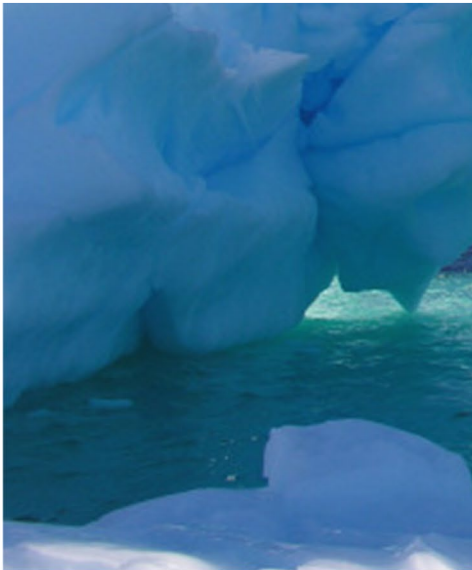




CONCEPT



4HT srl

4HT

FOR HYDROGEN TECNOLOGY

PREMESSA	3
CENNI SULLA PIROLISI E GASSIFICAZIONE	4
DESCRIZIONE DEL PROCESSO	5
INPUT DI PROCESSO	6
OUTPUT DI PROCESSO	6
MATERIALI TRATTABILI – CONSUMI - PRODOTTI	8
INFORMAZIONI DI BASE.....	8
TABELLA DI CONVERSIONE DI MASSA.....	9
TABELLA DI CONVERSIONE ENERGETICA.....	10
MATERIALI PER PIROLISI.....	11
GAS TECNICI.....	12
RISORSE NATURALI.....	12
FABBISOGNO INTERNO ENERGIA ELETTRICA	13
PRODOTTI DIRETTI	14
PRODOTTI INDIRETTI	14
DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO	15
FUNZIONAMENTO DELL’IMPIANTO	16
PUNTO DI EQUILIBRIO SMALTIMENTO/PRODUZIONE	18
SICUREZZA	19

PREMESSA

Nelle scienze ambientali ed economiche la sostenibilità ambientale è la condizione di uno sviluppo in grado di assicurare il soddisfacimento dei bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare i propri.

La finalità per cui è nato il sistema di pirolisi **4HT** è la produzione sostenibile di energia elettrica e termica con la trasformazione dei rifiuti a componente organica (chimica del carbonio) senza generare emissioni inquinanti o nocive per l'ambiente; obiettivo del ciclo è il raggiungimento di "zero emissioni" ricavando il massimo dell'energia tecnologicamente possibile da prodotti giunti a fine ciclo vita.

Il processo è stato ottimizzato per ricavare dalla pirolisi combustibile Idrogeno, scorie inerti vetrificate utilizzabili in ambiente senza cessioni indesiderate, e CO₂ utilizzabile dall'industria.

Mantenendo costante il ciclo principale di processo i gas di pirolisi saranno sottoposti a step di trattamento, pulizia e separazione ottimizzati in funzione della loro composizione specifica variabile in funzione del prodotto di input.

“... di tutto conosciamo il prezzo, di niente il valore ...”

F. Nietzsche

CENNI SULLA PIROLISI E GASSIFICAZIONE

Letteralmente pirolisi significa “decomposizione di una sostanza complessa mediante trattamento termico”, rottura termica di una molecola di sostanza organica complessa in molecole semplici fino a quelle elementari quali H_2 , CO , CO_2 ecc., utilizzando l’energia derivante da una fonte di calore ad alta o altissima temperatura.

Più la reazione avviene a temperatura alta ed in modo regolare e ben distribuita su tutta la massa e meglio si perviene a sostanze molecolari semplici non più scomponibili, nonché un inquinamento dell’effluente gassoso tendente a zero.

La pirolisi è, pertanto, un processo endotermico che opera la scissione di molecole complesse organiche (presenti nelle materie plastiche, nelle gomme, negli olii, nei solventi, nelle materie cellulosiche quali legno e carta) e produce molecole strutturalmente semplici che, tramite successiva ossidazione, potranno produrre energia termica ed energia elettrica. Gli inerti presenti nella sostanza da pirolizzare, grazie all’alta temperatura e all’ambiente riducente in cui avviene la reazione di scissione delle molecole, tendono a vetrificare ed i metalli eventualmente presenti non si ossidano come avviene negli inceneritori, quindi, non formandosi ossidi metallici, le ceneri e gli inerti vetrificati si possono utilizzare come materiale di riempimento edilizio dato che con le prove sul loro eluato rientrano nelle normative di legge vigenti.

Altro grande vantaggio della pirolisi è quello di avere un effluente gassoso formato soprattutto da H_2 , CO , CO_2 . Per il processo stesso di pirolisi la formazione di inquinanti quali HCl , H_2S e simili si verifica in volumi ridotti tali che la loro eliminazione sarà resa semplice e molto efficace tramite reattori e opportuni lavaggi.

Le diossine, (grosso problema degli inceneritori) visto il ciclo termodinamico della pirolisi 4HT, non hanno possibilità di formazione.

DESCRIZIONE DEL PROCESSO

Il processo di reazione avviene all'interno di un reattore caratterizzato da ambiente "riducente" ovvero in atmosfera priva aria, di cui azoto e ossigeno rappresentano i principali componenti.

L'assenza di questi gas consentirà di evitare l'ossidazione delle molecole e la formazione di catene indesiderate (Nox e similari).

A seconda delle finalità perseguite il vettore energetico (idrogeno) potrà essere impiegato come:

- combustibile per la produzione in loco di energia elettrica mediante l'impiego di caldaie a vapore abbinata a turbina, turbine a gas, celle a combustibile
- combustibile per la mobilità sostenibile
- gas tecnico per processi industriali.

Al fine di garantire l'auto sostenibilità dell'impianto, senza accedere all'utilizzo di fonti energetiche esterne, per qualunque tipologia di impiego, una quota parte dell'idrogeno prodotto dovrà essere dedicato all'autosostentamento del ciclo e alla produzione di energia elettrica per l'auto consumo.

L'intero ciclo genera, come residuo di produzione, una notevole quantità di energia termica che potrà essere impiegata come vettore energetico in cicli combinati, per il trasferimento di energia per teleriscaldamento, in macchine a condensazione per la generazione di potenza frigorifera, in impianti di dissalazione e depurazione delle acque, ecc.

4HT

FOR HYDROGEN TECHNOLOGY

INPUT DI PROCESSO

Nel reattore di pirolisi vengono immessi, in quantità dosate e controllate in base ai necessari rapporti stechiometrici:

- Il comburente "O₂" puro ricavato con apposito impianto a colonne di separazione (lo stesso impianto produrrà anche azoto liquido per le macinazioni)
- Il combustibile "H₂" recuperato al ciclo di produzione (per lo start-up verrà impiegato metano)
- Le materie seconde (scarti),
- Acqua demineralizzata (trattata da impianto specifico).

OUTPUT DI PROCESSO

Immediatamente a valle del reattore otterremo una massa di gas di pirolisi composto da tutti gli effluenti gassosi presenti nella miscela di combustione e principalmente CO₂, H₂, inquinanti.

La miscela risulta direttamente utilizzabile in caldaie pressurizzate per produrre vapore ad alta pressione atto a generare, con salto in turbina a vapore, energia elettrica ed acqua surriscaldata (energia termica);

Questo è il modo più semplice per utilizzare il gas di pirolisi anche se non garantisce il controllo e l'eliminazione degli inquinanti gassosi.

Il ciclo proposto e brevettato garantisce standard di rendimento e di qualità nettamente superiori cedendo, come risultato di processo:

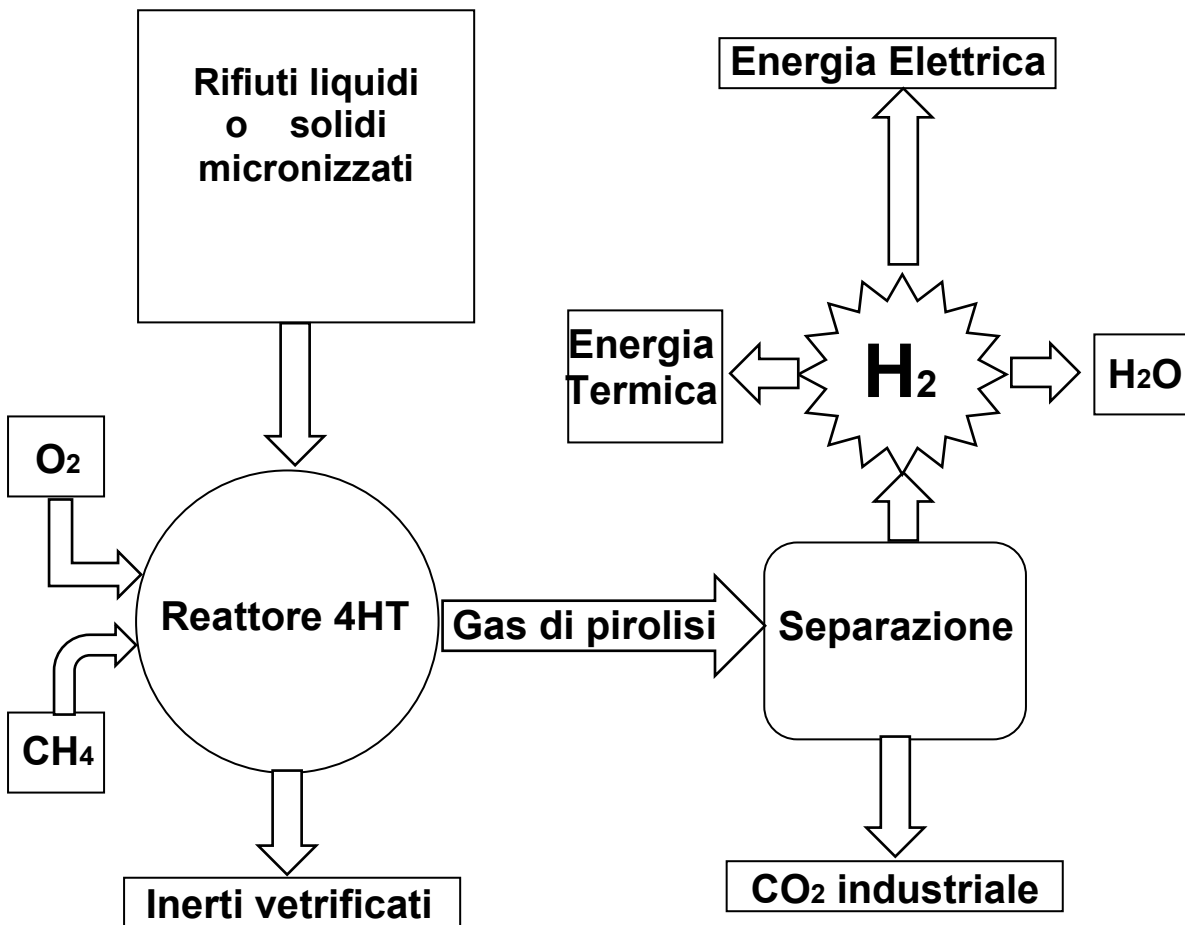
- Idrogeno ad elevata purezza (purezza superiore al 98,9%),
- Anidride Carbonica di purezza alimentare certificabile da vendere per usi industriali,
- Inerti vetrificati direttamente reimpiegabili nel territorio (test di cessione in eluato a 16 giorni pari a zero),
- Energia termica come acqua surriscaldata (a seconda della taglia dell'impianto).

4HT

FOR HYDROGEN TECHNOLOGY

Contrariamente ai competitor presenti sul mercato la tecnologia 4HT non produce ceneri inquinanti da smaltire, secondo le regole europee, in discariche di categoria "C".

Di seguito una schematizzazione grafica del ciclo proposto.



Il risultato finale è la trasformazione di quanto è solo rifiuto da smaltire in energia elettrica pulita e rinnovabile, in inerti usabili ed in CO₂ per l'industria.

MATERIALI TRATTABILI – CONSUMI - PRODOTTI

Con l'impianto **4HT** si possono processare tutti i materiali organici (chimica del carbonio); per ognuno dei componenti nel seguito identificati sono stati studiati ed individuati i parametri specifici di pre-trattamento, pirolisi e di pulizia del gas.

La versatilità dell'impianto sviluppato permette, intervenendo sul set point del processo, di impiegare lo stesso reattore per tutti i materiali processabili.

La produttività del ciclo varia al variare del prodotto processato; a parità di massa di partenza otterremo quantità differenti di H₂, di CO₂ di inerti e, di conseguenza, varierà l'energia auto consumata per sostenere il processo.

Le tabelle seguenti sono parametrate sulla quantità unitaria di prodotto processato, ovvero 1kg/h e, di volta in volta, restituiscono i rendimenti, i consumi di gas tecnico e gli assorbimenti elettrici per il sostentamento del ciclo.

INFORMAZIONI DI BASE

Pesi Atomici dei componenti principali chimica organica e composti:

H	1, 008
C	12
O	16
N	14
H₂O	18,016

4HT

FOR HYDROGEN TECHNOLOGY

TABELLA DI CONVERSIONE DI MASSA

idrogeno H2	kg	q.li	ton.
Nm3	0,08987	0,000899	8,9870E-05

idrogeno H2	Nm3
Kg	11,13

Ossigeno O2	kg	q.li	ton.
Nm3	1,429	0,01429	0,001429

Ossigeno O2	Nm3
Kg	0,70

Azoto N	kg	q.li	ton.
Nm3	1,25	0,0125	0,00125

Azoto N	Nm3
Kg	0,80

Biossido di carbonio CO2	kg	q.li	ton.
Nm3	1,976	0,01976	0,001976

Biossido di carbonio CO2	Nm3
Kg	0,51

Metano CH4	kg	q.li	ton.
Nm3	0,7174	0,007174	0,0007174

Metano CH4	Nm3
Kg	1,39

Vapore 50 bar 500°C	kg	q.li	ton.
m3	14,5809	0,145809	0,0145809

Vapore 50 bar 500°C	Nm3
Kg	0,06858

4HT

FOR HYDROGEN TECHNOLOGY

TABELLA DI CONVERSIONE ENERGETICA

Idrogeno H2	Kcal
Kg	30.000

Metano CH4	Kcal
Nm3	9.200

Vapore	Kcal
Kg	820,35

Idrogeno H2	kW/h
Kg	34,89

Metano CH4	kW/h
Nm3	10,70

Vapore	kW/h
Kg	0,95

Idrogeno H2	kW/h
Nm3	3,14

Metano CH4	kW/h
Kg	13,20

Vapore	kw
m3	13,91116

Idrogeno H2	Nm3
Kw/h	0,318922

Metano CH4	Nm3
Kw/h	0,093461

Vapore	Nm3
kw/h	0,071885

Idrogeno H2	Mw
Ton	34,89

Metano CH4	Mw
Ton	13,20

vapore	Mw
Ton	0,95

4HT

FOR HYDROGEN TECHNOLOGY

MATERIALI PER PIROLISI

Di seguito il riepilogo delle materie utilizzabili con relativa identificazione chimica, ove applicabile.

PRODOTTO	FORMULA BRUTA
Polietilene	$(C_2H_4)_n$
Polipropilene	$(C_3H_6)_n$
Solventi e scarti di verniciatura	
Butadiene (copertoni esausti)	C_4H_6
Isoprene (gomma caucciù)	C_5H_8
Gomma srb (gomme sintetiche)	$C_4H_6 + C_8H_8$
Polistirene	$(C_8H_8)_n$
Poliammide (nylon 6-10)	$C_{12}H_{22}N_2O_2$
Oli pcb	$C_{12}H_{10-x}Cl_x$
Cloruro di vinile	C_2H_3Cl
Fluff	
Cellulosa	$(C_6H_{10}O_5)_n$
Rsu tal quale	

4HT

FOR HYDROGEN TECHNOLOGY

GAS TECNICI

Si indentificano come “gas tecnici” quei gas che, utilizzati in varie fasi del processo, vengono prodotti da sezioni di impianto appositamente studiate e sviluppate. Il funzionamento di detti sistemi concorre alla definizione dell’energia elettrica auto consumata dal ciclo.

Nello specifico l’Ossigeno è impiegato come comburente nella camera di reazione mentre l’Azoto è impiegato per il pre-trattamento dei rifiuti solidi e per alcuni cicli di raffreddamento

Gas		Kg gas / Kg prodotto
1	Ossigeno	0.444
2	Azoto	0.609

RISORSE NATURALI

Di seguito il riepilogo delle risorse naturali da reperire sul mercato e consumate dal ciclo, sempre in riferimento al singolo Kg di prodotto trattato.

Risorsa		Kg (gas) / Kg prodotto
1	Metano	0.170
2	H2O di processo	1.200

Data l’importanza che sta assumendo nell’ultimo periodo una risorsa come l’acqua si precisa che la quantità impiegata nel ciclo potrà essere ricavata da fonti inquinate o non potabili (ad esempio dal mare mediante impianto di desalinizzazione alimentato dall’energia elettrica prodotta nell’impianto e/o con ausilio di calore in surplus nell’impianto).

4HT

FOR HYDROGEN TECHNOLOGY

FABBISOGNO INTERNO ENERGIA ELETTRICA

Qualora l'impianto non venga impiegato per la produzione di energia elettrica si potrà far fronte ai fabbisogni di seguito elencati o tramite spillamento parziale di H₂ e suo impiego in sistema autonomo di produzione o mediante la connessione alla rete di distribuzione.

Dettaglio impiego		kW/h / Kg prodotto
1	Produzione O ₂ ed Azoto	0.40
2	Impianto compressione e separazione CO ₂	0.78
3	Gruppi pirolisi, separazione e triturazione rifiuti, servizi generali	0.27
TOTALE CONSUMO ELETTRICO		1.45

4HT

FOR HYDROGEN TECHNOLOGY

PRODOTTI DIRETTI

Di seguito sono individuati, in riferimento alla singola unità di prodotto trattato, le quantità di gas generato.

PRODOTTO	Kg H ₂ / Kg prodotto	Kg CO ₂ / Kg prodotto
Polietilene	0,600 – 0,511	6.3
Polipropilene	0,600 – 0,511	6.3
Solventi e scarti di verniciatura	0,570 – 0,490	5.9
Butadiene (copertoni esausti)	0,568 – 0,489	5.9
Isoprene (gomma caucciù)	0,568 – 0,489	5.9
Gomma srb (gomme sintetiche)	0,560 – 0,485	5.8
Polistirene	0,553 – 0,480	5.8
Poliammide (nylon 6-10)	0,309 – 0,295	3.2
Oli pcb	0,300 – 0,288	3.1
Cloruro di vinile	0,290 – 0,210	3
Fluff	0,233 – 0,230	2,25
Cellulosa	0,200 – 0,195	2.1
Rsu tal quale	0,175 – 0,164	1,8

PRODOTTI INDIRETTI

Rientrano in questa classe i sottoprodotti generati dal ciclo che rappresentano un'ulteriore possibilità di remunerazione.

Prodotto	Kcal / Kg prodotto	Kg / Kg prodotto
1 Calore bassa temperatura	5.160	
2 Inerti vetrificati		0.05

DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'intero impianto è suddivisibile in tre macro aree così identificabili:

1. Pre trattamento dei prodotti da avviare al processo costituito da tecnologie acquistabili dal libero mercato e consistenti in:
 - ✓ Selezione, vaglio e triturazione rifiuti.
 - ✓ Micro macinazione criogenica del prodotto già triturato.
 - ✓ Stoccaggio del prodotto da processare in silos polmone.

2. Processo di pirogassificazione ad alta temperatura mediante processo brevettato consistente in:
 - ✓ Sistema di dosaggio continuo del prodotto prelevato dai silos polmone.
 - ✓ Reattore di pirolisi.
 - ✓ Sistema di lavaggio gas.
 - ✓ Sistema di recupero degli inerti vetrificati dalla camera di pirolisi

3. Processo di separazione e stoccaggio degli effluenti gassosi dell'impianto costituito da tecnologie acquistabili dal libero mercato e consistenti in:
 - ✓ Impianto di separazione criogenica dei gas.
 - ✓ Stoccaggio in bombole della CO₂.
 - ✓ Stoccaggio in serbatoio di H₂.

Quanto sin qui elencato si integra con i sistemi di controllo e gestione che mediante HW e SW progettato e sviluppato in simbiosi con il brevetto consente l'ingegnerizzazione del processo garantendone la sicurezza funzionale e ottimizzazione di ciclo.

Opzionali e in funzione della dimensione di realizzazione dell'impianto troviamo le ultime sezioni del ciclo ovvero:

4HT

FOR HYDROGEN TECHNOLOGY

- ✓ Stazione di produzione energia elettrica.
- ✓ Stazione di connessione alla rete elettrica nazionale.

FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO

I rifiuti vengono stoccati all'interno di un apposito capannone in depressione che, tramite la filtrazione attiva dell'aria, impedisce le esalazioni generate dai processi di decomposizione.

I rifiuti vengono avviati automaticamente alla procedura di prima selezione durante la quale saranno effettuate la deferrizzazione, la deinertizzazione e la devetrificazione.

La parte selezionata viene indirizzata alla triturazione e poi alla micro macinazione criogenica, processo durante il quale il rifiuto viene congelato mediante l'iniezione di N₂ liquido e macinata fino al raggiungimento di una dimensione pari a circa 10 µ.

I rifiuti così trattati sono stoccati all'interno di un silo in cui la polvere è mescolata continuamente da due agitatori. Dal silo viene prelevato, tramite un sistema di dosaggio continuo, il prodotto da processare. Il percorso della polvere, dal sistema di pesatura continua fino al reattore, avviene tramite una tubazione a doppia camicia.

Il prodotto viene spinto da un'iniezione di vapore a bassa temperatura nella tubazione interna mentre nella camicia esterna viene iniettato in contro flusso vapore ad altra temperatura. Durante questo percorso il rifiuto subisce un primo processo di pregassificazione in assenza d'aria.

La miscela polvere/vapore viene iniettata nella camera di reazione (parte interna del reattore, costituita da due camere concentriche) dove una fiamma pilota, alimentata da una miscela ossigeno-metano o ossigeno-idrogeno in rapporto stechiometrico, innesca la reazione di pirolisi garantendo contemporaneamente il mantenimento della temperatura a circa 2000°C. L'atmosfera all'interno della camera è saturata con vapore acqueo e garantisce l'assenza di ossigeno libero e di azoto.

4HT

FOR HYDROGEN TECHNOLOGY

Queste condizioni inibiscono l'ossidazione di eventuali metalli presenti nei rifiuti, nonché la possibilità di formazione di PCB (polliclorobifenili), diossine, TAR (composti a base cloro volatili condensabili) e NOx (ossidi di Azoto e loro miscele).

Precipitando nella camera di reazione la miscela sublima generando una nube gassosa composta principalmente da H₂, CO e CO₂. Il fondo della camera stessa è dotato di una tenuta idraulica sulla cui superficie la nube gassosa inverte la direzione e riprende a muoversi verso l'alto attraverso la camera esterna.

Durante il percorso di risalita il gas viene raffreddato velocemente, in modo da impedire alle molecole semplici di ricombinarsi, e completa il processo di catalisi convertendo totalmente la CO in CO₂.

Le particelle di inerti, di metalli e di sostanze non pirolizzabili precipitano sul fondo della tenuta idraulica e vetrificano per effetto del brusco raffreddamento subito.

Al fine di eliminare dalla miscela gassosa eventuali inquinanti il gas viene sottoposto ad un ciclo di lavaggio mediante attacchi acidi e basici e successivo processo di asciugatura. Le acque di lavaggio vengono recuperate e re immesse ad inizio ciclo.

Il gas ottenuto, composto esclusivamente da H₂ e CO₂, viene avviato all'impianto di separazione criogenica all'interno del quale, tramite cicli successivi di compressione, espansione e raffreddamento, si procede al sequestro totale della CO₂ ed al suo successivo confinamento in stato gassoso in bombole.

L'idrogeno puro ottenuto viene veicolato al serbatoio di stoccaggio.

Nel caso di realizzazione di stazione per la produzione energia l'idrogeno può essere veicolato verso le batterie di fuel cells ovvero verso la stazione di produzione in cui viene ossidato all'interno di una turbina.

Il calore prodotto dai gas di scarico della turbina, unitamente al calore in eccesso prodotto dal processo, viene sfruttato all'interno di uno scambiatore per generare vapore utilizzato da una turbina a condensazione, per generare ulteriore energia elettrica.

4HT

FOR HYDROGEN TECHNOLOGY

PUNTO DI EQUILIBRIO SMALTIMENTO/PRODUZIONE

Nella sua configurazione tipo l'impianto è in grado di processare 141.000 ton/anno di RSU tal quale pari alla quantità prodotta da un bacino di circa 250.000 persone, generando circa 570.000 MWh/anno di energia elettrica, che corrisponde al consumo stimato di circa 315.000 abitazioni, e circa 750.000 MWh/anno di energia termica.

L'impianto è stato progettato per essere scalabile e realizzabile per moduli funzionali i cui rendimenti sono descritti e dettagliati in altro documento.

SICUREZZA

L'impianto di pirolisi ad alta temperatura 4HT è stato progettato per garantire il massimo standard di sicurezza e affidabilità di funzionamento.

Tutti i materiali sono stati studiati e dimensionati per garantire venti anni di funzionamento continuo, fatte salve le manutenzioni ordinarie previste nel piano manutenzioni, e minimizzare i possibili guasti imprevisti. I componenti critici (cioè i componenti indispensabili al funzionamento) sono in configurazione ridondata, pronti ad entrare in funzione al guastarsi del componente principale in modo da garantire la continuità di funzionamento e la tempestiva riparazione del guasto senza interrompere il funzionamento dell'impianto.

Il cuore dell'impianto lavora in atmosfera ricca di idrogeno riducente e questo potrebbe far nascere l'idea di un impianto "pericoloso"; in realtà l'idrogeno stoccato in un ambiente chiuso non può provocare esplosioni se in assenza o in scarsità di ossigeno.

4HT lavora internamente in assenza di ossigeno e sempre in pressione leggermente superiore a quella atmosferica e questo perché così non sono possibili infiltrazioni di aria dall'ambiente e, quindi, ingresso di ossigeno non controllato. La colonna di reazione e i tubi di convogliamento del gas lavorano a pressione leggermente superiore a quella atmosferica ma sono state verificate per resistere a pressioni nell'ordine di decine di bar, comunque sulle varie linee per avere sicurezza del 100% sono montate valvole di sfogo o valvole a rottura che garantiscono una immediata espulsione dei gas al raggiungimento di condizioni critiche. Tutte le componenti elettriche di potenza e controllo sono rispondenti alle normative EX, antideflagranti in modo da evitare la formazione di scintille innescenti fiamme in ambiente. Il sistema è controllato da diversi PLC presenti in campo e nella sala controllo predisposta. Questi sistemi gestiscono il processo e gli attuatori in modo automatico, dando istruzioni al personale di controllo sugli eventuali interventi da effettuare e, in caso di guasti che non garantiscano il funzionamento perfetto del processo, attiveranno le procedure di spegnimento rapido e controllato garantendo anche lo svuotamento di tutte le tubazioni dall'idrogeno e riempiendole con gas inerte (azoto) così che a spegnimento completato il personale possa fare le adeguate riparazioni in assoluta sicurezza.

Fondamentale è la sicurezza ambientale. Questa tecnologia è tale per cui, durante il funzionamento, non si possono formare sostanze inquinanti quali NOX (in quanto l'impianto lavora in assenza di aria) e diossine (grazie al controllo delle temperature interne); inoltre

4HT

FOR HYDROGEN TECHNOLOGY

l'acqua, necessaria alle fasi di lavaggio e depurazione dei gas, non viene scaricata ma continua a ricircolare all'interno dell'impianto stesso.

Essendo l'insieme dei gas recuperato ed avviato a cicli di utilizzo industriale l'unica espulsione gassosa dell'impianto sarà vapore acqueo condensato a contatto con le temperature atmosferiche.