

Corso di Laurea Triennale in  
“SCIENZE BIOLOGICHE”

Anno Accademico 2022-2023

# IGIENE

## SUOLO E RIFIUTI

Prof.ssa Valeria Di Onofrio

*valeria.dionofrio@uniparthenope.it*



# SIS

Scuola Interdipartimentale  
delle **Scienze**, dell'**Ingegneria**  
e della **Salute**

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE (DIST)**

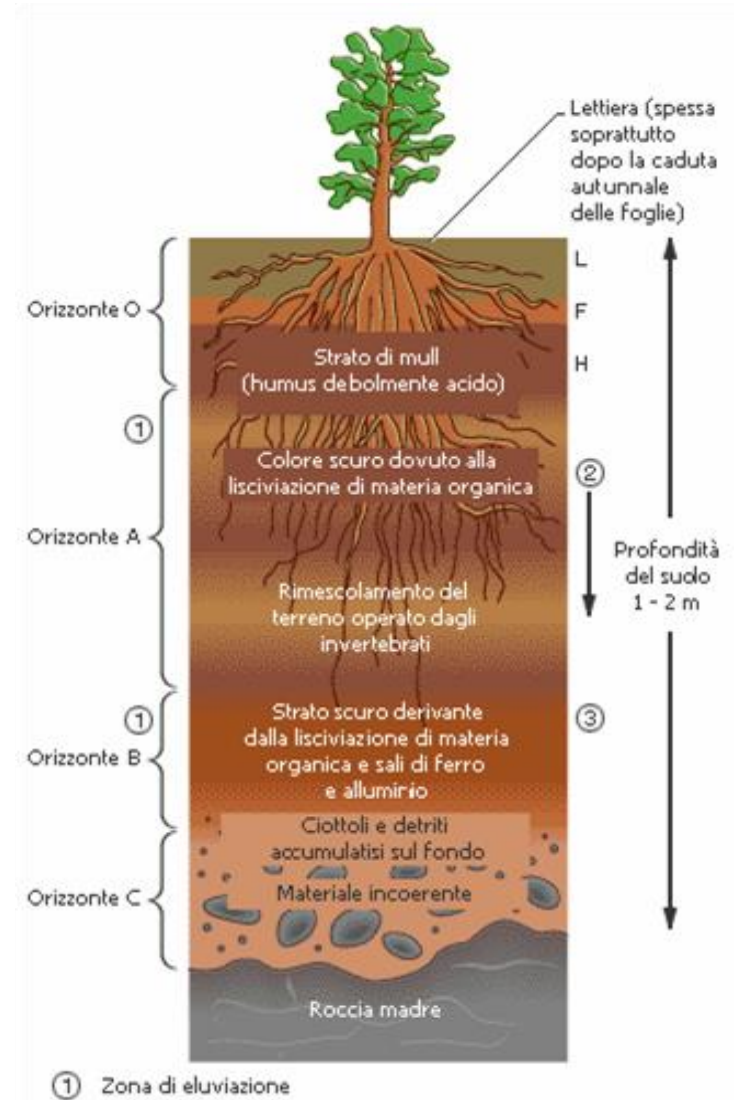
# IL SUOLO

Strato superficiale che ricopre la crosta terrestre, derivante dall'alterazione di un substrato roccioso, chiamato roccia madre, per azione chimica, fisica e biologica esercitata da tutti gli agenti superficiali e dagli organismi presenti su di esso.

Il suolo è composto da una parte solida (componente organica e componente minerale), una parte liquida e da una parte gassosa.

Può essere suddiviso in tre zone:

- ✓ parte superficiale o strato attivo, dove si svolgono i cicli dell'azoto, del carbonio e di altri elementi
- ✓ strato inerte
- ✓ sottosuolo che è costituito essenzialmente da roccia.



# I RIFIUTI

Sono tutto quanto risulta di scarto o avanzo alle più svariate attività umane. La Comunità europea, con la Direttiva n. 2008/98/CE del 19 novembre 2008 (Gazzetta Ufficiale Europea L312 del 22 novembre 2008) li definisce *sottoprodotti*, e, in particolare, *qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o l'obbligo di disfarsi*

La definizione normativa in Italia è data dall'art. 183 del Decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152 (Testo Unico Ambientale), modificata dal Decreto legislativo 3 dicembre 2010, n. 205 "Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive":

L'atto di "disfarsi" va inteso indipendentemente dal fatto che il bene possa potenzialmente essere oggetto di riutilizzo, diretto o previo intervento manipolativo. Secondo la Circolare del Ministero dell'Ambiente 28.06.1999 "disfarsi" equivale ad avviare un oggetto o sostanza ad operazioni di smaltimento o di recupero.

I rifiuti vengono **classificati**, in base all'origine: in *rifiuti urbani* e *rifiuti speciali* e, in base alle loro caratteristiche di pericolosità, in *rifiuti pericolosi* e *rifiuti non pericolosi* (**Decreto Legislativo 5 febbraio 1997 n. 22 – Decreto Ronchi**).

# CLASSIFICAZIONE DEI RIFIUTI

## *Rifiuti urbani*

- ❖ Rifiuti domestici, anche ingombranti, provenienti da locali e luoghi adibiti ad uso di civile abitazione;
- ❖ Rifiuti non pericolosi provenienti da locali e luoghi adibiti ad usi diversi da quelli del primo punto, assimilati ai rifiuti urbani per qualità e quantità;
- ❖ Rifiuti provenienti dalla pulitura delle strade;
- ❖ 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 e sulle rive dei corsi d'acqua;
- ❖ Rifiuti vegetali provenienti da aree verdi, quali giardini, parchi e aree cimiteriali;
- ❖ Rifiuti provenienti da esumazioni ed estumulazioni, nonché gli altri rifiuti provenienti da attività cimiteriale.

# CLASSIFICAZIONE DEI RIFIUTI

## *Rifiuti speciali*

- ❖ Rifiuti da attività agricole e agro-industriali;
- ❖ Rifiuti derivanti dalle attività di demolizione, costruzione, nonché i rifiuti che derivano dalle attività di scavo;
- ❖ Rifiuti da lavorazioni industriali;
- ❖ Rifiuti da lavorazioni artigianali;
- ❖ Rifiuti da attività commerciali;
- ❖ Rifiuti da attività di servizio;
- ❖ Rifiuti derivanti dalla attività di recupero e smaltimento di rifiuti, i fanghi prodotti dalla potabilizzazione e da altri trattamenti delle acque e dalla depurazione delle acque reflue e da abbattimento di fumi;
- ❖ Rifiuti derivanti da attività sanitarie

# CLASSIFICAZIONE DEI RIFIUTI

## *Rifiuti tossici*

Quei materiali di scarto che possono causare dei danni o la morte a creature viventi, o che possono porre a rischio l'ambiente circostante. Generalmente si tratta di prodotti di provenienza industriale e commerciale, ma anche di uso domestico (prodotti delle pulizie, batterie, cosmetici, prodotti di giardinaggio), in agricoltura (fertilizzanti chimici, pesticidi), militare (armi nucleari e chimiche), servizi medici (prodotti farmaceutici), fonti radioattive, industria leggera (impianti di lavaggio a secco).

Si diffondono facilmente e possono contaminare laghi, fiumi, falde acquifere.

# RIFIUTI SPECIALI SANITARI

- rifiuti prodotti dalle strutture sanitarie
- sono distinti in non pericolosi (assimilabili agli urbani) e pericolosi per la salute pubblica (per rischio infettivo e per rischio chimico)
- raccolta in appositi contenitori
- smaltimento per termodistruzione

# **CER**

## **(CATALOGO EUROPEO RIFIUTI)**

Il Catalogo europeo dei rifiuti (allegato D del Testo Unico), istituito conformemente alla normativa comunitaria e suscettibile di periodiche revisioni, assegna ad ogni tipologia di rifiuto un codice a 6 cifre (così detto codice CER) che ne consente una più facile identificazione.



# GESTIONE DEI RIFIUTI

L'insieme delle azioni volte a gestire l'intero processo dei rifiuti, dalla loro produzione fino alla loro sorte finale, quindi: la raccolta, il trasporto, il trattamento (riciclaggio o smaltimento) ed anche il riutilizzo dei materiali di scarto, solitamente prodotti dall'attività umana, nel tentativo di ridurre i loro effetti sulla salute dell'uomo e sull'ambiente.

# GESTIONE DEI RIFIUTI

Se il primo livello di attenzione è rivolto alla necessità di prevenire la formazione dei rifiuti e di ridurre la pericolosità, il passaggio successivo riguarda l'esigenza di riutilizzare i prodotti (es. bottiglie, con il vuoto a rendere) e, se non è possibile il riuso, riciclare i materiali (es. riciclaggio della carta). Infine, solo per quanto riguarda il materiale che non è stato possibile riutilizzare e poi riciclare si pongono le due soluzioni del recupero energetico tramite sistemi a freddo o a caldo, come la bio-ossidazione (aerobica o anaerobica), la gassificazione, la pirolisi e l'incenerimento oppure l'avvio allo smaltimento in discarica.

Dunque anche in una situazione ideale di completo riciclo e recupero vi sarà una percentuale di rifiuti residui da smaltire in discarica o da ossidare per eliminarli e recuperare l'energia.

La carenza di efficaci politiche integrate di riduzione, riciclo e riuso fanno dello smaltimento in discarica ancora la prima soluzione applicata in Italia ed in altri paesi europei.

# LA PREVENZIONE DEI RIFIUTI

Consiste di un insieme di politiche volte a disincentivare, penalizzare economicamente o addirittura vietare la produzione di materiali e manufatti a ciclo di vita molto breve e destinati a diventare rifiuti senza possibilità di riuso. Soggetti interessati possono quindi essere tanto le imprese quanto i comuni cittadini, incentivati a ridurre a monte la produzione dei rifiuti, ad effettuare la raccolta differenziata. Oltre ad uno stimolo "etico", tali soggetti possono anche essere incentivati da una riduzione della TARSU (Tassa smaltimento Rifiuti Solidi Urbani).

# I RIFIUTI SOLIDI: ACCUMULO IRRAZIONALE

- degradazione del paesaggio
- sviluppo di cattivi odori ( $H_2S$ , mercaptani, metano, acidi grassi)
- produzione di fumo (eventuali incendi)
- presenza di mosche, ratti e topi
- inquinamento delle acque superficiali e profonde
- produzione di aerosol microbici
- formazione di gas nocivi

# TRATTAMENTO DEI RIFIUTI

Consiste nell'insieme di tecniche volte ad assicurare che i rifiuti, qualunque sia la loro sorte, abbiano il minimo impatto sull'ambiente.

Può riguardare sostanze solide, liquide o gassose, con metodi e campi di ricerca diversi per ciascuno.

Le pratiche di trattamento dei rifiuti sono diverse tra paesi sviluppati e paesi in via di sviluppo, tra città e campagna e a seconda che i produttori siano residenziali, industriali o commerciali.

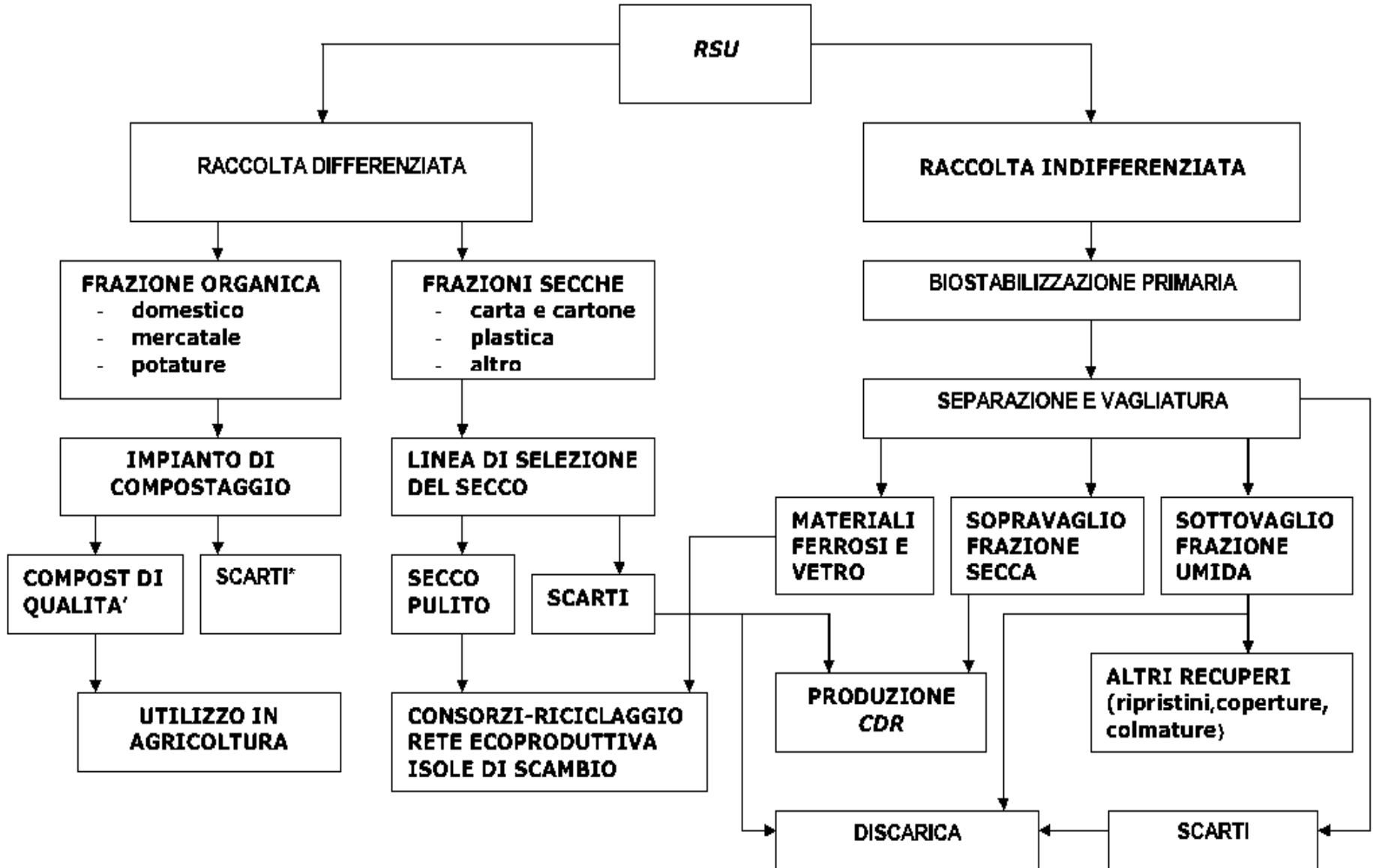
Il trattamento dei rifiuti per gli utenti residenti e istituzionali nelle aree metropolitane è solitamente responsabilità delle autorità di governo locale, mentre il suo trattamento per utenti commerciali e industriali è solitamente responsabilità di colui che ha prodotto i rifiuti.

# I RIFIUTI SOLIDI:

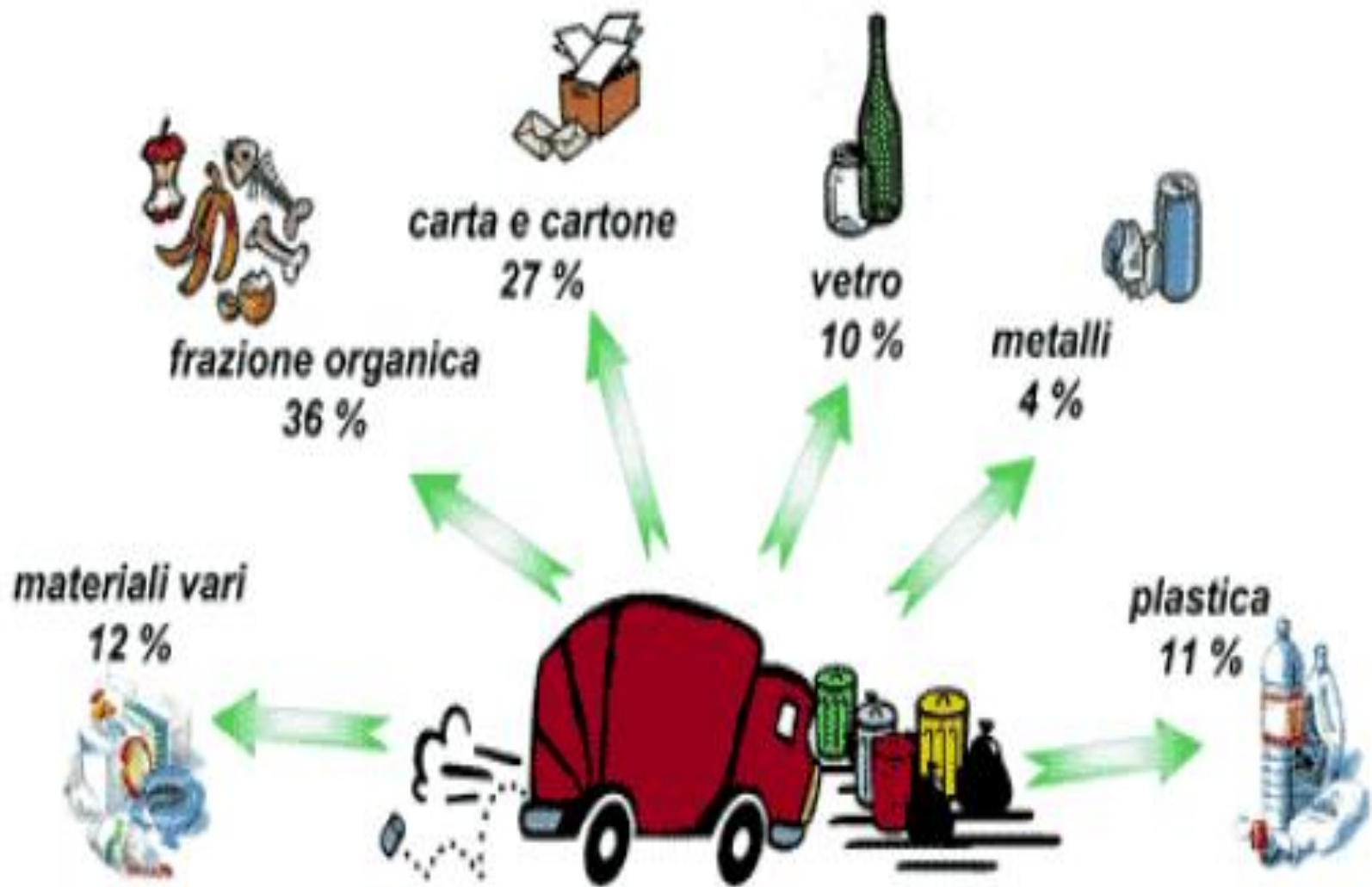
## RACCOLTA E ALLONTANAMENTO

- Le immondizie prodotte presso un unico edificio sono raccolte all'interno di sacchetti in appositi recipienti (pattumiere) costruiti con materiale liscio, facilmente lavabile, con coperchio a buona tenuta, in recipienti collettivi posti in strade o cortili e ritirati dagli addetti alla nettezza urbana
- Il trasporto fino ai recipienti di raccolta può essere a mano oppure mediante canne a caduta

# FLUSSO GENERALE RIFIUTI URBANI



# COMPOSIZIONE DEI R.S.U.





# QUANTITÀ DEI R.S.U.

Quantità e composizione dei RSU variano da luogo a luogo, e, nello stesso luogo, in base al giorno della settimana, alla stagione ed alle abitudini della popolazione.

**QUANTITÀ TOTALE:** è legata al tenore di vita della popolazione, aumentando quando il tenore di vita medio è più alto;

**DURANTE LA SETTIMANA:** costante dal martedì al venerdì, picchi al sabato e lunedì;

**CON LE STAGIONI:** media in autunno e primavera, bassa in estate ed alta in inverno

# FILIERA DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA

I rifiuti raccolti in maniera differenziata possono sostanzialmente essere trattati, a seconda del tipo, mediante due procedure:

- riciclaggio, per le frazioni secche;
- compostaggio, per la frazione umida.

# RICICLAGGIO DEI RIFIUTI

Il riciclaggio comprende tutte le strategie organizzative e tecnologiche per riutilizzare come materie prime materiali di scarto altrimenti destinati allo smaltimento in discarica o distruttivo.

In Italia, il tasso di raccolta differenziata sta gradualmente aumentando, ma è ancora inferiore alle potenzialità.

Soluzioni particolarmente efficienti come la raccolta differenziata porta a porta, ove adottate, permettono di incrementare notevolmente la percentuale di rifiuti riciclati.

Numerosi sono i materiali che possono essere riciclati: metalli, carta, vetro e plastiche sono alcuni esempi.

# COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE UMIDA

Il compostaggio è una tecnologia biologica usata per trattare la frazione organica dei rifiuti raccolta differenziatamente (anche detta *umido*) sfruttando un processo di bio-ossidazione, trasformandola in ammendante agricolo di qualità (**COMPOST**) da utilizzare quale concime naturale: da 100 kg di frazione organica si ricava una resa in compost compresa nell'intervallo di 30-40 kg. Tramite digestione anaerobica viene ottenuto anche del biogas che può essere bruciato per produrre energia elettrica e calore; in tal modo è possibile diminuire il livello di emissioni inquinanti della discarica e migliorarne la gestione approfittando anche della conseguente diminuzione dei volumi legata al riciclo dell'umido.



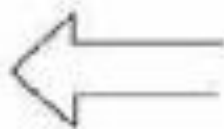
400 Kg rifiuti domestici



100 Kg parte organica



60 Kg COMPOST



Orto

# LA FILIERA DELLA RACCOLTA INDIFFERENZIATA

I rifiuti raccolti indifferenziatamente sono naturalmente molto più difficili da trattare di quelli raccolti in modo differenziato. Possono essere seguite tre strade principali:

1. Trattamenti a freddo, ovvero separazione e parziale recupero di materiali, biostabilizzazione e conferimento in discarica
2. Trattamenti a caldo ovvero incenerimento tal quale o a valle di separazione e produzione di CDR (combustibile derivato dai rifiuti) e conferimento in discarica
3. Conferimento diretto in discarica (oggi molto usato, ma certamente da evitarsi).

In ogni caso è evidente che gli inevitabili scarti di questi processi finiranno per forza di cose in discarica.

# TRATTAMENTO A FREDDO DEI RIFIUTI

Scopo dei processi di trattamento *a freddo* dei rifiuti indifferenziati o residui (ossia i rifiuti che rimangono dopo la raccolta differenziata) è di recuperare una ulteriore parte di materiali riciclabili, ridurre il volume del materiale in vista dello smaltimento finale e di stabilizzare i rifiuti in modo tale che venga minimizzata la formazione dei gas di decomposizione ed il percolato. Da questi processi (fra cui il compostaggio), si ricava in genere sia materiali riciclabili, sia il biogas, cioè, in pratica, metano.

# TRATTAMENTO

## MECCANICO-BIOLOGICO (TMB)

È il principale tipo di trattamento a freddo. Esso separa la frazione organica ed i materiali riciclabili: permette quindi una ulteriore riduzione dell'uso delle discariche e degli inceneritori, il tutto con emissioni inquinanti nettamente inferiori rispetto a tali impianti. Infatti tratta i rifiuti indifferenziati a valle della raccolta differenziata, incrementando il recupero di materiali.

Il TMB può essere utilizzato anche per produrre CDR: è questa l'applicazione principale che ufficialmente ne viene fatta in Italia, soprattutto al sud. In questo caso dovrebbe essere rimosso solamente l'umido ed i materiali non combustibili (vetro, metalli) mentre carta e plastica sarebbero confezionati in "ecoballe" da incenerire: in questo modo il trattamento a freddo si può intrecciare con quello termico.



# TRATTAMENTO TERMICO

Fra i processi di trattamento a caldo (o termico) dei rifiuti, si distinguono tre processi di base:

1. Combustione (incenerimento)
2. Pirolisi
3. Gassificazione

Tutte queste tecnologie producono residui, a volte speciali, che richiedono smaltimento, generalmente in discarica. Sia in Italia che in Europa, gli impianti di trattamento termico di gran lunga più diffusi per i rifiuti urbani sono gli inceneritori.

# INCENERIMENTO CON RECUPERO ENERGETICO

L'incenerimento è una tecnologia consolidata che permette di ottenere energia elettrica e fare del teleriscaldamento sfruttando i rifiuti indifferenziati o il CDR. Questi vengono bruciati in forni inceneritori e l'energia termica dei fumi viene usata per produrre vapore acqueo che, tramite una turbina, genera energia elettrica. La quantità di energia elettrica recuperata è piuttosto bassa (19-25%), mentre quella termica è maggiore.

# GLI INCENERITORI

Sono impianti principalmente utilizzati per lo smaltimento dei rifiuti mediante un processo di combustione ad alta temperatura (**incenerimento**) che dà come prodotti finali un effluente gassoso, ceneri e polveri.

Negli impianti più moderni, il calore sviluppato durante la combustione dei rifiuti viene recuperato e utilizzato per produrre vapore, poi utilizzato per la produzione di energia elettrica o come vettore di calore (ad esempio per il teleriscaldamento). Questi impianti con tecnologie per il recupero vengono indicati col nome di *inceneritori con recupero energetico*, o più comunemente *termovalorizzatori*.

# PIROLISI E GASSIFICAZIONE

Sono dei trattamenti termici dei rifiuti che implicano la trasformazione della materia organica tramite riscaldamento a temperature variabili (a seconda del processo da 400 a 1200°C), rispettivamente in condizioni di assenza di ossigeno o in presenza di una limitata quantità di questo elemento. Gli impianti che sfruttano tali tecnologie in pratica, piuttosto che fondarsi sulla combustione, attuano la *dissociazione molecolare* ottenendo in tal modo molecole in forma gassosa più piccole rispetto alla originarie e scorie solide o liquide. In confronto agli odierni inceneritori i rendimenti energetici possono essere maggiori, mentre l'impatto delle emissioni gassose risulta sensibilmente ridotto.

Nonostante la tipologia di rifiuti trattabili sia (per alcuni tipi di impianto) la stessa degli inceneritori, tuttavia sono pochi gli impianti di questo genere che trattano rifiuti urbani tal quali: molto spesso infatti riguardano frazioni merceologiche ben definite quali plastiche, pneumatici, scarti di cartiera, scarti legnosi o agricoli oppure biomasse in genere.

Va anche osservato che in genere gli impianti di pirolisi e/o gassificazione sono più piccoli degli inceneritori, cioè ciascun impianto tratta un minor quantitativo di rifiuti.

# DISCARICA

Luogo dove vengono depositati in modo non selezionato i rifiuti solidi urbani e tutti i rifiuti provenienti dalle attività umane (detriti di costruzioni, scarti industriali, ecc.) che non si è voluto o potuto riciclare, inviare al trattamento meccanico-biologico (TMB) eventualmente per produrre energia tramite bio-ossidazione a freddo, gassificare o, in ultima ratio, bruciare ed utilizzare come combustibile negli inceneritori (inceneritori con recupero energetico o termovalorizzatori).

# DISCARICA

I residui di molti rifiuti, soprattutto di RSU organici, restano attivi per oltre 30 anni e, attraverso i naturali processi di decomposizione anaerobica, producono biogas e numerosi liquami (percolato) altamente contaminanti per il terreno e le falde acquifere per cui il conferimento senza preventivo trattamento di compostaggio è da evitarsi.

Dati gli enormi tempi di degradabilità dei materiali normalmente conferiti in discarica è ragionevole stimare la possibilità di rilevare tracce di queste sostanze dopo la chiusura di una discarica per un periodo che va fra i 300 e i 1000 anni, per cui andrebbero trattati diversamente.

# DISCARICA

Attualmente lo smaltimento in discarica in Italia è il principale metodo di eliminazione dei rifiuti, in quanto è semplice ed economico.

L'uso della discarica è molto intenso nei paesi poco sviluppati, mentre la tendenza generale è volta a limitare il conferimento in discarica applicando attivamente politiche di riduzione, riuso e riciclo, e sfruttando tecnologie quali il compostaggio e l'incenerimento per i residui.

# STRUTTURA DI UNA MODERNA DISCARICA

Per assolvere efficacemente al suo compito una discarica deve essere progettata in modo adeguato e secondo tutte le relative norme di legge.

Le discariche moderne devono essere costruite secondo una struttura a barriera geologica in modo da isolare i rifiuti dal terreno, rispettare gli standard igienici e la biosfera, riutilizzare i biogas prodotti come combustibile per generazione di energia. La struttura in genere è del tipo a "deposito sotterraneo", costituita dal basso verso l'alto nel seguente modo:

- ❑ un terreno di fondazione e sottofondo della discarica;
- ❑ una barriera di impermeabilizzazione sul fondo e sui fianchi costituita da geomembrane per impedire la fuoriuscita del percolato;
- ❑ un sistema di drenaggio del percolato;
- ❑ l'ammasso dei rifiuti in strati compattati;
- ❑ le coperture tra i vari strati;
- ❑ un sistema per la captazione del biogas;
- ❑ la copertura finale provvista di piante.

Anche in una discarica moderna, si riesce a recuperare solo il 40% circa del metano, mentre il resto viene disperso.



# GESTIONE DI UNA DISCARICA DI RIFIUTI

La discarica deve essere costantemente controllata in tutte le sue fasi di vita, dalla realizzazione alla gestione dopo la sua chiusura. Tutti i controlli vengono fatti seguendo un piano di sorveglianza e controllo che prevede una serie di parametri da misurare attraverso dei sistemi di prelievamento ed analisi uguali per tutti in modo che non vi sia discordanza fra i dati. Il monitoraggio deve essere svolto su:

- acque sotterranee;
- acque meteoriche che attraversano la discarica;
- percolato prodotto dei rifiuti in fase di deterioramento;
- emissioni di gas dalla discarica e qualità dell'aria presente nelle vicinanze della discarica;
- discariche in cui vengono smaltiti rifiuti contenenti amianto;
- parametri meteorologici della zona in cui ha sede la discarica;
- morfologia della discarica.

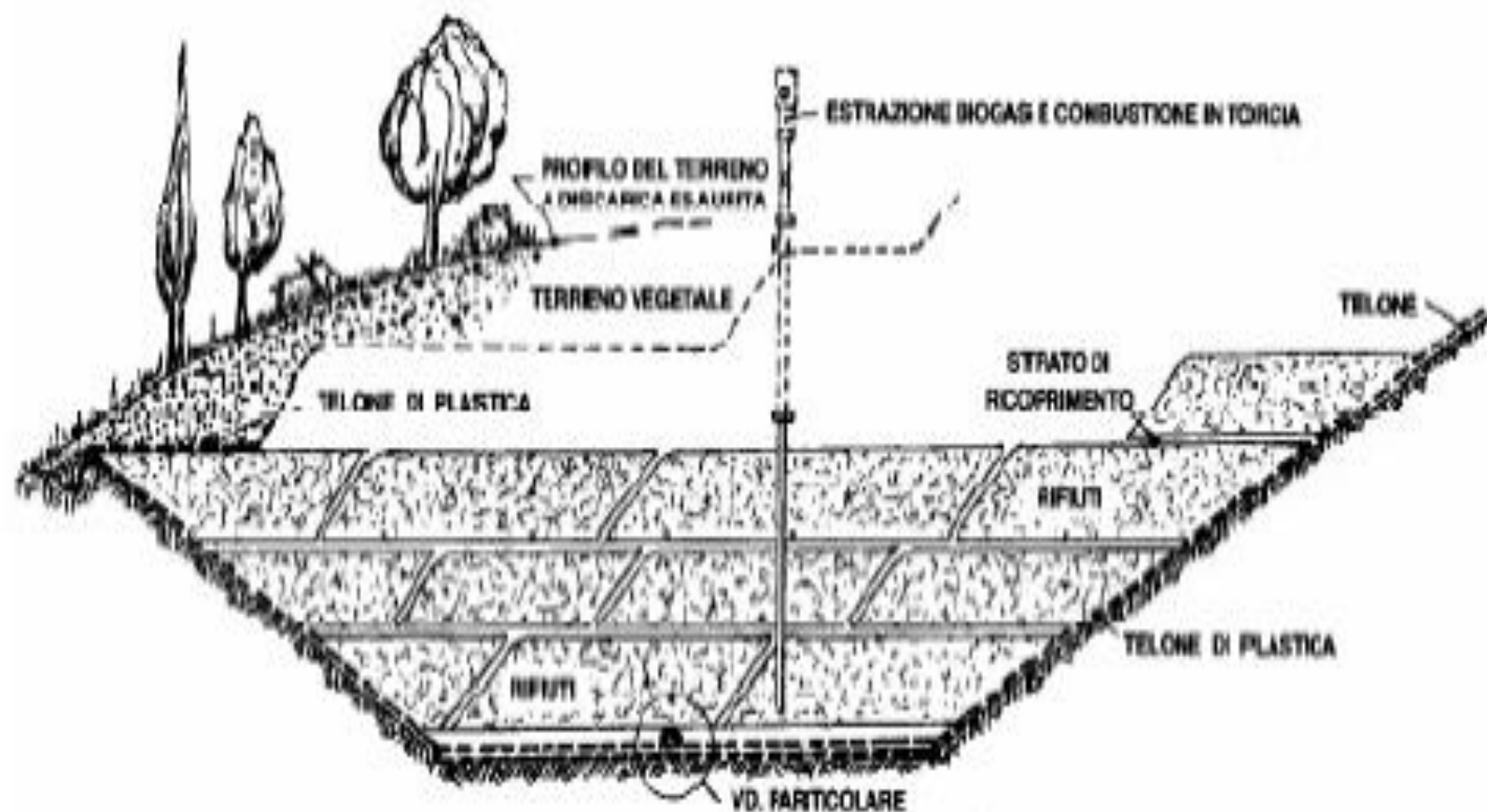
# CLASSIFICAZIONE DELLE DISCARICHE

- **Discariche di I categoria** (RSU, rifiuti speciali assimilabili agli urbani, fanghi non tossici e nocivi provenienti da impianti di depurazione delle acque di scarico urbane)
- **Discariche di II categoria**
  - TIPO A (materiali provenienti da demolizioni, costruzioni ecc.)
  - TIPO B (rifiuti speciali e tossico-nocivi in concentrazioni  $\leq 1/100$  della concentrazione limite)
  - TIPO C (rifiuti speciali tossici e nocivi)
- **Discariche di III categoria** (rifiuti tossici e nocivi ad alto grado di pericolosità)

# DOVE COSTRUIRE UNA DISCARICA?

Una discarica deve essere costruita in zone non troppo piovose e non troppo aride in base al tipo di rifiuti che deve contenere. Il monitoraggio della morfologia della discarica permette di seguire nel tempo la deformazione strutturale della discarica che avviene in modo lento con il deterioramento dei rifiuti e quindi con la loro diminuzione di volume. Il terreno in cui viene costruita una discarica deve essere un terreno solido, non deve situarsi in pianure alluvionali e la zona non deve essere fortemente sismica.

Se la discarica è progettata e costruita correttamente, i rifiuti devono comunque rimanere sorvegliati per almeno 30 anni dopo la sua chiusura. Nel frattempo l'area è utilizzabile per altri scopi (in genere il terreno superficiale può essere usato per la crescita di piante).



Sezione trasversale di una discarica per rifiuti solidi

attività mafiose

**NUMEROSE DISCARICHE  
ABUSIVE  
(INQUINANTI E PERICOLOSE)**

ecomafie