

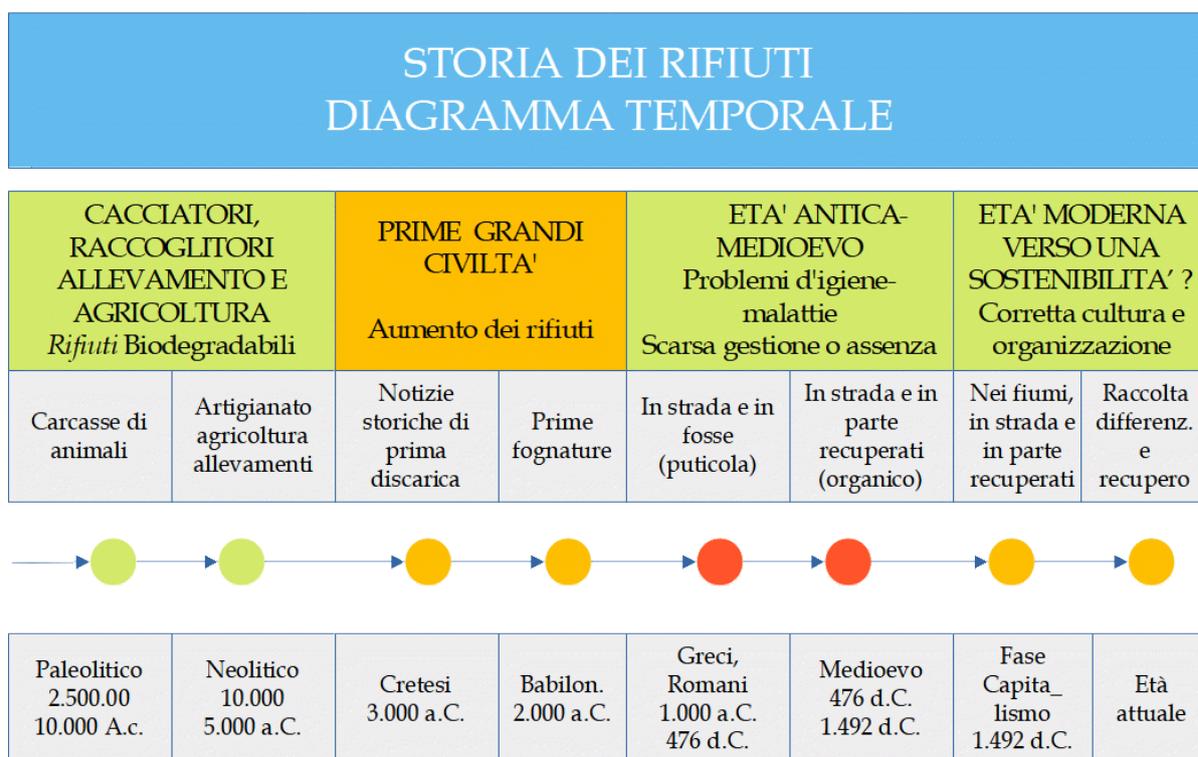
# I RIFIUTI

## 1. Un po' di storia

La tabella sottostante mostra sinteticamente l'andamento temporale dei rifiuti.

Abbiamo diviso gli intervalli temporali in quattro grosse categorie:

1. cacciatori-raccoglitori;
2. inizio dell'allevamento e dell'agricoltura;
3. età antica e medioevale;
4. Età moderna e attuale.



Nel prosieguo del testo vengono specificate meglio le varie fase; si chiarisce che questo paragrafo analizza molto sinteticamente alcuni aspetti della civiltà occidentale.

Il *concetto di rifiuto* è legato indubbiamente alla presenza dell'uomo e nasce storicamente con la scoperta dell'agricoltura e dell'allevamento del bestiame, allorché l'uomo diventa sedentario e nascono i primi insediamenti: prima i villaggi e poi le città vere e proprie. Infatti i primi ominidi e poi gli uomini cacciatori e raccoglitori lasciavano carcasse di animali ed escrementi di scarso impatto, visto il numero ridotto di persone che popolavano la terra. Ciò che era rifiuto per l'uomo, diventava materia (cibo) ed energia per altri esseri. Era un sistema circolare, caratteristico anche di altri sistemi sulla Terra.

Come detto, quando l'uomo diventa sedentario perché l'attività principale è l'agricoltura e l'allevamento del bestiame, sorge il problema dello smaltimento dei rifiuti prodotti, che cominciano ad essere consistenti per l'aumento della popolazione e della disponibilità del cibo. Essi divengono anche concentrati, essendo prodotti in spazi ristretti: le abitazioni, i quartieri, la città e costituiscono non solo gli scarti alimentari (ciò che adesso chiamiamo organico) ma anche le deiezioni umane e animali, oltre a materiale inorganico, come vasellame ecc.. Sorge quindi un grosso problema di igiene che porta in taluni casi all'insorgere di gravi epidemie, tra le quali la peste.

La tendenza era infatti quella di gettare i rifiuti in strada o all'interno delle proprie abitazioni se attrezzate, comprese le deiezioni, non esistendo un sistema organizzato di eliminazione degli stessi.

I *babilonesi* costruirono i primi sistemi fognari per portare fuori dalla città le acque sporche.

Le prime notizie che si hanno sull'utilizzo di discariche pubbliche sono relative a *Creta* dove si era organizzate fosse comuni in cui venivano gettati i rifiuti; non si sa se esistesse un servizio pubblico, se fosse coinvolta tutta la città o se la questione riguardasse solo i cittadini più facoltosi, magari il palazzo reale a Cnosso.

A Creta, all'interno del palazzo di Cnosso, sono state trovate centinaia di coppe "usa e getta" risalenti a circa 3.500 anni fa appartenenti alla civiltà Minoica: coppe d'argilla chiara, senza manico, mono-uso, caso veramente curioso che ci riporta alla situazione attuale. Tuttavia queste coppe venivano usate in situazioni particolari, come feste.

Non dovevano essere lavate dopo i festeggiamenti, erano disponibili in grande quantità e soprattutto esibivano ricchezza poiché l'atto stesso di buttarle via dopo l'evento significava essere benestante (da Martina Manduca, internet, foto British Museum).



Una situazione analoga si aveva nelle città greche nelle quali il massimo che i cittadini facessero era di riempire dei vasi (amis) di rifiuti e di gettarli in strada in apposite canalette: qui si accumulavano i rifiuti che in parte si degradavano e in parte venivano dilavati dalla pioggia e trasportati altrove.

Ad Atene fu istituito un servizio pubblico per portare fuori città i rifiuti, gestito dagli hodopoioi i quali organizzavano gruppi di schiavi detti koprologi (da kopros = sterco).

Non è dato di sapere se il servizio funzionasse bene; c'è da dubitarne visto che nel 430 a.C. scoppiò la peste che decimò la società ateniese portandola quasi al collasso, con la morte di circa un terzo della popolazione, determinando anche la morte di Pericle ed forse fu decisiva nella guerra che Atene perse contro Sparta.



Storia dell'immondizia di Marco Maselli, ed. Scienza

*“...E trovandosi loro da non ancora molti giorni nell’Attica iniziò per la prima volta a manifestarsi la peste per gli Ateniesi, nonostante si dicesse che anche prima si fosse abbattuta da molte parti e a Lemno e in altre zone; tuttavia non si ricordava che si fosse verificata in nessun luogo una simile pestilenza né una strage così di persone...”* (Tucidide).

Anche Lucrezio, nel *De rerum natura* parla della peste di Atene.

Riportiamo qui un passo tratto da *La città nella storia* di Lewis Mumford, ed. Tascabili Bompiani 1961., vol.1.

*“” ..... che cosa si doveva dire di quei tuguri che sorgevano caoticamente alla sua base (Acropoli), edifici di mattoni non cotti e con tetti di tegole, ' anche di fango e graticci con tetti di stoppie, in cui ancora sopravviveva tutta la grossolanità del villaggio ? Esse costituiscono la parte maggiore della città per tutto il IV secolo e anche dopo, tant’è vero che, tra il II e il I secolo a .C. Dicearco poteva notare: << La strada per Atene è piacevole, in quanto scorre continuamente tra campi coltivati. Ma la città è asciutta e scarsamente fornita d’acqua. Le sue vie non sono che miserabili vecchi sentieri, le case, salvo poche eccezioni, deplorabili. Quando vi arriva per la prima volta, uno straniero può difficilmente credere di trovarsi in quell’Atene di cui ha sentito parlare ».*

Il meglio che si può dire della situazione degli alloggi ad Atene è che i quartieri dei ricchi e quelli dei poveri erano fianco a fianco, e che se non fosse per le dimensioni e per l’arredamento interno, era quasi impossibile distinguerli; nel V secolo i nobili poveri erano più stimati dei ricchi plebei, e le cariche pubbliche o il nome della famiglia contavano più delle ricchezze accumulate. Le case, ad un piano e con tetti spioventi devono aver dato ai quartieri residenziali l’aspetto che hanno ancor oggi le cittadine meno progredite del Mediterraneo , solo che probabilmente non erano neppure intonacate.

Nei quartieri residenziali di questi antichi centri non c’era niente che potesse essere definito una coerente rete stradale; agli occhi di un uomo moderno avrebbe dato l’impressione di una città orientale, come del resto la segregazione delle donne che veniva praticata anche dagli ateniesi. I vicoli erano forse larghi abbastanza da permettere ad un uomo di percorrerli con il suo asino o panierino della spesa, ma bisognava conoscere bene il proprio quartiere per trovare la strada di casa.

... Ma non esisteva neppure una pavimentazione che eliminasse gli inconvenienti del fango primaverile e della polvere estiva; nelle zone centrali non c’erano né giardini interni

né parchi alberati e i passaggi pubblici coperti erano pochi e sommari. Nelle maggiori città del V secolo la scarsità, se non addirittura la mancanza, di attrezzature sanitarie era scandalosa e quasi suicida, come dimostrò in termini particolarmente drammatici la grande epidemia di peste scoppiata durante la guerra del Peloponneso che riempì Atene di profughi.

... Fin quando le città rimasero relativamente piccole, con campi aperti a portata di mano, questi inconvenienti potevano ancora essere tollerati. Località che misuravano da 15 a 40 ettari e che avevano da due a cinquemila abitanti potevano permettersi una certa negligenza di tipo rurale su problemi come lo sbarazzarsi delle immondizie e degli escrementi umani. Ma, benché l'ampliamento della città imponesse provvedimenti ben più severi, a quanto pare, neanche le principali metropoli disponevano di latrine pubbliche. Sulla questione delle latrine private, le testimonianze della vanga e della parola sono spesso contrastanti, e la parola per di più è piuttosto ambigua. Gli archeologi moderni non hanno trovato nella casa ellenica la minima traccia di impianti igienici, e ciò sembrerebbe confermato da una scena delle *Ecclesiazuse*, in cui Aristofane mostra un cittadino che, destato di soprassalto, cerca un luogo dove poter evacuare, e arriva addirittura ad accovacciarsi davanti al pubblico accompagnando all'azione un certo numero di osservazioni buffonesche e parecchio scabrose sul processo stesso dell'evacuare. Ciò indicherebbe che non esistevano neppure i servizi igienici più elementari, né alcun senso del pudore per le cose attinenti al corpo, particolare quest'ultimo confermato da Senofonte che nota la raffinatezza e la pudicizia dei persiani i quali evitavano di mostrarsi in pubblico nell'adempimento delle proprie funzioni escretorie.

Tale concomitanza di testimonianze sembrerebbe decisiva, se non esistessero anche indicazioni in senso contrario, in particolare un'altra scena di Aristofane, nella *Pace*, in cui Trigeo dice: <<Ordino a tutti gli uomini di stare zitti, di chiudere i loro scarichi e loro gabinetti con tegole nuove e di bloccare anche le proprie aperture personali di sfogo >>. Ciò farebbe pensare che almeno certe case disponessero di impianti igienici privati, anche se non ho mai trovato un accenno a come ci si sbarazzasse poi degli escrementi.""

Riporto anche un passo tratto da (...) riguardo al servizio di smaltimento dei rifiuti che ci chiarisce come le notizie non sono chiare.

► Inizio da un aspetto che viene spesso trascurato negli studi dedicati alle tematiche ambientali nel mondo antico, l'attenzione per quella che potremmo definire la qualità della vita cittadina, e cioè per una serie di problemi, come ad es. l'igiene urbana, lo smaltimento dei rifiuti o il contrasto agli abusi edilizi, che a noi sono oggi familiari e che anche alle città greche non erano affatto estranei. Non è molto, in verità, ciò che si sa in proposito, se si considera l'abbondanza di documentazione di cui si dispone su Atene. Significativa ai nostri fini è comunque soprattutto l'enumerazione, che ricorre nella Costituzione degli Ateniesi aristotelica dei vari compiti di polizia urbana degli astynomoi, alcuni dei quali ci interessano in particolar modo: sorvegliare che i koprologoi non gettino i rifiuti entro un raggio di 10 stadi dalle mura, impedire la costruzione di edifici direttamente sulle strade pubbliche e di balconi sporgenti sulle strade, nonché l'apertura di finestre sulla strada e la realizzazione di canali di scolo (ochetoi) a cielo aperto degna di menzione, ai fini del nostro discorso, è poi altresì la descrizione delle funzioni degli agoranomoi, a cui tocca sorvegliare tutte le merci affinché siano venduti prodotti genuini e non adulterati.

Ora, chi sono koprologoi, che hanno il compito di portare i rifiuti a una certa distanza dalle mura cittadine? Le pochissime testimonianze di cui si dispone su costoro non consentono di pervenire a una conclusione sicura circa il loro status.

In un interessante contributo del 1983, Owens ha contestato la tesi secondo cui si tratterebbe degli addetti a un vero e proprio servizio pubblico di nettezza urbana: l'esempio di Pergamo, ove, come si apprende dalla ben nota legge degli astynomoi, sono i privati a dover provvedere alla pulizia delle strade, altrimenti gli astynomoi daranno il lavoro in appalto scaricandone il costo sui trasgressori o avvieranno una procedura di pignoramento nei loro confronti, suggerirebbe invece, a suo parere, che i koprologoi siano dei privati (o dei dipendenti di privati) a cui la polis dà in appalto la rimozione dei rifiuti. . Ciò è certo possibile, ma si può tuttavia osservare che il sistema attestato per Pergamo non è l'unico che si conosca: dalla cosiddetta "stele del porto" di Taso si ricava infatti che

qui anche la polis, a quanto pare, concorreva ad assicurare la pulizia delle strade, e perciò non è da escludere, credo, che ad Atene esistesse un corpo di operatori ecologici 'municipali' . ◀

Facendo grandi salti e restando alla civiltà occidentale, si prende in considerazione la questione dei rifiuti a Roma antica; fino a che le dimensioni della città furono contenute, credo che la questione dei rifiuti fosse simile a quella di tutte le altre città, con lo smaltimento dell'organico affidato in parte all'utilizzo come cibo per gli animali domestici e in parte come concime per gli orti interni.

E' importante alla fine del periodo dei re (Tarquinio Prisco) la costruzione della cloaca massima, inizialmente un canale a cielo aperto e poi interrato sfruttando l'arco di origine etrusca.

Il sistema fognario risolveva in parte la questione perché i romani avevano l'abitudine di gettare dalle finestre i rifiuti in strada.

Il problema fu affrontato da Giulio Cesare che nel 45 a.c. , con l'editto di Eraclea, bandì una gara di appalto

pubblico per la pulizia delle strade cercando di ripartire la spesa tra la pubblica amministrazione e gli inquilini ( è proprio il caso di dire che facevano alla romana!).

Gli edili si occupavano dell'igiene pubblica, gli *scoparii*, i pulitori di sterco,



usavano le scope per radunare i rifiuti e portarli nei *puticoli*, la fosse fuori città.

I puticoli consistevano di semplici profonde buche scavate nel terreno tufaceo appena fuori delle mura ed utilizzate in epoca repubblicana come una sorta di discariche; vi venivano gettati rifiuti di ogni genere, vasellame inutilizzabile, carcasse di animali ed

anche i corpi degli schiavi, dei poveri e dei criminali giustiziati e anche di gladiatori; il termine *Puticulus* prende origine dalla putrefazione dei corpi che lì avveniva ; erano quindi dei cimiteri pubblici, delle fosse comuni ove venivano gettati i corpi di schiavi, mendicanti e prigionieri. Questo fatto è testimoniato da scavi archeologici effettuati dal Lanciani con ritrovamento di numerosi resti umani.

*E' difficile, dice, farsi un'idea di un carnaio umano, un insieme di fosse nelle quali venivano disordinatamente gettati uomini, bestie, cadaveri, carcasse e ogni sorta di rifiuti innominabili. Si immagini quali devono essere state le condizioni di questi orribili quartieri in tempo di epidemia, quando le fosse (puticuli) venivano tenute aperte notte e giorno. E quando erano piene fino all'orlo, si riempiva di cadaveri umani il fossato che cingeva le mura di Servio Tullio, tra la Porta Collina e l'Esquilina, gettati in esso come se fossero carogne, sino a raggiungere il livello delle strade adiacenti.*

L'organizzazione della raccolta dei rifiuti e l'estensione del sistema fognario continuò nell'epoca imperiale, con Roma che aveva, nel suo massimo splendore, più di un milione di abitanti. Vespasiano creò latrine pubbliche disposte lungo i quartieri e orinatoi pubblici lungo alcune vie.

Accanto allo smaltimento dell'organico avveniva anche il riciclo di alcuni materiali, fatto più per interesse economico che per senso civico, quali ad esempio alcuni metalli, mattoni, marmo, il legno in genere utilizzato come combustibile; il riuso veniva praticato

soprattutto per le anfore, non si sa con quale igiene. Queste ultime venivano usate anche come materiale di riempimento, per la costruzione di elementi alleggeriti, visto che erano cave, o buttate in discariche (il monte Testaccio sembra essere una collina artificiale di cocciame) .



Lo smaltimento dei rifiuti e del liquame era particolarmente critico, se non assente per le abitazioni a più piani; soprattutto nella Roma imperiale, per motivi di speculazione, si moltiplicò l'utilizzo di palazzi a più piani (*insulae*), con continua suddivisione degli stessi in piccoli alloggi, carenti dal punto di vista igienico, per ricavare maggior denaro dagli affitti. Tra questi speculatori ricordiamo Crasso che accumulò grandi ricchezze ristrutturando case popolari acquistate a basso prezzo perché danneggiate da incendi. Si stimano circa 46.000 case popolari.

Poco o niente si sa delle altre città o della campagna, ma quanto sappiamo su Roma ci consente di pensare comportamenti simili là dove le risorse pubbliche lo permettessero; va ricordato che le dimensioni piccole della città permettevano una più facile gestione dei rifiuti e dei liquami.

Sempre continuando per grandi salti, nel mondo occidentale, con la caduta dell'Impero Romano d'Occidente le cose si complicano assai perché nel mondo romano occidentale decade il sistema, seppur limitato, di smaltimento dei rifiuti con un peggioramento della situazione igienica in città che però vedono diminuire la loro popolazione.

Naturalmente nelle campagne i problemi erano diversi perché diversa era l'organizzazione sociale; restiamo dunque ai problemi delle città che ebbero un forte sviluppo dopo l'anno mille.

Inizialmente vi fu un disinteresse verso l'igiene urbana e la pulizia: questo fatto determinò alti costi in tema di malattie testimoniati dallo svilupparsi di varie epidemie tra cui ricordiamo quella della peste, in particolare quella del 1347 che ridusse di un terzo la popolazione europea, favorita nella sua virulenza dalla denutrizione delle persone a causa dei cambiamenti climatici (si passò da un clima mite alla piccola glaciazione che durò sino al '800).

Per inquadrare meglio il problema riportiamo un passo del volume II dell'opera citata del Mumford.

Incomincerò dal settore a proposito del quale da due secoli a questa parte si sono soprattutto diffusi errori e pregiudizi: il settore igienico.

Come per ogni altro aspetto della città medievale, è difficile fare un discorso generale sull'igiene date le enormi differenze esistenti non soltanto tra paese e paese ma anche tra

municipi ad un giorno di cammino l'uno dall'altro. Senza contare che accanto alle diversità tra città contemporanee, ci sono quelle tra periodi diversi della stessa città. In più dobbiamo tener conto che abitudini relativamente innocue in un centro poco popolato e circondato di terre libere diventano obbrobriose se lo stesso numero di persone si concentra in un'unica strada..... Con ogni probabilità il villaggio, il Borgo dell'alto Medio Evo, nonostante i primitivi impianti igienici di cui disponevano in casa e fuori, erano tutto sommato più salubri dei loro più prosperi equivalenti del Cinquecento. Non soltanto la Città Murata era sufficientemente piccola per permettere di accedere rapidamente ai campi, ma buona parte della popolazione aveva giardini privati dietro casa e svolgeva attività rurali anche all'interno della città.

Inoltre i cittadini avevano frutteti e vigneti nei sobborghi, mucche o pecore nei campi comunali affidati alle cure di un pastore municipale, i boschi civici a portata di mano dove raccogliere la legna necessaria . .....

Questa forte influenza rurale può essere riscontrata nelle piante delle città più antiche: il tipico centro medievale era più vicino a quello che oggi chiameremmo un villaggio o un borgo agricolo che a una affollata città commerciale moderna. ....

Insomma, per quanto riguarda gli spazi liberi a disposizione, la città medievale tipo al momento della sua fondazione e per quasi tutta la durata della sua esistenza era proporzionalmente assai più ricca, tenendo conto della popolazione, di qualsiasi forma urbana successiva sino ai primi sobborghi romantici dell'Ottocento.

Insisto sul carattere rurale della città del Medio Evo, perché da molto tempo vige il luogo comune che le cose stessero esattamente all'opposto, un luogo comune forse troppo irrazionale perché sia possibile eliminarlo a forza di prove. ....

Col tempo la popolazione in aumento, spesso impossibilitata ad espandersi oltre le mura, scopri gli spazi liberi interni, e fu allora che vennero perpetrati gravi misfatti igienici...

[Ad esempio] la parrocchia di St. Mary-le-Bow a Londra aveva bisogno di spazio nel cimitero per seppellire i suoi morti. ma a metà del Quattrocento esso era interamente circondato da case. allora John Rothman nel suo testamento destinò un certo giardino in Hosier's Lane a questo scopo. Un secolo dopo la sovraffollata città non poteva permettersi spazi liberi neppure per i morti: si costruì perciò anche su questo terreno. Ecco dunque la

successione: giardino, cimitero, terreno da costruzione. infine nel Seicento si costruì anche nel cortile posteriore e ne risultò un antigenico pasticcio, con detriti che s'accumularono attraverso gli anni, che sarebbe poi stato considerato da un apostolo ottocentesco del progresso un esempio del << tipico sovraffollamento medievale >>.

É comunque indubbio che i corpi in decomposizione, seppelliti cristianamente, abbiamo finito per costituire una minaccia per le condizioni sanitarie della città medievale non appena trovarono la possibilità di infiltrarsi e di inquinare le condutture dell'acqua. E quando la popolazione aumentò, l'accumularsi dei cadaveri nel cuore della città rese la minaccia ancora più grave. Era naturalmente un vantaggio, sia per i funerali sia per ulteriori atti di devozione, avere cimiteri a poca distanza dai vivi, ma questa pratica in una città che ricava l'acqua da bere da pozzi e da sorgenti costituiva un gravissimo inconveniente.

*In quanto all'eliminazione dei rifiuti, essa sempre stata la bestia nera di ogni centro urbano molto popolato, il problema non è stato ancora è risolto [il libro è del 1961, nota dell'Autore].*

*... Un tempo il fatto che i contadini dei dintorni e gli ortolani del mercato approfittassero della vicinanza della città per raccogliere sistematicamente gli escrementi umani e utilizzarli nelle loro terre, andava a vantaggio sia della città che della campagna: anzi più la città era grande, più era ricca la terra che la circondava e più erano redditizie le attività degli ortolani.*

La cosa importante da tenere presente, per un giudizio sulle città medievali, è che condizioni igieniche primitive non significano sempre condizioni cattive; la casa colonica medievale in cui la pila degli escrementi comuni costituiva la sola latrina domestica non minacciava la salute dei suoi abitanti quanto la progredita città pre-Pasteur dell'Ottocento, fornita di raffinati gabinetti a serbatoio in ogni abitazione borghese ma costretta a bere acqua attinta da quello stesso fiume in cui confluivano le fogne cittadine.....

Un peggioramento tuttavia lo si ebbe sicuramente, nonostante le regolamentazioni igieniche, verso la fine del Medio Evo. E fu dovuto all'edificazione di casamenti a più piani, a volte quattro o cinque, e a volte, come a Edimburgo, anche di più. Con abitazioni così alte gli impianti igienici all'aperto non avevano più molto senso: la distanza stessa da piani superiori favoriva la negligenza nello svuotamento dei vasi da notte. L'assenza di adeguate attrezzature tecniche produsse effetti mostruosi, Come a suo tempo nelle insulae

romane. Ma ciò si verificò soltanto più tardi come conseguenza degli alti affitti e della concentrazione urbana. In precedenza gli odori normali della città medievale non dovevano essere più repellenti di quelli di una qualunque aia, e non era certo l'Ottocento, con i suoi orribili misfatti igienici, che poteva permettersi di condannare questo periodo. Il discorso sugli escrementi umani si applica anche alle immondizie. Gli avanzi venivano mangiati dai cani, dai polli e dai maiali.....

Nel Cinquecento invece, nelle città meglio organizzate, dove erano stati presi provvedimenti per la pulizia delle strade, era vietato tenere maiali, persino nei giardini dietro casa. In un primo tempo il maiale era stato invece un membro attivo del locale ufficio sanitario, e come molte altre istituzioni medievali sarebbe sopravvissuto nei centri più arretrati fino alla metà dell'Ottocento.

*Più difficile era sbarazzarsi dei rifiuti non commestibili: cenere, scarti delle concerie, ossi particolarmente grossi, Ma erano indubbiamente in numero minore che nella città moderna; barattoli di latta, pezzi di ferro o di vetro rotto, bottiglie e fogli di carta ce n'erano pochissimi quando non mancavano del tutto. I rifiuti medievali erano in genere materia organica che si decomponeva e si mescolava alla terra. E poi non bisogna dimenticare un altro germicida fondamentale: il fuoco [le case nel primo medioevo erano fondamentalmente in legno e gli incendi erano frequenti, nota dell'Autore ].*

Con l'aumentare della popolazione nelle città, sorse la necessità di mettere mano alla questione dei rifiuti e sorsero regolamenti per dare il via a regolari servizi di pulizia: ad esempio il divieto di non fare i propri bisogni dove capitava e di non lasciare rifiuti o carcasse di animali in strada; con il rinascimento si cominciò a pensare allo smaltimento dei rifiuti e alla pulizia urbana.

Mancava tuttavia un sistema di fognature, come ai tempi di Roma, pur cominciando ad affrontare la questione dello svuotamento dei pozzi neri. Ad esempio a Milano all'inizio del 1500 presero vita i *navazzari*, in pratica gli antesignani degli spazzini o operatori ecologici; questi conducevano le *navazze*, i carri di raccolta del



letame e dei liquami dei pozzi neri (dove presenti) delle abitazioni private per trasportarli nei campi fuori delle mura cittadine e spanderli nei campi come concime.

Per trovare cambiamenti significativi nello smaltimento dei rifiuti e dei liquami bisogna risalire a tempi relativamente recenti e andare nella Londra di metà '800; in questa città la situazione era veramente disastrosa perché in essa si contavano più di 200.000 pozzi neri che dovevano essere svuotati a spese del proprietario con un costo di uno scellino, somma elevata per il cittadino medio. Il Tamigi era utilizzato come una grande fogna e in esso finiva ogni sorta di rifiuti, sia quello dei pozzi neri, sia i rifiuti in parte gettati in strada, dilavata dall'acqua piovana.

Nell'estate del 1858 si verificò un evento chiamato la grande puzza o gran fetore (*great stink*): nel centro cittadino si riversò un intenso odore di acque reflue, che segnò assai la capitale, anche per le epidemie di colera e tifo che avevano colpito in precedenza l'Inghilterra ed in particolare Londra. L'odore fu così insopportabile da dover usare fazzoletti per proteggersi e da sconvolgere anche le attività degli organi dello Stato. Per fortuna una intensa pioggia fece cessare la grande puzza, ridando acqua al Tamigi, ma non eliminò il problema igienico della città.

Fu a seguito di tale fatto che fu costruita una rete fognaria efficiente e moderna che servì di esempio per altre città, tra cui Milano.

Il capitalismo industriale creò nella città di Londra una situazione sociale e urbanistica che Dickens in *Tempi Difficili* chiamò Coketown; l'ambiente urbano divenne orribile con abitazioni sudice e sovraffollate; tale modello si estese poi anche alle altre città del mondo occidentale. La situazione venne a determinarsi con l'introduzione della macchina a vapore, utilizzata non solo per far muovere i telai, ma anche per il movimento delle locomotive; la ferrovia permise il trasporto delle merci e quindi la possibilità di costruire le fabbriche lontano dalle miniere di carbone, in particolare vicino a canali o fiumi, da cui prelevare l'acqua necessaria al funzionamento delle macchine e in cui scaricare i rifiuti di ogni genere. Questi fatti aumentarono la concentrazione delle attività nelle città con conseguente aumento della popolazione: le principali componenti della trasformazione

delle città furono dunque la fabbrica, la ferrovia e lo slum (Quartiere urbano di abitazioni sordide e malsane, privo di adeguati servizi igienici e sociali).

Riportiamo ancora alcuni passi del Mumford: *tra il 1820 e il 1900 vennero creati nelle grandi città distruzioni e disordini paragonabili a quelli di un campo di battaglia e proporzionati alle dimensioni delle attrezzature e alla potenza delle forze impiegate. Nelle nuove province dell'urbanistica, l'attenzione deve ora essere concentrata sui banchieri, sugli industriali e sugli inventori. Furono loro i responsabili di buona parte del bene e di quasi tutto il male, loro che crearono un nuovo tipo di città a propria immagine..... In misura più o meno grande ogni città del mondo occidentale aveva le stesse caratteristiche archetipe di Coketown ..... Forse l'aspetto più appariscente di questa transizione urbana fu lo spostamento che si verificò su tutto il pianeta [verso la città]. E questo spostamento fu accompagnato da un altro fatto di enorme importanza: lo straordinario incremento demografico che si verificò in paesi industrialmente arretrati ..... Tra il 1685 e il 1760 Manchester passò da 6.000 a 30-45.000 abitanti. Nel 1801 Manchester contava 72.275 abitanti che nel 1851 erano saliti a 303.382 ..... In Inghilterra, per cominciare, migliaia di queste nuove abitazioni operaie, in città come Birghinham o Bradford, erano costruite una addosso all'altra ... A ogni piano dunque, due stanze su quattro non ricevevano direttamente la luce del sole e non erano per niente ventilate. Non esistevano spazi aperti se non per uno stretto corridoio tra il retro di una casa e quello della casa accanto. Mentre nel Cinquecento in molte città inglesi il gettare l'immondizia per strada era considerato un reato, in questi centri proto-industriali era questo il metodo abituale per sbarazzarsene. Essa poi rimaneva lì, per quanto sporca e ripugnante potesse essere, <<finché l'accumulazione induceva qualcuno a portarsela via come letame>>, materia questa che certo non mancava negli affollati quartieri nuovi della città. Le latrine, incredibilmente fetide, erano di solito in cantina; era anche usanza comune tenere porcili sotto le case e i maiali ripresero ad aggirarsi per le strade... C'era persino una spaventosa scarsità di gabinetti ... in un quartiere di Manchester, nel 1843-44, ai bisogni di oltre 7.000 abitanti provvedevano complessivamente 33 cessi, cioè uno ogni 212 persone.*

Tuttavia, nonostante questo basso livello di edilizia e questi vertici di sozzura, in molte città non si riusciva a costruire case a sufficienza; e la situazione divenne ancora peggiore. Si incominciarono ad utilizzare le cantine come locali d'abitazione. A Liverpool un sesto della popolazione viveva in questi sotterranei, e le altre città portuali non erano in

condizioni migliori: Londra e New York potevano addirittura gareggiare con Liverpool; nella capitale inglese ancora nel 1930 c'erano 20.000 seminterrati abitati che i medici giudicavano inadatti all'occupazione umana. Sporczia e congestione, già di per sé stesse un grosso guaio, provocarono altri flagelli: i topi che diffondevano la peste bubbonica, le cimici che infestavano i letti e tormentavano i dormienti, i pidocchi che trasmettevano il tifo petecchiale, le mosche che calavano indifferentemente sulle latrine o sul cibo degli infanti. Inoltre all'umidità dei locali si associava quella dei muri formando così un terreno di coltivazione ideale per i batteri, anche perché le stanze eccessivamente affollate accrescevano al massimo la possibilità di contagio. Se la mancanza di impianti idraulici e di norme igieniche municipali produceva in questi nuovi quartieri urbani zaffate di spaventoso fetore, e se gli escrementi sparsi un po' dovunque, uniti alle infiltrazioni dei pozzi locali, determinavano la diffusione della febbre tifoide, la mancanza d'acqua aveva conseguenze ancora più raccapriccianti. ... Interi quartieri non erano a volte in grado di attingere acqua neppure dai pozzi, e certe volte i poveri andavano di casa in casa nei quartieri signorili a mendicare l'acqua, come avrebbero mendicato pane durante una carestia.

Non migliore è la descrizione che ne fa F. Engels nel suo famoso libro *“La situazione della classe operaia in Inghilterra”*.

*Le case sono abitate dalle cantine fin sotto i tetti, sporche di dentro e di fuori, ed hanno un aspetto tale che nessuno vorrebbe abitarci. Ma questo è ancora niente di fronte alle abitazioni negli angusti cortili e nei vicoli tra una strada e l'altra, in cui si entra attraverso passaggi coperti tra le case, e dove la sporczia e la rovina superano ogni immaginazione: qui è difficile trovare un vetro intatto, le mura sono sbriciolate, gli stipiti delle porte e le intelaiature delle finestre spezzati e sgangherati, le porte sono formate da vecchie tavole inchiodate insieme o non vi sono affatto, in questo quartiere di ladri non sono necessarie le porte, poiché non vi è nulla da rubare. Dappertutto sono sparsi mucchi di immondizie e di cenere, e l'acqua sporca gettata dinanzi alla porta si raccoglie in pozzanghere puzzolenti. Qui abitano i più poveri tra i poveri, gli operai peggio pagati, insieme con ladri, furfanti i e vittime della prostituzione in un miscuglio eterogeneo ...*

Non migliore era la situazione nelle maggiori città italiane. A Brescia, nel 1831, una commissione incaricata di ispezionare i quartieri poveri della città, registra «depositi di materiali, sudiciume, immondizia, buche di letame maleodorante, latrine all'aperto, condutture rotte sgorganti acqua che provoca umidità al pianterreno delle case e persino qualche stalla, se pure delle dimensioni modeste». Anche a Bologna, investita dall'epidemia del colera nel 1865, la situazione igienico-sanitaria della città non appariva dissimile: «immondizie gettate in strada (e poi ammassate nelle abitazioni dei "raccoglitori"); le numerose case prive di servizi essenziali. Le fogne scoperte e i conseguenti "micidiali miasmi" [...]; edifici senza cesso e latrine, spesso ingombri di depositi di immondizie e letame». A Napoli, in vista del colera del 1884, si contavano centinaia di vicoli e cortili chiusi ridotti a «*scarrafunere* (tane di scarafaggi), covi luridi e brulicanti di uomini-blatte, privi di fognature, di impianti igienici e di acqua potabile, per non parlare dell'aria pura. Su quasi 12.000 pozzi, oltre 7.000 risultavano infetti o sospetti di inquinamento». [da Marilisa Ficara].

Le cose cominciarono a migliorare e nella prima parte del '900 furono istituiti, con modalità e tempi diversi nelle varie città, i primi servizi pubblico-privati di raccolta dei rifiuti, con collaborazione non sempre adeguata della popolazione. Erano anche attive persone che si occupavano del recupero e del riciclo dei materiali, quelli che in Versilia vengono chiamati sfattini; i pozzi neri venivano svuotati da persone che utilizzavano il contenuto (se non compromesso dall'inquinamento) come concime per l'agricoltura. A Londra venivano chiamati *nightmen*; in Versilia c'è un detto: quando i bambini alle sera cominciano ad avere sonno si dice "passano i pisani". Questo detto deriva dal fatto che di solito gli svuotatori di pozzi neri e residui di latrine erano pisani e per motivi igienici e di odori passavano di sera tardi.

Si arriva quindi al dopo guerra in cui i rifiuti vengono raccolti dai netturbini e portati in zone adibite a discarica. Le cose cambiano perché, con il consumismo, si hanno caratteristiche diverse, sia qualitative che quantitative:

- aumenta la quantità di rifiuti prodotta;
- aumenta la tipologia dei rifiuti prodotti, merceologicamente parlando;
- viene incentivata ed assimilata la mentalità dell'usa e getta;

- aumenta in modo smisurato l'uso delle plastiche.

Negli anni '60 e '70 in Italia non esiste una normativa specifica dei rifiuti solidi urbani, essendo essa demandata soprattutto agli Uffici d'Igiene di ogni Comune e relativi regolamenti.

Nei Comuni o Regioni dove la raccolta e lo smaltimento dei rifiuti funzionava, si utilizzavano - e in parte si utilizzano ancora - due tipologie di smaltimento:

- la discarica attrezzata e controllata;



- l'incenerimento.



Naturalmente era ed è ancora utilizzato il sistema di abbandono dei rifiuti, prassi adottata praticamente in tutti i paesi e relativa non solo ai rifiuti solidi urbani (RSU) ma anche a quelli industriali. Basta vedere quelle che succedono in Italia, come ad esempio nella Terra dei Fuochi in Campania o la discarica dei fanghi per riempimento di luoghi in cui costruire strade in Toscana; la devastazione di parti di continenti come l'Africa con rifiuti industriali estremamente pericolosi provenienti dai civili paesi occidentali.

In Italia, a partire dagli anni '80 è cominciata una nuova legislazione che ha recepito, pur con contraddizioni e resistenze, la nuova filosofia della raccolta differenziata degli RSU e il recupero dei materiali, per il loro riutilizzo tout court o come materiale per la produzione di nuovi prodotti.



Chi scrive ha progettato il primo piano provinciale di raccolta differenziata per Lucca, insieme ad altri e il piano comunale di raccolta differenziata promosso dall'assessorato all'ambiente del Comune di Seravezza.

Adesso che in molte zone d'Italia la RD è decollata - e con successo - è scemata la memoria delle difficoltà che sono sorte per la sua attuazione.

Parliamo adesso dei RSU, nella loro produzione e modalità di smaltimento.

## 2. I rifiuti solidi urbani

Riportiamo alcune definizioni previste dalla legislazione italiana.

- **Rifiuti:** sostanze od oggetti che derivano da attività umane o da cicli naturali, rientranti nelle categorie riportate nell'**Allegato A** (alla Parte Quarta del D.Lgs. 152/06) e di cui il **detentore si disfi** o abbia deciso o abbia l'obbligo di disfarsi.
- **Produttore:** la persona (fisica o giuridica) la cui attività ha prodotto rifiuti, cosiddetto <<produttore iniziale>>, nonché anche la persona (fisica o giuridica) che ha effettuato operazioni di pretrattamento, di miscuglio o altre operazioni che hanno mutato la natura o la composizione dei rifiuti.
- **Detentore:** il produttore di rifiuti o la persona fisica o giuridica che li detiene.
- **Gestione:** la raccolta, il trasporto, il recupero e lo smaltimento dei rifiuti, compreso il controllo di queste operazioni, nonché il controllo delle discariche dopo la chiusura ;
- **Smaltimento:** le operazioni previste nell' Allegato B alla Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006 (art. 183, lett. g));
- **Recupero:** le operazioni previste nell'Allegato C alla Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006 (art. 183, lett. h));
- **Luogo di produzione dei rifiuti:** uno o più edifici o stabilimenti o siti infrastrutturali collegati tra loro all'interno di un'area delimitata in cui si svolgono le attività di produzione dalle quali originano i rifiuti (art. 183, lett. i));
- **Deposito Temporaneo:** il raggruppamento dei rifiuti effettuato, prima della raccolta, nel luogo in cui gli stessi sono prodotti (art. 183, lett. m)) e nel rispetto di specifiche e dettagliate condizioni (definite nella medesima lett. m) ed in particolare ai punti 1 e 2)
- **Materie prime seconde** sono costituite da sfridi di lavorazione delle materie prime oppure da materiali derivati dal recupero e dal riciclaggio dei rifiuti.

Classificazione dei rifiuti.

secondo le caratteristiche di **pericolosità** in:

- rifiuti non pericolosi
- rifiuti pericolosi

secondo l'**origine** in:

- rifiuti urbani
- rifiuti speciali

Le varie tipologie di rifiuti sono poi codificate in base all'elenco europeo dei rifiuti (CER).

Ad esempio:

020100	rifiuti prodotti da agricoltura, orticoltura, acquacoltura, selvicoltura, caccia e pesca
020101	fanghi da operazioni di lavaggio e pulizia
020102	scarti di tessuti animali
020103	scarti di tessuti vegetali
020104	rifiuti plastici (ad esclusione degli imballaggi)

Classificazione dei rifiuti

Sono rifiuti urbani:

- a) i **rifiuti domestici**, anche ingombranti, provenienti da locali e luoghi adibiti a civile abitazione;
- b) i rifiuti **non pericolosi** provenienti da locali e luoghi adibiti ad usi diversi da quelli di cui alla lettera a), assimilati ai rifiuti urbani per quantità e qualità; l'assimilazione è disposta dal Comune in base a criteri fissati in sede statale;
- c) i rifiuti provenienti dallo **spazzamento delle strade**;

- d) i rifiuti di qualunque natura o provenienza, giacenti sulle strade ed aree pubbliche o sulle strade ed aree private comunque soggette ad uso pubblico o sulle spiagge marittime e lacuali e sulle rive dei corsi d'acqua;
- e) i rifiuti vegetali provenienti da aree verdi, quali giardini, parchi ed aree cimiteriali;
- f) i rifiuti da esumazioni ed estumulazioni, nonché gli altri rifiuti provenienti da attività cimiteriale diversi da quelli di cui alle lettere b), c) ed e).

Sono rifiuti speciali:

- g) i rifiuti derivanti da attività di recupero e smaltimento di rifiuti, da potabilizzazione ed altri trattamenti delle acque, da depurazione delle acque reflue e delle emissioni in atmosfera;
- h) i rifiuti derivanti da attività sanitarie;
- i) i macchinari e le apparecchiature deteriorate ed obsolete;
- l) i veicoli a motore, rimorchi e simili fuori uso e le loro parti;
- m) il combustibile derivato da rifiuti (CDR)

Rifiuti urbani assimilati:

sono rifiuti urbani anche i rifiuti non pericolosi provenienti da locali adibiti ad usi diversi da quelli provenienti da locali e luoghi adibiti ad uso civile abitazione, *assimilati ai rifiuti urbani per qualità e quantità*.

**Esempio:** i rifiuti prodotti negli uffici, nelle mense, negli spacci, nei bar e nei locali al servizio dei lavoratori o comunque aperti al pubblico in attività produttive.

Di norma sono pericolosi i rifiuti non domestici che nell'elenco dei rifiuti nel CER, sono contrassegnati con un asterisco (\*).

030201 *	prodotti per i trattamenti conservativi del legno contenenti composti organici non alogenati
030202 *	prodotti per i trattamenti conservativi del legno contenenti composti organici clorurati
030203 *	prodotti per i trattamenti conservativi del legno contenenti composti organometallici
030204 *	prodotti per i trattamenti conservativi del legno contenenti composti inorganici

**NOTA.** La definizione è più complessa perché a volte è necessario conoscere i limiti della sostanza presente se essa è indicata in modo generico.

Fornite le nozioni di base sui rifiuti, passiamo adesso ad esaminare i dati sui rifiuti prodotti e sulla raccolta differenziata e recupero dei materiali.

I dati presentati sono ricavati dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale),

salvo diversa indicazione, e sono relativi alle pubblicazioni degli anni 2020-2021.

Nella tabella sopra riportata sono forniti i quantitativi di rifiuti prodotti nell'Unione Europea negli anni 2016-2017-2018, sia come valori assoluti che come kg/abitante.

**Tabella 1.1 – Produzione pro capite (kg/abitante per anno) e totale (tonnellate\*1.000) di RU nell'UE27, anni 2017 - 2019**

Paese/Raggruppamento	2017		2018		2019		Tipologia del dato
	kg/ab. anno	Ton*1000	kg/ab. anno	Ton*1000	kg/ab. anno	Ton*1000	
UE27	496	220.957	496	221.610	502	224.447	s
Austria	570	5.018	579	5.119	588	5.220	p
Belgio	411	4.672	409	4.677	416	4.779	
Bulgaria	435	3.080	407	2.862	n.a.	n.a.	
Cipro	625	537	646	562	642	566	p
Croazia	416	1.716	432	1.768	445	1.812	
Danimarca	820	4.728	814	4.715	844	4.907	
Estonia	390	514	405	535	369	490	
Finlandia	510	2.812	551	3.041	566	3.123	
Francia	535	35.817	535	35.889	546	36.740	ep
Germania	627	51.790	606	50.260	609	50.612	e
Grecia	504	5.415	515	5.523	524	5.613	
Irlanda	576	2.768	598	2.912	n.a.	n.a.	
Italia	488	29.572	499	30.165	503	30.023	
Lettonia	411	798	407	785	439	840	
Lituania	455	1.286	464	1.301	472	1.319	
Lussemburgo	798	476	803	488	791	491	ep
Malta	666	312	663	321	694	350	
Paesi Bassi	513	8.792	511	8.806	508	8.806	
Polonia	315	11.969	329	12.485	336	12.753	
Portogallo	486	5.007	507	5.213	513	5.281	
Rep. Ceca	489	5.177	494	5.248	500	5.338	
Romania	272	5.333	272	5.296	280	5.430	
Slovacchia	378	2.058	414	2.254	421	2.299	
Slovenia	471	974	486	1.009	504	1.052	
Spagna	473	22.018	475	22.229	476	22.438	e
Svezia	452	4.551	434	4.416	449	4.611	
Ungheria	385	3.768	381	3.729	387	3.780	
<b>Paesi della Regione Europea non UE</b>							
Albania	436	1.254	462	1.325	381	1.087	
Bosnia Erzegovina	352	1.235	356	1.244	352	1.228	
Islanda	656	225	702	247	n.a.	n.a.	
Kosovo	229	410	226	407	252	451	
Macedonia del Nord	n.a.	n.a.	412	855	441	916	
Montenegro	509	317	530	330	n.a.	n.a.	
Norvegia	748	3.949	739	3.927	776	4.151	
Serbia	306	2.150	319	2.230	338	2.350	
Svizzera	709	5.992	706	6.012	709	6.079	
Turchia	425	34.173	424	34.533	424	35.017	e

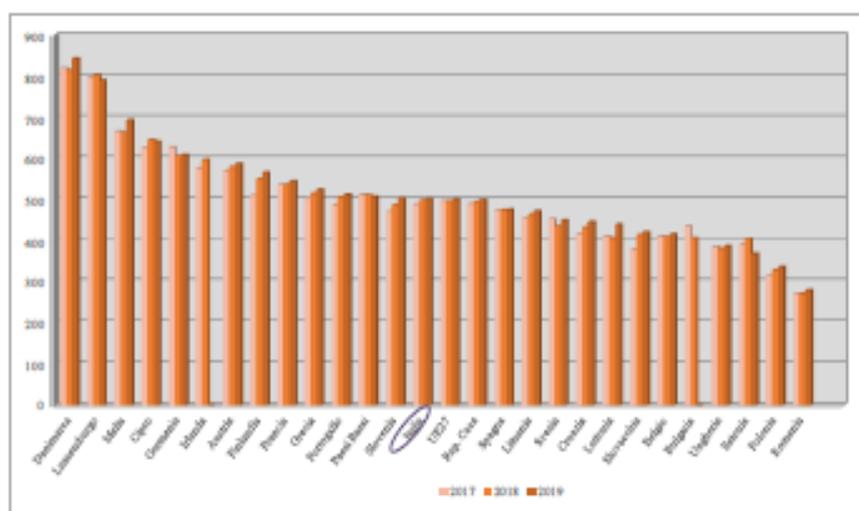
Legenda: ep: stimato, provvisorio; be: interruzione nelle serie temporali, stimato; b: interruzione nelle serie temporali; d: definizione diversa (vedi metadati); e: stimato; p: provvisorio; s: stima Eurostat.

RU = rifiuti urbani

Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Eurostat

Il primo dato da un'idea della quantità dei rifiuti prodotti annualmente nell'Unione Europea, il secondo dato è un elemento significativo per capire le abitudini di consumo dei vari paesi poiché è un dato relativo.

Figura 1.2 – Produzione pro capite di RU nell'UE27 (kg/abitante per anno), anni 2017 - 2019



Quest'ultimo dato è riportato su di un grafico che fornisce meglio il quadro della situazione. Si noti come l'Italia si collochi in una posizione intermedia con valori di circa 500 kg/abitante. Si vede che alcuni paesi mostrano un piccolo calo dei rifiuti, altri come l'Italia sono circa costanti, altri ancora hanno incrementi significativi.

Tabella 1.2 – Quantità totale di RU trattati nell'UE27 (tonnellate\*1.000) e pro capite (kg/abitante per anno), anni 2017 - 2019

Paese/Raggruppamento	2017		2018		2019		Tipologia del dato
	Ton*1000	kg/ab. anno	Ton*1000	kg/ab. anno	Ton*1000	kg/ab. anno	
UE27	217.276	487	217.472	487	220.397	493	ps
Austria	4.944	562	5.041	570	5.149	580	ps
Belgio	4.632	407	4.677	409	4.779	416	
Bulgaria	3.071	434	2.859	407	n.a.	n.a.	
Cipro	511	595	491	564	469	532	p
Croazia	1.649	399	1.619	396	1.621	398	
Danimarca	4.728	820	4.707	812	4.907	844	
Estonia	492	373	505	382	458	345	
Finlandia	2.812	510	3.041	551	3.123	566	
Francia	35.817	535	35.889	535	36.740	546	ep
Germania	61.701	627	60.260	606	60.612	600	
Grecia	5.413	504	5.523	519	5.613	524	
Irlanda	2.724	567	2.865	589	n.a.	n.a.	
Italia	26.949	445	27.488	455	27.607	462	
Lettonia	737	380	676	351	854	446	s
Lituania	1.275	451	1.167	417	1.159	415	
Lussemburgo	476	798	488	803	491	791	ep
Malta	283	605	299	617	352	698	p
Paesi Bassi	8.793	513	8.806	511	8.806	508	
Polonia	11.969	315	12.485	329	12.753	336	e
Portogallo	4.783	464	4.984	485	5.027	485	
Rep. Ceca	4.949	467	5.028	473	5.146	482	
Romania	5.324	273	5.134	264	5.007	258	
Slovacchia	2.057	378	2.253	414	2.293	421	
Slovenia	773	374	795	383	867	415	e
Spagna	22.018	473	22.229	475	22.438	476	e
Svezia	4.551	452	4.416	434	4.611	449	
Ungheria	3.752	383	3.746	383	3.791	388	
Paesi della Regione Europea non UE							
Albania	1.254	436	1.325	462	1.087	381	
Bosnia Erzegovina	950	271	956	273	27	8	
Islanda	168	488	179	508	n.a.	n.a.	
Kosovo	409	228	407	226	451	252	
Macedonia del Nord	714	344	624	301	632	305	
Montenegro	312	501	314	505	n.a.	n.a.	
Norvegia	3.949	748	3.927	739	4.151	776	
Serbia	1.806	257	1.956	280	4	1	
Svizzera	5.992	709	6.012	706	6.079	709	e
Turchia	31.968	398	32.209	396	32.661	396	e

Legenda: ep: stimato, provvisorio; be; interruzione nelle serie temporali, stimato, b; interruzione nelle serie temporali, d: definizione diversa (vedi metadati); e: stimato; p: provvisorio; s: stima Eurostat.

RU = rifiuti urbani

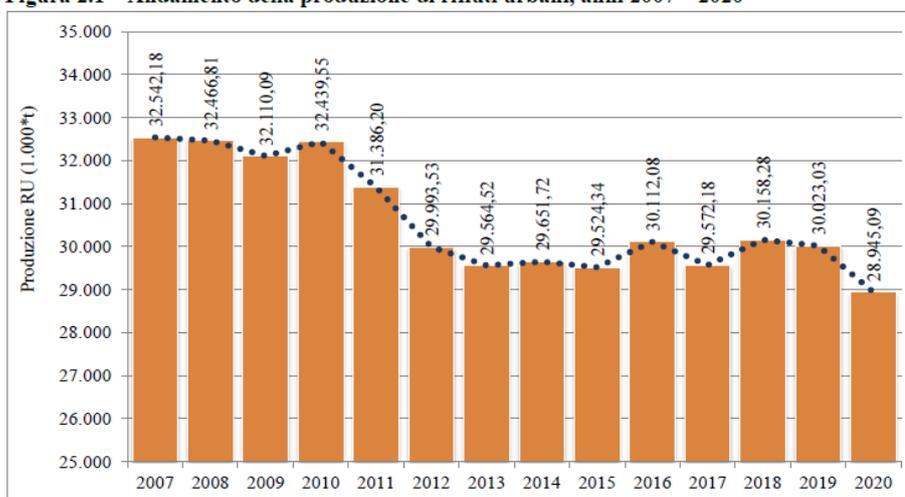
Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Eurostat

Nella tabella 1.3 sono riportati i metodi di smaltimento e recupero sempre relativi all'Europa. Si noti la scarsa incidenza dell'incenerimento.

**Tabella 1.3 – Percentuali di recupero e smaltimento sul totale di RU trattati nell'UE27, anni 2017 - 2019**

Paese/ Raggruppamento	Smaltimento						Recupero								
	Incenerimento(D10)			Discarica e altre operazioni (D1-D7, D12)			Riciclo di materia			Compostaggio e digestione aerobica/anaerobica			Recupero di energia (R1)		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
UE27	1%	1%	1%	25%	25%	24%	30%	31%	31%	17%	17%	18%	27%	27%	27%
Austria	0%	0%	0%	2%	2%	2%	26%	26%	26%	32%	33%	33%	39%	39%	39%
Belgio	1%	1%	1%	1%	1%	1%	34%	34%	34%	20%	20%	21%	42%	42%	42%
Bulgaria	0%	0%	n.a.	62%	61%	n.a.	27%	30%	n.a.	8%	2%	n.a.	3%	7%	n.a.
Cipro	0%	0%	0%	83%	80%	81%	15%	17%	16%	2%	2%	2%	0%	1%	1%
Croazia	0%	0%	0%	75%	72%	66%	22%	25%	30%	2%	3%	4%	0%	0%	0%
Danimarca	0%	0%	0%	1%	1%	1%	29%	32%	34%	19%	18%	18%	51%	49%	48%
Estonia	0%	0%	0%	20%	23%	19%	26%	26%	30%	4%	4%	3%	44%	44%	48%
Finlandia	0%	0%	0%	1%	1%	1%	27%	29%	29%	13%	13%	14%	59%	57%	56%
Francia	0%	0%	0%	21%	20%	20%	24%	25%	26%	20%	20%	20%	34%	34%	34%
Germania	1%	1%	1%	1%	1%	1%	49%	49%	48%	18%	18%	19%	31%	31%	32%
Grecia	0%	0%	0%	80%	78%	78%	15%	15%	16%	4%	5%	5%	1%	2%	1%
Irlanda	0%	0%	n.a.	23%	15%	n.a.	32%	30%	n.a.	9%	9%	n.a.	32%	43%	n.a.
Italia	1%	1%	1%	26%	24%	23%	30%	32%	33%	22%	23%	23%	20%	20%	21%
Lettonia	0%	0%	0%	70%	68%	56%	19%	22%	35%	8%	7%	5%	3%	2%	3%
Lituania	0%	0%	0%	33%	27%	25%	24%	27%	31%	24%	32%	25%	19%	14%	17%
Lussemburgo	0%	0%	0%	4%	4%	4%	30%	30%	30%	19%	19%	19%	47%	47%	47%
Malta	0%	0%	0%	88%	89%	91%	12%	11%	9%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Paesi Bassi	1%	1%	1%	1%	1%	1%	26%	27%	28%	28%	29%	29%	43%	42%	41%
Polonia	2%	2%	1%	42%	42%	43%	27%	26%	25%	7%	8%	9%	23%	23%	22%
Portogallo	0%	0%	0%	49%	51%	50%	13%	13%	13%	18%	18%	18%	21%	19%	20%
Rep. Ceca	0%	0%	0%	48%	48%	48%	23%	23%	23%	11%	11%	12%	18%	17%	17%
Romania	0%	0%	0%	81%	83%	82%	7%	8%	8%	7%	4%	5%	4%	5%	5%
Slovacchia	0%	1%	4%	61%	55%	52%	21%	27%	27%	9%	10%	12%	10%	7%	5%
Slovenia	5%	1%	0%	13%	12%	12%	53%	54%	52%	20%	21%	20%	10%	12%	16%
Spagna	0%	0%	0%	51%	54%	54%	18%	18%	18%	18%	17%	17%	13%	12%	11%
Svezia	0%	0%	0%	0%	1%	1%	31%	30%	32%	15%	16%	14%	53%	53%	53%
Ungheria	0%	0%	0%	49%	49%	51%	27%	29%	27%	8%	8%	9%	16%	13%	14%

**Figura 2.1 – Andamento della produzione di rifiuti urbani, anni 2007 – 2020**



Fonte: ISPRA

Per comprendere meglio come la produzione dei rifiuti sia legata al modo di produzione

capitalistico facciamo un'analisi più approfondita della situazione Italiana in modo di esaminare più anni.

### Produzione dei rifiuti urbani in Italia

Nel 2018, la produzione nazionale dei rifiuti urbani (RU) si attesta a quasi 30,2 milioni di tonnellate, con una crescita del 2% rispetto al 2017.

**Tabella 2.5 – Produzione totale di rifiuti urbani per regione, anni 2016 – 2020**

Regione	2016	2017	2018	2019	2020
	(t)				
Piemonte	2.065.818	2.063.581	2.162.096	2.143.652	2.087.128
Valle d'Aosta	72.685	73.721	75.056	75.825	75.887
Lombardia	4.781.845	4.685.489	4.810.952	4.843.570	4.680.196
Trentino Alto Adige	510.477	519.034	543.626	546.636	512.341
Veneto	2.389.216	2.334.794	2.363.232	2.403.335	2.320.680
Friuli Venezia Giulia	582.052	589.018	595.729	603.107	597.621
Liguria	845.407	830.036	832.333	821.949	791.481
Emilia Romagna	2.904.852	2.859.763	2.945.291	2.960.609	2.844.728
<b>Nord</b>	<b>14.152.352</b>	<b>13.955.436</b>	<b>14.328.313</b>	<b>14.398.682</b>	<b>13.910.062</b>
Toscana	2.306.696	2.243.820	2.284.143	2.277.254	2.153.388
Umbria	470.603	450.830	460.610	454.254	438.903
Marche	810.805	816.984	810.118	796.289	753.387
Lazio	3.025.528	2.961.867	3.026.441	2.982.549	2.815.268
<b>Centro</b>	<b>6.613.633</b>	<b>6.473.502</b>	<b>6.581.313</b>	<b>6.510.346</b>	<b>6.160.946</b>
Abruzzo	601.991	596.745	603.838	600.278	585.046
Molise	120.445	116.658	116.491	111.241	109.137
Campania	2.627.865	2.560.999	2.602.769	2.595.166	2.560.489
Puglia	1.909.340	1.876.335	1.898.348	1.871.828	1.851.161
Basilicata	201.946	196.315	199.425	197.214	188.717
Calabria	793.893	772.518	785.414	767.270	715.976
Sicilia	2.357.112	2.300.196	2.292.421	2.233.279	2.151.927
Sardegna	733.503	723.472	749.947	737.730	711.634
<b>Sud</b>	<b>9.346.094</b>	<b>9.143.237</b>	<b>9.248.654</b>	<b>9.114.005</b>	<b>8.874.087</b>
<b>Italia</b>	<b>30.112.079</b>	<b>29.572.175</b>	<b>30.158.280</b>	<b>30.023.033</b>	<b>28.945.094</b>

Fonte: ISPRA

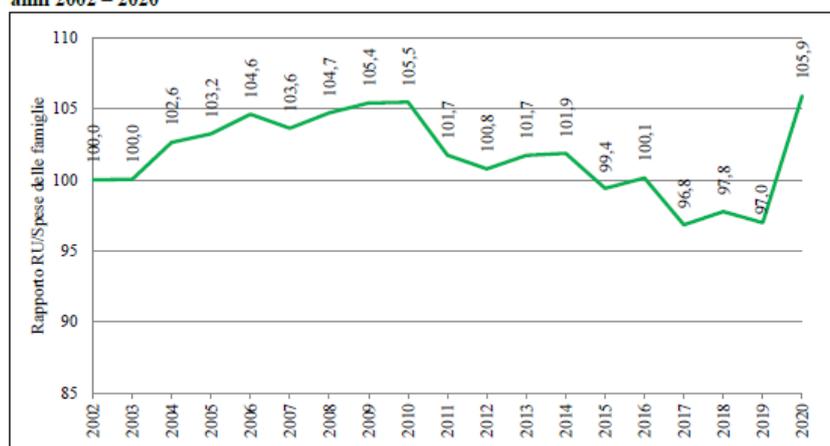
Dopo il calo rilevato nel 2017, il dato di produzione supera quindi nuovamente i 30 milioni di tonnellate, riallineandosi al valore del 2016.

Osservando l'andamento riferito ad un arco temporale più lungo, (fig.2.2) si può rilevare che tra il 2006 e il 2010 la produzione si è mantenuta costantemente al di sopra dei 32 milioni di tonnellate,

attestandosi successivamente, dopo il brusco calo del biennio 2011-2012 (concomitante con la contrazione dei valori del prodotto interno lordo e dei consumi delle famiglie), a valori compresi tra i 29,5 e i 30,2 milioni di tonnellate (Figura sottostante).

Son riportati anche alcuni indicatori economici a supporto di quanto affermato sopra, che confermano che la produzione dei rifiuti solidi urbani è legata al benessere delle famiglie: più alta è la crescita, maggiore è la produzione dei RSU, non necessariamente con una proporzionalità diretta.

**Figura 2.4 – Andamento della produzione dei rifiuti urbani per unità di spese delle famiglie, anni 2002 – 2020**

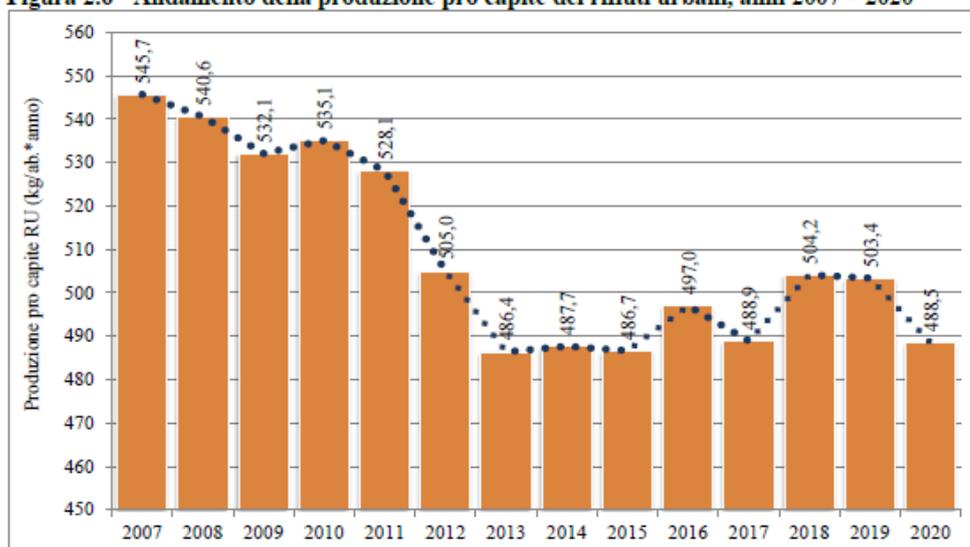


Note: è stato assunto pari a 100 il valore del rapporto tra produzione RU e Spese delle famiglie dell'anno 2002.  
Fonte: ISPRA; dati dei consumi delle famiglie a valori concatenati (anno di riferimento 2015): ISTAT

Un dato interessante, come ricordato sopra, è la produzione di RSU pro capite, che viene riportata sul grafico sottostante.

La didascalia presente commenta bene la situazione.

**Figura 2.6 - Andamento della produzione pro capite dei rifiuti urbani, anni 2007 – 2020**

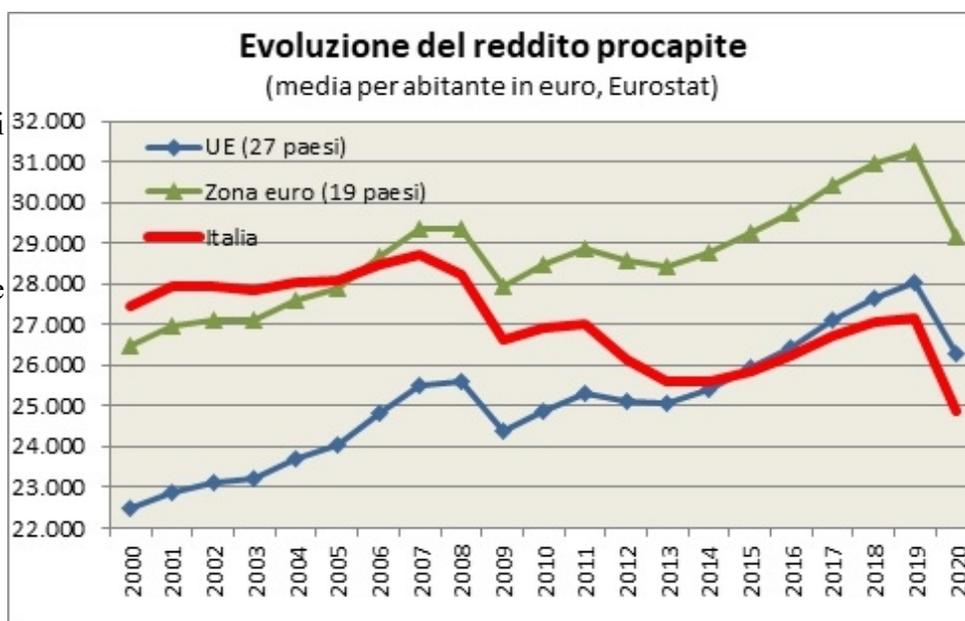


Fonte: ISPRA; dati di popolazione utilizzati per il calcolo dei valori pro capite: ISTAT

Nel 2020, la produzione di rifiuti urbani diminuisce in tutte le macro aree geografiche: le regioni del Centro fanno registrare il calo percentuale più consistente (-5,4%), seguono le regioni settentrionali (-3,4%) e quelle meridionali (-2,6%).

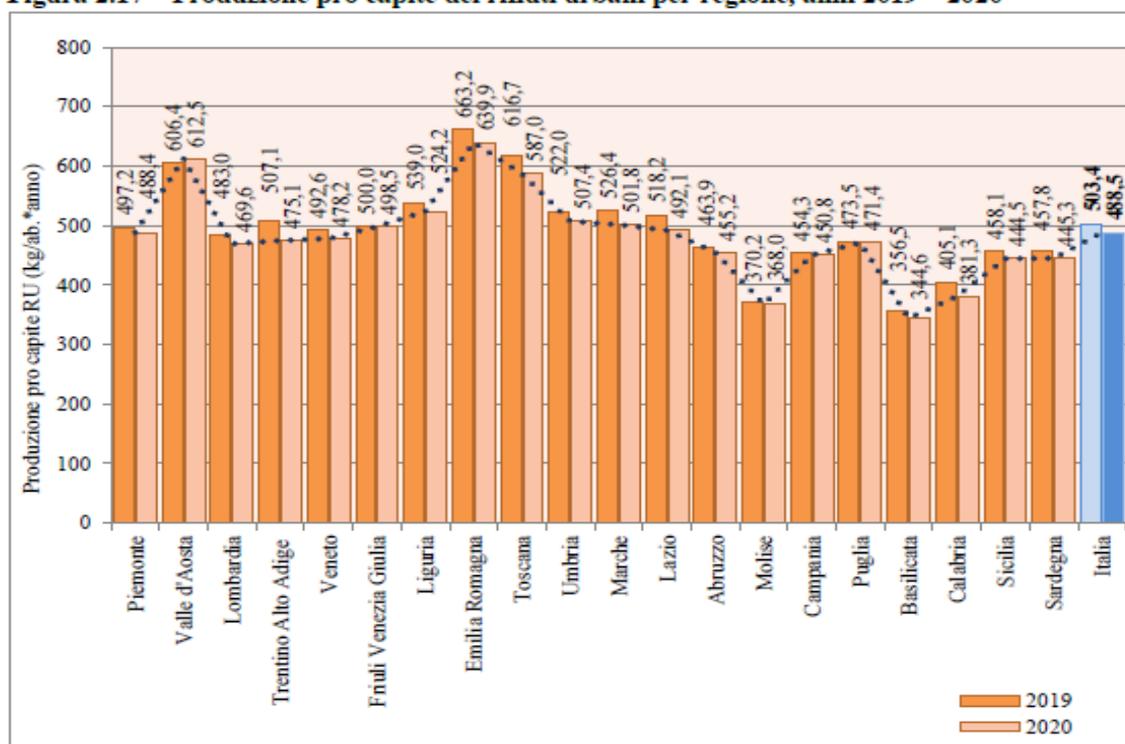
In valore assoluto, il nord Italia produce 13,9 milioni di tonnellate, il Centro circa 6,2 milioni di tonnellate e il Sud quasi 8,9 milioni di tonnellate. I valori più alti di produzione pro capite si osservano, come nelle precedenti annualità, per il Centro con 524 chilogrammi per abitante (Figura 2.8).

Il valore medio del nord Italia si attesta a circa 507 chilogrammi per abitante, in calo di 15 kg per abitante rispetto al 2019, mentre il dato del Sud è pari a 443 kg per abitante (-9 kg per abitante). La produzione pro capite di questa macro area risulta inferiore di



46 kg per abitante rispetto al dato nazionale e di 82 kg in raffronto al valore medio del Centro.

**Figura 2.17 – Produzione pro capite dei rifiuti urbani per regione, anni 2019 – 2020**



Fonte: ISPRA

Per confronto si riporta l'andamento del reddito pro capite nel tempo.

Il confronto dei due grafici conferma che la produzione dei RSU è legata al reddito delle persone. In periodi di crisi la gente, pur stimolata da una pubblicità asfissiante, tende a risparmiare o addirittura non ha soldi da spendere.

Si noti che l'andamento è simile a quello dell'Unione Europea, sia per la Zona euro che per l'UE, seppur con valori numerici inferiori per l'Italia.

Diamo infine la produzione pro capite dei rifiuti regione per regione per evidenziare le disparità di produzione dei RSU, legate alla ricchezza e alle abitudini delle persone.

Su scala provinciale, il più alto valore di produzione pro capite si riscontra per Reggio Emilia, con 761 chilogrammi per abitante per anno, seguono altre tre province dell'Emilia Romagna, nell'ordine, Rimini, Ravenna, e Forlì-Cesena, rispettivamente con 754, 735 e 726 chilogrammi per abitante per anno. Tra le province con produzione pro capite compresa tra i 600 e i 700 chilogrammi per abitante, rientrano altre tre province dell'Emilia Romagna (Piacenza, Ferrara, e Modena) 7 province toscane (Livorno, Grosseto, Lucca, Massa Carrara, Prato, Siena e Firenze), la provincia di Pesaro e Urbino e quelle di Savona e Imperia.

I più bassi valori di produzione pro capite (inferiori a 400 chilogrammi per abitante) si osservano per diverse province del Sud Italia. In particolare, Potenza, Enna e Avellino si collocano al di sotto di 350 chilogrammi per abitante per anno. Tra queste province

**Nota dell'autore.** I dati forniti ufficialmente sono relativi a quelli conferiti in discarica o all'inceneritore o alla raccolta differenziata, in generale conferiti come da legge. Purtroppo, sia per esperienza personale che per le varie inchieste fornite dai mass media, vi sono parecchi rifiuti che vengono abbandonati nei più svariati luoghi, basti pensare, ma non solo, alla Terra dei Fuochi in Campania. I quantitativi a parere dello scrivente non sono trascurabili e quindi forse le tabelle sopra riportate, pur importanti, andrebbero ritoccate. L'utilizzo delle *discariche controllate*, impermeabilizzate e dotate di strumenti di misura e controllo, pur essendo un notevole miglioramento rispetto alle discariche tout court o

abusive, presenta dei limiti notevoli: l'impossibilità di garantire la tenuta nel tempo sino all'esaurimento della pericolosità dei rifiuti contenuti, il consumo del territorio che pone limiti al suo utilizzo nel tempo non potendo disporre di aree a piacere.

L'utilizzo dell'inceneritore a parere dello scrivente (che ha fatto lotte decennali contro di esso quando militava in Legambiente) è ancora più problematico, perché presenta alcuni gravi problemi:

1. grave inquinamento, pur con una gestione corretta (ma sempre ?) dello stesso: emissione di metalli pesanti, diossine, furani, ed altri ancora, a seconda della composizione dei rifiuti;
2. non eliminazione del problema rifiuti: infatti, per la legge di conservazione della massa, applicabile sicuramente nel caso della combustione, tanta massa si immette nell'inceneritore e tanta ne esce; dal camino come fumi e gas in generale, come residui: cenere; come acque di lavaggio e filtri. Tutte queste sostanze sono altamente inquinate tant'è che debbono essere smaltite in apposite discariche. Anche i fumi, nonostante i filtri, contengono sostanze inquinanti, come detto al punto 1.
3. Trattandosi del fenomeno della combustione si genera CO<sub>2</sub> e spesso anche vapor acqueo, entrambi gas serra; danno quindi un contributo non indifferente, se utilizzati su vasta scala, al fenomeno dei cambiamenti climatici.
4. Il materiale che può essere bruciato è costituito essenzialmente da legno, plastiche, carta e cartoni, gomme e simili. E' noto che bruciare sostanze a base di lignina, come il legno e la carta, e sostanze clorurate come parte delle plastiche, produce diossine. Un conto teorico dei quantitativi bruciati porta a circa il 40 % del totale dei rifiuti, dico teorico perché l'esperienza della RD insegna la difficoltà di raggiungere il limite teorico di raccolta separata. E gli altri rifiuti ? Se poi i rifiuti vanno raccolti e separati per poterli poi bruciare con rendimenti accettabili, perché non utilizzare la RD ?

La soluzione sta in due tipologie di interventi:

1. Utilizzo spinto della RD, come avviene già in molti Comuni, come ad esempio in Versilia, e alcune regioni.

2. Cambio del modo di produzione dell'attuale società, che porta a quantitativi sempre maggiore dei rifiuti, per la necessità di avere un sempre maggiore PIL e sempre più beni da vendere. Senza questo passo non c'è raccolta differenzia o economia verde che possa tenere il passo con una produzione sempre crescente.

### 3. La Raccolta Differenziata in Italia

Figura 2.9 – Andamento della percentuale di raccolta differenziata dei rifiuti urbani, anni 2016 – 2020

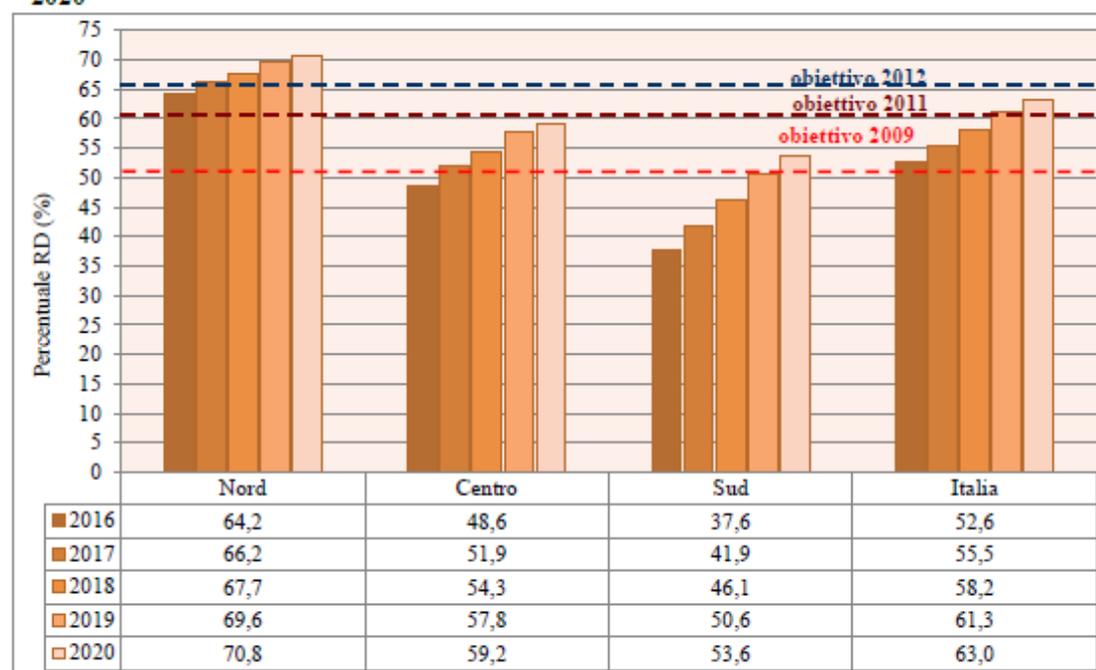


Tabella 2.7 – Raccolta differenziata dei rifiuti urbani per macroarea geografica, anni 2018 – 2020

Anno	Quantitativo raccolto (RD)				Percentuale RD (RD/RU)				Pro capite RD			
	(1.000+t)				(%)				(kg/ab.*anno)			
	Nord	Centro	Sud	Italia	Nord	Centro	Sud	Italia	Nord	Centro	Sud	Italia
2018	9.698,49	3.574,93	4.265,70	17.539,12	67,7	54,3	46,1	58,2	351	301	210	293
2019	10.021,29	3.761,97	4.614,06	18.397,32	69,6	57,8	50,6	61,3	363	318	228	308
2020	9.847,33	3.644,84	4.753,68	18.245,85	70,8	59,2	53,6	63,0	359	310	237	308

Fonte: ISPRA

Nel 2019, la percentuale di raccolta differenziata (RD) è pari al 61,3% della produzione nazionale, con una crescita di 3,1 punti rispetto alla percentuale del 2018 (Figura 2.9, Tabella 2.7). In valore assoluto, la raccolta differenziata si attesta a poco meno di 18,5 milioni di tonnellate, aumentando di 913 mila tonnellate rispetto al 2018 (17,5 milioni di tonnellate). Si segnala che il dato di raccolta differenziata ricomprende, laddove disponibili, i quantitativi di rifiuti organici destinati a compostaggio domestico, pari, nel 2019, a quasi 270 mila tonnellate. Nel Nord, la raccolta complessiva si colloca a 10 milioni di tonnellate, nel Sud a 4,6 milioni di tonnellate e nel Centro a circa 3,8 milioni di tonnellate. Tali valori si traducono in percentuali, calcolate rispetto alla produzione totale dei rifiuti urbani di ciascuna macroarea, pari al 69,6% per le regioni settentrionali, al 58,1% per quelle del Centro e al 50,6% per le regioni del Mezzogiorno. Rispetto al 2018, la percentuale delle regioni del Mezzogiorno cresce di 4,5 punti, quella delle regioni centrali di 3,8 punti e quella delle regioni del Nord di 1,9 punti. La raccolta pro capite nazionale (Tabella 2.7) è pari a 306 chilogrammi per abitante per anno, con valori di 361 chilogrammi per abitante nel Nord (+11 chilogrammi per abitante rispetto al 2018), 318 chilogrammi per abitante nel Centro (+20 chilogrammi) e 225 chilogrammi per abitante nel Sud (+18 chilogrammi).

*Con riferimento al quinquennio 2015-2019, si rileva un incremento di 80 chilogrammi per abitante nelle regioni del centro Italia, di 76 chilogrammi in quelle del Sud e di 71 chilogrammi nel Nord. Su scala nazionale la raccolta differenziata pro capite fa segnare, nel quinquennio, una crescita di 75 chilogrammi per abitante. Fonte ISPRA*

Il d.lgs. n. 152/2006 e la legge 27 dicembre 2006, n. 296 individuavano i seguenti obiettivi di raccolta differenziata:

- almeno il 35% entro il 31 dicembre 2006;
- almeno il 40% entro il 31 dicembre 2007;
- almeno il 45% entro il 31 dicembre 2008;
- almeno il 50% entro il 31 dicembre 2009;
- almeno il 60% entro il 31 dicembre 2011;
- almeno il 65% entro il 31 dicembre 2012.

**Tabella 2.8 – Raccolta differenziata delle principali frazioni merceologiche su scala nazionale, anni 2016 – 2020**

Frazione merceologica	Quantitativo raccolto				
	2016	2017	2018	2019	2020
	(1.000±t)				
Frazione organica (umido + verde) <sup>(1)</sup>	6.516,9	6.621,6	7.080,3	7.300,1	7.174,9
Carta e cartone	3.218,9	3.276,9	3.418,4	3.523,7	3.508,5
Vetro	1.852,4	2.000,3	2.119,6	2.238,0	2.223,8
Plastica	1.234,0	1.273,6	1.362,2	1.508,2	1.574,8
Metallo	293,1	316,8	332,1	357,6	368,1
Legno	739,5	800,4	908,3	930,4	881,5
RAEE	234,8	240,3	255,9	279,8	284,4
Ingombranti misti a recupero	754,2	773,0	826,0	865,0	900,7
Rifiuti da C&D <sup>(2)</sup>	350,3	385,9	390,4	429,7	402,9
Spazzamento stradale a recupero <sup>(2)</sup>	215,5	311,3	384,3	451,1	421,6
Tessili	133,3	133,4	146,2	157,7	143,3
Selettiva	43,9	46,4	48,6	53,1	55,9
Altro <sup>(3)</sup>	235,7	245,3	266,8	302,8	305,4
<b>Totale RD</b>	<b>15.822,8</b>	<b>16.425,2</b>	<b>17.539,1</b>	<b>18.397,3</b>	<b>18.245,9</b>

Note: <sup>(1)</sup> Nel dato sono contabilizzate, laddove disponibili, le quote di rifiuti avviati a compostaggio domestico (il dato complessivo è risultato pari, nel 2020, a 275.328 tonnellate). <sup>(2)</sup> Frazioni merceologiche incluse a partire dal 2016 sulla base dei criteri stabiliti dal DM 26 maggio 2016. <sup>(3)</sup> Nella voce "Altro" sono conteggiati, a partire dal 2016, anche gli scarti della raccolta multimateriale. In base ai criteri stabiliti dal DM 26 maggio 2016, quest'ultima deve, infatti, essere integralmente computata (al lordo della quota degli scarti) nel dato della RD. Le quote relative alle frazioni carta e cartone, vetro, plastica, metalli e legno sono date dalla somma dei quantitativi di rifiuti di imballaggio e di altre tipologie di rifiuti costituiti da tali materiali.

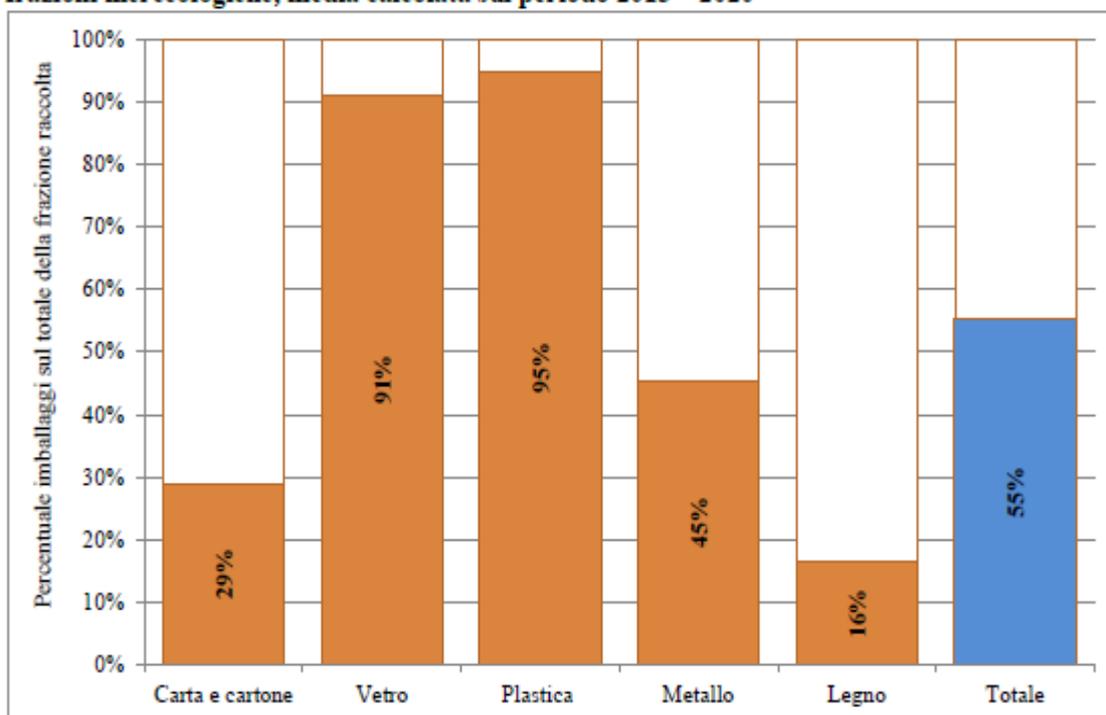
Fonte: ISPRA

La quota dei rifiuti d'imballaggio cresce continuamente ed è una logica conseguenza della politica dell'usa e getta, abbinata ad un sempre crescente martellamento pubblicitario che ci spinge a consumare sempre più; inoltre la tendenza ad utilizzare sempre più i supermercati a scapito dei piccoli negozi e l'utilizzo di internet per gli acquisti online aumenta il quantitativo di imballaggi che in alcuni casi superano in peso i prodotti che contengono.

Sotto viene riportata una interessante tabella che fornisce la percentuale di rifiuti d'imballaggio sul totale della raccolta delle singole frazioni merceologiche.

E' una media calcolata nel periodo 2013-2019. Per il vetro è comprensibile l'alto valore (90 %), visto che il vetro viene spesso usato come contenitore; il dato sulle plastiche (94 %) dovrebbe farci capire l'uso sbagliato che di esse facciamo. Sul problema delle plastiche ritorneremo in una sezione dedicata.

**Figura 2.13 – Percentuale media dei rifiuti di imballaggio sul totale della raccolta delle singole frazioni merceologiche, media calcolata sul periodo 2013 – 2020**



Fonte: ISPRA

Per finire con i dati sulla RD, mostriamo un grafico a torta con la ripartizione merceologica

percentuale della

stessa, riferita

all'anno 2019.

La quota maggiore

raccolta in modo

differenziato è

rappresentata dalla

componente

organica che

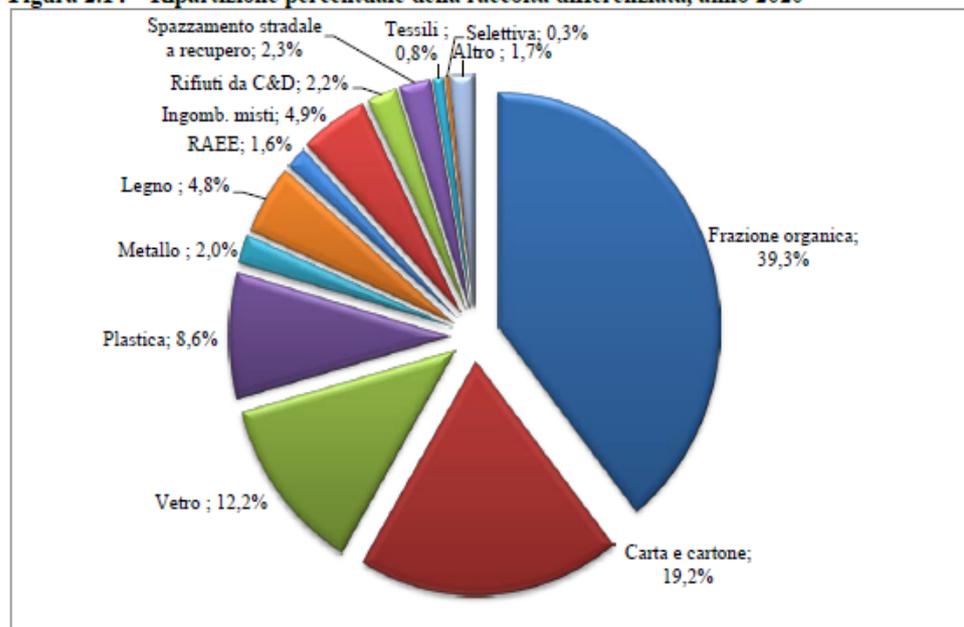
rappresenta anche

la frazione

maggiormente

presente nei RU.

**Figura 2.14 – Ripartizione percentuale della raccolta differenziata, anno 2020**



Note: nella voce "Altro" sono conteggiati, a partire dal 2016, anche gli scarti della raccolta multimateriale. In base ai criteri stabiliti dal DM 26 maggio 2016, quest'ultima deve, infatti, essere integralmente computata (al lordo della quota degli scarti) nel dato della RD.

Fonte: ISPRA

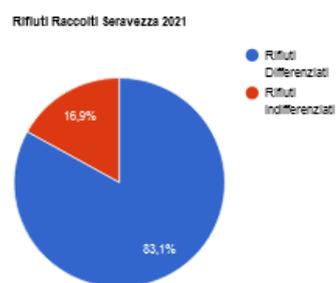
Diamo infine alcuni dati sulla RD del Comune di Seravezza (LU), che è stato il primo Comune versiliese che ha impostato la raccolta e recupero del materiale dagli Rsu estendendolo poi a tutto il Comune stesso.

TOTALE RIFIUTI RACCOLTI (IN KG)

TOTALE RIFIUTI RACCOLTI	(IN KG)
Rifiuti Differenziati	6.233.428
Rifiuti Indifferenziati	1.270.890
TOTALE	7.504.318
Rifiuti Neutri (spiaggiati, cimiteriali, ecc)	1.935

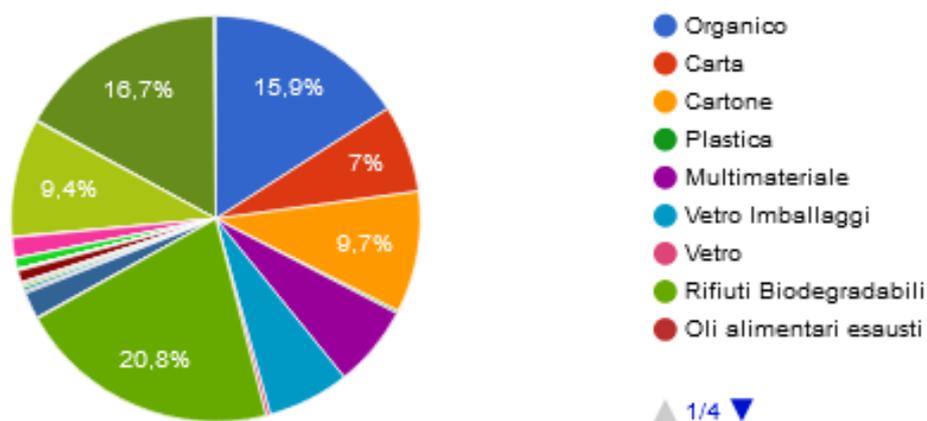
83.2%

RACCOLTA DIFFERENZIATA 2021



Sotto viene riportata la composizione merceologica della RD.

Tipologie Seravezza 2021



## 4. I rifiuti RAEE

La sigla RAEE significa **R**ifiuti da **A**pparecchiature **E**lettriche ed **E**lettroniche.

Le caratteristiche di questa tipologia di rifiuti sono:

- Il *continuo aumento della loro produzione* con quantità che sono preoccupanti, visto che ormai l'elettronica la fa da padrone in ogni settore, in particolare nella telefonia (si pensi ai cellulari, smartphone), ai calcolatori, internet ecc.
- La loro *pericolosità* per la presenza di sostanze tossiche sia per l'uomo sia per l'ambiente e quindi gli altri esseri viventi; le più disparate, nei numerosissimi dispositivi che ormai tutti noi utilizziamo.
- La difficoltà di raccogliere in modo separato gli elementi presenti.
- Al loro smaltimento: tutti sappiamo che, quando portiamo i rifiuti nei centri di raccolta, dobbiamo portare i RAEE in appositi spazi; tuttavia spesso questi rifiuti si trovano abbandonati sul territorio. Peggio ancora i paesi più poveri, come ad esempio l'Africa, stanno diventando le discariche dei RAEE dei paesi più ricchi. Spesso essi appartengono ai rifiuti prodotti dall'industria.

Gli obiettivi della Direttiva RAEE sono:

- Contribuire alla produzione e al consumo sostenibili attraverso il loro riutilizzo, riciclaggio e altre forme di recupero, in modo da ridurre il volume di rifiuti da smaltire.
- Contribuire all'uso efficiente delle risorse e al recupero di materie prime secondarie di valore.
- Contrastare il fenomeno dell'esportazione illegale di RAEE verso paesi in via di sviluppo.

La raccolta al livello dei centri in Italia continua ad essere divisa in 5 raggruppamenti (da R1 a R5), come riportati di seguito. La fonte di questi dati è il rapporto annuale 2018 del Centro di Coordinamento RAEE.

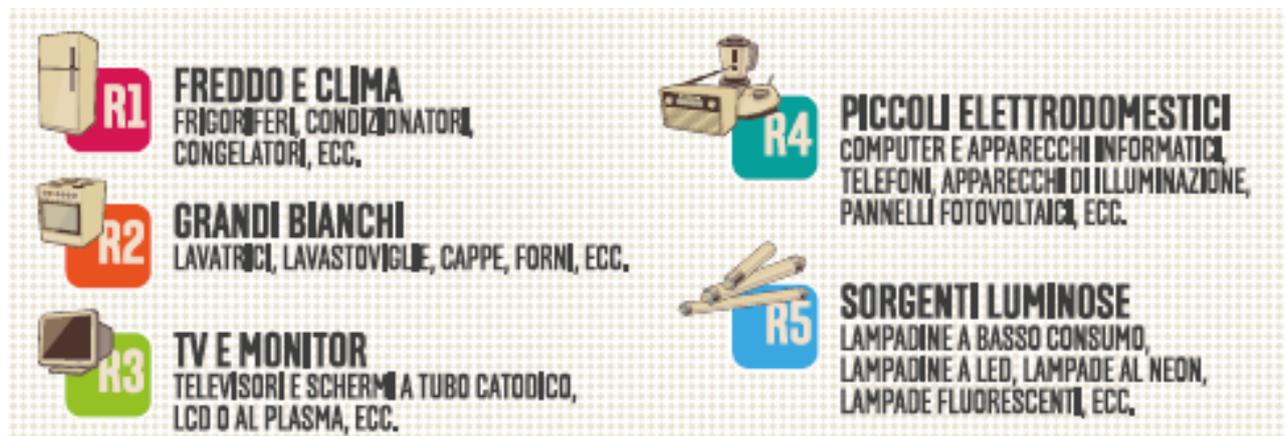
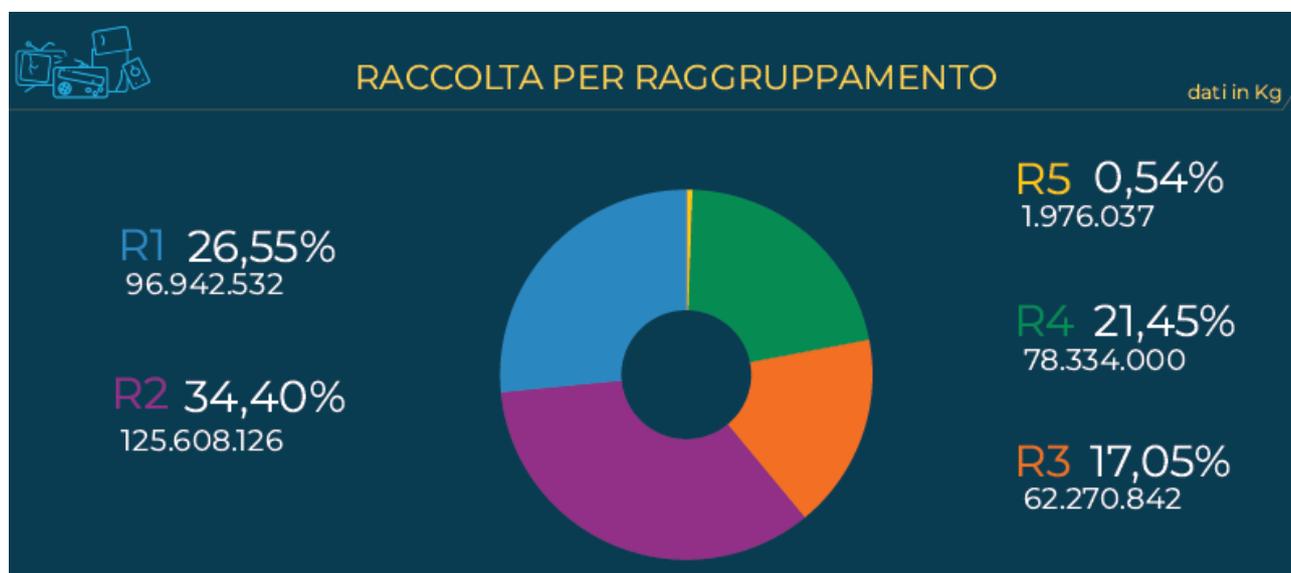


Figura che mostra la raccolta dei RAEE nell'anno 2021, sino ad ottobre. Le % sono riferite al totale dei rifiuti RAEE.



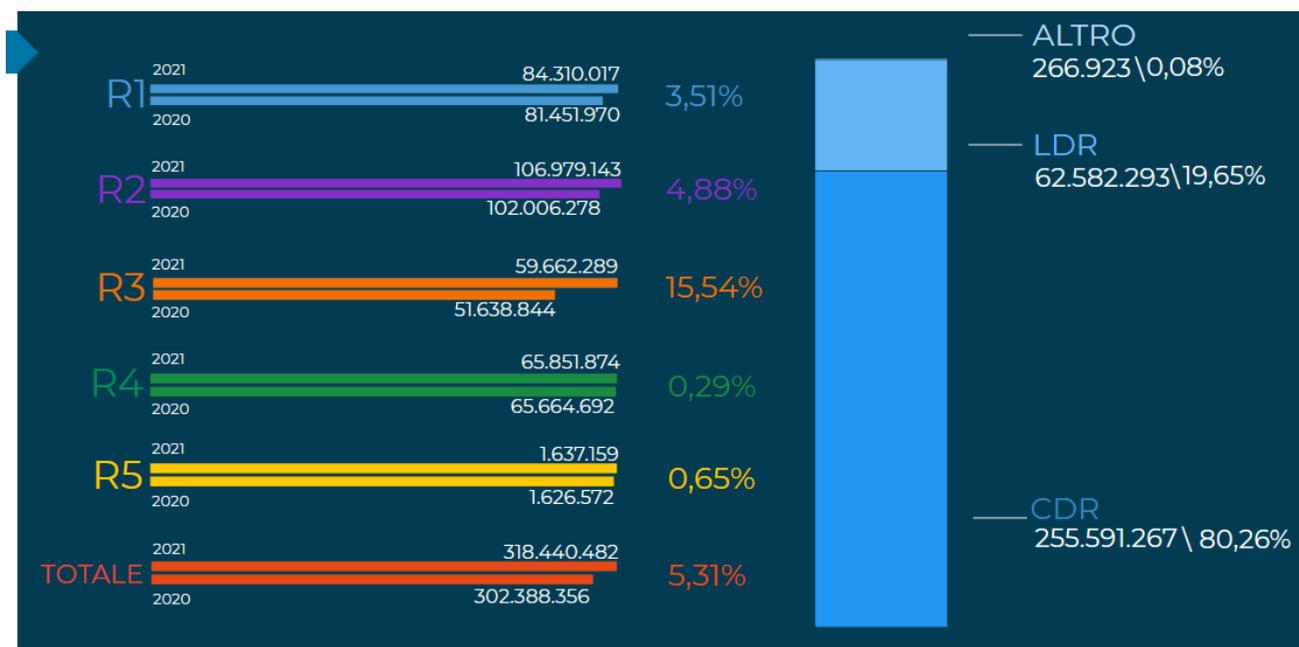


Figura che mostra la raccolta dei RAEE nell'anno 2021, per confronto con il 2020.

Diamo alcune **definizioni** tratte da Life WEEE.

<p><b>LdR</b></p>	<p>Luogo di Raggruppamento, o deposito preliminare alla raccolta dei RAEE organizzato da distributori, installatori, manutentori presso i locali del proprio punto vendita, al fine del trasporto presso i centri di raccolta o impianti autorizzati indicati dal produttore di AEE. <i>1 contro 1</i></p>	<p><b>LUOGO DI RITIRO</b></p>	<p>Area allestita situata all'interno dei locali del punto vendita del distributore, o in prossimità dedicata al conferimento gratuito di RAEE domestico di piccolissime dimensioni. <i>1 contro 0</i></p>
<p><b>CdR</b></p>	<p>Centro di Raccolta Comunale definito e disciplinato ai sensi del T.U.A. presso il quale sono raccolti, mediante raggruppamento differenziato anche le diverse tipologie di RAEE. Ai CdR si conferiscono i RAEE DOMESTICI</p>	<p><b>RACCOLTA E TRASPORTO</b></p>	<p>Attività di ritiro dei RAEE in cui sono coinvolti distributori ed installatori per la raccolta mediante raggruppamento e trasporto ai CdR o agli impianti di trattamento autorizzati indicati dal produttore della AEE.</p>

Art. 4 comma 1, lettera mm) ; pp) del D.lgs 49/2014

Art. 3 DM 31 maggio 121/2016

### RAEE DOMESTICI

Rifiuti di AEE originati dai nuclei domestici e quelli di origine commerciale, industriale, istituzionale e di altro tipo analoghi, per natura e quantità, a quelli originati dai nuclei domestici.

I rifiuti delle AEE che potrebbero essere usate sia dai nuclei domestici che da utilizzatori diversi dai nuclei domestici sono in ogni caso considerati essere dei RAEE provenienti dai nuclei domestici.

### RAEE PROFESSIONALI

i rifiuti provenienti da apparecchiature elettriche ed elettroniche diversi da quelli prodotti dai nuclei domestici.

I RAEE professionali sono destinati agli impianti di trattamento autorizzati indicati dal produttore di detta AEE o dal Sistema Collettivo di riferimento.

E' possibile gestire i RAEE Professionali SOLO SE ho l'incarico formale del produttore di detta AEE.

### RAEE DUAL USE

I rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche che potrebbero essere usate sia dai nuclei domestici che da utilizzatori diversi.

### RAEE EQUIVALENTI

RAEE ritirati a fronte della fornitura di una nuova apparecchiatura, che abbiano svolto la stessa funzione dell'apparecchiatura fornita



Art. 4 comma 1, lettera l); m); n) del D.lgs 49/2014



**RAEE domestico**



**RAEE equivalenti**



**RAEE domestico**



**RAE professionale**

**Lavatrice industriale**



**RAEE equivalenti**



**RAEE  
dual use**

**RAEE  
dual use**



**RAE professionale**



I rifiuti delle categorie R1 , R3 , R5 sono considerati pericolosi. Una gestione non conforme a quanto previsto dalla normativa vigente è considerato un reato penale.

I DISTRIBUTORI di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche hanno i seguenti obblighi:

- Ritiro DOVUTO E GRATUITO **1 contro 1** dei RAEE domestici/professionali equivalenti.
- Se la superficie di vendita al dettaglio è maggiore di 400mq: obbligo di ritiro gratuito di un RAEE domestico di dimensioni inferiori a 25 cm X 25 cm in modalità **1 contro 0**.
- Informazione agli utilizzatori sulla gratuità del ritiro con modalità chiare e di immediata percezione.
- Iscrizione all'Albo Nazionale Gestori Ambientali in CATEGORIA 3BIS.
- Registrazione al portale del Centro di Coordinamento RAEE.
- Organizzazione del luogo di raggruppamento.
- Compilazione dello Schedario di carico/scarico dei RAEE (Allegato I del DM. 65/2010) .
- Compilazione del Documento di Trasporto dei RAEE ritirati (Allegato II del DM 65/2010)
- Assicurare il trasporto dei RAEE ritirati verso il CdR o Impianto di Trattamento autorizzato.

 Alcune precisazioni utili per le persone.

*Ritiro 1 contro 1 - RAEE Domestico o Dual USE*

- E' il ritiro DOVUTO e GRATUITO di un RAEE domestico del quale il cliente intende disfarsi nel momento in cui viene consegnata una nuova AEE di tipo

equivalente e con le stesse funzioni, sia presso il punto vendita sia presso il domicilio del cliente.

- Il distributore, installatore, manutentore, può rifiutare il ritiro se c'è un effettivo rischio di contaminazione, un rischio per la sicurezza del personale incaricato, se l'apparecchiatura non contiene i suoi componenti essenziali oppure contiene rifiuti diversi dai RAEE. In questi casi lo smaltimento del RAEE è a carico del detentore, che deve conferirlo ad un operatore autorizzato.
- In caso di mancato ritiro o ritiro a titolo oneroso del RAEE è prevista una sanzione amministrativa da € 150 a € 400 a pezzo.

#### *Ritiro 1 contro 1 - RAEE Professionale*

- Per procedere al ritiro dei RAEE professionali il distributore, installatore, manutentore, deve aver ricevuto un incarico formale dal produttore di dette AEE.
- I RAEE professionali raccolti devono essere conferiti ad un Centro di Raccolta o impianto
- autorizzato indicato dal produttore di dette AEE.
- Di norma i RAEE professionali non vanno al CdR comunale

Inoltre come già ricordato:

#### *Ritiro 1 contro 0*

- E' il ritiro GRATUITO di un RAEE domestico di dimensioni esterne inferiori a 25cmX25cm del quale l'utilizzatore finale intende disfarsi, senza l'acquisto di un'AEE.

- Il ritiro è **OBBLIGATORIO** per i distributori che abbiano una superficie di vendita al dettaglio di AEE di almeno 400mq. Tutti possono effettuare in via volontaria il ritiro gratuito 1 contro 0.
- Sono esclusi dal ritiro 1 contro 0 i RAEE professionali.

*In sintesi*



## 5. Le plastiche

### Un po' di storia

*Questa parte è ricavata dal sito del CO.RE.PLA. (Consorzio Recupero Plastica). Da notare il tono enfatico con cui si parla della plastica.*

 La lunga strada che ci ha portati alla plastica che utilizziamo oggi è iniziata intorno al 1860, ed è ricca di nomi, esperimenti, invenzioni illuminate e passi falsi: ripercorriamola insieme!

Forse non lo sapete, ma compiendo questa sequenza di 3 semplici azioni avete avuto a che fare con **3 plastiche diverse**: il sacchetto della spesa (**polietilene**), il vasetto dello yogurt (**polipropilene**), la bottiglia dell'acqua (**polietilene tereftalato**).

E pensate, ne esistono anche altre, di **plastiche**!

Ma facciamo un passo indietro: prima di avventurarci nell'impervio terreno delle diverse tipologie, di capire la **composizione** della plastica, o ancora, di rispondere alla domanda "**come si fa la plastica?**", partiamo dalle basi: conoscete la **definizione di "plastica"**?

"Plastica" deriva dal greco gr. πλαστική (τέχνη) «(arte) che riguarda il modellare» [Enciclopedia Treccani]; si tratta infatti di un materiale assolutamente malleabile durante la produzione: può ottenere infatti qualsiasi forma.

### L'era della plastica

Abbiamo - non proprio noi, diciamo i nostri tris-tris-tris-trisavoli - attraversato l'età della pietra, quella del ferro, infine quella attuale: l'**era della plastica**, iniziata all'incirca negli anni '60, e diventata ben presto un insostituibile strumento della vita quotidiana .

Ma prima di essere la regina delle celebrità tra i materiali, proprio come una star ricordiamone la gavetta. Partiamo dunque insieme in questo viaggio, che ci farà percorrere la **storia della plastica**!

### **Tutto ebbe inizio con...**

Gli elefanti! Ebbene sì, sembra incredibile, ma dobbiamo a loro, o meglio, dobbiamo anche alla volontà di salvarli, l'**invenzione della plastica**.

Intorno al 1860, infatti, il gioco del biliardo appassionava migliaia di giocatori, più o meno bravi a metterla in buca (la bilia).

All'epoca, però, le palle da biliardo erano realizzate in **avorio**, ricavato appunto dalle zanne di elefante; questo non solo le rendeva molto costose, ma causava la decimazione dei poveri animali.

Fortuna che, nel 1863, una fabbrica di New York si decise a cambiare rotta: avrebbe offerto 10.000 dollari a chi avesse inventato un **materiale economico** in sostituzione dell'avorio.

### **La celluloido**

La cosa non fu facile né veloce, visto che ci vollero 6 anni (1869) prima che il tipografo **John Hyatt** alzasse la mano e dicesse "presente!", con la sua invenzione nuova di pacca: la **celluloide**.

Realizzata da un mix di canfora (cera trasparente con forte profumo aromatico, estratta dal legno del *Laurus Camphora*, grande albero sempreverde, e dalla Canfora del Borneo, gigante delle foreste del Borneo), azoto e cellulosa, la celluloido impressionò subito per la sua **straordinaria infrangibilità**: praticamente indistruttibile! **(E' un pregio, ma alla lunga anche un grosso difetto, nota dell'autore.)**

**Curiosità**: la fabbrica di penne Parker, fondata nel 1888, proprio per dimostrare l'indistruttibilità delle sue **penne in celluloido**, negli anni venti ne scaraventò una dall'**Empire State Building** e, negli anni seguenti, in una valle del **Grand Canyon**: ebbene sì, in entrambi i casi le 2 penne toccarono il suolo intatte!

Purtroppo, però, il suo limite risultava essere l'**alta infiammabilità**, che ne limitò fortemente l'impiego. Occorreva dunque trovare un altro materiale...

## La Galalite

Brevettata nel 1899 in Germania, da **Friedrich Adolph Spitteler e Wilhelm Krische**, la **galalite** veniva (e viene tutt'oggi) prodotta a partire da una **proteina del latte**, imitando piuttosto bene materiali come **avorio, ebano, madreperla**.

**Curiosità:** i falsari dell'epoca a volte riuscivano a spacciarla per uno di sopracitati **materiali naturali pregiati**, tanta era la somiglianza!

Ricavata dall'indurimento della **caseina**, la galalite è oggi utilizzata come valida alternativa all'impiego di **materie naturali di origine animale e vegetale**.

Nonostante infatti il **divieto di commercio globale dell'avorio** (dal 1989), ogni anno circa 20.000 **elefanti** africani vengono massacrati per le loro zanne; stessa sorte accade alle **tartarughe**, per il loro prezioso guscio, o agli splendidi **coralli**, a rischio estinzione.

Bottoni, manici di coltelli, tasti di pianoforte, bigiotteria, gioielli, articoli e manufatti nel settore moda: realizzati in **galalite**, sono splendidi e resistenti.

Ma torniamo alla fine del 1800. Nonostante la sua importante scoperta, la **Galalite** risultò impossibile da plasmare: fabbricata in forma di fogli di diverso spessore, bastoncini e tubi, necessitava infatti di essere successivamente lavorata a mano. Il che, faceva lievitare i costi di produzione.

Eravamo ancora lontani da quel materiale **economico, versatile, durevole e malleabile** che stavamo cercando...

## La bachelite

Nel 1909 il chimico belga-americano **Leo Baekeland** gridò EUREKA, riuscendo a creare la **bachelite**, una sostanza composta da fenolo e formaldeide.

La sua particolarità era quella di poter essere **modellata con il calore**: una volta raffreddata, poi, non poteva più cambiare forma!

Al chimico Baekeland, dunque, riconosciamo il guizzo di aver creato la **prima plastica termoindurente** (ovvero, che diventa dura con il calore), in grado di mandare in pensione materiali come il **legno**, i **metalli**, le **leghe**, e riducendo i costi di produzione.

Oggi è possibile trovare questo materiale in vari oggetti: dai manici delle pentole agli interruttori, fino ai componenti delle auto!

Ma proprio come la **celluloide** e la **galalite**, anche la **bachelite** presentava un difetto di non poco conto: pur sembrando indistruttibile, nel tempo si copriva di piccole crepe che ne compromettevano la struttura. In un certo senso, dunque, la bachelite era destinata a... invecchiare!

## Il plexiglass

Arriviamo così ai ruggenti **anni '20**, gli stessi che videro l'affermarsi della **cultura di massa** veicolata da radio e cinema, il **jazz** uscire fuori dalla comunità nera, e **Louis Armstrong** diventare una celebrità.

E chissà che non ci fosse in sottofondo proprio il suono della tromba di Armstrong, durante gli esperimenti di creazione di nuovi **materiali plastici utilizzando il petrolio**, che portarono, nel decennio successivo, alla scoperta del **plexiglass**.

Dobbiamo al chimico tedesco **Walter Bauer** l'invenzione del **polimetilmetacrilato** (che per non slogarci una mandibola chiameremo con uno dei suoi nomi commerciali più diffusi, appunto, plexiglass), un materiale per lo più **infrangibile** (a seconda della sua composizione), e molto **trasparente**: anche più del vetro!

Caratteristiche, queste, che durante la **seconda guerra mondiale** lo resero perfetto per realizzare i cupolini degli **aerei da caccia**.

Oggi lo troviamo impiegato nella fabbricazione di vetri di sicurezza, nei presidi antinfortunistici, nell'arredamento o nell'architettura.

In seguito alla scoperta del **plexiglass**, fu poi la volta di due altri tipi di plastica di successo: il **PVC** e il **poliuretano**.

### Dagli anni '30 ad oggi

Dagli anni '30 non ci siamo più fermati a studiare, sperimentare, inventare nuove plastiche sempre più performanti, inanellando una lunga serie di successi:

- Nel 1933, in Inghilterra, venne scoperto il **polietilene**, con ottime proprietà isolanti e di stabilità chimica, un materiale molto versatile ed economico (tra gli usi più comuni: borse e buste di plastica, contenitori di vario tipo, ecc.)
- Nel 1938, in America, nacque il **nylon**, la fibra sintetica usata per i tessuti.
- Nel 1954, in Italia, **Giulio Natta** inventò il **moplen**, oggi usato per le vaschette alimentari, che nel 1963 gli valse il **premio Nobel**.

Da allora, la corsa alla scoperta di **materiali plastici** non si è più arrestata, continuando a dare vita a nuovi tipi di **plastica**. 

La **IUPAC** (Unione internazionale di chimica pura e applicata) definisce le materie plastiche come **materiali polimerici che possono contenere altre sostanze finalizzate a migliorarne le proprietà o ridurre i costi**.

Raccomanda l'utilizzo del termine **polimeri** al posto di quello generico di plastiche.

Sono **materiali organici** costituiti da molecole con una catena molto lunga (**macromolecole**), che determinano le caratteristiche dei materiali stessi.

Possono essere costituite da **polimeri puri o miscelati** con additivi o cariche varie. I polimeri più comuni sono prodotti a partire da sostanze **derivate dal petrolio**, ma vi sono anche materie plastiche sviluppate partendo da altre fonti.

I materiali polimerici puri si suddividono in:

- **termoplastici**: acquistano malleabilità, cioè rammolliscono, sotto l'azione del calore; possono essere modellati o formati in oggetti finiti e quindi per raffreddamento tornano ad essere rigidi; tale processo può essere ripetuto tante volte;
- **termoindurenti**: dopo una fase iniziale di rammollimento per riscaldamento, in cui sono formabili, induriscono per effetto della reticolazione; se vengono riscaldati dopo l'indurimento non tornano più a rammollire, ma si decompongono carbonizzandosi;
- **elastomeri**: presentano elevata deformabilità ed elasticità, simili al caucciù.

Le caratteristiche **vantaggiose** delle materie plastiche rispetto ai materiali metallici e non metallici sono:

- la grande facilità di lavorazione,
- l'economicità,
- la colorabilità,
- l'isolamento acustico, termico, elettrico, meccanico (vibrazioni),
- la resistenza alla corrosione (non sempre) e l'inerzia chimica,
- l'idrorepellenza e l'inattaccabilità da parte di muffe, funghi e batteri,
- la **bassa densità** -che conferisce un'elevata leggerezza- compresa fra un minimo di 0,04 - 1 kg/dm<sup>3</sup> per il polistirolo a un massimo di 2,2 kg/dm<sup>3</sup> del politetrafluoruetilene (PTFE), con una resistenza fisica molto eterogenea a seconda del tipo di plastica.

Quelle **svantaggiose** sono:

- l'attaccabilità da parte dei solventi (soprattutto le termoplastiche) e degli acidi (in particolare le termoindurenti) ,
- scarsa resistenza a temperature elevate,
- **grandi danni ambientali** come vedremo più avanti,

- utilizzo del petrolio per la loro formazione.

Alla base polimerica vengono aggiunte svariate sostanze ausiliarie ("cariche", additivi e plastificanti) in funzione dell'applicazione cui la materia plastica è destinata. Tali sostanze possono essere plastificanti, coloranti, antiossidanti, lubrificanti ed altri componenti speciali.

Tali sostanze hanno quindi la funzione (tra le altre) di stabilizzare, preservare, fluidificare, colorare, decolorare, proteggere dall'ossidazione il polimero, e in genere modificarne la lavorabilità, aspetto e resistenza in funzione dell'applicazione che se ne intende fare.

### Esempi di polimeri termoplastici.

#### Polietilene PE

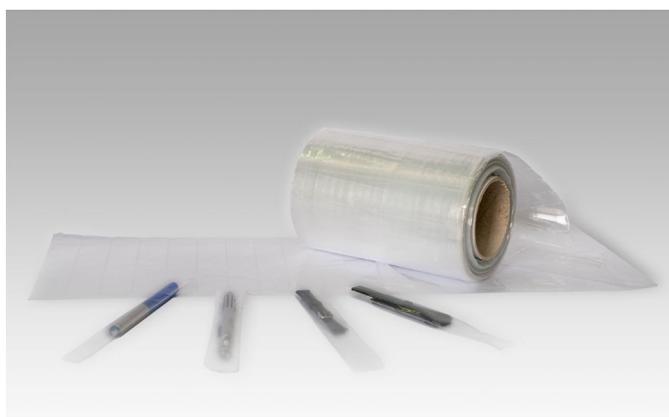
**HDPE** (polietilene ad alta densità): è resistente agli urti.

**Usi:** flaconi, sacchetti, tubi per l'acqua e tubi per gas.



**LDPE** (polietilene a bassa densità): è la plastica più leggera. È sensibile al calore ma resiste agli agenti chimici. Ha un buon isolamento elettrico.

**Usi:** sacchetti, imballaggi, pellicole per alimenti.



## Polistirene

**PS** (polistirene): duro e rigido.

**Usi:** scotch per le auto, giocattoli, oggetti d'arredamento, stoviglie in plastica, gusci di elettrodomestici.



**Polistirene espanso** (comunemente detto *polistirolo*): resina a forma schiumosa; ha bassissimo peso specifico e conducibilità termica; buona elasticità.

**Usi:** imballaggi, isolamento termico ed elettrico dei muri.



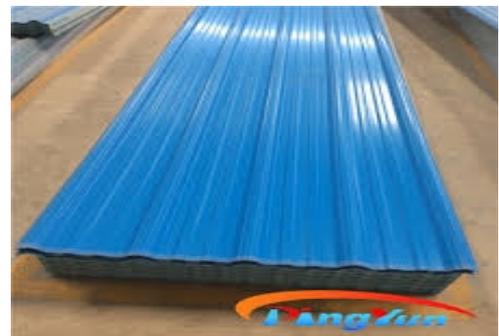
**PET** (polietilene tereftalato): consente di ottenere fogli sottili e leggeri. Resistente al calore fino a 250 °C ed impermeabile ai gas.

**Usi:** contenitori per liquidi, vaschette per frigo e forno.



**PVC** (polivinilcloruro o cloruro di polivinile): è la plastica più utilizzata. Ha buone proprietà meccaniche e chimiche.

**Usi:** Finestre, serramenti esterni, giocattoli, bottiglie, contenitori, grondaie, calzature, rivestimenti di fili elettrici, tappezzerie, finta pelle.



**PP** (polipropilene): è resistente al calore ed agli agenti chimici. Ha un buon isolamento elettrico; quello isotattico è il MOPLENE.

**Usi:** nel settore casalingo, parti di elettrodomestici, valigeria, imballaggi, lastre e tubazioni per l'edilizia.



**PA** - poliammide (nylon): una fra le prime plastiche scoperte. Resistente all'usura e non infiammabile.

**Usi:** ingranaggi, apparecchi radiotelevisivi, abbigliamento.



**Resine acriliche:** simili al vetro perché sono trasparenti.

**Usi:** fusori delle lampade, coperture trasparenti, oggetti d'arredamento.



## Produzione di plastiche

Ogni anno vengono prodotte circa **350 milioni di tonnellate di plastica** e più della metà di queste viene gettata in discarica o negli oceani.

Le materie plastiche - solubili, usa e getta o durevoli - causano inquinamento in quasi tutte le fasi del loro ciclo di vita, a partire dall'uso di combustibili fossili per la loro produzione. Tuttavia sono essenziali allo stato attuale, grazie ad applicazioni pratiche che vanno dalla purificazione dell'acqua ai dispositivi medici.

Sono necessarie nuove materie prime e materiali non petrolchimici, politiche e normative per ridurre responsabilmente il consumo di plastica e passare a un'economia della plastica più circolare. Le tecnologie emergenti, come il riciclaggio chimico, possono accelerare questa trasformazione. La stragrande maggioranza delle materie plastiche è prodotta utilizzando prodotti petrolchimici.

Circa il 10% di tutto il petrolio e il gas prodotti nel mondo è destinato alla produzione di plastica, che alla fine rappresenta il 3,5% di tutte le emissioni di gas serra. Mentre la maggior parte di queste emissioni è generata dalla produzione e fabbricazione di prodotti in plastica, alcune provengono dal loro smaltimento.

Circa un quarto di tutti i rifiuti di plastica viene incenerito, causando emissioni dirette, e il 55% viene gettato in discarica o direttamente nell'ambiente. Le discariche non sono sostenibili e fino al 40% dei rifiuti delle discariche viene potenzialmente bruciato a fuoco aperto in modo da rilasciare anidride carbonica e altri inquinanti.

L'industria della plastica può agire per ridurre a zero le emissioni di carbonio correlate; ci sono diverse materie prime innovative a basse emissioni di carbonio che sono potenziali alternative ai prodotti petrolchimici vergini. Alcuni esempi includono legno, amido di mais, sottoprodotti agricoli, plastica riciclata e persino la produzione diretta utilizzando le emissioni di anidride carbonica esistenti. I polimeri di policarbonato, ad esempio, possono essere composti fino al 50% di anidride carbonica e possono sostituire i poliuretani convenzionali utilizzati per l'isolamento degli alloggi, le schiume e i riempitivi, bloccando notevoli quantità di CO<sub>2</sub> per decenni.

*(Tratto da World Economic Forum)*

Vi sono alcune considerazioni da fare:

1. come detto sopra le plastiche inquinano in ogni fase del loro ciclo di vita;
2. allo stato attuale, visto il loro uso in ogni settore e in ogni parte della Terra, una loro sostituzione globale ed immediata non è possibile;
3. vi sono settori, come quello medico, in cui al momento attuale sono insostituibili;
4. il loro uso nei prodotti usa e getta va sostituito con urgenza (assieme alla politica dell'usa e getta stessa), come ad esempio le posate, i piatti, i bicchieri ecc, utilizzati nelle feste gastronomiche e in generale nel consumo di cibi; in questo senso si va muovendo l'Unione Europea, ma con tempi non brevi, condizionata dall'industria delle plastiche;
5. è necessaria una veloce inversione di tendenza nell'uso della plastica utilizzando un modo diverso di produzione e di consumo.

Ogni anno almeno **8 milioni di tonnellate di plastica finiscono negli oceani** e, ad oggi, si stima **che via siano più di 150 milioni di tonnellate di plastica negli oceani**.

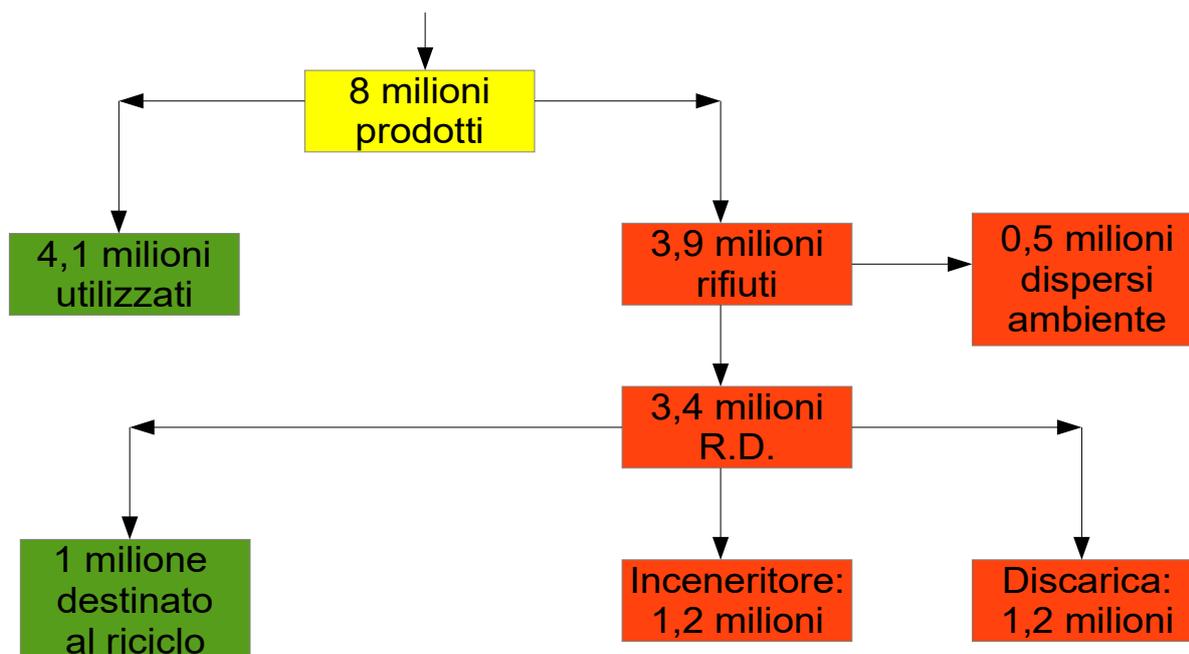
Se non si dovesse agire per invertire la tendenza, proseguendo con i trend attuali, gli oceani potranno avere nel 2025 una proporzione di una tonnellate di plastica per ogni 3 tonnellate di pesce mentre nel 2050 avremo, in peso, negli oceani del mondo più plastica che pesci, tenuto conto anche dell'impoverimento della flora e fauna nei mari.

La plastica si trova ormai ovunque: se ne sono trovate tracce nei ghiacci, nelle grandi fosse marine, *fino a 10 km di profondità* (fossa delle Marianne) e non è un caso che gli studiosi che stanno studiando l'individuazione di un nuovo periodo geologico della storia della Terra, definito appunto Antropocene (qualcuno lo ha definito invece Capitalocene), stanno analizzando la plastica come un "tecno fossile", capace di essere presente nelle stratificazioni geologiche, mentre nelle isole Hawaii sono state individuate rocce definite plastiglomerato, perché la plastica è presente e inserita nel loro interno. (WWF).

L'Italia è il maggior produttore di manufatti in plastica dell'area mediterranea.

Ha la maggiore lunghezza delle coste in area mediterranea con conseguente maggior inquinamento delle coste da plastica.

Produce circa **8 milioni di tonnellate di plastica all'anno**, con un aumento del 7 % dal 2012 al 2017.



La produzione della plastica prevede **un consumo di energia pari a 104 milioni di barili di petrolio**, con un emissione di 46,3 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub>.

Il **42 %** dei manufatti plastici provengono dall'industria degli **imballaggi**, con vita breve e determinano l'80 % dei rifiuti plastici.

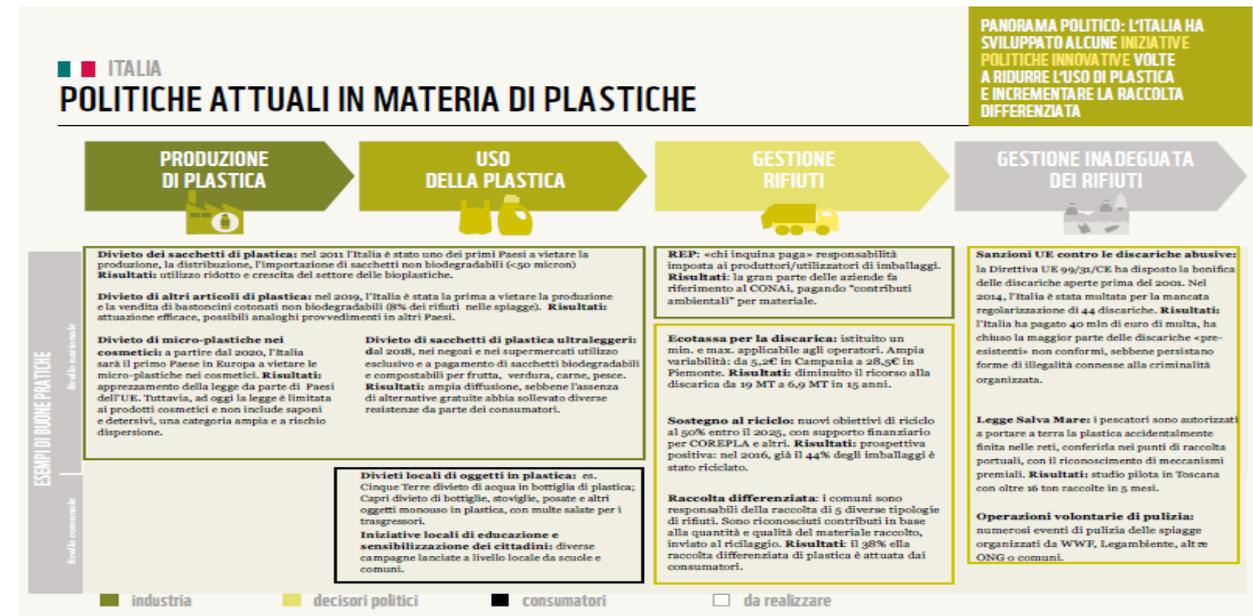
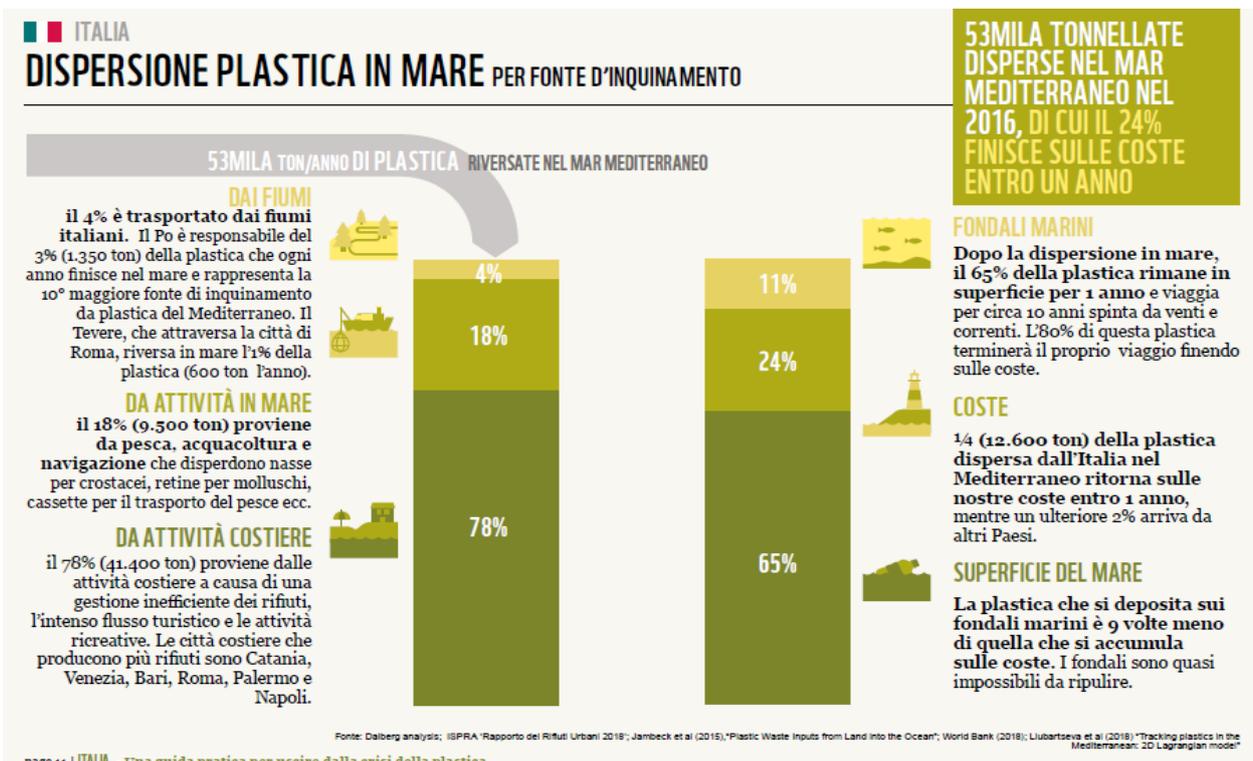
I settori costruzione e trasporti necessitano il 21 % della produzione e danno solo 2 % dei rifiuti.

Nel settore tessile, casalinghi, ricreativo, agricolo ed altri , si ha una produzione di plastica pari al 30 % del totale e una produzione di rifiuti di circa il 15 % del totale dei rifiuti plastici.

Il settore elettrico ed elettronico è responsabile del 6 % della produzione totale di plastica e genera il 2% dei rifiuti di plastica.

Circa il 75 % della plastica ha una vita media al di sotto dei 5 anni.

Riportiamo adesso alcune sintesi che trattano della dispersione della plastica nei mari, prese dal VVF con fonte ISPRA.



ITALIA

# PANORAMA POLITICO

**L'ITALIA CONFERMI LA SUA LEADERSHIP INTERNAZIONALE INCREMENTANDO LE INIZIATIVE VOLTE ALLA RIDUZIONE, INNOVAZIONE E RICICLO**

**OBIETTIVI**

Ridurre la domanda: si produce e consuma meno plastica monouso

Chiudere il ciclo: il sistema dei rifiuti è circolare

No dispersione: zero plastica in natura

**PRODUZIONE DI PLASTICA**

**USO DELLA PLASTICA**

**GESTIONE DEI RIFIUTI**

**GESTIONE INADEGUATA DEI RIFIUTI**

Promozione dell'innovazione attraverso i) riutilizzo ii) creazione di prodotti alternativi iii) progettazione di prodotti di facile riciclo.

In prima linea per il bando di diversi oggetti in plastica, l'Italia può mantenere la leadership incrementando le azioni per ridurre i consumi di plastica

Estensione del REP ad altri settori di applicazione delle plastiche, con utilizzo dei fondi per incrementare e innovare il riciclo.

Sostegno ai comuni con difficoltà di gestione dei rifiuti per scarsa capacità degli impianti e incremento dei controlli e della rendicontazione nei confronti dello smaltimento illegale dei rifiuti.

ESEMPI DI BUONE PRATICHE

**Collaborare con le imprese per eliminare la plastica non necessaria e promuovere il riuso dei prodotti**

Sostegno all'industria della plastica per la ricerca di materie prime e fonti di approvvigionamento più sostenibili (sulla base dell'Analisi del ciclo di vita)

Sviluppo di **requisiti di prodotto** che prevedano regimi di standardizzazione per migliorare lo **smistamento e il riciclo delle plastiche**

**Introduzione di nuovi divieti di oggetti in plastica**, utilizzando la Direttiva UE sul monouso come base minima di partenza. Adozione di misure più ambiziose e introduzione di regole concrete per ridurre l'uso di materie plastiche monouso a partire dai bicchieri di plastica, le cialde di caffè/tè.

**Monitoraggio** e controllo estesi oltre le sedi formali (ad es. supermercati) e applicazione di **sanzioni** nel caso di infrazioni.

Estensione dell'obbligo "chi inquina paga" dai produttori/utilizzatori di imballaggi **tutti gli altri settori industriali** che utilizzano plastica, inclusi i beni destinati all'esportazione

Definizione di obiettivi di riciclo più ambiziosi, basati sui trend di crescita recenti: **il 65% entro il 2025, l'80% entro il 2030**

Sviluppo di metodi di riciclo innovativi per cui la materia riciclata abbia prestazioni simili al polimero vergine (ad es., PET)

**Creazione di strumenti di verifica e rendicontazione** per contrastare la cattiva gestione dei rifiuti, incluso il rafforzamento del sistema di sanzioni per i comuni inadempienti.

Incremento del ricorso alla tecnologia per l'identificazione di discariche abusive e interruzione del flusso di rifiuti in questi siti.

Sostegno alla normativa dell'UE per **ridurre il conferimento dei rifiuti in discarica a <10% dei RSU**, con l'obiettivo discariche zero.

**Collaborazione con le imprese locali, inclusa l'industria del turismo**, su divieti locali, schemi di deposito, sistema di raccolta, etc.

Sviluppo di **programmi di sensibilizzazione** per il pubblico nei comuni con bassi livelli di raccolta differenziata.

**Collaborazione con le imprese locali, inclusa l'industria del turismo**, su divieti locali, schemi di deposito, sistema di raccolta, etc.

Sviluppo di **piani stagionali di gestione dei rifiuti** e sovvenzioni per l'incremento delle capacità degli impianti di gestione nei comuni ad alto flusso turistico

Sviluppo di **piani stagionali di gestione dei rifiuti** e sovvenzioni per l'incremento delle capacità degli impianti di gestione nei comuni ad alto flusso turistico

Selezione dei comuni con bassi livelli di raccolta differenziata per garantire che abbiano gli impianti necessari alla gestione delle 5 categorie di rifiuti.

Creazione di metodologie di controllo/rendicontazione e di un sistema di incentivi per le strutture locali di raccolta di rifiuti, per evitare l'ingresso delle plastiche nel mercato nero o la loro dispersione in natura.

■ industria    ■ decisori politici    ■ consumatori

## 6. Le microplastiche

Le microplastiche sono dei minuscoli pezzi di materiale plastico, **solitamente inferiori ai 5 millimetri**. In base alla loro origine, possono essere suddivise in due categorie principali:

1. **Microplastiche primarie.**
2. **Microplastiche secondarie.**

**Le prime** sono rilasciate direttamente nell'ambiente sotto forma di piccole particelle.

Si stima che questa categoria di microplastiche rappresenti il **15-31%** delle microplastiche presenti nell'oceano.

*Fonte principale:*

- lavaggio di capi sintetici (35% delle microplastiche primarie)
- Abrasione degli pneumatici durante la guida (28%).
- Microplastiche aggiunte intenzionalmente nei prodotti per la cura del corpo (per esempio, le micro particelle dello scrub facciale) 2%.

**Le seconde** rappresentano circa il **68-81%** delle microplastiche presenti nell'oceano e sono prodotte dalla degradazione degli oggetti di plastica più grandi, come buste di plastica, bottiglie o reti da pesca.

Riportiamo alcuni passi presi dalla ECHA (European Chemicals Agency) per definire meglio le caratteristiche delle microplastiche e dei danni da esse derivati.

► Una volta nell'ambiente, le microplastiche non si decompongono. Si accumulano negli animali, compresi pesci e crostacei, e di conseguenza vengono anche consumate dagli esseri umani come alimenti.

Le microplastiche sono state rinvenute negli ecosistemi terrestri, marini e di acqua dolce nonché negli alimenti e nell'acqua potabile. Il loro continuo rilascio contribuisce all'inquinamento permanente dei nostri ecosistemi e catene alimentari. Negli studi di laboratorio l'esposizione alle microplastiche è stata collegata a una serie di effetti (eco)tossici e fisici negativi sugli organismi viventi.

Motivati dalle preoccupazioni per l'ambiente e per la salute delle persone, diversi Stati membri dell'UE hanno già emanato o proposto divieti nazionali sugli usi intenzionali delle microplastiche nei prodotti di consumo. I divieti riguardano principalmente l'uso di microgranuli nei cosmetici che vengono lavati via dopo l'uso, in cui le microplastiche sono utilizzate come agenti abrasivi e leviganti.

Ogni anno circa **42.000 tonnellate** di microplastiche finiscono nell'ambiente quando si utilizzano prodotti che le contengono. La principale fonte di inquinamento è il materiale di riempimento granulare utilizzato nei campi in erba sintetica, con rilasci fino a 16.000 tonnellate. Inoltre, si stima che il rilascio di microplastiche formatesi *accidentalmente* (quando pezzi di plastica più grandi si usurano) nelle acque superficiali europee si aggiri intorno alle 176.000 tonnellate all'anno.

Nel 2016 l'Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA) ha esaminato le evidenze disponibili sulle **microplastiche e nanoplastiche negli alimenti** in riferimento al 2016. Gli esperti hanno individuato la necessità di più dati in merito ai relativi livelli di presenza negli alimenti e ai potenziali effetti sulla salute umana.

Le microplastiche vengono intenzionalmente aggiunte a una varietà di prodotti, tra cui fertilizzanti, prodotti fitosanitari, cosmetici, detersivi industriali e per la casa, prodotti per la pulizia, vernici e prodotti utilizzati nell'industria petrolifera e del gas. Le microplastiche sono altresì utilizzate come materiale di riempimento morbido sui campi sportivi in erba sintetica.

Nei prodotti di consumo le particelle di microplastica sono note soprattutto per le loro proprietà abrasive (ad esempio,



come agenti esfolianti e leviganti, denominati microgranuli, nei cosmetici), ma possono svolgere anche altre funzioni, come controllare lo spessore, l'aspetto e la stabilità di un prodotto. Sono utilizzate addirittura come glitter (brillantini) o nel trucco.

Secondo le stime l'utilizzo complessivo annuo di microplastiche tra UE e SEE ammonta a circa **145.000 tonnellate**.

Nel 2017 la Commissione europea ha invitato l'ECHA a valutare le prove scientifiche per l'adozione di un'azione normativa a livello dell'UE in riferimento alle microplastiche aggiunte intenzionalmente ai prodotti (ovvero sostanze e miscele).



Nel gennaio 2019 l'ECHA [ha proposto l'ampia restrizione](#) delle microplastiche nei prodotti immessi sul mercato UE/SEE per evitarne o ridurne il rilascio nell'ambiente. Da marzo a settembre 2019 è stata organizzata una consultazione sulla proposta di restrizione. L'ECHA ha ricevuto 477 singole osservazioni. Informazioni dettagliate sulla consultazione, comprese le risposte non riservate, sono disponibili sul sito web dell'ECHA.

Si prevede che la Commissione elabori la propria proposta alla luce della relazione dell'ECHA e del parere combinato dei comitati. La proposta della Commissione di modificare l'elenco delle sostanze soggette a restrizioni ai sensi dell'allegato XVII del regolamento REACH sarà sottoposta al voto degli Stati membri dell'UE in seno al comitato REACH. Prima che la restrizione possa essere adottata, passerà al vaglio del Parlamento europeo e del Consiglio. ◀

E' chiaro che il problema è grande, come pure i rischi per il mare e la salute non solo degli uomini, ma di tutti i viventi; la questione è legata alle microplastiche primarie, ma anche a quelle secondarie immesse in mare che si sminuzzano nel tempo divenendo microplastiche.

## 7. I rifiuti da imballaggio

Non è necessaria nessuna definizione di rifiuto da imballaggio poiché l'oggetto è evidente di per sé stesso. L'imballaggio per un singolo prodotto è talvolta necessario per garantire l'igienicità del prodotto soprattutto se riferito ai prodotti acquistati nei supermercati, meno se comprati nei negozi al dettaglio che stanno riducendosi sempre più.

Gli imballaggi sono poi necessari per prodotti multipli disposti in scatoloni di cartone o altri di opportuno materiale; seguono poi i contenitori di vernici e simili.

Un discorso a parte si potrebbe fare per i flaconi, ad esempi di saponi liquidi e similari.

L'aumento notevole del consumismo, associato alla politica dell'usa e getta ha moltiplicato a dismisura gli imballaggi e i rifiuti da essi prodotti.

Naturalmente l'aumento del consumismo è fortemente dipendente dal modo di produrre della nostra società globalizzata, con un unico modello: il capitalismo, che ha una continua necessità di vendita dei prodotti che produce, in quantità sempre crescente e che stimola l'acquisto con una pubblicità crescente ed invadente; la politica dell'usa e getta va nella stessa direzione perché rende il prodotto velocemente obsoleto affinché si possa procedere all'acquisto successivo. Che dire poi dell'obsolescenza programmata?

La politica legata alla raccolta differenziata e al riciclo del materiale è naturalmente ben accetta e chi scrive l'ha propugnata e diffusa sin dagli anni '80; ma risulta non risolutiva perché insegue una produzione che tende sempre più a crescere con necessità di materie prime e produzione di rifiuti crescenti.

A livello europeo sono state emanate direttive al fine di contenere la produzione di rifiuti da imballaggio e precisamente: [Direttiva 94/62/CE sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio](#).

Essa mira a:

- *armonizzare* le misure nazionali concernenti la gestione degli imballaggi e dei rifiuti d'imballaggio;
- *migliorare la qualità dell'ambiente* prevenendo e riducendo l'impatto sull'ambiente degli imballaggi e dei rifiuti d'imballaggio.

La direttiva (UE) [2018/852](#) è l'ultima modifica della direttiva 94/62/CE e contiene misure aggiornate intese a:

- *prevenire* la produzione di rifiuti di imballaggi;
- *promuovere* il riutilizzo, il riciclaggio e altre forme di recupero dei rifiuti di imballaggi, anziché il loro smaltimento finale, allo scopo di contribuire alla transizione verso un'economia circolare.

La direttiva si applica a tutti gli imballaggi immessi sul mercato europeo e a tutti i rifiuti d'imballaggio, utilizzati o scartati da industrie, esercizi commerciali, uffici, laboratori, servizi, nuclei domestici e a qualsiasi altro livello, quali che siano i materiali che li compongono.

### **Misure**

La direttiva così modificata richiede che gli Stati membri adottino misure quali programmi nazionali, incentivi forniti attraverso regimi di responsabilità estesa del produttore e altri strumenti economici intesi a prevenire la generazione di rifiuti di imballaggi e ridurre al minimo l'impatto ambientale dell'imballaggio.

Gli Stati membri dovrebbero incoraggiare la condivisione di imballaggi riutilizzabili immessi sul mercato, nonché dei sistemi per il riutilizzo degli imballaggi in modo ecologicamente corretto senza compromettere la sicurezza alimentare o la sicurezza dei consumatori.

Queste misure possono includere:

- sistemi di restituzione con cauzione
- la fissazione di obiettivi
- incentivi economici

- la fissazione di una percentuale minima di imballaggi riutilizzabili immessi sul mercato ogni anno per ciascun tipo di imballaggi, ecc.

Gli Stati membri devono inoltre adottare le misure necessarie per soddisfare obiettivi di riciclaggio che variano a seconda del materiale di imballaggio. A tale scopo, essi sono tenuti ad applicare le nuove regole di calcolo per soddisfare i nuovi obiettivi di riciclaggio previsti per il 2025 e il 2030.

### Obiettivi

Entro il 31 dicembre 2025 almeno il **65 % in peso** di tutti i rifiuti di imballaggio sarà **riciclato**. Gli obiettivi di riciclaggio per ciascun materiale sono:

- 50% per la plastica
- 25% per il legno
- 70 % per i metalli ferrosi
- 50 % per l'alluminio
- 70 % per il vetro e
- 75 % per la carta e il cartone.

Entro il 31 dicembre 2030 almeno il **70% in peso** di tutti i rifiuti di imballaggio sarà **riciclato**. Gli obiettivi sono:

- 55% per la plastica
- 30% per il legno
- 80% per i metalli ferrosi
- 60% per l'alluminio
- 75% per il vetro e
- 85% per la carta e il cartone.

La direttiva modificata ha chiarito la differenza tra imballaggi recuperabili sotto forma di compostaggio e rifiuti di imballaggi biodegradabili e ha specificato che gli imballaggi in plastica oxo-degradabile (imballaggi in plastica contenente additivi che ne provocano la scomposizione in particelle microscopiche contribuendo alla presenza di microplastiche nell'ambiente) non sono considerati imballaggi biodegradabili.

## Alcune definizioni

**Economia circolare:** l'economia circolare riduce al minimo l'utilizzo delle risorse, i rifiuti, le emissioni e le perdite di energia. Ciò può essere raggiunto attraverso la progettazione a lungo termine, la manutenzione, la riparazione, il riuso e il riciclaggio. Si differenzia dall'economia lineare che estrae le risorse, le utilizza e poi le getta via.

**Imballaggi riutilizzabili:** imballaggi concepiti, progettati e commercializzati per effettuare più viaggi nel corso della loro vita utile mediante ricarica o riutilizzo per lo stesso scopo per cui sono stati concepiti.

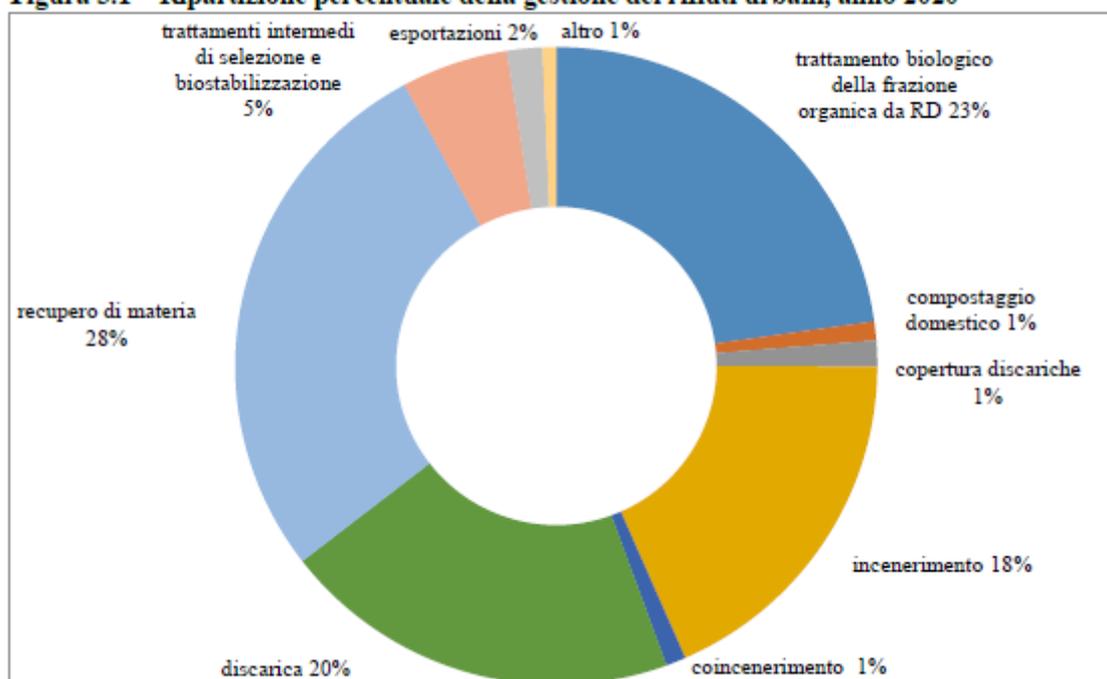
**Regimi di responsabilità estesa del produttore:** sistemi messi in atto per garantire che i produttori abbiano la responsabilità finanziaria o la responsabilità finanziaria e organizzativa per la gestione della fase di scarto del ciclo di vita di un prodotto. Modulando le tariffe pagabili dai produttori per l'immissione sul mercato di imballaggi, i regimi di responsabilità estesa del produttore consentono ai produttori e agli Stati membri di incoraggiare la progettazione di prodotti e dei loro componenti più rispettosi dell'ambiente.

## 8. Gestione dei rifiuti urbani

Proseguiamo questa carrellata sui rifiuti con una sintesi relativa alla gestione dei rifiuti urbani.

Nella figura sottostante è riportata la gestione dei rifiuti urbani in Italia, come percentuale del trattamento degli stessi in relazione al totale.

**Figura 3.1 – Ripartizione percentuale della gestione dei rifiuti urbani, anno 2020**



Fonte: ISPRA

- Si nota come la frazione organica trattata sia complessivamente il 24 % e che il compostaggio domestico copra solo l'1 % della frazione trattata; questo a parere dello scrivente è un limite perché il compostaggio domestico potrebbe diminuire il quantitativo raccolto e inviato agli impianti di trattamento.
- Il 19 % dei rifiuti viene incenerito.
- In discarica vanno il 20 % dei rifiuti solidi urbani tal quali.

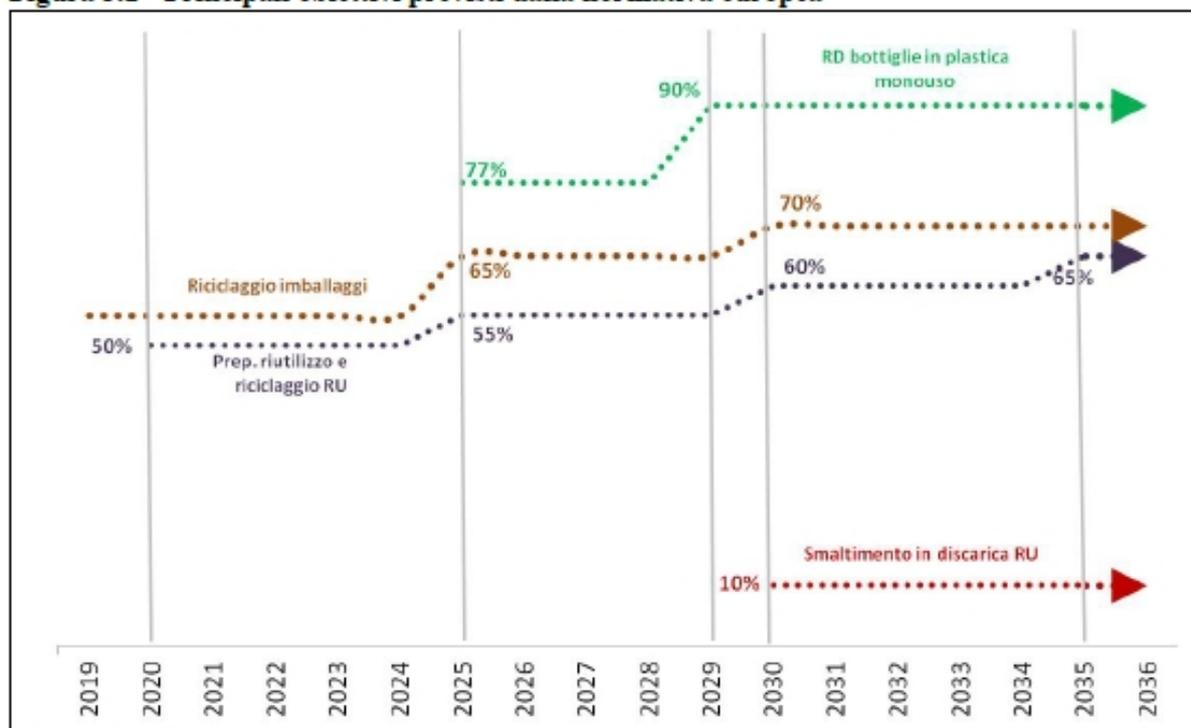
- La materia che viene recuperata (materie prime secondarie) dalla raccolta differenziata si attesta su valori del 28 %.

Vi sono poi altre voci meno significative chiaramente identificate nel diagramma.

Complessivamente la raccolta differenziata permette un recupero, tra materie e organico, del 52 % del totale dei rifiuti.

Riportiamo sotto una figura che mostra alcuni obiettivi posti dalla Comunità Europea e una parte dei commenti alla prima figura tratta dal rapporto annuale 2021 dell'ISPRA.

**Figura 3.2 - Principali obiettivi previsti dalla normativa europea**



Fonte: elaborazione ISPRA

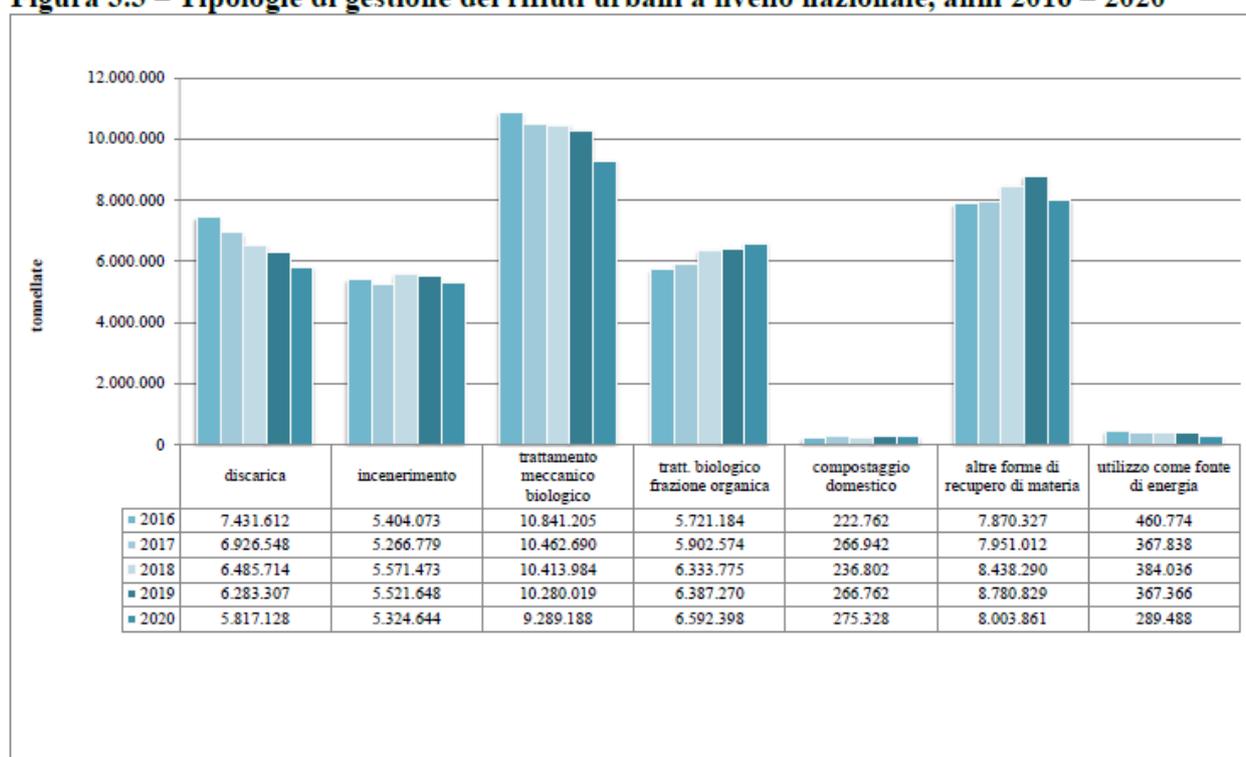
► L'analisi dei dati evidenzia la necessità di imprimere una accelerazione nel miglioramento del sistema di gestione, soprattutto in alcune zone del Paese, per consentire il raggiungimento dei nuovi sfidanti obiettivi previsti dalla normativa

europea che sono sinteticamente rappresentati nella seconda figura . Lo smaltimento in discarica nei prossimi 15 anni dovrà essere dimezzato (10% entro il 2035), la percentuale di rifiuti da avviare ad operazioni di recupero di materia dovrà essere notevolmente incrementata per garantire il raggiungimento del 60% di riciclaggio al 2030 e del 65% al 2035. Appare ancor più urgente la necessità di un cambio di passo se si considera che con i nuovi obiettivi sono state introdotte anche nuove metodologie di calcolo sia per il riciclaggio che per la valutazione dello smaltimento in discarica che appaiono decisamente più restrittive di quelle ad oggi utilizzate.

A tal riguardo si evidenzia che le quote di rifiuti avviate ad incenerimento senza recupero di energia destinate a discarica dovranno essere computate nello smaltimento.

Analizzando il dato delle operazioni di smaltimento rispetto alla produzione totale dei rifiuti urbani si rileva che, a livello nazionale, ancora il 20% dei rifiuti urbani prodotti viene smaltito in discarica e il 18% incenerito .

**Figura 3.3 – Tipologie di gestione dei rifiuti urbani a livello nazionale, anni 2016 – 2020**



Fonte: ISPRA

Il confronto con il 2019 fa registrare un decremento riferibile al Sud (-9,1%), pari, in termini assoluti a oltre 259 mila tonnellate di rifiuti. Diminuzioni significative si rilevano, anche, al Centro (-8,3%), pari a circa 159 mila tonnellate, da ascrivere ai miglioramenti in termini di raccolta differenziata nelle stesse aree. Non si rilevano variazioni significative al Nord, dove si registra una leggera diminuzione del 3,2%, pari a 48 mila tonnellate. D'altro canto, nello stesso anno la raccolta differenziata raggiunge il 63% facendo registrare un incremento di circa 2 punti percentuali e la produzione cala di oltre un milione di tonnellate.

La terza figura mostra per l'incenerimento una flessione del 3,6% tra il 2019 ed il 2020. Il 70,2% di questi rifiuti viene trattato al Nord, il 10% al Centro ed il 19,8% al Sud. Va rilevato che quote considerevoli di rifiuti prodotte nelle aree del Centro e Sud Italia vengono trattate in impianti localizzati al Nord. La sola Lombardia riceve da fuori regione oltre 359 mila tonnellate provenienti prevalentemente dal Piemonte, Lazio e Campania.

Il trattamento della frazione organica della raccolta differenziata (umido + verde) passa da quasi 6,4 milioni di tonnellate a circa 6,6 milioni di tonnellate, evidenziando una crescita di 205 mila tonnellate, pari al 3,2%.

Negli impianti di compostaggio sono trattate 3,2 milioni di tonnellate, circa 3,1 milioni di tonnellate sono trattate in impianti di trattamento integrato anaerobico/aerobico, mentre circa 338 mila tonnellate sono avviate in impianti di digestione anaerobica.

Gli impianti di trattamento integrato aerobico/anaerobico si stanno sempre più diffondendo a livello nazionale mostrando un incremento dei quantitativi gestiti che si attesta a 165 mila tonnellate, con un aumento percentuale del 5,7% nell'ultimo anno (+48,6% rispetto al 2016).

Il pro capite nazionale di trattamento biologico dei rifiuti organici provenienti dalla raccolta differenziata, nel 2020, è pari a 111 kg/abitante con valori molto diversi nelle singole aree geografiche: 162 kg/abitante al Nord, 66 kg/abitante al Centro e 68 kg/abitante al Sud. ◀

**NOTA.** Ricordiamo ancora che una percentuale significativa di RSU e rifiuti industriali viene smaltita illegalmente, abbandonata sul territorio o esportata abusivamente.

Riportiamo infine una tabella che mostra la composizione merceologica dei RSU, come media stimata nel periodo 2009-2020.

**Tabella 3.1 – Composizione merceologica dei rifiuti urbani stimata da ISPRA (media periodo 2009 - 2020)**

Frazione merceologica	Nord	Centro	Sud	Italia
	(% )			
Frazione organica (umido + verde)	33,4	32,4	40,9	35,5
Carta	21,4	24,9	20,0	21,7
Plastica	11,7	14,4	12,8	12,6
Metalli	2,4	2,7	2,3	2,4
Vetro	9,4	6,7	6,9	8,0
Legno	4,6	2,9	1,9	3,4
RAEE	-	-	-	0,9
Tessili	-	-	-	3,6
Materiali inerti/spazzamento	-	-	-	0,8
Selettiva	-	-	-	0,3
Pannolini/materiali assorbenti	-	-	-	4,5
Altro	-	-	-	6,3
	<b>Totale</b>			<b>100,0</b>

Fonte: stime ISPRA

Si noti la grande differenza tra il Sud e le altre regioni riguardo alla frazione organica.

A conclusione di questa panoramica sui RSU forniamo alcune spiegazioni riguardo al trattamento della frazione organica.

## 9. Compostaggio

Il compostaggio, o *biostabilizzazione*, è un processo biologico aerobico e controllato dall'uomo che porta alla produzione di una miscela di sostanze umificate (il compost) a partire da residui biodegradabili vegetali sia verdi sia legnosi o anche animali mediante l'azione di **batteri e funghi**.

Il termine controllato dall'uomo può portare fuori strada: in realtà sono i microorganismi decompositori, o saprofiti, ad effettuare il compostaggio.

Un elemento importante nel compostaggio è la qualità del materiale organico utilizzato che sarebbe opportuno provenisse sempre da una raccolta differenziata, sì da garantire l'assenza di sostanze inquinanti come può avvenire da selezione meccanica di materiale misto.

Una volta prodotto, può essere utilizzato come ammendante (migliora le caratteristiche fisiche del suolo), destinato poi per usi agronomici o per florovivaismo. Il suo utilizzo, con l'apporto di sostanza organica migliora la struttura del suolo e la disponibilità di elementi nutritivi (composti del fosforo e dell'azoto). Come attivatore biologico aumenta inoltre la biodiversità della microflora.

Le parti che seguono sono tratte da "Ingegneria della trasformazione in compost", C.I.P.A. editore.

### **La biologia del compostaggio.**

#### *I microorganismi*

Il compostaggio si realizza grazie all'attività dei microorganismi. Sebbene organismi più complessi come lombrichi ed insetti talvolta possano giocare, di solito alle temperature più

basse, un qualche ruolo nel processo, sono i **microorganismi** i principali artefici biologici della trasformazione dei substrati organici di partenza.

Il compostaggio è promosso da una popolazione di microorganismi molto complessa sia in termini di gruppi fisiologici che di entità tassonomiche, nell'ambito dei singoli gruppi. Nessuna specie microbica domina il processo poiché la matrice organica in trasformazione, che definisce strutturalmente l'ecosistema, e le condizioni fisico-chimiche all'interno di essa variano e mutano in continuazione, nel tempo e nello spazio (cioè nelle differenti sezioni della biomassa substrato ad ogni intervallo di tempo dato). Ciò in realtà crea, all'interno della 'matrice in trasformazione, un insieme di ambienti localizzati, ognuno dei quali è popolato da un consortium di microorganismi. E' proprio la diversità dei microorganismi che assicura la continuità del processo di stabilizzazione, anche a seguito dei continui cambiamenti di condizioni.

In termini generali, i maggiori raggruppamenti di microorganismi che partecipano al processo di compostaggio sono i batteri, gli attinomiceti, con struttura cellulare procariote, e gli eumiceti, a struttura cellulare eucariote. Questi ultimi comprendono le muffe (funghi filamentosi o, semplicemente, funghi) e i lieviti, i quali però rivestono, di solito, un ruolo secondario nella stabilizzazione della sostanza organica. Fanno parte dei tre raggruppamenti specie microbiche sia mesofile (crescita ottimale: 25-37°C; limite superiore: 45-50°C) che termofile (crescita ottimale 55°C; limite superiore: > 60°C).

Nel compostaggio, i batteri sono più numerosi degli altri microorganismi.

I batteri si sviluppano specialmente nei primi stadi del compostaggio, proprio a carico dei materiali più prontamente degradabili. Funghi ed attinomiceti divengono invece più importanti verso gli stadi finali del processo, quando sono disponibili le componenti organiche più resistenti (cellulosa, lignina ecc.) all'attacco microbico. Se la concentrazione di ossigeno nell'atmosfera interna al substrato in compostaggio diventa troppo bassa (< 5%), si instaurano condizioni favorevoli allo sviluppo dei batteri anaerobi.

La biomassa microbica raramente costituisce un problema nelle matrici destinate al compostaggio. I microorganismi più efficienti ed adatti al processo sono infatti

naturalmente associati ai rifiuti da trattare. Tuttavia, gli inoculi (*microorganismi che eventualmente sono aggiunti ai materiali avviati al compostaggio con la finalità di incrementare il processo*) possono risultare utili per il compostaggio di alcuni substrati con carica microbica naturale bassa o, addirittura, assente, nei quali una comunità microbica attiva tende a svilupparsi molto lentamente. E' il caso della segatura da legname vergine ovvero di residui organici sterilizzati.

Altri agenti biologici che possono essere associati alle matrici destinate al compostaggio sono gli organismi cosiddetti patogeni (microorganismi, virus, parassiti), i quali risultano potenzialmente dannosi per l'uomo, gli animali d'allevamento o le piante coltivate.

Gli organismi patogeni per gli animali e le piante possono essere presenti soprattutto nelle deiezioni zootecniche e nei residui delle colture.

Per i patogeni umani, particolare attenzione deve essere prestata invece ai fanghi di depurazione. Le alte temperature raggiunte durante il compostaggio, insieme ai fenomeni di competizione ed antagonismo microbico, riescono però a disattivare (circa 60 °C) questi organismi o, quantomeno, a ridurre drasticamente il numero.

#### *Fase di compostaggio.*

Il compostaggio inizia non appena la biomassa substrato viene sistemata in cumulo o, comunque, disposta in quantità tale da consentire la ritenzione di calore, indispensabile per il processo di stabilizzazione della stessa. La miscelazione iniziale della matrice organica di partenza introduce aria sufficiente per l'attivazione delle reazioni di bioossidazione. I microorganismi cominciano a consumare l'ossigeno e, contemporaneamente, l'assestamento della matrice organica espelle l'aria dagli spazi esistenti tra le particelle di substrato. Se l'adduzione di ossigeno decresce, la decomposizione aerobica rallenta e può, eventualmente, arrestarsi del tutto se l'ossigeno non si rende nuovamente disponibile. **L'aerazione del substrato è quindi una condizione fondamentale per fornire continuamente ossigeno.**

Essa può avvenire sia attraverso gli scambi passivi (diffusione e convezione), generalmente insufficienti, tra aria esterna e atmosfera interna alla matrice in compostaggio, sia per ventilazione forzata. La movimentazione del materiale in compostaggio (rivoltamento) garantisce un apporto limitato di ossigeno che viene rapidamente consumato. Il rivoltamento contribuisce tuttavia a ridare porosità alla biomassa, favorendo così l'eventuale aerazione passiva.

Poiché il rilascio di calore è direttamente correlato all'attività microbica ossidativa, la temperatura è un ottimo indicatore di processo. L'innalzamento della temperatura a seguito dell'attività microbica è particolarmente marcato nelle 12-48 ore successive alla sistemazione della quantità critica del substrato in cumulo o in reattore e contestualmente al consumo di composti facilmente degradabili (zuccheri solubili, acidi organici ecc.). Le temperature dei materiali sottoposti a compostaggio seguono di norma un andamento di rapida crescita fino a 55-60°C. Se il calore non viene adeguatamente dissipato, la temperatura di alcune matrici organiche in bioossidazione può superare con facilità anche i 65-70°C, provocando la disattivazione della maggior parte dei microorganismi. Il rivoltamento o l'aerazione forzata consentono di raffreddare il substrato e di mantenere la temperatura lontana dai valori critici per la crescita microbica. La fase termofila può protrarsi, a seconda delle caratteristiche della biomassa substrato e del sistema di compostaggio adottato, da alcune settimane a qualche mese. Questo stadio della biostabilizzazione aerobica è talvolta definito fase di compostaggio attivo (*active composting time*).

Alla stadio termofilo segue una fase di lenta ma progressiva diminuzione della temperatura, durante la quale la matrice in compostaggio si arricchisce di composti humici, perde la eventuale fitotossicità residua, mentre la biomassa microbica si avvia verso una condizione di climax (equilibrio dinamico). Questo periodo viene indicato come fase di finissaggio (*curing*).

*Fattori che influenzano il processo di compostaggio*

I fattori che condizionano l'andamento del compostaggio sono:

- a) la concentrazione di ossigeno e l'aerazione;
- b) la concentrazione ed il rapporto dei nutrienti nella biomassa substrato (es.: rapporto C/N); (carbonio/azoto)
- c) l'umidità;
- d) la porosità, la struttura, la tessitura e la dimensione delle particelle (pezzatura) della matrice in trasformazione;
- e) il pH;
- f) la temperatura;
- g) il tempo.

Viene riportato un diagramma che ne evidenzia le caratteristiche

*Fattori che influenzano il  
processo di  
compostaggio*

1

Concentrazione  
d'ossigeno  
Aerazione

2

Concentrazione  
Rapporto nutrienti  
nella biomassa

3

Umidità  
pH

4

Porosità, struttura  
ecc.

5

Temperatura

6

Tempo

### *Concentrazione di ossigeno e aerazione*

Il compostaggio consuma notevoli quantità di ossigeno. Durante i primi giorni del processo, le componenti più facilmente degradabili della biomassa substrato sono rapidamente metabolizzate. Il bisogno di ossigeno e, di conseguenza, la produzione di calore sono perciò decisamente maggiori nei primi stadi della biostabilizzazione, mentre decrescono con l'evolversi del processo.

Nel caso in cui l'apporto di ossigeno sia limitato, il compostaggio rallenta. Anche se una concentrazione minima di ossigeno del 5% nell'atmosfera circolante tra le particelle della biomassa substrato può consentire il compostaggio, per la gestione ottimale del processo, dovrebbero essere garantite nella matrice concentrazioni di O<sub>2</sub> non inferiori al 10%.

Senza una sufficiente ossigenazione, la biomassa substrato diviene *anossica* e la microflora microbica anaerobica prende il sopravvento, portando all'accumulo di composti ridotti (es.: acidi grassi volatili, idrogeno solforato, mercaptani ecc.), caratterizzati da odore decisamente aggressivo e da elevata fitotossicità.

Sebbene alcuni dei suddetti composti intermedi, come gli acidi organici, si formino anche in condizioni aerobiche, questi però sono rapidamente degradati quando l'ossigeno è disponibile. Il mantenimento di un ambiente ossidativo all'interno della matrice organica in corso di stabilizzazione è quindi importante per impedire il formarsi di emissioni maleodoranti associate appunto con le reazioni di decomposizione anaerobica.

L'aerazione del materiale in compostaggio per garantire l'apporto di ossigeno necessario al processo rende inoltre possibili la dissipazione del calore, l'eliminazione del vapor d'acqua e l'allontanamento di altri gas intrappolati nell'atmosfera interna del substrato. In effetti, il tasso di aerazione richiesto per la rimozione del calore può essere anche dieci volte maggiore di quello necessario per l'apporto di ossigeno. Di conseguenza, è la temperatura che normalmente determina l'estensione e la frequenza degli interventi di aerazione.

### *Concentrazione e rapporto dei nutrienti*

Carbonio (C), azoto (N), fosforo (P) e potassio (K) sono gli elementi nutritivi principali richiesti dai microorganismi coinvolti nel processo di compostaggio. Azoto, fosforo e potassio sono inoltre i principali nutrienti delle piante e, perciò, la loro concentrazione finisce per influenzare anche il valore del compost. La maggior parte delle matrici organiche destinabili al compostaggio, inclusi anche i residui delle colture e gli scarti verdi dei mercati ortofrutticoli, contengono ampiamente i principali nutrienti.

Le matrici organiche da avviare al compostaggio dovrebbero avere un rapporto C/N tra 20:1 e 30:1. Con rapporto C/N inferiori a 20:1 il carbonio disponibile è completamente utilizzato senza che, di contro, sia stato stabilizzato tutto l'azoto presente. L'eccesso di azoto può allora essere perduto in atmosfera sotto forma di ammoniaca o di ossido nitroso, causando fastidiose emissioni maleodoranti. Substrati di partenza con rapporto C/N superiore a 40:1 richiedono tempi di compostaggio lunghi, dovuti alla più lenta crescita microbica in presenza di matrice carboniosa in eccesso.

Si ricorda che la paglia, a prevalente composizione cellulosa, si degrada e rende disponibile il carbonio per microorganismi più facilmente dei sarmenti di patata, nei quali, invece, la cellulosa è diffusamente incrostata da lignina e legata ad altri composti organici (resine, tannini ecc.), recalcitranti alla degradazione biologica.

### *Umidità*

L'umidità è necessaria affinché i processi metabolici microbici possano attuarsi.

La fase acquosa è il mezzo dove avvengono le reazioni chimiche, la diffusione ed il trasporto dei nutrienti, i movimenti e la migrazione dei microorganismi. In teoria, l'attività biologica trova le condizioni ottimali in un ambiente saturo. Di contro, essa cessa completamente al di sotto del 15 % di umidità. In pratica i materiali avviati al

compostaggio dovrebbero avere un contenuto di umidità compreso in un intervallo tra il 45% e il 65%.

*Porosità, struttura, tessitura e dimensione delle particelle.*

La porosità è una misura degli spazi vuoti nella biomassa in compostaggio e determina la resistenza alla circolazione dell'aria.

e dalla continuità degli interstizi tra le particelle. Ovviamente, particelle più grandi e più uniformi incrementano la porosità.

**La struttura** indica la rigidità delle particelle, vale a dire la resistenza delle stesse a crollare e compattarsi. Un buon grado di struttura previene la perdita di porosità del substrato umido.

**La tessitura** è la caratteristica che descrive l'area superficiale del substrato disponibile per l'attività microbica aerobica.

Il tasso di decomposizione aerobica si innalza in una matrice organica quanto più piccole sono le dimensioni delle particelle. Particelle troppo piccole però rischiano di compromettere la porosità ed è quindi necessario trovare una situazione di compromesso. Risultati soddisfacenti si ottengono normalmente quando il diametro medio delle particelle della matrice sottoposta a compostaggio oscilla tra 0,5 e 5 cm.

Per la maggior parte dei substrati e dei sistemi di compostaggio, possono aversi buoni livelli di porosità e struttura in condizioni di umidità della matrice non superiore al 65%. Tuttavia alcune situazioni richiedono speciale attenzione. Ad esempio, metodi di compostaggio che non prevedano il rivoltamento della biomassa in trasformazione richiedono maggior struttura per resistere ai fenomeni di compattamento. In questi casi, sono maggiormente indicate particelle di più grandi dimensioni. Allo stesso modo, matrici che presentano problemi di odori dovrebbero essere mescolate con materiali di supporto rigidi in modo da ottenere miscele di partenza con elevata porosità che garantisca un continuo ricambio d'aria negli interstizi.

## *pH*

Il compostaggio è relativamente poco sensibile al pH dei substrati di partenza; ciò in ragione dell'ampio spettro di microorganismi associati ai substrati stessi e coinvolti nelle reazioni di processo. I valori ottimali del pH cadono nell'intervallo tra 6,5 e 8, tuttavia la naturale capacità tampone del processo rende possibile l'impiego di substrati con pH compresi in un ben più ampio spettro. Il compostaggio, in effetti, può innescarsi anche in matrici tendenzialmente acide, con pH fino a 5,5, ovvero alcaline, con pH fino a 9.

Il pH comincia ad essere un parametro importante nei substrati che presentano un'elevato contenuto di azoto (es: deiezioni zootecniche). Valori di  $\text{pH} > 8,5$ , facilitano, in questi casi, la conversione dei composti azotati in ammoniacale ad opera dei microorganismi ammonizzanti, con conseguenti sensibili perdite di azoto attraverso la volatilizzazione di  $\text{NH}_3$ . Quest'ultima contribuisce all'impatto olfattivo sgradevole delle emissioni gassose.

## *Temperatura*

Di solito, nel caso di matrici putrescibili, la fase di compostaggio attivo si verifica a temperature comprese **tra 45°C e 70°C**. In speciali applicazioni del compostaggio, non finalizzate alla produzione di ammendante organico bensì alla detossificazione di rifiuti organici tossici di origine industriale (es.: melme di raffineria), il processo si svolge invece, data la natura del substrato, tutto nell'ambito della mesofilia (10-45°C) (compostaggio mesofilo). Le temperature termofile sono importanti per la distruzione degli eventuali organismi patogeni associati alla biomassa substrato di partenza. Il limite largamente fissato per la disattivazione dei patogeni umani è 55°C. Questa temperatura è in grado di abbattere anche la maggior parte degli organismi fitopatogeni, mentre, per i semi delle erbe infestanti, sono necessarie temperature non inferiori a 60°C.

E' importante ricordare che, nei casi di scarsa dissipazione dell'eccesso di calore generato dalle reazioni ossidative esotermiche, la temperatura può raggiungere e oltrepassare i 70°C. A questo punto la quasi totalità dei microorganismi soccombe o diventa dormiente

ed il processo si arresta, per riprendere solo quando la popolazione microbica avrà reinvaso il substrato. Ad evitare questa situazione giova un puntuale monitoraggio della temperatura e l'attivazione, quando questa si avvicina ai 60°C, di sistemi, come il rivoltamento o la ventilazione forzata, che accelerino la rimozione del calore.

### *Tempo*

La lunghezza del tempo necessario per trasformare in composti substrati avviati alla biostabilizzazione aerobica dipende da molti fattori quali le caratteristiche della matrice organica di partenza, la temperatura, l'umidità e il tipo di aerazione. Un adeguato contenuto di umidità (60-65%), un corretto rapporto C/N (25) ed una efficace aerazione della massa consentono di realizzare il compostaggio in tempi decisamente contenuti (poche settimane). Le condizioni che rallentano il processo di stabilizzazione sono invece, come già accennato altrove, la scarsa umidità del substrato, rapporti C/N eccessivamente alti (> 40) della biomassa di partenza, basse temperature, una insufficiente aerazione, la pezzatura troppo grossolana delle particelle della matrice organica e la presenza significativa, in quest'ultima, di materiali refrattari all'attacco microbico. In generale, la completa biostabilizzazione (fase di compostaggio attivo + fase di finissaggio) delle matrici organiche putrescibili sottoposte a compostaggio in condizioni favorevoli si realizza non prima di otto settimane. I tempi si allungano sensibilmente in caso di scarso controllo del processo.

## **10. I metodi di compostaggio**

I metodi di compostaggio principali sono:

1. compostaggio in cumuli periodicamente rivoltati;
2. compostaggio in cumuli statici aerati;

### 3. compostaggio in bioreattori.

Ognuno di questi metodi prevede varie possibilità.

*Il compostaggio in cumuli con rivoltamento della biomassa substrato.*

Il compostaggio secondo questo metodo si attua disponendo la matrice di partenza in lunghe andane (windrows), normalmente a sezione triangolare o trapezoidale piuttosto stretta, le quali sono movimentate o rivoltate periodicamente.

L'altezza delle andane varia a seconda delle caratteristiche del substrato e della macchina movimentatrice. Matrici molto dense (es.: vari tipi di letame), che tendono a compattarsi, devono essere sistemate in cumuli di 1-1,5 m, d'altra parte, con materiali piuttosto soffici, come i fanghi di depurazione miscelati a scaglette di legno (wood chips), si possono formare cumuli di 2-3 m di altezza e talvolta anche più alti. La base dei cumuli varia, di solito, dai 3 ai 6 m. Le più comuni pale meccaniche possono lavorare tranquillamente anche su andane alte. Le macchine rivoltatrici, sia trainate che semoventi, non sono invece compatibili con cumuli alti più di 3 m.

I cumuli sono aerati principalmente grazie alle correnti d'aria e dai moti convettivi e diffusivi della stessa. Il ricambio d'aria all'interno della matrice in compostaggio dipende dalla porosità del cumulo. Quindi, la dimensione di un cumulo compatibile con una efficiente aerazione è determinata dalla porosità dello stesso. Cumuli troppo grandi tendono a compattarsi, con il rischio di insorgenza di reazioni anaerobiche nella parte centrale. Di contro, andane di dimensioni modeste perdono calore troppo rapidamente. Così, le temperature necessarie per una progressiva evaporazione dell'acqua e per la distruzione degli eventuali organismi patogeni non sono raggiunte. Il rivoltamento consente il mescolamento dei materiali di partenza; disgrega le particelle, riducendone la pezzatura ed aumentando così la superficie disponibile per l'attacco microbico; ripristina la porosità della matrice in trasformazione, incrementando gli scambi passivi dell'aria; facilita il rilascio del calore accumulato, del vapore acqueo e degli altri gas prodottisi nell'atmosfera interna al cumulo.

Sebbene le andane vengano aerate anche in conseguenza del rivoltamento, l'ossigeno apportato dalla movimentazione negli interstizi vuoti della matrice è consumato rapidamente dai microorganismi. In pratica, il risultato del rivoltamento è una variazione ciclica della concentrazione di ossigeno all'interno del cumulo.

L'ossidazione biologica non può essere mantenuta, costantemente, al massimo dell'efficienza poiché, tra una movimentazione e l'altra, la concentrazione di ossigeno costituisce il fattore limitante.

Il rivoltamento permette inoltre la ricollocazione dei diversi strati matrice lungo il profilo del cumulo. Così il materiale in superficie rimpiazzato da quello proveniente dalle zone interne. Ciò consente, corso del processo, una eguale esposizione di tutta la matrice ora all'atmosfera più ossigenata della superficie, ora alle alte temperature dell'interno del cumulo. In questo modo, la biomassa substrato subisce una stabilizzazione omogenea ed una sufficiente igienizzazione.

La frequenza dei rivoltamenti dipende dal tasso di decomposizione biomassa, dal contenuto di umidità e dalla porosità del substrato. Dal momento che il tasso di degradazione è, solitamente, molto elevato i stadi iniziali del processo, la frequenza dei rivoltamenti può diminuire con l'età del cumulo. Matrici molto putrescibili possono richiedere rivoltamenti giornalieri nelle prime fasi del compostaggio. Al progredire biostabilizzazione, la frequenza delle movimentazioni può essere ridotta ad un rivoltamento a settimana. L'insorgenza di emissioni maleodoranti, un rapido declino della temperatura ovvero l'eccessivo accumulo di calore verso i limiti che possono compromettere la vitalità dei microorganismi, sono tutte situazioni che rendono ragionevole un rivoltamento.

Durante la stagione riproduttiva delle mosche, i cumuli devono essere rivoltati almeno una volta alla settimana, indipendentemente dall'andamento delle temperature della matrice, in modo da interrompere il ciclo biologico di questi insetti.

Con il progredire del processo di stabilizzazione, le dimensioni dei cumuli si contraggono sensibilmente sì da rendere opportuno la fusione di due o più cumuli in una nuova, unica

andana che impedisca l'eccessiva dissipazione del calore. Nel compostaggio all'aperto, tale espediente risulta molto importante specialmente durante la stagione fredda.

Con il metodo dei cumuli rivoltati periodicamente, **la fase di compostaggio attivo dura, generalmente, da tre a nove settimane**, a seconda della natura del substrato di partenza e della frequenza delle movimentazioni. Per ottenere il superamento della fase di intensa attività biologica in tre-quattro settimane, si deve procedere a rivoltamenti una o due volte al giorno nel corso della prima settimana di processo, dopo di che, ad un rivoltamento ogni due-tre giorni.

#### *Il compostaggio in cumuli statici aerati*

Questo metodo elimina la necessità di movimentare il materiale in compostaggio, rendendo, di contro, possibile l'ossigenazione grazie alla circolazione di aria in appositi sistemi di tubi diffusori. Una prima importante distinzione, nell'ambito del metodo, è tra sistemi nei quali si applica l'aerazione passiva dei cumuli e sistemi nei quali, invece, si ricorre alla aerazione forzata.

#### *Cumuli statici aerati passivamente*

Il compostaggio in cumuli aerati passivamente prevede il trasporto dell'aria all'interno del substrato in trasformazione attraverso un apparato di tubi bucherellati, immersi nel cumulo. I tubi terminano all'esterno del cumulo con estremità aperte. L'aria fluisce nei tubi e, per il tramite dei forellini aperti per tutta la lunghezza della porzione immersa nella matrice organica, si diffonde attraverso il profilo del cumulo, grazie all'effetto ciminiera creato dai gas caldi, che si portano verso gli strati esterni per poi fuoriuscire alla superficie del substrato.

I cumuli devono essere non più alti di 1-1,2 m e ricoperti, in superficie, con uno strato di circa 10 cm costituito da compost maturo, paglia o torba di sfagno. Questo strato esterno ha funzioni coibenti e di adsorbimento delle emissioni maleodoranti. Siccome una volta

formato, il cumulo non viene più movimentato, se non a fine processo, è quindi necessario miscelare bene il substrato di partenza per renderlo quanto più omogeneo e dotato di una adeguata tessitura, magari ricorrendo all'uso di agenti di supporto ligno-cellulosici (paglia triturrata, trucioli di legno ecc.). I tubi per l'aerazione sono piazzati sul basamento che ospiterà il cumulo, sopra uno strato di compost maturo, paglia o torba simile a quello con cui verrà coibentata la matrice in compostaggio. Di solito, i tubi vengono posizionati con i fori rivolti verso il basso in modo da evitare rischi di ostruzione ed il drenaggio della condensa.

Quando il processo di compostaggio è completato, i tubi vengono semplicemente tirati fuori dalla matrice ed il materiale impiegato come coibente viene miscelato al compost.

Questo metodo di compostaggio si è rivelato particolarmente interessante per il trattamento dei residui di alcune industrie conserviere. Caratterizzati dalla presenza di sostanze a forte impatto olfattivo o da elevate concentrazioni di composti azotati (es.: rifiuti della lavorazione di molluschi e crostacei, liquami suinicoli, scarti della macellazione e dell'industria ittica ecc.).

#### *Cumuli statici con aerazione forzata*

Il metodo dei cumuli statici aerati trova un logico sviluppo nell'uso di apparati che costringono l'aria a passare forzatamente attraverso la mal in compostaggio. Questi apparati consentono altresì un maggiore controllo del processo. Il rifornimento di aria nella matrice organica in trasformazione può essere attuato in due modi: attraverso aspirazione di aria dalla superficie del cumulo ovvero insufflazione forzata di aria al substrato.

Con la tecnica dei cumuli statici con aerazione forzata, i substrati di partenza, eventualmente miscelati ad appropriati agenti di supporto ne incrementino la porosità, sono sistemati in cumulo su una platea di solito ricoperta da uno strato di scaglie di legno, paglia triturrata od materiale poroso. Questo strato di materiale poroso ospita i tubi di aerazione, opportunamente bucherellati. Nelle soluzioni impiantistiche più recenti, si

evita il posizionamento dei tubi di aerazione sulla superficie della platea di compostaggio, ricavando, nella stessa, canalette grigi che ospitano i tubi ovvero funzionano esse stesse da conduttura di aerazione. Il sistema di tubi è connesso ad un ventilatore che può aspirare aria ovvero spingerla attraverso la matrice in compostaggio. Affinché sia garantita una uniforme diffusione dell'aria nella matrice in trasformazione, i cumuli non devono superare i 2,5 m in altezza.

Nei cumuli 'aspirati, viene creata una depressione per mezzo del sistema di tubi posizionati nella matrice; sulla platea di compostaggio, e connessi con il ventilatore che, in questo caso, agisce da aspiratore. L'aria viene richiamata nel substrato dalla superficie esterna, passa attraverso il profilo del cumulo e viene drenata, al fondo, dal sistema di tubi dotati di fori. L'aria esausta è veicolata all'esterno del cumulo dal tubo di raccordo principale, il quale si immette in un sistema filtrante, prima di connettersi con l'aspiratore. Ciò permette l'abbattimento delle eventuali emissioni maleodoranti ed evita che il vapor acqueo, drenato via dal cumulo assieme all'aria esausta, raggiunga, con il suo carico di sostanze corrosive (i.e. acidi organici), l'aspiratore. Il sistema di compostaggio basato sull'aspirazione dell'aria presenta alcuni inconvenienti rispetto all'efficace controllo dei parametri di processo.

Il richiamo di aria fredda dall'atmosfera esterna all'interno del substrato, fa sì che, nella regione centrale dei cumuli, si condensi il vapor acqueo. Ciò porta, in primo luogo, alla formazione di ristagni d'acqua che possono provocare l'insorgenza di condizioni anaerobiche in vaste porzioni della matrice. La ridotta evaporazione determina, inoltre, una minore dissipazione del calore e, di conseguenza, un cattivo controllo della temperatura.

Nel sistema di aerazione forzata per insufflazione invece, il ventilatore funziona come soffiante, inducendo una pressione positiva all'interno della matrice. In questo modo, l'aria esausta viene spinta verso la superficie esterna del substrato e rimpiazzata da quella fresca diffusa dal sistema di tubi alla base del cumulo. Con questo sistema, il controllo delle eventuali emissioni maleodoranti può essere conseguito mediante la stesura di uno strato (circa 10 cm) di compost maturo alla superficie del cumulo.

Il sistema di biostabilizzazione con aerazione forzata per insufflazione rappresenta, fra tutte le alternative di compostaggio in cumuli statici, la procedura più razionale per la gestione del processo. L'insufflazione rende possibile infatti un miglior controllo della temperatura, che è poi il parametro che maggiormente condiziona il metabolismo microbico durante la fase di compostaggio attivo.

Le soffianti, e quindi l'adduzione forzata di aria nella matrice in compostaggio, possono essere governate secondo strategie diverse. I ventilatori possono infatti operare sia in continuo che ad intermittenza. In quest'ultimo caso, il meccanismo di controllo dei periodi di lavoro e di pausa può dipendere da un programma impostato su di un timer ovvero da un sensore di temperatura collocato all'interno del cumulo.

L'insufflazione in continuo, per quanto garantisca una costante ossigenazione e dissipazione del calore in eccesso dal substrato, presenta alcuni inconvenienti. Le zone del cumulo più vicine ai tubi diffusori tendono a raffreddarsi troppo ed a disidratarsi. Ciò determina l'arresto di una significativa evoluzione biologica di cospicue porzioni della matrice, nelle quali anche la disattivazione dei patogeni viene compromessa. Con le soffianti operanti ad intermittenza, le temperature nelle diverse sezioni del cumulo tendono invece, tra un turno di insufflazione e l'altro, a equalizzarsi.

Quando i periodi di aerazione forzata sono governati da un timer, le soffianti si attivano o si disattivano sulla base di tempi fissati. Il programma e i periodi di lavoro e di pausa dipende dalle caratteristiche del cumulo (dimensioni) e, soprattutto, da quelle della biomassa substrato (degradabilità, porosità ecc.). Al controllo temporale si associa spesso quello della temperatura.

#### *Il compostaggio in bioreattori*

Con il termine compostaggio in bioreattore si indica la stabilizzazione della biomassa substrato in particolari strutture di contenimento, dove tecniche di movimentazione e di aerazione forzata della matrice sono variamente combinate. Questi "bioreattori" possono essere chiusi o semplici vasche aperte. La maggior parte di questi apparati assolve solo ad una prima parziale omogenizzazione e trasformazione delle matrici organiche. La

biostabilizzazione aerobica vera e propria del materiale in uscita dai reattori avviene, di solito, con uno dei numerosi sistemi in

cumulo. Da un punto di vista delle applicazioni tecnologiche, le più diffuse tipologie di bioreattori sono:

- a) i cilindri rotanti;
- b) i sios;.,
- c) le trincee dinamiche aerate.

#### *I cilindri rotanti*

Si tratta di grandi cilindri disposti orizzontalmente e sistemati su speciali ingranaggi che ne consentono un lento movimento rotatorio. Il substrato viene alimentato attraverso una tramoggia sistemata ad una estremità del cilindro. La matrice organica, a seguito del movimento rotatorio, viene miscelata e spinta attraverso tutta la lunghezza del cilindro, per poi venir scaricata all'estremità opposta a quella di carico. Le dimensioni più frequenti per questo tipo di cilindri sono 3 m di diametro per 35 m circa di lunghezza. Queste consentono una capacità giornaliera di 50 t, con tempi di residenza del substrato di tre giorni. Nel cilindro, i processi di decomposizione iniziano rapidamente, preparando il substrato alla stabilizzazione fuori del reattore. L'aria è alimentata dalla estremità di scarico della matrice e si muove, nel cilindro, in direzione opposta rispetto al procedere del substrato. La velocità di rotazione e il grado di inclinazione dell'asse del cilindro determinano il tempo di ritenzione del materiale caricato. All'interno, il cilindro, può essere completamente aperto oppure diviso in due o tre compartimenti, separati da porte di trasferimento manovrabili. In quest'ultimo caso, alla fine di ogni giorno di attività, viene aperta la porta di trasferimento dell'estremità di scarico e l'ultimo compartimento è così svuotato. Successivamente gli altri compartimenti sono aperti ed il materiale in essi contenuto è trasferito in sequenza, liberando così il primo compartimento che riceve un nuovo carico. All'interno del cilindro si raggiungono temperature  $> 55^{\circ}\text{C}$  che contribuiscono ad una drastica disattivazione degli eventuali microorganismi patogeni.

Questi cilindri rotanti sono costosi e, in sostanza, non apportano alcun giovamento significativo al processo complessivo di stabilizzazione della matrice di partenza. La quasi totalità del processo di compostaggio avviene infatti all'esterno del bioreattore, con i soliti problemi di controllo del processo. Preparazione e igienizzazione del substrato possono essere raggiunti secondo procedure molto più semplici e meno onerose.

#### *I silos*

Sono reattori cilindrici, verticali, di solito completamente chiusi. In quelli a configurazione più recente, ogni giorno uno speciale apparato estrattore rimuove dal fondo del reattore la porzione di substrato parzialmente stabilizzata, mentre nuova matrice fresca viene alimentata dall'alto. L'azione è attuata per mezzo di un sistema di diffusori posti al fondo silo. L'aria passa così attraverso tutto il profilo del materiale in compostaggio. Una volta arrivata al culmine del reattore, l'aria esausta viene convogliata in un filtro per l'abbattimento degli odori. Il tempo di ritenzione del substrato all'interno del silo è normalmente dell'ordine delle settimane. Dopo la rimozione dal silo, la matrice viene avviata alla completa stabilizzazione in cumulo ovvero in un secondo silo, anch'esso aerato.

Inconvenienti principali del compostaggio in silos sono:

- il rischio di un eccessivo compattamento della biomassa substrato;
- la difficoltà di aerare in maniera omogenea, con eccessiva ventilazione e raffreddamento della matrice a contatto dei diffusori a fronte della scarsa ossigenazione delle parti alte del silo;
- la condensa del vapore lungo le pareti fredde del reattore, con conseguente riduzione della progressiva perdita di umidità ed eccessivo ristagno d'acqua nella matrice.

Tutto ciò può limitare il decorso delle reazioni aerobiche e rendere difficile il controllo della temperatura.

I silos si prestano al compostaggio di matrici organiche particolarmente soffici e ben strutturate.

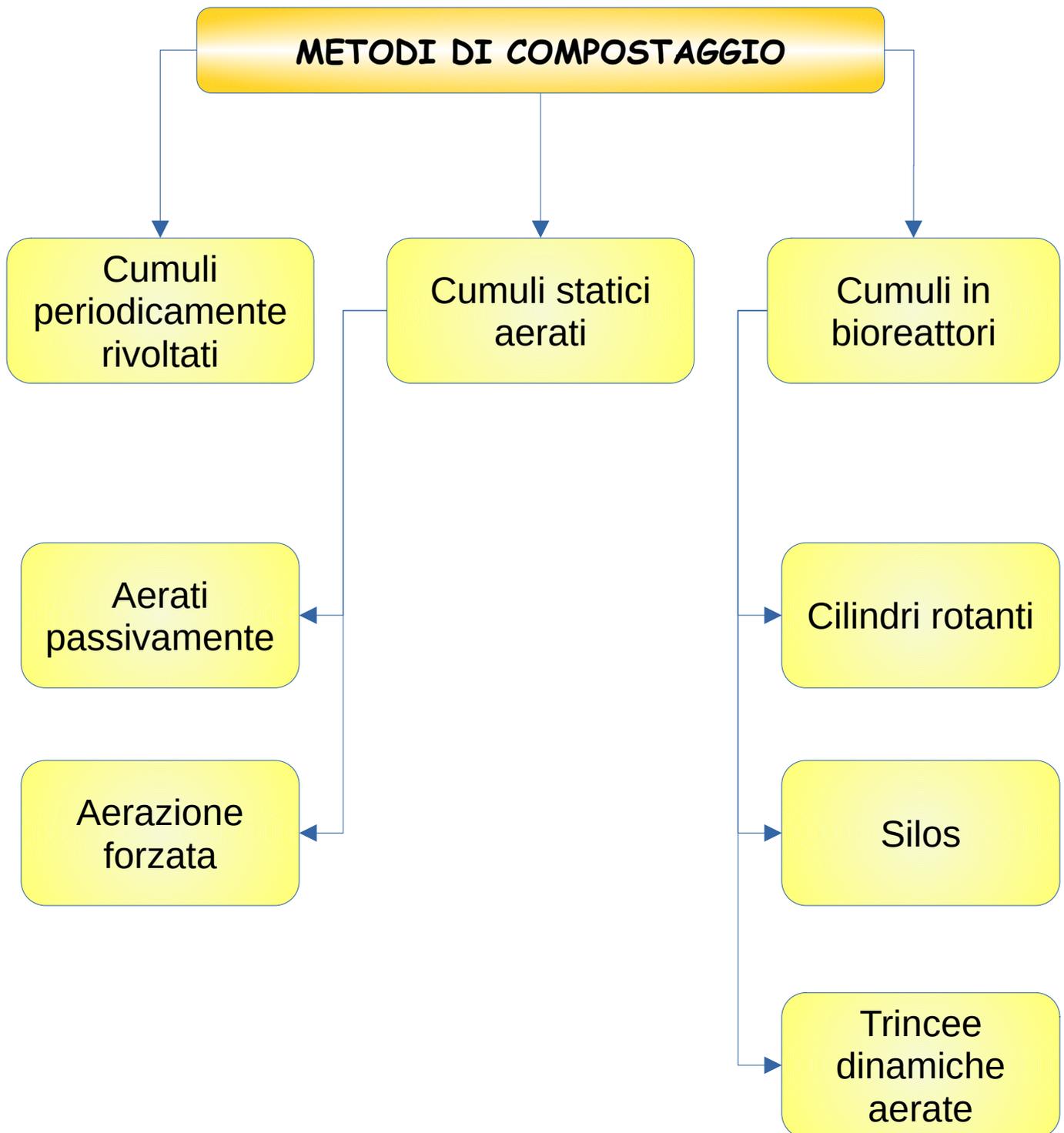
#### *Le trincee dinamiche aerate*

Sono definiti anche letti agitati . Questi sistemi combinano l'aerazione controllata del substrato con il periodico rivoltamento dello stesso. Non sono reattori chiusi ed il compostaggio delle matrici alimentate avviene in strette corsie o vasche (trincee), delimitate da pareti soltanto lateralmente. Più corsie possono essere sistemate, in batteria, una adiacente all'altra. Sul culmine di ogni parete è sistemato un binario. Una macchina rivoltatrice si muove a cavallo di ogni corsia, seguendo i binari delle due pareti di contenimento. Negli impianti a corsie multiple, la macchina rivoltatrice può essere spostata da una trincea all'altra per mezzo di un ponte di trasferimento, in testa alle vasche.

In un tipico schema operativo, la biomassa substrato è alimentata all'estremità di carico della corsia. Come la macchina rivoltatrice avanza sui binari, la matrice viene rivoltata e quindi scaricata alle spalle della macchina stessa. Così, ad ogni passaggio, la macchina movimentata il materiale in compostaggio verso l'estremità di scarico della corsia. La macchina rivoltatrice ha la funzione di miscelare la matrice in trasformazione, favorendone la omogenizzazione, disgregando eventuali zolle e incrementando il rilascio di vapor acqueo e di calore. Il rivoltatore opera in maniera completamente automatizzata.

Sul pavimento delle vasche, corrono in senso longitudinale delle canalette che ospitano il sistema di diffusione dell'aria, connesso con una serie di soffianti. In questo modo la matrice in compostaggio è aerata costantemente. Siccome, lungo la corsia, il substrato si trova in stadi di maturazione diversi, la corsia stessa è suddivisa in sezioni, a ciascuna delle quali può essere addotta una quantità d'aria diversa da quella contemporaneamente immessa nelle altre. Di solito, ogni sezione è alimentata da una soffiante, governata da un sensore di temperatura collocato nel settore di riferimento. La capacità del sistema dipende, ovviamente dal numero e dalle dimensioni delle corsie. Nelle applicazioni più diffuse, le trincee hanno una lunghezza di 30 m circa, sono larghe 34 m e sono delimitate da pareti alte 1,5-3 m. La lunghezza delle corsie e la frequenza dei rivoltamenti determina i periodi di residenza della biomassa all'interno del reattore. A seconda delle caratteristiche del substrato, i tempi di ritenzione variano da tre a cinque settimane. Dopo di che, il materiale in uscita dalle trincee viene avviato alla fase di finissaggio.

Questo tipo di bioreattori si è rivelato estremamente efficace nel trattamento di biomasse ad elevato contenuto di umidità, come i rifiuti dei mercati ortofrutticoli per la produzione di compost di elevate specifiche qualitative.



## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo sviluppo tecnologico del compostaggio è strettamente correlato con il recepimento delle conoscenze fondamentali relative al controllo del processo. Erroneamente, invece, è stata data spesso enfasi più alla configurazione impiantistica, con l'obbiettivo di razionalizzare le operazioni di gestione dei rifiuti destinati alla biostabilizzazione, che non alle condizioni per l'ottimale svolgimento delle reazioni biologiche. La conseguenza di un simile procedimento è stata la crescita a dismisura dei costi di impianto, nei quali le sezioni accessorie, come quelle di selezione della biomassa in entrata e di affinamento del prodotto finale, supposto maturo, hanno acquisito preponderante importanza. Se l'attenzione principale non viene volta alle condizioni di lavoro dei microorganismi, non esiste macchinario, per quanto tecnicamente raffinato, che possa trasformare una matrice non stabilizzata in compost. La sopravvivenza del compostaggio come alternativa nel trattamento dei rifiuti organici risiede ormai nella qualità del prodotto finito. Questo si ottiene antepoendo alla preventiva simpatia per questa o quella configurazione impiantistica la strategia che massimizzi la stabilizzazione aerobica delle matrici di partenza. Delineata la strategia che garantisca l'interazione ottimale tra microorganismi, biomassa substrato e parametri fisici e chimici che condizionano la crescita microbica, non sarà difficile sviluppare la soluzione tecnica più razionale.