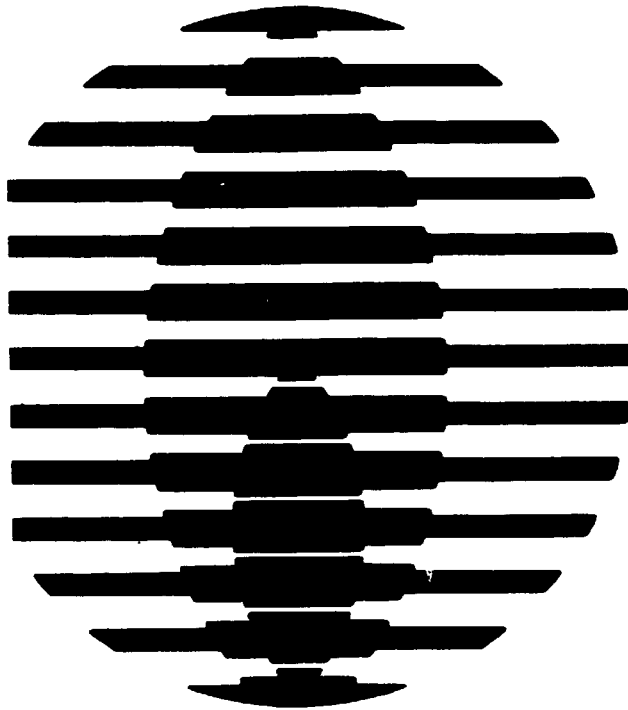


Napoli, 25-26-27  
novembre 1992

**Sessione 6**  
**UTILIZZO DEL GAS NELLA GRANDE**  
**GENERAZIONE ELETTRICA**



9300

1271

ETDE-IT--93-232.

(CONF-9211224--21).

IT93E 1271

**4° CONVEGNO ATIG**

DISTRIBUTION OF THIS DOCUMENT IS UNLIMITED

FOREIGN SALES PROHIBITED

**Gasificazione e ciclo  
combinato:  
situazione attuale e  
prospettive**

G. F. Brustia, L. Bressan, R.  
Domenichino  
FIATAVIO FOSTER WHEELER  
per l' Energia

Sessione 6  
Relazione 07

4° CONVEGNO ATIG  
Napoli 25-26-27 novembre 1992

**GASIFICAZIONE E CICLO COMBINATO:  
SITUAZIONE ATTUALE E PROSPETTIVE**

(Sessione 6 / Relazione 07)

**MASTER**

G.F. BRUSTIA, L.BRESSAN, R. DOMENICHINI  
FFW FIATAVIO FOSTER WHEELER per l'Energia

DISTRIBUTION OF THIS DOCUMENT IS UNLIMITED  
FOREIGN SALES PROHIBITED RB

Sessione 6  
Relazione 07

INDICE

	INDICE.....	pag.	1
	SINTESI.....	pag.	2
1.	INTRODUZIONE.....	pag.	3
2.	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO.....	pag.	4
3.	PRESTAZIONI.....	pag.	6
4.	CONSIDERAZIONI ECONOMICHE.....	pag.	6
5.	SVILUPPI FUTURI.....	pag.	7
6.	CONCLUSIONI.....	pag.	8
7.	BIBLIOGRAFIA.....	pag.	11

Sessione 6  
Relazione 07

SINTESI

La gasificazione del carbone e/o degli idrocarburi pesanti residui di raffineria abbinata a un impianto a ciclo combinato, rappresenta un modo tecnicamente ed economicamente valido per convertire combustibili fossili di scarso pregio in energia elettrica. La conversione è ottenuta nel rispetto delle più severe normative ambientali. Inoltre le prospettive di miglioramento che è facile intravedere per componenti o parti dell'impianto, fanno presagire un futuro di ampio sviluppo tale da rendere gli impianti di gassificazione abbinati a ciclo combinato competitivi in moltissime situazioni contingenti.

Dopo la rinuncia alla fissione, dopo l'era delle centrali termiche convenzionali e l'era dei cicli combinati che stiamo oggi vivendo, e in attesa della fusione, si sta aprendo l'era delle centrali di gassificazione a ciclo combinato?

## 1. INTRODUZIONE

Dopo la rinuncia italiana a proseguire nella costruzione di impianti nucleari per la produzione di energia, si sta ponendo l'attenzione su tecnologie innovative per l'utilizzo dei combustibili fossili caratterizzate da elevati rendimenti di conversione e ridotto impatto ambientale.

Si ritiene che la gassificazione del carbone e degli idrocarburi pesanti abbinata ad un ciclo combinato, abbia notevoli potenzialità di applicazione. In particolare:

- i processi di desolforazione applicati al gas combustibile ottenuto per gassificazione sono molto più efficaci dei processi tradizionali di desolforazioni di fumi, con indubbi vantaggi di semplicità operativa;
- le emissioni di particolato sono trascurabili;
- la quantità di solidi a discarica è inferiore in quanto i processi di desolforazione sono rigenerativi;
- la produzione di NOx può essere notevolmente contenuta fino a soddisfare le più severe normative;
- il processo di gassificazione associato ad impianti a ciclo combinato consente di trarre vantaggio dalla continua evoluzione tecnologica delle turbine a gas, portando ad un progressivo aumento dell'efficienza di generazione e ad una contemporanea riduzione dei costi specifici; ulteriori miglioramenti delle prestazioni saranno garantiti dai processi di desolforazione a caldo e dal miglioramento delle sezioni di gassificazione.

La gassificazione consente di utilizzare combustibili meno pregiati e di difficile impiego in settori diversi dal termoelettrico, riducendo la pressione della domanda su combustibili di elevata qualità o di impiego diversificato, quali il gas naturale, per il quale è previsto, nell'immediato futuro, un forte incremento dei consumi a livello sia europeo, sia nazionale.

In questo contesto assume una notevole significatività la gassificazione degli idrocarburi di basso rango e, tra questi, i residui dei processi di raffinazione, i greggi extrapesanti ed i bitumi.

La gassificazione di questi prodotti pesanti che rappresentano i residui di lavorazione del processo di raffinazione, una volta che il grezzo è stato sfruttato al massimo mediante processi catalitici, termici oppure estrattivi, risponde alla necessità di smaltimento delle raffinerie. Attualmente essi vengono venduti, dopo opportuni flussaggi, come combustibili

ad alto contenuto di zolfo al compartimento termoelettrico, ma date le limitazioni sempre più severe sulle emissioni, essi saranno, entro breve, non più accettabili per la produzione di energia elettrica.

La capacità di utilizzare in modo efficiente e soprattutto in modo ambientalmente compatibile tali prodotti rappresenta un'alternativa molto vantaggiosa sia alla strada della desolforazione ante combustione che all'intervento sui fumi.

La presente memoria illustrando le peculiarità di questi impianti fornisce a conclusione uno studio di fattibilità economico tipico che vuole dimostrare il giustificato interesse a perseguire la produzione di energia elettrica mediante questa tecnologia.

## 2. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO (IGCC)

L'impianto di gassificazione e ciclo combinato può essere concettualmente diviso in unità di processo differenti che lavorano simultaneamente per garantire il funzionamento del complesso IGCC.

Lo schema a blocchi allegato mostra le varie unità con le loro interfacce.

Di seguito viene riportata una breve descrizione delle unità con le loro principali caratteristiche funzionali:

- gassificazione; in essa avviene la reazione di gassificazione in presenza di ossigeno e vapore come moderatore. La reazione consiste in una combustione parziale quindi in difetto di ossigeno; il prodotto è una miscela di gas ( $H_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $N_2$ ) con eventuali inquinanti come  $COS$  e  $H_2S$  la cui quantità è funzione del contenuto iniziale di zolfo nella carica. I gas ottenuti a circa  $1500\text{ }^\circ C$  e ad una pressione superiore a 60 bar vengono lavati con acqua per eliminare le particelle solide carboniose residue della gassificazione e le ceneri. A seconda della qualità della carica può essere operativamente interessante effettuare un recupero termico sui gas in uscita dal reattore mediante generatori di vapore di particolare concezione;
- trattamento acqua e recupero carbone; le acque di lavaggio provenienti dalla sezione di gassificazione sono trattate dapprima per recuperare il carbone presente che viene riciclato e poi per eliminare gli inquinanti presenti (metalli o sali) prima di essere scaricati alle unità di trattamento acque di tipo convenzionale;
- recupero termico, espansione,  $COS$  idrolisi e saturazione; il gas proveniente dal lavaggio saturo ad una temperatura di circa  $260\text{ }^\circ C$ , viene raffreddato a  $50\text{ }^\circ C$  per permettere il lavaggio

Sessione 6  
Relazione 07

- dell' $H_2S$  presente e poi nuovamente riscaldato e saturato mediante adeguati recuperi termici con la corrente in raffreddamento. Durante la fase di recupero si procede alla conversione mediante idrolisi del COS ad  $H_2S$  in quanto il COS non è eliminato nei lavaggi; la non eliminazione del COS quando bruciato in turbina a gas porterebbe a livelli di emissioni globali di impianto non sempre congruenti con i valori richiesti dalla normativa. Una sezione di riduzione pressione del gas fino ai livelli necessari ad alimentare il turbogas attraverso espansore porta alla produzione di energia elettrica addizionale. La saturazione con acqua del gas consente di inviare in turbina a gas un combustibile la cui combustione avviene con bassa produzione di  $NO_x$ ;
- lavaggio  $H_2S$ ; il gas viene purificato dall' $H_2S$  presente mediante lavaggio con soluzioni che possono avere azioni di tipo chimico o fisico. La scelta tra i due sistemi non è ancora definitiva anche se si tende a preferire i lavaggi chimici. L'azione del mezzo lavante deve essere selettiva in modo tale da eliminare completamente l' $H_2S$  e minimizzare l'asportazione della  $CO_2$ . Il mezzo lavante è di tipo rigenerativo in quanto modificando le condizioni operative esso rilascia i componenti catturati;
  - impianto zolfo; il gas proveniente dalla rigenerazione del mezzo di lavaggio e quindi composto da  $H_2S$  e  $CO_2$  viene alimentato ad un impianto zolfo che trasforma l' $H_2S$  in zolfo elementare;
  - ciclo combinato; il ciclo combinato riceve il gas di sintesi lavato e condizionato e lo brucia in turbina a gas producendo energia elettrica e calore nei fumi di scarico che vengono avviati alla caldaia per produzione di vapore espanso poi nella turbina a vapore. La caldaia a recupero è dotata di postcombustione per bruciare il gas che è prodotto in eccesso dalla sezione di gassificazione quando la turbina a gas riduce la sua capacità a causa delle condizioni termiche ambientali sfavorevoli. Questo permette di limitare la perdita di potenza dell'intero impianto all'aumentare della temperatura ambiente. Nella caldaia a recupero viene prodotto il vapore che deve essere avviato alla gassificazione come moderatore di reazione;
  - impianto frazionamento aria; produce l'ossigeno necessario alla reazione chimica di gassificazione e la sua integrazione più o meno spinta con le altre unità del complesso è frutto di considerazioni economiche che variano nelle diverse situazioni contingenti;

Sessione 6  
Relazione 07

- servizi ausiliari, edifici, sala controllo e impianti elettrici.

### 3. PRESTAZIONI

Vengono indicate le prestazioni attese per un impianto IGCC che processa i residui pesanti di raffineria.

Il processo di gassificazione considerato è il TEXACO il quale vanta al momento la maggiore esperienza in simili applicazioni. La gassificazione è condotta con ossigeno.

La turbina a gas considerata rappresenta una macchina ipotetica dell'attuale generazione, per cui i valori di potenza e rendimento utilizzati non sono associabili ad un modello ben definito.

E' presentata la soluzione a "quench" che è ritenuta essere la più affidabile, in particolare quando l'alimentazione al gassificatore è un residuo di lavorazione molto sfruttato (v. Tab. 1).

### 4. CONSIDERAZIONI ECONOMICHE

E' stata eseguita un'analisi economica di una possibile iniziativa per realizzare un impianto di gassificazione olii pesanti e ciclo combinato da circa 250 MW.

La capacità di 250 MW vuole essere una media tra le capacità ottenibili con singola turbina a gas della taglia industriale della presente generazione. ENEL sta installando macchine simili in accordo al suo programma di repowering e costruzione di cicli combinati.

I numeri esposti nell'analisi provengono da elaborazioni eseguite in proprio e da dati reperiti da pubblicazioni EPRI.

Si calcola che:

- la produzione di energia elettrica annuale e vendibile ammonta a 1875 Gwh
- il consumo di olii pesanti di raffineria annuale ammonta a 433500 ton

tenendo conto di una disponibilità dell'impianto al 100% per 7500 ore/anno.

Sono stati ipotizzati i seguenti parametri:

- costo di investimento globale dell'iniziativa pari a 650 miliardi di Lire
- costo della carica pari a 50000 Lire/ton ottenuto come valore da attribuire al prodotto se soggetto a flussaggio con olio pregiato per ottenere olio combustibile commerciale con caratteristiche di viscosità e contenuto di zolfo secondo normativa
- ricavo dell'energia elettrica venduta pari a 117 Lire/kWh per i primi 8 anni di funzionamento e di



Sessione 6  
Relazione 07

- 63.1 Lire/kWh per i successivi in linea con i recenti provvedimenti legislativi
- non sono stati presi in considerazione finanziamenti nè a tasso favorito nè a fondo perduto
  - è stato considerato un tasso di inflazione pari al 5%
  - sono stati inclusi costi di manutenzione, personale, struttura, etc.
  - sono state considerate tasse in accordo alla legislazione italiana.
- L'analisi economica effettuata porta a ratei di ripagamento dell'ordine dell'11% .

## 5. SVILUPPI FUTURI

Le considerazioni economiche presentate portano a risultati che devono essere considerati minimali e sono quindi destinati a migliorare in relazione alle possibili innovazioni che saranno prossimamente introdotte in queste tipologie di impianti; infatti, al contrario di quanto succede per le centrali termiche convenzionali dove limiti tecnologici e termodinamici hanno decretato un punto di arrivo, si aprono numerosi spiragli di notevole interesse.

- Turbine a gas; saranno fra breve disponibili sul mercato macchine di maggiore capacità e migliore efficienza che consentiranno non solamente di ridurre i costi specifici, ma permetteranno di elevare l'efficienza globale di impianto di circa 1 punto e mezzo. Gli impianti di gassificazione carbone annunciati oggi prevedono già l'impiego di simili macchine.
- L'integrazione gassificazione/ciclo combinato dovrà essere progettualmente perseguita allo scopo di migliorare l'efficienza; si apre qui spazio alle Società che sappiano coniugare esperienze in campo energetico, avendo già realizzato centrali a ciclo combinato, a consolidate esperienze in campo raffiniero/petrochimico.
- L'integrazione spinta gassificazione/ciclo combinato/impianto di frazionamento aria permette di elevare l'efficienza complessiva di impianto; questa integrazione va comunque verificata economicamente con le condizioni al contorno quali la remuneratività consentita dalla vendita di gas nobili eventualmente prodotti nella sezione di frazionamento aria.
- Caldaia di recupero; la confidenza sulla buona operazione e la ricerca di un design più affidabile favorirà l'installazione sul gas in uscita dal gassificatore di una caldaia di recupero, per produrre vapore da inviare alla turbina a vapore del ciclo combinato. Questa soluzione impianti-

Sessione 6  
Relazione 07

stica dovrebbe innalzare l'efficienza di impianto di circa 2.5+3 punti.

- Desolfurazione a caldo; evitare la necessità di raffreddamento della corrente di syngas fino a temperatura ambiente attualmente richiesta dai processi di lavaggio, porterebbe ad un sicuro miglioramento termodinamico. Sono apparsi sul mercato alcuni processi di desolfurazione a caldo che hanno raggiunto differenti stati realizzativi; essi permetteranno, una volta raggiunta la necessaria affidabilità, di eliminare l'H<sub>2</sub>S presente nel gas senza passare attraverso un raffreddamento seguito da un riscaldamento del gas. Sono attesi guadagni di efficienza complessiva tra 1 e 3 punti.

## 6. CONCLUSIONI

La lettura della memoria porta alle seguenti considerazioni:

- gli impianti di gassificazione supereranno rapidamente le efficienze ottenibili con le centrali termiche convenzionali assicurando al contempo un impatto ambientale complessivo molto minore. Il futuro si prevede pieno di novità tali da migliorare ancora in modo significativo le prestazioni
- l'impatto ambientale è veramente il meglio che la tecnologia attuale può garantire e potrebbe giustificare ulteriori interventi legislativi premianti
- le analisi economiche mostrano un quadro che sta diventando appetibile anche all'imprenditore privato grazie soprattutto al prezzo agevolato di cessione dell'energia elettrica, specialmente se è possibile sfruttare una esperienza di conduzione impianti chimici abbinata a capacità gestionali in campo energetico.
- nuove turbine a gas di maggiori dimensioni e di maggiore efficienza contribuiranno notevolmente al miglioramento del risultato economico di una eventuale iniziativa
- nuove tecnologie di depurazione gas, pur mantenendo inalterati gli effetti sull'ambiente, porteranno alla diminuzione dei costi con conseguenti vantaggi.

In conclusione dato lo scarso pregio della materia prima da gassificare, il ritorno sull'investimento risulta influenzato esclusivamente ed in maniera molto sensibile dal costo di investimento e dal prezzo di cessione energia elettrica; riduzioni dei costi di investimento rendono molto più attraente l'iniziativa.

Gli impianti di gassificazione olii residui e carbone stanno per superare il muro della convenienza,

Sessione 6  
Relazione 07

non solo dove esistono situazioni particolarmente favorevoli.

Le caratteristiche di forte limitazione dell'inquinamento raggiunte, raccoglieranno sicuramente il favore di chi vede negli impianti di produzione energia solamente fonti di inquinamento, riuscendo così a coniugare il benessere che garantisce l'energia con la pulizia dell'ambiente.

L'introduzione di questi impianti rende accessibili fonti alternative al gas e all'olio combustibile; ciò risulta particolarmente importante nella situazione energetica italiana che sta progressivamente legando la sua produzione energetica al gas naturale, trascurando fonti alternative più economiche e soprattutto, in accordo alle conoscenze attuali, praticamente inesauribili.

Si ritiene che l'impiantistica per la generazione di energia elettrica di potenza stia preparando un'altra sorpresa a pochi anni dall'affermazione della tecnologia dei cicli combinati.

BIBLIOGRAFIA

- a. C.F. Vivani, G. Pastorino, R. Senis - ENEL  
Gli impianti a ciclo combinato con gassificazione  
del carbone e degli idrocarburi pesanti nei  
programmi dell'ENEL.  
Marzo 1992 (LA TERMOTECNICA).
- b. M.E. Quintana, P.W. Thone, G. Antoniotti - TEXACO  
Texaco gasification power system for clean  
energy.  
Marzo 1992.
- c. P.M. Pellò - ENEL  
La gassificazione del carbone e degli idrocarburi  
pesanti per la produzione di energia elettrica.  
Novembre 1991.
- d. L. Bressan, G.L. Farina - FOSTER WHEELER ITALIANA  
Gassificazione dei residui pesanti a ciclo  
combinato: una proposta per migliorare i bilanci  
di raffineria e soddisfare la crescente domanda  
di energia elettrica.  
Maggio 1990.

Sessione 6  
Relazione 07

Tabella N° 1

PRINCIPALI CARATTERISTICHE DI IMPIANTO

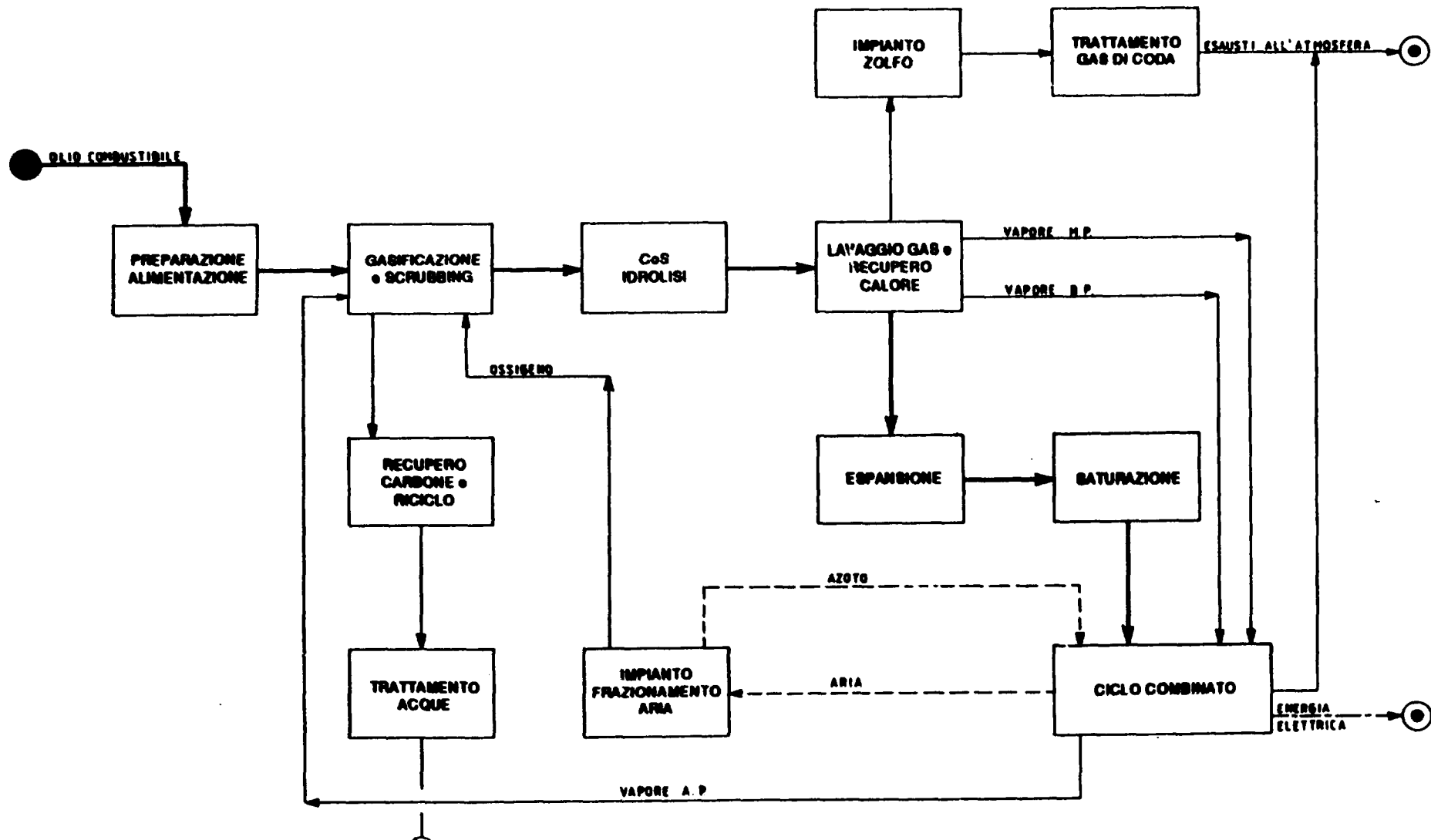
Combustibile	Tipo	:	Residuo di Raffineria (Tar o Asfalto)
	Potere Calorifico	:	9300 kcal/kg
	Contenuto Zolfo	:	6% wt
	Portata	:	57.8 t/h
	Consumo Annuo	:	433500 t/a
Ore di Funzionamento	:		7500
Potenza Elettrica Generata	:		285 MW
Consumi Elettrici Interni	:		8.5 MW
Consumo Elettrico per Produzione Ossigeno	:		26.5 MW
Potenza Elettrica Netta	:		250 MW
Produzione Energetica Annuo	:		1875000 MWh
Caratteristiche Gas in Ingresso Turbina a Gas			
. Composizione % Vol	H <sub>2</sub>	:	23.12
	CO	:	37.14
	CO <sub>2</sub>	:	3.06
	N <sub>2</sub> A	:	2.44
	H <sub>2</sub> O	:	34.05
	CH <sub>4</sub>	:	0.19
. Potere Calorifico	:		1730 kcal/Nm <sup>3</sup>
Acqua di Raffreddamento in Circolazione (DeltaT = 10 °C)			
	:		17000 m <sup>3</sup> /h
Emissioni all'Atmosfera			
	SO <sub>2</sub> (3% O <sub>2</sub> )	<	50 mg/Nm <sup>3</sup>
	NO <sub>2</sub> (15% O <sub>2</sub> )	<	150 mg/Nm <sup>3</sup>
	NO <sub>x</sub> (15% O <sub>2</sub> ) con SCR	<	30 mg/Nm <sup>3</sup>
	particolato	<	10 mg/Nm <sup>3</sup>
Rendimento Energetico Netto Totale			2150 kcal/kWh 40%

# FIATAVIO FOSTER WHEELER per l'energia

SCHEMA A BLOCCHI DEL COMPLESSO IGCC

DISEGNO N. 1

----- POSSIBILE INTEGRAZIONE





# **ATIG**

Associazione Tecnica Italiana del Gas

- promuove la ricerca e la sperimentazione di tutti i mezzi tecnici idonei ad assicurare lo sviluppo delle applicazioni del gas;
- approfondisce e risolve, attraverso il lavoro in comune e la discussione, le problematiche tecniche dell'industria del gas, incoraggiandone lo studio, indicando concorsi ed assegnando premi;
- dà la più ampia diffusione ai lavori nonché ai risultati giudicati utili al settore del gas svolgendo le conseguenti attività necessarie d'informazione;
- intrattiene rapporti con Associazioni consimili italiane e straniere, favorendo lo scambio delle informazioni tecniche in uno spirito di reciproco sostegno e collaborazione;
- mette a disposizione degli Associati un Centro di Documentazione Tecnica;
- concorre all'informazione e alla formazione professionale del personale operante nell'industria del gas;
- collabora con gli Enti preposti alla formulazione della normativa.



via Maritano, 21  
20097 S. Donato Milanese (Mi)  
Tel. (02) 52022149  
Telefax (02) 52035712  
Telex 310246 ENI - I