



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1027

DATA: 15/07/2014

A P P U N T I

STUDENTE: Marchisa

MATERIA: Tecnica di Impatto e Riciclaggio dei Materiali

Prof. Debenedetti

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 STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

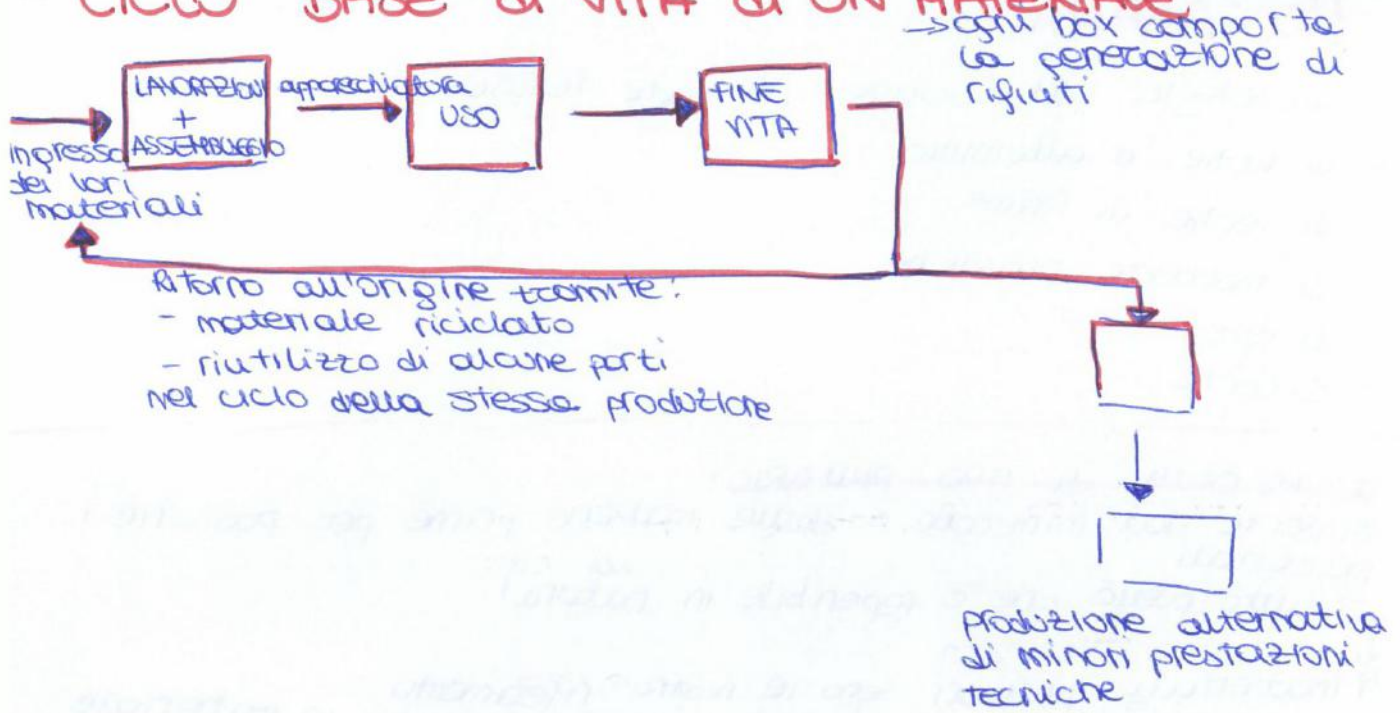
MARCHISA

tecniche di impatto
del riciclaggio

dei materiali

1^a parte = programmazione

CICLO BASE di VITA di UN MATERIALE



Normalmente le apparecchiature che arrivano a fine vita sono composte da diversi materiali

Bisogna mettere in opera tecniche di divisione dei vari materiali; non si possono investire molte ore - come in questo, si prevede quindi una separazione pressoché come la frantumazione insieme a procedure di selezione meccanica (es. - in base alla densità o all'origine)

↳ primo grande step:

si valuta che si produce il rifiuto cioè se è un RIFIUTO NUOVO (scarto del materiale in lavorazione e assemblaggio), cioè rifiuto noto e classificato; RIFIUTO A FINE VITA ignoto e inquinato

↓
 si valuta il momento di produzione del rifiuto nel ciclo di vita

↳ secondo step:

uso di un'elettro-calomita che mi separa i rifiuti ferrosi che si attiva con il passaggio della corrente.

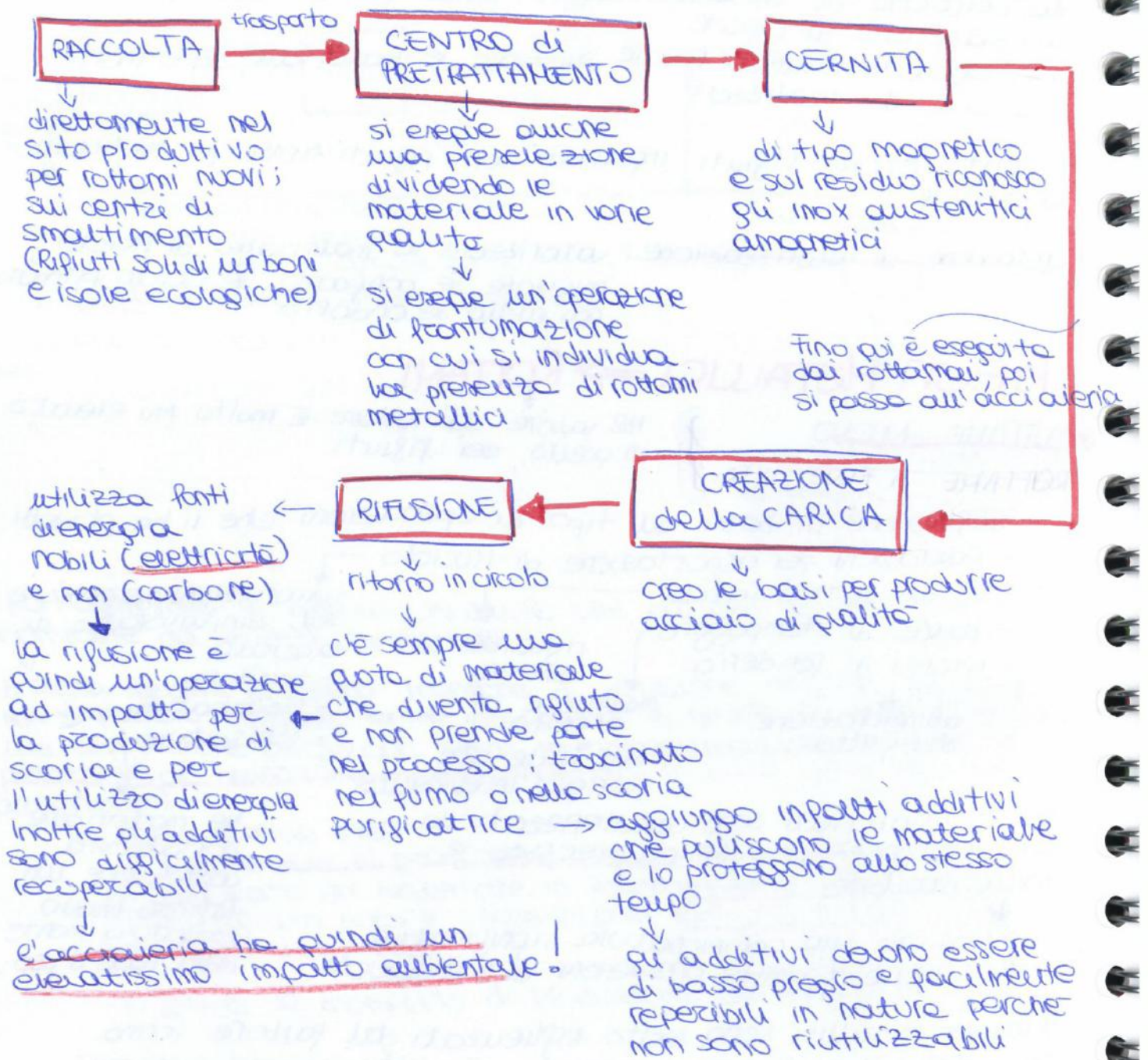
↳ la densità serve per separare parti molto leggere o molto pesanti tramite correnti d'aria

Il materiale di rifiuto non deve mai incontrare l'acqua perché la inquina.

Le parti di inquinamento del materiale a fine vita derivano dalla sua lavorazione o dal suo uso.

Operazione primaria: bonifica dell'apparecchiatura cioè eliminazione di qualsiasi componente che può avere un comportamento inquinante nelle successive lavorazioni.

FASI del RICICLAGGIO dell'ACCIAIO



- scelgo il riciclo :- per il risparmio di materie prime
- l'estrazione di nuovo materiale è molto più impegnativa e costosa
 - l'impatto è minore (l'emissione più impattante è quella dei gas a effetto serra)

l'acciaieria è l'impattante in base al paese in cui è situata, cioè su quali fonti di energia sono fondati questi paesi

Criteri di scelta del processo di fonderia per riciclo:

- fabbisogno energetico rispetto al primario
- impatto ambientale rispetto al primario
- conservazione di materie prime
- quantità di rifiuti derivanti dal processo di rifusione

Il forno deve essere ricoperto di materiale refrattario che però è molto fragile e quindi si può rompere se la densità del mio rottame è elevata, anche se in questo caso potrei utilizzare una sola cesta di carico.

↓
Si mette sul fondo della cesta un rottame che ammortizza gli urti come le tocchiture e i truciolli.

↓
Se utilizzassi solo rottame leggero e quindi non è conveniente. vorrei fare numerose cariche

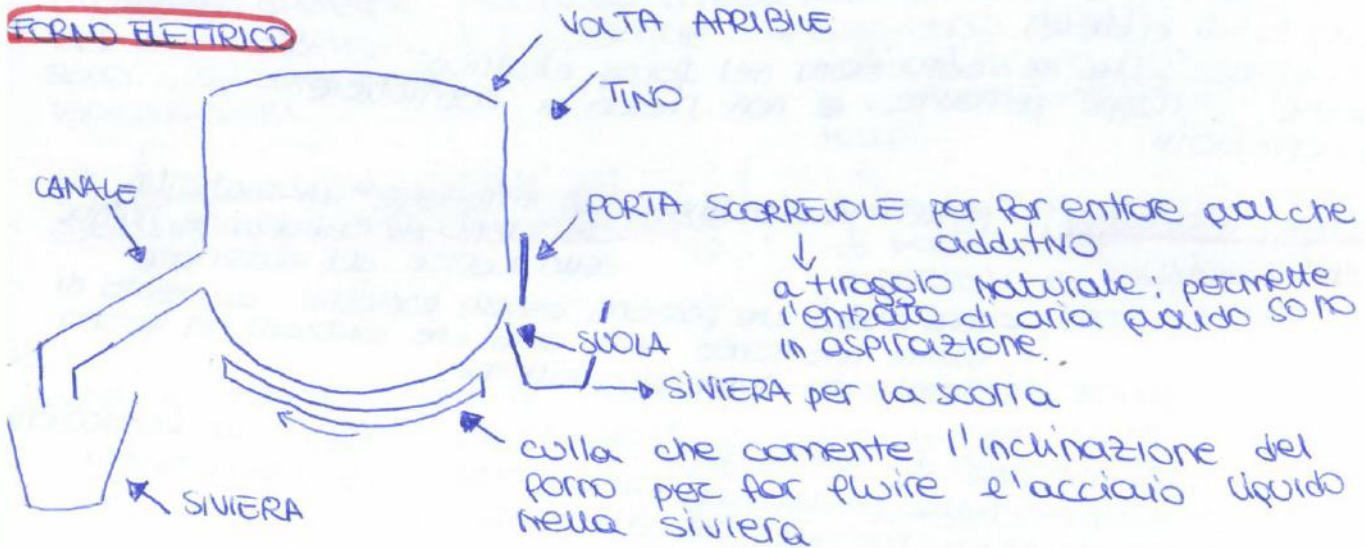
↓
La seconda cesta di carica sarà diversa dalla prima perché non presenterà più materiale leggero poiché l'urto è ammortizzato dal bagno creato con la prima carica.


Di solito si utilizzano due o tre cariche.

Possono finire nella carica del forno: → INQUINANTI TOLLERABILI

- materiali ceramici detti inertti che non influenzano la qualità del bagno non reagendo con esso.
 - materiali organici: vernici, oli, plastiche sono materiali combustibili che vengono bruciati aumentando la quantità di fumi prodotti
 - inquinanti metallici che non posso togliere dal bagno come le leghe di rame (motori elettrici)
 - inquinanti tossici: mercurio
- } INTOLLERABILI

FORNO ELETTRICO



VOLTA:  tre elettrodi che fanno scoccare e l'arco elettrico tra gli elettrodi e la carica.

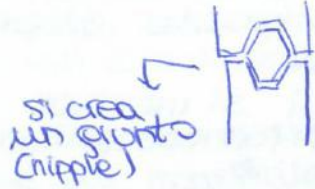
→ bene per l'aspirazione dei fumi

↓
Nel momento in cui faccio la carica del forno i fumi escono dal capomonte dell'acciaieria

↓
l'aspirazione è eseguibile solo su emissioni concentrate e non su aree diffuse.

↓
Riscaldamento a T elevate con passaggio di corrente elettrica in atmosfera controllata per costruire un elettrodo di grafite

↓
La colonna elettrica si consuma durante le operazioni e nasce quindi la necessità di prolungare la colonna durante le funzionamenti del forno: si crea una colonna divisa in 3-4 segmenti prolungabili



→ tronco di cono filettato che consente l'avvitamento di un elemento a doppio tronco di cono che permette di aggiungere un altro elemento sovrastante

grafite: tenera e facile da pilettere ma molto danneggiabile quindi si mette un cappello alla testa della colonna che si taglia solo quando si fa le prolungamenti

↓
Molte sul giunto tenderebbe a depositarsi materiale estraneo se non mettessi il cappello e l'elettrodo cambia di colore perché si surriscalda visto che la sezione di passaggio della corrente diminuisce

L'irraggiamento dell'arco elettrico deve essere maggiore per i rottami ~~ad alta tenacità~~ a bassa densità.

Il rottame leggero necessita un elevato irraggiamento perché serve più carica per creare un bagno sufficiente quindi uso un elettrodo lungo.

rottame leggero → alte differenze di potenziale → bassa corrente che passa

obbiettivo fondere le rottame nel minor tempo perdendo minor materiale possibile, fondere per creare la lega che mi sono riflessato.

taglio ottimizzare il rendimento fusorio:

- il rottame sarà inquinato da ruggine, deve quindi separare la parte ossidata con la scoria

↓
serve per eliminare tutte le parti ossidate che possono portare, in soluzione nella scoria gli ossidi estranei.

↓
la scoria per sua natura è una miscela di ossidi e quindi molto più leggera del bagno e galleggia

↓
Inoltre la scoria protegge il bagno

↓
essenzialmente è a base ad ossido di calcio quindi è basica:

- crea le condizioni per l'eliminazione di elementi indesiderati come fosforo e zolfo

- la scoria e le pareti del forno sono costituite con materiali refrattori di ossidi di materiali alcali (ossido di magnesio); l'ossido di silicio è acido e mi aggredirebbe le pareti quindi non voglio una scoria acida ma basica (azione corrosiva della scoria)

l'affinazione è conseguente a:

- reazione bagno-scoria: la scoria porta in soluzione la parte costituita dagli ossidi
- nel bagno viene insufflato ossigeno
 - ↓
 - agredisce preferenzialmente il C (combustione) il Si (ossidazione) e i metalli più attivi del ferro (ossidazione)
 - ↓
 - la reattività del Fe con O_2 è molto inferiore a quelle degli altri elementi presenti nel bagno.

Nei rame caricato in forno lo ritzavo tutto nel bagno fuso perché è nobile e non si ossida. A differenza, gli altri materiali presenti sono meno nobili e quindi si ossideranno: Al, Zn, Cr, Ca, ...
Però quindi metalli indesiderati ma anche metalli utili come ad esempio il Cr

Insufflando ossigeno provoca un rimescolio della coria e provoca un incremento delle interazioni bagno-scoria.

effetto positivo: combustione del C

effetto negativo: ossidazione del Si

A $T \approx 1600^\circ C$ la combustione del carbonio provoca solo ossido CO gassoso e non anidride carbonica, che grazie alle bollicine che forma rimescola il bagno

l'ossidazione del Si provoca silice SiO_2 che quindi essendo un ossido acido ha un'azione corrosiva sulle pareti refrattorie del forno oltre ad allontanare il Si dal bagno.

Si aggiunge quindi ossido di magnesio per combattere quest'effetto.

Il fenomeno ossidativo provoca emissioni di polveri che vanno a finire nei fumi.

l'ossido di carbonio va anche a contatto con la scoria e quindi con l'ossido di ferro (derivante dalla ruggine) quindi in dipendenza dalla quantità di FeO si origina Fe e anidride carbonica:



azione positiva: ritorno di ferro nel bagno

insufflo O_2 fino quando la combustione del C va avanti.

se nel rottame di carica non ho abbastanza C lo aggiungo tramite carbone per provocare la ricarburazione del bagno

Solo nella fase di affinazione si fanno le aggiunte.

da guida alla fase di insufflaggio è data dall'analisi primaria del bagno

Ⓐ PRERISCALDAMENTO della CARICA:

riscaldamento per via termica del materiale caricato nella cesta di scarico
questo significa avere emissioni in questa fase

Ⓑ CASCHI ENERGETICI:

le zone alte del forno non vengono mai a contatto né con le bagno né con la scoria e devono essere realizzate con pannelli raffreddati ad acqua quindi posso fare il recupero dell'energia termica tramite la formazione di acqua calda

Ⓒ ENERGIA TERMICA:

si possono utilizzare bruciatori ossi-combustibili in cui il combustibile è ossigeno puro insieme all'arco elettrico

la prima è la meno utilizzata

la seconda dipende dalle condizioni ambientali

la terza è la più applicata e inoltre diminuisce il tempo del top-to-top e quindi aumenta la produttività.

Per quale motivo le polveri da emissioni di fumi sono così pericolosamente inquinanti e imprevedibili?

(- è determinante il fattore di forma)

→ sono ricche di metalli pesanti e sono imprevedibili perché dipendono dalla composizione della carica che non è nota

Tra gli inquinanti più convenzionali il più caratteristico è l'ossido di zinco (ZnO), sempre più presente a causa dell'uso sempre maggiore della zincatura.

questo ossido non è molto pericoloso ma purtroppo lo zinco è sempre associato al Cadmio che è altamente tossico, quindi produce polveri inquinate Cd.

Airto inquinante è il piombo

questo riguarda le normali polveri emesse dal forno e nasce l'esigenza di classificarle.

le polveri possono essere trattate o buttate in discarica

1 TONNELATA di acciaio → 20 kg di POLVERI!

la CLASSIFICAZIONE delle POLVERI si fa con un SAGGIO di ELVIZIONE codificato (normalizzato) che segue la NORMATIVA (USEPA United States environmental protection agency)

questo prevede che una certa quantità di polvere sia sottoposta ad una soluzione di acido acetico perché l'aceto è un solvente di tutte le incrostazioni, da dei sali metallici molto solubili.

In questo caso l'acido acetico solubilizza tutti i metalli e la concentrazione dei metalli non deve superare certi limiti previsti dal saggio di elvizione.

↓
molto utile per le polveri dei fumi

questa condizione è molto simile a quella in cui le polveri si ritengono dispersi in natura

La polvere da emissione fumi inertizzata non è un rifiuto
Posso anche inglobarla in una matrice polimerica o cementizia.

L'eluzione è lo sbattimento della polvere in acqua e acido acetico
da cui ottengo un EWATO in cui applico i limiti.

Il miglior inglobante è una matrice polimerica perché non è fragile
e quindi se lo ricontorno non ottengo lo stesso eluato delle polveri.

Il terzo sistema si basa sul processo WAELZ, cioè un processo
pirometallurgico, un processo a caldo in cui vado a recuperare i
metalli che però sono ossidi, quindi ho bisogno di un riducente
come il carbonio.

Devo pelletizzare le mie polveri con un agente pelletizzante come
la calce e con l'agente riducente, per poi trattare la miscela
in un forno in cui le materiale scende molto lentamente fino
a che si ha una reazione tra ZnO e C e si produce vol zinco
che fonde a T molto basse ed evapora. Mi ritorna quindi
fumi ricchi di metalli volatili che ricondensati mi consentono
di recuperare i metalli bassofondenti $Zn - Cd - Pb$.

Al fondo del forno raccolgo pellets di Fe_2O_3 e CaO che vengono
riutilizzati nel forno elettrico o in altro forno.

In tutto le polveri nel forno ottengo altro ossido di zinco ma
zinco puro.

Il processo pirometallurgico è particolarmente indicato per rottami
automaticamente zincati

↓
Il processo può quindi require quello di eliminazione chimica.

* Il metodo dell'acido acetico può essere sostituito da un saggio di CO_2 che
porta in soluzione i metalli sotto forma
di bicarbonati e non di acetati.

L'eluzione si fa in una soluzione satura di CO_2

↳ ELUZIONE CARBONICA

↓
regolata dal protocollo
di Kyoto

I bicarbonati sono molto meno solubili degli acetati; il saggio di
eluzione è quindi molto blando

↓ l'eluato deve essere confrontato con dei limiti contrattati tabellati
quindi questa è un'alternativa ma meno efficiente

Fin qui si è trattato dei rifiuti solidi provenienti da filtrazione.

METODI DI CONTROLLO DELLE EMISSIONI

Bisogna definire la concentrazione ammissibile di polveri.

Si preleva un controllo della concentrazione delle polveri in
emissione in condizioni isocinetiche (un movimento trasversale
della sonda non provoca variazioni del risultato).

Faccio quindi scaricare le liquido in una buca più bassa:
ho creato l'**EBT** e non ho più l'acciaieria convenzionale



Ho realizzato un sistema di scarico comandabile dall'esterno.
La scoria viene comunque schiumata attraverso le porte del forno

Posso quindi utilizzare un concome energetico.

La carica in continua è adatta per un rottame con dimensioni costanti

Voglio portare via calore ai fumi quindi di preriscaldamento deve essere bassa perché se no rischierei di riscaldare ulteriormente i fumi. Inoltre se il preriscaldamento è troppo elevato, nei fumi troverò anche PCB e diossine (vaporosi)

La temperatura di preriscaldamento è circa 300-400°C

1 tonnellata di acciaio \Rightarrow 952 mg/Nm³ di diossina ~ in media
↓
il limite per l'UE è 0,1

A valle dell'aspirazione fumi si fa un raffreddamento con aria fresca o con scambiatori di calore

Ne forno ha una temperatura alla quale le diossine vengono distrutte, ma comunque un po' passano ai filtri.

Ne rottame caricato in continuo fonde più rapidamente e quindi c'è meno tendenza ad formarsi di diossina.

Ne sistema migliore per controllare le emissioni è quello di utilizzare un rottame molto pulito quindi fare un'operazione di cernita molto spinta.

L'immissione riguarda l'ambiente circostante al camino: immissione locale
le emissioni riguardano il camino.

Per ridurre le immissioni si aumenta l'altezza del camino che fa sì che la dispersione sia più accentuata (la ricaduta delle polveri diventa molto alta)

Ne sistema corretto è quello di diminuire la concentrazione in emissione.

FILTRI

A MANICHE
(a secco)

Aspiratore sulla linea dei fumi e viene attraversato un tessuto filtrante dove si catturano le particelle

LAVATORI VENTURI
(a umido)

Il fumo viene fatto passare in una camera con acqua che ne abbassa anche la temperatura generando vapore. Hanno un'efficienza decisamente minore.

Durante la solidificazione, l'ossigeno degasa infatti questo tipo d'acciaio viene detto effervescente.

Fe liquido deriva da un solido cristallino in cui gli atomi (carboni) sono userti e hanno creato dei buchi che hanno fatto collassare le reticoli. In queste vacanze vanno a posizionarsi elementi più piccoli come l'ossigeno ma quando l'acciaio solidifica queste scompaiono espellendo l'ossigeno.

Per fine dell'ossidazione bisogna fare il calmaggio, eliminando l'ossigeno disciolto.



Tolgo la lancia e la scoria protegge il bagno da un'ulteriore entrata di ossigeno.

Normalmente per togliere l'ossigeno disciolto si aggiungono due sostanze:

- lega Fe-C-Si (ghisa al silicio)

- Alluminio

La ghisa al silicio è un materiale correttivo:



e inoltre aggiungo altro C che mi carbona la lega.

L'aggiunta di questa lega dipende dalla percentuale di carbonio di aggiunta permessa.

La densità della ghisa è più alta di quella della scoria e quindi la penetra e la supera, quindi non posso aggiungerne oltre una certa quantità.



La densità dell'alluminio è simile a quella della scoria quindi andrebbe a fondo molto lentamente.

Questa fase è della rifinitura, segue sempre l'aggiunta di ghisa.

L'acciaio viene aggiunto con una storta di acciaio su cui pianto una stella di alluminio.

Con il calmaggio ripeto delle operazioni che avevo già superato con l'insufflaggio di ossigeno: aggiungo elementi che avevo perso.

Bisogna quindi prelevare l'acciaio e la scoria: fase di TAPE in cui si passa l'acciaio sulla SIVIERA.

Qui inizia quindi la fase di affinazione che viene detta

METALLURGIA IN SIVIERA O FORNIFORMO

Due grandi tipologie di acciai: - da carpenteria
- per applicazioni di tipo meccanico.

Gli acciai da carpenteria sono classificati in base alle loro caratteristiche meccaniche (resistenza a trazione e carico di snervamento). Ho quindi molti più gradi di libertà.

Gli acciai per applicazioni di tipo meccanico hanno maggiori restrizioni sulla loro composizione.

La differenza nel processo di fabbricazione nel forno elettrico sta nell' avere un grado di pulizia dell'acciaio minore per gli acciai da carpenteria per cui non uso una metallurgia fuori forno, che invece diventa sempre più importante con l'aumentare del grado di nobiltà della lega che voglio ottenere.

Un elemento dannoso è l'idrogeno che essendo tanto piccolo si discioglie molto nel ferro; si trova soprattutto nell'acqua che deriva dalla combustione dell'aria del metano e dall'acqua aggiunta nell'ambiente circostante. Si mette quindi la siviera in un contenitore sottovuoto in modo da eliminare l'idrogeno dall'acciaio.

In questo modo si creano gli ELI.

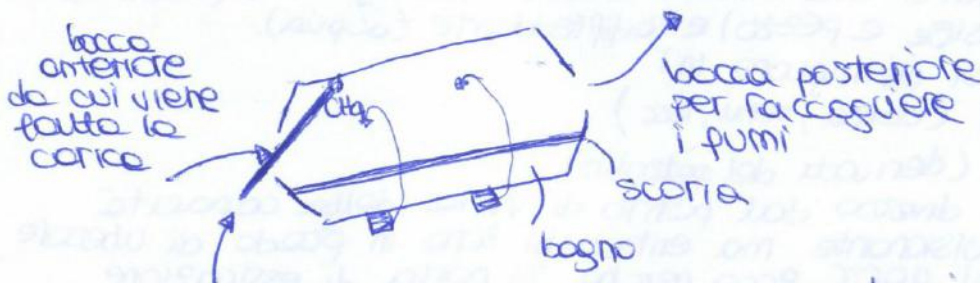
Il riscaldamento dell'essiccatore è dato da un mantello riscaldante in cui devono passare fumi caldi generati dal post-combustore. (recupero di energia di feedtop)

Le forniture di alluminio rimangono inalterate nel tempo non sono soggette a deprezzo quindi possono essere stoccate per lunghi tempi.

Le SCHIUMATORE derivano dalle fondere di alluminio; l'alluminio viene colato in una forna e nel processo di fusione della lega produce una certa quantità di scoria che deriva dall'ossidazione superficiale del bagno. Progressivamente devo scembrare il bagno per portare via l'ossido ma trascino anche un po' di bagno: ottengo gocce di alluminio in ossido di alluminio (miscelatura ossido-lega metallica). Ottenuto quindi un blocco di materiale in cui l'ossido e il materiale sono miscelati insieme, devo quindi separarli; la scoria è molto fragile mentre l'alluminio è molto duttile quindi utilizzo un molino a martelli ma questo tende anche a inglobare parte delle scorie nell'alluminio quindi bisogna dosare l'energia.

Bisogna quindi decidere il numero di passaggi nel molino del materiale. Per un passaggio e l'altro devo fare un'operazione di VAGLIATURA cioè porto via ~~via~~ la frazione più fine.

Operazione fondamentale: MESSA A PUNTO DELLA LEGA
Si utilizzano i forni ROTATIVI; forno a forma cilindrica



$$T_{fus} Al = 600^{\circ}C$$

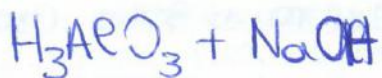
$$\delta_{Al} = 2,5$$

Il sistema di riscaldamento è un bruciatore a metano con la fiamma che sbatte sulla parte alta per avere riscaldamento per conduzione e per raggiamento.

Due supporti consentono la rotazione del forno favorendo il riscaldamento per conduzione ^{che} avviene su tutto il forno.

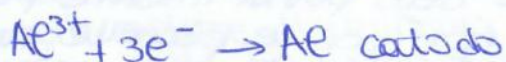
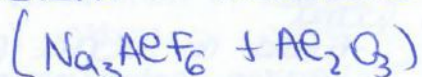
La fiamma non deve ~~avvenire~~ a contatto con il bagno perché produrrebbe ossidazione.

La scoria deve proteggere il bagno ma anche eliminare la parte superficiale del materiale che necessariamente è ossidato, la scoria deve portare in soluzione l'ossido di alluminio; fondere a una T bassa, più bassa dell'alluminio; deve essere non reattiva all'aria ma soprattutto deve essere più leggera dell'alluminio.



↓ l'Allumina deve poi subire un processo di riduzione per via elettrolitica.

l'ossido di alluminio è refrattario quindi non è semplice trovare un solvente; si utilizza la fluorite Na_3AlF_6 creando una soluzione in cui l'Alluminio si ottiene a partire dagli ioni con una reazione di riduzione che avviene al catodo.



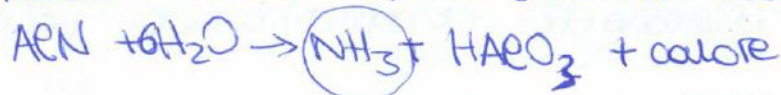
Da questo processo derivano delle scorie, soprattutto dalla pulizia delle celle elettrolitiche, dette SCORIE BIANCHE, costituite da ossidi di Alluminio, Alluminio metallico e fluoruri in cui la percentuale di Alluminio è ancora del ~20%.

la produzione richiede 14000 kWh/ton di Al per le primario sostanzialmente il mercato dell'alluminio riciclato è dello stesso ordine di grandezza di quello primario.

l'alluminio secondario richiede 700 kWh/ton di Al ~5% rispetto al 1° per il processo primario anzi quindi bisogna di fonti poco impattanti.

le SCORIE SAUNE delle SCORIE NERE, derivanti dal ciclo secondario, come le scorie bianche devono essere recuperate.

le scorie bianche devono essere frantumate per ricovare l'alluminio puro infuorizzato, generando un residuo di ossido di alluminio e fluoruri che però contengono nitruri e solfuri di alluminio molto dannosi questi a contatto con l'acqua si decompongono creando ammoniaca e acido solfidrico (reazioni esotermiche)



Tecnologia Tedesca: stoccaggio delle scorie in miniera

Il valore economico del materiale combatte con i costi di discarica!

le scorie nere sono migliori perché la loro base è il cloruro di sodio che è più facilmente recuperabile rispetto ai fluoruri e hanno bassissimo tenore di Alluminio recuperabile. Si cerca quindi di recuperare l'ossido di alluminio e i cloruri.

Il cemento è in grado di tollerare anche una certa percentuale di ossidi estranei. se voglio ottenere refrattari invece voglio un ossido di alluminio decisamente purificato.

La distinzione di utilizzo viene fatta in base al grado di purezza.

Esiste una tecnologia alternativa per valorizzare i rottami di alluminio.

Un rottame è tanto più pregiato quanto è più uniforme la sua composizione su larga scala: il rottame migliore è quello nuovo con composizione costante e controllata. (es. rottami in ambito automobilistico).

Recupero delle forniture: BRICCHETTATURA

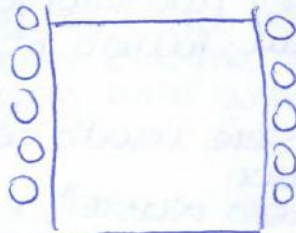
Sottopongo le forniture bagnate alla operazione di pressatura introducendole in una pressa per produrre cilindri di 20 cm di diametro e tutta la parte liquida viene eliminata (98% di solido)

Questa è un'alternativa all'essiccazione.

È una tecnica di valorizzazione del materiale.

Il vantaggio è che le forniture mediamente non sono ossidate. Non posso usare un forno a combustione senza scoria perché non c'è ossidazione.

Uso quindi un FORNO FUSORIO A INDUZIONE



genero correnti indotte che portano a fusione

non mi serve quindi la scoria che parte via gli ossidi.

Le bricchette hanno alta densità e quindi posso riempire nel modo migliore il forno.

Non ho bisogno di una scoria perché non c'è combustione non c'è ossidazione

questo forno necessita però di un maggior apporto energetico.

FONTI di MATERIALI da RICICLARE

→ RIFIUTI SOLIDI URBANI

↓
Valorizzazione del RSU soprattutto sfruttando la componente meccanica, che si aggira intorno al 4%, che derivano dal packaging alimentare e da piccole apparecchiature a fine vita.

1° PASSO | SELEZIONE

la parte putrescibile deve essere subito allontanata perché questo consente lo stoccaggio di tutta l'altra parte per tempi lunghi.

Questo significa disporre un preciso processo di raccolta. La frazione umida produce biogas attraverso la fermentazione anaerobica (in assenza di ossigeno). Questo può essere usato per recupero del potere calorifico o per produzione di energia elettrica nelle celle a combustibile.

RIFIUTO di TIPO AGRICOLA: biodegradabile e compostabile, cioè può essere trasformato in fertilizzante grazie sempre a fermentazione anaerobica.

10-20%

Fanno parte di questi le potature e sfalci, ma una parte di frazione in più viene trasferita su questo creando limitazioni nell'impiego di questo compost.

Lo schema convenzionale europeo prevede la separazione delle frazioni putrescibile e poi alla separazione di vetro e carta.

La frazione più complicata è quella della plastica.

I metalli possono essere miscelati con la plastica o con il vetro, non possono essere raccolti da soli perché costituiscono una frazione troppo bassa.

Ogni sistema di raccolta di RSU deve essere ottimizzato per quanto riguarda la possibilità di raccolta da parte dei mezzi:

- cassonetti su strade facilmente raggiungibili
- disposti in zone automaticamente popolate
- sistema porta a porta per gestire i costi

Il sistema di raccolta è fondamentale per i costi di smaltimento.

Alti si riduce il rifiuto indifferenziato, più il sistema diventa economicamente favorito.

Il rifiuto viene poi ulteriormente selezionato:

- criterio densimetrico
- proprietà elettromagnetiche (metalli)
- fragilità/tenacità (vetro)

Nella massa delle discariche avviene quindi la risalita di biogas quindi oltre al sistema idraulico per le percolato, una discarica deve anche avere tubazioni di raccolta di biogas che può essere raccolto e utilizzato o direttamente incendiato e questo dipende dall'altezza delle discariche.

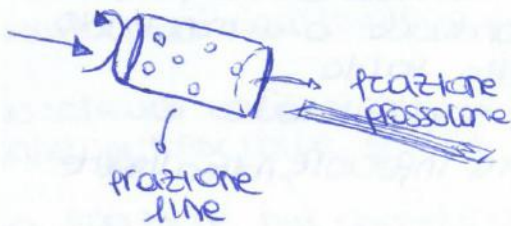
Trattamento Meccanico, Biologico: due trattamenti in sequenza.

Il trattamento viene fatto sul rifiuto derivante dalla raccolta. Per prima cosa si tritura il rifiuto, si taglia il materiale con un sistema a multipli coltelli (è la frammentazione invece è un trattamento ad urto, utile soprattutto per le vetze e i metalli) questo impianto è il cuore del sistema. Si deve evitare che entrino materiali duri e abrasivi in modo che rovinano il sistema di triturazione, bisogna quindi eliminare le frazioni di metalli e ceramici.

- Ci sono due tipi:
- trituratore a secco: il materiale entra nel trituratore compatto e esce sminuzzato.
 - triturazione a umido: inserisco dell'acqua per favorire il processo di sminuzzamento (processo ARROWS) -> un solo impianto a Tel Aviv. con questo modo evita la preselezione dei rifiuti.

come si fa la selezione dei rifiuti nel THB?

Per prima cosa si utilizza le TRONNELLE:



un cilindro inclinato che separa due frazioni. il cilindro è bucato e viene fatto girare ed emerge la vagliatura dividendo la frazione fine da quella grossolana. È inutile che io vada a triturare la frazione fine la frazione grossolana può quindi andare al sistema di triturazione.

Si decide di fare un'operazione di selezione sul triturato.



sopra il nastro viene posta una elettro-calamita in modo da togliere la frazione metallica.

l'interesse poi dividere i materiali conduttori perché contengono una frazione di leghe di alluminio e di rame.

la puleggia genera un campo magnetico in modo che tutto quello che è conduttore rimanga sul nastro lo scarico può avvenire in due frazioni: quella laserata per prima e la più leggera quindi l'alluminio, il rame invece cade più lontano, il sistema è detto a correnti parassite o di Foucault.

componi vetro + metalli

vs

componi plastica + metalli

↓
si guardano le proprietà meccaniche

↓
separazione più semplice: una parte è tenace e una è fragile

↓ ↓
a seconda delle mescolanze si cambia il sistema di rottura

↓
metodo deusimetrico

↓
si utilizza solo $\times k$ le aperture dei combustori sono più grandi e accolgono pezzi più grandi di metalli

la frazione critica è il rifiuto indifferenziato

l'INCENERITORE ha bisogno di qualcosa che abbia un potenziale termico, e questo non è scontato nei paesi in cui lo smistamento dei rifiuti è spinto.

l'inceneritore deve raggiungere una temperatura di combustione tale da indurre condizioni qualitativamente accettabili. Per questo esistono due parametri: - presenza di metalli pesanti nei fumi - emissione di diossine.

le diossine sono prodotte per combustione in difetto d'aria di polimeri clorurati come le PVC (nei tubi per idraulica e guaine di cavi elettrici), ma anche le Teflon che è un polimero fluorurato

l'inceneritori sono in grado di fare un controllo molto accurato della temperatura di emissione dei fumi: per la creazione delle diossine servono meno di 1000°C, quindi deve arrivare a questa temperatura per impedire la formazione.

↓
spingere la raccolta differenziata oltre un certo livello non tiene perché mi toglie troppo potere calorifico dalle materie da incenerire. Se tolgo solo la parte non combustibile non solo vantaggi, ma è impossibile togliere gli inerti, che andranno forniti a inquinare le polveri derivanti dal processo.

gli inceneritori devono trattare migliaia di tonnellate e quindi nei paesi con sviluppata raccolta differenziata non c'è abbastanza rifiuto da cedere.

l'inceneritore ha uno sviluppo verticale in cui si attuano delle piogge mobili in cui il rifiuto casca dall'alto e incontrando l'aria di combustione e i rifiuti fanno un percorso sulle varie piogge immerzolandosi.

I fumi per essere sicuri che siano privi di diossine vanno poi ad un post-combustore in cui regola l'ottimale afflusso di metallo e aria per arrivare a 1000°C

il rifiuto che tratta sarà quindi a composizione assolutamente variabile

tutto quello che mi sottrae calore è indesiderabile,

il VETRO

- È importante raccogliere per evitare l'aumento delle polveri di inceneritore.
- l'inquinante pregiato sono i tappi di alluminio, che aumentano la valorizzazione del vetro anche per questo si preferisce una campana vetro-metallo

Il vetro riciclato sostituisce la sabbia silicea che fonde a circa 1800°C; quindi i normali vetri sono additivati con sostanze che ne abbassino il punto di fusione. Nel riciclaggio quindi risparmio sabbia ma anche additivi.

La problematica più importante è il colore: voglio ottenere un prodotto giallo-marrone, verde o trasparente.

Si deve soltanto fare una macinazione del contenuto delle campagne che separa metalli e componente vetro-plastico-carbaceo. I metalli vengono separati con le correnti parassite.

Nella frantumazione bisogna cercare di evitare la produzione di polveri (schegge piccolissime)

L'inquinante peggiore sono i ceramici perché hanno simile densità e fragilità, ma anche i tubi catodici (rifiuto elettrico-elettronico) che ora di vetro ma devono essere bonificati; lampadine esauste, cristalli e tubi al neon (per motivi chimici).

e rottame deve sempre subire un controllo visivo oltre alla separazione automatica, perché abbondano la ceramica. Questo stesso accorgimento viene utilizzato per tutti i tipi di rottami.

Certe selezioni si possono solo fare con operatori manuali.

~~Primo~~ Dopo si fa una separazione densimetrica.

Sopra ciò il vetro può essere fuso a 1500°C per ottenere un fuso di media viscosità e si lascia il tempo ai gas di fluire fuori.

Di si passa alle varie tecniche di formatura come il soffiaggio.

Neuque sempre vetri marroni!

Alle cartiere viene inviata già carta macerata.
Anco quindi molti centri di trattamento del rifiuto e pochi centri di produzione del prodotto finito.

Solo le tetrapack ha un processo di valorizzazione diversa:

|carta|PE|PE|alluminio| => tetrapack

- carburante.

questo richiede sicuramente un'operazione manuale: montaggio sul pontone e svuotamento dei fluidi.

gli oli esautisti portano la necessità della rigenerazione e quindi vengono miscelati e inviati a questa operazione che deve eliminare le frazioni in sospensione (filtrazione) e poi bisogna separare i vari componenti in quanto durante le funzionamento dell'autovettura gli oli modificano la loro viscosità diventando troppo fluidi (vengono crackizzati)

la rigenerazione degli oli deve essere eseguita in un impianto dedicato dopo la loro raccolta presso i demattori.

Per questo esiste il consorzio obbligatorio degli oli esautisti, particolarmente valido per la manutenzione tradizionale dell'autovettura.

L'operazione di riciclaggio viene associata ad una manutenzione: l'olio esautista non deriva dal fine vita ma anche dalla manutenzione. Se raccogliessi solo l'olio al fine vita non potrei giustificare economicamente l'esistenza del consorzio.

L'olio del cambio e del motore sono simili e vanno tutti alla rigenerazione.

Esiste sempre una frazione non riutilizzabile proprio perché si è deprecata, quindi può essere usata come combustibile o per forni del cemento oppure si passa ad un inceneritore speciale (non da rifiuti solidi urbani): non ci deve essere combustione nel rifiuto urbano e industriale.

Il rifiuto industriale è un rifiuto ^{noto} industriale quindi il suo smaltimento è a parte.

Il liquido refrigerante è costituito principalmente da glicole etilenico: essendo miscelabile con l'acqua posso distillarlo, ma il recupero non giustifica i costi quindi si avvia all'incenerimento o si lancia in una pozza per far evaporare l'acqua. Quindi questi liquidi sono difficili da recuperare. Utilizzato nel radiatore: non deve essere recuperato.

Il carburante più pericoloso è la benzina perché ha basso punto di infiammabilità.

L'olio diesel non crea questo problema perché non è infiammabile, si recupera essenzialmente per la prevenzione del suolo.

Successivamente si passa allo smaltimento delle **BATTERIE** che sono il componente più critico dal punto di vista ambientale. Sono contenitori di polipropilene in cui ci sono griglie di leghe di piombo immerse in una pasta elettrolita (biossido di piombo) e immerse in acido solforico.

L'acido solforico è estremamente corrosivo e il piombo e i suoi sali sono molto dannosi, tossici.

Esiste un consorzio ~~obbligatorio~~ obbligatorio per lo smaltimento delle batterie.

Questo pneumatico sarà di qualità molto inferiore.

CARCASSA:

Molto importante è la frammentazione che mi permette di separare i metalli da riciclare e le fluff (tutto quello che non è metallico: plastica, gomma, vetro, tessuti, ...) che mediamente va in discarica a causa della sua complessa composizione. Più io porto alle estreme operazioni lo smontaggio, minor percentuale di fluff avrò.

L'operazione di frammentazione è energeticamente molto impegnativa perché il frammentatore deve "digerire" il pacco della carcassa, che viene pressata per aumentare l'efficienza dei trasporti.

La frammentazione può avvenire per taglio tramite utilizzo di ganasce, ma più efficace dal punto di vista della separazione dei metalli è la frammentazione con mulino a martelli (frammentazione per urto). Il primo agisce per digestione della carcassa per riduzione in frammenti, la parte che meglio si adatta alla digestione per ^{taglio} urto è la carrozzeria; il motore è adatto per il mulino a martelli (in questo caso materiali differenti non si impastano tra di loro garantendo un rottame di qualità).

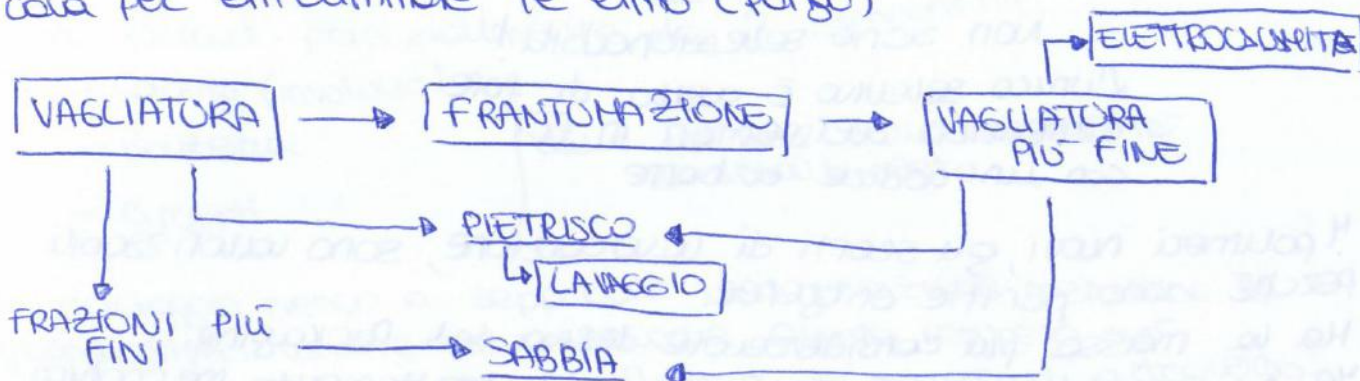
Se l'acciaio viene ridotto in piccoli frammenti, ottengo un materiale in piccola pezzatura ma di altissima densità, in questo modo posso evitare l'operazione di apertura del forno elettrico garantendo una carica continua. Questo materiale viene detto PROLER (rottame frammentato). Il forno sarà dotato di un quinto foro per la carica del materiale oltre ai 3 per gli elettrodi e al quarto per l'aspirazione.

Questo particolare materiale sarà molto appetibile e richiesto.

- la SEPARAZIONE della parte magnetica (acciaio) sulla parte frantumata + la VAGLIATURA della parte più fine che consente di riunire le frazioni dette PIETRUSCO dalla sabbia poiché avranno la stessa identica natura.

La frazione più fine sarà quella meno pregiata e difficilmente verrà riutilizzata perché non avrà caratteristiche simili a quelle della sabbia vergine.

Il pietrusco viene sottoposto ad una riqualificazione tramite lavaggio → stessa procedura degli inerti di cava per eliminare le impurità (fango)



Il PIETRUSCO da riciclo è inquinato da polvere, il pietrusco di cava, vergine, è accompagnato da fango.

La polvere aderente è legata quindi non è facile da portar via.

Il calcestruzzo cambia la loro resistenza meccanica in base all'utilizzo di pietrusco da riciclo o vergine, quello vergine sarà migliore perché avrà maggior area di reazione.

La sabbia può essere utilizzata per fare asfalti.

DEPURAZIONE SELETTIVA:

Si tengono separati i mattoni dal calcestruzzo e si ricicla il mattoni soli, che se no andrebbero nella parte fine, la sabbia.

I mattoni sono inquinati dalla malta.

La tecnica olandese prevede un riscaldamento ad alta temperatura in cui le mattoni si liberano spontaneamente dalla malta per differenza di coefficiente di espansione.

Nei paesi poveri, dove non esiste sabbia e pietrusco, i mattoni costituiscono una materia prima pregiata e rompendoli sostituiscono il pietrusco nel calcestruzzo (es. Bangladesh).

→ RIFIUTO ELETTRONICO

Plastica e altre componenti più importanti si mettono insieme: si tratta di numerosi componenti detti rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche RAEE

4 rifiuti da trattare sono: - cellulari
- Pc
- stampanti

Sono formati principalmente da 3 componenti:

- Casing (involucro)
- Batteria
- Circuiti

} danno un'idea della complessità di smaltimento.

Nel riciclaggio riesco a separare una frazione metallica di grandissimo valore sul mercato. Questo recupero può avvenire previo un disassemblaggio dei materiali attraverso uno stadio di frantumazione (schema più efficace del mulino a martelli: diversa potenza del sistema).

Dalla frantumazione ottengo principalmente una frazione polimerica e una metallica, cioè una non conduttiva e una conduttiva.

da parte nobile è la scheda elettronica costituita da:

- supporto di rame
- componenti saldati a stagno (leghe Sn-Pb e Sn-Ag)
- CPU che contiene Au per preservare contatti, Ag e altri metalli nobili
- inquinante: Fe

In tutti i metalli che costituiscono le batterie.

Tutto questo viene trattato con un processo piro-metallurgico per distinguerlo da un processo idro-metallurgico (separazione elettrolitica). → voglio separare la parte metallica.

si accoppiano processi di raffinazione in forno a varie temperature per la separazione dei vari metalli.

Le schede elettroniche sono quindi costituite principalmente da Rame e stagno.

da parte economicamente vantaggiosa è il recupero di Oro e argento

La frazione polimerica assomiglia al fuff che deriva dalla frantumazione dei veicoli ed essendo una frazione modesta viene portata ad incenerimento.

Idea! liberare la frazione metallica senza ricorrere alla frantumazione visto che la plastica è fortemente termolabile

→ 7 BIOPOLIMERI

↓
materiali polimerici che derivano da fonte rinnovabile e non fossile, es-
sere da biomassa ed appartengono alla
classe di polimeri biodegradabili
e biocompostabili.

Le PE si può ottenere da petrolio o da biomassa (cane da zucchero),
ma ottengo lo stesso prodotto, ma questo non significa che sia
biodegradabile o compostabile.

Le biomasse di partezza potrebbero essere utilizzate come
cibo per l'alimentazione dell'uomo.

La competizione è tra l'utilizzazione di un prodotto per
scopi industriali o alimentari.

↓
Parlo di un prodotto bio ma non è detto che anche il mio
prodotto finito sia uguale: il vantaggio della fonte bio può
perdersi

Le polimeri di fonte bio si porta un credito di CO₂, si ha il
grande vantaggio sul Global Warming Protection, ma consumo più
acqua. → Riduco quindi un indicatore

un polimero di fonte bio è assolutamente un possibile sostituto
di un polimero di fonte fossile.

processo di digestione da parte di microrganismi → biodegradabile

processo di digestione anaerobica → biocompostabile

↓
differiscono dal in base al processo di fine vita, non di produzione

voliamo la fonte bio perché è rinnovabile, e significa che
mantenendo la stessa società dei consumi rallento l'uso
dei materiali non rinnovabili

LA LAVATRICE

Le lavatrici sono meno impattanti perché non hanno bisogno di bonifica.

Le cure del processo è il recupero del cestello, fatto di acciaio inossidabile.

La prima operazione da fare è un'operazione di smontaggio per il recupero del cestello.

La seconda operazione, prevede lo smontaggio del motore elettrico e la scheda elettronica di programmazione.

Infine la carcassa sarà triturata e seguirà la separazione della frazione metallica.

Nelle lavapiatti il cestello è la cassetta intera ed è non è magnetica, quindi non è separabile dopo frantumazione.

IL TELEVISORE

L'operazione di bonifica è fondamentale.

Il tubo catodico deve essere smontato e asportato integro.

Perché le sostanze fluorescenti al suo interno sono

inquinante da metalli pesanti tra cui Piombo e Cadmio.

Si seziona il tubo catodico e in impianti depolverati

si sottopone all'operazione di frantumazione in cui si eliminano

le materiale fluorescente e aspirato. Si crea quindi

un rifiuto tossico-nocivo.

Il piombo si potrebbe recuperare per via idro-metallurgica, per estrazione elettro-chimica.

Poi il tubo catodico viene rinvitato al riciclaggio del vetro.

La restante parte del televisore è portata a frantumazione per il recupero della parte metallica (Rame e acciaio).

I CAVI ELETTRICI

Sono costituiti da un'anima nobile (rame) e da una pelle ignobile!

↓
Iperpuro

Con correnti parassite posso separare facilmente la parte rame, dopo una truciatura molto fine (triturazione)

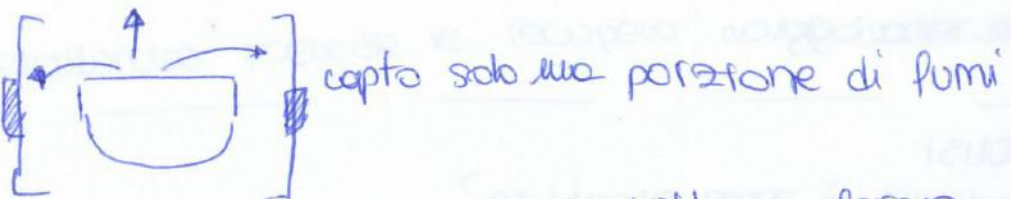
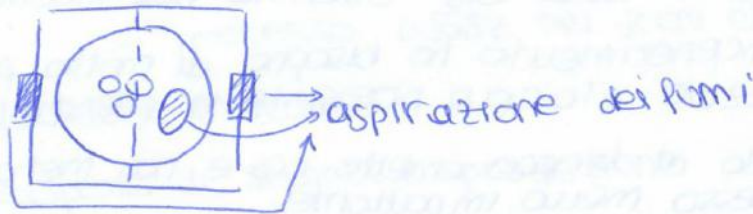
RIPASSO & DOMANDE

FORNO ELETTRICO: opzioni per l'aspirazione fumi.

① → posso praticare un porto foro dove inserisco l'aspirazione dei fumi

↓
quando apro la volta e l'aspirazione è inefficace

② è inopportuno fare il forno in una doghouse, questa si apre scorrendo sulla mezzera e crea un collegamento con due porte fumi laterali che vanno all'aspirazione



③ Per avere zero emissioni, non apro la volta e faccio un caricamento continuo laterale.

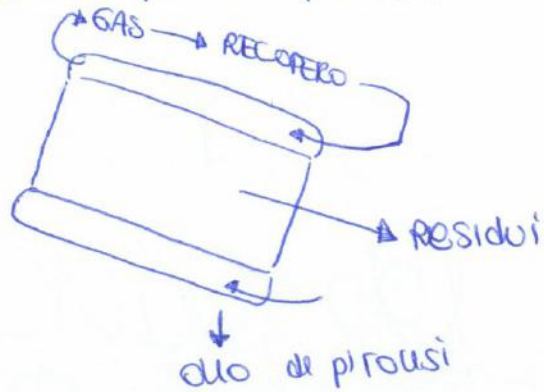
TETRAPACK: con la fase di macerazione la carta viene separata e poi porta via plastica e alluminio. La plastica e l'alluminio vengono riciclati insieme per creare un sistema composito (pelle a sfera)

L'acciaio secondario può essere considerato migliore di quello primario per:

- polizza controllata di una quantità limitata
- acciai speciali che hanno poco utilizzo. → posso dosare meglio gli additivi ma soprattutto posso creare colate volumiche minori.

L'acciaio primario si usa principalmente per la produzione di massa.

Un'alternativa alla coluina riscaldante posso introdurre corpi riscaldanti (sfere di acciaio inossidabile). In questo caso i corpi ruotano in episcopente. Questo meccanismo si sposta soprattutto per la pulizia.



Processo ProMetallurgico - recupero del piombo.
- processo Wollz nei forni elettrici
↓
recupero alla fase metallica
↓
destinato al recupero di scarti di produzione

Il processo metallurgico prevede il recupero di un materiale tale quale.

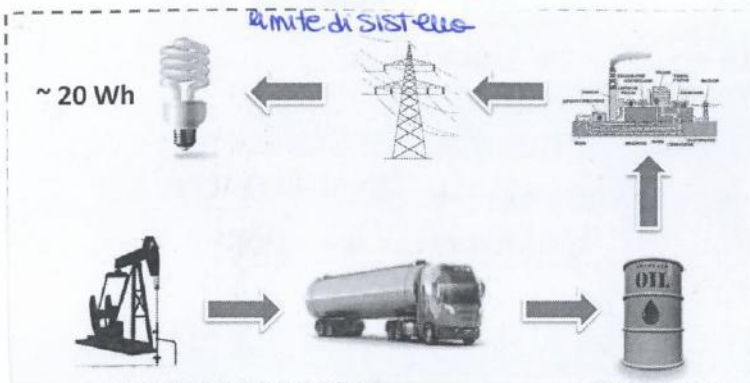
METODOLOGIA LCA

Nella nostra analisi dobbiamo pensare al "ciclo di vita", non solo all'energia che viene per una cosa ma da dove arriva quell'energia e quello che ci sarà dopo.

- produzione dell'energia e del componente fino alle materie prime
- smaltimento del componente

LCA: Life Cycle Assessment

LIFE CYCLE THINKING!



← produzione di energia per far funzionare il componente

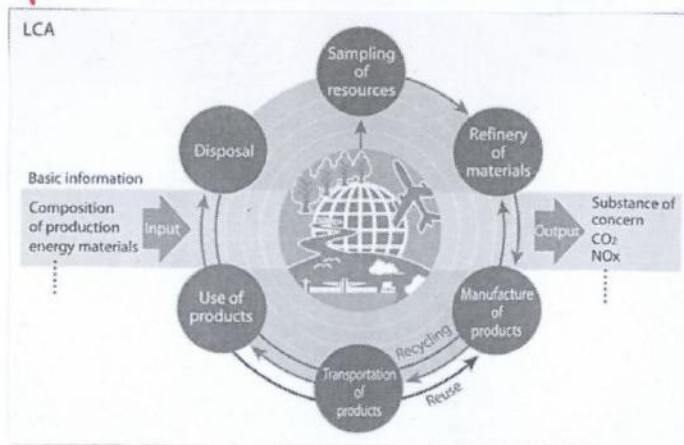
↓ produzione del componente



Glass
Metals
Energy

Glass recovery/recycling
Metals recovery/recycling
Gas treatment

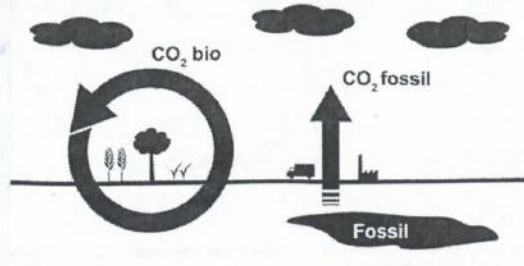
LIFE CYCLE ASSESSMENT:



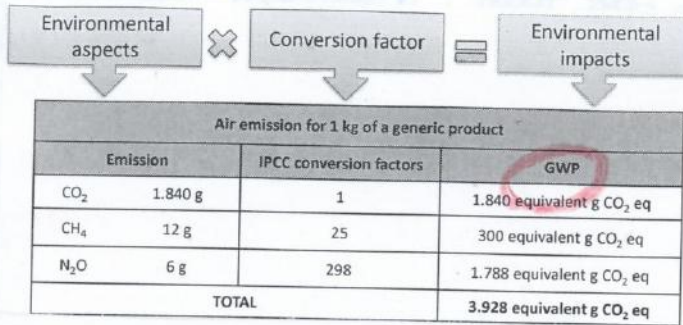
LCA è un metodo strutturato, standardizzato complessivamente e a livello internazionale.

LCA quantifica tutte le emissioni rilevanti e le risorse consumate e i relativi impatti ambientali e sulla salute e i problemi di esaurimento delle risorse che sono associate con eventuali beni o servizi (prodotti).

- individuare le opportunità per migliorare le prestazioni ambientali dei prodotti nei vari punti del loro ciclo di vita
- informazione con indicatori di decisione nelle industrie e nelle organizzazioni governative o non (es. per lo scopo di piani strategici, le impostazioni di priorità, i prodotti o i processi di design o redesign)
- selezione di indicatori rilevanti per le prestazioni dell'ambiente, includendo misure tecniche



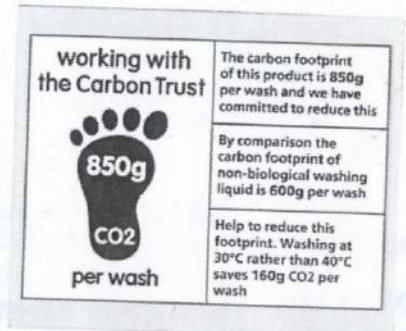
Insieme alla CO₂ ci sono altre sostanze che contribuiscono all'effetto serra. Per ciascuna di queste, dette "greenhouse gases", l'IPCC definisce un fattore di conversione per stimare l'impatto potenziale in termini di massa equivalente di CO₂



GWP = emission · fattore di conversione

ESAME

	Caso A	Caso B	Caso C	Fattore conversione	Caso A	Caso B	Caso C
	kg	kg	kg	kg CO ₂ eq	kg CO ₂ eq	kg CO ₂ eq	kg CO ₂ eq
CO ₂	330	55	1	1	330	55	1
CH ₄	0,9	7	0,7	25	22,5	175	17,5
N ₂ O	1	3	9	298	298	894	2682
Totale					650,5	1124	2700,5



Potenziale di Riscaldamento Globale o IMPRONTA di CARBONIO:

"CARBON FOOTPRINT" rappresenta le totali delle emissioni di gas serra (CO₂ equivalente) associate al ciclo di vita di un prodotto o di un servizio.

Ne suo calcolo deve passare da un approccio di tipo LCA nel quale tutte le fasi di un sistema produttivo vengono analizzate in modo da valutare gli impatti complessivi.

Per estrema facilità di comprensione è diventato oggetto di molte azioni di comunicazione ambientale a livello internazionale.

ETICHETTATURA AMBIENTALE: environmental labelling

- NON ISTITUZIONALE:
 - biodegradabile
 - eco-friendly
 - senza carbonio
 - naturale
 - sostenibile
 - non tossico

} marchi sui prodotti (+ di 300 €)

- ISTITUZIONALE:
 - diritti ambientali ed etichette (EPD)
 - rapporti sulla sostenibilità e sull'ambiente
 - certificazioni (EMAS - ISO)

ISO 14024



ISO 14021



ISO 14025



NORME di RIFERIMENTO:

• ISO 14040: 2006 → GESTIONE AMBIENTALE - LCA - PRINCIPI e STRUTTURE
 Non dà indicazioni specifiche su come condurre ciascuna fase.
 Descrive i principi e le strutture per l'LCA includendo la definizione del GOAL AND SCOPE dell'LCA, LCI (Life Cycle Inventory), LCIA (Life Cycle Impact Assessment), la fase dell'interpretazione di riporto e di vista critica dell'LCA, le sue limitazioni e le relazioni tra le sue diverse fasi e le condizioni di uso.
 Non descrive la tecnica LCA in dettaglio, non specifica le metodologie per le diverse fasi.
 L'applicazione prevista dai risultati di LCA e LCI è considerata in fase di definizione dell'obiettivo e la ~~per~~ scopo, ma l'applicazione stessa è al di fuori dello scopo di questo standard internazionale.

• ISO 14094: 2006 → REQUISITI e LINEE GUIDA
 specifica i requisiti e le linee guida per LCA includendo la definizione di GOAL AND SCOPE, della fase LCI, della fase LCIA, della fase di interpretazione, riporto e vista critica, le limitazioni e le relazioni tra le fasi dell'LCA.

OPERAZIONI:

PERCHÉ FACCIAMO LCA?
 DEFINIZIONI DELLE PRINCIPALI IPOTESI

RACCOLTA DATI e PREPARAZIONE di UN MODELLO a COMPUTER

CALCOLO DEGLI IMPATTI AMBIENTALI POTENZIALI

GOAL AND SCOPE

LIFE CYCLE INVENTORY

LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT

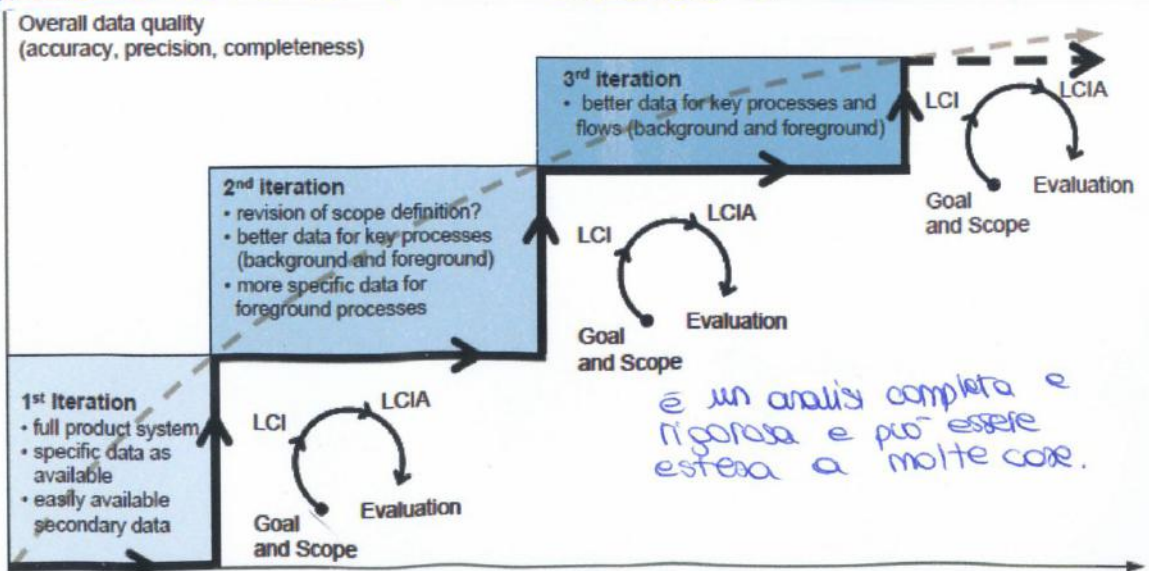
INTERPRETAZIONE (elaborazione dei risultati dell'LCA)

Raccolta dati: - primari → direttamente dall'operazione
 - secondari → da letteratura scientifica o database

Ritorno al GOAL and SCOPE se ho fatto errori o se i dati trovati hanno delle incongruenze.

È un'analisi iterativa: dalla prima estrazione si vedono quali sono i problemi.

ESAME →



è un'analisi completa e rigorosa e può essere estesa a molte cose.

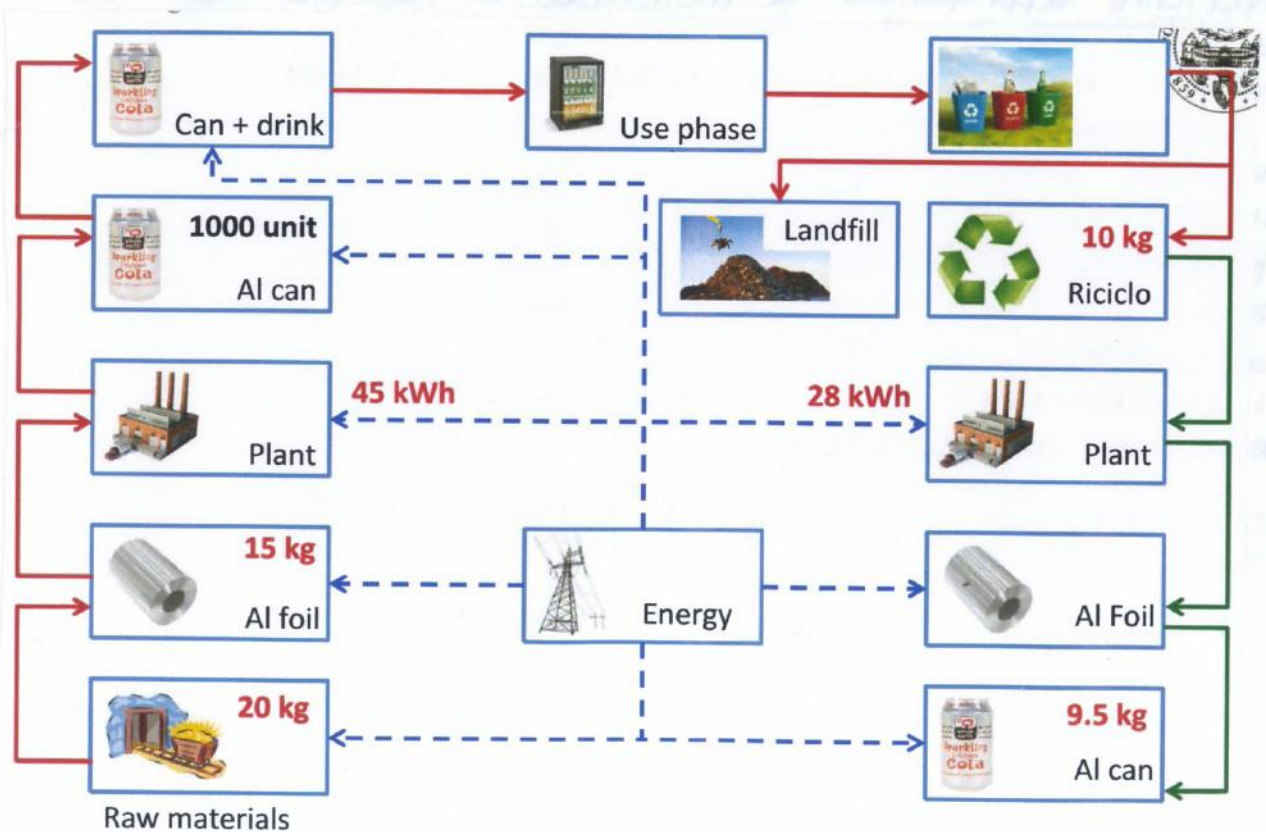
qualunque decisione di eliminare fasi del ciclo di vita, processi o flussi in ingresso/uscita deve essere chiaramente indicata e giustificata. I criteri utilizzati nella definizione dei confini del sistema impongono le grado di confidenza per assicurare che i risultati dello studio non sono stati compromessi e l'obiettivo di un dato studio sia raggiunto

es. estrazione bauxite → produzione allumina → alluminio primario → prodotto → fase d'uso fine vita.

I confronti tra sistemi devono essere effettuati sulla base della medesima funzione, quantificati attraverso la medesima unità funzionale, in base a trattazioni equivalenti per quanto riguarda i confini del sistema, la qualità dei dati, le procedure di valutazione, le metodologie di calcolo.

ESEMPIO di FLOW-CHART:

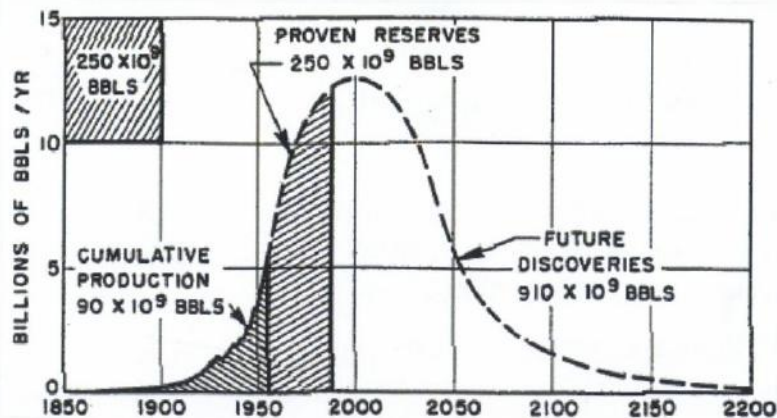
- identificare Goal & scope di un sistema (packaging allimentare in Al)
- identificare l'unità funzionale
- identificare i confini del sistema e i processi elementari con un approccio cradle to grave



All'interno dell'analisi deve tener conto dell'impatto energetico.

ANALISI INVENTARIO

L'analisi di inventario è quella fase di LCA che prevede, per un sistema-prodotto, la raccolta e la quantificazione degli ingressi e delle uscite nonché la loro organizzazione in un modello analogico lungo l'intero ciclo di vita.



Per caratterizzare le risorse energetiche si usa il POTERE CALORIFICO: la quota di energia liberata sottoforma di energia termica (calore) complessivamente sviluppata dall'unità di massa (o dall'unità di volume nel caso di gas) di combustibile completamente bruciato in presenza di ossigeno. La temperatura e la pressione dei reagenti e di prodotti sono a condizioni standard.

È una grandezza fisica per caratterizzare economicamente i materiali.

Da un punto di vista economico, il potere calorifico costituisce la base quantitativa per la valutazione e il commercio dei combustibili.

Se il combustibile contiene IDROGENO vengono definiti:

- POTERE CALORIFICO SUPERIORE PCS (totale):
corrisponde alla quota di energia liberata sottoforma di calore quando il combustibile è completamente bruciato in ossigeno e tutta l'acqua prodotta al termine della combustione si trova allo stato liquido.
Nella LCA si usa questo perché dona la quantità di energia che effettivamente viene sottratta, quindi disponibile.

- POTERE CALORIFICO INFERIORE PCI (netto):
la quota di energia liberata sottoforma di calore quando il combustibile viene bruciato completamente in ossigeno e tutta l'acqua presente nei prodotti di combustione è raffreddata alla temperatura di 100°C ma rimane allo stato gassoso.
Il PCI è pertanto uguale al PCS meno il calore di vaporizzazione dell'acqua che dipende dalla pressione e temperatura di riferimento.



Al aumento del tenore di idrogeno nel combustibile, aumenta la differenza tra PCS e PCI.
La massima differenza è riscontrabile nel gas naturale.

Per il calcolo del rendimento delle macchine termiche si fa riferimento al PCI in quanto il calore di condensazione non viene normalmente recuperato.

• ALLOCAZIONE:

Una delle critiche maggiori si manifesta quando il processo in esame precede la produzione di co-prodotti. In questa situazione è necessario procedere con la cosiddetta procedura di ALLOCAZIONE

L'ALLOCAZIONE è una metodologia di calcolo che permette una ripartizione dei flussi in entrata e in uscita tra il processo o sistema-prodotto allo studio e uno o più altri sistemi-prodotto

L'inventario è fondato sul bilancio di massa e di energia ed è quindi compito dell'allocazione caratterizzare appropriatamente i flussi in ingresso e in uscita affinché siano riconducibili alla funzione del sistema.

Esistono diversi metodi per procedere; quelli in grado di tener conto delle relazioni fisiche sottacenti tra le varie unità di processo sono da preferire.

- 1) quando possibile l'allocazione dovrebbe essere evitata:
 - dividendo il processo in sottoprocessi e raccogliendo i dati relativi ai singoli sottoprocessi
 - espendendo il sistema-prodotto includendo funzioni addizionali correlate ai co-prodotti
- 2) quando l'allocazione non può essere evitata si deve procedere con metodi che riflettano le relazioni fisiche esistenti nel processo.
- 3) se non è possibile individuare relazioni fisiche si possono individuare altre forme di relazione (es. criteri economici).

Tipici processi per i quali è necessario ripetere l'allocazione degli input e degli output sono quelli petrolchimici nei quali si hanno più co-prodotti a fronte di un unico input.

L'allocazione si effettua innanzitutto suddividendo il processo complessivo in più sottoprocessi ognuno dei quali produce un singolo prodotto.

Uno dei sistemi più semplici per operare l'allocazione è la cosiddetta allocazione per massa (SIMPLE MASS PARTITION), gli input e gli output cost attribuibili ai singoli prodotti sono distribuiti secondo le percentuali: $\%K_iE = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$

• INVENTARIO:

Gli aspetti considerati sono:

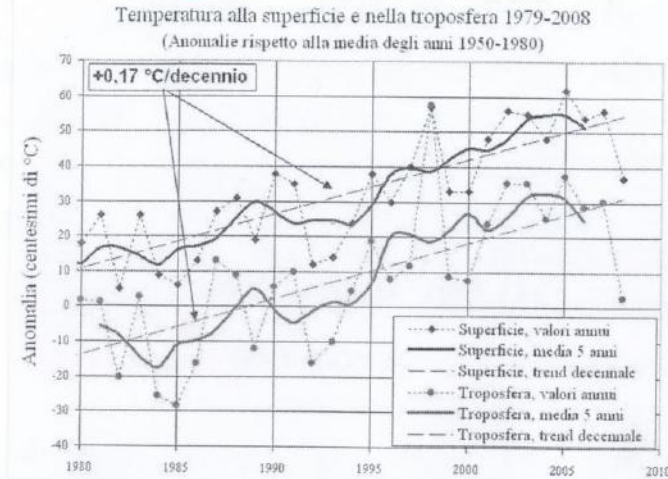
- ENERGIA: - risorse \rightarrow riserve
- potere calorifico inferiore e superiore
- TRASPORTI: - riferimenti funzionali (tonnellate-km, persone-km, veicolo-km)
- ALLOCAZIONE: - sistemi con più co-prodotti
 - Allocazione per massa (simple mass partition)
 - Alternative (allocazione economica, energetica, ecc)

- WATER USE
- LAND USE

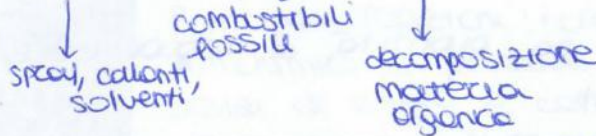
• Tossicità, Generazione di rifiuti, ecc.

Per calcolare gli indicatori di impatto si utilizzano i fattori di conversione già visti (tabella Emission-IPCC-GWP)

Global Warming Potential - GWP

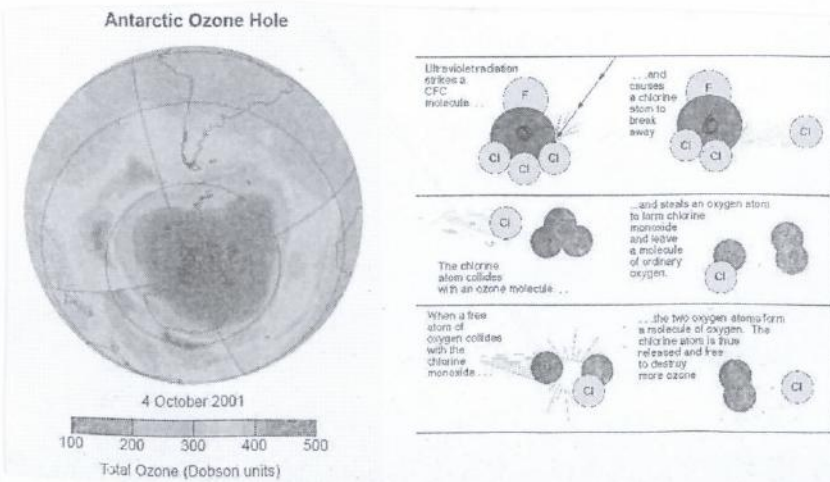


- forcing radiativo delle molecole di gas presenti in atmosfera (bilancio tra radiazione incidente e radiazione uscente del gas)
- principali gas: vapore acqueo, CO_2 , CH_4 , N_2O , aerosol, O_3 (ozono troposferico), allocarburanti (CFC/HCFC)



- probabili effetti:
 - cambiamenti sulle coperture vegetale
 - indebolimento circolazione termalina degli oceani (temperatura + salinità acqua)
 - effetti sugli ecosistemi
 - riduzione rendimenti agricoli
 - ecc...

Ozone Depletion Potential - ODP



Correlato con le GWP
 Me cloro viene liberato e continua il suo percorso di scissione.

Può indurre alterazioni del DNA, effetti sulla pelle, ecc...

Me cloro poi si lega con l'ossigeno

- scomparse specie animali e vegetali.

Eutrophication Potential - EP

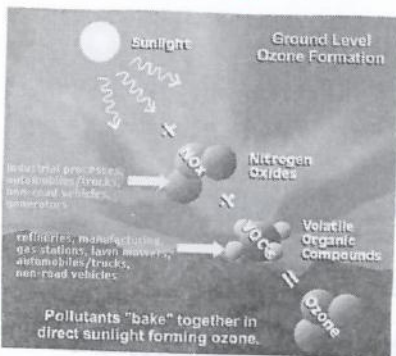
^{120%} Nitrogeno e fosforo ~~causano~~ ^{le alghe} causano un aumento del fitoplancton che crescono sulla superficie dell'acqua impedendo al sole di eutrofare e nutrire le alghe che muoiono e si decompongono sul fondo con l'azione dell'ossigeno. Si perde cibo, abitanti marini, habitat e produzione di ossigeno.

Si nota un'eccessiva crescita di biomasse, soprattutto in mare, a causa di sostanze iperazotate che funzionano da abbondante nutrimento e gli strati inferiori di acqua ricevono meno luce.

Le sostanze responsabili sono fertilizzanti usati in agricoltura, scarichi industriali, scarichi urbani.

- 4 principali effetti sono:
- abbassamento della concentrazione di ossigeno nell'ecosistema
 - BOD: biological oxygen demand
 - COD: chemical oxygen demand
 - effetti diversi su suolo e su bacini idrici.

Photochemical Potential - PCP



L'ozono negli strati alti scherme dall'UV, e quindi va bene, ma negli strati bassi non va bene.

- Principali reazioni:
- creazione di smog fotochimico in presenza di radiazione solare, ossidi di azoto e composti organici volatili.
 - formazione di ozono, PAN, PBN, aldeidi, ecc
 - Fotolisi del biossido di azoto $NO_2 \rightarrow NO + O$
 - Produzione di ozono: $O + O_2 \rightarrow O_3$
 - Produzione di biossido di azoto e ossigeno molecolare $O_3 + NO \rightarrow NO_2 + O_2$

Le sostanze responsabili sono le emissioni da combustione incompleta di combustibili fossili e biomasse, utilizzo di solventi

VOC, NOx, ecc $O_3 + UV \rightarrow$ radicale ossidante -OH \rightarrow formazione di aerosol

4 principali effetti si hanno su città e aree industrializzate (smog)

Land Use

- 4 principali effetti sono:
- riduzione della copertura vegetale (deforestazioni)
 - effetti sugli ecosistemi
 - riduzione processi di fotosintesi
 - riduzione biodiversità (estensione monoculture)
 - riduzione passaggio anidride carbonica.

Durante il processo ci saranno inevitabilmente delle perdite per cui parte dell'energia di feedstock in ingresso andrà persa e non comparirà nel prodotto finale.

Durante i processi possono avere luogo anche delle trasformazioni chimiche che alterano la struttura dei materiali. In alcuni casi il potere calorifico può risultare accresciuto mentre in altri si può riscontrare una perdita d'energia feedstock, dove la differenza viene indicata come calore perso.

Risulta possibile utilizzare i rifiuti come combustibili per il processo di trasformazione di materiali portatori di feedstock. Di conseguenza, parte dell'energia feedstock in input sarà deliberatamente convertita in fonte di energia durante il processo.

Fuel type	Fuel prod'n & delivery energy (MJ)	Energy content of delivered fuel (MJ)	Energy use in transport (MJ)	Feedstock energy (MJ)	Total energy (MJ)
Electricity	7.70	3.68	0.11	0.00	11.49
Oil fuels	0.21	10.36	0.24	41.05	51.86
Other fuels	0.64	7.32	0.01	5.84	13.80
Totals	8.55	21.36	0.36	46.89	77.16

Country dependent	Technology dependent	Geography dependent	Feedstock mix dependent
-------------------	----------------------	---------------------	-------------------------

CL Approccio Boustead Model

FINE VITA:

La fine vita è un aspetto importante fin dalla fase di progettazione dell'oggetto.

La LCA serve ad identificare i possibili trattamenti a fine vita e gli scenari di riferimento.

Si devono identificare dei possibili trattamenti a fine vita, degli aspetti tecnologici ed ambientali di cui tener conto.

Esistono strumenti per la valutazione LCA e la convenienza ambientale del riciclo.

Lo studio del ciclo di vita di un sistema non può prescindere dal valutare quali siano le ricadute ambientali della gestione dei materiali che giungono a fine vita e che devono essere trattati come rifiuti.

Lo studio, a differenza di cosa avviene per i processi di produzione tradizionali, si riferisce al flusso di materiale che entra in un processo. Il riferimento funzionale (gate to gate) tipico è quindi le kg input.

Molti processi di gestione dei materiali a fine vita comportano dei recuperi di materia ed energia che devono essere tenuti in considerazione al fine di quantificare i benefici (cut off-impatti).

Sulla gestione è importante valutare quale possa essere l'influenza di chi conduce la valutazione (regole-criteri).

Però anche il design del rifiuto è molto importante per lo smaltimento del rifiuto o per un suo possibile riuso.

Il riciclo può essere:

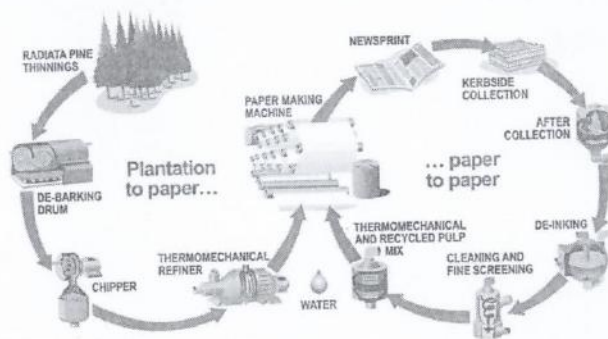
• RICICLO CHIUSO: closed loop

Il materiale da avviare al riciclo rientra nel medesimo processo che lo ha generato, sostituendo materiali vergini. Posso utilizzare scarti di produzione o prodotti a fine vita. Vado quindi a riprodurre lo stesso oggetto.

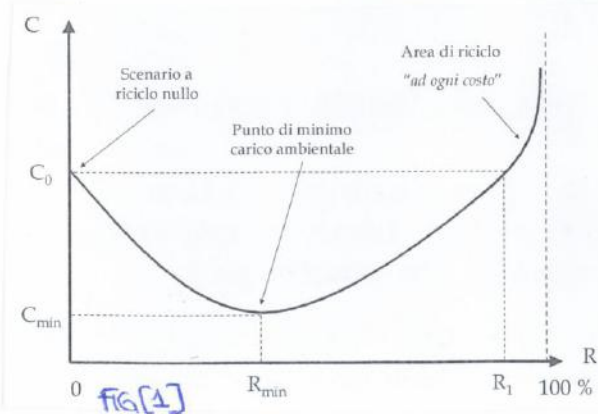
• RICICLO APERTO: open loop

Il materiale da avviare al riciclo rientra in un processo diverso da quello originale, includendo un cambiamento delle sue proprietà.

RICICLO CHIUSO: closed loop



ESAME

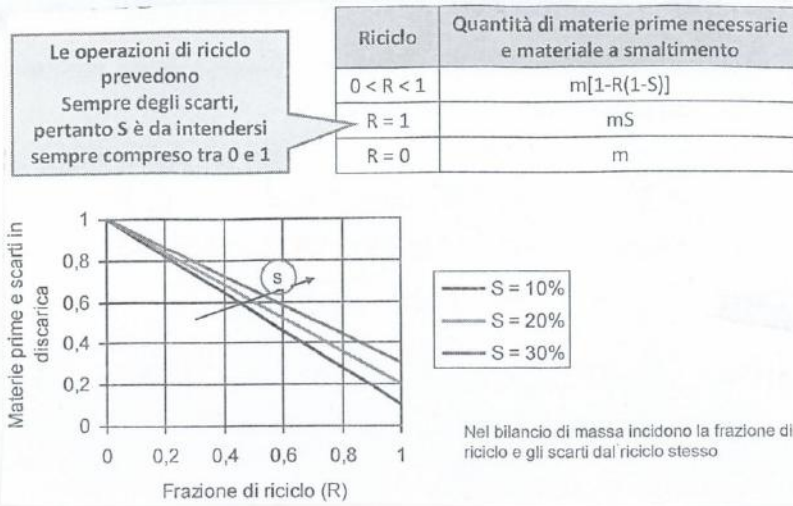


Il riciclaggio non è sempre positivo dal punto di vista ambientale. La distanza che devo percorrere con i camion per il trasporto dei rifiuti ha un impatto ambientale superiore rispetto alla produzione del materiale vergine. Il riciclaggio ad ogni costo è vantaggioso dal punto di vista ambientale solo nei grandi centri abitati.

Le operazioni coinvolte nelle attività di riciclo generano carichi ambientali che devono sempre essere quantificati; il riciclaggio è un meccanismo da studiare, non un obiettivo da raggiungere ad ogni costo!

END OF LIFE:

- progettazione che tenga conto del fine vita
- il ciclo di vita di un sistema non può prescindere dal valutare quali siano le ricadute ambientali
- identificazione trattamenti a fine vita
- Open/closed loop
- scarti di processo/prodotto a fine vita.



una porzione di materia sempre scarto non riutilizzabile, quindi nel riciclaggio, anche in quello completo, c'è sempre bisogno di una certa percentuale di materiale vergine, per compensare lo scarto

• calcolo degli impatti

Definendo C_1, C_2, C_3 le generico carico ambientale delle fasi di processo produzione delle materie prime, di produzione del bene e di smaltimento finale, e con C_4 le carico ambientale del processo di riciclo riferito all'unità di massa in ingresso, si può calcolare le carico ambientale attraverso un'equazione:

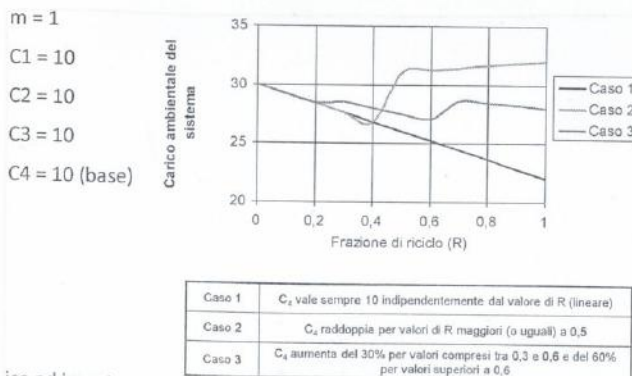
$$C_{SIST} = C_1 m [1-R(1-S)] + C_2 m + C_3 m [1-R(1-S)] + C_4 R m$$

$$= \underbrace{m(C_1 + C_2 + C_3)}_{\text{senza riciclo}} + \underbrace{m[C_4 R - R(1-S)(C_1 + C_3)]}_{\text{riciclo}}$$

quota negativa affinché sistema risulti inferiore a C_{senzariciclo}.

Ad ogni flusso di massa possiamo calcolare impatti ambientali.

Me valore complessivo del carico ambientale del sistema dipende dai valori dei carichi relativi delle singole fasi



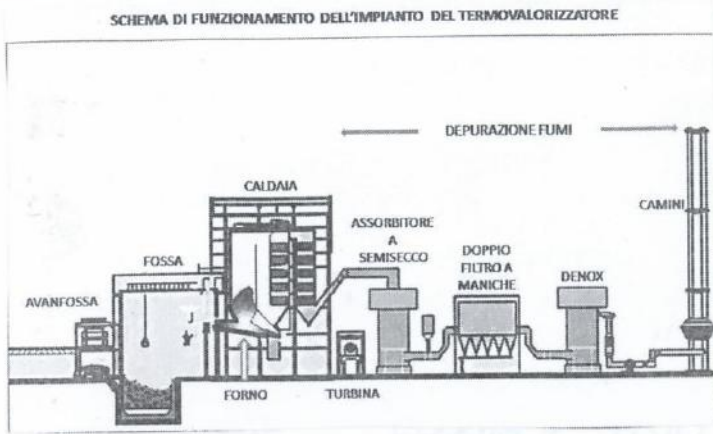
differenti scenari fissando i valori di C_1, C_2, C_3 e variando il valore di C_4

Me caso 3 può essere un esempio della raccolta differenziata in cui carico ambientale C_4 aumenta all'incrementare della percentuale raggiunta.

Me riciclo si compone di una prima fase di raccolta del rifiuto, poi avviene un trattamento del materiale raccolto e infine una fase di trasporto della materia prima secondaria all'utilizzatore finale.

La prima fase di trasporto legata alla raccolta è fortemente dipendente dal valore di R.

TERMOVALORIZZAZIONE: → no inquinamento.



Energia di feedstock: energia massima teoricamente recuperabile da un materiale, e una risorsa potenzialmente combustibile che viene estratta dalla terra e utilizzata come materiale e non come vettore energetico.

Nel caso di termovalorizzazione, l'energia feedstock dei rifiuti viene convertita in energia termica e/o elettrica.

PROCESSI INDIRETTI: → rimozione del rifiuto

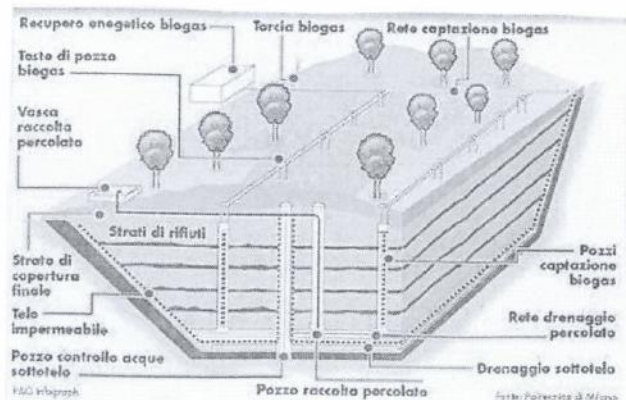
- GASSIFICAZIONE: combustione del rifiuto in condizioni di difetto di ossigeno rispetto al valore stechiometrico. Ottengo una miscela di gas H_2 e CO e scarti. Successivamente avviene una depurazione (HCl e SO_x)
- PIROLISI: riscaldamento indiretto dei rifiuti in assenza di agente ossidante, separazione della fase solida inerte e di una fase gassosa (miscela di H_2 e CO)
- DIGESTIONE ANAEROBICA: in particolare per fanghi da depurazione. Converte la sostanza organica, in ambiente privo di ossigeno e grazie a microrganismi, in flusso di gas ($CH_4 + CO_2$) e residuo minerale non degradabile

DISCARICA:

La discarica controllata può avere differenti caratteristiche costruttive a seconda della pericolosità dei rifiuti che è destinata a ricevere.

Caratteristiche:

- emissione in aria dovuta a processi fermentativi
- emissione in acqua di percolanti
- consumi energetici dovuti alla movimentazione e alla digestione
- recupero energetico per captazione o combustione di biogas



LCA in BREVE ☺

- LCA:
- GOAL & SCOPE: si definiscono le finalità dello studio, l'unità funzionale, i confini del sistema studiato, l'obsolescenza e l'affidabilità dei dati, le assunzioni e i limiti
 - LCI: si ricostruisce il ciclo di vita del processo attraverso le flussi dell'energia e dei materiali. Si costruisce un modello analogico del sistema reale.
 - LCIA: studio dell'impatto ambientale provocato dal processo, dei rilasci nell'ambiente e dei consumi di risorse calcolati nell'inventario
 - INTERPRETAZIONE e MIGLIORAMENTO: proporre i cambiamenti necessari a ridurre l'impatto ambientale dei processi.

GOAL & SCOPE:

- stabilire le applicazioni previste, le motivazioni dello studio, il tipo di pubblico.
- delimitazione del sistema: operazioni che lo compongono, input, output → diagramma di flusso del ciclo produttivo
- delimitazione unità funzionale, un'unità di misura di riferimento del flusso in uscita.
- delimitare i confini di sistema (geografici, tecnologici e temporali)
- affidabilità dei dati.

ANALISI ENERGETICA

- obiettivo primario: risparmio di risorse energetiche

- Energia:
- energia di investimento
 - + energia diretta: per il funzionamento del processo
 - + energia indiretta: per trasportare e produrre energia e materiali
 - + energia di feedstock: contenuta nei materiali (combustibili).
 - energia dei servizi.
 - energia trasporti

POTERE CALORIFICO: calore complessivamente sviluppato dall'unità di massa quando il combustibile viene completamente bruciato in ossigeno di O₂ in O₂ standard

Recupero di Energia :- DIRETTO: combustione del materiale → INGENERITIC
 - INDIRETTO: trasformazione del materiale in gas combustibile. → no combustione

```

  graph TD
    A[INDIRETTO: trasformazione del materiale in gas combustibile. → no combustione] --> B[GASSIFICAZIONE]
    A --> C[PIROUSI]
    A --> D[DIGESTIONE ANAEROBICA]
  
```

GASSIFICAZIONE: combustione in difetto d'aria rispetto alla quantità stechiometrica necessariamente necessaria per far avvenire la reazione completa

PIROUSI: riscaldamento indiretto dei rifiuti con conseguente separazione della fase solida e di una fase gassosa combustibile

DIGESTIONE ANAEROBICA: in ambiente privo di O_2 , le molecole organiche si distruggono creando biogas + rifiuto non deperibile.

I risultati di un INVENTARIO di ciclo di vita sono normalmente presentati in sei parametri:

- materie prime
 - combustibili primari
 - feedstock
 - rifiuti solidi
 - emissioni in aria
 - emissioni in acqua
- } risultati energetici
- } risultati ambientali

ANALISI degli IMPATTI : LCIA

ha lo scopo di evidenziare e quantificare le modificazioni ambientali che si generano a seguito dei rilasci nell'ambiente e del consumo di risorse associati ad un'attività produttiva.

Per valutare l'inquinamento dell'ambiente si deve tener conto di:

- emissione di sostanze nocive
- diffusione e trasformazione delle sostanze emesse
- concentrazione o deposizione di inquinanti nel luogo.

Gli effetti ambientali si dividono in base alle scale di azione;

- GLOBALI → risultato di numerosi contributi
- REGIONALI
- LOCALI