



“Metodi, Tecnologie ed Impianti per la Riduzione dei Rifiuti”

Seminario Formativo

Messina 28 novembre 2015

Hotel Royal

"Le criticità della Gassificazione e Pirolisi"

Prof. Rosario Saccà

Presidente dell'Ordine dei Chimici della Provincia di Messina

La continua crescita della produzione di rifiuti solidi di origine urbana ed industriale impone ai decision-makers di cercare e valutare tecniche di gestione, ed in particolare di termovalorizzazione, che siano più ambientalmente compatibili e, allo stesso tempo, anche economicamente sostenibili e socialmente accettabili.

Studi di settore condotti da enti ed autori diversi negli ultimi anni, hanno mostrato che diversi nuovi processi di gassificazione e di pirolisi stanno attirando l'attenzione degli operatori internazionali del settore ecc., proponendosi come alternativa concreta alla termovalorizzazione convenzionale per combustione.

Tali processi presentano aspetti vantaggiosi in termini di recupero di materia e di energia, di impatto ambientale e di accettabilità sociale **ma sono per larga parte di definizione relativamente recente e, quindi, di minore affidabilità operativa.**

Prof. Rosario Sacà

Presidente dell'Ordine dei Chimici della Provincia di Messina

La transizione verso un'energia a basse emissioni di anidride carbonica impone un utilizzo sempre più sostenibile di combustibili puliti ad emissioni vicine allo zero.

Combustione, gassificazione e pirolisi

➤ **Combustione**

❖ in presenza di O_2



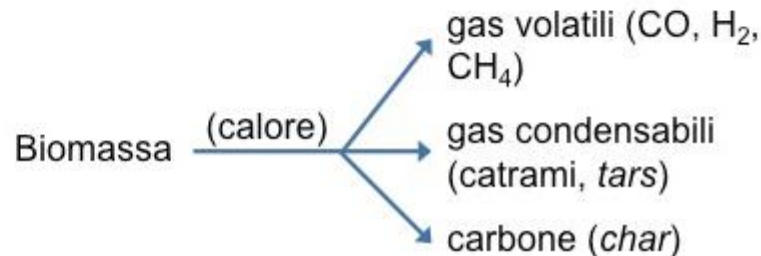
➤ **Gassificazione**

❖ in carenza di O_2



➤ **Pirolisi**

❖ in assenza di O_2



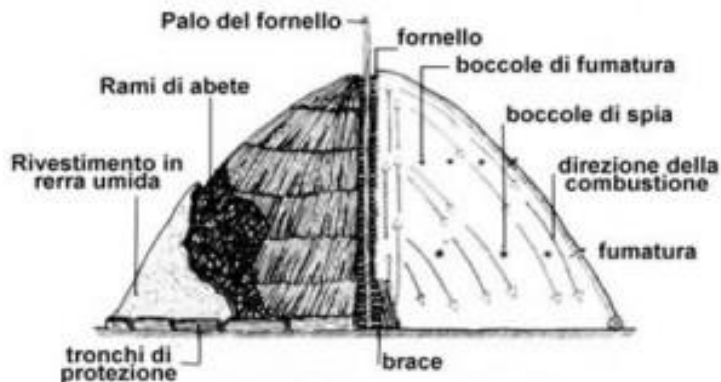
La gassificazione

Una via percorribile per l'impiego di combustibili puliti è la gassificazione, termine che indica quei processi che convertono combustibili solidi o liquidi in un combustibile gassoso in condizione autotermica o allotermica. Tale tecnologia permette di utilizzare un combustibile per la produzione di vettori energetici puliti come l'idrogeno e l'energia elettrica, rendendolo particolarmente interessante per i prossimi futuri scenari energetici, oppure permette di ottenere gas di sintesi (syngas) che opportunamente purificati possono costituire una valida alternativa ai combustibili fossili.

La Gassificazione

Il termine gassificazione comprende i processi di conversione di qualsiasi combustibile carbonioso in un prodotto gassoso con un potere calorifico utilizzabile. Esclude quindi la combustione (perché i gas effluenti non hanno potere calorifico residuo) ma include la pirolisi, l'ossidazione parziale, l'idrogenazione.

La gassificazione di materiali solidi e liquidi a base carboniosa è nota da quasi duecento anni ed è stata ampiamente impiegata per la produzione di gas di città nell'ultima parte del XIX e del XX secolo. Da allora, sono stati introdotti numerosi miglioramenti in termini di soluzioni impiantistiche e di condizioni di processo, che consentono oggi di offrire una tecnologia più economicamente competitiva, di elevata efficienza energetica e con un impatto ambientale molto contenuto.



Prof. Rosario Saccà

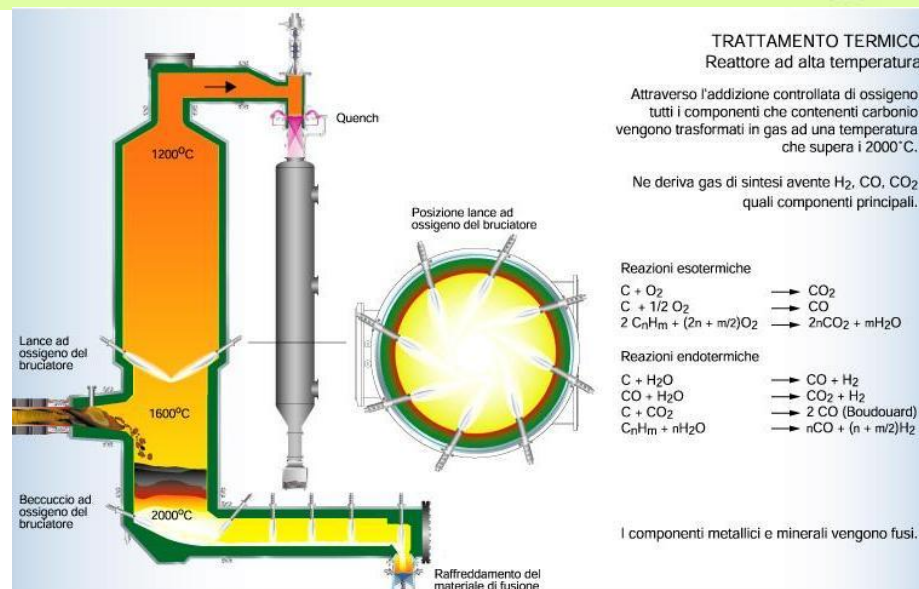
Presidente dell'Ordine dei Chimici della Provincia di Messina

La Gassificazione

Principali vantaggi della gassificazione

- ❖ tutti i materiali a base di carbonio possono essere gassificati dopo un'adeguata preparazione allo scopo di produrre gas di sintesi
- ❖ produce un vettore energetico, dando quindi la possibilità di conservare l'energia chimica del combustibile nel gas di sintesi prodotto
- ❖ può raggiungere efficienze termiche elevate con costi di capitale convenienti (si stima entro il 2020 un'efficienza tra il 50 e il 60%)
- ❖ rende tecnicamente ed economicamente possibile la cattura della CO₂ dai gas prodotti
- ❖ può produrre un gas ricco di idrogeno
- ❖ appare economicamente competitiva anche per il trattamento di rifiuti rispetto all'incenerimento (combustione)
- ❖ produce un gas effluente avente un volume pari a circa 1/3 di quello emesso da un impianto di combustione tradizionale
- ❖ produce residui solidi non pericolosi

La Gassificazione



Le principali reazioni che avvengono in contemporanea nel reattore sono:

- 1) **Reazione vapore d'acqua carbonio:** $\text{Biomassa} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$ reazione endotermica
- 2) Equivalenza Boudouard: $C + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO}$ reazione endotermica
- 3) **Reazione vapore metano:** $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$
- 4) Combustione: $\text{Biomassa} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$
- 5) Ossidazione parziale: $\text{Biomassa} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}$
- 6) **Metanizzazione:** $\text{Biomassa} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4$
- 7) **Reazione gas d'acqua:** $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$
- 8) **Metanizzazione CO:** $\text{CO} + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- 9) Esempio di reazione parassitaria: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

Prof. Rosario Saccà

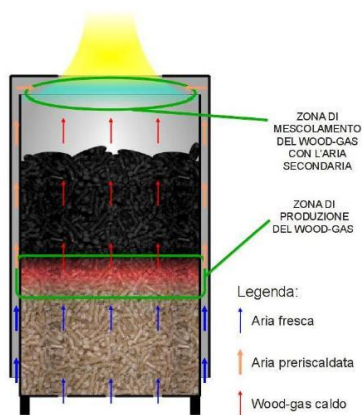
Presidente dell'Ordine dei Chimici della Provincia di Messina

Il processo di gassificazione

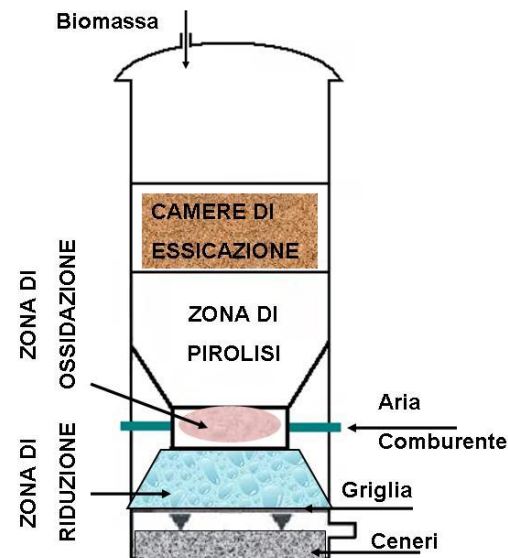
permette di ottenere da una combustione a basso contenuto di ossigeno un prodotto intermedio, il syngas, da utilizzarsi come combustibile all'interno di un motore endotermico a ciclo Diesel.

TIPI DI GASSIFICATORI

Gassificatore a flusso discendente: in esso avviene un'ossidazione parziale (combustione incompleta in difetto di ossigeno); il flusso opportunamente dosato di materia viene introdotto verticalmente dalla parte superiore del reattore verso il basso e qui gassificato in meno di un secondo. La temperatura di reazione di circa 1400°C viene raggiunta con l'introduzione forzata di ossigeno puro.



Flusso dei gas all'interno di un reattore TLUD



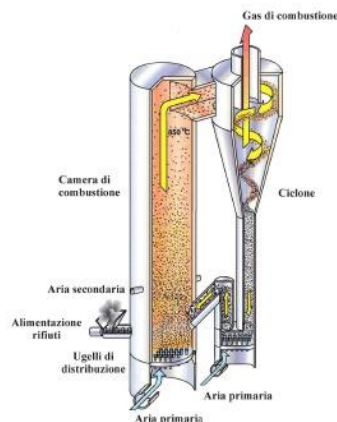
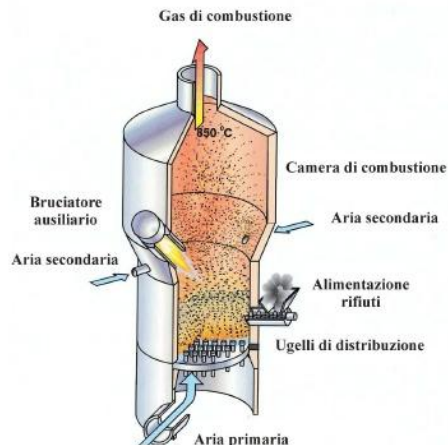
Gassificatore a letto fisso: tecnologia estremamente vecchia; è il gassificatore a legna che mira all'utilizzo dei gas che si sprigionano nella gassificazione.

Prof. Rosario Saccà

Presidente dell'Ordine dei Chimici della Provincia di Messina

Il processo di gassificazione

Forni a letto fluido



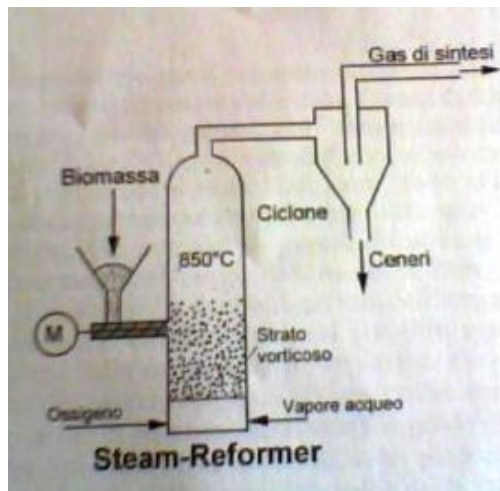
Gassificatore a letto fluido: Il nome deriva dal fatto che l'aria viene immessa attraverso uno strato di sabbia che viene messo in moto viscoso. Il materiale carbonioso, insieme a sostanze aggiuntive che legano lo zolfo, viene introdotto nel fluido rovente. Le temperature vengono scelte in modo tale che le ceneri non si fondano e quindi possano essere facilmente separate dalla sabbia.

Questo procedimento è particolarmente idoneo per la produzione di gas di sintesi poiché porta a una distribuzione di temperatura molto omogenea all'interno del reattore consentendo dunque una più agevole gestione del processo stesso.

Tali impianti producono un gas di sintesi ottimizzato per la combustione in motori, turbine o per la produzione di vapore.

Varianti di processo

Gassificazione allotermica



La produzione di gas e, quindi di idrogeno, è un processo endotermico cioè che non si ottiene alcuna reazione se non si introduce calore. La reazione procede senza ingresso di ossigeno se si fa penetrare sufficiente calore attraverso le pareti del reattore.

Tale procedimento non è di semplice attuazione in quanto in genere le pareti dei reattori sono murate.

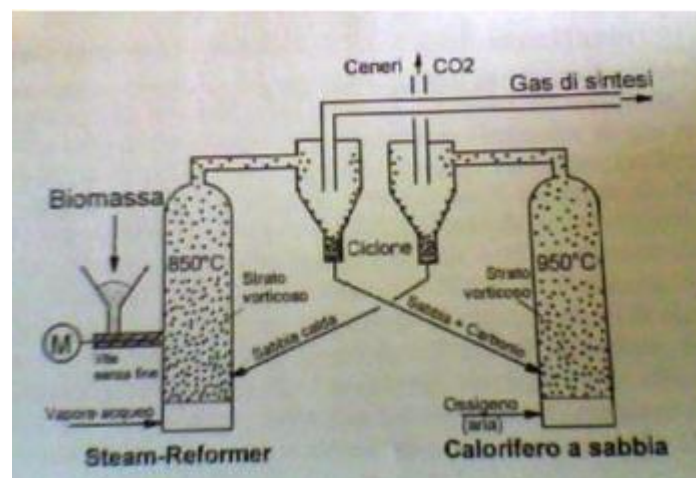
Un procedimento conosciuto utilizza tubi del gas di scarico passanti attraverso il letto del fluido.

Per la produzione di calore si brucia una parte di metano in eccesso con aria o ossigeno

In tale tipo di procedimenti si soffia direttamente dentro il reattore il solo ossigeno necessario che serve al fabbisogno calorico della reazione. In questo modo il processo si semplifica in quanto non è presente una vera e propria combustione ma solo un'ossidazione parziale.

Questa tecnica comporta delle perdite di efficienza a causa del contatto tra ossigeno e gas di sintesi già generatosi producendo delle reazioni indesiderate e inoltre è necessario un fabbisogno abbondante di ossigeno puro.

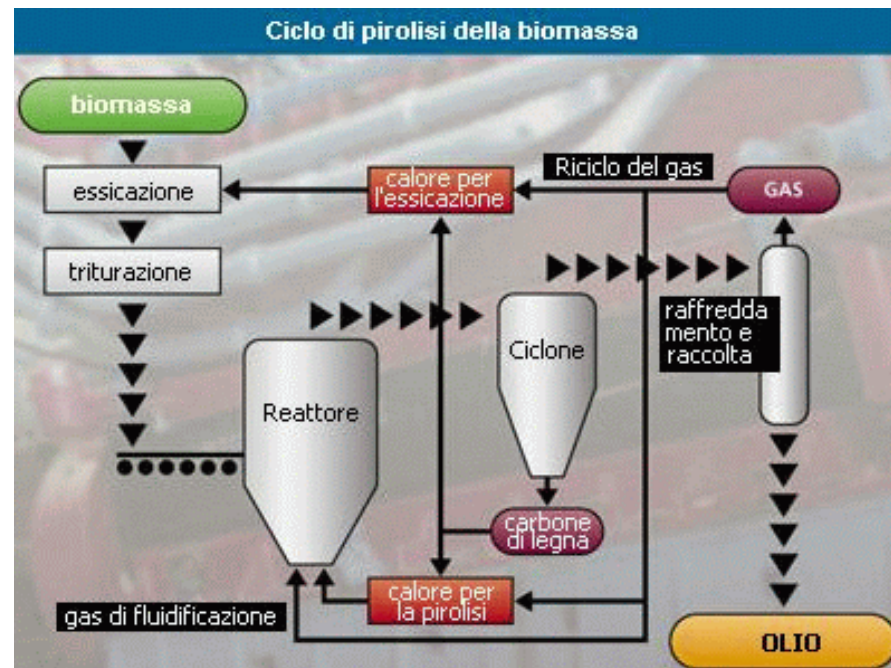
Gassificazione auto-termica diretta



La Pirolisi

Processo in cui non ha luogo alcuna forma di ossidazione ma una degradazione termica del materiale organico, in assenza di ossigeno ed a temperature superiori ai 400°C (e tipicamente inferiori agli 800°C), raggiunte attraverso l'apporto diretto o indiretto di calore.

I prodotti principali del processo sono gas combustibili di pirolisi, liquidi organici condensabili ed un residuo solido, contenente il char e la frazione inorganica del combustibile.



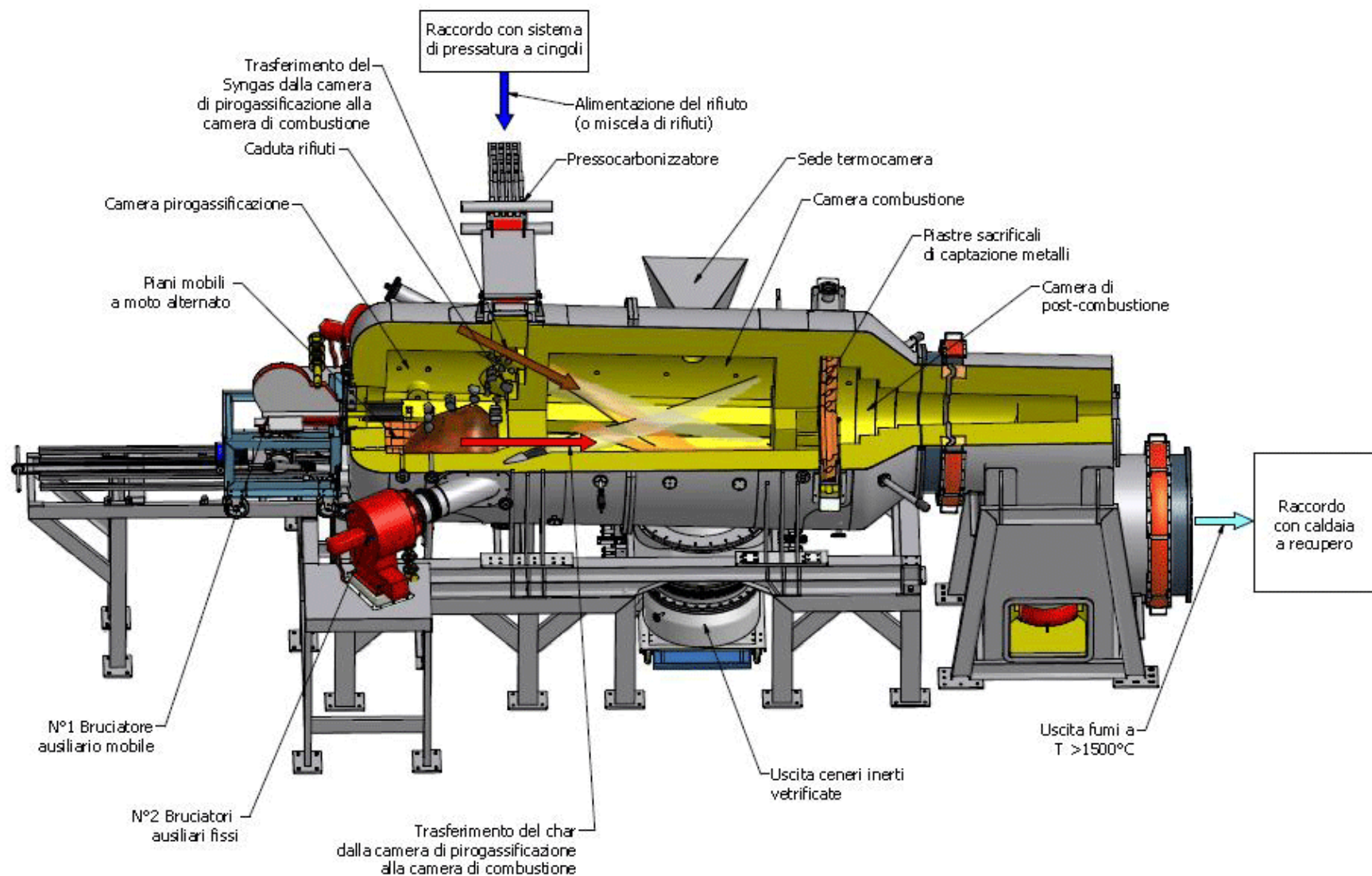
Le proporzioni relative di tali prodotti dipendono dalla natura del composto di partenza e dalle condizioni di esercizio del processo (in particolare, temperature più basse producono una maggiore frazione di prodotti liquidi mentre quelle più alte producono una maggiore quantità di syngas).

La Pirolisi

La pirolisi (o piroscissione) è un processo chimico di decomposizione generato dall'intervento di energia termica. E' ricordata tra le prime reazioni sviluppate dagli alchimisti, anche se oggi mantiene la sua attualità in numerose ed importanti applicazioni soprattutto del settore petrolchimico. Anche in natura si realizzano processi pirolitici: la formazione del petrolio dalla decomposizione di materiale organico ne è un esempio imponente.

E' un processo endotermico; condotta in assenza di aria e quindi in ambiente riducente, decompone la materia organica mediante distillazione. In questo processo le macromolecole organiche divengono instabili scindendosi in molecole più piccole e carbonio elementare.



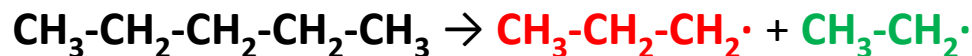


Prof. Rosario Saccà

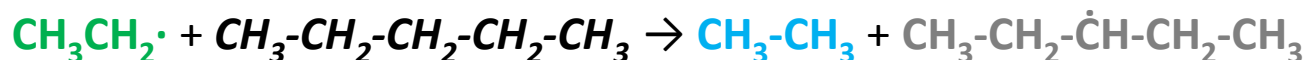
Presidente dell'Ordine dei Chimici della Provincia di Messina

La Pirolisi

La reazione di pirolisi avviene mediante una prima **scissione omolitica** che porta alla separazione della molecola di pentano in due radicali:

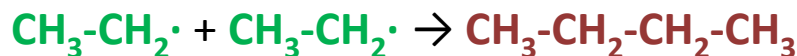


A partire da questi due radicali segue il fenomeno della **propagazione** attraverso la reazione di un radicale con un atomo di idrogeno di una nuova molecola di pentano (in grassetto corsivo):

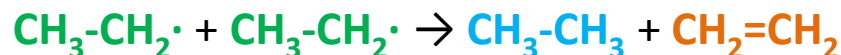


A questo punto segue la terminazione, che nel caso del pentano può portare a due possibili risultati:

- produzione di butano mediante **accoppiamento**:



- produzione di etano ed etilene mediante **dismutazione**:



La Pirolisi

I prodotti della reazione sono:

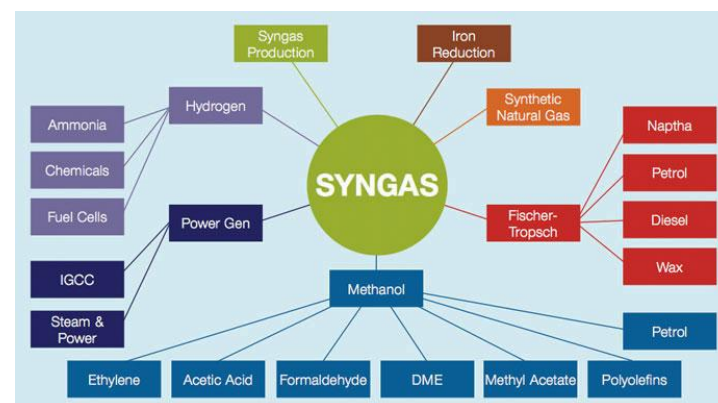
Nero fumo (Carbon black o char) 20-30%
(in peso) -Frazione **“solida”** contenente
residui a più alto peso molecolare, furani
derivati e composti fenolici.



Olio combustibile (Pyro-oil) 40-60% -
Frazione **“liquida oleosa”** contenente
acqua e composti organici a basso peso
molecolare: alcoli aldeidi, acidi, chetoni.



Gas ~ 5-10% - Frazione **“gassosa”** a medio
potere calorifico contenente CO, CO₂,
idrocarburi (CH₄, C₂H₄, C₃H₆), H₂O, H₂.



Prof. Rosario Saccà

Presidente dell'Ordine dei Chimici della Provincia di Messina

La Pirolisi

Variando le condizioni sperimentali del processo, è possibile realizzare tre diversi tipi di pirolisi: pirolisi lenta, pirolisi convenzionale, pirolisi veloce

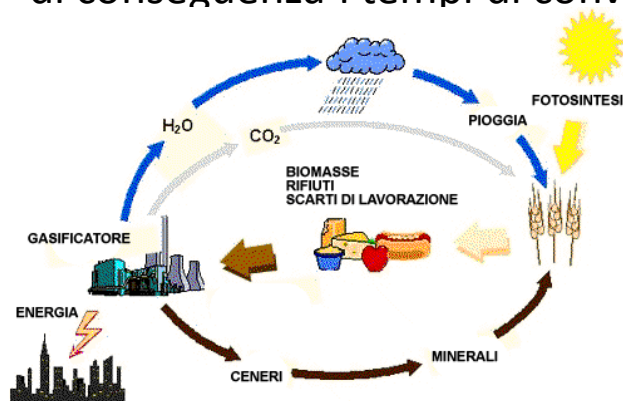
- La **pirolisi lenta** è caratterizzata da velocità di riscaldamento del combustibile molto basse, con temperature di reazione anch'esse piuttosto basse (200°C – 350°C) e con tempi di residenza molto lunghi. Questo particolare tipo di pirolisi può essere impiegato per produrre elevate quantità di char (oltre il 30%).
- La **pirolisi convenzionale** può essere realizzata mediante moderate velocità di riscaldamento ($\approx 20^{\circ}\text{C/s}$) ed altrettanto moderate temperature di reazione (minori di 600°C), con tempi di residenza variabili da 10 s a 10 min. Questo secondo tipo di pirolisi dà luogo a quantità comparabili di char, gas e liquido.
- La **pirolisi veloce**, infine, è caratterizzata da velocità di riscaldamento molto alte (dell'ordine di 100°C/s), che possono essere raggiunte mediante un'alimentazione a granulometria molto fine, da tempi di residenza della fase gas molto brevi (<2 s) e da rese molto basse di char.

La pirolisi convenzionale realizza la ripartizione più omogenea fra le fasi prodotte. Gli altri processi favoriscono la formazione delle fasi distillate (liquida e gassosa) a scapito del residuo solido: le più alte temperature facilitano le reazioni di gassificazione delle specie organiche pesanti e del *char*, con produzione di un gas più ricco in H_2 e CO e quindi a più alto potere calorifico, e conseguente riduzione del residuo solido carbonioso.

La Pirolisi

Le rese di gas e liquido dipendono, oltre che dal tipo di materia sottoposta a pirolisi, dal tempo di residenza e dalla temperatura all'interno del reattore (Di Blasi et al., 1999; Di Blasi et al., 2001).

La distribuzione dei prodotti di pirolisi e la composizione della fase gassosa sono influenzate dalla composizione chimica della materia, le proprietà fisiche di questa influenzano le velocità di riscaldamento e di conseguenza i tempi di conversione.



Il tempo di residenza influisce sul grado di avanzamento delle reazioni secondarie che portano ad una diminuzione della resa di liquido a favore della formazione di composti volatili e *char* secondario.

L'applicazione della pirolisi presenta alcuni vantaggi frutto della particolare tipologia del processo, che possono essere sintetizzati in:

- impiego su piccola scala
- possibilità di recupero finale di specie chimiche dotate di valore commerciale.
- riduzione sensibile della quantità di gas da sottoporre a trattamento di depurazione.

Prof. Rosario Saccà

Presidente dell'Ordine dei Chimici della Provincia di Messina

Quindi possiamo dire che la pirolisi, cioè il trattamento termico in assenza di ossigeno o aria rappresenta la proposta tecnologica più innovativa tra quante presentate nel settore del trattamento delle biomasse in genere.

Non produce DIOSSINE, PM 10, idrocarburi policiclici aromatici, furani e benzofurani .

Produce BIOCHAR .

Consente di trasformare una vasta gamma di materiali secchi o umidi, come i rifiuti solidi urbani e derivati, fanghi di depurazione, ecc.

Rende possibile la realizzazione di impianti di medie e piccole dimensioni inseribili anche in contesto urbano così da permettere di sfruttare l'energia termica prodotta mediante teleriscaldamento o raffrescamento .

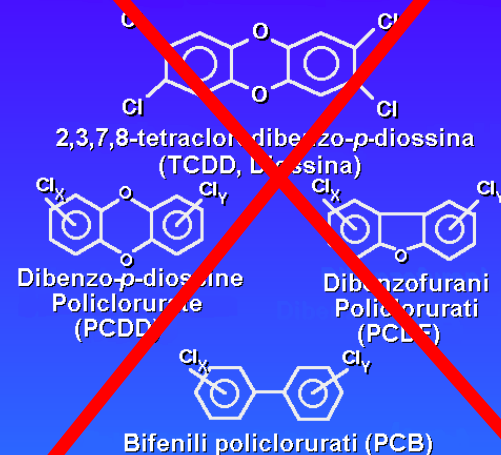
Comporta un impatto ambientale irrilevante .

Non è un impianto di combustione od incenerimento, ma di trasformazione delle biomasse in idrogeno, ossido di carbonio e idrocarburi leggeri .

Non ha reflui

La Pirolisi

TCDD E COMPOSTI CORRELATI



Prof. Rosario Saccà

Presidente dell'Ordine dei Chimici della Provincia di Messina

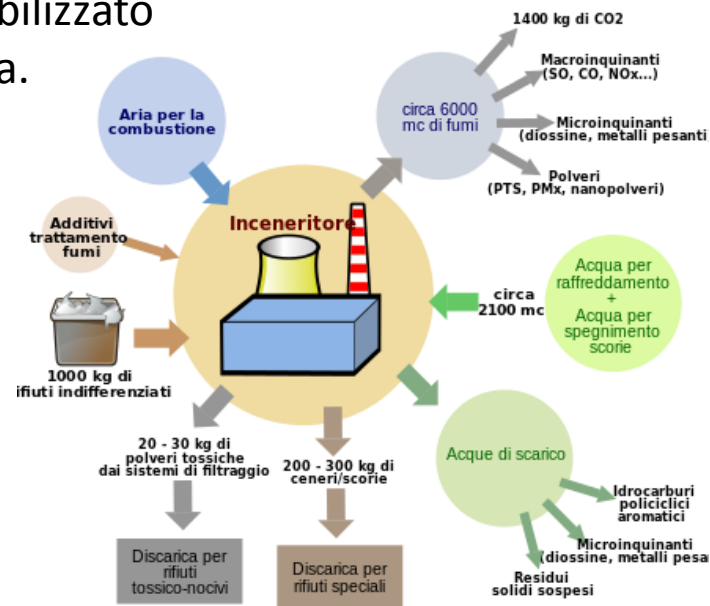
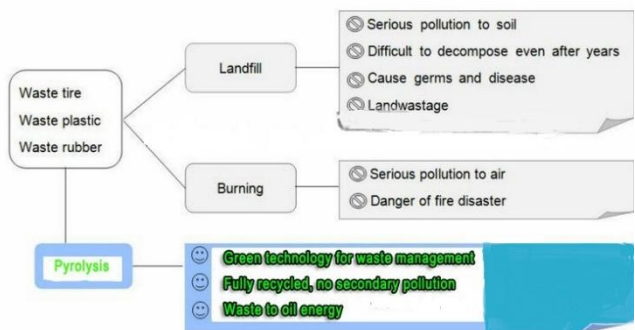
CONFRONTO CON GLI IMPIANTI DI INCENERIMENTO

Il procedimento di pirolisi proposto, si pone in netta competizione alla tecnologia di termodistruzione (incenerimento).

L'incenerimento avviene in un apposito forno, generalmente del tipo a griglia mobile, appositamente progettato per bruciare il particolare "combustibile" caratterizzato da basso potere calorifico e da disomogeneità qualitativa e dimensionale. La combustione diretta presenta una serie di vantaggi fra cui:

- la riduzione fino al 90% e fino al 70% rispettivamente del volume e del peso iniziale
- il materiale residuo risulta completamente sterile e stabilizzato
- la possibilità di recupero di parte dell'energia contenuta.

Tuttavia, nel confronto diretto col procedimento di pirolisi i suoi limiti risultano evidenti.



Prof. Rosario Saccà

Presidente dell'Ordine dei Chimici della Provincia di Messina

CONFRONTO CON GLI IMPIANTI DI INCENERIMENTO

PIROLISI

Minimo impatto ambientale ed elevata affidabilità di esercizio. Impianti di abbattimento semplici ed affidabili

Trattamento della corrente gassosa prima della sua combustione e quindi, non essendo ancora diluita dall'aria comburente, in quantità limitata. La pirolisi dei rifiuti produce un quantitativo di gas circa 10 volte inferiore a quello prodotto con la combustione

INCENERIMENTO

Dubbia compatibilità ambientale (particolarmente in relazione alle emissioni micro-inquinanti) ed incerta affidabilità. Impianti di abbattimento caratterizzati da complicazione impiantistica e gestionale notevole, oltre che da costi elevatissimi

Trattamento effluenti gassosi a valle della combustione e quindi su una corrente massivamente importante (diluita dall'aria comburente). Per ottenere una combustione il più possibile completa, si opera con un eccesso d'aria pari a 1.5-2.5 volte la quantità stechiometrica necessaria

Prof. Rosario Saccà

Presidente dell'Ordine dei Chimici della Provincia di Messina

CONFRONTO CON GLI IMPIANTI DI INCENERIMENTO

PIROLISI

Il processo di pirolisi, endotermico, viene condotto a temperature relativamente basse (prossime ai 500°C). Questo facilita il controllo della temperatura e quindi del processo, riduce drasticamente il quantitativo di effluenti gassosi, evita la formazione di prodotti indesiderati

L'operazione di depurazione della corrente gassosa è estremamente semplice in quanto il gas di pirolisi prodotto in ambiente riducente, e non ancora combusto, è caratterizzato da molecole strutturalmente semplici ed assolutamente prive di composti organici clorurati (PCDD-PCDF).

INCENERIMENTO

Processi esotermici ossidativi, caratterizzati da temperature di combustione superiori a 1000°C. Regolazione della temperatura di difficile gestione in quanto effettuabile soltanto attraverso la variazione della portata in alimentazione (elevata inerzia del sistema)

Complicazioni nel controllo della formazione dei PCDD-PCDF: le difficoltà sorgono sia in fase di progettazione che in quella di gestione della combustione e fanno sorgere dubbi circa l'affidabilità del sistema nei confronti dei microinquinanti organo- clorurati.

Difficoltà a contrastare i fenomeni di riformazione di PCDD-PCDF.

Prof. Rosario Saccà

Presidente dell'Ordine dei Chimici della Provincia di Messina



CONFRONTO CON GLI IMPIANTI DI INCENERIMENTO

PIROLISI

La distillazione in assenza di aria trasforma gli alogeni e lo zolfo, in composti acidi idrogenati che vengono abbattuti ed allontanati dalla corrente gassosa di pirolisi prima della sua combustione. Il ciclo evita, in ogni punto dell'impianto, la contemporaneità delle condizioni che portano alla formazione delle diossine, risolvendo il grave problema del microinquinamento organico

Sezione di trattamento acque a recupero con ovvi benefici economici

Parziale gassificazione del C, il resto rimane nel residuo come carbone mescolato ai componenti inorganici

INCENERIMENTO

Necessità di un'importante sezione per il trattamento dei reflui liquidi, con tutte le problematiche connesse

Ossidazione completa di tutto il C contenuto nel rifiuto a CO₂ e conseguente sua dispersione in atmosfera con possibilità di variazioni microclimatiche locali

Prof. Rosario Saccà

Presidente dell'Ordine dei Chimici della Provincia di Messina

CONFRONTO CON GLI IMPIANTI DI INCENERIMENTO

PIROLISI

La bassa temperatura e la pratica assenza di movimenti convettivi all'interno del reattore evitano il trascinamento di particolato

Facile gestione della combustione legata alla tipologia del combustibile (gas di pirolisi in fase aeriforme)

Recupero completo dei metalli in forma non ossidata

La componente carboniosa, residuo della pirolisi delle componenti organiche, trova facile utilizzo come combustibile ($PCI \sim 5200$ kcal/kg) rendendo flessibile il recupero energetico

INCENERIMENTO

Presenza importante di polveri e particolato nei fumi, a causa del movimento dei rifiuti sulla griglia e del notevole eccesso d'aria

Combustione diretta di un prodotto eterogeneo, con formazione di svariati prodotti di combustione caratterizzati da molecole complesse e presenza di incombusti

Perdita nelle scorie dei metalli bassofondenti (alluminio) e diminuzione di valore dei rottami ferrosi a causa dell'ossidazione

Sistema di recupero energetico rigido, con produzione di energia elettrica in loco e consumo di combustibile ausiliario nel post-combustore

Prof. Rosario Sacà

Presidente dell'Ordine dei Chimici della Provincia di Messina



CONFRONTO CON GLI IMPIANTI DI INCENERIMENTO

PIROLISI

Bassa temperatura di processo che favorisce la vita dei rivestimenti refrattari e degli organi meccanici. La natura e il quantitativo dei gas in circolo evita fenomeni di erosione e corrosione e riduce drasticamente i costi di manutenzione

Sistema di smaltimento pressoché universale, potendo essere applicato a varie categorie di materiali in ingresso

Costi d'investimento limitati

Bassi costi di gestione

Semplicità impiantistica

Semplicità gestione processistica

Affidabilità a lungo termine

Possibilità di variare la scala dell'impianto in maniera modulare

INCENERIMENTO

Elevate temperature di processo. Combustione diretta del rifiuto con formazione di composti aggressivi. Elevati costi di manutenzione

Sensibilità delle griglie ai rifiuti caratterizzati da un elevato potere calorifico (gomme usate)

Notevoli costi d'investimento

Costi gestionali su livelli medi

Impianti complessi, soprattutto nel trattamento fumi

Gestione complessa del processo che pone il problema della qualificazione del personale di esercizio

Necessità di continue manutenzioni

Rigidità di scala (impianti di grosse dimensioni)

Prof. Rosario Saccà

Presidente dell'Ordine dei Chimici della Provincia di Messina

Criticità della termodistruzione dei rifiuti

Incenerimento

I grossi difetti dell'incenerimento possono essere riassunti in:

- incompleta combustione dei residui solidi,
- grossi volumi di fumi da trattare,
- emissioni pericolose in atmosfera,
- impossibilità di stoccare l'energia prodotta,
- perdita di valore delle componenti inorganiche, etc.



Prof. Rosario Saccà

Presidente dell'Ordine dei Chimici della Provincia di Messina

Criticità della termodistruzione dei rifiuti

Pirolisi e Gassificazione

problematiche legate alla purificazione del syngas prodotto dai componenti non ancora totalmente degradati che lo accompagnano limitano l'applicazione effettiva di queste tecnologie

La pirolisi porta alla formazione di tre prodotti diversi: **gas leggeri**, **tar o bio olio**, **residuo (char)**. Le percentuali di questi prodotti sono variabili a seconda del materiale di partenza. In generale però si può dire però che la frazione più rilevante è il **tar** (almeno il 50%), mentre i **gas leggeri** sono sempre inferiori al 25-30% del materiale originario.

Il **tar** è un liquido combustibile ad alto potere calorifico, tuttavia, nella maggioranza dei casi risulta del tutto inutilizzabile.

I motivi sono svariati:
il **tar** si forma in condizioni incontrollate, e presenta frequenti insaturazioni (doppi legami C-C) che in certe condizioni possono dar luogo a polimerizzazioni successive, trasformandolo in un liquido diverso o, peggio, in un solido
il **tar** spesso contiene dei gruppi acidi (se si parte da materiali contenenti ossigeno) e quindi può essere corrosivo.

Prof. Rosario Saccà

Presidente dell'Ordine dei Chimici della Provincia di Messina

Criticità della termodistruzione dei rifiuti

Pirolisi e Gassificazione non sono magici perché non si brucia nulla (ed è vero, perché se non c'è ossigeno, non c'è combustione), ma **“Nulla si crea, nulla si distrugge”, quindi la materia non sparisce**. L'investimento energetico per fare la pirolisi (temperature comprese tra 400 e 800°C) genera: A) **prodotti liquidi** (cosiddetto **tar o olio di pirolisi**), **prodotti gassosi (syngas)**, C) **prodotti solidi** (di tipo carbonioso).

Il recupero energetico si ottiene bruciando **tar** e **syngas**. **Quindi si hanno delle combustioni**. Se questi vengono usati **come carburanti per autotrazione, piuttosto che come combustibili di una caldaia per una centrale elettrica costituiscono costituiscono una problematica ambientale**.

In un motore a combustione interna si ha un basso abbattimento degli inquinanti perché le temperature di combustione variano e, allo scarico, si avrà un basso abbattimento degli inquinanti per la semplicità dello scarico.

La combustione in caldaia è molto meno pericolosa perché garantisce temperature costanti che permettono di avere un maggior abbattimento degli inquinanti.

Criticità della termodistruzione dei rifiuti

Potendosi costruire impianti piccoli senza aggravio di costi (non c'è l'economia di scala tipica degli inceneritori), si rischia seriamente di bloccare definitivamente la raccolta differenziata, dato che anche i piccoli comuni, attratti pure dalla possibilità di ottenere opere compensative, potrebbero seriamente essere invogliati a considerare il loro impianto di pirolisi domestica come la "via perfetta per il "problema" rifiuti.



RIDIAMO DIGNITA' E VALORE ALLE PAROLE
"PORTA A PORTA"



Prof. Rosario Saccà

Presidente dell'Ordine dei Chimici della Provincia di Messina

PER CONCLUDERE

- | | | |
|--------------------------------------|---|----------------------|
| 1) Reazione vapore d'acqua carbonio: | $\text{Biomassa} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$ | reazione endotermica |
| 2) Equivalenza Boudouard: | $\text{C} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO}$ | reazione endotermica |
| 3) Reazione vapore metano: | $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$ | |
| 4) Combustione: | $\text{Biomassa} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ | |
| 5) Ossidazione parziale: | $\text{Biomassa} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}$ | |
| 6) Metanizzazione: | $\text{Biomassa} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4$ | |
| 7) Reazione gas d'acqua: | $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ | |
| 8) Metanizzazione CO: | $\text{CO} + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ | |
| 9) Esempio di reazione parassitaria: | $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ | |



LA COMBUSTIONE PERFETTA

Prof. Rosario Saccà

Presidente dell'Ordine dei Chimici della Provincia di Messina



“I momenti storici nei quali l’umanità riceve un nuovo regalo, che le permette di riordinare le proprie relazioni e quelle dell’ambiente sono veramente rari. Noi viviamo un tale istante. A noi è stato dato il potere del Sole. L’idrogeno è un promettente inizio per un futuro florido dell’umanità sulla Terra. Dipende solo da noi se buttare via tale opportunità, oppure investirla in imprese errate, oppure sfruttarla per il bene dell’umanità.”

Jeremy Rifkin

Grazie per l’attenzione

Prof. Rosario Saccà
Presidente dell’Ordine dei Chimici della Provincia di Messina