



 POLITECNICO DI MILANO



Senato della Repubblica - Commissione Ambiente
Roma - 24 settembre 2014

Recupero di energia da rifiuti: Combustione, gasificazione, pirolisi

prof. Stefano Consonni
Dipartimento di Energia, Politecnico di Milano



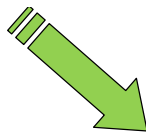
Centro Studi MatER

2

Il Centro Studi e Ricerche MatER (Materia ed Energia da Rifiuti) è un progetto intrapreso da LEAP (Laboratorio Energia e Ambiente Piacenza) con il supporto scientifico dei Dipartimenti di Energia e di Ingegneria Civile e Ambientale del Politecnico di Milano - con il patrocinio di Federambiente



POLITECNICO
DI MILANO



www.mater.polimi.it



Ambito di riferimento dell'attività MatER



S. Consonni - Commissione Ambiente Senato, 24 Set 2014

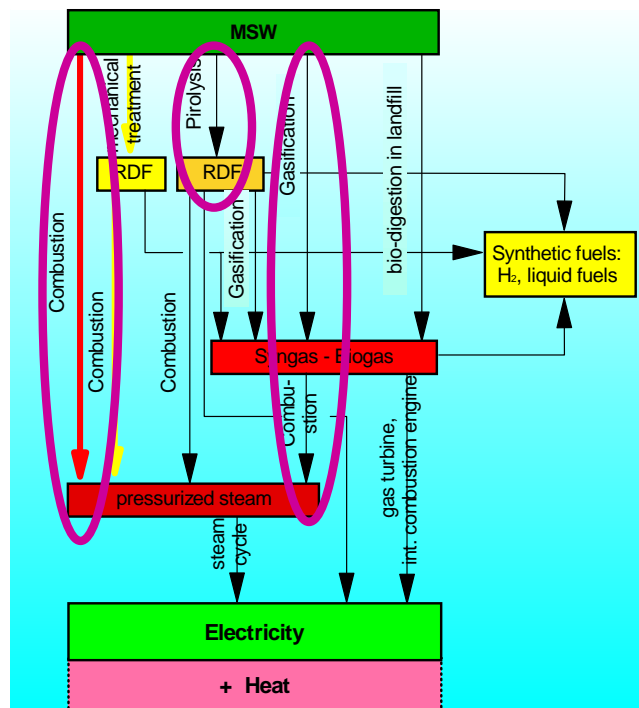


POLITECNICO DI MIANO



I percorsi di recupero energetico da rifiuti

Focus di questa presentazione



S. Consonni - Commissione Ambiente Senato, 24 Set 2014



POLITECNICO DI MILANO

L'energia contenuta nei rifiuti può essere recuperata "smontando" le strutture molecolari dei materiali contenuti nei rifiuti per formare strutture più semplici, principalmente anidride carbonica (CO_2) e acqua (H_2O). Questo processo è *esotermico*, cioè comporta la liberazione di calore.



Lo "smontaggio" della struttura molecolare di un materiale a base carbonio e idrogeno (combustibili, biomasse, rifiuti, etc.) può essere effettuato con tre fondamentali processi:

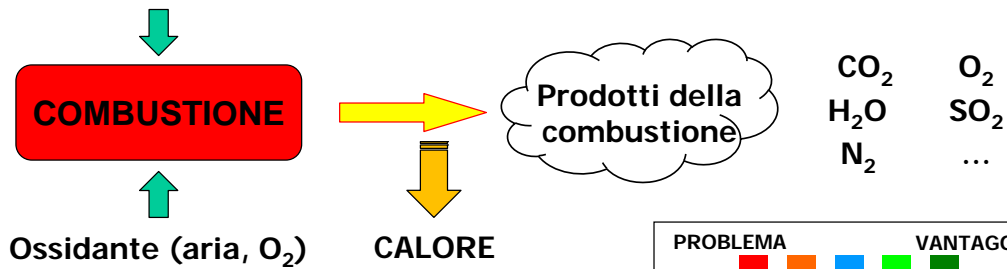
- 1. Pirolisi:** dissociazione indotta fornendo calore in assenza di ossigeno. Il prodotto finale è un mix di solidi, liquidi e gas
- 2. Gasificazione:** ossidazione parziale con ossigeno in quantità minore di quella necessaria per l'ossidazione totale. Il prodotto finale è un "gas di sintesi" o "syngas" composto di monossido di carbonio (CO), idrogeno (H_2) e una varietà di altre specie
- 3. Combustione:** ossidazione completa con eccesso di ossigeno. Il prodotto finale è un gas - spesso indicato come "fumi" - composto prevalentemente di anidride carbonica (CO_2), vapor d'acqua (H_2O), ossigeno (O_2) e azoto (N_2)



Combustione

7

Fonte di energia primaria (combustibile fossile, biomassa, rifiuti)



PROBLEMA ■ ■ ■ ■ VANTAGGIO ■ ■

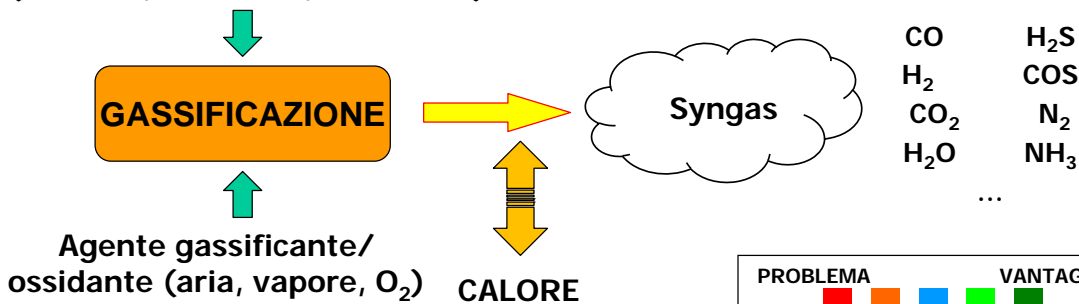
- **Estremamente flessibile: funziona con un'ampissima varietà di materie prime**
- **Tecnologie molto consolidate e affidabili**
- **Tutta l'energia primaria contenuta nella materia prima è convertita in calore**
- **I prodotti della combustione non sono ulteriormente utilizzabili**
- **Se non controllata adeguatamente, può generare inquinanti**



Gasificazione

8

Fonte di energia primaria (carbone, biomassa, rifiuti ecc.)

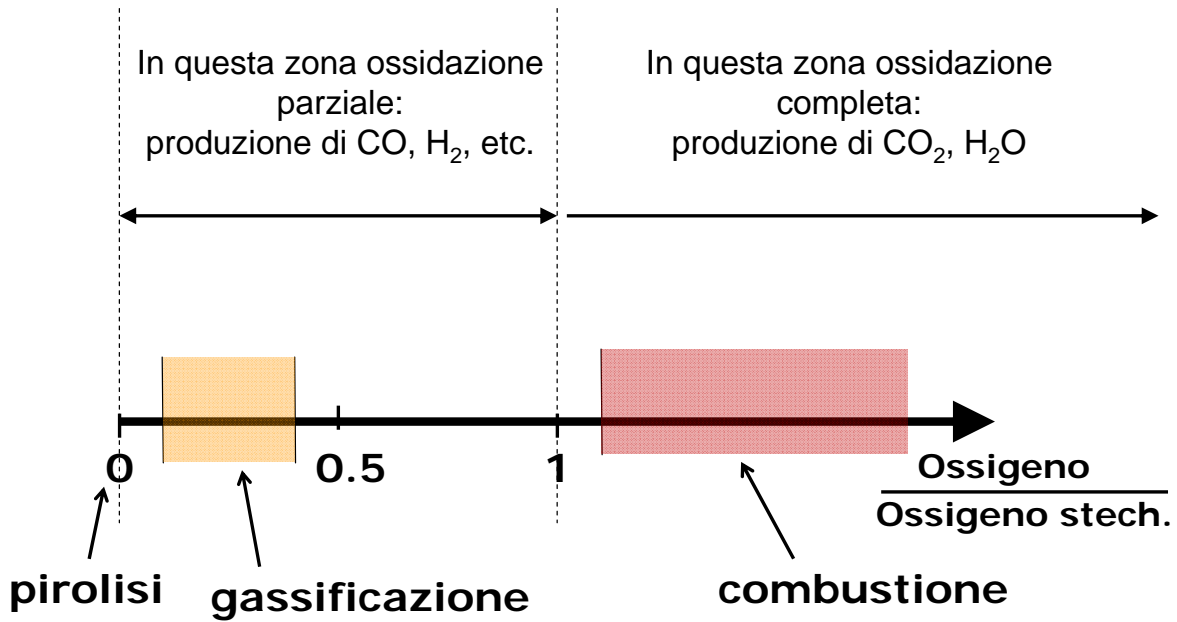


PROBLEMA ■ ■ ■ ■ VANTAGGIO ■ ■

- **Molto sensibile alle caratteristiche della materia prima**
- **Solo una frazione dell'energia primaria contenuta nella materia prima è convertita in calore**
- **Il syngas prodotto può essere usato per un'ampia varietà di processi energetici e chimici**
- **Syngas è tossico, esplosivo e contaminato con inquinanti --> il trattamento del syngas è cruciale**

Una questione di ossigeno

9



S. Consonni - Commissione Ambiente Senato, 24 Set 2014



POLITECNICO DI MILANO

Pirolisi e gassificazione NON sono tecnologie nuove

10

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY
NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY



Gasification 2010 Worldwide Database



Duke Energy's Edwardsport Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) Station presently under construction in Knox County, Indiana. (Photos courtesy of Duke Energy.)

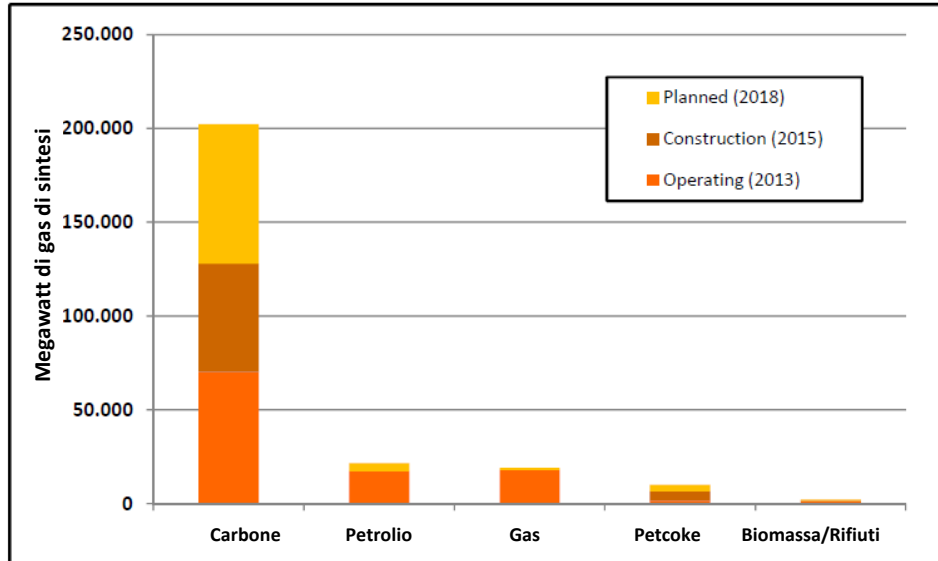
S. Consonni - Commissione Ambiente Senato, 24 Set 2014



POLITECNICO DI MILANO



Gasification Technologies Conference
Colorado Springs, CO
October 16, 2013
State of the Gasification Industry –
the Updated Worldwide Gasification Database
Chris Higman, Higman Consulting GmbH, Sachsenstrasse 19, Schwalbach, GERMANY



S. Consonni - Commissione Ambiente Senato, 24 Set 2014



POLITECNICO DI MILANO



What is Gasification?

Gasification Applications

Benefits of Gasification

What is Gasification?

How Does it Work

Gasification vs. Incineration

Gasification vs. Pyrolysis

World Database

Map of Facilities

The Gasification Industry

Glossary

Map of Facilities

Gasification is a commercial manufacturing technology that has been used around the world to produce chemicals, fertilizers, transportation fuels, substitute natural gas, and electricity. See where gasification is used around the globe by clicking the map below.



<http://www.gasification.org/what-is-gasification/map-of-facilities/>

S. Consonni - Commissione Ambiente Senato, 24 Set 2014



POLITECNICO DI MILANO



Tampa Electric Polk Power Station Integrated Gasification Combined Cycle Project

Final Technical Report

August 2002

Work Performed Under
Cooperative Agreement DE-FC-21-91MC27363

For:
The U.S. Department of Energy
Office of Fossil Energy
National Energy Technology Laboratory
Morgantown, West Virginia



Nome dell'impianto	Polk County IGCC Project
Potenza elettrica	250 MW _e
Anno di costruzione	1996
Combustibile	Carbone e petcoke
Produzione di syngas	451 MW _{th}

fonte: Gasification
Technologies Council



	PYROLYSIS	GASIFICATION	COMBUSTION
years of operation	30	10	125
number of plants	< 10	< 100	> 1000

Fonte: U. Arena, Univ. di Napoli II

La diffusione della gasificazione ha sofferto finora di un complesso di fattori:

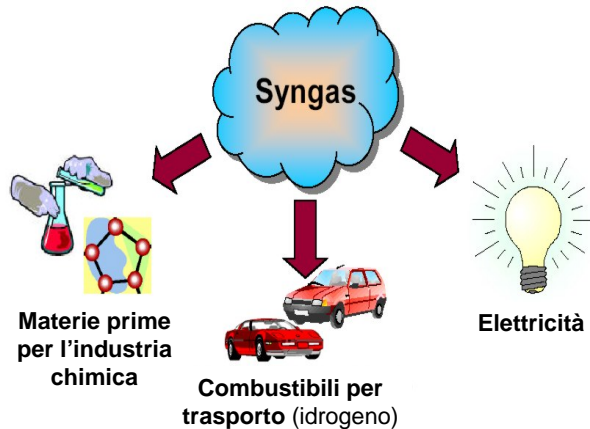
- prestazioni energetiche scadenti
- complessità di impianto
- scarsa affidabilità
- elevati costi di investimento e di gestione

Per rifiuti, applicazioni per situazioni/motivazioni peculiari (Giappone)



Le motivazioni di base della gassificazione¹⁵

1. **Potenzialmente**, syngas é utilizzabile per la produzione di vettori energetici o materiali ad alto valore aggiunto
2. **Se adeguatamente trattato**, syngas é utilizzabile in sistemi efficienti per la produzione di elettricit  (Cicli Combinati)
3. Volume di syngas   piccolo (manca l'azoto dell'aria) --> rimozione inquinanti
potenzialmente pi  facile ed economica



Gasificazione vs. combustione¹⁶

Rispetto alla combustione, di per s  la gasificazione **NON** garantisce:

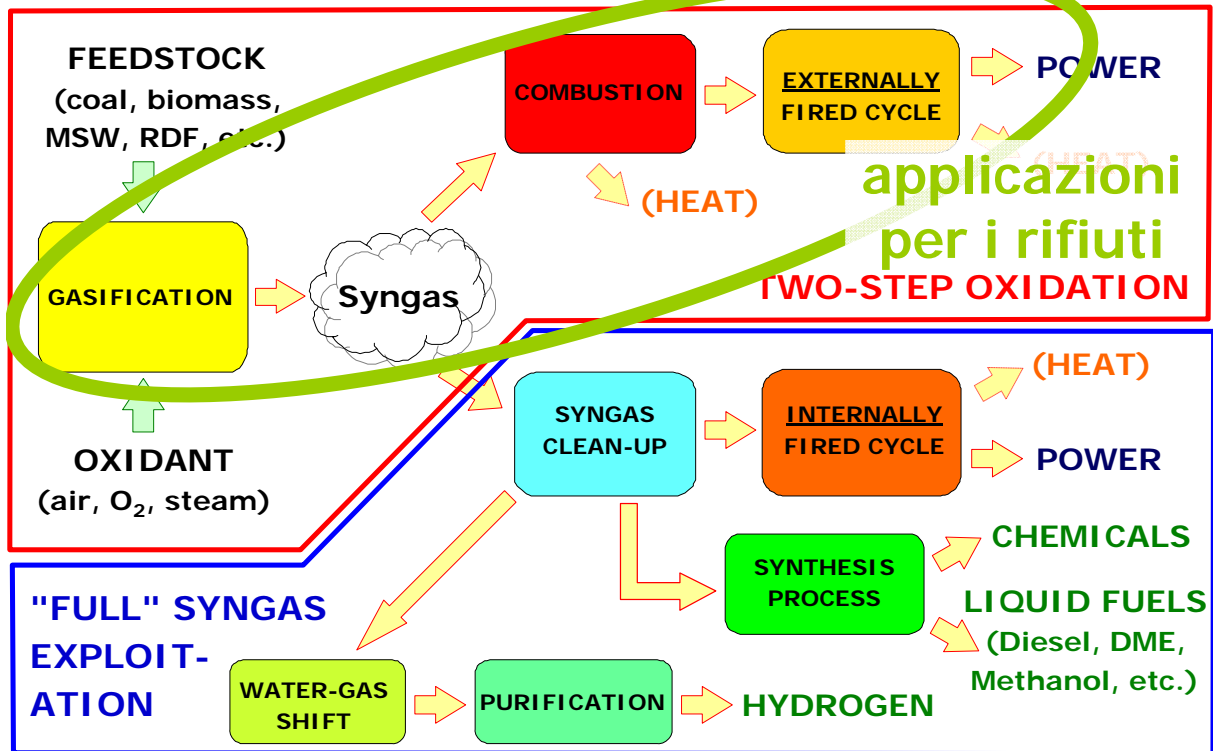
- n  maggiori rendimenti di recupero di energia
- n  minori emissioni
- n  minor produzione di residui solidi (o liquidi)
- n  minori costi di investimento
- n  minori costi di gestione

Gli eventuali vantaggi rispetto ai sistemi a combustione dipendono in modo cruciale da **come viene utilizzato il syngas prodotto dalla gasificazione**

In ogni caso, la gasificazione richiede **impianti complessi**, che richiedono progettazione e gestione molto impegnative

I due possibili destini del syngas

17



S. Consonni - Commissione Ambiente Senato, 24 Set 2014



POLITECNICO DI MILANO

Riassunto Gasificazione vs Combustione

18

Potenziali vantaggi di gasificazione vs. combustione	Problemi/inconvenienti di gasificazione vs. combustione
<p>1</p> <p>a) Syngas più facile da gestire, misurare e controllare di RSU</p> <p>b) Combustione del syngas più semplice e meglio controllabile</p>	<p>a) Syngas tossico ed esplosivo --> sicurezza</p> <p>b) Conversione a in due fasi (gasificazione + combustione/conversione syngas) --> complessità, costo, ridotta affidabilità</p>
<p>2</p> <p>La scarsità di ossigeno:</p> <p>(i) facilita il recupero dei metalli</p> <p>(ii) riduce formazione diossine e NO_x</p>	<p>Per syngas non trattato, emissioni analoghe a quelle di impianti a combustione. Possibili maggiori emissioni di metalli volatili</p>
<p>3</p> <p>Previo opportuno trattamento, syngas é utilizzabile in sistemi ad alta efficienza (cicli combinati, motori endotermici)</p>	<p>a) Trattamento syngas complesso e costoso</p> <p>b) Perdite nella gassificazione e pulizia del syngas vanificano i vantaggi dei sistemi ad alta efficienza</p> <p>c) Bassa efficienza, ancor più alla scala tipica degli impianti a rifiuti</p>

Tecnologia

Ambiente

Energia

S. Consonni - Commissione Ambiente Senato, 24 Set 2014



POLITECNICO DI MILANO



Gassificazione vs combustione dei rifiuti ²³

	Potenziali vantaggi di gassificazione vs. combustione	Problemi/inconvenienti di gassificazione vs. combustione
4	Se opportunamente trattato, syngas può essere utilizzato per produrre combustibili o prodotti di alta qualità (e.g. plastiche).	a) Trattamento syngas molto impegnativo e costoso b) Sintesi combustibili o prodotti sintetici molto costosa, ancor più alla piccola scala degli impianti a rifiuti
5	Gasificazione ad alta pressione aumenta efficienza e riduce costi	Gasificazione in pressione dei rifiuti pone problemi formidabili e non è stata finora tentata da nessun costruttore

Costi

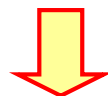
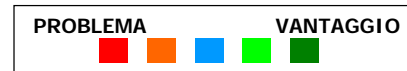
Tecnologia

no free lunch ...



In definitiva ²⁰

- **Rispetto alla convenzionale combustione, la gasificazione di rifiuti urbani presenta sostanziali problemi/svantaggi a fronte di vantaggi limitati e circoscritti**
- **Emissioni analoghe a quelle dei sistemi a combustione**
- **Recupero di energia inferiore**
- **Configurazione più complessa e costosa**
- **Affidabilità inferiore**
- **Recupero metalli più facile/efficiente**
- **Qualità residui (scorie) possibilmente superiore**



- **La limitatissima diffusione della gasificazione non è un caso, ma il frutto di circostanze che la rendono poco attraente - se non in contesti particolarissimi (e.g. in Giappone, dove il recupero energetico è pressoché irrilevante ed il costo di trattamento è molto elevato)**

Quale ruolo per la gasificazione dei rifiuti ?

- Le prospettive della gasificazione dei rifiuti diventano potenzialmente più interessanti se l'impianto viene "specializzato" al trattamento di materiali particolari come residui plastici, car-fluff, fanghi essiccati.
- Gli effettivi vantaggi energetici, ambientali, economici e gestionali di tali eventuali soluzioni "specializzate" a particolari materiali dovranno essere verificate con attenzione.
- In ogni caso, si tratterebbe di **tecnologie e processi ancora non commerciali**, che necessitano cioè di **un lungo cammino di ricerca e sviluppo (molti anni)** prima di arrivare ad una versione "industriale" proponibile per applicazioni concrete.

Conclusions

22

**Grazie
dell'attenzione !**



mater
materia & energia da rifiuti
materials & energy from refuse

www.mater.polimi.it