

GASSIFICAZIONE DI BIOMASSE, RIFIUTI E IMBALLAGGI POST-CONSUMO

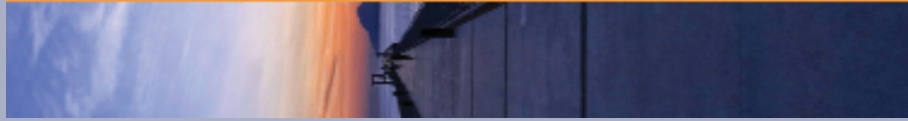
PROGETTO DI RICERCA CONAI-AMRA

amra

analysis and monitoring of environmental risk

Obiettivi del Progetto Amra-Conai

- **acquisire informazioni sulla fattibilità tecnologica del processo di gassificazione di rifiuti**, attraverso sperimentazioni su un impianto di dimensioni tali da fornire dati direttamente utilizzabili in fase di progetto perché non influenzati dall'effetto scala;
- **verificare il comportamento alla gassificazione di una vasta gamma di combustibili di interesse per Conai e per i suoi Consorzi di filiera;**
- **valutare i principali parametri economici per applicazioni su piccola-media scala di un gassificatore per produzione di energia elettrica e termica da imballaggi post-consumo.**






Risultati del Progetto Amra-Conai

- **il processo di gassificazione è tecnicamente fattibile con tutti i materiali utilizzati:**
 - materiali dalla filiera del riciclo di diversi imballaggi plastici
 - combustibili derivati da rifiuti urbani (CDR), da imballaggi alimentari (PDF) e da scarti della lavorazione della carta da macero
 - biomasse lignee naturali e da rifiuto.
- **le biomasse lignee e gli scarti degli imballaggi plastici hanno mostrato le prestazioni tecnico-economiche più interessanti, con particolare riferimento a impianti di piccola-media scala (da 0.5 a 6MWe).**

Risultati del Progetto Amra-Conai

Materiali	Resa energetica, kWh/kg	CGE	Caratteristiche del syngas prodotto				
			PCI, kJ/m ³ _N	H ₂ , %	CO, %	CH ₄ , %	Tar, g/m ³ _N
Poliolfine miste	11.0	0.93	6800	28.2	21.1	2.3	~ 0
Plastiche miste	7.7	0.69	7900	9.6	4.5	8.6	32
Imballaggi alimentari	4.2	0.60	6200	9.9	11.6	6.3	19
CDR-Q	3.5	0.47	5700	7.9	8.7	7.0	43
Biomassa naturale	3.8	0.87	6200	14.0	18.9	4.9	~ 0
Biomassa da scarti	3.7	0.66	5100	11.8	17.2	3.7	2.8

CGE = energia contenuta nel syngas rispetto all'energia del combustibile di partenza



Risultati del Progetto Conai-Amra

La **gassificazione** è un'alternativa concreta alla combustione tradizionale per impianti di piccola-media taglia, grazie ad una serie di vantaggi:

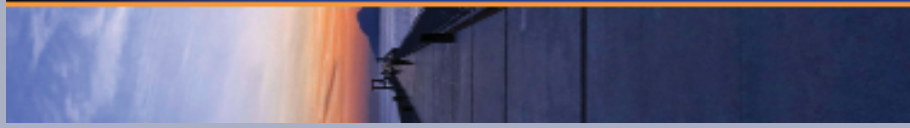
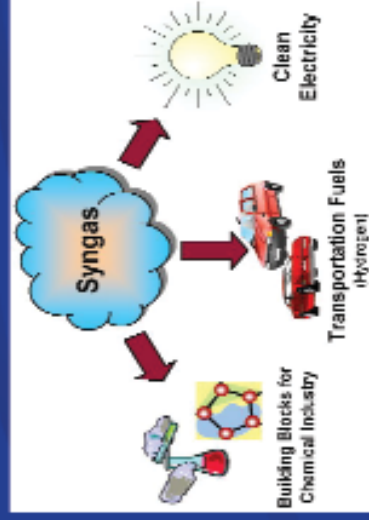
- la possibilità di maggiori efficienze di conversione dell'energia elettrica e quindi di una riduzione delle emissioni di anidride carbonica
- una limitata formazione di diossine, di NOx e SOx
- una drastica riduzione del volume dei gas di processo
- un ampio intervallo di prodotti immediatamente ottenibili dal syngas
- bassi contenuti di carbonio nei residui solidi.

Trattamenti termici di gassificazione

Il termine gassificazione comprende i processi di conversione di qualsiasi combustibile carbonioso in un prodotto gassoso (syngas), con un potere calorifico utilizzabile.

Si realizza una serie di reazioni tra materiali carboniosi ed uno o più reagenti contenenti ossigeno, a temperature generalmente $> 800^{\circ}\text{C}$, per ottenere

prodotti gassosi non completamente ossidati da utilizzare come fonte di energia, come combustibili per autotrazione oppure come sostanze di base per l'industria chimica.





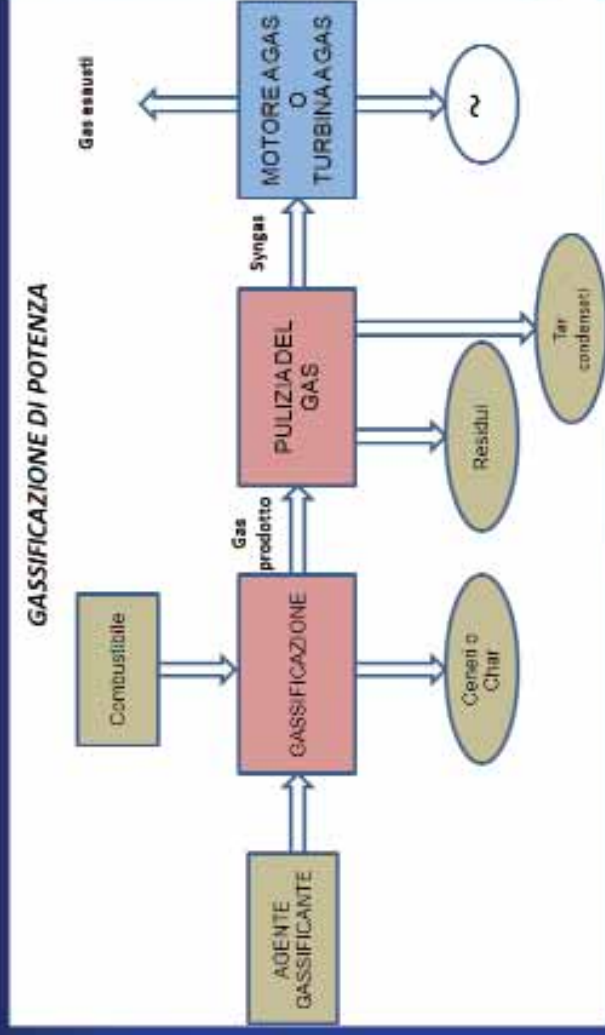
Configurazioni impiantistiche

I differenti possibili impieghi del syngas prodotto sono condizionati dalla sua qualità, che deve rispettare alcune caratteristiche per essere compatibile con ogni specifico utilizzo.

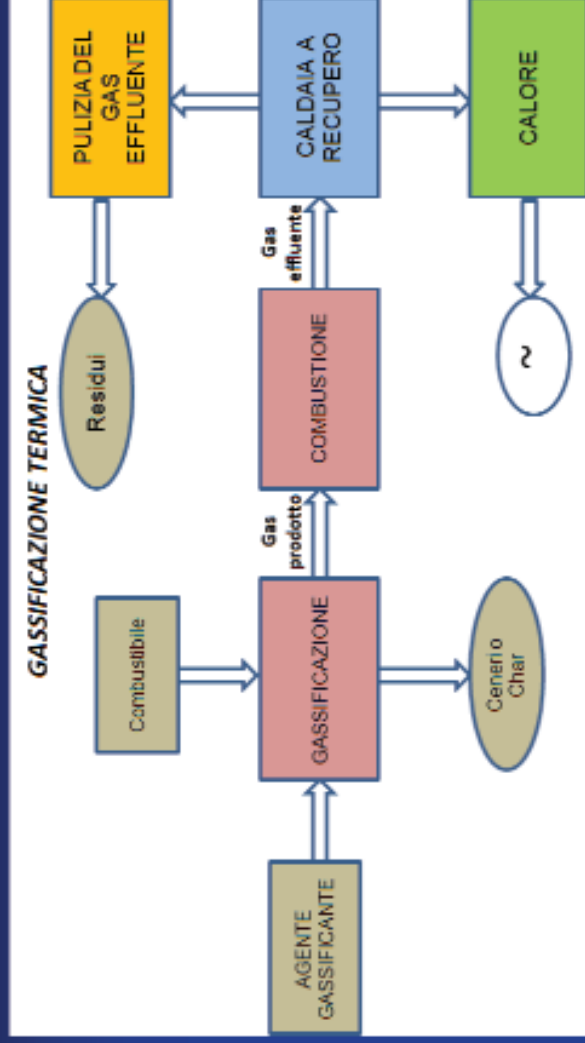
Al crescere del grado di pulizia sono possibili applicazioni a più alta efficienza di conversione in energia elettrica, fino a quelle per la produzione di combustibili per autotrazione e di prodotti di base per l'industria chimica.

Sono state valutate le prestazioni tecniche ed economiche di configurazioni in cui il gas è prima pulito e poi utilizzato (**gassificazione di potenza**) e di quelle in cui è prima bruciato e poi pulito (**gassificazione termica**).

Gassificazione di potenza



Gassificazione termica




Gassificazione termica

A confronto con la combustione diretta di un rifiuto solido, la combustione del syngas da gassificazione consente di ottenere una combustione più pulita ed efficiente grazie a:

- **l'ottima miscelazione gas-gas di un ridotto ammontare di aria con il gas combustibile**, che consente anche minori perdite termiche al camino
- **la possibilità di rimozione di alcune impurità dal gas combustibile**, resa vantaggiosa dal ridotto volume del gas combustibile rispetto a quello del gas effluente
- **la continuità del processo e la facilità del suo controllo.**





Gassificazione a letto fluido

I reattori a letto fluido sono tra le più interessanti tecnologie di gassificazione dei rifiuti per una serie di vantaggi:

- condizioni quasi isoterme in tutto il reattore
- elevati coefficienti di trasferimento di massa e di calore tra le fasi
- assenza di parti in movimento nelle zone calde e basse temperature di esercizio
- elevata flessibilità operativa
- possibilità di applicare il processo anche su scale relativamente piccole.

Il reattore *FluGas*



Il reattore FluGas

PARAMETRI GEOMETRICI	diametro interno: 0,381m; altezza totale: 5,90m; altezza del reattore: 4,64m
CAPACITÀ DI ALIMENTAZIONE	30-100 t/gh (dipende dal tipo di combustibile)
OUTPUT TERMICO	300-500kW (dipende dal tipo di combustibile)
BRONCIERE TIPICO DEL LETTO	135-215kg Coclea
SISTEMA DI ALIMENTAZIONE	in-bed (raffreddata ad acqua) e over-bed (raffreddata ad aria)
AGENTI GASIFICANTI	aria, ossigeno, vapore, anidride carbonica (solo o come miscela)
INTERVALLO OPERATIVO DI TEMPERATURA	750-900°C
INTERVALLO OPERATIVO DI VELOCITÀ	0,4 - 1 m/s
SISTEMI DI TRATTAMENTO DEL SYNGAS	ciclone, scrubber, torcia
SISTEMI DI SICUREZZA	guardia idraulica, valvole di sicurezza, dischi di rottura, allarmi, linea di azoto per inertiizzazione di sicurezza

Il reattore FluGas



Potere calorifico dei combustibili utilizzati

<i>Combustibile</i>	<i>PCI, MJ/kg</i>
Polietilene	42.9
Miscela di plastiche poliolefiniche	42.9
Plastiche miste da raccolta differenziata	31.9
Plastiche miste selezionate	39.8
PDF da imballaggi alimentari	23.2
CDR-Q	25.8
Biomasse naturali	16.7
Biomasse da rifiuto	20.9
Residui lavorazione cartiere	19.5
RSU	9.5-10.5
CDR	14.9-18.0
Carta e cartoni	13.0-13.5
Oli pesanti	42.5
Gasolio	45.2
Cherosene	46.5

Caratteristiche dei materiali del letto

Materiale letto:		Sabbia quarzite	Olivina silicato di Fe e Mg	Dolomite carbonato di Ca e Mg
Composizione chimica, % su base massica				
SiO ₂	96,25	39-42	<0.2	
MgO	-	48-50	20-25	
CaO	0.05	<0.4	30-32	
Fe ₂ O ₃	0.15	8-10,5	<0.7	
K ₂ O	0.75	-	<0.1	
TiO ₂	0.50	-	-	
Al ₂ O ₃	2.30	0.8	<0.3	
Cr ₂ O ₃	-	-	-	
Mg ₃ O ₄	-	-	-	
Na ₂ O	-	-	<0.3	
LOI (perdita per ignizione), % su base massica				
Intervallo granulometrico, mm	200 ÷ 400	200 ÷ 400	300-800	
Diametro medio di Sauter, mm	205	298	360	
Densità di particella, kg/m ³	2600	2900	2900	
Minima velocità fluidizzazione a 850°C, m/s	0.013	0.03	0.044	
Velocità terminale a 850°C, m/s	1	2	2.8	

I materiali del letto fluido

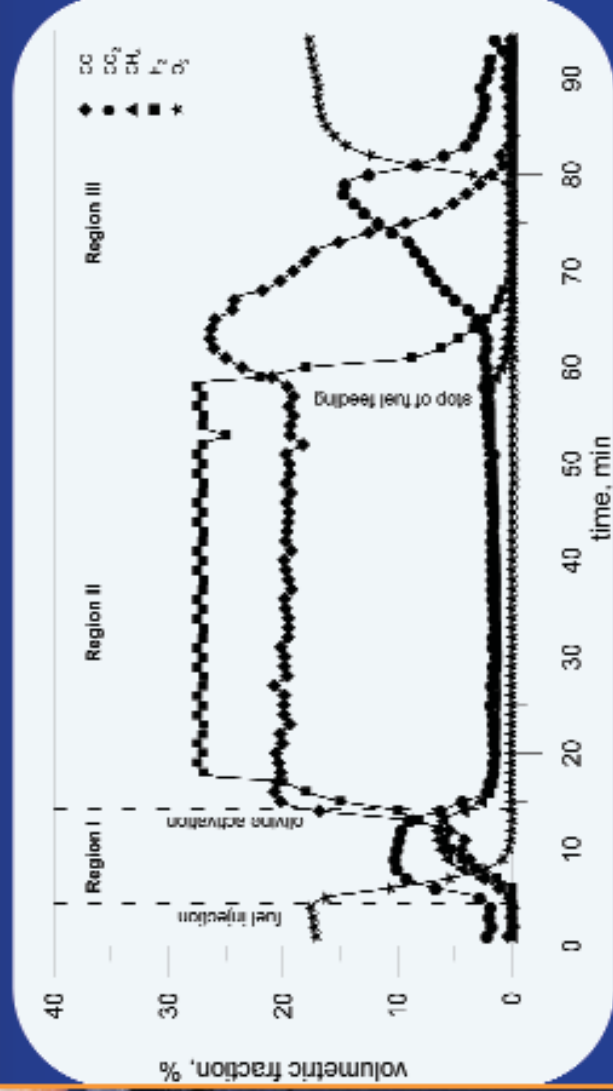
Un nuovo materiale, un allumino-silicato di ferro e magnesio, noto come OLIVINA, si è dimostrato un ottimo catalizzatore delle reazioni di cracking del tar, accrescendo sensibilmente le prestazioni del processo.

L'olivina ha anche un costo contenuto ed una notevole resistenza all'abrasione meccanica nel letto fluido. Pur considerando la necessità di sistemi di alimentazione di catalizzatore fresco e di recupero e rigenerazione del catalizzatore esausto, l'impiego dell'olivina è una soluzione di elevato interesse per i processi di gassificazione di diversi combustibili alternativi.



L'effetto catalitico dell'olivina

è visualizzato dall'andamento nel tempo delle concentrazioni nel syngas (qui in un test con miscele di plastiche poliolefiniche).



Considerazioni economiche

Il modello economico utilizzato è basato su una stima dei principali parametri, quali **costi d'investimento, costi operativi, tassazione e ricavi diretti** dalla vendita dell'energia generata.

Tutti i valori monetari sono stati soggetti ad aggiustamenti del valore del denaro nel tempo, cioè i costi futuri e i ricavi sono stati scontati al loro valore presente basato su un tasso di sconto annuo del 5%, anche se nell'analisi di sensitività condotta sui principali parametri è stato considerato un intervallo di variazione fra il 2.5% e il 7%.

I modelli adottati per valutare i costi totali di impianto, i costi operativi e i ricavi utilizzano informazioni delle case costruttrici, parametri medi dell'industria e l'attuale schema di incentivi disponibile in Italia.





Valutazioni tecnico-economiche

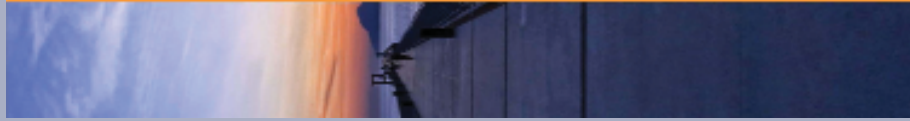
Sono state valutate le prestazioni tecnico-economiche per impianti di gassificazione termica per la produzione di energia nell'intervallo 2-6MWe per le plastiche miste e nell'intervallo 100-600kWe per biomasse lignee naturali.

• **Per le plastiche miste la migliore configurazione** (cioè quella con la più elevata affidabilità e il maggiore IRR nell'intervallo di produzione di energia elettrica considerato) **è un gassificatore a letto fluido accoppiato con una turbina a vapore ed alimentato con plastiche miste generate da un processo di selezione di imballaggi plastici raccolti differenziatamente, dopo un pre-trattamento *in-situ* molto leggero.**

• **Per le biomasse la migliore configurazione è un gassificatore a letto fluido accoppiato con un motore endotermico a gas, seppure la soluzione con una turbina a gas offre vantaggi aggiuntivi in caso di cogenerazione.**

Conclusioni

- Le potenzialità commerciali del processo di gassificazione sono rilevanti.
- L'attività catalitica dell'olivina consente di ottenere, sia con biomasse lignee che con plastiche poliolefiniche, tenori molto elevati di idrogeno (dal 15 fino ad oltre il 30%), pur lavorando solo con aria come agente gassificante, e quindi in condizioni di notevole semplicità impiantistica e gestionale, economicamente attraenti. Le potenzialità commerciali di tale processo potrebbero essere ampliate, attraverso la combinazione con sistemi di ulteriore finitura della pulizia, per consentire l'uso del syngas non solo in motori a combustione interna ma anche in turbine a gas o per applicazioni non energetiche.





Conclusioni

- **FluGas** è in grado di fornire dati per valutazioni affidabili sulla convenienza economica e la compatibilità ambientale della gassificazione in impianti commerciali di biomasse e imballaggi post consumo.
- **FluGas** può costituire un supporto tecnico di grande valore per la progettazione e realizzazione di impianti di taglia maggiore, sia dimostrativi sia commerciali.



Il gruppo di lavoro AMRA S.c. a r.l.
Prof. Ing. Umberto Arena
Prof. Ing. Maria Laura Mastellone
Dr. Lucio Zaccariello
Dr. Fabrizio Di Gregorio
Dr. Donato Santoro
e lo staff di gestione dell'impianto

Via Nuova Agnano, 11
80125 Napoli (Italia)
Tel. +39 081 7685125
Fax +39 081 7685144
www.amracenter.com
info@amracenter.com

AMRA

analysis and monitoring of environmental risk