batterie, cosmetici, prodotti di giardinaggio), dall'agricoltura (fertilizzanti chimici, pesticidi), dall'ambito militare (armi nucleari e chimiche), dai servizi medici (prodotti farmaceutici), da fonti radioattive o dall'industria leggera (impianti di lavaggio a secco). Possono presentarsi in forma liquida, solida o come liquame e contenere agenti chimici, metalli pesanti, radioisotopi e altre tossine. Si diffondono facilmente e possono contaminare laghi, fiumi e falde acquifere. Si considerano nocivi i sottoprodotti tossici dell'industria, dell'agricoltura, dei sistemi di depurazione urbani, dell'edilizia, dei garage per veicoli, dei laboratori, degli ospedali e di altre industrie.

Anche un appartamento privato produce fattori inquinanti nocivi quali, ad esempio, batterie usate, componenti di vecchi computer e avanzi di vernici o pesticidi. Questi fattori inquinanti possono trovarsi ovunque: sottoterra, nei corsi d'acqua, nelle falde da cui si attinge l'acqua potabile e nelle acque limacciose delle esondazioni e nuocciono alla salute di uomini, animali e piante. Alcune tossine, come il mercurio, non si degradano e si accumulano nell'ambiente e spesso uomini e animali le assimilano mangiando pesce.

Generalmente, le discariche per rifiuti tossici stoccano le scorie in container sigillati e interrati. Rifiuti contenenti sostanze che pongono minori rischi di fughe, come il piombo, vengono sotterrati in fosse che, una volta colme, sono ricoperte ermeticamente da uno strato di argilla dura. Le comunità sono libere di riconvertire questi siti in campi da golf e parchi verdi o di classificarli come *brownfields*, vale a dire aree dismesse riqualificabili, ottime per usi commerciali e industriali.

Il recupero di materiale da rifiuti.

Le attività di recupero di materiale da rifiuti si distinguono in: attività di recupero, di riutilizzo e di riciclaggio. Si parla di riutilizzo quando un oggetto recuperato è reimpiegato con la stessa funzione originaria. Si parla invece di riciclaggio quando i materiali sono riutilizzati nella fase di manifattura

dei prodotti, ma con funzioni anche diverse da quella originaria

Riciclaggio

Con la definizione “riciclaggio dei rifiuti” si intende l'insieme di strategie volte a recuperare materiali utili dai rifiuti per riutilizzarli anziché smaltirli. Possono essere riciclate materie prime, semilavorati o materie di scarto derivanti dai processi di lavorazione, da comunità di ogni genere (città, organizzazioni, villaggi turistici, eccetera) o da altri enti che producono materie di scarto che andrebbero altrimenti sprecate o gettate come rifiuti. Il riciclaggio previene lo spreco di materiali potenzialmente utili, riduce il consumo di materie prime e l'utilizzo di energia e, conseguentemente, l'emissione di gas serra.

Il concetto di riciclaggio è stato mutuato dalla natura: l'energia solare organizza gli ecosistemi e mette in movimento i circuiti dell'acqua, delle rocce, delle sostanze nutrienti e della biomassa, tra di loro interconnessi. La natura non produce nulla che non contenga in sé il principio di una successiva decomposizione, che rimetta in circolo la materia, riutilizzata per altre costruzioni. La macchina della civiltà moderna funziona invece in modo sensibilmente diverso, ossia per catene non chiuse, ma aperte. L'uomo estrae dalla natura le materie prime, le lavora per fabbricare prodotti finiti, che diventano beni di consumo e successivamente vengono gettati come rifiuti.

Questi, nella migliore delle ipotesi, vengono accantonati, più di frequente vengono disperse nell'ambiente diventando fonte di inquinamento, che solo in parte potrà essere gradualmente neutralizzati.

Le operazioni di recupero dei rifiuti si dividono in due settori ben distinti:

Microriciclaggio.

Macroriciclaggio.

Il microriciclaggio è l'insieme delle operazioni che interessano i residui di produzione e lavorazione. Presso le industrie di base, le materie prime estratte dall'ambiente (come, ad esempio, legno, petrolio, silicati, minerali di ferro e di metalli non ferrosi) vengono trasformate in prodotti

semilavorati (come carta in rotoli, materie plastiche in grani, vetro in lastre, profilati e laminati di acciaio e di metalli non ferrosi), ma non ancora pronti per il consumo. I residui di queste produzioni possono essere spesso riciclati immediatamente, in pratica senza problemi di trasporto. Gli inglesi indicano tali residui con il nome di *home scrap*, per evidenziarne l'origine all'interno dello stesso stabilimento industriale nel quale vengono riutilizzati. Dalle industrie di produzione i materiali passano a quelle di lavorazione, ossia alle industrie manifatturiere, dalle quali escono i beni di consumo. Anche tali industrie generano residui, che possono essere raccolti e inviati in tempi abbastanza brevi alle industrie di base (*prompt scrap*).

Dunque, le operazioni che interessano i residui di produzione e lavorazione vengono definite di microriciclaggio e coinvolgono essenzialmente l'organizzazione industriale, con l'eventuale ausilio delle strutture commerciali. I residui industriali sono spiccatamente omogenei nella loro composizione e ciò favorisce le operazioni di riciclaggio. Il quadro cambia radicalmente quando si passa al settore di consumo, poiché i singoli beni di consumo sono in sé delle strutture relativamente omogenee e ordinate, con un basso grado di entropia, spesso inferiore a quello delle materie prime, e quando, dopo l'uso, vengono gettati dal detentore come rifiuti, passano in uno stato di disordine più o meno accentuato. Infatti, i diversi rifiuti vengono mescolati tra loro e diffusi nell'ambiente: sono rifiuti urbani ordinari, ovvero ingombranti (ad esempio, elettrodomestici usati), o particolari (come pneumatici usati e carcasse di autoveicoli). Questa situazione rende molto difficile il recupero, pertanto bisogna fare riferimento a un'organizzazione molto più complessa di quella che si occupa dei residui industriali e ricorrere quindi all'ente pubblico, quantomeno per necessità di regolamentazione. È questo il settore del macroriciclaggio, nettamente distinto da quello del microriciclaggio, non solo e non tanto per la differente lunghezza del percorso compiuto dai rifiuti recuperati, quanto soprattutto per la diversa natura dei problemi da affrontare.

I prodotti soggetti a riciclo.

- *Vetro*

Il vetro, come è noto, è un materiale ottenuto tramite la solidificazione di un liquido non accompagnata da cristallizzazione. I vetri sono quindi solidi amorfi, assimilabili a liquidi sottoraffreddati a elevatissima viscosità, con i legami intermolecolari e gli attriti interni che ne mantengono inalterata la forma per un tempo lunghissimo.

In linea teorica, i vetri potrebbero essere ottenuti a partire da qualunque liquido, attraverso un rapido raffreddamento che non dia alle strutture cristalline il tempo di formarsi. Nella pratica, hanno la possibilità di solidificare sotto forma di vetro solo i materiali che abbiano una velocità di cristallizzazione molto lenta, come ad esempio l'ossido di silicio (SiO_2), il diossido di germanio (GeO_2), l'anidride borica (B_2O_3), l'anidride fosforica (P_2O_5) e l'anidride arsenica (As_2O_5).

Caratteristiche del vetro
<i>Bassi valori di elasticità</i> con conseguente notevole fragilità. Nei vetri normali, nessuna deformazione prima della frattura
<i>Elevata trasparenza</i> (la trasmissione della luce dipende in modo sensibile dalla lunghezza dell'onda incidente) e durezza (5-7 nella scala di Mohs).
<i>Resistenza agli agenti chimici</i> , con l'esclusione dell'acido fluoridrico che aggredisce la silice (la corrosione in presenza di acidi è di 0,05 mm/anno e di 0,3 mm/anno in presenza di basi).
<i>Indice di rifrazione compreso tra 1,5 e 1,8</i> con specifici valori per ogni tipo di vetro.
<i>Resistenza a riscaldamenti uniformi e gradualmente</i> (coefficiente di dilatazione termica compreso tra $5-100 \times 10^{-7}$ e resistenza agli sbalzi termici inversamente proporzionale al coefficiente di dilatazione).
<i>Caratteristiche di bassa conducibilità elettrica</i> (alta

resistività elettrica superficiale, fino a 10 alla 17 ohm/cm ² , che ne fa un buon prodotto isolante; nel vetro in silice, la conducibilità termica è di 1,3 W/m°C).
<i>Densità in funzione della composizione: da 2,2 g/cm³ per i vetri al silice a 4,8 per quelli al piombo.</i>
<i>Costante dielettrica relativa pari a 8 nei vetri comuni ed inversamente proporzionale alla temperatura.</i>

Il recupero del vetro

Il momento più importante della catena del recupero e del riciclaggio del vetro è costituito dalla raccolta effettuata dai cittadini, dai commercianti e dai ristoratori. Il sistema più conosciuto è l'impiego della campana verde di capacità da 2 a 3 m³, che viene dislocata in diversi punti della città e in cui, attraverso appositi fori calibrati, vengono inserite le bottiglie vuote.

Altro sistema usato è la raccolta "porta a porta", una tecnica di gestione dei rifiuti che prevede il periodico ritiro del rifiuto urbano presso il domicilio dell'utenza che lo ha prodotto. Sono state sperimentate anche delle campane bicolore, che presentano due scomparti separati in cui inserire rispettivamente il vetro bianco e il vetro colorato. I contenitori devono essere posizionati su aree asfaltate o cementate, in luoghi accessibili, eventualmente dotati di parcheggio per le autovetture e di appositi cestini porta-rifiuti dove depositare sacchetti e buste utilizzati per il trasporto del vetro.

Per lo svuotamento dei contenitori, solitamente viene impiegato un automezzo con cassone a cielo aperto con volume pari a circa 30m³ e capacità di carico di circa 11 tonnellate, munito di gru e braccio per il sollevamento, possibilmente dotato di un sistema automatico di pesatura del contenuto. La frequenza dello svuotamento deve essere regolare, in modo da evitare l'accumulo di materiale depositato all'esterno delle campane. Il personale impegnato si limita a un solo addetto, che provvede alla guida dell'automezzo e all'operazione di svuotamento.

Per quanto riguarda il trattamento del vetro, la prima lavorazione consiste in una cernita manuale, volta a eliminare i corpi estranei di grosse dimensioni attraverso un nastro trasportatore che provvede a caricare il materiale da trattare.

Successivamente, il vetro viene vagliato e suddiviso in 2 o 3 frazioni, che vengono sottoposte a una nuova cernita manuale per rimuovere frammenti di ceramica o porcellana, pietre, corpi metallici, plastica, eccetera.

C'è poi la fase della frantumazione delle frazioni grossolane su impianti che devono operare senza produrre eccessive quantità di polvere di vetro e garantendo la completa assenza di frammenti di grosse dimensioni. Quindi, il materiale viene trattato con elettrocalamite e/o con magneti al neodimio, per rimuovere i corpi magnetici presenti.

Un'ulteriore selezione del rottame, tramite aspirazione, allontana i corpi leggeri (carta, alluminio, legno e simili) che vengono raccolti a parte. Il materiale viene poi ulteriormente selezionato da macchine automatiche, che individuano e scartano i corpi metallici non ferrosi (alluminio, piombo, rame) e i corpi opachi presenti, consentendo quindi lo scarto di prodotti non fusibili quali ceramica, porcellana, sassi, e così via.

L'ultima fase del processo è una definitiva cernita manuale per eliminare i piccoli residui di ceramica, pietre e metalli sfuggiti alle precedenti operazioni. Gli impianti tecnicamente più avanzati possiedono apparecchiature in grado di individuare i corpi opachi, al fine di migliorare ulteriormente la qualità del vetro trattato.

Prima di essere inviato alle vetrerie per la fusione, il vetro subisce una fase di lavaggio.

- *Plastica.*

La plastica è una sostanza che ha la proprietà di ammorbidirsi con il calore, in modo da potersi adattare a uno stampo del quale, indurendosi, assume la forma. È costituita da polimeri, di composti chimici diversissimi, a volte mescolati tra loro, derivanti dalla lavorazione di oli

minerali. I materiali di partenza sono il petrolio, il metano e il carbone che, come è noto, comportano pesanti costi di estrazione, trasporto, lavorazione, nonché di inquinamento, con un'inevitabile forte impatto ambientale. Esistono molti tipi di plastica, diversi tra loro per aspetto esteriore, caratteristiche e destinazione d'uso, ma tutti ampiamente utilizzati perché resistenti, leggeri, lavabili, economici e facilmente riproducibili in serie e, soprattutto, funzionali alla conservazione dei cibi.

Le materie plastiche più diffuse sul mercato
<i>PE, polietilene.</i> A seconda di come avviene il processo di lavorazione, si presenta sotto forma di sacchetti, bottiglie e flaconi per detersivi, giocattoli, pellicole e altri imballi.
<i>PP, polipropilene,</i> utilizzato in svariati modi: oggetti per l'arredamento, contenitori per alimenti, flaconi per detersivi e prodotti per l'igiene personale, moquette o mobili da giardino.
<i>PVC, cloruro di polivinile,</i> impiegato per la produzione delle vaschette per le uova, film e tubi. Lo si trova anche tra i muri di casa, nelle porte, nelle finestre o nelle piastrelle e nella veste di carte di credito.
<i>PET, polietilentereftalato.</i> Oltre che trasformarsi in fibre sintetiche e nastro per cassette, è utilizzato soprattutto per le bottiglie per bibite e acqua minerale
<i>PS, polistirene.</i> Conosciuto come polistirolo, si trasforma in vaschette per alimenti, posate, piatti, tappi

Le numerose e particolari caratteristiche della plastica rendono questo materiale molto adatto per il contenimento e il trasporto dei prodotti alimentari, nonché dei liquidi non commestibili. Il 90% dei contenitori di prodotti liquidi per la pulizia della casa e per l'igiene personale sono, infatti, proprio di plastica. La plastica incide ormai sensibilmente sul nostro vivere quotidiano e, grazie alla sua versatilità in termini di linea e colore, ha sicuramente avuto un ruolo importante nell'evoluzione del nostro gusto rispetto alla forma e al design. Nei rifiuti urbani e assimilati figurano

ogni anno circa 5 milioni di tonnellate di materie plastiche, il 40% delle quali è costituito da imballaggi.

L'utilizzo sempre più massiccio delle materie plastiche, in tutti i settori, determina una produzione di rifiuti sempre più imponente e di difficile – se non impossibile – smaltimento con i sistemi tradizionali, come le discariche. Per risolvere tale problema si è adottata la tecnica della raccolta differenziata, agevolata dalla progressiva sensibilizzazione sul fattore ambiente, dalla reale opportunità di fare impresa nell'ambito del riciclaggio e dalle risorse stanziare dagli enti statali e dalle comunità.

La plastica e l'ambiente.

La plastica è un prodotto sintetico moderno e come tale non può essere decomposta dalla natura, poiché nessun batterio è capace di elaborare un enzima che metabolizzi tale materiale. Una volta dispersi nell'ambiente, soprattutto quello marino, i rifiuti di plastica possono rimanere intatti per centinaia di anni. Si stima che gli agglomerati di rifiuti nell'oceano Atlantico e Pacifico siano nell'ordine dei 100 Mt, di cui l'80% è costituito da plastica. I residui di plastica che vanno a depositarsi sui fondali marini portano gravi conseguenze agli animali che li abitano, poiché questi vi possono rimanere impigliati oppure, ingerendoli accidentalmente, possono morire soffocati o subire una contaminazione della catena alimentare. I frammenti di plastica combinati con le sostanze organiche inquinanti persistenti (ad esempio pesticidi come il DDT e i policlorobifenili) si accumulano nei tessuti epidermici con effetti potenzialmente cancerogeni e mutageni, arrecando conseguenze dannose sia per la salute animale sia per quella umana.

Riciclaggio della plastica.

La raccolta differenziata delle materie plastiche riguarda in particolare gli imballaggi, che costituiscono una percentuale rilevante della plastica contenuta nei rifiuti urbani (oltre il 50%).

Se in principio la raccolta interessava quasi esclusivamente le bottiglie e i flaconi, ora vengono riciclati anche gli imballaggi in plastica utilizzati per gli alimenti (sacchetti, scatole, vaschette e pellicole per imballaggi). La prima fase del riciclaggio di tale materiale consiste nella raccolta differenziata; in seguito, la plastica viene portata negli impianti di prima selezione e trattamento, dove viene separata da altre frazioni e impurità, quindi suddivisa per tipologia di polimero. In particolare si selezionano PET e PE a bassa e alta intensità.

Il procedimento di riciclaggio delle materie plastiche può essere:

Meccanico, che dà origine a scaglie o granuli che verranno utilizzati per la produzione di nuovi oggetti. Il materiale ottenuto è tanto migliore quanto più la plastica di partenza è omogenea. È il procedimento più comune.

Chimico, mirante a spezzare le catene di polimeri e ottenere i monomeri di partenza. Si tratta però di un procedimento ancora in fase di sperimentazione.

Se attraverso il riciclaggio si originano diverse tipologie omogenee di plastica, avremo una “materia prima secondaria” con caratteristiche tecniche e chimiche molto simili a quella iniziale. Alcuni esempi di prodotti sono:

PET riciclato: nuovi contenitori (non alimentari), fibre per imbottiture, maglioni, "pile", moquette, interni per auto, lastre per imballaggi vari;

PVC riciclato: tubi, scarichi per l'acqua piovana, raccordi, passacavi, prodotti per il settore edile;

PE riciclato: contenitori per detersivi, tappi, film per i sacchi della spazzatura, pellicole per imballaggi, casalinghi.

Se il trattamento deriva da vari tipi di plastica non omogenei, si ottiene la **PLASTICA RICICLATA ETEROGENEA** (o **PLASMIX**), impiegata ad esempio per la produzione di panchine, parchi giochi, recinzioni, arredi per la città o cartellonistica stradale. La plastica non avviata al recupero può essere destinata alla termovalorizzazione, sfruttando la possibilità di recupero energetico. Se

sottoposta invece a un apposito trattamento, può dare origine a combustibili alternativi, utilizzabili nei forni dei cementifici o per la produzione di energia termoelettrica.

Plastica biodegradabile.

La plastica biodegradabile, detta anche plastica vegetale o bioplastica, è fatta con sostanze vegetali, quali ad esempio la fecola o le bucce di patate, amido di mais, zucchero, grano, eccetera. Il tempo di decomposizione è di qualche mese in compostaggio (contro i 1000 anni richiesti dalle materie plastiche sintetiche derivate dal petrolio) e ha il pregio di non rendere sterile il terreno sul quale viene depositata. La bioplastica, dopo l'uso, consente di ricavare concime fertilizzante dai prodotti realizzati, come biopiatti, biobicchieri, bioposate, e di impiegarlo per l'agricoltura. Il corretto trattamento delle plastiche biodegradabili comprende sia la decomposizione aerobica, in presenza di ossigeno (ad esempio il compostaggio), o la decomposizione anaerobica, in assenza di ossigeno, (processo utilizzato per produrre il biogas). Si raccomanda di non gettare i prodotti in plastica biodegradabile insieme agli altri imballaggi in plastica, in quanto sono due tipologie di materiale diverse e potrebbero creare problemi se riciclate insieme. Nonostante le plastiche biodegradabili finiscano con il decomporsi in ambiente naturale e nel lungo termine non rappresentino una reale minaccia, è consigliabile smaltirle insieme ai rifiuti organici.

- *Carta e cartoni.*

La carta e il cartone sono prodotti familiari con i quali ognuno di noi viene a contatto più volte al giorno nell'ambito della vita in casa e al lavoro, nelle ore dedicate allo svago, all'informazione e allo studio, ogni qualvolta c'è da conservare, proteggere, trasportare beni di consumo - durevoli e non - e in tante altre occasioni. In Italia, il tasso di riciclo annuale degli imballaggi di carta e cartone è più che raddoppiato negli ultimi 13 anni, mentre oltre il 50% della carta da macero mondiale viene indirizzata verso i mercati asiatici, specialmente verso la Cina. Una tonnellata

di carta riciclata consente di risparmiare (rispetto alla carta vergine) il taglio di ventiquattro alberi, il consumo di 4.100 kWh di energia e di 26 metri cubi di acqua e le emissioni di 27 Kg di CO₂.

Con l'avvio del sistema di raccolta e riciclo dei rifiuti di imballaggio, la carta e il cartone provenienti dalla raccolta differenziata confluiscono nelle "piattaforme", presenti oggi in tutte le regioni d'Italia. In tali impianti si procede a una prima cernita dei materiali e alla eliminazione di tutti i materiali non cellulósici presenti: vetro, plastica, metalli vari, eccetera.

Nelle piattaforme si producono grandi balle di carta da macero pressata, che successivamente vengono portate alle cartiere dove, macerate in quantità differenti a fibre vergini, danno origine a una pasta omogenea da utilizzare per produrre nuovamente carte e cartoni per i più diversi utilizzi, che poi saranno raccolti e selezionati e nuovamente riciclati. Il recupero della carta da macero è strutturato secondo le seguenti fasi di lavorazione:

Spappolamento: la carta da macero viene messa in un contenitore o vascone pieno di acqua e, attraverso l'azione meccanica di pale rotanti, si ottiene la rottura dei legami esistenti tra le fibre. Sul fondo del vascone è situata una griglia attraverso la quale passano le fibre, che vengono ulteriormente ridotte. Successivamente, avviene l'eliminazione dei corpi estranei o delle impurità presenti nel macero, mediante l'utilizzo di macchine setacciatrici con maglie fino a 0,25 mm. Altre sostanze presenti nella carta, quali inchiostro, collanti, accoppiati vari, vengono disciolte o separate con l'ausilio eventualmente di additivi chimici o mediante vapore.

Cernita in sospensione acquosa.

Centrifugazione.

Vagliatura.

Da quest'ultima fase viene separato un rifiuto, denominato "scarto di *pulper*", che ammonta a circa il 5% in secco della carta da macero impiegata. Una volta prodotta la pasta proveniente dalla carta da macero, il ciclo di produzione prosegue in modo analogo a quello che impiega le materie

prime naturali. Al fine di migliorarne le caratteristiche o conferire particolari proprietà (maggiore resistenza e colore), alla pasta vengono aggiunti additivi come sostanze aggreganti collose, coloranti, eccetera. Per ottenere una carta chiara da utilizzare per la scrittura, si può effettuare anche un trattamento di sbiancatura. Per la carta da macero stampata avviene un pretrattamento di de-inchiostrazione, effettuato in due stadi, al fine di ottenere carta di qualità migliore. Successivamente alla fase di de-inchiostrazione, il materiale viene inserito in un secondo cilindro ispessitore e poi inviato alla fase di miscelazione con gli altri materiali costituenti l'impasto.

Il riciclaggio dei cartoni per bevande.

Gli imballaggi in poliaccoppiato (CA-ALL-PE) vengono recuperati o smaltiti in uno dei seguenti modi:

Riciclo meccanico.

Incenerimento con recupero energetico (i cartoni hanno un alto contenuto di energia che li rende particolarmente adatti all'incenerimento con recupero energetico).

Incenerimento senza recupero energetico.

Compostaggio (la cellulosa).

Discarica controllata (i cartoni piegati o triturati occupano pochissimo spazio nelle discariche).

I fattori che influenzano il recupero e il riciclaggio dei cartoni per bevande sono diversi. Tra questi vanno ricordati i sistemi di raccolta differenziata congiunta o selettiva. Con la raccolta congiunta, essi possono finire direttamente nel flusso del macero, non presentando problemi nel riciclo della parte cellulosa durante il processo delle comuni cartiere. Nella raccolta differenziata multimateriale, invece, i cartoni passano per un centro di selezione, dove possono essere divisi e portati al riciclo attraverso una buona logistica che li consegna ai riciclatori.

I cartoni per bevande sono riciclati prevalentemente attraverso la separazione dei materiali componenti con un metodo di recupero della cellulosa, al fine di produrre altra carta e cartone. I cartoni possono essere recuperati anche senza separazione dei componenti con un metodo di pressatura a

caldo (pannelli rigidi con componenti di polietilene, alluminio e carta). I cartoni per bevande vengono pressati in balle e spediti ai riciclatori. Il riciclo delle fibre di cellulosa inizia con lo spappolamento in acqua dei cartoni per bevande all'interno di un impastatore idraulico (*pulper*). L'aggiunta di componenti chimici può aumentare il pH del composto: ciò dilata le fibre, abbrevia il tempo di recupero e riduce i consumi di energia. La chiave per un impasto idraulico ottimale dai cartoni per bevande è un'efficace rimozione dei materiali non fibra: strati di alluminio e polietilene, inchiostri, impurità quali fanghi, sabbia, trucioli metallici e altri contaminanti.

Una linea per il recupero delle fibre di cellulosa da cartoni dovrebbe essere così composta:

Impastatore idraulico (*pulper*).

Sistema di filtrazione per alluminio e polietilene.

Sistema di vagliatura grossolana e fine.

Depuratore a centrifuga (elimina piccoli contaminanti ad alta intensità).

Unità di dispersione (elimina costantemente tutti i contaminanti).

Dopo 20-50 minuti di mescolamento, avviene la delaminazione e gli strati di alluminio e polietilene vengono rimossi, lasciando le fibre sotto forma di pasta, pronte per essere trasformate in nuovi prodotti cartacei.

Il recupero energetico da cartoni per bevande

I contenitori in poliaccoppiato garantiscono una combustione pulita all'interno degli inceneritori e sono ricchi di energia; inoltre, sono costituiti principalmente da materie prime rinnovabili (come la cellulosa) o comunque abbondanti sul pianeta (come l'alluminio). Un imballaggio da 1 litro produce energia sufficiente a tenere accesa una lampadina elettrica da 60 W per un'ora e mezza, 1 tonnellata di cartoni per bevande produce tanta energia quanto mezza tonnellata di carbone. I cartoni sono un combustibile ad alto valore calorifico e a combustione pulita. La presenza di cartoni negli RSU aiuta quindi a bruciare in modo più efficiente e perfino più pulito.

Applicazioni della carta e dei cartoni riciclati.

Molteplici sono le applicazioni della carta e del cartone riciclati, da quelle più tradizionali degli imballaggi, delle carte grafiche (carte per stampa e fotocopie, giornali, articoli per cancelleria) e delle carte igienico-sanitarie (carte per usi domestici e industriali, carta igienica, tovaglioli, fazzoletti) all'arredamento (librerie, tavoli, cassettiere, sedie), ai suoi complementi (cestini, lampade, orologi), all'arte, all'artigianato e all'edilizia (materiali isolanti, pannelli alveolari, intonaci e finiture).

- *Tessuti e scarpe.*

Di antichissimo impiego, i materiali tessili sono ancora oggi caratterizzati da trattamenti e lavorazioni di stampo tradizionale. Nonostante ciò, lo sviluppo di nuove tecnologie e i progressi della chimica hanno apportato nel tempo una serie di importanti cambiamenti. Attualmente, infatti, appartengono a questa categoria una grande quantità di materie che comprendono: fibre naturali (lana, cotone, seta, lino, canapa, cashmere), fibre artificiali (viscosa, acetato) e fibre sintetiche (materiali plastici come poliestere, nylon, acrilico). Il recupero delle materie tessili, oltre a rappresentare un importante fattore economico e strategico per l'approvvigionamento delle materie secondarie per i settori produttivi, si presenta anche come un importante alleato per l'abbattimento dell'impatto ambientale nel settore industriale.

Raccolta e Riciclo.

I capi di abbigliamento in generale, grazie a particolari circuiti legati alle associazioni di volontariato, vengono reimpiegati (se in buone condizioni) distribuendoli nei paesi poveri del terzo mondo o in situazioni di particolare bisogno. I tessuti, una volta raccolti e inviati ai centri di trattamento, subiscono vari passaggi che prevedono la cernita, il lavaggio e l'igienizzazione dei materiali. Tali attività hanno una grande importanza, in quanto gli abiti ancora buoni verranno utilizzati di nuovo come capi d'abbigliamento ed è

quindi indispensabile che siano puliti e in ottimo stato. I materiali troppo rovinati, sporchi o vecchi, vengono macinati e inviati ad appositi stabilimenti, che si occupano del loro riutilizzo producendo manufatti di tipo isolante o fonoassorbente per l'edilizia. Una parte delle stoffe (come tendaggi o simili), dopo essere stata lavata e igienizzata, viene ridotta in pezzi di varie dimensioni e venduta alle industrie sotto forma di stracci per la pulizia dei macchinari. Nel caso dei prodotti in pelle, esiste come nel caso precedente una fase di cernita e reimpiego di tipo sociale sia in Italia che all'estero. Inoltre, attraverso appositi impianti di triturazione e macinazione, dai prodotti in pelle si ottiene la materia prima per l'industria della fabbricazione del linoleum e di altri prodotti simili.

Applicazioni.

I materiali tessili riciclati trovano impiego in moltissimi settori: ad esempio, vengono utilizzati per la produzione di articoli per la pulizia, per la realizzazione di moquette e tappeti, come imbottitura di mobili e materassi o per la realizzazione di pannelli isolanti ad uso edile. Dalle fibre rigenerate vengono poi realizzati una serie di semilavorati, come filati per tessitura o maglieria, tessuti per abbigliamento o per impieghi tecnici e industriali (geotessili e tessuti per arredamento, calzature o per usi agricoli) e tessuti non tessuti, come ovatte e feltri.

- *Pneumatici.*

Lo smaltimento degli pneumatici fuori uso rappresenta un problema ambientale di dimensioni notevoli, considerata l'enorme mole di ingombro che comporterebbe nelle discariche e tutti i problemi connessi di scarsa biodegradabilità, facilità di combustione, ristagno d'acqua con proliferazione di insetti e rischio di infezioni. Infatti, le gomme sintetiche (elastomeri), che costituiscono i materiali con cui sono fatti gli pneumatici, sono progettate per avere la maggior durata possibile. Per questo stesso motivo, gli elastomeri possiedono anche un'elevata

resistenza all'azione dei microrganismi, che impiegano perciò più di un secolo prima di riuscire a distruggerli.

Riciclaggio e smaltimento degli pneumatici.

Il riciclaggio e il trattamento degli pneumatici dipendono non solo da fattori tecnici, quali la composizione e le proprietà generali degli pneumatici stessi, ma anche dalle politiche nazionali.

Attualmente risultano esservi circa 2,5 milioni di tonnellate all'anno di pneumatici in Europa. Questi vengono utilizzati come aggiunta al combustibile nei cementifici e nelle centrali elettriche. Negli ultimi anni, lo smaltimento e il recupero dei rifiuti in gomma – costituiti per la maggior parte da pneumatici fuori uso, derivanti sia dalla periodica sostituzione degli pneumatici usurati che dalla rottamazione degli autoveicoli e, in minor misura, dagli scarti dell'industria della gomma e dalla ricostruzione di pneumatici usati – ha suscitato crescente interesse, in quanto lo smaltimento in discarica controllata può dar luogo a effetti nocivi, contribuendo alla possibilità di sviluppo di incendi e a instabilità meccanica all'interno della massa di rifiuti stoccata, a causa delle cavità del pneumatico e della sua elasticità. Senza contare il fatto che si tratta di una perdita di risorse, essendo la gomma un materiale recuperabile sia sotto forma di materia che di energia.

Grazie a dei procedimenti industriali di taglio e granulazione degli pneumatici, è possibile separarne le diverse componenti (gomma, acciaio e fibra) ottenendo un materiale utilizzabile in molteplici maniere: mattonelle, pannelli fonoassorbenti, superfici sportive, soles per calzature, ruote per carrelli, pavimentazioni stradali, componenti per automobili e numerosi altri. La gomma viene generalmente recuperata attraverso uno dei seguenti processi:

Ricostruzione, che avviene mediante la triturazione del rifiuto in gomma che viene ridotto nella granulometria idonea a consentirne il reimpiego della miscela utilizzata per la produzione dei manufatti. Le tecnologie più utilizzate sono

la triturazione meccanica, i processi criogenici, i processi elettrotermici, la triturazione meccanica.

Pirolisi, che consiste in una degradazione termica in atmosfera inerte, ottenuta mediante riscaldamento indiretto, in seguito al quale i pneumatici subiscono un cracking termico a temperature sui 500/600 °C, scindendosi in una componente solida (char), una parte liquida (oli) e una gassosa (syngas), in parte condensabile. Il residuo carbonioso della frazione gassosa, quando le caratteristiche lo permettono, può essere riutilizzato direttamente come combustibile in luogo del carbone, o sottoposto a ulteriore processo di gassificazione per la produzione di gas combustibile, ovvero destinato alla produzione di carboni attivi per depurazione acque reflue o fumi.

Incenerimento con recupero energetico o termovalorizzazione, in cui, con i metodi elettrotermici, lo pneumatico viene ridotto in pezzatura grossolana e introdotto in un forno verticale a induzione elettromagnetica. Sottoposta al campo elettromagnetico la parte metallica dello pneumatico si riscalda rapidamente fino a temperature di circa 700 °C; la gomma a tale temperatura carbonizza all'interfaccia e il metallo si distacca dalla gomma. Nella parte bassa del forno vengono raccolti separatamente il materiale metallico, la gomma inalterata e la gomma carbonizzata. La gomma, preventivamente triturata, mediante i processi di devulcanizzazione e rigenerazione, viene riportata a una struttura chimica vicina a quella dell'elastomero di partenza, in maniera tale da permetterne l'aggiunta alle normali mescole.

Riciclo meccanico.

Applicazioni.

La gomma degli pneumatici arrivati a fine vita, una volta ridotta in granuli e polverini di dimensioni anche inferiori al millimetro, può essere utilizzata in tantissime vantaggiose applicazioni. Ad esempio, può essere aggiunta agli asfalti per realizzare strade più silenziose e durevoli, per fare dei pavimenti anti-trauma per i parchi giochi dei bambini o come intaso dei campi da calcio in erba sintetica. Può

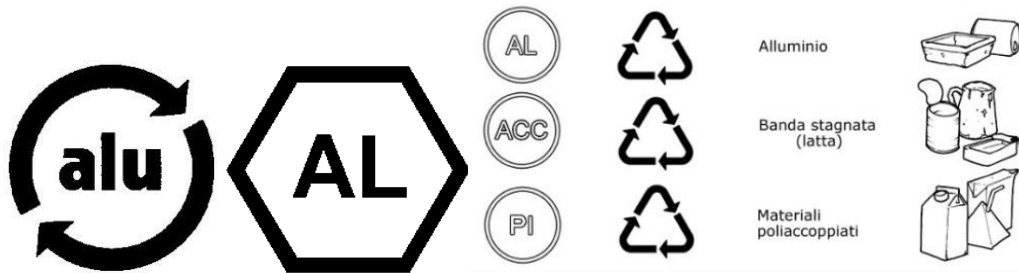
diventare materiale insonorizzante per le nostre case o rivestire la segnaletica stradale. Diversi quindi sono i settori in cui si utilizza questo materiale (dall'edilizia all'ingegneria, dall'arredo stradale allo sport) e tutto ciò va a beneficio dell'ambiente, dell'economia e di tutta la collettività.

- *Acciaio e alluminio.*

L'alluminio è un elemento molto comune ed è il più giovane tra i metalli d'uso industriale. In natura si trova combinato ad altri elementi, principalmente all'ossigeno, ma il minerale nel quale si trova in maggior concentrazione è la bauxite. La lega di alluminio pesa un terzo del ferro e ha le stesse qualità dell'acciaio per quanto concerne la resistenza alla corrosione (è quindi igienico e duraturo).

Riciclare alluminio permette un risparmio del 95% dell'energia richiesta per produrre alluminio partendo dalla materia prima; l'elettricità risparmiata con il recupero di una sola lattina è sufficiente a far funzionare un televisore per tre ore. Tra gli oggetti in alluminio abbiamo le lattine per le bevande che sono contrassegnate con un simbolo di riciclo (vedi figura): queste possono essere buttate nella raccolta differenziata dei ferrosi o delle lattine. Vanno annoverati come oggetti in alluminio anche i contenitori della schiuma da barba e i piccoli oggetti di casa di uso comune, come i film di carta stagnola, le chiusure per lo yogurt, le teglie per budini (monouso), le vaschette per alimenti (sempre monouso).

L'alluminio per poter essere riciclato deve essere "non contaminato". I corpi estranei come metalli, sostanze sintetiche o sporchie ne rendono più difficile e più costoso il riutilizzo. Non sono adatte al riciclo le confezioni in cui l'alluminio è accoppiato ad altre sostanze, come per esempio le confezioni del latte e delle minestre preconfezionate. L'alluminio viene riciclato per fusione in fornaci a riverbero che utilizzano olio combustibile o gas naturale.



L'acciaio è una lega a base di ferro, la cui caratteristica principale è la totale riciclabilità. Infatti, il 40% della produzione mondiale di acciaio si basa su materiali di riciclo (rottami di ferro). La raccolta differenziata rappresenta un notevole risparmio di materie prime, ma costituisce anche un vantaggio economico per le discariche principali. Gli imballaggi in acciaio di piccole dimensioni di uso domestico sono barattoli, scatolette e bombolette; quelli derivati invece da attività industriali sono fustini, secchielli (per il confezionamento di vernici, pitture, smalti e oli) e fusti di grandi dimensioni (che vengono destinati ai settori petrolifero, chimico, petrolchimico, edile e alimentare). Mediamente il 66% in peso di un'automobile è composto da acciaio e ferro. Il 25% dell'acciaio è derivante da riciclo. Dopo il ritiro dei rottami di ferro, per esempio degli imballaggi d'acciaio, il materiale viene preparato per il riciclo. I rottami ferrosi vengono puliti, frantumati e separati dallo stagno e nelle acciaierie o nelle fonderie essi vengono rifusi e trasformati in nuovo acciaio.



L'acciaio e l'alluminio sono riciclabili al 100% e all'infinito, senza alcuna perdita di qualità. In Italia, il loro riciclo è garantito da due consorzi: il CIAL (per l'alluminio) e il CNA (per l'acciaio).

- *AEE.*

Negli ultimi anni, la vendita di AEE (Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche) sta conoscendo uno sviluppo sempre più elevato, sospinta dalla corsa ormai inarrestabile della nuova tecnologia. Le famiglie sono sempre più disposte a riservare una quota sempre più alta del loro reddito per l'acquisto di prodotti *hi-tech* di ultima generazione. Di conseguenza, l'aumento della quantità di rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) induce a considerare metodi di minimizzazione dell'impatto ambientale, sia quantitativo che qualitativo, generato da tali rifiuti. Dal momento che questa tipologia di rifiuti rappresenta contemporaneamente una fonte di inquinamento e una risorsa di materiali, si pone la necessità di integrare, nella loro gestione, gli aspetti ambientali con gli aspetti economici. Ciò è dovuto alla presenza, in tali prodotti, di materiali utili e recuperabili per usi successivi, nonché di sostanze altamente inquinanti che rappresentano un rischio per l'ambiente e la salute. I RAEE, fino ad oggi, non sono sempre stati sottoposti alle corrette attività di recupero e smaltimento, una volta giunti a fine vita. La presenza di materiali pregiati ne ha sempre stimolato il facile recupero, ma senza le più elementari misure di sicurezza. Inoltre, la presenza di sostanze altamente pericolose rende questo rifiuto un potenziale elemento di danno sia per l'ambiente che per la salute umana. Con l'avvio del Nuovo Sistema di Gestione definito dal D.lgs. n. 151/2005, i RAEE giunti al termine del loro utilizzo non potranno più finire in discarica, ma dovranno essere recuperati e riutilizzati. Ai Sistemi Collettivi è affidato il compito di recuperare tutti i RAEE raccolti dalle piazzole ecologiche comunali e dalla distribuzione.

Secondo la Direttiva 2002/95 CE/ *Restriction of Hazardous Substances Directive*, nei RAEE sono presenti i seguenti materiali tossici e nocivi:

Piombo.

Mercurio.

Cadmio.

Cromo esavalente (Cromo VI).

Etere di difenile polibromurato (PBDE).

Le concentrazioni massime di tutti questi elementi sono pari allo 0,1% (tranne il cadmio che è limitato allo 0,01%) del peso di materiale omogeneo. Ciò significa che i limiti non si applicano al peso del prodotto finito o a un componente, ma a tutta la sostanza, che potrebbe essere separata meccanicamente.

Fasi della gestione dei RAEE.

Tutti processi di trattamento dei RAEE possono essere suddivisi in tre fasi principali, che descrivono i flussi fisici dei beni attraverso i punti fondamentali del sistema.

Ricevimento e Raccolta. La raccolta dei RAEE è una fase molto delicata, che deve essere eseguita in modo da garantire l'integrità del bene dismesso durante la raccolta e il trasporto dello stesso fino al punto in cui dovrà essere smaltito. In questa fase i rifiuti in ingresso al centro di smaltimento vengono sottoposti a controllo radiometrico (obbligatorio per legge), per verificare l'eventuale presenza di componenti radioattive.

Pretrattamento e messa in sicurezza dei materiali. Consiste nell'asportazione di parti mobili dalle apparecchiature e nella contemporanea eventuale rimozione dei materiali classificati come pericolosi (ad esempio CFC dai circuiti, CFC dall'olio, interruttori con sostanze pericolose, condensatori, tubi catodici, schede elettriche/elettroniche). Devono essere inoltre asportate in questa fase le sostanze facilmente infiammabili eventualmente presenti.

Smontaggio e recupero del componente. Tale fase prevede una serie di operazioni che comportano lo smontaggio del bene nelle sue singole componenti, in modo da facilitare i processi di recupero e riutilizzo come MPS. Richiede, rispetto alle altre fasi, un maggior apporto di lavoro manuale, con l'ausilio di personale altamente specializzato. Il contributo di procedure automatizzate non può essere spinto oltre certi limiti, se non a discapito della flessibilità dell'operazione.

Il riciclaggio dei RAEE prevede tre fasi:

La frantumazione e la selezione dei materiali da avviare al recupero. Questa fase è caratterizzata da un'elevata automatizzazione e un alto contenuto tecnologico, che si traduce in maggiori potenzialità di recupero e ridottissimo impatto ambientale, in quanto tutti i processi automatici possono essere effettuati in un ambiente controllato.

Il recupero di materiale ed energia. I materiali selezionati, se rispettano determinate caratteristiche fisico-chimiche, vengono reintrodotti nei cicli produttivi. Per quei materiali il cui riutilizzo non è possibile, la legge prevede il recupero di energia mediante termovalorizzazione.

Lo smaltimento. La frazione residuale di rifiuto che non può essere né riutilizzata né valorizzata energeticamente, viene avviata allo smaltimento previa inertizzazione delle eventuali sostanze pericolose presenti.

La gestione del RAEE in Italia.

La corretta gestione dei rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche, in Italia, ha consentito di recuperare 46.468 tonnellate di ferro, 1.722 tonnellate di alluminio, 1.328 tonnellate di rame e 5.892 tonnellate di plastica, evitando l'emissione in atmosfera di oltre 1.200.000 tonnellate di CO₂.

Tale impresa è stata resa possibile grazie alla corretta gestione dei rifiuti RAEE operata dal Consorzio Italiano per il Recupero e il Riciclaggio degli Elettrodomestici, che nel corso del 2012 ha raccolto circa 71.800 tonnellate di rifiuti RAEE tra frigoriferi, condizionatori, scaldacqua, lavatrici, lavastoviglie, forni e cappe. I metalli recuperati dalla gestione dei rifiuti RAEE (ferro, alluminio, rame e plastica) hanno consentito un risparmio energetico di circa 134.000.000 kWh di energia elettrica, rispetto a quanto necessario per ottenere le stesse quantità di materie prime vergini. In testa alla graduatoria delle regioni più virtuose sia per l'anno 2012 che per il 2011, in base ai RAEE gestiti dal Consorzio Italiano per il Recupero e il Riciclaggio degli Elettrodomestici, figura la Lombardia, subito seguita dal Veneto e dalla Sicilia. All'ottavo posto della classifica c'è la Campania e all'ultimo posto il Molise. Se nella classifica

una regione occupa una posizione bassa, ciò non vuol dire che smaltisca male i rifiuti RAEE, bensì potrebbe non produrli affatto: i volumi di vendita di nuove apparecchiature elettriche sono infatti calati a causa del protrarsi della crisi economica e, per giunta, la classifica non tiene conto della densità della popolazione e delle loro abitudini, ma semplicemente della quantità di rifiuti RAEE raccolti (che per la Lombardia ammonta a 12.250 tonnellate e per il Veneto a 7.323 tonnellate). Bisogna anche considerare i Consorzi, i gruppi e le aziende che gestiscono i rifiuti RAEE: vi sono infatti soggetti diversi dai Sistemi Collettivi istituiti dai Produttori di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche ed è il caso di quelle aziende che raccolgono rifiuti elettronici per accumulare le materie prime pregiate in essi contenute. I rifiuti raccolti da Ecodom (Consorzio Italiano per il Recupero e il Riciclaggio degli Elettrodomestici) rappresentano solo il 30% di tutti i RAEE gestiti in Italia. I rifiuti RAEE gestiti in Italia nel 2012 ammontano a un totale di circa 167.533 tonnellate.

Smaltimento dei Rifiuti

La realizzazione e l'esercizio delle opere finalizzate al trattamento e allo smaltimento dei rifiuti incontrano spesso notevoli difficoltà, non tanto per la risoluzione dei problemi tecnico-economici quanto, piuttosto, per l'ostilità delle comunità interessate ad accettare le opere stesse. Tale situazione ha di frequente vanificato la realizzazione di progetti finalizzati alla raccolta e allo smaltimento dei rifiuti, soprattutto per il timore, in parte giustificato, che tali interventi, ove mal condotti, potessero avere un effetto negativo sulla salute pubblica per effetto della concentrazione in pochi punti di sostanze inquinanti che, senza tali opere, avrebbero avuto minore impatto se disperse su di un'area più vasta.

In relazione a tali considerazioni, appare ancora molto aperta la disputa fra gli assertori dell'opportunità di concentrare gli interventi, che in tal modo godrebbero di una maggiore economicità e consentirebbero l'adozione di più sofisticati

sistemi di automazione e controllo, e chi invece promuove la soluzione opposta, ovvero il frazionamento degli interventi su tutto il territorio, realizzando progetti a scala più bassa caratterizzati da un minore impatto sul territorio di competenza.

In ogni caso, il rischio è che interventi errati comportino danni rilevanti in termini di inquinamento e salute pubblica a fronte di finalità diametralmente opposte.

Soluzioni generalizzabili a ogni tipo di impianto non esistono, ma è buona norma limitare i pericoli di impatto negativo sul territorio con il porre particolare cura sia nella fase di pianificazione che di realizzazione delle opere in progetto e con il fare grande attenzione nelle successive fasi di gestione ed esercizio ordinario e straordinario.

Senza considerare i sistemi ancora in fase di sperimentazione, i metodi di smaltimento adottati e regolamentati in Italia sono:

Riciclaggio.

Incenerimento.

Compostaggio.

Discarica.

Le prime tre rappresentano delle forme di recupero che si attuano per recuperare materia o energia. È bene sottolineare che, mentre la discarica controllata è un intervento autosufficiente e non richiede ulteriori sistemi per il definitivo smaltimento del rifiuto, tutti gli altri sistemi necessitano dell'integrazione di discariche controllate, al fine di eliminare la frazione residua di rifiuto (sovvalli e rigetti) e per sopperire a eventuali periodi di sospensione, programmata o straordinaria, dei cicli di trasformazione.

Gli impianti di selezione.

Negli ultimi anni, la sensibilità crescente verso lo sviluppo di raccolte differenziate ha portato a un sostanziale incremento della raccolta mirata al recupero e al riciclaggio, favorendo l'utilizzazione di diversi sistemi sia a monte (con la raccolta differenziata per materia, effettuata

in genere con cassonetti e bidoni, ma anche con sistemi porta a porta) sia a valle (con la creazione di impianti di separazione tra i materiali e di selezione e pretrattamento dei singoli materiali).

Anche se la raccolta differenziata a monte è generalmente una precondizione utile a garantire la buona qualità dei materiali raccolti, spesso è comunque necessario trattare gli specifici materiali per eliminare i residui presenti anche nelle migliori raccolte differenziate. Sono molto utili, quando non addirittura necessari, gli impianti di pretrattamento dei materiali raccolti, per poterli consegnare alla fase del riciclaggio con le specifiche qualitative richieste. Se invece la raccolta differenziata non avviene a monte per singoli materiali bensì parzialmente (ad esempio con il multimateriale o con la raccolta del secco), allora diventano necessari altri tipi di impianti di separazione dei materiali, prima di poterli portare agli impianti di trattamento per avviare il materiale al riciclaggio.

Le principali tipologie di impianto possono essere:

Impianti di pretrattamento monomateriale.

Impianti di separazione del multimateriale.

Impianti di separazione dell'indifferenziato.

Questo tipo di scelta gestionale è sicuramente di crescente utilizzo, anche per la natura e la classificazione del rifiuto urbano che, dopo il trattamento, viene considerato "speciale" dalla normativa e, dunque, assoggettato a minori vincoli sia di pianificazione territoriale che di gestione. È la stessa nuova normativa, infatti, che invita a prevedere i necessari interventi volti a garantire la piena operatività delle attività di riciclaggio dei rifiuti, utilizzando le migliori tecniche di differenziazione e di selezione degli stessi. Gli impianti di selezione, quindi, rientrano nel campo dell'impiantistica di pretrattamento dei rifiuti urbani prima dello smaltimento in discarica o tramite termovalorizzazione. Particolare attenzione deve essere riservata alla definizione di trattamento preliminare, individuando i criteri di gestione industriale rispondenti a criteri di efficienza, efficacia ed economicità. Sono

operazioni di trattamento preliminare tutte quelle operazioni che avvengono dopo la fase di raccolta e che precedono le operazioni di smaltimento o di recupero. Oltre agli impianti di trattamento delle raccolte differenziate, si sono sviluppati in questi ultimi tempi soprattutto impianti per il trattamento dei materiali indifferenziati con obiettivi diversi: la preparazione del CDR, la biostabilizzazione del rifiuto e l'essiccazione per la riduzione volumetrica.

La linea di selezione è preposta essenzialmente alla produzione di tre flussi principali:

Una frazione umida destinata alla stabilizzazione.

Un sovrullo secco.

Una frazione metallica indirizzata al recupero.

A questi flussi in uscita si possono eventualmente aggiungere materiali ingombranti diretti ad altre strutture dell'impianto o allo smaltimento e una parte di materiale fine, costituita principalmente da inerti, destinata alla discarica.

La configurazione di una linea di selezione può essere costituita dalle seguenti sezioni:

Apertura meccanica dei sacchi.

Triturazione dei rifiuti.

Separazione magnetica.

Vagliatura, eseguita generalmente con maglie di 80-90 mm, in cui la frazione umida più pesante e fine scende attraverso le maglie vaglianti, consentendo la separazione fra frazione secca (sovrullo) e frazione umida (sottovaglio);

Eventuale pressatura della frazione secca.

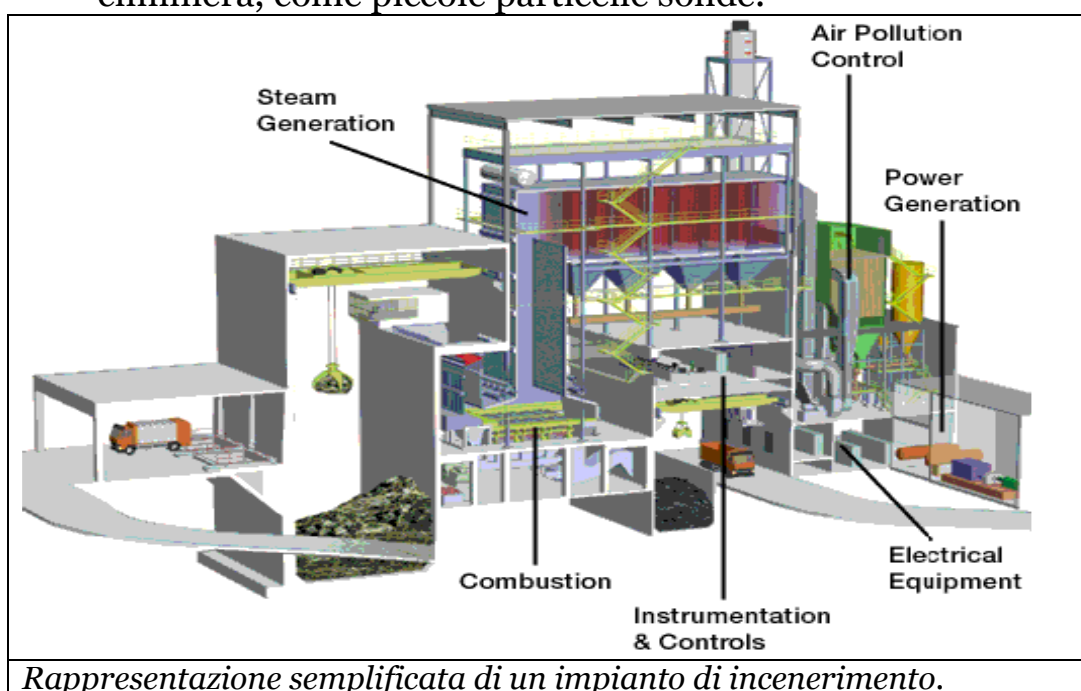
Gli impianti di selezione rivestono un ruolo fondamentale, poiché permettono di facilitare le operazioni di recupero di energia e di materia.

Inceneritori generatori di rifiuti.

Gli inceneritori o termodistruttori sono impianti di smaltimento di rifiuti che, bruciandoli, ne riducono il peso e il volume. Essi consentono oltretutto di trasformare i componenti più pericolosi in composti più semplici, trattabili con altre tecniche. In realtà, la materia non può essere distrutta: più

semplicemente, cambia forma, come dimostrato dal destino di alcune sostanze presenti nei rifiuti solidi urbani (RSU), che sono inceneriti in impianti appositi.

Gli impianti di RSU sono alimentati da rifiuti misti, che contengono sostanze pericolose come metalli pesanti e sostanze organiche clorate. In seguito all'incenerimento, i metalli pesanti presenti nei rifiuti solidi in entrata sono emessi dai camini degli inceneritori insieme ai gas di ciminiera, come piccole particelle solide.



Rappresentazione semplificata di un impianto di incenerimento.

L'incenerimento dei rifiuti contenenti sostanze clorate, come la plastica in PVC (cloruro di polivinile), determina la formazione di nuovi composti clorurati, come le diossine, molto tossiche, che sono rilasciate nei gas di ciminiera, nelle ceneri e in altri residui. In altre parole, gli inceneritori non risolvono i problemi dovuti alla presenza di materiali tossici nei rifiuti: essi, infatti, li trasformano semplicemente in altre forme, alcune delle quali potrebbero essere più dannose dei materiali originali. Queste sostanze chimiche che si formano a seguito della combustione possono poi rientrare nell'ambiente, come contaminanti.

Tutti i tipi di inceneritori rilasciano composti inquinanti in atmosfera attraverso i gas di ciminiera, nelle ceneri e in

altri residui. Si tratta di un numero elevato di sostanze chimiche, molte delle quali oggi rimangono ancora non identificate. Tali sostanze includono diossine, policlorobifenili (PCB), policloruri di naftalene, cloruro di benzene, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), numerosi composti organici volatili (COV) e metalli pesanti, come piombo, cadmio e mercurio. Molte sostanze sono persistenti (cioè molto resistenti alla degradazione nell'ambiente), bioaccumulabili (ossia si accumulano nei tessuti degli organismi viventi) e tossiche. Queste tre proprietà le rendono fra i composti chimici più problematici cui i sistemi naturali possono essere esposti. Alcune sostanze sono cancerogene, altre sono classificate come distruttori del sistema endocrino. Alcuni composti, come l'anidride solforosa (SO₂) e il biossido di azoto (NO₂), così come il particolato fine, hanno effetti negativi sul sistema respiratorio.

Perché un rifiuto possa essere termodistrutto è necessario che la sua frazione organica, vale a dire quella parte costituita prevalentemente da carbonio combustibile, sia sufficientemente consistente. Sono rifiuti termodistruggibili i rifiuti urbani, molte sostanze tossiche, i rifiuti ospedalieri, i fanghi da impianti di depurazione di acque reflue urbani o industriali, i rifiuti militari pericolosi. Questo ampio campo di applicabilità è da annoverare tra i principali vantaggi della termodistruzione, insieme a:

Riduzione del volume, soprattutto per solidi voluminosi con alto contenuto combustibile.

Recupero energetico, soprattutto qualora si debbano trattare grosse quantità di rifiuti ed esista un mercato per il vapore e per l'energia elettrica prodotti.

Distruzione di composti pericolosi, quali i composti organici tossici, il materiale contaminato patologicamente, il materiale biologicamente attivo, i combustibili cancerogeni.

Trasformazione del rifiuto, in modo da renderlo irriconoscibile rispetto alla sua forma originale.

Riduzione dell'impatto ambientale, rispetto alla soluzione del conferimento in discarica.

A fronte di tali vantaggi è necessario segnalare alcuni inconvenienti inerenti ad aspetti di varia natura, come:

Rischio ambientale: è provato che le sostanze contaminanti emesse da un inceneritore per via diretta o indiretta inquinano l'aria, il suolo e le falde acquifere. Oggi i moderni sistemi di abbattimento degli inquinanti riescono a limitare le dispersioni atmosferiche. Tuttavia, i reflui solidi prodotti dagli impianti di incenerimento hanno un tenore inquinante che ne rende oneroso lo smaltimento. La valutazione degli effetti ambientali dell'incenerimento deve essere effettuata mediante un'analisi comparata degli effetti ambientali di differenti scenari alternativi, analizzando la variazione degli indicatori ambientali più che l'impatto assoluto del sistema sull'ambiente.

Rischi operativi, quasi sempre legati alla variabilità nella composizione dei rifiuti, che può creare problemi di gestione e rendere a volte problematico il rispetto delle norme sulle emissioni.

Costi, dal momento che l'incenerimento può presentare elevate spese di investimento e di esercizio.

Va sottolineato che oggi è possibile e addirittura prevedibile una maggiore diffusione delle tecnologie di termodistruzione, sia perché il processo è più affidabile dal punto di vista della sicurezza della gestione e della nocività delle emissioni, sia perché esso può risultare economicamente conveniente, grazie all'efficienza delle sezioni di recupero materiali e di recupero energetico.

L'incenerimento può avvenire attraverso tre diversi procedimenti:

Combustione: processo che può avvenire solo in presenza di ossigeno (contenuto nell'aria o aggiunto appositamente). Le parti combustibili contenute nei rifiuti subiscono una completa ossidazione. È possibile utilizzare il calore della combustione per ottenere vapore, destinato a usi civili o industriali, oppure per produrre energia elettrica.

Gassificazione: tecnica di combustione che avviene in carenza di ossigeno. Ne deriva che solo una parte dei rifiuti viene bruciata, ciò nondimeno il calore generato dal processo è sufficiente a decomporre ciò che resta. Da questo

procedimento si ottengono gas utilizzabili come combustibili.

Pirolisi: procedimento che avviene in totale assenza di ossigeno. Non si produce quindi alcuna combustione, ma una semplice degradazione dei materiali, con produzione di residui utilizzabili come combustibili (liquidi, solidi o gassosi).

In media, le tecniche di termodistruzione riducono i rifiuti al 10% del volume e al 30% del loro peso originario. Le ceneri residue devono essere smaltite e quindi anche questi procedimenti non evitano del tutto il ricorso alla discarica.

Il compostaggio

Il compostaggio è una tecnica di smaltimento che riproduce, in forma controllata e accelerata, i processi che in natura riconsegnano le sostanze organiche al ciclo della vita. Il prodotto ottenuto dalla trasformazione della parte organica dei rifiuti solidi è definito *compost*. Per la produzione di *compost* possono essere utilizzati come materia prima i residui di cibo e vario altro materiale organico. Tra gli scarti di cibo, risultano adatti tutti i vegetali, la frutta e il grano, salvo quando inquinati da altri componenti non comportabili come il burro, gli oli vegetali e i grassi. Sono invece utili il legno, il verde di giardino, gli aghi di pino, le alghe, la paglia e il fieno. Con il compostaggio si evita anche l'incenerimento degli scarti organici umidi, garantendo una migliore combustione e diminuendo lo spreco di energia; inoltre, si previene la produzione di inquinanti atmosferici che si genererebbero dalla combustione di questi scarti.

Le fasi del compostaggio.

Per ottenere *compost* di buona qualità, occorre selezionare opportunamente i materiali che vanno a costituire la materia prima di partenza. Il ruolo cruciale di tale scelta risulta chiaro quando si analizzano le fasi del processo che trasforma la miscela iniziale in *compost*.

Il processo di compostaggio può essere descritto e suddiviso in due fasi:

Fase attiva, in cui sono più intensi e rapidi i processi degradativi a carico delle componenti organiche maggiormente fermentescibili. In questa fase, che si svolge tipicamente in condizioni termofile, si raggiungono elevate temperature (55-70 °C) e si palesa quindi la necessità di un drenaggio dell'eccesso di calore dal sistema e di una elevata richiesta di ossigeno necessario alle reazioni biochimiche.

Fase di maturazione, in cui si completano i fenomeni degradativi a carico delle molecole meno reattive e in cui intervengono reazioni di trasformazione e polimerizzazione a carico delle stesse, che portano alla “sintesi” delle sostanze umiche. Sia le esigenze di drenaggio di calore che quelle di adduzione di ossigeno al sistema sono minori rispetto alla fase attiva.

Il processo di compostaggio presenta due caratteristiche principali:

Aerobicità, ossia la necessità di ossigeno per la mineralizzazione delle componenti a maggiore fermentescibilità, con conseguente stabilizzazione della biomassa.

Esotermicità, cioè la produzione di calore, che va in certa misura allontanato dal sistema, onde evitare il surriscaldamento della biomassa in eccesso rispetto ai valori ottimali di *range* delle temperature.

L'evoluzione della sostanza organica durante il compostaggio procede sia quantitativamente, con una evidente riduzione volumetrica e ponderale, che qualitativamente, con una modificazione anche consistente delle caratteristiche chimiche della sostanza organica contenuta nel *compost* rispetto a quella originaria delle biomasse a inizio trattamento. Dal punto di vista qualitativo, la sostanza organica, una volta terminato il processo di compostaggio, si presenta stabile (con processi degradativi di natura biologica alquanto rallentati), matura (non presenta cioè fenomeni di fitotossicità) e umificata (ovvero dotata opportunamente di molecole umiche – *humus* – originatesi da reazioni di umificazione a carico delle componenti della sostanza organica più recalcitranti alla mineralizzazione).

La discarica.

La discarica rappresenta il sistema di trattamento finale dei rifiuti più antico e semplice. Per anni il termine “discarica” è stato sinonimo di uno scorretto metodo di scegliere un luogo appartato, più o meno distante da un centro abitato, dove disfarsi dei rifiuti. Oggi, per l’alta densità abitativa e per l’alta percentuale di rifiuti non biodegradabili, tale metodo non è più praticabile. L’abbandono incontrollato dei rifiuti, oltre ad arrecare un danno irreparabile all’ambiente e al paesaggio, è molto pericoloso anche per la salute. La decomposizione produce liquami e gas, che attraverso la pioggia possono infiltrarsi nelle falde acquifere e raggiungere i rubinetti delle nostre case.

Con la normativa tecnica emanata in vigore nel 1984, la costruzione di una discarica è diventata un’operazione più complessa. In particolare, una discarica è “controllata” se viene realizzata con tecnologie costruttive mirate a ridurre i possibili danni igienici e ambientali. Fondo e pareti dello scavo vanno impermeabilizzati con teli o con uno strato argilloso; sul fondo deve inoltre essere posta una canalizzazione per il drenaggio e la raccolta del percolato, cioè il liquame che si forma in seguito alla fermentazione dei rifiuti e per la pioggia. L’impianto deve prevedere anche un pozzetto spia delle perdite e un sistema per il controllo di eventuali infiltrazioni di sostanze inquinanti nelle falde idriche.

I rifiuti sono periodicamente ricoperti di terra, formando una serie di strati alternati. Nel corso della decomposizione, per opera di batteri e microrganismi, si genera biogas, costituito in gran parte da metano e anidride carbonica. Questo gas viene raccolto, per prevenire incendi ed evitare l’inquinamento dell’aria a danno delle specie viventi. Il biogas può anche essere usato per produrre energia. Esaurito lo spazio disponibile, la discarica viene definitivamente ricoperta e occorreranno anni perché la fermentazione giunga a conclusione. Impiantando arbusti e alberi idonei, si può consolidare l’area, in vista del suo definitivo recupero ambientale.

Grande importanza deve essere data, quindi, ai requisiti generali della discarica, alla sua ubicazione, alla sua costruzione, alla sua gestione e al suo controllo. La capacità delle discariche è molto variabile, tanto che si riscontra una netta prevalenza di discariche di dimensioni medio-grandi con una vita residua inferiore ai tre anni.

Il Percolato e il Biogas.

La produzione di percolato in discarica, risultato dei fenomeni di infiltrazione e lisciviazione che avvengono all'interno dell'ammasso di rifiuti stoccati, rappresenta da sempre una delle maggiori problematiche degli impianti di interrimento controllato per l'impatto dei rifiuti sull'ambiente. Il percolato prodotto si deposita sul fondo delle vasche di stoccaggio per gravità, dopodiché viene drenato in apposite tubazioni e pompato in cisterne di stoccaggio provvisorio, prima di essere inviato allo stadio di trattamento.

La produzione di biogas in discarica, risultato dei fenomeni degradativi e metanigeni di attività biologica del rifiuto organico, rappresenta anch'esso un fattore principe per la gestione corretta di una discarica. Questo gas è costituito da metano per la metà circa e per il restante da biossido di carbonio, ossigeno, ammoniaca, vapore acqueo e sostanze organiche volatili. Il metano è considerato un "gas serra" con un fattore di ventiquattro volte superiore rispetto a quello della CO₂.



La conoscenza dei principi che regolano i processi di formazione del percolato e del biogas, nonché lo studio revisionale

delle loro variazioni quantitative e qualitative, è di fondamentale importanza non solo per prevedere e controllare gli impatti sul sottosuolo a medio e lungo termine, ma anche per procedere alla scelta impiantistica ottimale per i trattamenti *on site* e per il loro corretto dimensionamento. È necessario, per la costruzione di una discarica, che sia localizzata in aree come vecchie cave o simili, che abbiano una impermeabilizzazione naturale o che possano essere impermeabilizzate artificialmente, per evitare il percolamento di liquidi inquinanti nel sottosuolo. Lo scarico deve essere eseguito in modo opportuno, per ricoprire i rifiuti e rendere di nuovo agibile il terreno quando ne sia terminato lo sfruttamento. I nuovi metodi di costruzione, i nuovi materiali isolanti per il fondo e i moderni sistemi di accumulo garantiscono l'impermeabilità della discarica per un tempo superiore alla inertizzazione del rifiuto conferito.

Il biogas può essere utilizzato per diversi scopi: produzione di calore, energia elettrica e gas domestico; propulsione di turbine o di motori a combustione interna. In questo modo, può essere sfruttato il 30 % dell'energia contenuta nel biogas per la produzione di energia elettrica (rendimento elettrico). Nel caso possa essere sfruttato anche il calore di recupero, il rendimento globale arriva all'80%. Sono stati inoltre sperimentati con successo altri utilizzi del biogas: negli USA, per esempio, si è introdotto il biogas nelle reti cittadine; in Francia, è stato usato come combustibile per veicoli e mezzi di trasporto. In questi casi, sono tuttavia necessarie delle operazioni di pretrattamento e depurazione del biogas.

I vantaggi sono molti:

Flessibilità. In una discarica è possibile gestire le variazioni nella qualità dei rifiuti prodotti dovuti, per esempio, alla stagionalità, all'emergenza rifiuti, eccetera.

Riduzione dei rischi di inquinamento, assicurata da una discarica controllata.

Soluzione ai problemi di smaltimento. In una società come la nostra, che non riesce a riciclare un'alta percentuale dei

suoi rifiuti, la discarica rimane un importante strumento di smaltimento finale.

Risorse. Attraverso impianti appropriati si ha la possibilità di produrre energia elettrica dal biogas generato dalla discarica.

Bassi costi di smaltimento.

Recupero ambientale di vecchie cave.

Non mancano però anche gli svantaggi:

Perdita di spazio e ambiente per l'uomo.

Emissioni inevitabili di gas e di odori molesti.

Perdita di importanti materie prime (carta, vetro, plastica, ferro e quant'altro).

Conferimento dei rifiuti in discarica.

I rifiuti urbani sono solitamente trasportati alla discarica tramite semirimorchi compattatori. I mezzi in ingresso accedono alla pesa elettronica, dove avviene la registrazione su elaboratore con tutti i dati (tipologia del rifiuto, provenienza, trasportatore, eccetera) che sono necessari per la compilazione dei registri di carico e scarico e per le contabilizzazioni. L'operatore alla pesa verifica la presenza e la regolarità della documentazione di trasporto, in conformità alle prescrizioni specifiche, ed effettua gli ulteriori controlli amministrativi richiesti. Gli operatori addetti allo scarico, oltre a movimentare il rifiuto, hanno il compito di verificarne visivamente la conformità, identificando l'eventuale presenza di tipologie non ammissibili.



Preparazione del fondo della discarica

Il rifiuto scaricato viene steso e compattato con mezzi meccanici. La compattazione permette la riduzione del volume occupato dal rifiuto e una maggiore stabilità del deposito. Al termine delle operazioni di scarico, viene realizzata la copertura dell'area coltivata con terreno naturale autoctono o altro materiale idoneo (teli a carboni attivi, ad esempio). Il rifiuto viene compattato in strati con una leggera pendenza, per facilitare lo scorrimento delle acque piovane verso la rete di raccolta delle acque superficiali meteoriche.

Infine, avviene la coltivazione, che si sviluppa per lotti successivi disposti con una logica progettuale predefinita. La coltivazione di ogni lotto avviene per celle di dimensioni variabili in relazione ai flussi di rifiuto in ingresso, cercando in ogni modo di limitarne la superficie per ridurre l'assorbimento di eventuali acque meteoriche, che andrebbero raccolte e avviate a trattamento o a smaltimento.

Impatto dei rifiuti sulla salute umana.

In tutto il mondo, la gestione dei rifiuti urbani e industriali sta diventando un problema sempre più preoccupante, non solo a causa della continua produzione di rifiuti, che aumenta giornalmente in maniera esponenziale, ma anche a causa degli inceneritori, che spesso non rispettano gli *standard* dell'Unione Europea sulle emissioni atmosferiche. Il problema della gestione dei rifiuti può essere risolto adottando un'ottica a lungo termine, realizzando strategie di prevenzione in aggiunta al riuso e al riciclaggio dei rifiuti. Il problema degli inceneritori, invece, è di più difficile risoluzione: da un lato, essi permettono di diminuire di un decimo il volume dei materiali introdotti e così riducono il volume dei rifiuti che viene conferito in discarica; dall'altro, però, vengono considerati impianti discutibili per via del loro potenziale impatto nocivo sull'ambiente e sulla salute umana, nonché per valutazioni di tipo economico che non favoriscono questa tecnologia.

È un'opinione diffusa il ritenere che le cose scompaiono dopo essere state bruciate, ma non è così. Abbiamo visto come gli impianti di RSU siano alimentati da rifiuti misti che contengono sostanze pericolose, come metalli pesanti e sostanze organiche clorurate. In seguito all'incenerimento, i metalli pesanti presenti nei rifiuti solidi in entrata sono emessi dai camini degli inceneritori insieme ai gas di ciminiera, sotto forma di piccole particelle solide. L'incenerimento dei rifiuti contenenti sostanze clorurate, come la plastica in PVC (cloruro di polivinile), determina la formazione di nuovi composti clorurati, come le diossine, molto tossiche, che pure vengono rilasciate nei gas di ciminiera. In altre parole, gli inceneritori non risolvono i problemi dovuti alla presenza di materiali tossici nei rifiuti: essi, infatti, li trasformano semplicemente in altre forme, alcune delle quali potrebbero essere più tossiche dei materiali originali. Queste sostanze chimiche, che si formano a seguito della combustione, vengono rilasciate dagli inceneritori nell'atmosfera attraverso i gas di ciminiera e perfino nelle ceneri e in altri residui, rientrando così nell'ambiente e contaminandolo.

Si tratta di un numero elevato di sostanze chimiche, molte delle quali oggi rimangono ancora non identificate. Tali sostanze includono diossine, policlorobifenili (PCB), policloruri di naftalene, cloruro di benzene, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), numerosi composti organici volatili (COV) e metalli pesanti, come piombo, cadmio e mercurio. Molte di queste sostanze sono persistenti (cioè molto resistenti alla degradazione nell'ambiente), bioaccumulabili (ovvero si accumulano nei tessuti degli organismi viventi) e tossiche. Queste tre proprietà le rendono fra i composti chimici più pericolosi ai quali i sistemi naturali possono essere esposti. Alcune sostanze sono cancerogene, altre sono classificate come distruttori del sistema endocrino. Alcuni composti, come l'anidride solforosa (SO₂) e il biossido di azoto (NO₂), così come il particolato fine, hanno comprovati effetti negativi sul sistema respiratorio.

È sbagliato credere che il peso e il volume dei rifiuti originali vengano ridotti durante l'incenerimento. Si dice spesso che

il volume dei rifiuti venga diminuito del 90% circa, durante la combustione. Tuttavia, anche se si considerano soltanto le ceneri residue, la percentuale effettiva è più vicina al 45%. Per quanto riguarda il peso, si assume che esso sia ridotto di circa un terzo durante il processo d'incenerimento. Comunque, ancora una volta, si fa riferimento solo alle ceneri e non sono considerate le altre emissioni dell'inceneritore sotto forma di gas, che determinano un aumento di tutto ciò che fuoriesce da un impianto. In conclusione, se si somma la massa di tutte le emissioni provenienti da un inceneritore, inclusa la parte gassosa, allora la quantità totale di ciò che fuoriesce supererà la quantità di rifiuti immessi inizialmente nell'impianto.

Gli inceneritori, sia di vecchia che di nuova generazione, possono contribuire alla contaminazione del suolo e della vegetazione con diossine e metalli pesanti. Le popolazioni residenti vicino agli impianti sono potenzialmente esposte ai composti chimici per inalazione di aria contaminata, consumo di prodotti agricoli inquinati (verdure, uova, latte) oppure per contatto della pelle con il suolo contaminato.

Alcuni studi dimostrano che livelli molto alti di diossine sono stati ritrovati nei tessuti dei residenti nei pressi di inceneritori nel Regno Unito, in Spagna e in Giappone, molto probabilmente come risultato dell'esposizione alle emissioni degli impianti. Due studi condotti nei Paesi Bassi e in Germania, invece, non hanno riscontrato livelli elevati di diossine nei tessuti dei residenti in prossimità degli impianti. In Finlandia, sono state trovate quantità più alte di mercurio nei capelli dei residenti nelle vicinanze di un inceneritore, con molta probabilità associate alle emissioni dell'impianto. Studi effettuati sulla mortalità e sulla presenza di malattie congenite nelle provincie di Napoli e Caserta hanno evidenziato che in tali zone il tasso di mortalità e di malformazioni congenite è superiore ai tassi di livello nazionale. L'incidenza in tali zone di tumori maligni allo stomaco, al rene, al fegato, alla trachea, ai bronchi, ai polmoni, alla pleura e alla vescica è determinata principalmente da fattori legati allo stile di vita

(alimentazione, fumo di tabacco, infezioni) e a esposizioni nell'ambito lavorativo. Esistono però segnalazioni epidemiologiche che li hanno messi in relazione a esposizioni strettamente ambientali, derivate dalla vicinanza residenziale a siti di trattamento dei rifiuti, che tuttavia necessitano ancora di trovare conferma.

Le zone maggiormente a rischio identificate negli studi sulla mortalità e sulle malformazioni congenite in buona parte si sovrappongono e sono interessate dalla presenza di discariche e siti di abbandono incontrollato dei rifiuti. Eppure, una relazione diretta di causa effetto tra esposizione ed esiti sanitari non è stata tuttora provata.

Conclusioni

Per limitare l'impatto sull'ambiente e sulla salute umana, dovuto all'aumento dei rifiuti e all'utilizzo di inceneritori, bisogna innanzitutto favorire lo sviluppo di tecnologie di produzione pulita, che siano più efficienti in termini di uso di materiali e di energia e che producano beni di consumo più puliti. In secondo luogo, bisognerebbe mettere in pratica il principio di precauzione, in modo tale da evitare i problemi prima che questi si presentino. La continuazione e lo sviluppo ulteriore della ricerca scientifica giocano un ruolo fondamentale nell'identificazione dei problemi potenziali e delle loro soluzioni, ma dobbiamo essere pronti a intraprendere un'azione che sia seriamente precauzionale e che impedisca la contaminazione e il degrado ambientale.

Bibliografia

SAGAN C., *Pale Blue Dot: A Vision of the Human Future in Space*, Random House, 1994)

DI FIDIO MARIO, *Economia dei rifiuti e politica ambientale: problemi tecnologici, economici, ambientali e amministrativi; pianificazione; sistemi di smaltimento e riciclaggio*, Milano, Pirola, 1995.

DI FIDIO MARIO, *Gestione dei rifiuti: tecniche e organizzazione per lo smaltimento e il riciclaggio*, Milano, Pirola, 1982.

LAFORGIA DOMENICO, *Gestire i rifiuti: classificazione, raccolta, riciclaggio, trasporto, recupero, compostaggio, termovalorizzazione, smaltimento dei rifiuti urbani e speciali*, Santarcangelo di Romagna, Maggioli, 2004.

Sitografia

http://www.akahl.de/akahl/files/Prospekte/Prospekte_italienisch/AK36-Altreifen-8it.pdf
<http://www.arch.unige.it/did/l1/disegnoind/terzo0607/ecodesign/materialedid/carta.pdf>
<http://www.arch.unige.it/did/l1/disegnoind/terzo0607/ecodesign/materialedid/gomma.pdf>
<http://www.comune.altopascio.lu.it/uffambiente/Brochure%20Smaltimento%20RAEE.pdf>
<http://docenti.unicam.it/tmp/1657.pdf>
<http://www.e-rifiuti.it/cosa-sono-i-rifiuti-elettronici/tossicita-dei-materiali>
http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/green_paper/green_paper_it.pdf
<http://www.enea.it>
<http://gestione-rifiuti.it/smaltimento->
http://www.greenpeace.it/deforestazionezero/salvaforeste/brief_carta_riciclata.pdf
<http://www.greenpeace.it/inquinamento/incenerimentoesalute.pdf>
<http://www.ideegreen.it/gestione-dei-raee-in-italia-15840.html>
http://www.italianrecycling.com/INDUMENTI_USATI_IMPORT_EXPORT_ITALIA/INDUMENTI_USATI_ABITI_SMESSI_IMPORT-EXPORT-VESTITI_USATI_a.html#
<https://www.matrec.it/it/catalogo-materiali/materiali-riciclati/tessili/introduzione>
http://www.minambiente.it/export/sites/default/archivio/allegati/Newsletter/Newsletter_2011_01/Commento_d.205-10.pdf
http://www.novambiente.it/index.php?option=com_content&view=article&id=1386:il-riciclo-della-plastica&catid=55:rifiuti&Itemid=227

http://www.plastice.org/fileadmin/files/PLASTICE_zlozenka_ita_web.pdf

http://www.protezionecivile.gov.it/cms/attach/editor/rischinu_cleare/Sintesi_dei_risultati_e_indicazioni_preliminari.pdf

<http://www.scuolamedialanafermi.it/green/09.pdf>

<http://it.wikipedia.org/wiki/Rifiuti>