

# ECOenergy S.r.l. & Partners

Impianti a tecnologie avanzate

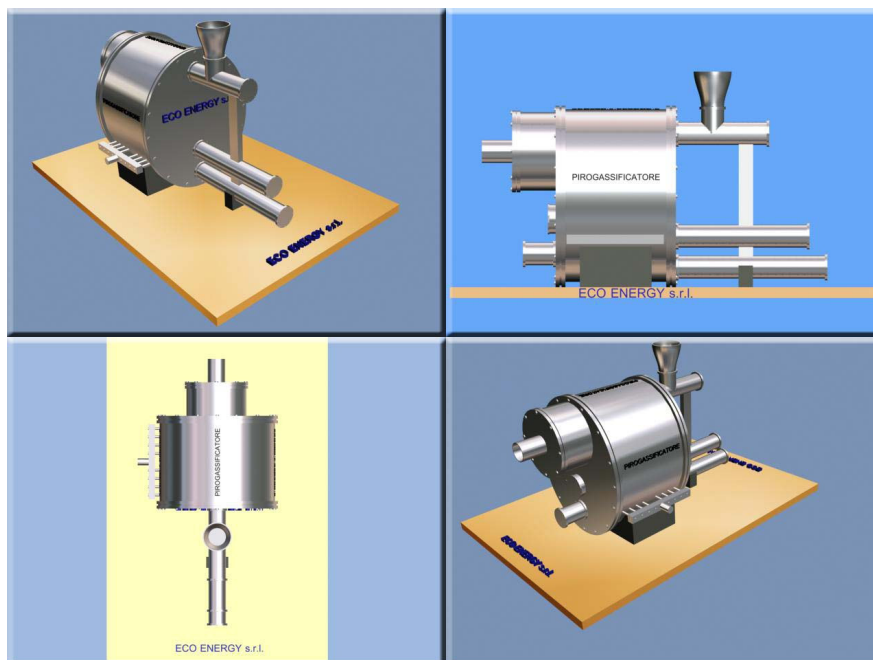
Via dell'Edilizia snc – 85100 POTENZA

P.iva 01636400762 Tel./Fax 0971.58.735

e-mail: flaviofacioni@yahoo.it

## IMPIANTO DI PIROGASSIFICAZIONE

**A COMBUSTIBILE SOLIDO DERIVATO DA  
FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI  
CON PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA  
ED ELETTRICA**



RELAZIONE TECNICA

Brevetto Industriale N° 1372738 – Ministero dello Sviluppo Economico

## 1. ATTIVITA'

L'attività di Ecoenergy S.r.l. consiste nella realizzazione e gestione di Impianti di lavorazione e trattamento della **FRAZIONE SECCA ED UMIDA DA RIFIUTI SOLIDI URBANI ED ASSIMILATI**, al fine di ottenere un combustibile solido derivato da rifiuti, idoneo ad essere convenientemente impiegato per la Combustione in impianti termici industriali o Pirogassificazione.

L'impianto in questione si propone di eliminare la maggior parte delle caratteristiche negative del rifiuto in arrivo allo stabilimento, tra cui metalli, inerti, plastiche clorate, cattivi odori, fermentazione, produzione di biogas, percolato ecc., migliorando ed esaltando, al contempo, le caratteristiche energetiche del rifiuto, ovvero il potere calorifico.

## 2. LA PIROGASSIFICAZIONE

### **Normativa**

La legislazione nazionale si è adeguata alla normativa comunitaria con il D.Lgs 152/06 e succ. che, in tema di combustibili non convenzionali, favorisce la valorizzazione energetica del "combustibile da rifiuti": tale valorizzazione può avere luogo in impianti preesistenti o in nuovi impianti dedicati, soprattutto se inseriti in schemi cogenerativi (termico e elettrico) che ottimizzano il rendimento energetico del processo di utilizzo.

L'impiego di tale combustibile in impianti industriali migliora l'impatto ambientale e, nel contempo, contribuisce ad una maggiore autonomia energetica del sistema Paese.

### **Definizione**

La **PIROGASSIFICAZIONE** è un processo termochimico che consiste nell'ossidazione parziale del combustibile solido così da trasformarlo in combustibile gassoso: **Syngas**.

Tale processo, infatti, avviene tramite combustione sottostechiometrica, ovvero in presenza di quantitativi di ossigeno minori rispetto a quelli necessari per una combustione completa.

Il risultato dell'operazione è il trasferimento del contenuto energetico della sostanza solida di partenza in un combustibile in fase gassosa, di più facile e flessibile impiego, detto appunto Syngas o Gas di Sintesi.

Attraverso la combustione di tale gas, si fornisce energia termica necessaria all'essiccamento del rifiuto in ingresso, non solo ottimizzando e razionalizzando il ciclo produttivo, ma, soprattutto, non appesantendo il carico ambientale del processo produttivo stesso.

La scelta di implementare la tecnologia della pirogassificazione, infatti, è stata dettata dall'interesse di individuare soluzioni tecnologiche a ridotto impatto ambientale e ad elevati standard di sicurezza, che consentano la piena valorizzazione energetica del combustibile prodotto.

Gli obiettivi, dunque, consistono, nel recuperare il contenuto energetico di alcune tipologie di rifiuti, diminuire i rifiuti da conferire in discarica, nonché utilizzare combustibili fossili (fonti non rinnovabili), riducendo contemporaneamente le emissioni di composti dello zolfo e cloro in atmosfera.

### 3. SOLUZIONE IMPIANTISTICA

#### **Premessa**

La soluzione impiantistica sviluppata, infatti, permette di ottimizzare il rendimento di conversione dell'energia termica del rifiuto, consentendo di chiudere il ciclo produttivo di trattamento e valorizzazione del rifiuto stesso.

Così configurato, il processo si identifica, quindi, in un ciclo completo che parte dalla trasformazione del rifiuto di provenienza urbana in ingresso in combustibile, procedendo con la pirogassificazione e terminando sia con la produzione di **energia termica**, mediante la combustione del syngas in camera di combustione, sia con la produzione di **energia elettrica**, mediante l'impiego di un turbogeneratore ORC, azionato dai fumi caldi provenienti dalla combustione stessa.

La soluzione impiantistica prevede la realizzazione di un sistema per la produzione di Syngas attraverso la tecnologia della gassificazione, ed il suo successivo utilizzo, mediante combustione e dopo un adeguato trattamento in sistemi di filtrazione, finalizzato alla produzione di Energia Termica ed Elettrica.

Ecoenergy, infatti, ha studiato la possibilità di impiegare, quale sorgente di Energia Termica, un impianto di gassificazione costituito da due gassogeni a letto fisso monostadio, alimentati con il combustibile da rifiuti prodotto.

L'impianto si articola a partire da un silos di stoccaggio di materiale bricchettato, che, attraverso nastri trasportatori, sarà convogliato ai cassoni alimentatori dei due gassogeni HT, a letto fisso e griglia rotante, con potenzialità massima ciascuno di circa 5.500.000 kCal/h.

All'interno di questi ultimi, attraverso diverse fasi di processo, il combustibile si trasformerà in combustibile gassoso.

Il gas di sintesi prodotto, quindi, verrà convogliato verso le rispettive **camere di combustione, permanenza e attemperamento** gas (nell'impianto in oggetto ne sono previste due).

Queste ultime sono costituite da due zone principali:

1. La prima zona è la vera e propria **camera di combustione e permanenza**, nella quale il gas si incendia, i fumi di combustione raggiungono una temperatura di circa 900 °C e permangono per 2 secondi in ambiente ossidante ( $O_2 > 6\%$ ) in regime turbolento.
2. La seconda zona è la **camera di miscelazione**, all'interno della quale vengono inviati i fumi della combustione e parte dell'aria proveniente da un ventilatore esterno. La regolazione dell'aria esterna di attemperamento è regolata automaticamente con una catena di regolazione che inizia dalla temperatura dei fumi agli essiccatoi e che, attraverso un regolatore di temperatura PID, comanda l'inverter e quindi la portata del ventilatore stesso.

In seguito, i fumi di combustione delle due camere vengono convogliati, tramite due condotte dedicate, in parte, verso l'ingresso dei rispettivi essiccatoi, e, in parte, in uno scambiatore di calore fumi/olio diatermico, ai fini del riscaldamento dell'olio da inviare al gruppo ORC, con conseguente produzione di Energia Elettrica.

I fumi esausti finiscono il loro ciclo verso un sistema di lavaggio costituito da due torri a lavaggio basico e sviluppo verticale, le quali hanno la funzione di abbattere eventuali radicali acidi presenti nei fumi di combustione del syngas.

Nell'impianto in oggetto, inoltre, a valle dell'impianto di lavaggio fumane, è previsto un biofiltro per abbattere del tutto le eventuali emanazioni odorose restanti dopo il trattamento di lavaggio.

### **Il gassogeno monostadio**

Il gassogeno monostadio, fulcro del processo di gassificazione, è del tipo a letto fisso, costituito essenzialmente da un grosso contenitore cilindrico, internamente refrattariato, con refrattario di spessore 150 mm, fra il refrattario e la camicia in acciaio è interposto il materiale isolante in caolino dello spessore di 190 mm.

All'interno del gassogeno, oltre al combustibile, vengono inviati vapore ed aria di processo, necessari per il compimento della reazione termochimica di gassificazione.

L'ingresso del vapore, prodotto da una caldaia autonoma alla pressione di circa 0.01 bar, è regolato da una valvola motorizzata in funzione della temperatura della miscela aria/acqua.

L'aria, a sua volta, prodotta da un ventilatore centrifugo, è comandata da una catena di regolazione costituita da:

- Pressodeprimometro
- Regolatore PID
- Inverter sul motore del ventilatore

In funzione della pressione rilevata sul tubo del gas di mandata, che indica la maggior o minor richiesta di gas di sintesi all'utilizzo (camera di combustione), la catena di regolazione invia al gassogeno più o meno aria proporzionalmente alla richiesta del pressodeprimometro.

In funzione della maggiore o minor quantità di aria inviata al gassogeno, la temperatura della miscela aria/vapore diminuisce od aumenta; una termocoppia posta sulla tubazione della miscela aria/vapore agisce sulla valvola motorizzata di mandata vapore, facendo aumentare o diminuire la quantità di vapore stesso, fino al raggiungimento della temperatura settata di miscela.

In questo modo le percentuali della miscela aria/vapore rimangono costanti e, con queste, il potere calorifico inferiore (P.C.I.) del syngas.

Nella parte inferiore del gassogeno è installata la **griglia rotante** in AISI, che assolve alle seguenti funzioni:

1. Distribuire, attraverso i previsti passaggi in maniera uniforme, la miscela aria/vapore.
2. Espellere, durante la rotazione, le ceneri in esubero formatesi nella zona di combustione (dentro un contenitore coassiale dotato di coclea per l'estrazione).
3. Controllare la regolarità dell'assestamento della massa di combustibile dentro il gassogeno.

La griglia è protetta dalle alte temperature (350 – 450 °C), grazie allo strato di circa 300/400 mm di ceneri (isolanti) che si formano sopra di essa, ed è raffreddata dalla miscela aria/vapore che l'attraversa.

Una termocoppia, posizionata nelle sue immediate vicinanze, segnala il valore ed eventuali anomalie di temperatura, oltre allo spessore delle ceneri formatesi sopra di essa. In seguito, tramite un semplice sistema di regolazione, dà lo start e lo stop alla rotazione.

La rotazione della griglia non è continua ma a settori di circa due gradi; dopo ogni parziale rotazione si ha il controllo delle temperature ed, in funzione di queste, successivamente, il controllo dello spessore delle ceneri.

Con il combustibile prodotto si prevede che in una giornata di lavoro saranno realizzate 4 – 5 rotazioni complete di 360°.

In corrispondenza del tubo di uscita del gas di sintesi è posta una **guardia idraulica**, con la funzione di valvola di sicurezza, di un'altezza di circa 750 mm, per cui il valore massimo di pressione funzionale alla produzione di syngas è di 600 – 650 mm di colonna di H<sub>2</sub>O.

Un'ulteriore guardia idraulica, ad ulteriore sicurezza, è posta sotto la griglia di estrazione ceneri.

Le temperature all'interno del gassogeno sono crescenti dall'alto verso il basso: si parte, infatti, da temperature di circa 250 °C (ingresso combustibile) fino ad arrivare a circa 900 °C nella zona di combustione posta nella parte più bassa del gassogeno, per poi, nuovamente, scendere ad una temperatura di circa 450 °C nella zona ceneri.

Nella parte superiore del gassogeno è installata la tramoggia di caricamento combustibile, correlata dal dispositivo di livello bricchette, che ha la funzione di segnalare lo stato di riempimento del gassogeno e di dare lo start al ciclo di alimentazione combustibile.

Fra la tubazione di uscita del syngas prodotto e l'utilizzatore (camera combustione) è installata una valvola modulante per la regolazione automatica del gas da inviare all'utilizzo.

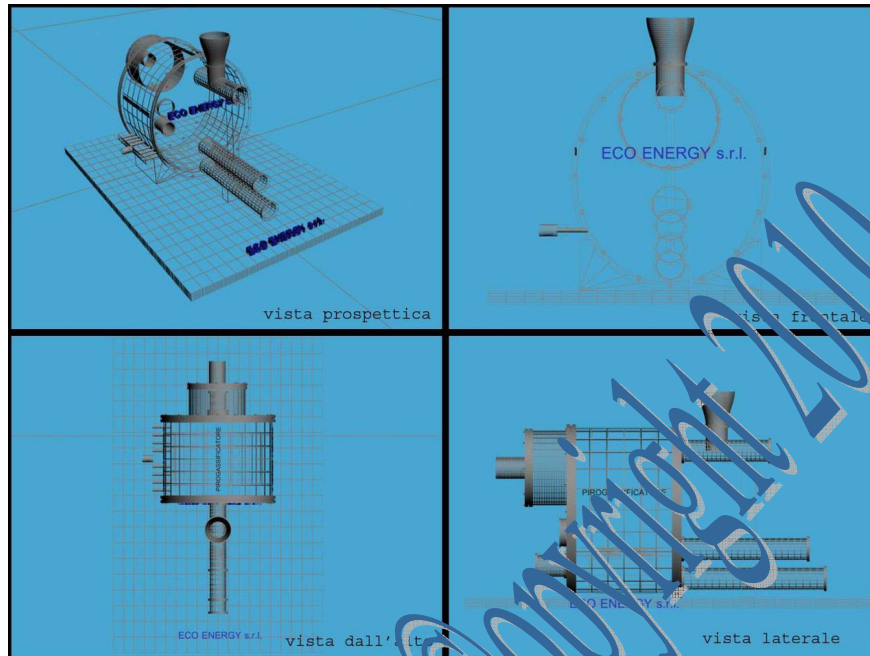
## Camera di combustione ed attemperamento

Il gas di sintesi prodotto dai gassogeni viene poi convogliato verso le rispettive **camere di combustione, permanenza e attemperamento** gas (nell'impianto in oggetto ne sono previste due) costituite essenzialmente da dispositivi di 36 mc di volume, costruiti in refrattario con lamiera gradata e preverniciata.

La camera di combustione si sviluppa principalmente in due zone principali:

- La prima è costituita dalla **camera di combustione e permanenza**, all'interno della quale il gas si incendia e i fumi sviluppati raggiungono temperature di circa 900 °C e permangono per circa 2 secondi in ambiente ossidante ( $O_2 > 6\%$ ) e regime turbolento.
- La seconda zona è costituita dalla **camera di miscelazione**, dove vengono inviati i fumi della combustione e parte dell'aria proveniente da un ventilatore esterno. La regolazione dell'aria esterna di attemperamento viene effettuata in portata automaticamente, con una catena di regolazione, che, partendo dalla temperatura dei fumi agli essiccatoi, attraversa un regolatore di temperatura PID e comanda l'inverter, fino alla portata del ventilatore stesso. Ogni camera è corredata da un **bruciatore a metano** del tipo modulante con rapporto di modulazione 1/20, avente la funzione di avviamento/preriscaldamento della potenzialità di 250.000 kcal/h. Tale bruciatore permane in condizioni di accensione anche a regime di minima potenzialità, come fiamma pilota della sala termica, per garantire, in ogni caso, la preaccensione del syngas. In

caso di fermo dei gassogeni, si ha l'avviamento automatico dei gruppi bruciatori (n° 3) esistenti in sala termica, consentendo al processo di essiccazione di continuare con l'impiego del combustibile tradizionale.



E' previsto anche un ventilatore atto a produrre sia aria di combustione sia un eccesso d'aria, per garantire una percentuale di O<sub>2</sub> libero del 6%.

L'aria di combustione viene inviata attraverso una serie di ugelli posizionati sul perimetro della camera stessa, per garantire un'ottima miscelazione con il gas di sintesi.

Ad essa si aggiunge l'aria proveniente dal locale ventilatore di aspirazione delle cappe.

In fase di avvio dell'impianto, viene acceso il bruciatore convenzionale posto sulla camera di combustione, che permane acceso fino a quanto le termocoppie di controllo non indichino il raggiungimento della temperatura minima di 800 °C.

Una volta raggiunta questa temperatura, si apre automaticamente la valvola di mandata gas del gassogeno la quale permette l'ingresso del gas in camera.

In queste condizioni (aria e temperatura) il gas si incendia, producendo una fiamma con temperatura adiabatica intorno ai 1.280 °C.

La quantità di aria secondaria inviata in camera attesta la temperatura intorno ai 900 °C, di seguito una serie di strumenti verifica in continuo i seguenti parametri:

- Temperatura di esercizio > 900 °C
- Quantità di aria del processo sufficiente
- Bruciatore acceso ed operi alle condizioni minime

In caso di anomalie, è inviato un segnale al gassogeno, che, nel tempo di circa 3 secondi, interrompe la produzione di gas di sintesi e chiude la valvola di mandata della camera.

I fumi di combustione delle camere sono di seguito convogliati, tramite due condotte dedicate, in parte, verso l'ingresso dei rispettivi essiccatoi, e, in parte, verso lo scambiatore di calore fumi/olio diatermico, ai fini del riscaldamento dell'olio da inviare al gruppo ORC ed infine allo scrubber.

#### **4. Scambiatore di calore fumi/olio diatermico**

Lo scambiatore di calore fumi/olio diatermico ha la funzione di riscaldare il fluido organico del gruppo ORC, all'interno del quale avviene il ciclo Rankine precedentemente descritto. E' del tipo a fascio tubiero rettilineo, non estraibile, con tubi saldati e mandarinati alle piastre tubiere opposte e solidali al fasciame dello scambiatore; le testate, realizzate da carpenteria, fungono direttamente da bocchelli di ingresso ed uscita fumi.

Lo scambiatore sarà sottoposto alle prescrizioni della direttiva 97/23/CE PED e sarà progettato secondo le norme VSR/VSG.I

L'energia termica dei fumi "freddi" in uscita dallo scambiatore di calore sarà rimpiegata negli essiccatoi.

#### **5. Turbogeneratore a fluido organico (ORC)**

La scelta dell'utilizzo di questa tecnologia è stata dettata dalle seguenti considerazioni:

- l'impianto è costituito da moduli facili da trasportare e da installare, pre – assemblati e provati in fabbrica;
- l'impianto utilizza al suo interno, in circuito chiuso, un fluido organico sicuro sia dal punto di vista dell'ambiente, sia della salute, con un fattore di danneggiamento della fascia dell'ozono null [ODP (Ozone Depletion Potenzial) =0];
- il funzionamento dell'impianto è completamente automatico e richiede poca manutenzione;

- il generatore elettrico è di tipo asincrono a bassa tensione, per permettere un accoppiamento più semplice e sicuro alla rete.

Inoltre sono molteplici i vantaggi tecnici che si utilizzano dall'impiego di questa tecnologia:

- alta efficienza del ciclo termodinamico;
- elevata efficienza della turbina (fino al 85%);
- bassa sollecitazione meccanica della turbina dovuta alla bassa velocità periferica;
- basso numero di giri della turbina (ca. 3000 rpm) tale da consentire il collegamento diretto al generatore senza interposizione di riduttori di giri;
- mancanza di erosione delle palette della turbina dovuta all'assenza di umidità negli ugelli.

Il funzionamento del turbogeneratore si basa sul ciclo Rankine organico (ORC), un ciclo simile a quello utilizzato da una tradizionale turbina a vapore, eccetto per il fluido di lavoro che, in questo caso, è un fluido organico con elevata massa molecolare.

Questa sua caratteristica consente di sfruttare in modo efficace le sorgenti di calore a bassa temperatura per produrre elettricità in un'ampia gamma di potenze.

Il turbogeneratore utilizza l'olio diatermico ad alta temperatura per il preriscaldamento e la vaporizzazione del fluido organico nell'evaporatore; il vapore organico espande in turbina accoppiata direttamente al generatore elettrico tramite il giunto elastico.

A valle della turbina entra in un rigeneratore dove riscalda il fluido organico; quindi il vapore è condensato nel condensatore, raffreddato dall'acqua del circuito di raffreddamento.

Il fluido organico, infine, è pompato nel rigeneratore e da qui nell'evaporatore, completando così la sequenza di operazioni nel circuito chiuso.

## **6. SISTEMA DI ABBATTIMENTO FUMANE**

I fumi esausti in uscita dagli essiccatoi sono inviati ad un sistema di lavaggio, costituito da **due torri di lavaggio** (scrubber) a sviluppo verticale.

La funzione di tali torri, il cui lavaggio è realizzato in controcorrente con una soluzione liquida basica, è di abbattere eventuali radicali acidi presenti nei fumi di combustione del sungas.

A valle degli scrubbers è previsto un **biofiltro**, per eliminare dall'aria diretta in atmosfera eventuali sostanze organiche persistenti dopo il trattamento di lavaggio.

Il biofiltro è un bioreattore a letto fisso, costituito da un supporto di materiale organico, sul quale viene fatta sviluppare una opportuna popolazione batterica con la funzione di degradare biologicamente le sostanze organiche volatili a composti elementari quali: anidride carbonica, azoto e acqua.

Nella filtrazione biologica eventuali componenti organici, contenuti nella corrente gassosa da trattare, vengono scomposti nel biofiltro per mezzo delle attività metaboliche di microrganismi e, quindi, eliminati dall'aria di scarico.

Esperienze precedenti di gassificazione, in impianti con combustibili simili, hanno prodotto emissioni equiparabili all'uso del gas metano.

## **7. SOLUZIONE IMPIANTISTICA**

### **Caratteristiche e peculiarità**

- **Adeguamento alle normative europee di settore**
- **Valorizzazione dei rifiuti solidi urbani**
- **Riduzione massima del conferimento dei rifiuti in discarica**
- **Equiparazione del combustibile da rifiuti ad un'effettiva risorsa con un alto grado di ritorno energetico**
- **Elevata valenza tecnologica**
- **Diffusione di tecnologie emergenti**
- **Generale riduzione degli impatti ambientali**
- **Contenimento delle emissioni**
- **Unicità nel sistema territoriale provinciale**
- **Sostenibilità economica ed ambientale dell'intervento**
- **Possibilità di produrre energia termica ed elettrica, tramite l'utilizzo della frazione organica dei rifiuti, e di usufruire, quindi, degli incentivi per il ricorso alle fonti rinnovabili di energia.**