



centroappunti.it

CORSO LUIGI EINAUDI, 55/B - TORINO

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 2535A

ANNO: 2022

A P P U N T I

STUDENTE: Liaci Giulia

**MATERIA: Processi di valorizzazione e reimpiego energetico -
Prof. Fino, Prof. Tommasi**

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

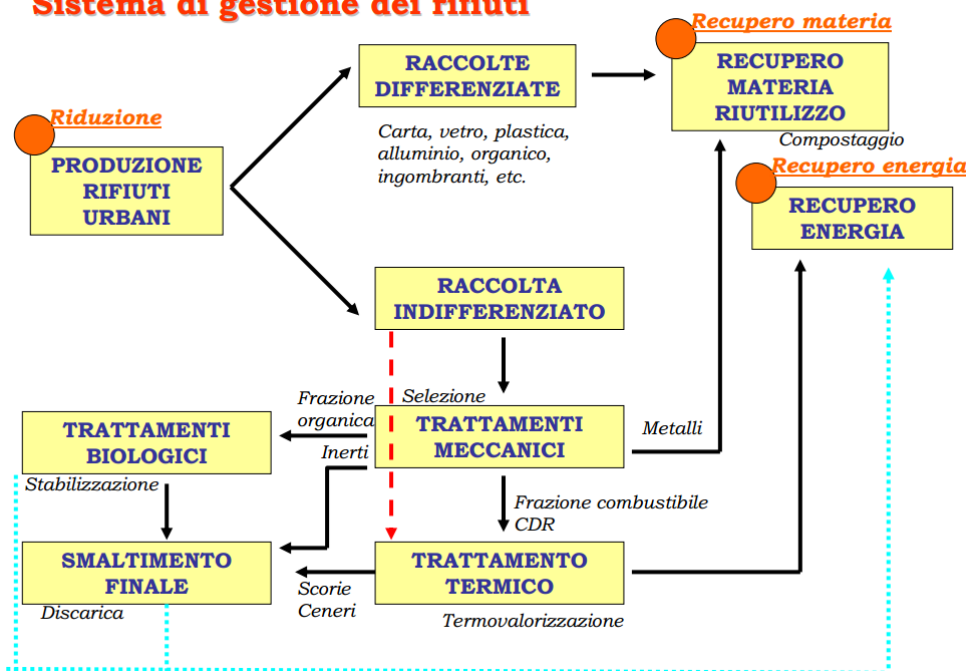
ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTI E NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.

LEZIONE 2 – RACCOLTA DIFFERENZIATA E IMPIANTI DI SELEZIONE

I rifiuti si possono distinguere in industriali e civili. Quelli industriali sono omogenei e sono in quantità maggiore rispetto a quelli civili. I rifiuti civili sono differenziati (quindi omogenei) e indifferenziati. Si lavora su quelli indifferenziati perché sono fonte di idrogeno e carbonio.

Rifiuti solidi urbani, CSS (combustibili solidi secondari) e rifiuti plastici non riciclabili rappresentano una fonte di carbonio che può essere opportunamente utilizzata in sostituzione delle cariche convenzionali di natura fossile.

Sistema di gestione dei rifiuti



Obiettivi:

- ridurre la produzione di rifiuti;
- recuperare materia;
- recuperare energia.

Se si ha come obiettivo il recupero di energia si devono prendere in considerazione i rifiuti aventi un alto potere calorifico inferiore (PCI), un basso contenuto di ceneri e una bassa umidità.

Bassa umidità perché se si trattasse con un impianto a caldo (ad esempio con un termovalorizzatore) un rifiuto molto umido → si spende molta energia per far evaporare acqua dal rifiuto.

Le ceneri sono il residuo della combustione.

Il PCI non tiene conto del calore latente di evaporazione, si considera solo la porzione secca.

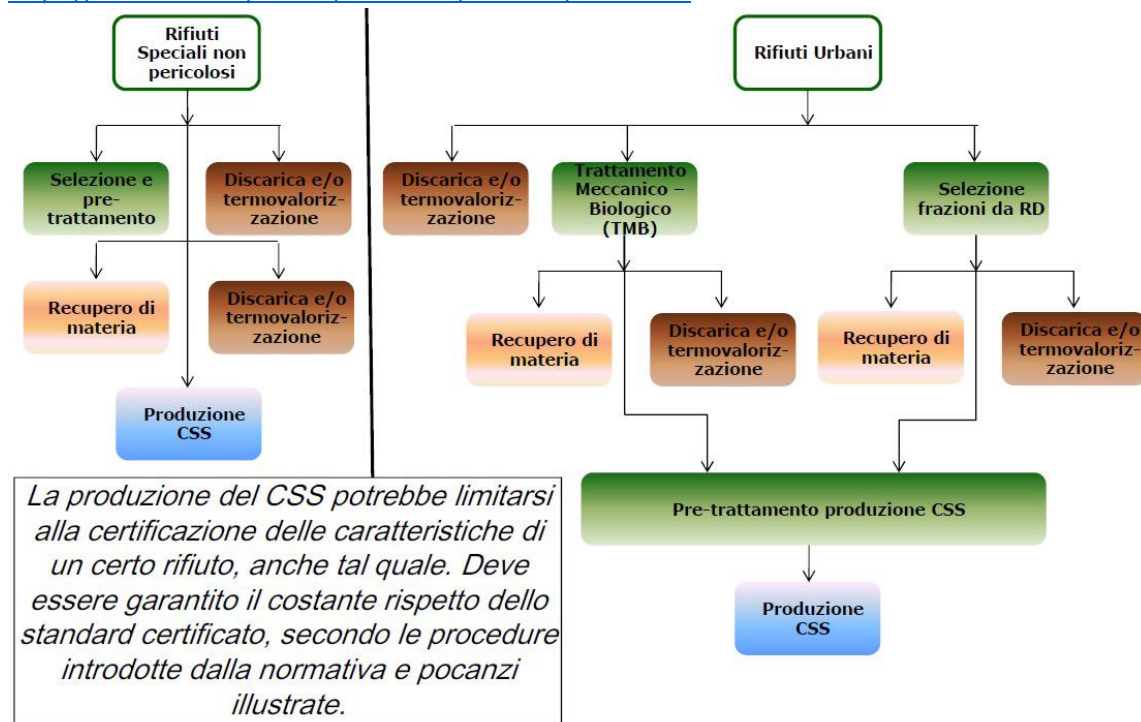
Con l'analisi elementare si valutano questi fattori per i vari rifiuti:

| | % in massa sull'umido | | | | | | | | | PCI | | |
|----------------------|-----------------------|------|------|------|-------|------|------|--------|---------|--------|-------|---------|
| | C | Cl | F | H | O | N | S | Ceneri | Umidità | Totale | MJ/kg | kcal/kg |
| Carta e cellulosici | 30,97 | 0,11 | 0,00 | 4,65 | 34,07 | 0,37 | 0,03 | 7,80 | 22,00 | 100,00 | 10,84 | 2588 |
| Legno | 38,61 | 0,00 | 0,00 | 4,68 | 33,31 | 0,16 | 0,08 | 1,17 | 22,00 | 100,00 | 13,94 | 3329 |
| Plastica | 60,61 | 0,67 | 0,00 | 9,29 | 8,21 | 0,72 | 0,04 | 6,45 | 14,00 | 100,00 | 25,63 | 6123 |
| Vetro e inerti | 0,43 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 1,08 | 0,87 | 0,13 | 96,43 | 1,00 | 100,00 | -0,02 | -6 |
| Altri metalli | 0,42 | 0,18 | 0,01 | 0,02 | 0,83 | 1,04 | 0,08 | 96,43 | 1,00 | 100,00 | -0,02 | -6 |
| Alluminio | 0,42 | 0,18 | 0,01 | 0,02 | 0,83 | 1,04 | 0,08 | 96,43 | 1,00 | 100,00 | -0,02 | -6 |
| FORSU | 16,36 | 0,26 | 0,00 | 2,79 | 14,44 | 0,96 | 0,03 | 6,15 | 59,00 | 100,00 | 5,42 | 1294 |
| Verde | 12,38 | 0,00 | 0,00 | 1,50 | 10,68 | 0,05 | 0,03 | 0,38 | 75,00 | 100,00 | 2,81 | 671 |
| Sottovaglio - FORSU | 16,36 | 0,26 | 0,00 | 2,79 | 14,44 | 0,96 | 0,03 | 6,15 | 59,00 | 100,00 | 5,42 | 1294 |
| Sottovaglio - inerte | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 70,00 | 30,00 | 100,00 | -0,73 | -175 |
| Tessili | 40,02 | 0,09 | 0,00 | 5,60 | 33,01 | 2,90 | 0,08 | 4,30 | 14,00 | 100,00 | 15,90 | 3799 |
| Altro | 21,97 | 0,52 | 0,00 | 3,56 | 16,74 | 0,94 | 0,14 | 23,63 | 32,50 | 100,00 | 8,06 | 1925 |

In base ai valori si deve decidere se è più conveniente spendere energia per recuperarne dell'altra oppure effettuare combustione.

PRODUZIONE CSS/TRATTAMENTO MECCANICO-BIOLOGICO (TMB)

<https://file.didattica.polito.it/download/MATDID/33257549>



Si basa su due processi:

1. Separazione attraverso operazioni meccaniche.

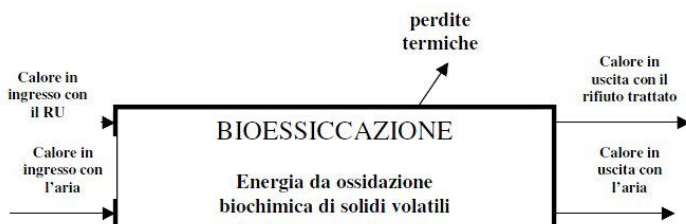
Si vuole separare dal flusso principale il materiale fine (< 20 mm) costituito in varia misura da organico putrescibile e da inerti. Si produce una frazione ad alto potere calorifico separando la frazione fine e la frazione organica putrescibile e con successivi trattamenti ottenere a norma di legge.



2. Operazioni biologiche che si occupano di stabilizzare la frazione organica putrescibile (da FOP a FOS).

Ad esempio: bioessiccazione, ovvero evaporazione di parte dell'umidità del rifiuto sfruttando il calore liberato dai processi di degradazione biologica aerobica.

La bioessiccazione permette di avere una notevole perdita di peso. Ha durata di 7-15 giorni. Raggiunge T di 55°C.



OPERAZIONI MECCANICHE

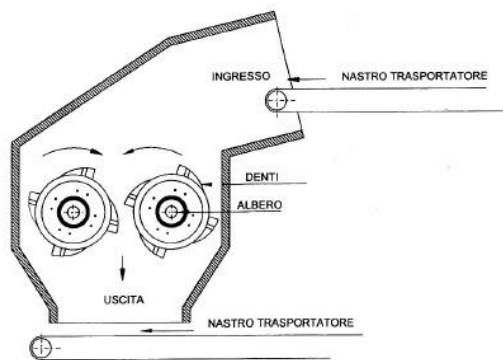
Si eseguono delle operazioni successive:

1. Riduzione della pezzatura del materiale. Quindi si rompono i sacchi o si tritura il rifiuto.
2. Separazione dei flussi attraverso varie tecniche: dimensionale, gravimetrica, magnetica, spettroscopica.
3. Compattazione e addensamento.

MACINATURA

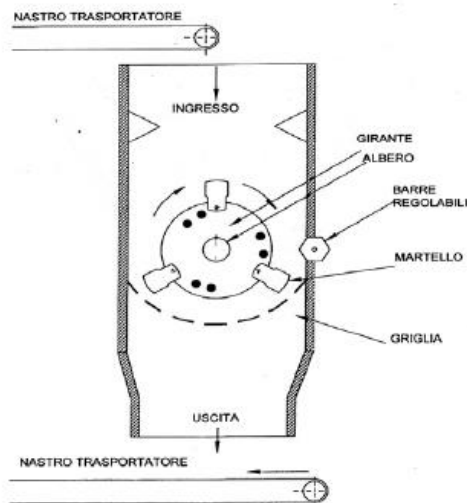
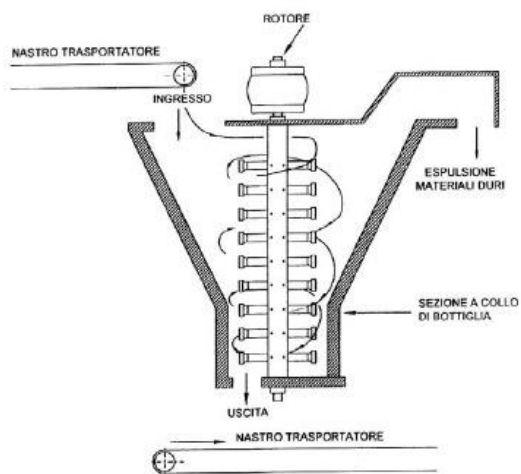
Si può effettuare macinazione attraverso l'utilizzo di:

- TRITURATORI, possono essere a cesoia o a lame. In figura tritratore a lame:



- MULINI A MARTELLI, i quali possono essere a sviluppo verticale o orizzontale. Sono mulini costituiti da una serie di martelli, legati ad un albero che ruota velocemente. Il rifiuto sbatte continuamente tra i martelli e la carcassa del mulino → si sminuzza il rifiuto.

Prima figura in verticale, seconda in orizzontale:



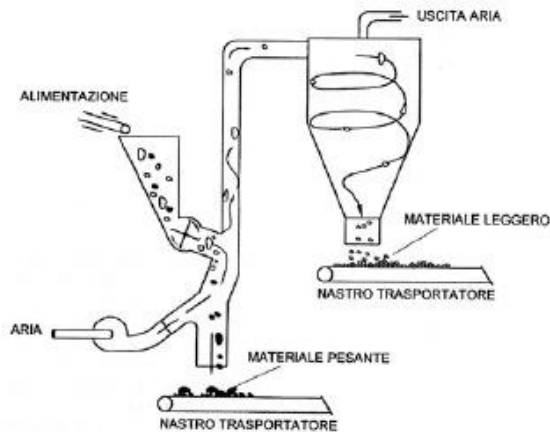
SEPARAZIONE GRAVIMETRICA

Durante la separazione gravimetrica (in base al peso e quindi alla densità del materiale) si sfrutta la diversa resistenza aerodinamica che i diversi materiali hanno quando un fluido li va a investire.

- Si utilizzano dei CLASSIFICATORI AD ARIA, che possono essere:

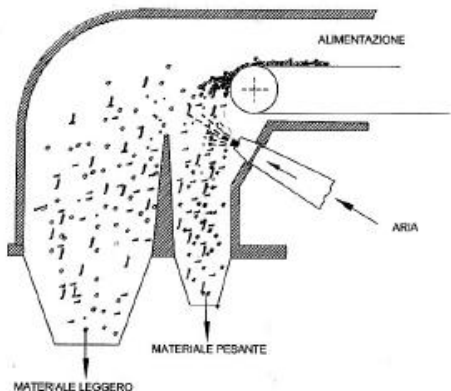
CON CICLONE SEPARATORE

Il materiale entra da un punto di carica, ed esce da vari punti di scarica. Per rendere continua la separazione si utilizzano nastri trasportatori. I nastri trasportatori portano il materiale alla tramoggia di carico e lo spostano dopo la separazione. Il materiale è investito dall'aria in controcorrente. Il materiale solido che riesce ad essere trasportato dall'aria entra nel secondo condotto (è quello più leggero). Le parti più dense e pesanti scendono subito verso il basso. Attraverso questo condotto arriva in un ciclone, che ha il compito di separare l'aria dalle parti leggere. Le parti leggere cadono in basso, l'aria fuoriesce dall'alto.



A COLTELLO

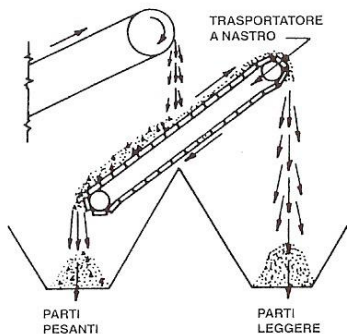
Il materiale da separare entra dall'alto, viene investito da un getto d'aria che allontana i materiali più leggeri. Quelli più pesanti scendono subito. Funziona bene se si hanno una pezzatura piccola.



- SEPARATORI:

A PIANO INCLINATO

Il materiale viene messo su un nastro trasportatore, la frazione pesante non riesce ad essere trasportata dal nastro e cade verso il basso.

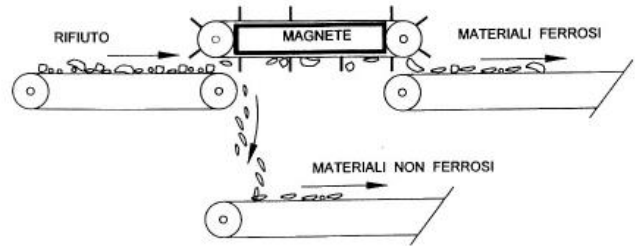


A COCLEA

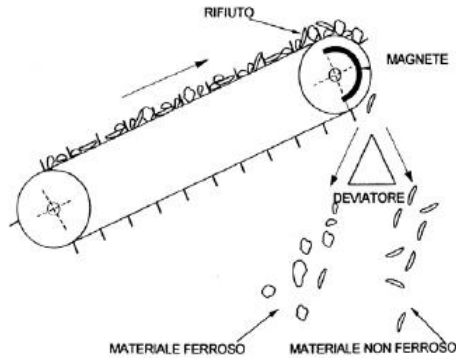
Si ha un piano inclinato di pochi gradi vibrante. Il materiale è messo su questo piano inclinato e viene investito da un flusso di aria. Il materiale più leggero è tenuto in sospensione dal flusso di aria. Le parti più pesanti sono

- A NASTRO

Il magnete è montato in un nastro trasportatore e viene posizionato sopra ai rifiuti. Il materiale viene trasportato con delle ruote dentate sul nastro contenete magnete. Quello che non risente dell'attrazione cade in basso.



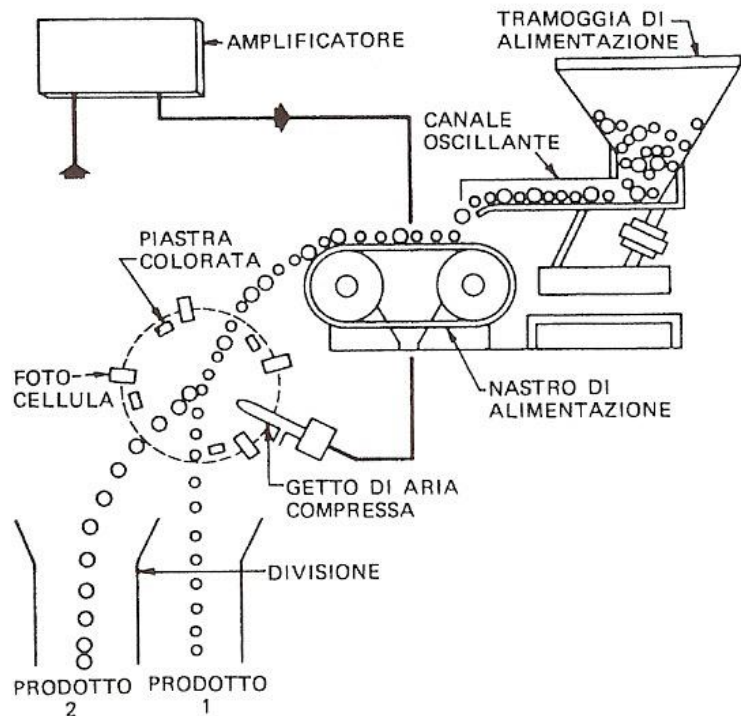
- A TAMBURO



SEPARAZIONE OTTICA

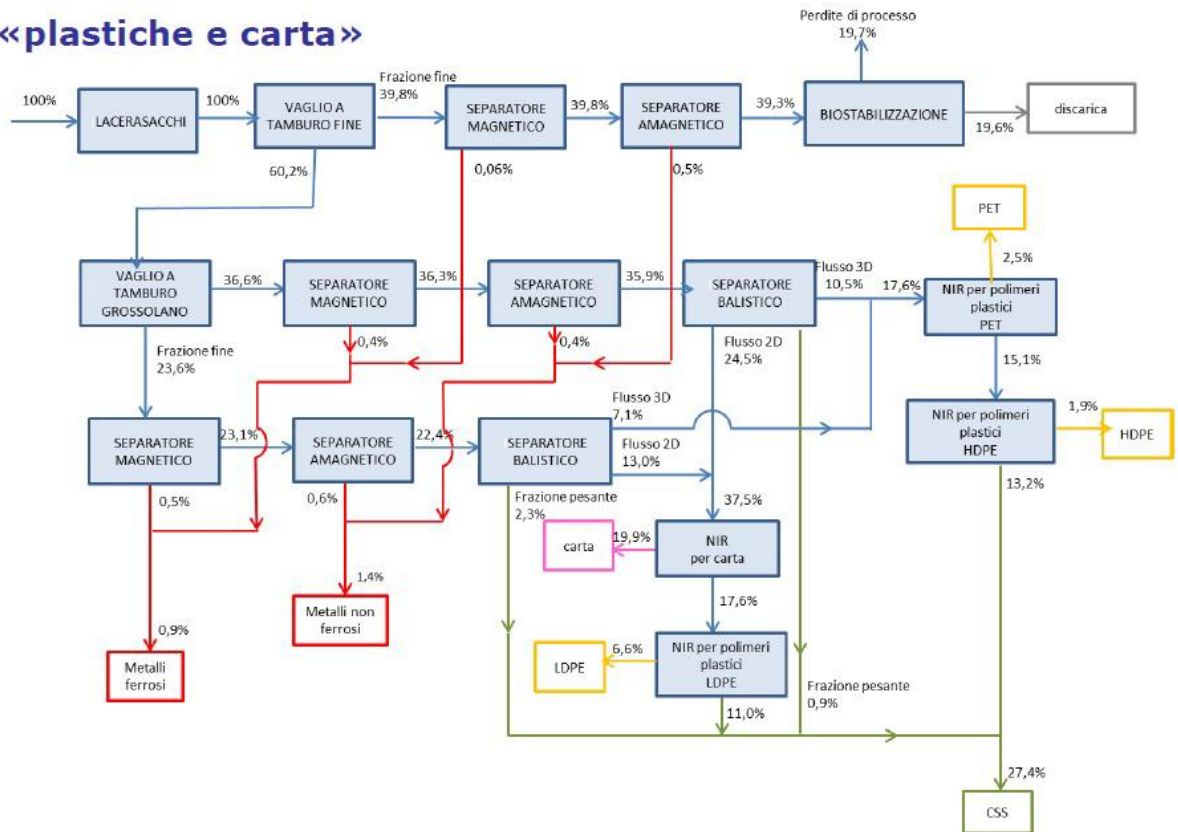
I separatori ottici solitamente sono utilizzati per la separazione di materiali colorati da non colorati. I rifiuti devono essere molto sminuzzati.

Il rifiuto viene inserito in tramoggia e viene portato da un nastro trasportatore nella camera ottica. Si ha una camera ottica circolare costituita da piastre colorate e in posizione diametralmente opposta delle fotocellule. Si hanno molte piastre e fotocellule perché il materiale può cadere con diversi orientamenti → è meglio che la camera abbia un adeguato numero di fotocellule e piastre colorate. Le piastre hanno il colore che si vuole/non vuole ottenere. Si deve settare il sistema in modo da dare le informazioni necessarie per eseguire la separazione. Il sistema di fotocellule è collegato ad un amplificatore di segnale. Il segnale è utilizzato per lo spostamento dell'oggetto. Per spostare il rifiuto si utilizza il getto di aria compressa. Si sposta il materiale nella tramoggia di scarico caratteristica del materiale con quel colore.



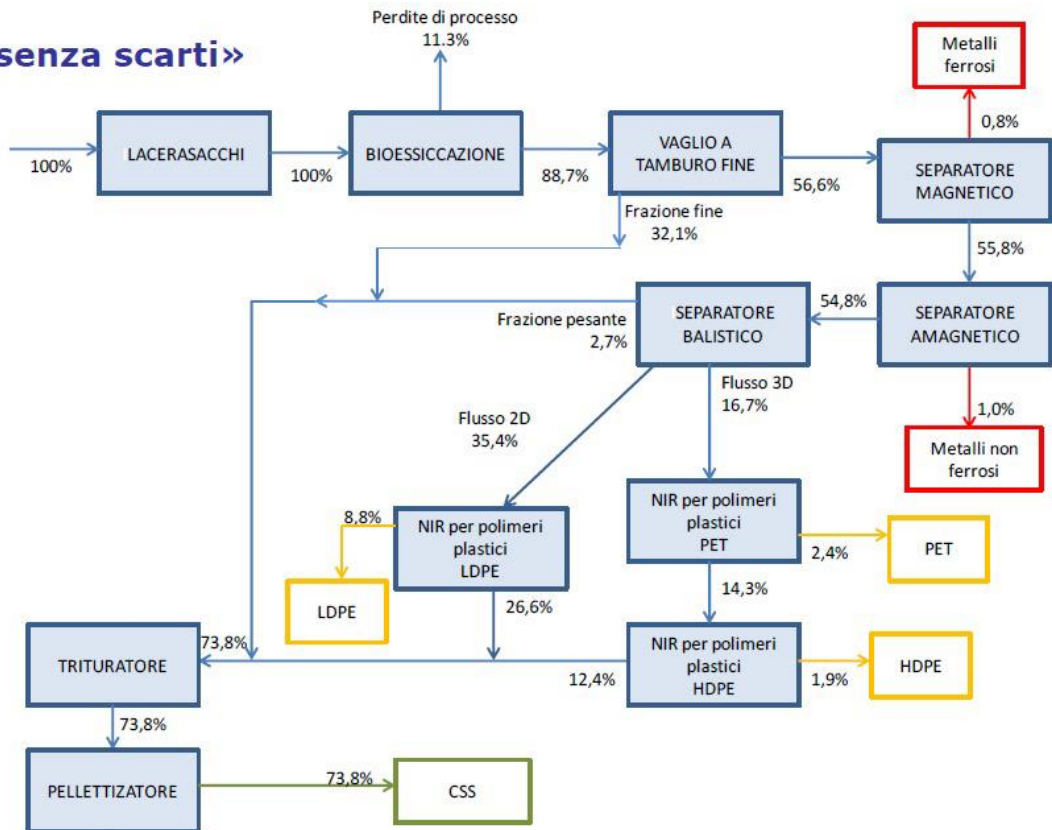
- TMB PLASTICHE E CARTE

TMB «plastiche e carta»



- TMB SENZA SCARTI (A DISCARICA)

TMB «senza scarti»



tessile naturale non trattati, da reflui e fanghi, nonché dalle matrici previste per l'Ammendante Compostato Verde.

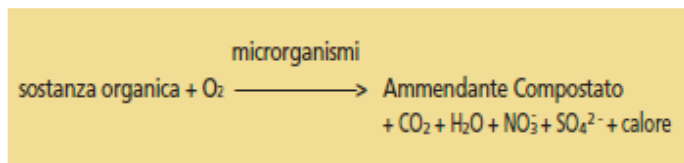
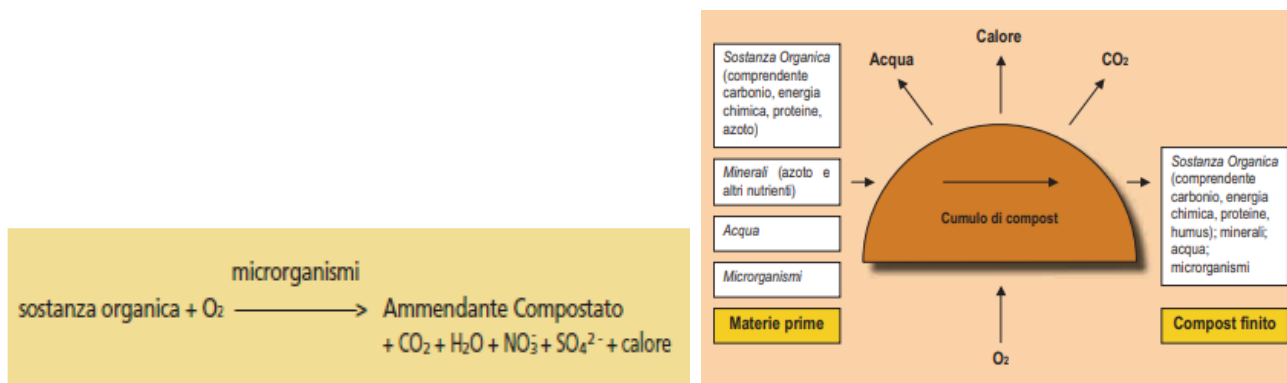
COMPOSTAGGIO / STABILIZZAZIONE BIOLOGICA AEROBICA

Il compostaggio è una tecnica attraverso la quale viene controllato, accelerato e migliorato il processo naturale a cui va incontro qualsiasi sostanza organica in natura, per effetto della degradazione microbica. Si tratta infatti di un processo aerobico di decomposizione biologica della sostanza organica che permette di ottenere un prodotto biologicamente stabile in cui la componente organica presenta un elevato grado di evoluzione. È un processo di trasformazione biologica aerobica delle matrici che evolve attraverso uno stadio termofilo e porta alla stabilizzazione ed umificazione della sostanza organica.

Il processo deve essere condotto in modo da assicurare:

- il controllo dei rapporti di miscelazione e delle caratteristiche chimico fisiche delle matrici organiche di partenza;
- il controllo della temperatura di processo;
- un apporto di ossigeno sufficiente a mantenere le condizioni aerobiche della massa.

La durata del processo non deve essere inferiore a 90 giorni comprendenti una fase di bio-ossidazione accelerata durante la quale viene assicurato un apporto di ossigeno alla massa mediante rivoltamento e/o aerazione, seguito da una fase di maturazione di cumulo. La temperatura deve essere mantenuta per almeno tre giorni oltre i 55°C.



La sostanza organica è posizionata in un cumulo/pila, al quale si aggiunge acqua e altri minerali.

I microrganismi operano un ruolo fondamentale nel processo di compostaggio in quanto traggono energia per le loro attività metaboliche dalla materia organica, liberando acqua, biossido di carbonio, sali minerali e sostanza organica stabilizzata ricca di sostanze umiche, il compost appunto.

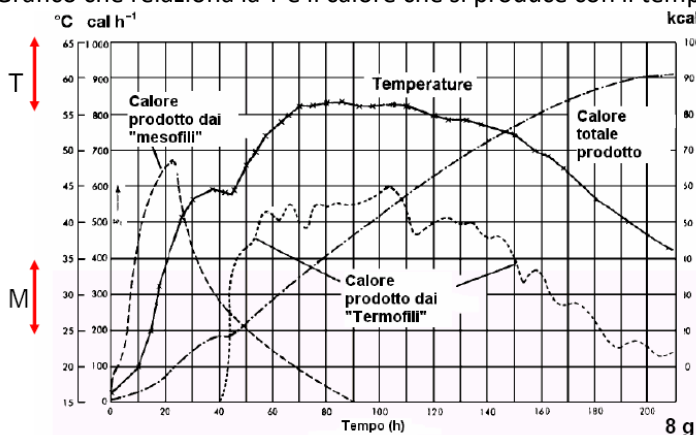
Il carbone che prima era nella materia organica diventa compost e si forma humus. L'humus è una vera e propria riserva di nutrimento per le piante, grazie alla sua capacità di liberare lentamente, ma costantemente, elementi nutritivi come l'azoto, il fosforo e il potassio. Le sostanze umiche, infatti, conferiscono al terreno importanti proprietà chimico-fisiche che contribuiscono all'instaurarsi di un ambiente fertile.

Il compostaggio è un processo aerobico e l'ossigeno è pertanto necessario ai microrganismi attivi.

Formula generale che rappresenta il processo di stabilizzazione biologica aerobica:



Grafico che relaziona la T e il calore che si produce con il tempo:



| Tipo di microrganismi | intervallo di temperatura (°C) |
|-----------------------|--------------------------------|
| Psicrofili | 0 - 30 |
| Mesofili | 30 - 45 |
| Termofili | 45 - 75 |
| Termofili estremi | 75 - 90 |

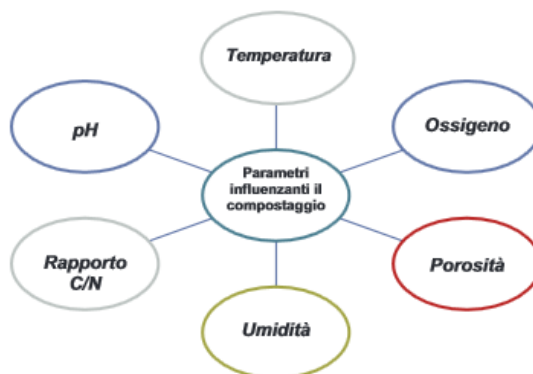
Proprio l'igienizzazione, e quindi l'inattivazione di semi di piante infestanti e organismi patogeni, è uno dei più importanti effetti di questa prima fase, purché la temperatura si mantenga su valori superiori a 60 °C per almeno cinque giorni consecutivi. L'igienizzazione consente di debellare i fitopatogeni presenti nei residui vegetali, impedendo che il compost ne diventi vettore, nonché i patogeni umani eventualmente presenti nei materiali di scarto.

- Fase di maturazione, durante la quale il prodotto si stabilizza arricchendosi di molecole umiche. Si tratta della fase nota come curing phase, caratterizzata da processi di trasformazione della sostanza organica la cui massima espressione è la formazione di sostanze umiche. Con la scomparsa dei composti più facilmente biodegradabili, le trasformazioni metaboliche di decomposizione interessano le molecole organiche più complesse e si attuano con processi più lenti, anche a seguito della morte di una buona parte della popolazione microbica dovuta a carenza di nutrimento. In questa fase le temperature si abbassano a valori di 40-45 °C per poi scendere progressivamente, stabilizzandosi poco al di sopra della temperatura ambiente. Nel corso del processo, la massa viene colonizzata anche da organismi appartenenti alla microfauna, che agiscono nel compostaggio attraverso un processo di sminuzzamento e rimescolamento dei composti organici e minerali, diventando così parte integrante della buona riuscita di questo complesso processo naturale. Il prodotto che si ottiene è il compost maturo).

FATTORI CHE INFLUENZANO IL PROCESSO

In un processo di compostaggio controllato è importante creare e mantenere le condizioni ambientali capaci di favorire e accelerare le attività microbiche. Questo stato di optimum per i microrganismi dipende dall'interazione combinata di diversi fattori, che devono essere considerati con attenzione se si vuole gestire il processo di compostaggio con la massima efficienza. I principali sono:

- la temperatura;
- la presenza di ossigeno;
- la porosità del substrato;
- l'umidità del materiale;
- il rapporto C/N e la disponibilità dei nutrienti;
- il pH.



Il controllo dell'andamento di questi indici è molto importante soprattutto nelle prime fasi del processo, ovvero quando il materiale è più attivo e subisce le principali trasformazioni.

Temperatura

La temperatura è il parametro che dà informazioni sull'andamento del processo e sull'intensità delle reazioni. Attraverso la prima fase del processo di compostaggio (fase termofila), con l'innalzamento della temperatura si conseguono la riduzione dell'umidità dei materiali, l'igienizzazione del prodotto attraverso l'abbattimento della carica patogena presente nella matrice di origine e l'inattivazione dei semi delle erbe infestanti e dei parassiti delle piante.

La mortalità di alcuni agenti patogeni per l'uomo in funzione del fattore temperatura è riportata nella tabella sottostante.

Eventuali eccessi di temperatura vengono tenuti sotto controllo attraverso l'utilizzo di varie tecniche di aerazione che accelerano le perdite di calore, inducendo un conseguente raffreddamento delle masse.

La decomposizione microbica rilascia una grande quantità di energia sotto forma di calore.

Il calore diffonde nella massa e, poiché la dispersione è molto lenta (effetto tampone), si verifica un innalzamento della temperatura.

La fermentescibilità delle matrici sottoposte a compostaggio determina la velocità di degradazione del substrato e quindi il flusso di calore emesso.

Nelle prime fasi del processo (degradazione di zuccheri, grassi, proteine) si verifica un aumento della temperatura fino a 65-70°C. Per una buona conduzione del processo e per garantire una sufficiente igienizzazione della massa è

Il compostaggio è un processo che coinvolge tre fasi: solida (substrato da degradare), liquida (soluzione pellicolare attorno alle particelle solide) e aerea (aria presente nelle porosità).

L'acqua pellicolare è essenziale per garantire il trasferimento dell'O₂ (e degli altri gas prodotti (CO₂, NH₃ ecc.) in fase liquida dove sono presenti i microrganismi.

Per garantire un buon processo l'UMIDITA' deve essere compresa tra 40% e il 65%:

- U% < 40 → rallentamento attività
- U% < 20 → cessazione attività microbica
- U% : 50-55 → massima attività di degradazione.

Rapporto Carbonio/Azoto

I microrganismi attivi nel processo di compostaggio necessitano di carbonio come fonte energetica e di azoto per sintetizzare le proteine. Il rapporto C/N è un indice di controllo dell'attività microbica nell'ambito del processo di compostaggio. Un eccesso di carbonio provoca un rallentamento dell'attività microbica e quindi della decomposizione, mentre un eccesso di azoto comporta perdite per volatilizzazione dell'ammoniaca, soprattutto con pH e temperatura elevati. La miscelazione di residui verdi e lignocellulositici, ricchi di carbonio, con fanghi di depurazione, agro-alimentari o rifiuti organici provenienti dalla raccolta urbana differenziata (FORSU), a elevato contenuto di azoto, garantisce un buon equilibrio tra elementi e le condizioni per una corretta gestione del processo biologico. Alla fine del processo un prodotto di buona qualità presenta valori del rapporto C/N compresi tra 10 e 20.

pH

Il processo di compostaggio si instaura su matrici a pH estremamente variabile, anche se i batteri preferiscono valori prossimi alla neutralità.

L'andamento del processo determina all'inizio valori di pH acidi con lo sviluppo di anidride carbonica e la formazione appunto di acidi organici, in seguito, con l'aerazione, il pH sale a valori tra 8 e 9. Alla fine del processo il pH tende comunque a valori prossimi alla neutralità (7-7,5).

Il valore ottimale nella miscela iniziale deve essere compreso tra 5.5 e 8.0.

I batteri preferiscono pH vicini alla neutralità (7), mentre i funghi prediligono pH subacidi.

Il valore del pH subisce un'evoluzione durante il processo di compostaggio:

- Iniziale abbassamento verso valori acidi (5-6) per la produzione di CO₂ e acidi grassi volatili
- Innalzamento fino a valori basici (8-9), per la liberazione di NH₃
- Successivamente si assiste ad un progressivo allineamento dei valori verso la neutralità (7-8).

PRODOTTO DEL PROCESSO

Oltre ai parametri chimico-fisici, l'andamento del processo di compostaggio e la qualità del materiale finale dipendono da alcuni saggi biologici e microbiologici come:

- saggio di fitotossicità, che indica la presenza di sostanze sia minerali sia organiche inibitrici della crescita e la cui presenza rileva un'insufficiente maturazione del compost (processo non corretto o non completo);
- saggio di mineralizzazione dell'azoto, che indica il rapporto esistente tra azoto organico e azoto minerale che raggiunge una situazione di stabilità a prodotto maturo;
- saggio di respirazione, che valuta l'intensità dell'attività microbica e decresce gradualmente con l'avanzare della maturazione del materiale a compostaggio;
- agenti patogeni, che spesso sono presenti nelle matrici di partenza e che attraverso il processo di compostaggio e l'igienizzazione che ne consegue, dovuta alle elevate temperature che si raggiungono durante la prima fase, vengono eliminati.

La caratterizzazione della stabilità biologica, sia del compost sia della FOS, può essere effettuata per mezzo dell'indice respirometrico.

Anche nella legislazione vigente sono indicati limiti per quanto riguarda questo parametro per una gestione

2. Trattamenti biologici, che si distinguono in due fasi e hanno obiettivi diversi:

ACT (Active Composting Time) o BIOSSIDAZIONE ACCELERATA.

Ha come obiettivo quello di accelerare la trasformazione mediante l'ottimizzazione dei principali parametri di processo (ossigeno, umidità, temperatura) + riduzione impatto ambientale.

MATURAZIONE: curing phase.

Controlla il processo per bilancio ottimale fra contenuto organico e stabilità chimica.

3. Trattamenti finali (raffinazione per qualità compost).

IMPIANTI PER LA BIO-OSSIDAZIONE

Gli impianti che si utilizzano per la fase di bio-ossidazione possono essere aperti/estensivi o chiusi/intensivi.

SISTEMI APERTI

Vengono utilizzati per matrici a bassa fermentescibilità, come scarti verdi ed in generale matrici contenenti elevata frazione ligno-cellulosica. Tali sistemi sono semplici da realizzare e quindi poco costosi.

Possono essere a CUMULI AERATI STATICI, nei quali il materiale viene collocato in cumulo sottoposto ad aerazione forzata in aspirazione, con invio delle aree esauste ad un biofiltro. Il materiale in questo caso deve essere miscelato con una percentuale di bulking lignocellulosico tale per cui la densità finale sia inferiore a 0,55 t/m³.

Oppure possono essere a CUMULI RIVOLTATI, dove il materiale viene disposto in cumuli (di grandi dimensioni: 3-4 m di altezza, da 3 ad oltre 30 m di larghezza) ma l'aerazione della massa viene garantita mediante rivoltamenti con pala meccanica a frequenza anche mensile.

La movimentazione può essere garantita anche con macchine rivoltatrici - scavalatrici (che avanzano a cavallo del cumulo) o dotate di nastro estrattore elevatore per il trasferimento posteriore dei materiali, entrambe trainate o semoventi (in questo caso i tempi sono più brevi rispetto alla movimentazione con pala).

SISTEMI CHIUSI

Operano la fase di bio-ossidazione in ambiente confinato e controllato, ad esempio in corsie e bacini (biocelle, biocontainers), bioreattori o biotunnel.

Sono adatti per la gestione delle frazioni più putrescibili (frazione umida RU). Il tempo di ritenzione varia da 7~10 giorni fino a 21-28 giorni, salvo qualche eccezione, nel corso del quale si favorisce lo sviluppo della fase di bio-ossidazione accelerata (termofila, esotermica, odorigena, igienizzante) che è fonte di impatto ambientale non trascurabile. Il sistema tecnologico utilizzato per tale fase viene preso a riferimento per indicare l'intero impianto; superato il periodo più delicato, le masse vengono disposte in cumulo (aerato o meno con ventilazione forzata, rivoltato o statico, al coperto o all'aperto) per completare la maturazione.

In generale in questi sistemi i parametri di processo vengono monitorati ed elaborati da un software che effettua anche la regolazione del processo (flussi e tempi di aerazione, frequenza e intensità di umidificazione, etc.).

Alti costi di investimento e di gestione (rispetto ai sistemi aperti) quindi adottati per dimensioni medio- grandi.

Le CORSIE o bacini sono comparti delimitati da muratura, serviti da macchine rivoltatrici automatizzate e da sistemi di aerazione.

Le corsie possono essere a CICLO CONTINUO. Il principio è quello del rivoltamento delle masse con trasferimento del materiale, mediante macchine rivoltatrici automatizzate che procedono lungo lo sviluppo di corsie delimitate da pareti in muratura.

Ad ogni passaggio (effettuato sempre nello stesso senso di marcia) tutto il materiale viene trasferito lungo la corsia e in tal modo la miscela, introdotta ad una estremità della stessa, definita zona di alimentazione, dopo un determinato numero di rivoltamenti giunge alla estremità opposta, indicata come zona di scarico, avendo subito una prima stabilizzazione biochimica che ne rende possibile il trattamento in cumulo all'aperto (maturazione).

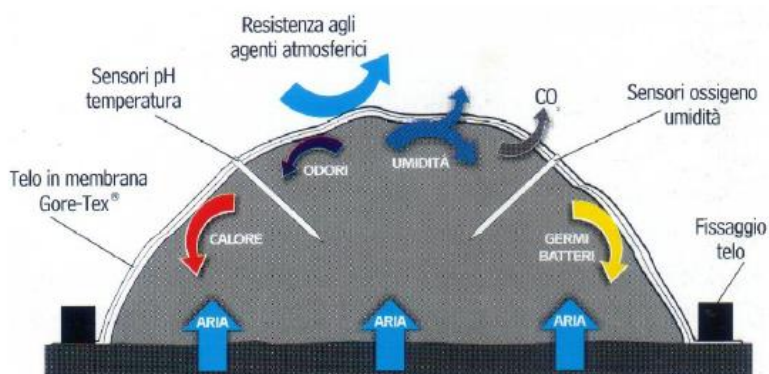
La lunghezza della corsia è funzione del tempo di permanenza e del numero di rivoltamenti previsti: stabilita la durata della fase accelerata (ad es. 24 giorni) ed il conseguente n° di movimentazioni (ad es. 20 in 24 giorni, domeniche escluse) e nota la lunghezza di traslazione (ad es. 3 m), la corsia misurerà 60 m (3x20 m).

La quantità di materie prime in ingresso (dato giornaliero medio) determina il numero di corsie necessarie (100 m³/giorno totale; 20 m³/giorno per corsia → 5 corsie). L'ossigenazione delle masse in trasformazione è garantita dai rivoltamenti meccanici e, nella maggior parte dei casi, anche da aerazione forzata attraverso canalette grigliate poste

essere usata per riscaldamento degli edifici). Il preriscaldamento dell'aria in ingresso in essere utile soprattutto nei periodi freddi per abbreviare la fase di latenza.

SISTEMA BIOE

La tecnologia Bioe® utilizza un telo in Gore-Tex® per la copertura del materiale organico da bio-ossidare. Il telo ha la funzione di mantenere all'interno del cumulo le condizioni ideali per i processi di degradazione aerobica insieme ad un sistema software di controllo e gestione dei parametri di funzionamento (aerazione forzata). Il goretex trattiene calore e lascia uscire CO e umidità. Il trattamento avviene in zone autonome, ognuna dotata di



muri di contenimento del materiale, che semplificano le operazioni di copertura con il telo.

I diffusori di aria sono posti nel pavimento delle zone di trattamento da dove si asporta anche l'eventuale percolato. Il processo è controllato tramite un computer che registra i principali parametri inviati in continuo da ogni cumulo, rilevati da specifiche sonde (T, O₂, pH, umidità) a contatto con il materiale.

Nel processo Bioe® sono sfruttate le capacità del Gore-Tex® di essere impermeabile sia all'acqua meteorica sia a quella condensata sul telo all'interno del cumulo. Nello stesso tempo però il vapore d'acqua può traspirare dall'interno verso l'esterno.

Il telo di Gore-Tex® ha inoltre la proprietà di filtraggio delle sostanze odorose riducendo l'impatto senza un'ulteriore attrezzatura di abbattimento.

IMPIANTI PER LA MATURAZIONE

Sebbene sia possibile prevedere per i cumuli di maturazione sia il rivoltamento periodico che l'insufflazione forzata di aria, in molti casi si cerca di rendere meno onerosa questa fase operando in cumuli statici ad aerazione passiva, cioè basata sui soli moti convettivi dell'aria dall'esterno all'interno della matrice.

In tali condizioni, l'altezza dei cumuli di finissaggio non dovrebbe mai superare i 2,5 m di altezza, con materiali sufficientemente porosi e 1,8 m con matrici più fini e compatte ovvero quando il compost sia destinato ad impieghi intensivi in ambito orto-floro-vivaistico. La larghezza dei cumuli dovrebbe invece essere compresa tra 4,5 e 6 m. Il ristagno di umidità alla base dei cumuli costituisce una delle cause principali dell'insorgenza delle condizioni di anaerobiosi non desiderate.

Poiché i cumuli di materiale stabilizzato in finissaggio non hanno la capacità di produrre calore sufficiente per consentire l'evaporazione dell'acqua in eccesso derivante dalle precipitazioni atmosferiche, è buona norma sistemare la matrice su piazzali pavimentati, dotati di sistema di drenaggio.

La maturazione in piazzali all'aperto richiede, a seconda delle condizioni climatiche in cui opera la stazione di compostaggio, tempi medio-lunghi di stazionamento (1-2 mesi), mentre seppur con costi di investimento maggiori, la fase di maturazione condotta in piazzali coperti da tettoie, evita gli inconvenienti derivanti da un andamento meteorologico eccessivamente piovoso.

E infine possibile gestire la fase di maturazione in maniera ottimale se, alla sistemazione dei cumuli in platea coperta, si abbina anche la ventilazione della matrice stabilizzata, mediante flusso continuo di bassi volumi d'aria, per mezzo di appositi sistemi di diffusione realizzati sui pavimenti della platea stessa.

Operando in tali condizioni, nonostante un incremento degli oneri di gestione specifici per questa sezione dell'intera filiera produttiva, è possibile ottenere un compost perfettamente maturo in 2-3 settimane.

IMPIANTI PER I TRATTAMENTI FINALI

Dopo la maturazione avviene infine un'ultima vagliatura atta ad allontanare i materiali non biodegradabili di pezzatura superiore a quella delle maglie del vaglio ed eventuali elementi indesiderati (plastiche, vetri) al fine di ottenere un prodotto finito pulito e di granulometria desiderata.

La vagliatura non presenta particolari problemi purché il prodotto abbia umidità inferiore al 45-50%. Le dimensioni delle maglie in questa operazione di raffinazione sono dell'ordine dei 30 mm, fino ad arrivare ai 10 mm.

LEZIONE 4 – DIPENDENZA E SICUREZZA ENERGETICA

La dipendenza energetica è un indicatore che rappresenta la necessità di dover ricorrere ad importazioni per soddisfare il bisogno di energia di un Paese.

La sicurezza energetica è un concetto legato alla dipendenza energetica, ma riflette una necessità di continuità nei rifornimenti energetici a prezzi sostenibili. La sicurezza energetica di un Paese è ad alto rischio quando tutte le importazioni provengono da Paesi con bassa stabilità geopolitica.

L'Italia presenta un'elevata dipendenza energetica, tra le maggiori in Europa.

La domanda energetica globale è spinta ed indirizzata da:

- crescita demografica
- crescita economica, che di conseguenza fa aumentare gli standard di vita si una parte consistente della popolazione
- efficienza energetica per usi civili e industriali
- innovazione tecnologica.

Occorre operare perché il sistema energetico mondiale evolva in modo sostenibile, dal punto di vista ambientale, delle risorse e socio-economico.

Sviluppo energetico sostenibile: implementare delle strategie energetiche attuali senza compromettere la capacità delle generazioni future.

La sostenibilità è resa critica da:

- Esauribilità delle fonti fossili.
- Modifiche del clima globale per effetto serra ed inquinamento generato dalla maggior parte dei cicli energetici.
- Mancanza di equità nella distribuzione e nell'uso delle risorse energetiche.



Fonti energetiche tradizionali: Petrolio; Carbone; Gas naturale; Nuclei atomici (Pu, U).

Vantaggi:

- Principali fonti energetiche attuali
- Alto rapporto energia/volume
- Facilmente trasportabili e immagazzinabili
- Tecnologie di trasformazione consolidate
- Costo relativamente basso

Svantaggi:

- Sono inquinanti
- Responsabili dell'effetto serra
- Non sono rinnovabili

Fonti energetiche rinnovabili: Sole; Venti; Mare; Calore terrestre.

Vantaggi:

- Si rigenerano e non sono esauribili
- Sono sostenibili
- Non inquinano e non turbano gli ecosistemi
- Indipendenza energetica

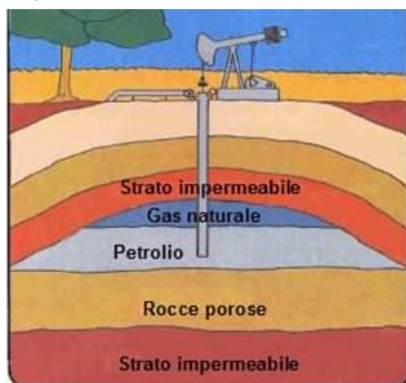
Svantaggi:

- Alto costo delle tecnologie disponibili sul mercato
- Basso rendimento.

COMBUSTIBILI FOSSILI / GAS NATURALE

I combustibili fossili si sono formati dalla decomposizione di organismi animali e vegetali in ambiente anaerobico depositatisi sul fondo di bacini poco profondi.

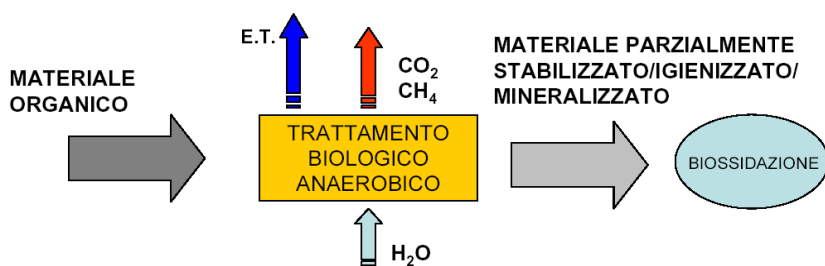
Il gas naturale si origina dalla decomposizione anaerobica di materiale organico. Solitamente si trova nei giacimenti di petrolio:



Solitamente quando si parla di gas naturale si fa riferimento al metano, ma ci sono degli idrocarburi più leggeri che costituiscono una miscela di gas naturale.

Il gas naturale è trasportato attraverso i gasdotti, che non sono utili per trasportarlo attraverso l'oceano. In questo caso si utilizzano navi che lo trasportano in forma liquefatta. Poi viene trasportato in un impianto di rigassificazione e infine viene distribuito.

TRATTAMENTO BIOLOGICO ANAEROBICO



I microrganismi che riescono a funzionare in queste condizioni si nutrono di materiale organico producendo biogas. Sono microrganismi con un metabolismo diverso rispetto a quelli del compost.

Il biogas prodotto ha una composizione del tipo:

- Metano: 60-70%;
- Anidride Carbonica: 23-30%;
- Azoto: 2-5%;
- Resto: Idrogeno, solforato, idrogeno..

La produzione di biogas avviene alla pressione del digestore, generalmente vicina alla pressione atmosferica. Dal momento che lo stoccaggio ed il trasporto richiedono una compressione importante e quindi costi non trascurabili, si cerca in genere di utilizzarlo per la produzione di una forma di energia direttamente utilizzabile sul sito di produzione o con costi di trasporto ridotti. Parte del biogas prodotto viene utilizzato per gli autoconsumi dell'impianto, mentre la restante parte può essere utilizzata per la produzione di energia da cedere all'esterno. In particolare, per quanto riguarda gli usi esterni, una parte (dal 15 al 25% dell'energia prodotta), può essere utilizzata per il riscaldamento dei digestori ed, eventualmente, per coprire il fabbisogno di energia elettrica dell'impianto (cogenerazione di calore ed elettricità).

L'utilizzo del biogas per il riscaldamento è variabile in funzione della stagione e del momento della giornata; il riscaldamento è in genere attivo quando è in corso il caricamento del digestore.

FASI DELLA DIGESTIONE ANAEROBICA

L'attività biologica anaerobica è stata evidenziata in un ampio intervallo di temperatura: tra -5 e +70°C.

Esistono differenti specie di microrganismi classificabili in base all'intervallo termico ottimale di crescita:

- psicrofili, con temperature inferiori a 20°C;
- mesofili, con temperature comprese tra i 20°C ed i 40°C;
- termofili, con temperature superiori ai 45°C.

La conversione di substrati organici complessi in ambiente anaerobico avviene attraverso una catena di processi biologici diversi.

Ad essa partecipano almeno tre gruppi metabolici distinti di microrganismi che si differenziano sia per i substrati che per i prodotti del loro metabolismo.

Nel corso del processo biodegradativo si hanno in particolare quattro stadi:

1. IDROLISI

Si ha idrolisi dei substrati complessi (proteine, grassi e carboidrati). Si ottengono amminoacidi, acidi grassi e monosaccaridi.

2. ACIDOGENESI

Durante questa fase si ha acidificazione delle sostanze più semplici. Si formano acidi grassi volatili (butirrico e propionico), chetoni e alcoli.

3. ACETOGENESI

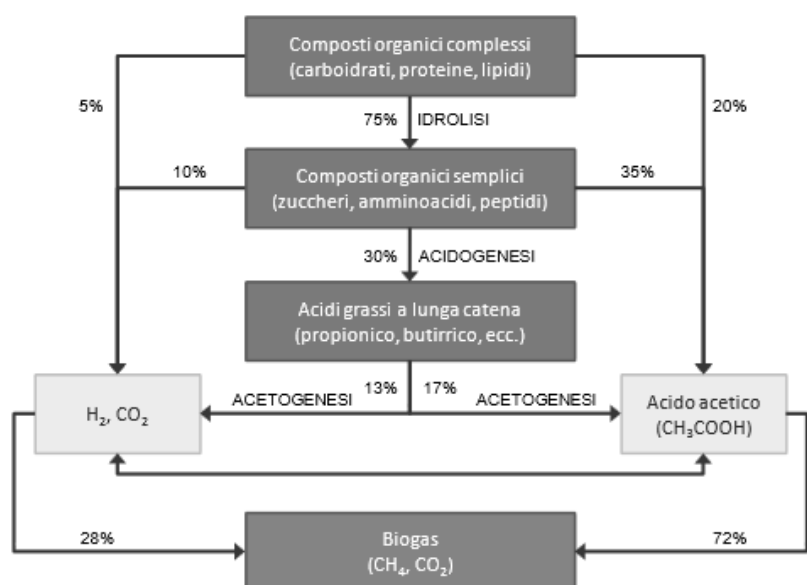
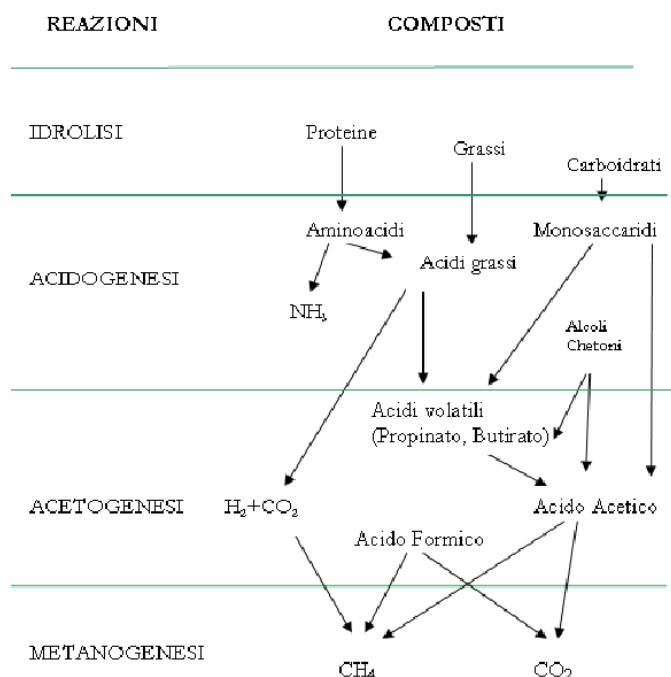
A partire dagli acidi grassi si formano dei acidi come l'acetico o il formico.

4. METANOGENESI

Si ha metanizzazione, ovvero formazione di metano a partire da acido acetico, acido formico oppure mediante riduzione del biossido di carbonio.

La produzione del metano può avvenire essenzialmente attraverso due differenti vie di reazioni:

- una via prevede la metanogenesi ad opera dei batteri idrogenotrofi, che operano l'ossidazione anaerobica dell'idrogeno;
- mentre la seconda via, la cosiddetta via acetoclastica, prevede la dissociazione anaerobica dell'acido acetico con formazione di metano e biossido di carbonio. Questo determina la maggior parte della produzione di metano nel complesso del processo.



- Miscelazione

All'interno di un digestore la miscelazione ha il compito di favorire il contatto tra batteri e substrato; omogeneizzare le temperature; ottimizzare il rilascio di biogas; evitare la decantazione delle frazioni più pesanti.

PARAMETRI DI STABILITA' DEL PROCESSO:

- pH

Il pH fornisce un'indicazione della stabilità del mezzo di reazione, in quanto una sua variazione è associata sia alla capacità tamponante del sistema da parte del mezzo di reazione che a variazioni dell'equilibrio tra le specie che partecipano alla catena trofica dei microrganismi coinvolti nel processo.

Per valori di pH compresi tra 6,5 e 7,5 il processo di digestione è generalmente considerato stabile.

Il valore del pH in un digestore è determinato essenzialmente dalla presenza di CO₂ nel mezzo liquido e quindi alla sua pressione parziale nel biogas e dai valori di concentrazione degli acidi grassi volatili e dell'ammoniaca. Questo parametro è in grado di indicare condizioni di squilibrio del sistema, ma solo con un certo ritardo rispetto all'evoluzione dell'effetto tampone del mezzo. Infatti la variazione di pH appare evidente quando ormai il bicarbonato ha terminato la sua attività tamponante.

È necessario associare questo parametro agli altri.

- Alcalinità

L'alcalinità rappresenta la capacità di un sistema di neutralizzare protoni ed è generalmente espressa in termini di concentrazione di carbonato di calcio. Questa viene determinata, analiticamente, sulla fase liquida presente nel reattore, per titolazione con acido cloridrico.

Valori di alcalinità dell'ordine di 3000-5000 mg CaCO₃ (carbonato di calcio, ripristina la neutralità del mezzo) per litro sono tipici per i digestori anaerobici operanti in condizioni stabili.

Questo parametro è di fondamentale importanza nei processi anaerobici. Tenendo infatti presente che i tassi di crescita della biomassa metanigena sono estremamente ridotti può capitare che, in occasione di un incremento del carico organico, le aumentate capacità idrolitiche ed acidificanti del sistema determinino uno sbilanciamento della popolazione batterica a favore della componente acidogenica e, quindi, a sfavore della componente metanigena. Si avrà, pertanto, una fase transitoria in cui si osserverà un incremento di concentrazione degli acidi grassi volatili. In questi casi risulta fondamentale la capacità tamponante del sistema, che deve essere in grado di neutralizzare l'abbassamento di pH determinato dall'accumulo di acidi organici. L'alcalinità di un digestore anaerobico è determinata essenzialmente dalla presenza di un sistema tampone dovuto alla coesistenza di ammoniaca, originata dalla degradazione di proteine, e di bicarbonato, derivante dalla dissoluzione del biossido di carbonio nel mezzo.

- Acidi grassi

Il livello di concentrazione degli acidi volatili, generalmente espresso in termini di acido acetico o di COD, dipende dal tipo di substrato trattato, e varia da circa 200 fino a 2000 mgAc/l.

Di norma non è la concentrazione assoluta ad essere assunta come parametro di stabilità ma piuttosto la variazione di concentrazione: variazioni repentine con incremento della concentrazione indicano che il processo sta scivolando verso processi acidogenici piuttosto che metanogenici.

In generale si potrà osservare che un incremento degli acidi volatili è conseguente all'aumentato carico di substrato da trattare che determina l'accelerazione dei fenomeni idrolitici ed acidogenici con conseguente sbilanciamento della catena trofica e variazione del sistema verso condizioni di basso pH a seguito dell'esaurimento della capacità tamponante del mezzo. Il valore di concentrazione degli acidi grassi volatili non va disgiunto dal dato della produzione del biogas e dalla sua composizione, oltre che dai dati relativi a pH ed alcalinità.

La concentrazione degli acidi grassi volatili e l'alcalinità sono i due parametri che mostrano una più rapida variazione quando il sistema tende ad allontanarsi da condizioni di stabilità.

Dal momento che, in caso di problemi, la concentrazione degli acidi grassi tende ad aumentare mentre l'alcalinità a diminuire, un utile parametro da considerare è il rapporto tra queste due grandezze.

Gli acidi grassi, al numeratore, sono espressi in termini di acido acetico, mentre l'alcalinità viene espressa in termini di concentrazione di carbonato di calcio.

TIPOLOGIE DI DIGESTIONI ANAEROBICHE

I processi anaerobici possono essere classificati in base a:

REGIME TERMICO:

- Mesofilia 35-40°C
- Termofilia 50-60°C

TENORE DI SOLIDI NEL REATTORE:

- Processo umido TS = 5-8%
- Processo semi-secco TS = 8-20%
- Processo secco TS > 20%

FASI BIOLOGICHE PRESENTI:

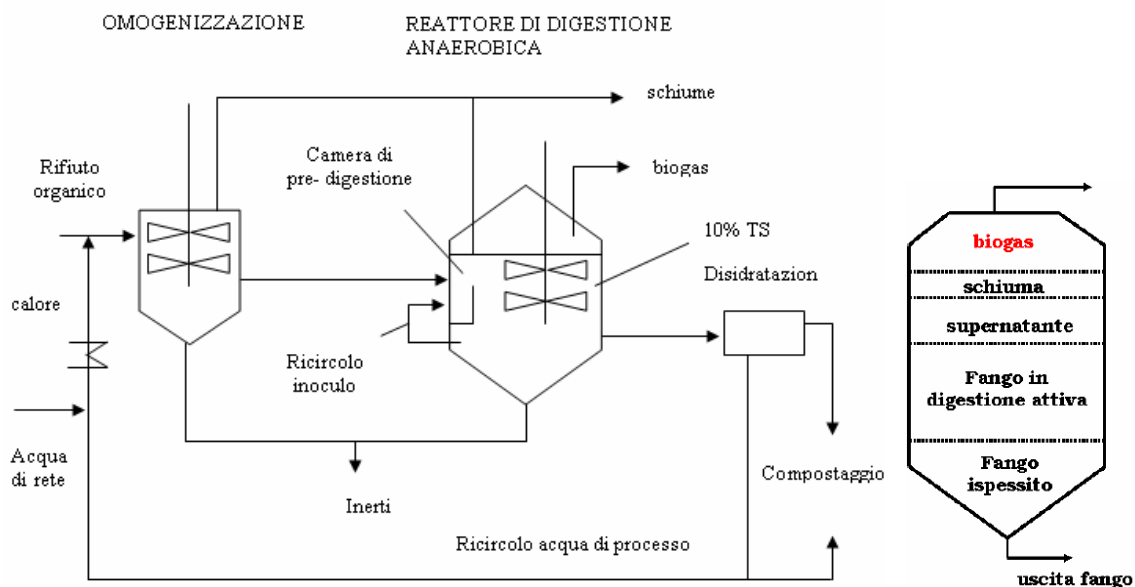
- se una fase → processo a fase unica
- processo a fasi separate.

PROCESSO UMIDO

Questo processo è stato il primo ad essere utilizzato nel trattamento della frazione organica dei rifiuti solidi urbani (FORSU) dal momento che sfruttava le conoscenze acquisite in decenni di attività nel processo di digestione anaerobica dei fanghi di depurazione delle acque reflue.

Nei processi di tipo WET il rifiuto di partenza viene opportunamente trattato e diluito al fine di raggiungere un tenore in solidi totali inferiore al 10% attraverso il ricorso a diluizione con acqua così da poter poi utilizzare un classico reattore completamente miscelato del tipo applicato nella stabilizzazione dei fanghi biologici negli impianti di depurazione.

In generale il processo prevede, dopo una fase di pre-trattamento del rifiuto (finalizzato a rimuovere le parti più grossolane che potrebbero danneggiare gli organi meccanici) uno stadio di miscelazione in cui si ottiene una miscela con caratteristiche omogenee e l'opportuno contenuto in solidi. La diluizione può avvenire tramite aggiunta di acqua di rete o dal parziale ricircolo dell'effluente del reattore.



A causa delle caratteristiche fisiche dei rifiuti trattati non è solitamente possibile ottenere una miscela omogenea e pertanto si osserveranno all'interno del reattore tre fasi separate, caratterizzate da distinte densità. La frazione più pesante tenderà ad accumularsi sul fondo del reattore e può determinare danni nel sistema di miscelazione se il rifiuto trattato non è sufficientemente pulito, mentre materiali leggeri e schiume si accumulano nella parte superiore del reattore. La fase a densità intermedia è quella in cui avvengono per lo più le effettive reazioni di degradazione e produzione del biogas.

Nella gestione dell'impianto sono generalmente previste saltuarie rimozioni sia dello strato più pesante, presente sul fondo del reattore, che di quello leggero.

Dal punto di vista economico si evidenzia come nel caso dei processi di tipo dry gli elevati costi di investimento iniziale sono dovuti alla necessità di dotarsi di sistemi di trasporto e pompaggio del rifiuto organico da trattare che siano particolarmente resistenti e tecnologicamente avanzati.

Per contro, operando con rifiuti ad elevata concentrazione di sostanza solida, non sono necessari pre-trattamenti particolarmente raffinati ed i volumi dei reattori necessari sono ridotti: quindi le spese di costruzione dei reattori sono minori rispetto ai processi wet e semi-dry.

La ridotta dimensione del reattore si ripercuote poi favorevolmente in fase di esercizio sul bilancio energetico del reattore, dal momento che è necessario riscaldare una minor quantità di rifiuto da trattare.

Una differenza fondamentale tra i processi di tipo dry e quelli di tipo wet o semi-dry consiste nel ridotto utilizzo di acqua per la diluizione dei rifiuti. Ne consegue che la quantità di acqua di scarico sarà ridotta.

CO-DIGESTIONE

La co-digestione è il trattamento anaerobico di una miscela di almeno due differenti tipi di rifiuto. I profitti traibili dal processo di co-digestione sono principalmente:

- L'aumento della percentuale di metano nel biogas;
- Aumentare la stabilità del processo;
- Ottenere una più intelligente gestione del rifiuto.

Generalmente la chiave per un buon funzionamento del processo sta nel bilancio di una serie di parametri da analizzare prima di effettuare la miscela dei substrati. Infatti alcune caratteristiche di ogni substrato possono favorire il processo di produzione del biogas, mentre altri possono inibirlo come:

- Alto contenuto di solidi totali, tipicamente 30-50%;
- Alto rapporto C/N;
- Mancanza di macro-micro nutrienti;
- Contenuto di sostanze tossiche.

| FORSU | | Fanghi |
|-------|--------------------------------|--------|
| ↓ | macro e micro nutrienti | ↑ |
| ↑ | rapporto C/N | ↓ |
| ↑ | sostanze biodegradabili | ↓ |
| ↑ | sostanza secca | ↓ |

Visti sia la grande quantità di fanghi prodotti negli impianti di depurazione delle acque reflue che il grande numero di digestori anaerobici presenti sul territorio italiano (atti alla stabilizzazione del fango) è stato osservato come la co-digestione del rifiuto solido urbano e dei fanghi potrebbe essere una via molto vantaggiosa in termini di produzione di energia.

È stato osservato comunque che l'aggiunta di OFMSW, con un alto contenuto in TS, ad un digestore operante con un substrato a bassa concentrazione di solidi totali ha effetti stabilizzanti sul processo.

Effetti di questo tipo sono stati ottenuti introducendo dosi di fango in percentuale tra l'8 ed il 20% dei TVS del substrato.

Uno dei principali problemi analizzati da molti studiosi è stato quello di riuscire a trovare la proporzione ottimale tra i due substrati per ottimizzare la produzione di biogas e la sua composizione.

FORMAZIONE BIOGAS IN DISCARICA

La discarica può essere realizzata attraverso un avvallamento nel terreno, accumulando rifiuti su uno strato di terreno impermeabilizzato oppure accumulando rifiuti su un versante di una collina.

In discarica si attivano vari fenomeni:

- Degradazione biologica della frazione organica

All'interno del corpo della discarica il contenuto di O₂, dopo una prima fase iniziale in cui si ha una degradazione aerobica (O₂ intrappolato nel materiale), è praticamente nullo. La degradazione biochimica si divide in due fasi:

Fase I: trasformazione degli acidi da parte di specifici batteri capaci di trasformare il materiale biodegradabile in acidi volatili. Il pH dei rifiuti si abbassa.

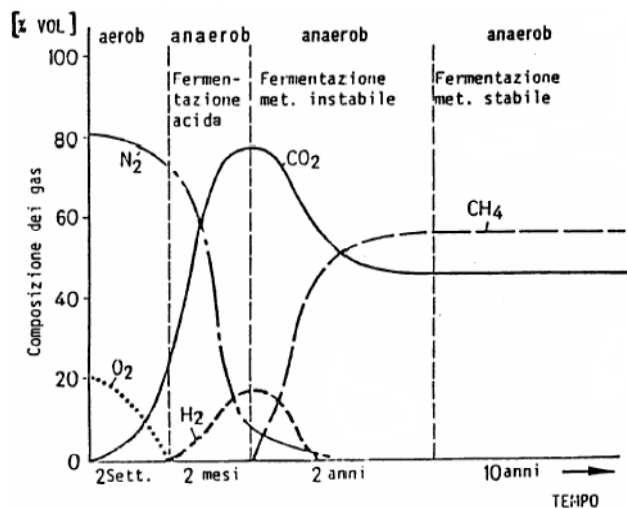
Fase II: trasformazione degli acidi volatili in metano da parte dei batteri metanigeni. Il pH si innalza fino a valori basici (7,5-8,2).

Il completamento di entrambe le fasi porta ad una distruzione completa dei solidi volatili e quindi all'inertizzazione del materiale.

MECCANISMO

Il materiale biodegradabile nei rifiuti subisce due forme di degradazione:

- **Decomposizione aerobica**
Predomina durante la posa dei rifiuti e continua fino a che c'è la disponibilità di O_2 libero per sostenere il processo. In discariche non profonde e non coperte o, più facilmente, per periodi limitati nella zona non coperta in cima al cumulo della discarica, la decomposizione aerobica può continuare fino alla degradazione completa dei rifiuti. I principali prodotti di questo tipo di decomposizione sono H_2O e CO_2 . Il processo è esotermico (accelerazione dell'instaurarsi di condizioni anaerobiche).
- **Decomposizione anaerobica**
Avviene in diversi stadi prima di un'eventuale stabilizzazione. Inizialmente il rifiuto viene idrolizzato e fermentato da microrganismi che rompono le grosse molecole con produzione di H_2 e CO_2 .



Successivamente i batteri metanogeni metabolizzano gli acidi grassi e gli alcoli per la produzione finale di CH_4 e CO_2 , oppure utilizzano idrogeno e CO_2 per formare metano e acqua. Molti altri composti vengono prodotti in tracce. Durante la fase iniziale della degradazione anaerobica, il percolato ha spesso alti valori di BOD e di COD, con un rapporto BOD/COD di circa 0,7. Man mano che la degradazione anaerobica procede, il rapporto si riduce a circa 0,1 o anche meno.

Il contenuto di azoto (N_2) nel biogas è inizialmente elevato (fase aerobica) e successivamente decresce molto velocemente (fase anaerobica). Nell'ultima fase la produzione di biogas raggiunge condizioni di quasi stazionarietà e la composizione del biogas rimane pressoché costante.

La durata delle varie fasi e dell'intera sequenza dipende dalle condizioni presenti in discarica e in funzione delle condizioni climatiche, come la quantità delle precipitazioni atmosferiche e la temperatura ambientale.

La produzione di biogas ha un periodo di latenza di circa un anno a causa della presenza di condizioni aerobiche nel periodo iniziale e dell'attività biologica rivolta alla formazione di acidi volatili nella prima fase del processo anaerobico. Tuttavia la produzione di metano potrebbe avere un periodo di latenza iniziale anche superiore ad un anno.

In condizioni normali la decomposizione della frazione organica dei rifiuti in termini di produzione di biogas raggiunge un picco dopo i primi due anni dalla posa dei rifiuti e successivamente diminuisce continuando a persistere in molti casi per periodi superiori ai 25 anni o più.

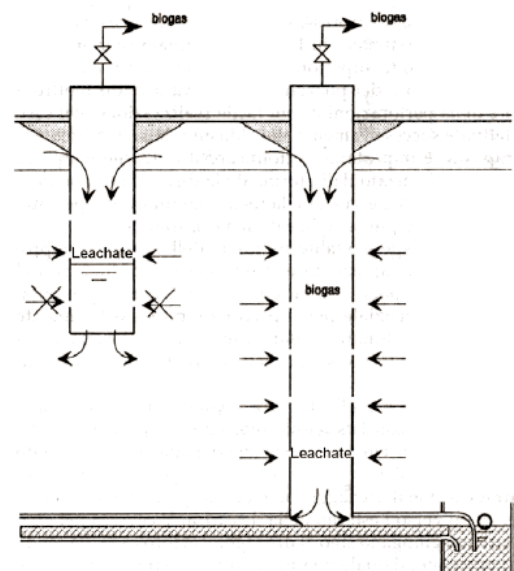
CAPTAZIONE DEL BIOGAS

Il sistema di raccolta del biogas può essere posizionato nel corpo della discarica durante la fase operativa o al momento della chiusura.

Viene generalmente raccomandata la realizzazione di due sistemi separati per la zona periferica e la zona centrale della discarica (generalmente migliore qualità delle caratteristiche del biogas nella parte centrale).

È possibile che il biogas si accumuli nei condotti del percolato: ciò dipende dalla presenza del metano nel percolato (legge di Henry): quando la pressione parziale cambia nel condotto, il metano si libera formando una miscela che può risultare esplosiva. Una misura di sicurezza può essere l'equipaggiamento dei condotti del percolato con aerazione forzata.

Un fattore importante nel dimensionamento del sistema di



- **Temperatura dei rifiuti**
Il livello ottimo per massimizzare la produzione di metano, è compreso fra 35 e 45°C (comune all'interno del corpo della discarica). Una significativa diminuzione nella generazione di gas si ha al di sotto di 10 – 15°C. In discariche non molto profonde, la produzione di biogas può essere influenzata, fra l'altro, dal cambiamento stagionale di temperatura.
- **Contenuto di umidità**
L'umidità media dei RU in ingresso è circa il 25% (residui alimentari e scarti verdi hanno contenuti di umidità molto superiori). La pioggia, le infiltrazioni superficiali e sotterranee apportano un ulteriore quantitativo di umidità. Il quantitativo ottimale per ottenere la completa conversione del materiale biodegradabile è dell'ordine del 50 – 60%. Spesso l'umidità presente all'interno del corpo di discarica non è distribuita uniformemente. Quando il suo contenuto è limitato la curva di produzione del biogas è più appiattita.
- **Gestione del sito**
La riduzione delle dimensioni dei RU, per mezzi della polverizzazione e compattazione utilizzando tecniche a strati sottili, favorisce l'instaurarsi della decomposizione anaerobica per la frazione più facilmente degradabile. Un rapido riempimento di aree non troppo estese, diminuisce il tempo di instaurazione della degradazione anaerobica e tende a mantenere la temperatura dei rifiuti più bassa. Questo metodo riduce anche l'infiltrazione della pioggia. Il tasso di degradazione iniziale risulterà più basso.
- **Ingresso di ossigeno**
L'ingresso di ossigeno nel cumulo di rifiuti, in decomposizione anaerobica, può avvenire a causa dell'eccessivo pompaggio nell'estrazione del biogas, o attraverso perforazioni dei cumuli per ragioni operative. Qualunque ingresso di questo tipo blocca la fase anaerobica e porta ad un aumento della temperatura a causa del reinstaurarsi della reazione esotermica aerobica. Se il processo procede può verificarsi il rischio di un incendio sotterraneo. Tuttavia, quando l'ingresso di aria viene interrotto, le condizioni anaerobiche si reinstaurano piuttosto velocemente.
- **Tempi**
La diversa natura dei rifiuti e le diverse pratiche gestionali, rendono variabili i tempi dei processi. Tuttavia, considerando una buona compattazione e l'uso di una copertura intermedia (giornaliera) è ragionevole pensare che il processo aerobico si concluda entro qualche giorno. Dopo l'instaurarsi del processo anaerobico, la maggior parte del metano viene prodotta entro 3-12 mesi.

COMBUSTIONE BIOGAS

Il biogas, dopo opportuni trattamenti, può essere usato allo scopo di produrre energia elettrica. La combustione può avvenire in torcia, caldaia e MCI a seconda del tenore di metano presente.

Concentrazione di metano minime ai fini del recupero energetico:

- nel caso di motori a combustione interna deve essere almeno 40% in volume.
- nel caso di combustione in caldaie convenzionali, il limite inferiore può essere 20% in volume.

Per le piccole discariche e dove la produzione di biogas non è di buona qualità è necessario l'uso della torcia. Generalmente, le torce vengono utilizzate anche nelle grandi discariche durante i periodi di inizio operatività.

Le torce disponibili commercialmente vengono distinte in base alla temperatura che possono raggiungere:

- nelle torce a bassa temperatura, il biogas viene bruciato a circa 850 °C, con una concentrazione minima di metano del 25%
- nelle torce ad alta temperatura, la combustione raggiunge i 1000-1200 °C. In certi casi, le camere di combustione sono realizzate in modo da garantire un tempo di permanenza di almeno 0,3 secondi. Anche in questo caso la concentrazione minima di metano necessaria è del 25%.

Questo valore è legato al limite inferiore teorico per non produrre fumosità, che corrisponde ad un PCI di circa 2500 Kcal/m³: considerando una miscela di inerte e metano, tale limite corrisponde ad una percentuale di 28% di metano.

LEZIONE 6 – UPGRADING A BIOMETANO

Fasi del processo:

- Pretrattamento
Per garantire i massimi livelli di efficienza si devono pretrattare i rifiuti organici.
- Alimentazione
- Digestione
- Miscelazione
- Riscaldamento
- Raccolta in gasometro
- Monitoraggio e controllo
- Depurazione e raffinazione del biogas.

PRETRATTAMENTI

La biomassa è organizzata in strutture molto distanti dalla forma del metano → il principale problema è la degradazione della lignina. Rompendo in parte questa struttura i microorganismi possono agire in modo più efficiente.

I pretrattamenti possono essere di varie tipologie:

- Biologici, se effettuati da microrganismi ed enzimi
- Fisico-meccanici
Si può effettuare tranciatura, la quale permette di ottenere una pezzatura e di conseguenza può aumentare la resa in biogas. Questo miglioramento non è generale, ma dipende dal tipo di biomassa che si sta trattando. Ad esempio può essere molto efficace per la paglia di orzo ma non per stocchi di mais.
- Termici (in ambiente umido)
Il trattamento termico può essere efficace se il tenore di solido nelle biomasse trattate non è estremamente elevato.
- Chimici

Si sceglie il pretrattamento più adeguato in base al suo costo, alla semplicità con cui si può effettuare, ai tempi necessari per effettuarlo e alla resa energetica.

Il BIOGAS GREZZO è composto da:

- metano (CH₄)
- anidride carbonica (CO₂),

Costituenti minori:

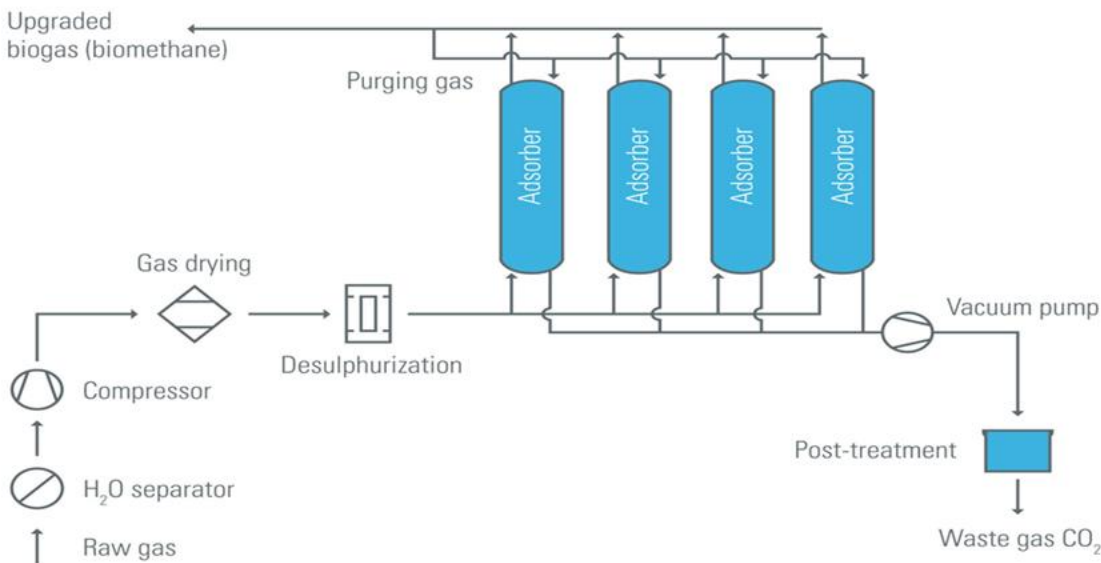
- acido solfidrico (H₂S),
- ammoniaca (NH₃),
- azoto (N₂),
- monossido di carbonio (CO),
- idrogeno (H₂),
- ossigeno (O₂).

RAFFINAZIONE DEL BIOGAS GREZZO PER L'IMMISSIONE NELLE RETI DI GAS NATURALE

Gli scopi del trattamento sono:

- Rimuovere componenti indesiderate come composti solforati, ammoniaca, particolato solido e umidità.
- Migliorare le caratteristiche termiche del combustibile. Si rimuove l'anidride carbonica così da incrementare il tenore di metano.

ADSORBIMENTO (Pressure Swing Adsorption PSA)

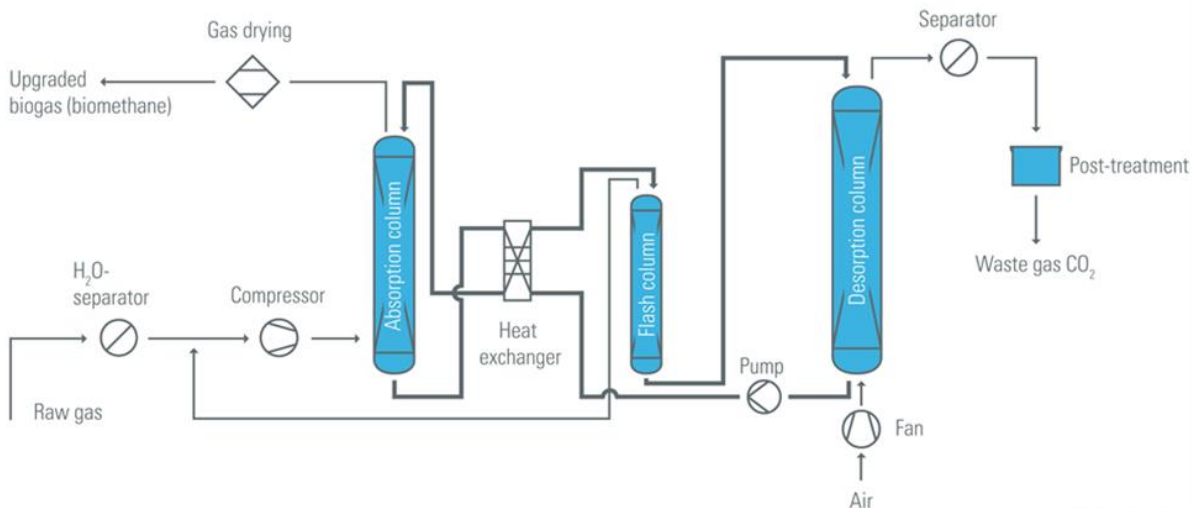


In questa tecnologia, viene messa in luce la potenzialità dell’adsorbimento dei componenti del gas su superfici solide (infatti si parla di adsorbimento) porose, quali zeoliti o carboni attivi.

L’impianto specifico è costituito da quattro colonne di adsorbimento, che permettono una produzione di biometano in continuo poiché una colonna è operativa mentre quella precedente è in fase di rigenerazione dei carboni molecolari.

Questa tecnica richiede l’eliminazione dell’acqua e la desolforazione preventiva per la capacità di queste molecole di legarsi in maniera permanente ai filtri molecolari.

ASSORBIMENTO FISICO CON ACQUA



Il processo sfrutta la maggiore solubilità di CO2 e H2S rispetto al CH4. Dopo una prima fase di compressione, il biogas entra al fondo di una colonna di assorbimento in cui incontra un flusso di acqua in verso opposto. Alla sommità della colonna, il biogas sarà ricco di CH4 e saturo d’acqua. Successivamente, la concentrazione di vapore acqueo viene ridotto attraverso processi di essiccazione e deumidificazione, mentre l’acqua con la CO2 assorbita può essere rigenerata in una colonna di deassorbimento e riciclata nuovamente. Una variante di questo processo si basa sull’assorbimento senza reazione chimica di solventi organici, i cui nomi commerciali sono: Purisol®, Rectisol® e Selexol®.

LEZIONE 7 – TERMOVALORIZZATORI: RECUPERO ENERGIA DA RIFIUTI

Utilizzare il termovalorizzatore permette di recuperare energia dai rifiuti, non è una tecnica per produrre energia. Bisogna tenere in considerazione vari fattori:

- Luogo in cui installarli
Fattori locali possono influenzare le prestazioni dell'impianto di incenerimento in relazione alle quantità e qualità di sostanze rilasciate dall'incenerimento dei rifiuti o la disponibilità di specifiche risorse (es. qualità ambiente esistente).
- Natura dei rifiuti da trattare
Identificazione della natura dei rifiuti da trattare e infrastrutture esistenti per il collettamento e smistamento dei rifiuti agli impianti di incenerimento.
- Costo
Valutare il termovalorizzatore adatto, perché ne esistono di vari tipologie.
Costo e particolare tecnica di incenerimento in relazione ai suoi potenziali vantaggi confrontandola con le prestazioni degli impianti esistenti.
- Fattori economici e politici
Fattori economici, politici e di mercato locale possono causare barriere di costi addizionali in caso di installazione di tecnologie particolari.
- Disponibilità e prezzi per l'utilizzo di infrastrutture idonee a garantire il riutilizzo o lo smaltimento dei residui prodotti dall'impianto di incenerimento.

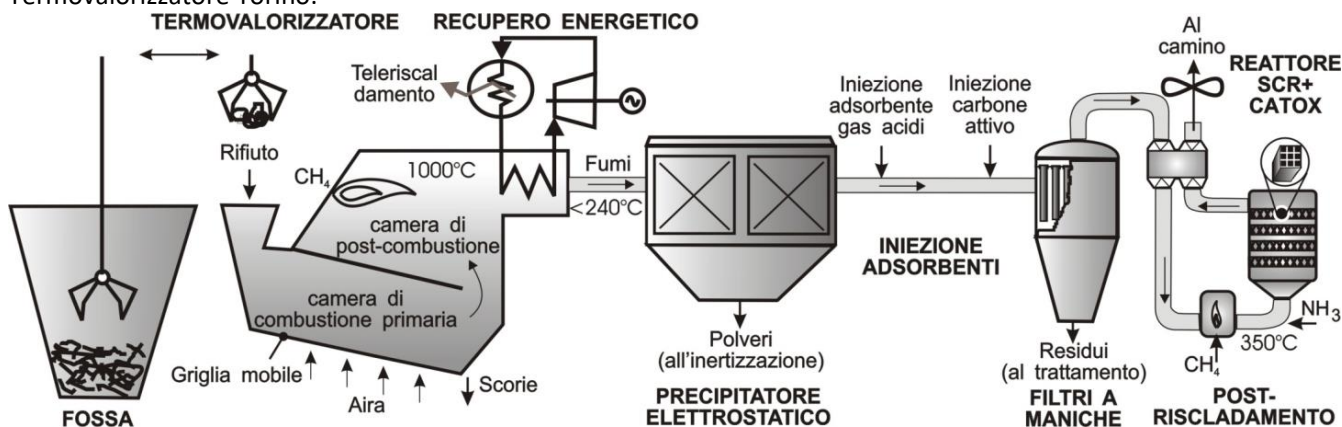
Il termovalorizzatore può trattare:

- rifiuti solidi urbani (RSU) a valle della raccolta differenziata (non altrimenti recuperabili) che rappresentano la priorità;
- rifiuti speciali assimilabili agli urbani (RSA) secondo l'elenco contenuto nell'Autorizzazione Integrata Ambientale.

Il termovalorizzatore può operare in due assetti:

- in assetto solo elettrico producendo annualmente l'energia corrispondente al fabbisogno di circa 175.000 famiglie di tre persone;
- in assetto cogenerativo, cioè fornendo sia energia elettrica sia termica per il teleriscaldamento, generando ogni anno l'energia termica in grado di scaldare 17.000 abitazioni da 100mq e l'elettricità per il fabbisogno di circa 160.000 famiglie.

Termovalorizzatore Torino:



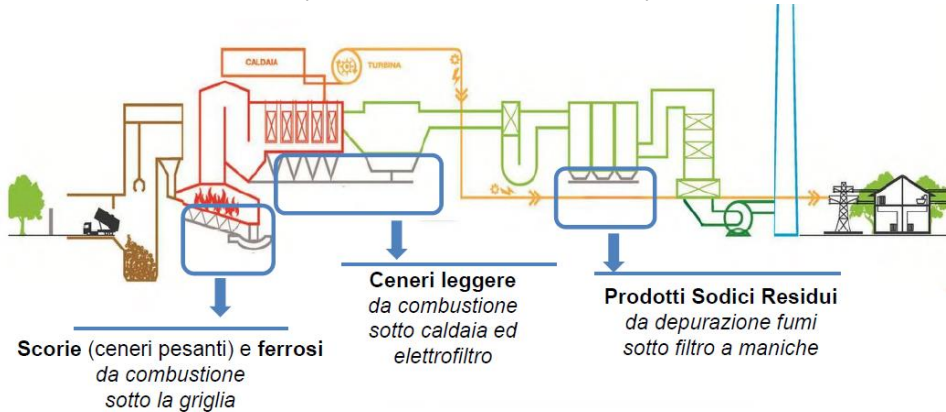
Prima zona di ricezione dei rifiuti, i quali sono portati in una camera di combustione.

La camera di combustione si divide in una camera di combustione primaria e una di post-combustione, in questo modo il processo si può concludere. Quando si effettua la combustione con aria, si sviluppano dei gas a T di circa 1000°C → si ha il recupero del calore attraverso un sistema di scambiatori di calore.

I fumi quindi passano nella seconda parte dell'impianto (quella di cleaning) a T molto inferiore.

Residui di processo

I residui solidi, derivanti dal processo di combustione e depurazione dei fumi, sono di 4 tipi:



Gestione scorie:

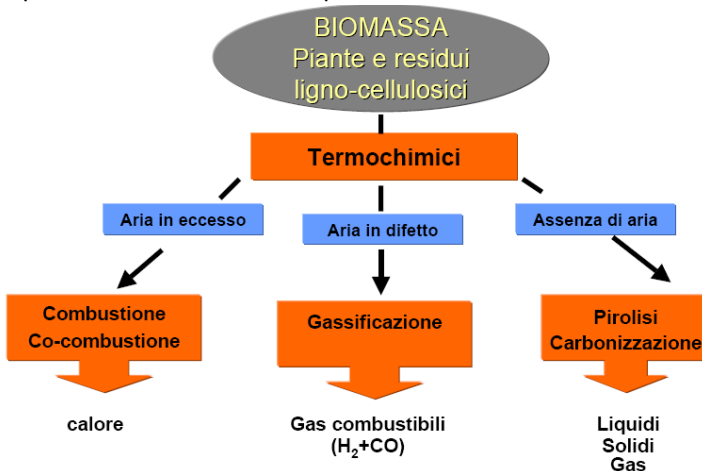
Le scorie vengono raffreddate in 'culle' colme d'acqua e successivamente caricate su nastri trasportatori, dove, dopo essere state separate per mezzo di una elettrocalamita dai residui ferrosi, vengono stoccate in una fossa dedicata, in attesa di essere prelevate dagli operatori individuati.

Gestione ceneri e PSR:

Ceneri e prodotti sodici residui, dopo essere stati scaricati in autosili, vengono trasferiti ad impianti di trattamento.

PROCESSI TERMOCHIMICI

Si possono avere differenti tipi di termovalorizzatori in base al tipo di processo che si effettua:



Il processo più consolidato e classico è quello che avviene con aria in eccesso.

Quando si parte da biomasse solitamente si effettua processo di gassificazione o quello di pirolisi. Se si lavora con rifiuti si effettua combustione.

I processi di termovalorizzazione hanno a che fare con un combustibile tipicamente eterogeneo e fortemente variabile rispetto ad andamenti stagionali e giornalieri del ciclo di produzione e di raccolta dei rifiuti.

Data le particolari caratteristiche fisico-chimiche del rifiuto non è possibile l'utilizzo dei normali impianti per la produzione di energia elettrica da combustibili fossili.

La forte variabilità nella composizione del rifiuto può essere ridotta mediante l'utilizzo di sistemi di pretrattamento del rifiuto prima dell'utilizzo energetico e adottando specifici impianti per la combustione di CDR (combustibile derivato dai rifiuti), materiale ricavato dai rifiuti solidi urbani che possiede le caratteristiche individuate da specifiche norme tecniche (DM 5/2/98).

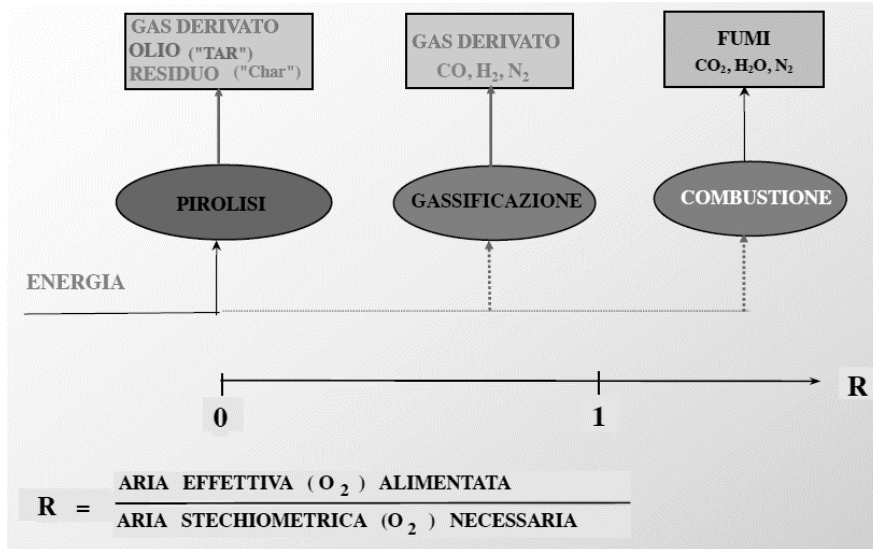
L'utilizzo di un rifiuto pretrattato comporta però:

- Minor recupero netto energetico rispetto all'utilizzo di RSU tal e quale e maggiori costi;
- Notevoli consumi energetici per i trattamenti di selezione e triturazione;
- Complicazioni impiantistiche e gestionali;
- Presenza di un sottovaglio da destinare comunque a discarica.

In termini energetico-ambientali le tecnologie di gassificazione e pirolisi presentano potenziali aspetti interessanti quali:

- Possibilità di conseguire un maggiore rendimento di conversione del contenuto energetico del rifiuto;
- Riduzione delle portate di effluenti gassosi;
- Miglioramento delle caratteristiche di inocuizzazione e maggiori potenzialità di riutilizzo dei residui solidi prodotti dal processo.

A volte in letteratura sono classificati come sistemi di pirolisi dei reattori in cui la quantità di ossigeno disponibile sia inferiore al 30% del fabbisogno stechiometrico; al di sotto di tale soglia prevalgono le reazioni endotermiche su quelle esotermiche con la conseguenza che è necessario fornire al reattore un apporto di energia.



COMBUSTIONE DIRETTA

Il processo di combustione consiste in una ossidazione degli elementi combustibili presenti nel rifiuto in condizioni di forte eccesso di ossigeno, con rilascio di energia termica verso l'esterno. I prodotti sono costituiti da fumi di combustione e dal residuo solido inerte.

Combustione diretta di:

- RSU tale e quale
- Combustibile derivato dai RSU mediante processi fisici.

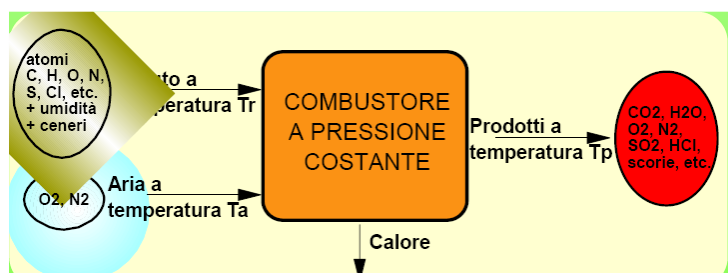
La combustione diretta porta ad una forte riduzione della massa (70-80%) e del volume (85-90%) del rifiuto. I sistemi di combustione diretta rendono particolarmente impegnativo il trattamento dei fumi. A causa della diluizione in aria e della pressione di lavoro (circa atmosferica) le portate da trattare sono ingenti, questo richiede grandi dimensioni dei dispositivi per il trattamento e maggior difficoltà nel separare i composti indesiderati a causa della diluizione in azoto.

La materia che costituisce il RSU può liberare energia termica attraverso un processo di combustione, nel quale:

- atomi C → CO₂ + calore
- atomi H → H₂O + calore
- atomi S → SO₂ + calore
- atomi Cl → HCl
- atomi N → N₂, NO, NO₂, etc.

Entrano gli atomi, si somministra aria a T ambiente.

Solitamente si fa partire la reazione attraverso l'utilizzo di un bruciatore a metano. Se il rifiuto è in grado di sostenere la combustione con il suo potere calorifero superiore → si effettua combustione a P costante e si ottengono prodotti a T maggiore.



GASSIFICAZIONE

Il processo di gassificazione consiste nella combustione parziale di un materiale in difetto di ossigeno che dà luogo ad un gas combustibile ricco in ossido di carbonio e idrogeno.

Per la sua applicazione richiede l'utilizzo di un materiale abbastanza omogeneo per cui viene spesso ipotizzata come applicabile sul CSS nelle forme di aggregazione dipendenti dalla tecnologia impiegata (nel caso di letti fluidi pellettizzato).

Le reazioni di ossidazione parziale riducono, rispetto alla pirolisi, l'incidenza relativa dei solidi e dei liquidi condensabili rispetto ai gas, determinando per quest'ultimo una leggera riduzione del suo PCI. Nella gassificazione il calore necessario al processo viene fornito dalle reazioni di ossidazione parziale che riducono le esigenze di apporti termici dall'esterno.

Le caratteristiche qualitative e quantitative dei prodotti dipendono soprattutto dalla quantità di aria (ossigeno) utilizzata. Risultato della gassificazione è un gas povero contenente azoto, CO, CO₂ idrogeno e una minor quantità di metano e ossigeno ed ha PCI pari a circa 1000 - 1500 kcal/Nm³.

Processo che si accoppia preferibilmente ad impiego del gas povero come cocombustibile (cementifici).

Le possibilità di utilizzo energetico dei gas prodotti da processi di pirolisi e gassificazione sono strettamente legate alla presenza di componenti minori che possono rendere problematico l'impiego.

Tra queste rivestono molta importanza il particolato, i gas acidi ed alcalini ed il TAR costituito dal complesso degli idrocarburi pesanti condensabili. Questi ultimi in articolare possono formare depositi viscosi di sostanze oleose e polveri a seguito del raffreddamento del gas già a temperature di 250-300°C con conseguenti problemi di intasamento e sporcamento. L'impiego dei prodotti di risulta da pirolisi e gassificazione è comunque complesso. Nel caso dei combustibili gassosi di risulta (syngas) il suo utilizzo in cicli di produzione di energia elettrica ad elevato rendimento (motori alternativi, turbine a gas) richiede così trattamenti di depurazione anche complessi ed onerosi (lavaggi multistadio, depolverazione).

Le soluzioni, ancora principalmente a livello sperimentale, sono generalmente orientate alla produzione di un combustibile in fase gassosa sia tramite gassificazione diretta che attraverso una prima fase di pirolisi seguita da una fase di combustione dei residui prodotti.

- zona di combustione primaria, in cui si realizzano le reazioni di combustione e formazione di composti volatili che abbandonano il letto. In questa sezione è più visibile l'effetto delle reazioni di combustione con fiamme più alte e maggiori temperature;
- zona di fine combustione dove proseguono le reazioni di combustione delle frazioni a maggiore dimensione e quindi caratterizzate da cinetiche più prolungate. Qui le temperature tendono a ridursi gradualmente;
- zona di combustione secondaria delle frazioni volatili prodotte nella sezione di combustione (letto di combustione); tale sezione è posta sopra alla zona di combustione primaria e grazie alle temperature in gioco (fino a 1100-1200°C) si realizzano processi di ossidazione dei composti gassosi liberati dalla combustione primaria, mediante l'iniezione di ulteriori quantitativi di aria comburente (aria secondaria).

Il sistema di scarico delle scorie e di raffreddamento delle stesse ha funzione di rendere le temperature delle scorie tali da essere manipolabili. Le ceneri di scarto sono subito bagnate. Il sistema di spegnimento delle scorie in acqua con canale di scarico immerso ha funzione di guardia idraulica che permette di mantenere l'intero forno di combustione in leggera depressione per evitare fuoriuscite di fumi inquinati all'interno dell'area di lavoro.

Diagramma funzionamento forno:

Il campo di funzionamento di un forno può essere rappresentato da un diagramma in cui sono riportate sulle ascisse la portata di rifiuto in t/h e sulle ordinate la potenzialità termica o carico termico in Gcal/h; noto il PCI del rifiuto se ne può determinare il quantitativo da trattare ogni ora nelle normali condizioni operative evitando così di ricorrere all'impiego di combustibili ausiliari o di sovraccaricare il forno.

La delimitazione del campo di funzionamento tiene conto infatti delle portate di aria comburente e delle più idonee temperature di esercizio, per quanto concerne il carico termico, e di una adeguata portata di rifiuto che assicuri la copertura della griglia ma che al contempo non superi valori per i quali non viene assicurata una completa combustione.

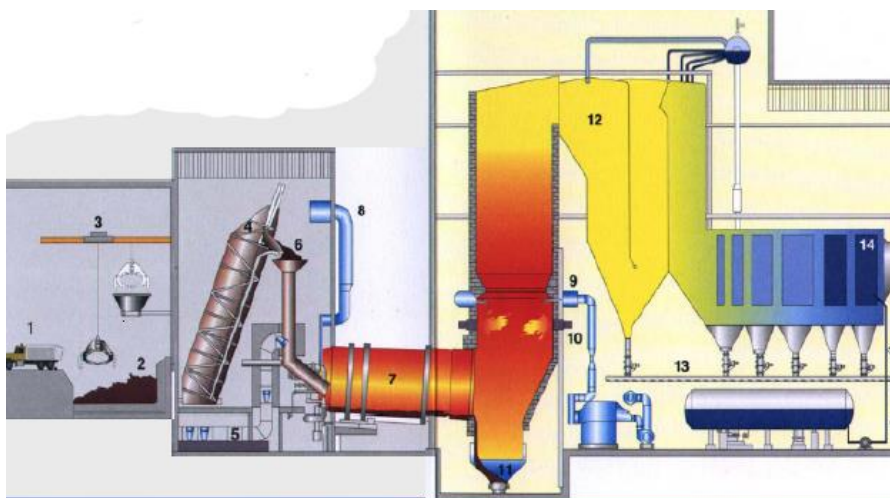
TERMOVALORIZZATORE A TAMBURO ROTANTE

Costituiti da un tamburo rotante leggermente inclinato in modo da favorire il movimento del materiale. La combustione avviene a contatto con la parete mentre il caricamento avviene in corrispondenza di una estremità. In genere i tempi di residenza nel forno non sono sufficienti per la completa combustione per cui a valle è spesso prevista una camera di post combustione.

Possono operare in equi-corrente e in contro-corrente rispetto ai gas. In questi forni le perdite di calore verso l'esterno sono notevoli per cui occorre limitare il diametro del tamburo ad un massimo di 1,5- 2 metri.

Questi forni operano con un eccesso d'aria del 100-150% al fine di sopperire alle scarse caratteristiche di mescolamento.

Sono sistemi semplici ed affidabili dotati di ampia elasticità. Solitamente sono utilizzati per rifiuti farmaceutici.



Il rifiuto è sollevato e poi cade all'interno di un forno rotante leggermente inclinato, in cui il rifiuto è prima essiccato e poi avviene combustione. Il funzionamento è lo stesso dell'altro.

Particolarità del forno a tamburo rotante:

8-10 m/s è quindi necessario un sistema di separazione del particolato solido (ciclone) , che viene riavviato nel letto principale, prima dell'espulsione dei gas.

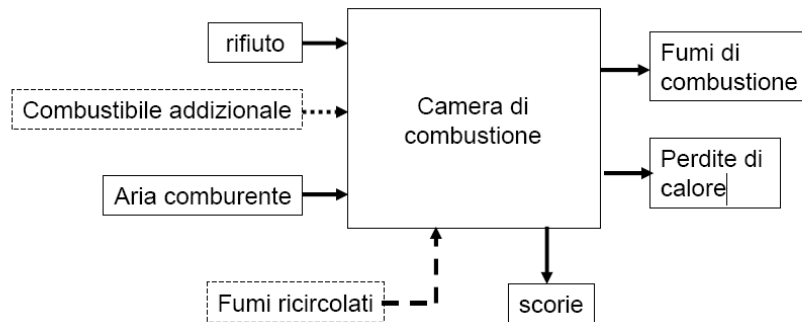
Vantaggi:

- miglior controllo degli inquinanti in fase di combustione sia tramite iniezione di additivi (HCl, SO₂) che tramite un'opportuna conduzione della combustione
- unità più compatte in ragione dei maggiori carichi specifici ammissibili
- buona flessibilità rispetto al carico ottenuta tramite controllo dell'aria di combustione
- possibilità al lavoro discontinuo dati i bassi tempi di accensione e spegnimento
- ridotto numero di parti meccaniche in movimento
- possibilità di operare con bassi eccessi d'aria con conseguente minore volume dei fumi
- elevata efficienza di combustione dovuta ad elevata turbolenza e elevati tempi di residenza
- basso contenuto organico delle scorie

Svantaggi:

- pericolo di defluidificazione dovuto alla presenza di ceneri basso fondenti che portano a fenomeni di agglomerazione
- esperienza non molto ampia

BILANCIO DI UN PROCESSO DI COMBUSTIONE WASTE TO ENERGY



Per passare da rifiuto a fumo di combustione (e quindi energia) è sempre necessaria la presenza di un'aria comburente. Se il potere calorifero inferiore non è sufficientemente alto → è necessario aggiungere anche combustibile aggiuntivo (metano).

Si producono delle scorie → rifiuto che non ha partecipato alla reazione.

Inoltre si hanno delle perdite di calore dovute al fatto che la camera non sia perfettamente coibentata.

Se il termovalorizzatore lo permette si possono lavorare i fumi di combustione e farne riciclare una parte.

L'aria comburente è suddivisa in aria primaria e aria secondaria, la prima equivale grossomodo al volume di aria stechiometrica (solitamente si usa apporti leggermente sopra stechiometrici) richiesto dall'ossidazione del rifiuto, la seconda favorisce il completamento del processo di ossidazione creando condizioni di turbolenza in camera di combustione.

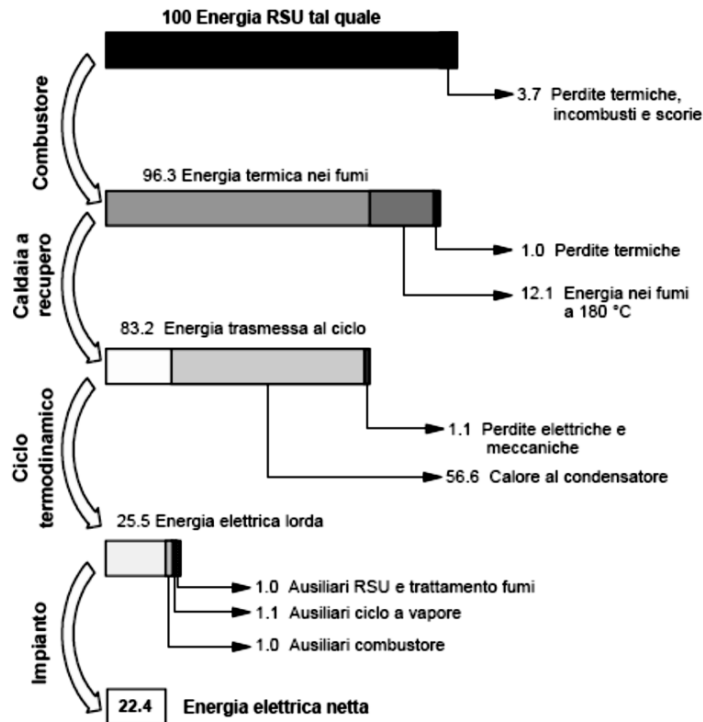
L'aria primaria viene estratta dalla fossa in modo da produrre una pressione negativa ed evitare quindi le fuoriuscite maleodoranti dei rifiuti, viene inviata al forno da sotto la griglia e fornisce la maggior parte dell'ossigeno necessario alla combustione. L'aria primaria ha anche il ruolo di raffreddare gli organi della griglia (nel caso di combustione a griglia mobile).

L'aria secondaria viene inviata al forno per mezzo di ugelli situati nella volta del forno ed all'entrata della caldaia; l'aria secondaria, oltre a fornire l'ossigeno necessario per una combustione efficace dei gas prodotti, ha il compito di mantenere controllata la temperatura dei fumi.

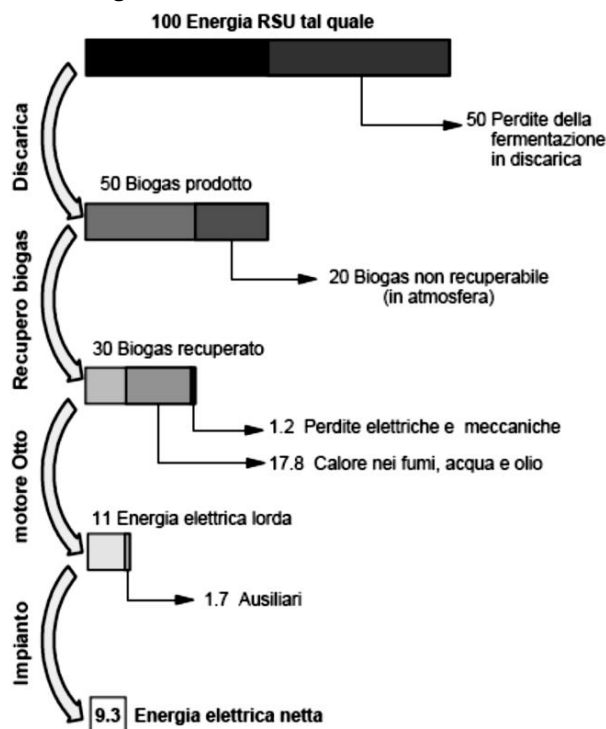
Il recupero del calore avviene attraverso scambiatori di calore in cui i fumi caldi trasmettono calore all'acqua a causa della differenza di temperatura esistente tra loro.

Il sistema si compone di surriscaldatori alimentati con il vapore saturo generato in caldaia, di vaporizzatori che permettono la vaporizzazione del fluido termovettore e di economizzatori che provvedono a preriscaldare l'acqua di

Bilancio combustione diretta + ciclo a vapore:



Bilancio biogas da discarica:



Modellazione di un impianto WTE:

1. Determinazione della composizione elementare del rifiuto
2. Calcolo del potere calorifico inferiore del rifiuto sulla base della composizione elementare
3. Impostazione di un modello di combustione composto dalle seguenti fasi:
 - bilancio energetico della camera di combustione
 - calcolo dell'eccesso d'aria per controllo temperatura CPC

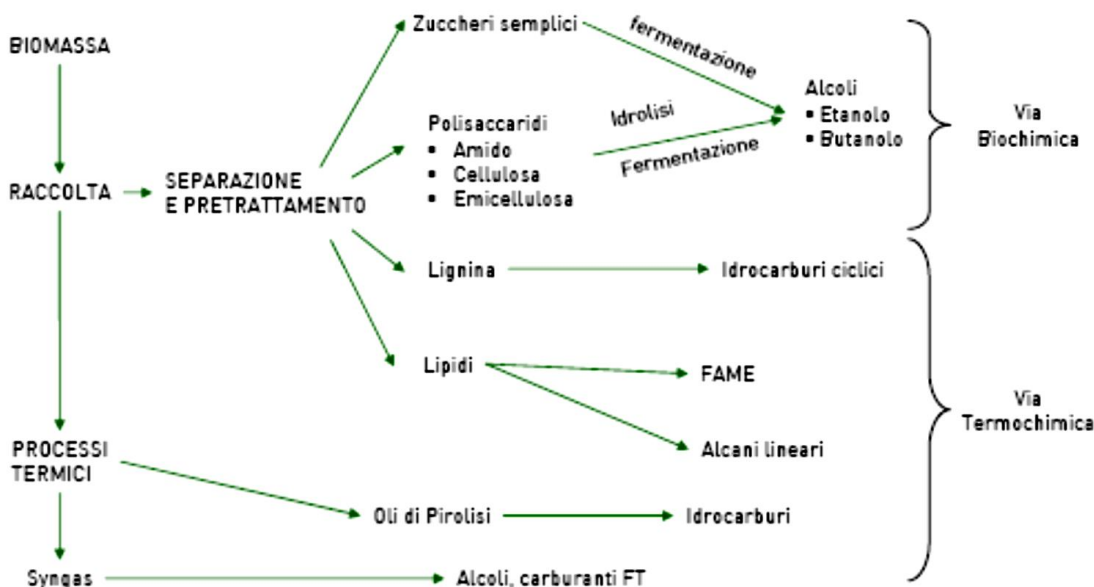
LEZIONE 8 – BIOCOMBUSTIBILI LIQUIDI

I biocarburanti sono carburanti liquidi o gassosi per i trasporti ricavati dalla biomassa. Solitamente biocombustibili sono liquidi. Biocarburanti possono anche essere gassosi.

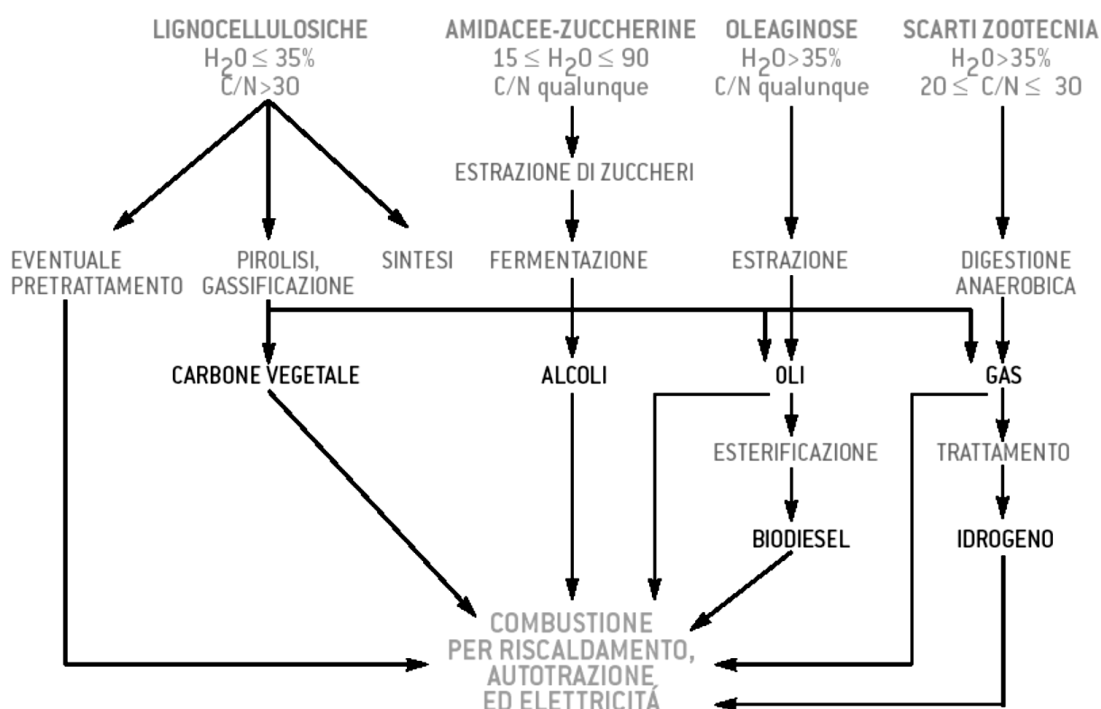
Esempi:

- bioetanolo: ricavato da biomassa o parte biodegradabile dei rifiuti;
- biodiesel: ricavato da oli vegetali o animali, per motori diesel;
- biogas: ricavato dalla biomassa o dalla parte biodegradabile dei rifiuti, si può ottenere una qualità analoga al gas naturale;
- biometanolo: metanolo ricavato dalla biomassa;
- biodimetilere (DME): etere dimetilico ricavato dalla biomassa;
- biocarburanti sintetici (BTL, biomass to liquids): idrocarburi sintetici prodotti a partire dalla biomassa;
- bioidrogeno: ricavato da biomassa o frazione biodegradabile dei rifiuti;
- olio vegetale puro: prodotto da piante oleaginose mediante pressione, estrazione o processi analoghi.

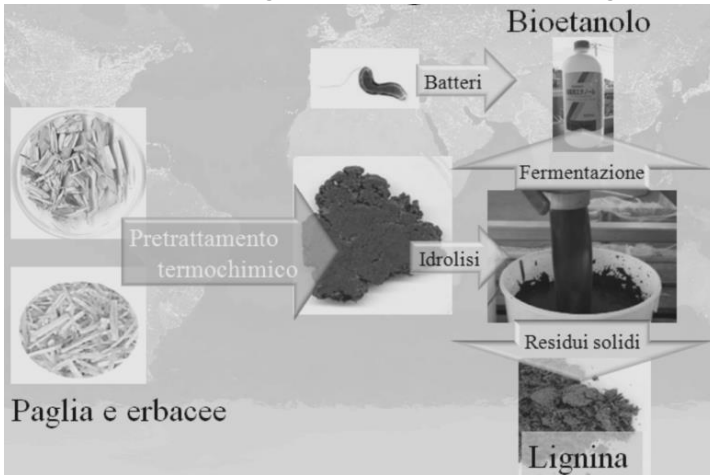
Schemi bioraffinazione:



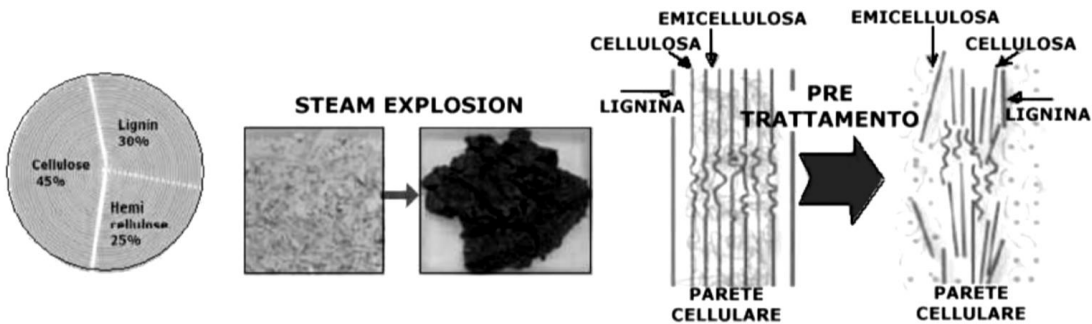
Cosa si ottiene a partire da biomasse differenti, a seconda del processo che si effettua:



- Bioetanolo di seconda generazione → da biomasse lignocellulosiche.



Nella parete cellulare, infatti, l’emicellulosa e la cellulosa, convertibili in bioetanolo, sono saldamente strutturate con la lignina, non trasformabile in bioetanolo. La prima fase, comunque, è il pretrattamento della biomassa. Questa operazione è diretta a disorganizzare la struttura della parete cellulare e a separare la cellulosa e l’emicellulosa dalla lignina. Il pretrattamento può essere condotto secondo diverse modalità uno dei quali è il pretrattamento biologico che si avvale dell’impiego di microrganismi, che disgregano la parete cellulare, degradando la lignina:



Si utilizzano dei batteri che permettono la fermentazione (emicellulosa C5, cellulosa C6). Si ha come scarto solido la lignina.

- Catalisi basica

è da preferire perché è meno impattante dal punto di vista dei reagenti coinvolti (eccesso di alcol decisamente inferiore). In questo caso l'eccesso di alcol è inferiore perché il catalizzatore basico è più selettivo e richiede meno alcol rispetto a quello acido.

Temperature inferiori : 60 °C (4 atm);

Rese simili : 97% in 4 h;

Eccesso di alcol 6/1 rispetto all'olio.

Produzione biodiesel con impianto supercritico:

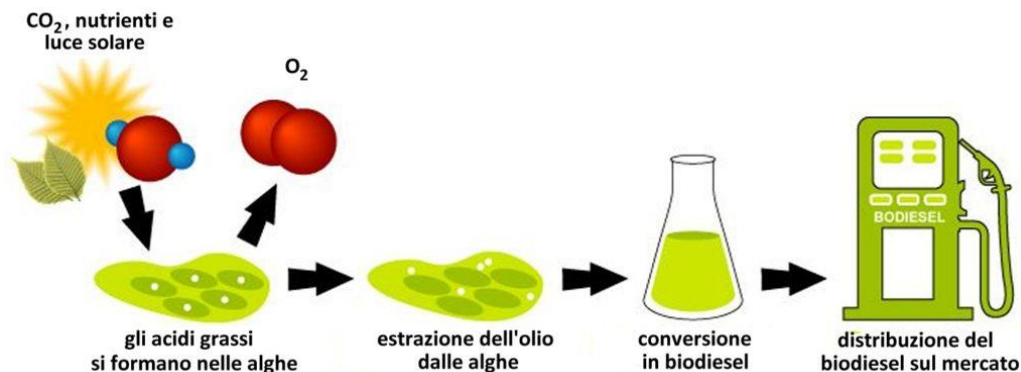
Lavora con solventi in condizioni supercritiche, ovvero di T e P elevate (300°C a 400 atm).

Si hanno delle rese ottime in poco tempo: 98% in 10 minuti.

Si utilizza una miscela di propano e metanolo che permette di abbassare le condizioni necessarie per la produzione.

Produzione biodiesel di quarta generazione:

Il biocarburante può essere ricavato dalle alghe. Si utilizzano le alghe con un contenuto lipidico adeguato (20-90%) e sono coltivate in fotobioreattori e in vasche. La coltivazione delle microalghe nei fotobioreattori è più efficiente rispetto a quella nelle vasche perché si possono controllare meglio le condizioni ambientali di crescita.



Le alghe per crescere usano luce solare e CO₂.

A parità di superficie coltivata, la resa in olio delle microalghe è molto più elevata rispetto ad altre colture oleaginose.

La raccolta precede la separazione del prodotto dall'acqua tramite sedimentazione, filtrazione, ma soprattutto centrifugazione, più o meno spinta. Segue poi l'estrazione dell'olio dalla biomassa ottenuta, generalmente con metodi meccanici, che è ricco di acidi grassi polinsaturi (da preservare contro l'ossidazione prima della conversione in biodiesel), che avviene tramite la nota reazione di transesterificazione grazie ai reagenti metanolo e NaOH.

CATALOGO EUROPEO DEI RIFIUTI CER

Il catalogo europeo dei rifiuti CER è la classificazione dei tipi di rifiuti secondo la direttiva 75/442/CEE che definisce il termine rifiuti nel modo seguente : "qualsiasi sostanza od oggetto che rientri nelle categorie riportate nell'allegato I e di cui il detentore si disfi o abbia deciso o abbia l'obbligo di disfarsi".

L'allegato I è noto comunemente come Catalogo europeo dei rifiuti e si applica a tutti i rifiuti, siano essi destinati allo smaltimento o al recupero.

I codici CER sono delle sequenze numeriche, composte da 6 cifre riunite in coppie, volte ad identificare un rifiuto, di norma, in base al processo produttivo da cui è originato. Il primo gruppo identifica il capitolo, mentre il secondo usualmente il processo produttivo.



I codici CER si dividono in non pericolosi e pericolosi. La presenza dell' «*» indica la presenza di sostanze pericolose (es 02 01 08* rifiuti agrochimici contenenti sostanze pericolose).

Definizione **SVILUPPO SOSTENIBILE**:

«Per Sviluppo sostenibile si intende lo sviluppo che soddisfa le necessità delle attuali generazioni senza compromettere le capacità delle future generazioni di soddisfare le proprie».

GREEN DEAL

Il Green Deal è la risposta europea alle sfide del cambiamento climatico e della crescita sostenibile che punta ad usare in modo efficiente le risorse e ad abbattere le emissioni nette di gas a effetto serra nel 2050.

Nel documento i Parlamentari europei hanno sposato la linea della Commissione chiedendo però un innalzamento degli obiettivi sulla riduzione delle emissioni di gas serra al 2030.

In occasione dell'approvazione della proposta di regolamento sul clima, il Parlamento Ue ha alzato l'obiettivo al 60% rispetto ai livelli del 1990. Ciascuno Stato membro realizza l'azzeramento delle emissioni nette di gas a effetto serra al più tardi entro il 2050.

Si punta ad una Società «climaticamente neutra» in conformità dell'accordo di Parigi, tenendo conto degli obiettivi climatici dell'Unione (60% su citato e neutralità climatica al 2050).

SOTTOPRODOTTO

È un sottoprodotto e non un rifiuto qualsiasi sostanza od oggetto che soddisfa tutte le seguenti condizioni:

- a) la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;
- b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;
- c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
- d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.

Non tutti i residui di produzione sono (o restano) "rifiuti". Infatti, alcuni di essi non acquistano mai la natura di rifiuto, altri invece la perdono all'esito di un procedimento di recupero.

In particolare, fermo l'onere della prova che grava sul loro produttore, non costituiscono ai sensi della vigente normativa dei "rifiuti" e possono godere (di conseguenza) di un regime di favore per la loro gestione. I sottoprodotti, ossia i residui originati da un processo di produzione il cui scopo primario non è la loro produzione e rispondenti alle ulteriori particolari caratteristiche previste dalla normativa vigente. TALI RESIDUI COSTITUISCONO DEI NON RIFIUTI SIN DALLA LORO NASCITA.

RECUPERO

"qualsiasi operazione il cui principale risultato sia di permettere ai rifiuti di svolgere un ruolo utile sostituendo altri materiali che sarebbero stati altrimenti utilizzati per assolvere una particolare funzione, all'interno dell'impianto o nell'economia in generale".

(recupero di energia, recupero di materia).

Operazioni di recupero:

R1: Utilizzazione principalmente come combustibile o come altro mezzo per produrre energia.

R2: Rigenerazione/recupero di solventi.

R3: Riciclaggio/recupero delle sostanze organiche non utilizzate come solventi (comprese le operazioni di compostaggio e altre trasformazioni biologiche). Sono compresi la preparazione per il riutilizzo, la gassificazione e la pirolisi che utilizzano i componenti come sostanze chimiche e il recupero di materia organica sotto forma di riempimento.

R4: Riciclaggio /recupero dei metalli e dei composti metallici. È compresa la preparazione per il riutilizzo.

R5: Riciclaggio/recupero di altre sostanze inorganiche. Sono compresi la preparazione per il riutilizzo, il riciclaggio di materiali da costruzione inorganici, il recupero di sostanze inorganiche sotto forma di riempimento e la pulizia del suolo risultante in un recupero del suolo.

RICICLO

"qualsiasi operazione di recupero attraverso cui i rifiuti sono trattati per ottenere prodotti, materiali o sostanze da utilizzare per la loro funzione originaria o per altri fini Include il trattamento di materiale organico ma non il recupero di energia né il ritrattamento per ottenere materiali da utilizzare quali combustibili o in operazioni di riempimento".

Per riciclaggio dei rifiuti si intende l'insieme di strategie e tecnologie volte a recuperare materiali utili dai rifiuti per riutilizzarli anziché smaltirli (es in discariche e inceneritori).

SMALTIMENTO

"qualsiasi operazione diversa dal recupero".

LEZIONE 2 – RICICLO LEGNO

Il LEGNO è una materia prima, formata da una massa fibrosa costituita principalmente da cellulosa e lignina. Può essere utilizzato direttamente o sottoposto a lavorazioni e trattamenti che lo rendono adatto a numerosi utilizzi artigianali ed industriali.

È detto legno se è utilizzato direttamente come combustibile.

Viene detto LEGNAME se è destinato alla lavorazione artigianale o industriale. Alcuni tipi di legname sono chiamati ESSENZE:

- essenze dolci o tenere
caratterizzate da fibre a maglia larghe , generalmente chiare e facilmente lavorabili.
- essenze forti o dure
con fibre serrate, massa volumica maggiore , scure e difficili da lavorare.

Classificazione essenze:

Legni teneri: hanno una colorazione più chiara e un minor peso dei legni duri. Si lasciano scalfire facilmente anche con l'unghia.

Legni duri: provengono da piante che crescono in climi temperati, il cui legno è duro e compatto; sono ricchi di lignina, non si lasciano scalfire facilmente.

Legni resinosi: sono legni teneri che contengono all'interno una resina che ha la funzione di proteggere la pianta dagli attacchi dei funghi e degli insetti. La resina è molto utilizzata dall'industria chimica.

Legni esotici: provengono da zone tropicali, dove esiste un'unica stagione e la crescita degli alberi è continua. I legni sono duri e compatti. Non sempre questi legni provengono da foreste gestite in modo sostenibile, di conseguenza occorre fare attenzione prima di acquistare manufatti realizzati con queste essenze.

PROPRIETÀ FISICHE LEGNO:

- Massa volumica: rapporto tra massa del campione di legno in esame (kg) e il suo Volume (dm³). Varia a seconda della specie legnosa e dell'umidità: più alta la massa volumica, maggiore la durezza del legno.
- Colore: dipende dalla specie, provenienza o se fresco o stagionato.
- Ritiro: diminuzione di Volume del legno in base all'umidità. È minimo lungo le fibre (qualche mm) ma rilevante lungo gli anelli di accrescimento (4/5 cm/metro). Questa diversità di comportamento può provare difetti nei materiali.
- Tenore di umidità: quantità di acqua contenuta nel legno.
Al momento dell'abbattimento, contiene una notevole quantità (20/25%) che diminuisce con la stagionatura (dall'8 al 20%). Il tenore di umidità influisce sulla stabilità meccanica.
- Conducibilità termica ed elettrica: il legno conduce male il calore e non conduce la corrente elettrica, perciò un ottimo isolante.

PROPRIETÀ MECCANICHE LEGNO:

- Resistenza a compressione: per le sollecitazioni che agiscono in direzione alle fibre è maggiore di quanto non sia per quelle che agiscono perpendicolarmente.
- Resistenza a trazione: ottima resistenza alla trazione se le sollecitazioni agiscono in direzione parallela alle fibre. Resistenza insignificante se lo sforzo agisce trasversalmente.
- Resistenza a flessione: buona resistenza se sollecitato in direzione parallela alle fibre.
- Durezza: è la resistenza offerta da un legno a lasciarsi penetrare o scalfire da corpi taglienti. Dipende dalla specie legnosa, se legni molto duri o teneri.
- Tenacità: Resistenza agli urti. In generale aumenta con la massa volumica del legno.



Truciolato: è il semilavorato più utilizzato, commercializzato sotto forma di pannelli. Si ottiene riducendo rami e scarti di lavorazione in piccoli trucioli di legno poco pregiati. Questi, dopo essere stati impastati con una resina che fa da collante, vengono stesi e compressi in casseforme. Lo spessore che si ottiene varia da 10 a 30 mm. Il suo basso costo e la sua versatilità ne fanno un prodotto di largo impiego, utilizzato sia allo stato naturale sia ricoperto con piallacci di essenze pregiate o laminati plastici colorati.



MDF: conosciuto come *fibra a media densità*, è un pannello costituito da una finissima fibra di legno mista a un materiale collante resinoso, il tutto adeguatamente pressato. Ricorda molto il truciolato, ma si differenzia per la facilità di lavorazione dei bordi e della superficie, simile a quella del legno **massello**. Lo spessore di questi pannelli è compreso tra 2 e 50 mm. La compattezza uniforme delle fibre lo rende un materiale omogeneo; può essere facilmente verniciato, laccato, impiallacciato o rivestito con laminati plastici colorati. Viene largamente usato nella costruzione di mobili.

PAROLE DELLA TECNOLOGIA

Massello: è il legno ottenuto tagliando il tronco senza alcun trattamento eccetto l'essiccazione.

Lamellare: si tratta di un insieme di listelli incollati e pressati tra loro, con i quali si realizzano travi e tavole. Risulta molto resistente alla flessione e viene utilizzato soprattutto per costruire grosse strutture portanti, come i ponti e le coperture degli impianti sportivi, con grandi luci e prive di pilastri.

IMBALLAGGI

Tra gli imballaggi industriali rientrano: casse, bobine, selle, tappi di sughero e piccoli imballaggi da vendita. Gli imballaggi non più utilizzabili possono trasformarsi in risorsa.

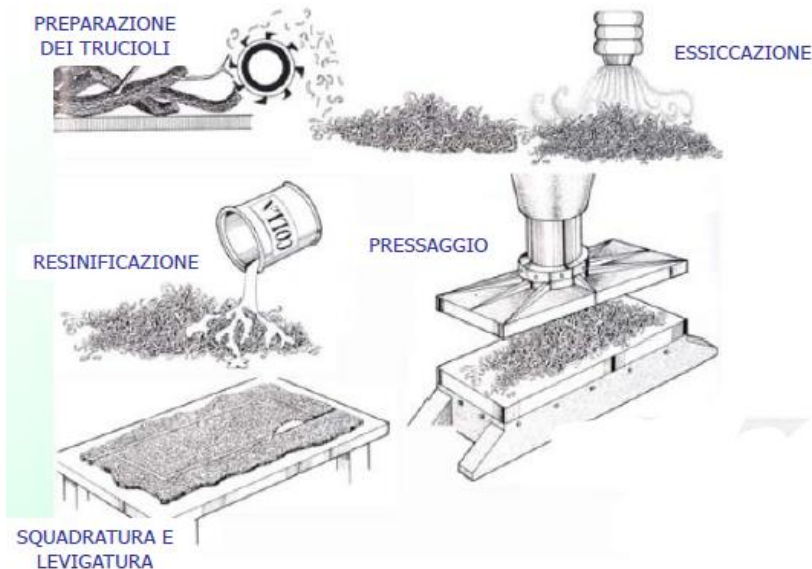
Gli imballaggi di legno sono suddivisi in 3 grandi categorie:

- Imballaggi ortofrutticoli
Gli imballaggi ortofrutticoli sono destinati anzitutto ai mercati generali, ai centri di grande distribuzione e secondariamente ai dettaglianti di settore.
In parte minore questi imballaggi giungono al consumo domestico.
Tra gli imballaggi ortofrutticoli rientrano casse accatastabili mono e multi strato e sovrainballaggi per microcontenitori.
- Pallet
- Imballaggi industriali.

I trucioli vengono impastati con materiali leganti e quindi pressati a produrre i pannelli; i pannelli ottenuti possono essere di diversi tipi a seconda del tipo di truciolo. Alle colle possono inoltre essere addizionati agenti idrofobizzanti, fungicidi, ecc.

Con lo stesso nome si può indicare anche il materiale legnoso di base, cioè l'agglomerato di trucioli impiegato per produrre tali pannelli.

Per realizzare pannelli a base legno si utilizzano chips, o particelle legnose e ligneo cellulosiche, addizionate di resine sintetiche adesive e termoindurenti. I chips (o schegge) sono particelle di varia grandezza ottenute attraverso operazioni progressive di pulizia e lavorazione. Devono essere il più possibile prive di impurità.



Solitamente i flussi di provenienza industriale si presentano più omogenei e quasi completamente privi di impurità: la componente legnosa proveniente dalle raccolte differenziate comunali, o da selezione di rifiuti misti industriali, può invece contenere maggiori quantità di residui non legnosi e necessita in questo caso di una maggiore attenzione nella fase di cernita.

Per la realizzazione dei pannelli truciolari le particelle ripulite vengono ridotte alla granulometria desiderata, e sono essiccate fino al raggiungimento di un'umidità compresa tra il 3% e il 6%.

Nella fase successiva della lavorazione si mescola alle particelle, tramite nebulizzazione o strisciamento, il collante scelto e si passa alla formazione del "materasso", grazie alla distribuzione regolare delle particelle su una superficie. La pressatura a caldo del materasso incolla indissolubilmente le particelle fra loro.

Un impiego di nicchia per il rifiuto legnoso che viene riciclato è rappresentato dalla produzione di pasta cellulosa per le cartiere, dove il legno proveniente dal circuito del recupero è utilizzato in sostituzione della fibra vergine, senza per questo che la pasta cellulosa perda in qualità.

I rifiuti di imballaggi di legno raccolti separatamente possono inoltre subire trattamenti che li rendono idonei ad essere utilizzati come materia prima per la realizzazione di blocchi in legno-cemento per applicazioni nella bioedilizia.

Oggi il 95% dei rifiuti legnosi post consumo è avviato a impianti per la produzione di agglomerati lignei per l'industria del mobile.

Uno degli aspetti critici nel processo di riciclo del legno consiste nel fatto che il prodotto ottenuto dal riciclo (il pannello truciolare) presenta caratteristiche di resistenza meccanica inferiori a quelle, ad esempio, di un pannello compensato.

La resistenza a flessione longitudinale è pari a circa il 0.4 volte quella di un pannello compensato di ugual spessore.

Il modulo di elasticità a flessione di un pannello truciolare di un pannello truciolare è circa 0.3 volte quello di un pannello compensato di ugual spessore.

Un pannello truciolare realizzato con trucioli da legno di scarto ha generalmente prestazioni più scadenti di un pannello, sempre truciolare, ma costituito da fibre vergini.

Risultano critiche (dal punto di vista energetico) le modalità di produzione del pannello truciolare da legno di recupero.

Da alcuni studi è emerso che il riciclo del legno non è sempre, dal punto di vista energetico, una pratica conveniente.

Pellets:

Il pellet è una biomassa secca, cioè un materiale organico da cui si ricava energia. Si ottiene facendo passare la

RECUPERO ENERGETICO

I rifiuti di imballaggio di legno possono essere destinati anche a recupero energetico, che si concretizza in modalità diverse.

Una componente lignea presente nel rifiuto indifferenziato viene trasformata, attraverso vari processi, in combustibile solido secondario che a sua volta viene utilizzato negli impianti di incenerimento.

Inoltre, si sta sempre di più diffondendo l'interesse all'impiego dei rifiuti a matrice lignea in impianti dedicati alla combustione delle biomasse per produrre energia e calore tale modalità è agevolata dall'opportunità di poter accedere ai contributi pubblici destinati alla combustione di fonti rinnovabili.

Infine una parte dei rifiuti di imballaggio di legno contenuti nel rifiuto urbano non differenziato viene bruciata per produrre energia.

RILEGNO

Rilegno è il Consorzio Nazionale per la raccolta, il recupero e il riciclaggio degli imballaggi di legno in Italia. Conta in tutta Italia oltre 2.200 Consorziati tra produttori di imballaggi e fornitori di materiali ed ha attivato un network di 380 piattaforme consortili in tutte le regioni italiane e così suddivise: 223 al Nord, 67 al Centro, 90 al Sud.

Il Consorzio ha attivato collaborazioni con circa 5.000 Comuni, pari al 60% del totale, servendo complessivamente 42 milioni di abitanti (circa il 75% del totale).

Rilegno opera all'interno del sistema Conai (Consorzio Nazionale Imballaggi) e ha il compito di garantire il raggiungimento degli obiettivi fissati per legge per il recupero degli imballaggi legnosi post consumo quali pallet, cassette per l'ortofrutta, casse, gabbie e bobine per cavi provenienti sia dalla raccolta differenziata messa in atto dalle Amministrazioni Comunali, sia dalla raccolta effettuata da operatori privati presso le industrie e la grande distribuzione.

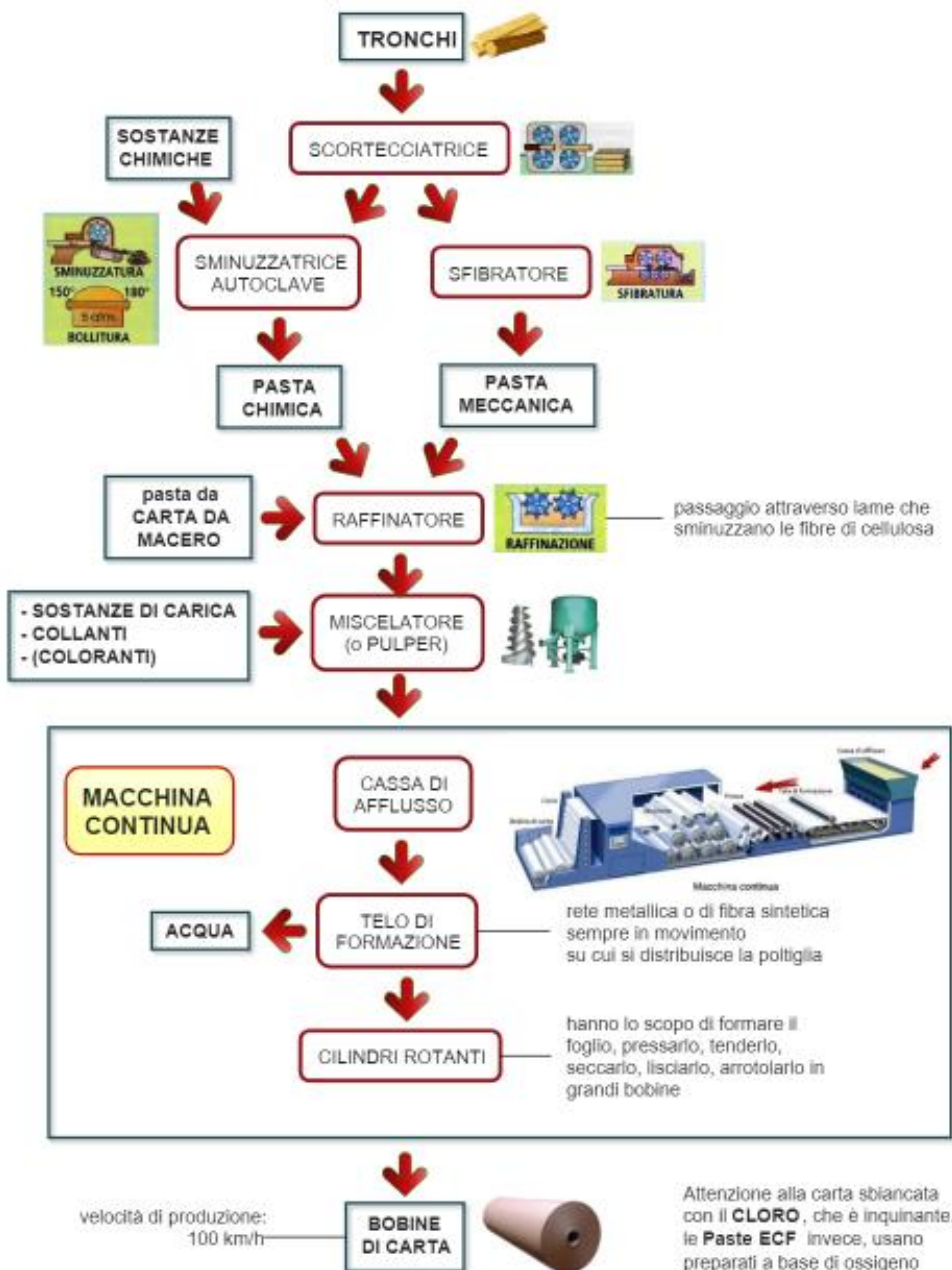
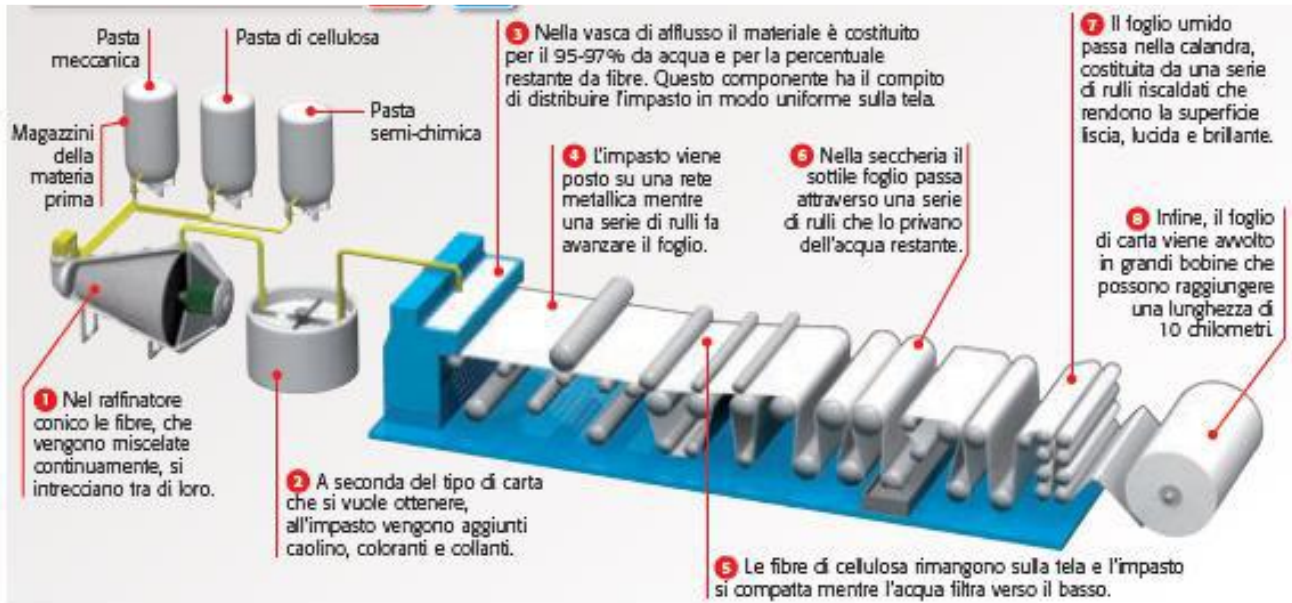
Partecipano al Consorzio le imprese produttrici di imballaggi di legno, i fornitori di materia prima per la produzione degli imballaggi, gli importatori di materiale o di imballaggi legnosi hanno inoltre diritto di partecipare al Consorzio gli enti e le imprese che riciclano rifiuti di imballaggio in legno.

Le aziende che utilizzano imballaggi in legno, i Comuni, i gestori dei servizi di igiene urbana e i raccoglitori privati conferiscono i rifiuti presso le piattaforme convenzionate con il consorzio, che a loro volta garantiscono l'avvio al recupero grazie al coordinamento di Rilegno.

Sul totale di oltre 2300000 tonnellate di imballaggi di legno circa immesse al consumo nel 2011 in Italia grazie all'attività di Rilegno quasi il 60 viene sottratta alle discariche.

La parte prevalente è inviata a impianti nazionali e la trasformano in agglomerati lignei, ovvero pannelli truciolari, da destinarsi poi alle industrie del mobile e dell'arredo.

Processo produttivo in continuo:





2. Eliminazione dei materiali grossolani

3. Spappolamento

Considerando il caso di cartiere, come quelle italiane, che non sono in grado di integrare l'intero processo produttivo e sono quindi costrette ad acquistare le materie prime fibrose allo stato secco la prima operazione da effettuare in cartiera è quella di spappolare il materiale fibroso. Avviene nella vasca di un apposito macchinario, denominato pulper (o spappolatore), contenente acqua e che ha lo scopo di separare il materiale fibroso in fibre allo stato elementare.

Lo spappolatore è costituito, oltre che dalla vasca già menzionata, da una girante dotata di lame posta sul fondo del pulper stesso il moto vorticoso creato dalla girante provoca lo sfaldamento dei fogli delle diverse paste impiegate riducendole in fibre elementari.

Il prodotto finale di questa fase è denominato sospensione e consiste in fibre in sospensione acquosa al 4 % circa.

4. Battitura o raffinazione

Processo di spremitura e schiacciatura che rende le fibre più flessibili e lunghe.

Favorisce inoltre il loro intreccio, o infeltrimento.

Avviene in una macchina chiamata "l'olandese", in quanto usata per la prima volta in Olanda nel sec. XVII.

È una vasca ellittica entro la quale sono poste delle pesanti barre con gli spigoli a coltello. La pasta pulita e imbiancata viene mescolata con acqua e fatta passare attraverso l'olandese, o, nel caso di pasta destinata a giornali, attraverso un analogo sistema conico o a dischi ruotanti ad alta velocità, detto "raffinatore".

Pigmenti o coloranti vengono aggiunti alla pasta a questo punto, insieme a materiali di riempimento che aiutano a conservare la carta o a darle una migliore opacità e un miglior grado di rifinitura.

Sostanze collanti, come resine, amido e gomme, che renderanno la carta più resistente all'acqua degli inchiostri a base di acqua, possono essere aggiunti durante la spremitura. La carta destinata alla stampa, che usa comunemente inchiostri a base di olio o di alcool, può non richiedere l'impiego di collanti.

5. Miscelazione, diluizione, epurazione

La miscelazione è la prima fase del processo di trasformazione vero e proprio e consiste nell'omogeneizzare in maniera ottimale le materie prime fibrose tra di loro e con le altre materie di natura non fibrosa.

L'impasto viene portato a valori di diluizione di circa 1% di fibre.

Questa operazione, che richiede enormi quantitativi di acqua, è attualmente realizzata con il reimpiego delle acque di lavorazione provenienti dalle fasi successive.

La precisione della diluizione è una componente determinante per il successivo processo di formazione.

A valle del ciclo di diluizione e immediatamente prima della formazione, il flusso di sospensione fibrosa subisce un processo di epurazione, che permette l'eliminazione di eventuali impurità mediante processi fisici.

Nel caso in cui sia necessario produrre carte con un buon grado di bianco, il processo prevede anche una fase di disinchiostrazione per eliminare gli inchiostri presenti nel macero.

La disinchiostrazione o Deink è il trattamento mediante il quale vengono separate dalla carta le particelle di inchiostro secco per riciclare la carta stampata e riutilizzarla nel processo di fabbricazione di carta bianca. La disinchiostrazione inizia già con lo spappolamento nel pulper del macero ad alta densità (18/20% di fibra). L'azione meccanica della girante, appositamente sagomata, favorisce, oltre all'eliminazione di plastiche ed altri contaminanti leggeri, la separazione degli inchiostri e delle patine dalle fibre.

Le fasi successive provvedono a separare dall'impasto tutti i contaminanti di dimensione grossolana e media tramite azione meccanica di centrifugazione.

L'impasto così ripulito subisce a questo punto il vero e proprio processo di disinchiostrazione. La disinchiostrazione avviene in particolari macchinari utilizzati, operanti con gorgogliamento di aria in ambiente pressurizzato, consentono di separare gli inchiostri dalle fibre raggiungendo efficienze molto elevate.

Più i sistemi di epurazione (separazione di elementi estranei) e disinchiostrazione sono sofisticati e più la qualità del prodotto finito si avvicina a quello di fibra vergine. La produzione di carta riciclata non inquina purché le cartiere siano dotate di attrezzature adeguate per il trattamento, sia delle carte da macero, che delle acque di scarico e dei residui di lavorazione.

La successiva fase di pulizia è realizzata per differenza di peso specifico tra le fibre e le residue piccole particelle di inchiostro, smalto, patine, ecc.

A questo punto gli inchiostri e le colle ancora presenti vengono finemente ridotti e dispersi attraverso una macchina a dischi sagomati contrapposti che ruotano ad alta velocità.

Per migliorare l'efficienza di tale procedimento, e allo stesso tempo garantire una maggiore igienicità e pulizia del prodotto, l'impasto viene precedentemente riscaldato ad una temperatura di circa 100 100°C.

L'ultima fase prevede un "lavaggio" delle fibre, attraverso un'azione meccanica di centrifugazione. Tutte le acque di lavorazione sono riutilizzate più volte e prima di essere scaricate sono depurate con un autonomo impianto di trattamento.

I residui solidi scartati durante il processo sono invece riutilizzati in altre attività manifatturiere o come materiale di riempimento in opere di ripristino ambientale.

Alla fine di tutti questi trattamenti, in base alla qualità della carta da macero utilizzata, l'impasto può arrivare ad avere un grado di bianco, un contenuto in ceneri (residui minerali) ed una pulizia paragonabili a quelli della pura cellulosa.

Il macero può essere:

- da raccolta industriale e commerciale

Costituito dai rifili di cartotecnica, casse di cartone ondulato, rese di quotidiani e periodici, tabulati, ecc.

Tale macero localizzato presso industrie cartotecniche e editoriali, uffici, grandi magazzini, è raccolto da recuperatori professionali e quindi selezionato e imballato prima di essere fornito alle cartiere per rientrare nel ciclo produttivo.

La carta da macero proviene per il 75% da scarti industriali, rese di giornali, imballaggi post consumo della Grande Distribuzione Organizzata, dell'industria, del dettaglio, dei servizi e artigianato.

- domestico

Proveniente da raccolta differenziata, contiene tutti quei prodotti cartari detenuti nelle abitazioni e nei piccoli negozi e uffici.

Tale macero, prevalentemente costituito da cartaccia mista e giornalame deve essere isolato dai rifiuti solidi urbani all'origine cioè prima che la carta sia mescolata con altri materiali che, inquinandola, la rendano inutilizzabile. Ciò presuppone l'organizzazione, da parte dei comuni, della raccolta differenziata.

Il 25% da raccolta differenziata domestica di cui circa il 10% solamente è costituito da imballaggi, il resto è tutto "giornalame".

Vantaggi ambientali della carta da macero:

Riciclo TetraPak

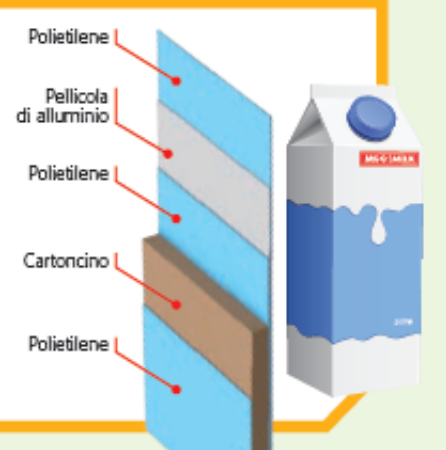
I materiali accoppiati e il Tetra Pak

Il termine Tetra Pak, conosciuto come un sistema per la confezione di alimenti, non è altro che il nome dell'azienda multinazionale che per prima mise sul mercato questo tipo di contenitore, il quale inizialmente aveva la forma di un tetraedro, ovvero un solido a quattro facce.

Oggi tale termine indica un contenitore di cartoncino accoppiato con altri materiali, impermeabile all'aria. È costituito da una pellicola di alluminio e un cartoncino, pressati tra due rulli riscaldati, tra i quali è inserito un velo di polietilene che, sotto l'effetto del calore, fa da collante tra i due strati esterni.

Il primo prodotto conservato in tale contenitore è stato il latte, mentre oggi vi si confezionano molti prodotti liquidi, come succhi di frutta o vino, e conserve.

Va ricordato che, purtroppo, non sempre è possibile smaltire questo materiale in modo differenziato perché la separazione dei vari componenti è difficoltosa e necessita di costi elevati.



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

- Riciclo meccanico
- Incenerimento con recupero energetico (i cartoni hanno un alto contenuto di energia che li rende particolarmente adatti all'incenerimento con recupero energetico)
- Incenerimento senza recupero energetico
- Compostaggio (la cellulosa)
- Discarica controllata (i cartoni piegati o triturati occupano pochissimo spazio nelle discariche).

Dai centri di raccolta i cartoni di Tetra Pak vengono portati nelle cartiere dedicate, dove la parte cellulosica viene separata da alluminio e polietilene grazie alla semplice azione centrifuga di un pulper ad alta densità, un macchinario che miscela il materiale in acqua.

Senza l'aggiunta di alcun tipo di additivo chimico (le tre componenti sono incollate grazie all'azione del polietilene estruso a caldo e non di collanti), ma solo tramite l'azione meccanica dell'acqua e di una pala rotante, il poliaccoppiato si delamina, ossia i fogli di polietilene e alluminio si separano dalla carta.

Le due frazioni vengono raccolte tramite: correnti vorticosi, sensori infrarossi o metal detector.

UTILIZZO DEL PRODOTTO RICICLATO

Qualsiasi tipo di carta può essere prodotta con carta riciclata.

Sia la carta per usi grafici di alta qualità, carta da disegno o per fotocopie, che quella per la produzione dei giornali può essere realizzata con il 100% di carta riciclata.

Riprodurre carta consente anche un risparmio di risorse.

Quando la carta di fibra riciclata non ha più la consistenza indispensabile per produrre altra carta, può essere utilizzata come combustibile per produrre energia. La stessa funzione può avere quella sporca di terra e alimenti, che finisce nel rifiuto indifferenziato.

La carta è un materiale combustibile con un buon potere calorifico. Si tratta, infatti, di fibra derivata dal legno.

Il vetro ottico:

Il vetro ottico si ottiene miscelando al vetro privo di impurità il piombo, l'arsenico, il potassio e il boro. La miscela viene poi fusa a circa 1500 °C dentro speciali crogioli in platino.

La massa viene spianata per formare una lastra uniforme e quindi raffreddata.

A questo punto può subire la lavorazione di molatura, così da assumere la forma desiderata per produrre lenti per gli occhiali da vista, binocoli, telescopi, obiettivi per macchine fotografiche e microscopi.

Vetro artistico:

Il vetro viene lavorato da abili artigiani che utilizzano come un tempo, la canna da soffio: il materiale vetroso, reso fuso in un apposito forno, viene prelevato con la canna e soffiato a bocca. La lavorazione avviene utilizzando solamente delle pinze, la fiamma, esperienza e abilità.

La fase di creazione dell'oggetto deve essere svolta velocemente per sfruttare la plasticità del vetro. I colori minerali, tipici nell'arte muranese, esaltano la bellezza delle forme che di volta in volta vengono realizzate.

Il vetro autopulente:

Si tratta di un normale vetro con un rivestimento speciale sul lato esterno: uno strato sottilissimo di biossido di titanio che produce l'effetto autopulente attraverso due meccanismi → Questo rivestimento reagisce ai raggi ultravioletti della luce solare decomponendo e sciogliendo lo sporco organico. Inoltre, reagisce anche quando pioggia o acqua colpiscono il vetro: l'acqua, invece di formare goccioline, si spande uniformemente sulla superficie del vetro e scivola via portando con sé le particelle di sporco.

A differenza di quanto avviene con i vetri tradizionali, l'acqua si asciuga velocemente e non lascia macchie. Questo riduce la frequenza di pulizia dei vetri, risparmiando tempo e fatica sulla loro manutenzione, oltre a contribuire alla protezione dell'ambiente riducendo l'uso di detergenti.

PRODUZIONE

MATERIE PRIME

La materia prima per fabbricare il vetro è la silice, un ossido di silicio che in natura si trova nelle rocce contenenti quarzo e viene estratta nelle cave di quarzite.

La produzione del vetro inizia preparando una miscela, composta prevalentemente di sabbia silicea (vetrificante) a cui si aggiungono altri materiali:

Composizione:

- Sabbia silicea
Nei vetri per l'ottica è di elevata purezza 99,7% e con tenori di ferro inferiori all' 1%. Nei vetri comuni e colorati i valori si attestano al 95%.
- Fondenti
Elementi che facilitano la fusione, come il carbonato di calcio o l'ossido di sodio.
- Stabilizzanti
Impedisce al vetro di perdere di trasparenze. Conferiscono al vetro insolubilità in acqua.
- Affinanti
Composti che, una volta raggiunta la temperatura di fusione, sviluppano gas in forte quantità vaporizzando o decomponendosi in elementi gassosi (es nitrati di Na, K) che agevolano l'eliminazione dei difetti.
- Opacizzanti
Sono formati da fosfati o fluoruri di Na o Ca, o da talco o da ossido di stagno o da solfuri di Cd che persistono nella massa vetrosa sotto forma cristallina diminuendone la trasparenza a causa del diverso indice di rifrazione delle sostanze opacizzanti cristallizzate (vetro opaline).
- Coloranti
Sono ossidi metallici, aggiunti per ottenere una colorazione particolare.
- Rottami di vetro
Sono aggiunti per facilitare la fusione stessa, per ragioni economiche e per un perfetto riciclaggio.

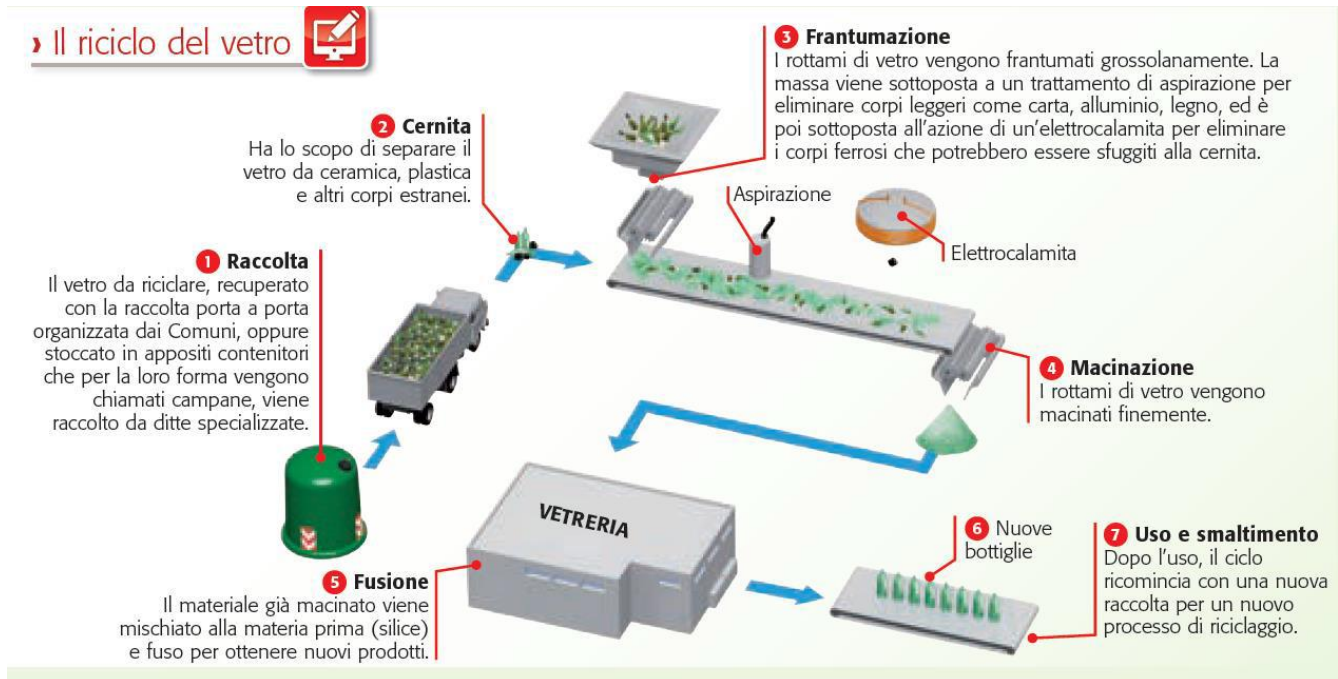
utilizzano colori costituiti da resine, solventi e catalizzatori. Il colore a caldo è un materiale inorganico, cioè vetro colorato, che durante il processo di lavorazione va a fondersi con il vetro del contenitore.

RACCOLTA E RICICLO

Il vetro è il materiale riciclabile per eccellenza, perché mantiene inalterate tutte le sue proprietà anche dopo essere stato sottoposto a numerosissimi trattamenti di riciclo.

Per riciclare il vetro è necessario procedere alla fase di raccolta, prestando molta attenzione a non unirli a vetri contenenti pericolosi elementi tossici, come lampadine, tubi al neon, vetri delle finestre, vetro pirex, vetro con etichetta «T» (tossico) o «F» (infiammabile). Questi ultimi, infatti, devono essere portati presso un'isola ecologica per essere trattati come RUP (Rifiuti Urbani Pericolosi).

Dopo la raccolta differenziata effettuata in ambito domestico e industriale, il vetro segue diverse fasi per il riciclaggio.



Il vetro delle campane della raccolta differenziata viene inviato ai centri di selezione e stoccaggio.

L'impianto di trattamento seleziona e pulisce il rottame di vetro proveniente dalle campane e lo rende idoneo alla fusione in vetreria.

L'impianto viene alimentato mediante una pala meccanica che carica una tramoggia. I rottami sono caricati senza interruzione su un nastro trasportatore.

Si effettua una prima cernita, si eliminano gli inquinanti più grossi e si effettua una divisione per colore.

I vari tipi di vetro vengono separati e frantumati.

Vengono eliminati gli anelli di metallo delle chiusure attraverso apposite elettrocalamite.

Vengono rimossi i residui di plastica e carta attraverso aspirazione → ciclone.

Si passa ad una fase di lavaggio, dopo la quale il vetro viene inviato alle vetrerie per la fusione.

Infine, le materie prime e il rottame di vetro trattato e selezionato vengono trasportati nell'impianto di produzione (vetreria) per la fusione nel forno. Quindi, invio della massa vetrosa alle macchine dove, tramite soffiatura negli appositi stampi, il materiale è trasformato in un nuovo contenitore. Dallo stampo finitore le bottiglie passano nel forno di ricottura, per essere poi sottoposte a un attento controllo qualitativo prima del confezionamento.

RIUSO

Riciclare il vetro è molto importante, ma il riuso è ancora più vantaggioso. L'espressione vuoto a rendere indica che un contenitore di vetro, una volta svuotato, viene reso al fornitore per essere riutilizzato. Chi acquista il prodotto paga un deposito, che gli viene reso al momento della restituzione. Il riuso comporta un risparmio energetico dell'80%. Il sistema del vuoto a rendere è diffuso in Germania, Olanda e Svezia e in Danimarca è addirittura obbligatorio.

I capi a cui è stata aggiunta una minima percentuale di questa fibra mantengono forma e vestibilità anche dopo un lungo utilizzo. Lycra è un marchio registrato DuPont.

Fibre comfort:

sono fibre sintetiche. Trattengono l'umidità del corpo, che rilasciano successivamente in funzione della temperatura dell'ambiente esterno.

Pile:

tessuto composto al 100% di fibre poliestere;

Polartec:

si tratta di un tessuto simile al pile; è capace di regolare il livello di calore fornito a seconda delle diverse condizioni ambientali e delle specifiche esigenze personali.

Microfibre:

si ottengono tramite microfilatura per estrusione di fibre acriliche, Nylon, poliestere o Rayon. Le microfibre sono molto sottili (due volte più fini della seta) e la loro estrema leggerezza rende i tessuti morbidi e soffici al tatto. Le microfibre sono state inizialmente sfruttate per produrre panni da pulizia, successivamente il loro uso è stato esteso a un gran numero di prodotti, come tovaglie, calze, biancheria intima e soprattutto articoli sportivi, per i quali risultano fondamentali l'assorbimento del sudore e la capacità di traspirazione.

Tessuti multistrato:

sono formati da una membrana di materia plastica molto resistente, posta tra due strati di fibre sintetiche: lo strato interno assorbe il sudore, quello centrale regola la temperatura intrappolando l'aria e la parte esterna è idrorepellente, ma lascia passare l'umidità del corpo.

Molte fibre di ultima generazione sono marchi registrati:

Teflon:

si tratta di fibre che hanno subito un trattamento protettivo per creare un'invisibile barriera in grado di proteggere il tessuto dalle macchie, anche quelle oleose, pur mantenendo la traspirabilità. Il tessuto così trattato, dermatologicamente sperimentato, non necessita di continui lavaggi.

Gore Tex:

è una membrana microporosa bicomponente (PTFE espanso e materiale oleofobico) che viene applicata sui tessuti per rendere i capi di abbigliamento, gli accessori e le calzature anti-pioggia, impermeabili al vento e resistenti, mantenendo la traspirabilità al vapore acqueo. Ciò è reso possibile dal fatto che le molecole dell'acqua sono più grandi di quelle del vapore acqueo, quindi le gocce di pioggia non riescono a filtrare dai pori della membrana, al contrario del sudore, che può fuoriuscire. Questo principio è adottato anche nelle soles delle scarpe traspiranti. Gore Tex è un marchio registrato.

Windstopper:

sono tessuti con una membrana microporosa a due o tre strati che rende i capi antivento, assicurando nel contempo traspirabilità e minimo ingombro. La membrana viene aggiunta anche ai capi in pelle o in microfibra oppure è accoppiata internamente al pile.

Cordura:

è una fibra di Nylon dall'aspetto naturale, molto resistente all'usura, allo strappo e all'umidità. Nei capi di abbigliamento sportivo viene utilizzata per rinforzare le zone a maggiore rischio quali spalle, gomiti, ginocchia. È un marchio registrato DuPont.

1. sistemi che si basano sulle proprietà di galleggiamento e affondamento delle diverse materie plastiche in soluzioni acquose a densità controllata.
2. sistemi che utilizzano fenomeni di tensione superficiale come la flottazione (utilizzando tensioattivi particolari è possibile modificare la bagnabilità dei materiali polimerici, insufflando aria nella sospensione acquosa si formano bolle che aderiscono alla superficie del materiale relativamente più idrofobo e lo portano in superficie lasciando cadere sul fondo l'altro componente).
3. sistemi che utilizzano l'estrazione con solventi (le soluzioni di polimeri non sono in genere miscibili, quindi una miscela di materie plastiche disciolte in un solvente formerà più fasi contenenti ciascuna uno solo dei polimeri componenti, con alta purezza)

- Riciclaggio chimico

1. Depolimerizzazione

Prevede una modifica della struttura delle macromolecole, tramite processi diversi che comportano la trasformazione da polimeri complessi in monomeri.

Il riciclo chimico è rappresentato da una serie di processi chimici che decompongono il polimero nei monomeri d'origine.

Alcune plastiche (polimeri di policondensazione), per loro natura chimica, si prestano meglio a questo genere di trattamento. Il PET polietilentereftalato, le Poliammidi PA comunemente identificate con il termine "nylon" ed i Poliuretani PUR possono essere efficacemente depolimerizzati.

I processi di decomposizione chimica mutano a seconda del reattore o del metodo utilizzato per la depolimerizzazione.

I processi attraverso cui è possibile operare questa forma di recupero di energia e di materia sono trattamenti termici grazie ai quali avviene il cracking delle catene polimeriche.

Il riciclo chimico è economicamente conveniente solo se eseguito presso industrie chimiche che già possiedono gli impianti adatti per la produzione e la separazione dei prodotti ottenibili o che possiedono energia a basso costo, cosa che permette di ridurre gli alti costi di investimento. Inoltre, tali processi, possono attualmente essere applicati solo ad alcuni tipi di materiali (poliuretani, poliammidi, ecc).

Le catene polimeriche hanno subito l'inevitabile danneggiamento durante il primo ciclo di utilizzo. Non è possibile in alcun modo riparare la catena polimerica una volta che essa sia stata danneggiata dall'uso.

Quando si affronta il problema delle plastiche riciclate, la situazione viene aggravata da questo fatto.

Per rendere possibile il reimpiego dei materiali polimerici provenienti da post consumo, vengono oggi studiate e, in alcuni casi, già proposte, formulazioni stabilizzanti specifiche.

I processi termo chimici di conversione per scarti plastici mirano a ottenere combustibili e chemicals alternativi a quelli di origine fossile (petrolio), con vantaggi considerevoli per l'ambiente, quali, ad esempio il risparmio di fonti non rinnovabili in via di esaurimento, la riduzione delle emissioni di CO₂ nell'atmosfera, il contenimento del conferimento indiscriminato dei rifiuti in discarica.

2. Feedstock recycling

Pirolisi:

scomposizione delle molecole mediante riscaldamento sotto vuoto ottenendo una miscela di idrocarburi liquidi e gassosi simili al petrolio.

La pirolisi può avvenire a bassa temperatura (450-550 °C), o ad alta temperatura (650-850 °C), ed il prodotto di essa può essere miscelato al petrolio grezzo e quindi tornare in ciclo.

Idrogenazione:

trattamento di degradazione a base di idrogeno e calore, in cui i polimeri si trasformano in idrocarburi liquidi.

Le materie plastiche miste possono essere sottoposte a condizioni analoghe a quelle che subisce la virgin nafta nel cracking in modo da produrre i vari gas olefinici (etilene, propilene, butadiene, ecc) dai quali si può ricavare nuovamente polietilene, polipropilene, PVC, gomma sintetica.

Gassificazione:

Processo fatto con ossigeno e/o vapore per produrre gas di sintesi.

Riciclo imballaggi:

Tutti gli imballaggi in plastica, a prescindere dal polimero e dalla codifica, sono sempre conferibili nella raccolta differenziata. I polimeri per imballaggi sono codificati con numeri da 1 a 7. Le codifiche utilizzate (stabilite come standard internazionale SPI Society of Plastic Industry) sono quelle utilizzate per l'individuazione del materiale proprio ai fini del riciclo. Il codice 7 è riferito genericamente a tutti gli altri tipi di plastiche. Le resine 7 sono indifferenziato.

| | | |
|--|-------------------|--|
|  | PETE o PET | Riciclato per la produzione di fibre poliestere, fogli termoformati, cinghie, bottiglie per bevande. |
|  | HDPE | Riciclato per la produzione di contenitori per liquidi, sacchetti, imballaggi, tubazioni agricole, basamenti a tazza, paracarri, elementi per campi sportivi e finto legno. |
|  | PVC o V | Riciclato per tubazioni, recinzioni, e contenitori non alimentari. |
|  | LDPE | Riciclato per sacchetti, contenitori vari, dispensatori, bottiglie di lavaggio, tubi, e materiale plastico di laboratorio. |
|  | PP | Riciclato per parti nell'industria automobilistica e per la produzione di fibre. |
|  | PS | Riciclato per molti usi, accessori da ufficio, vassoi per cucina, giocattoli, videocassette e relativi contenitori, pannelli isolanti in polistirolo espanso |



PE (polietilene): corrisponde a circa la metà di tutte le plastiche prodotte ed è usato per sacchetti, cassette, nastri adesivi, bottiglie, tubi, giocattoli;



01 PET (polietilene teraftalato): si utilizza in genere per le bottiglie di bibite, di acqua minerale e per la produzione di fibre sintetiche;



03 PVC (cloruro di polivinile): impiegato per produrre contenitori per le uova, tubazioni e pellicole isolanti, porte, finestre;



05 PP (polipropilene): utilizzato per oggetti per l'arredamento, contenitori per alimenti, flaconi per detersivi, prodotti per l'igiene personale, mobili da giardino;



06 PS (polistirene o meglio noto come polistirolo): usato per produrre vaschette per alimenti, posate, piatti, tappi.

Riciclo HDPE e poliolefine miste PE/PP:

I processi di riciclo di HDPE e poliolefine miste (PE/PP) seguono una serie di fasi tra loro quasi identiche, sebbene su linee di impianti differenziate per evitare eventuali contaminazioni tra i due materiali.

La prima fase di lavorazione è la triturazione. I frammenti in uscita vengono immessi tramite nastro trasportatore nell'impianto di lavaggio, dal quale passano alla vasca di flottazione dove vengono eliminate impurità residue e materiali estranei che cadono sul fondo della vasca.

Dopo l'asciugatura, con un sistema di centrifugazione, il mix poliolefine viene stoccato in attesa della densificazione. All'interno del densificatore lo sfregamento provocato dal movimento rotatorio di una pala induce il materiale a rapprendersi.

L'HDPE passa direttamente dall'asciugatura alla fase successiva, ovvero l'estrusione. Il materiale viene scaldato fino al punto di fusione e spinto in uno stampo che forma lunghi fili simili a spaghetti poi tagliati in granuli da una lama. I granuli di HDPE e mix poliolefine, simili per forma e dimensione a lenticchie o a cilindretti, subiscono un controllo qualitativo in laboratorio.

Verificata la conformità di tutti i materiali, questi vengono insaccati in big bags e stoccati in apposite aree, pronti per essere inviati alle imprese utilizzatrici.

APPLICAZIONI plastica riciclata:

I campi di applicazione sono piuttosto vari e dipendono dal tipo di polimero, dalle sue caratteristiche fisico meccaniche ed in alcuni casi dalle normative.

Il riciclo dei polimeri è prevalentemente un riciclo "aperto", ovvero solo in alcuni casi riproduce il manufatto originale, ma più spesso si realizza qualcosa di diverso.

L'utilizzo della MPS è diffuso ma non sempre noto e riconoscibile; spesso i manufatti realizzati non sono di immediata riconoscibilità o sono parti di oggetti di uso quotidiano.

Le MPS a matrice poliolefinica (HDPE, LDPE e PP) trovano vasto impiego nella realizzazione di:

- manufatti per l'edilizia: tubi, interruttori, canaline;
- arredamento: componenti per sedie e mobili;
- automotive: componenti stampati;
- agricoltura: tubi per irrigazione, vasi;
- imballaggi: cassette e flaconi per detersivi e detergenza domestica, pallet.

Con la matrice poliolefinica mista si ottiene inoltre l' SRA (Secondary Reducing Agent), utilizzato nelle acciaierie in sostituzione del Coke metallurgico, nel doppio ruolo di combustibile e di agente riducente nelle reazioni di ossidazione dei minerali ferrosi.

BIOPLASTICHE

Definizione di bioplastica da European Bioplastic:

"Materiale che possiede almeno una di queste caratteristiche deriva, anche solo in parte, da risorse rinnovabili o è biodegradabile".

Classificazione bioplastiche:

- Tipo A: polimeri a base biologica derivati da fonti rinnovabili e biodegradabili (Mater Bi, PLA, PHA).
- Tipo B: polimeri derivati da fonti rinnovabili, ma non biodegradabili (Bio PA, Bio PET).
- Tipo C: polimeri biodegradabili derivati da fonti non rinnovabili.

Definizione biodegradabilità:

Questo termine indica il processo di decomposizione delle molecole complesse dei materiali in molecole semplici assorbibili dall'ambiente.

La biodegradabilità è data quindi dalla attitudine dei composti chimici ad essere trasformati in modo irreversibile in altri componenti più semplici ad opera dei microrganismi naturalmente presenti nell'ambiente, in modo da poter essere immessi nuovamente nei cicli naturali.

La biodegradazione è composta da frammentazione, seguita da mineralizzazione.

La biodegradazione si basa sulla capacità di alcuni microrganismi di spezzare la catena di un polimero ad alto peso molecolare in frammenti a basso peso molecolare.

I primi tentativi si sono limitati alla creazione di compositi tra plastiche non biodegradabili ed amido, ma studi rigorosi sembrano aver dimostrato che la biodegradazione è sostanzialmente limitata alla porzione amidacea. Recentemente si è provveduto all'incorporamento di segmenti biodegradabili in polimeri sintetici non biodegradabili.

Metodi per determinare la biodegradabilità:

1. Test respirometrico

Misura il consumo orario di ossigeno necessario per l'ossidazione biochimica dei composti biodegradabili. Si effettua insufflazione forzata d'aria nel campione.

2. SCAS

SCAS indica Fanghi attivati semicontinua.

I film da biodegradare sono fissati tra due reti su telai di acciaio inossidabile e introdotti nell'unità SCAS. Ovvero sono inseriti in fanghi attivi semicontinui aerati a T comprese tra 20 e 25 °C.

La biodegradazione è monitorata mediante la perdita di peso, la microscopia ottica, la FTIR, NMR e analisi elementare dei campioni.

Il PLA ha buone proprietà meccaniche (in particolare, elevata resistenza alla trazione e modulo di Young, buona resistenza alla flessione), che sono anche superiori a quelle di PS, PP, PE o altri polimeri.

La resistenza alla trazione e il modulo elastico del PLA sono paragonabili a quelli del PET, ma sfortunatamente il PLA è molto fragile, con un allungamento a rottura inferiore al 10% e una bassa tenacità, il che ne limita l'uso in applicazioni che richiedono deformazione plastica sotto forte stress.

Le ultime tendenze mostrano chiaramente che la crescita della produzione di PLA proviene effettivamente dalla domanda di bioplastiche di lunga durata in settori industriali come l'elettronica e l'automotive, mercati di utenti finali che richiedono prestazioni e caratteristiche di lavorazione simili a quelle dei polimeri esistenti, tradizionalmente derivati da petrolio o altre risorse fossili. In questo contesto, sono necessari nuovi prodotti a base di PLA (compositi, nanocompositi, formulazioni su misura, ecc.) con prestazioni migliorate per soddisfare i requisiti applicativi specifici.

Il PLA e i suoi copolimeri sono ampiamente interessati in medicina perché sono tra i prodotti ecologici più promettenti per l'uso nel corpo umano (non tossici, biodegradabili e bio assorbibili).

Il PLA non risulta biodegradabile, lo diventa in seguito a idrolisi a temperatura maggiore di 60 °C e umidità maggiore del 20%. Il film di PLA sepolto nel terreno per 120 giorni nel terreno a 25 °C, non ha mostrato nessuna perdita di peso.

PHA – POLIIDROSSI ALCANOATI

I polioidrossialcanoati (PHA) sono macromolecole sintetizzate da più di 90 generi di batteri gram+ e gram --.

I PHA hanno per ora fatto registrare consumi modesti, nonostante il loro insieme di interessanti proprietà, a causa del prezzo elevato.

In condizioni di coltura appropriate, ed in particolare in carenza di qualche nutriente (ad esempio N, P, S), i polioidrossialcanoati si accumulano nel batterio sotto forma di granuli (ϕ 0,5 μ m), fino ad una concentrazione che può raggiungere il 90% del peso secco della massa batterica.

La composizione precisa dei polioidrossialcanoati dipende dal tipo di batterio da cui sono sintetizzati e dal mezzo di coltura. Per la sintesi dei polioidrossialcanoati i diversi tipi di batteri utilizzano monomeri provenienti da percorsi metabolici diversi. I batteri del gruppo *Ralstonia* producono polioidrossialcanoati a catena laterale corta, mentre quelli del tipo *Pseudomonas* producono polioidrossialcanoati a catena laterale media.

I polioidrossialcanoati sono classificati come biodegradabili e compostabili.

INQUINAMENTO DA MICROPLASTICHE

L'inquinamento da microplastiche e microfibre è uno dei problemi ecologici più discussi e pressanti degli ultimi anni. Questo perché la produzione di plastica supera quella della maggior parte dei materiali artificiali e ha un impatto enormemente dannoso sull'ecosistema marino.

L'ambiente acquatico è la destinazione finale della maggior parte dei rifiuti abbandonati o erroneamente smaltiti. Tra questi la plastica, nelle sue varie forme e dimensioni, rappresenta un problema serio: ogni anno, circa 8 milioni di tonnellate di plastica finiscono in mare, di cui l'80% arriva dalla terraferma mettendo in pericolo l'ecosistema marino, rovinando le spiagge, arrivando a danneggiare la salute degli esseri viventi. L'inquinamento peggiore è quello causato da microplastiche e microfibre: frammenti microscopici, di dimensioni tra i 300 micrometri e i 5 millimetri, che derivano dalla degradazione di oggetti plastici e dei tessuti sintetici rilasciati soprattutto durante il lavaggio in lavatrice.

Le correnti oceaniche trasportano le materie plastiche prodotte o gettate come rifiuti in luoghi molto lontani sino ai più remoti angoli del pianeta dove le sorgenti di inquinamento locale sono pari a zero.

Una frazione notevole delle microplastiche che si accumulano nei corsi d'acqua mondiali è costituita da microfibre. Secondo uno studio recente, l'80% dell'inquinamento microplastico marino deriva da microfibre di plastica. Una percentuale così alta di fibre trovate nell'oceano rappresenta un'enorme minaccia per la biodiversità terrestre e il benessere dell'umanità.

I rifiuti di fibre di plastica trovati nell'oceano provengono dalle nazioni sviluppate. L'inquinante più comune è la lavatrice. Ogni volta che laviamo i nostri vestiti, centinaia di migliaia di microfibre vengono rilasciate come acqua di