

Botteghi, Carlo; Conti, Leonetto; Mansani, Riccardo (1980) *II Carbone del Sulcis: possibilità di utilizzazione*. Bollettino della Società sarda di scienze naturali, Vol. 19 (1979), p. 27-39, [1] c. di tav. ripieg. ISSN 0392-6710.

<http://eprints.uniss.it/3359/>

# BOLLETTINO

della

SOCIETA' SARDA  
DI SCIENZE NATURALI

Consulenti editoriali per questo volume:

Prof. Antonietta Cherchi Pomesano  
Prof. Maria Follieri  
Prof. Nullo Glauco Lepori  
Prof. Guido Moggi  
Prof. Enio Nardi  
Prof. Maria Pala  
Prof. Romolo Prota  
Prof. Antonio Pietracaprina  
Prof. Vittorio Rosnati

Direttore Responsabile e Redattore  
Prof. FRANCA VALSECCHI

---

*Autorizzazione Tribunale di Sassari n. 70 del 29-V-1968*

**Il carbone del Sulcis: possibilità di utilizzazione \***

BOTTEGHI CARLO, CONTI LEONETTO, MANSANI RICCARDO \*\*

Il notevole interesse che si sta ridestando anche in Italia intorno al carbone (GIAMBELLI, GIRELLI, 1979) è stato suscitato dalla crisi di un modello di sviluppo industriale basato quasi esclusivamente sul petrolio. Tale crisi, che data dagli inizi degli anni '70, è stata provocata essenzialmente dall'enorme incremento del consumo energetico mondiale che è stato del 250% dal 1955 al 1976 e che ha raggiunto il ragguardevole valore di  $7.000 \cdot 10^6$  t di petrolio. Nel 1976 la fonte più importante di energia era costituita dal petrolio (46%), seguita dal carbone (30%), dal gas naturale (17%) e in misura minore dalle centrali idroelettriche (5,5%) e nucleari (1,5%) (WINNACKER e KÜCHLER, 1971). In questi ultimi anni la situazione dell'approvvigionamento energetico non è cambiata e il consumo di petrolio non ha subito flessioni. A questo fatto si aggiunge la sempre più incalzante preoccupazione, per altro ampiamente giustificata, di preservare parte del petrolio disponibile non a scopi energetici, ma come materia prima per l'industria chimica organica, anch'essa in continuo inarrestabile sviluppo. A scopo indicativo basti ricordare che tra alcuni anni la produzione mondiale di materie plastiche raggiungerà il miliardo di t, pari cioè a quella del ferro e dell'acciaio (WINNACKER e KÜCHLER, 1971).

---

\* Conferenza tenuta il 14-12-1979 per la S.S.S.N.

\*\* Istituto di Chimica Applicata - Dipartimento di Chimica e Fisica - Università di Sassari.

La rivoluzione del mercato del petrolio del 1973 con conseguente rialzo del prezzo del greggio di ca. dieci volte negli ultimi sette anni ha messo davanti ad una pressante necessità di riconversione soprattutto quei paesi come l'Italia, quasi totalmente dipendenti da altri paesi per questa materia prima (nel 1978 il nostro paese ha importato ca.  $110 \cdot 10^9$  t di petrolio dai Paesi Arabi).

Il ritrovato interesse per il carbone è basato essenzialmente sui seguenti punti:

1) Il carbone è di gran lunga la più abbondante riserva di energia fossile del mondo: le riserve mondiali economicamente estraibili ammontano a ca.  $600 \cdot 10^9$  t, mentre una stima di quelle probabili oscilla dalle  $11.000 \cdot 10^9$  t alle  $15.000 \cdot 10^9$  t (GRIFFITH e CLARKE, 1979; PAVERIT, 1975). Nel grafico di fig. 1 sono riportati gli andamenti della produzione mondiale di petrolio e di carbone dal 1850 ad oggi (KOLLING e SCHNUR, 1977). L'estrapolazione, che tiene conto delle riserve a tutt'oggi accertate con sicurezza e di un tasso di crescita della domanda energetica pari a quella attuale, mostra con chiarezza come la produzione petrolifera sia destinata a subire una rapida flessione che porterà ad un esaurimento delle riserve intorno alla metà del prossimo secolo. L'entità delle riserve di carbone garantirebbe invece (nei limiti di questo modello di previsione) un'adeguata risposta alla domanda energetica per alcuni secoli.

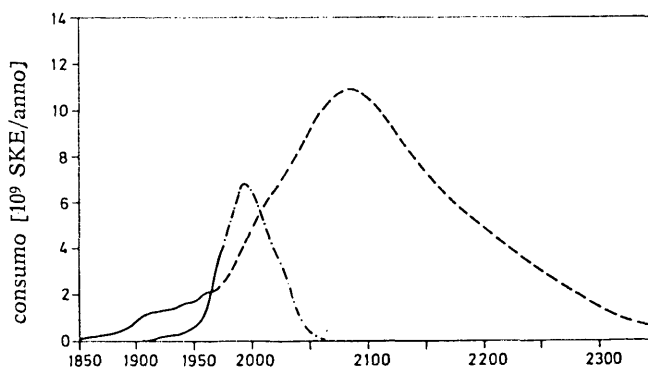


Fig. 1 - 1 SKE = 7000Kcal = 0,7 Kg di petrolio

2) Per l'importante problema della diversificazione delle fonti di approvvigionamento l'impiego del carbone rappresenta l'unica soluzione a breve scadenza, anche se parziale. Occorre sottolineare che attualmente altre fonti alternative di energia che da sole potrebbero risolvere la crisi, come l'energia nucleare, potranno essere utilizzate a pieno e senza rischi forse tra alcune decine di anni, ed altre meno determinanti come le risorse idriche e l'energia solare sono o al massimo dello sfruttamento o ancora ad uno stadio preliminare di ricerca.

3) Le riserve di carbone nel mondo sono sufficientemente distribuite nei vari paesi dei diversi continenti come appare chiaramente dalla tabella 1 (VORRES, 1979), e questo fatto può rivestire grande importanza soprattutto dal punto di vista politico.

TABELLA 1 - Riserve totali stimate di carbone nel mondo, per continenti (in  $10^9 \cdot t$ )<sup>a</sup>

Continente	Riserve identificate <sup>a</sup>	Riserve <sup>c</sup> ipotetiche <sup>b</sup> stimate	Riserve <sup>d</sup> stimate totali
Asia <sup>e</sup>	3.635 <sup>d</sup>	6.362	9.997 <sup>e</sup>
America Sett.	1.727	2.272	3.999
Europa <sup>f</sup>	273	454	727
Africa	82	145	227
Oceania <sup>g</sup>	64	55	118
America Centrale e Meridionale	27	9	36
<b>Totali</b>	<b>5.808</b>	<b>9.297</b>	<b>15.104</b>

<sup>a</sup>P. Averitt, « Coal Resources of the United States, January 1, 1974 », U.S. Geological Survey Bulletin, 1975, p. 1412.

<sup>b</sup>Riserve originali nel terreno in strati spessi 30 cm o più, e generalmente a meno di 1.200 m di profondità, ma include anche piccole quantità tra 1.200 e 1.800 m.

<sup>c</sup>Inclusa l'U.S.S.R. Europea <sup>d</sup>Incluse circa  $2.090 \times 10^9$  t in U.S.S.R.

<sup>e</sup>Incluse circa  $8.600 \times 10^9$  t in U.S.S.R. <sup>f</sup>Inclusa la Turchia.

<sup>g</sup>Australia, Nuova Zelanda e Nuova Caledonia.

4) Analogamente al petrolio e ai gas naturali il carbone, accanto ad una potenziale flessibilità di impiego nel settore energetico (nelle centrali termoelettriche, nei trasporti, nel settore residenziale-commerciale, nel settore industriale) offre l'altro importante

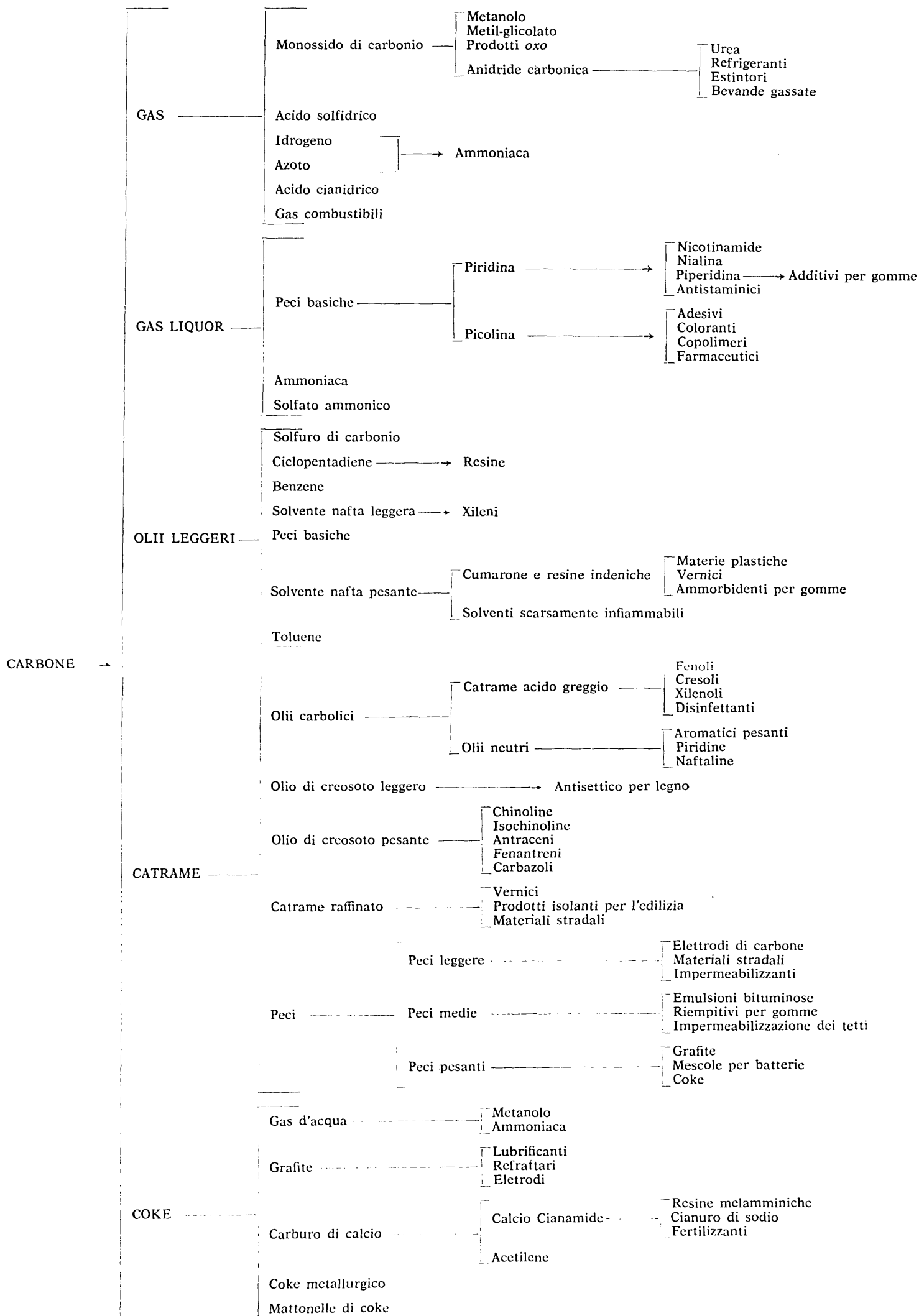
aspetto di materia prima sulla quale risviluppare un'industria carbochimica (FALBE, 1977). Questa opportunamente indirizzata sarebbe in grado di fornire prodotti sostitutivi di quelli derivati dalla petrolchimica anche se mediante tecnologie più complesse e meno economiche (schema 1). A tale proposito è interessante notare che nella Germania Federale « prodotti base » come benzene, naftalina, antracene, acetilene ed ossido di carbonio per un ammontare complessivo del 5% della produzione dell'industria chimica tedesca vengono ottenuti dal carbone. La quota della produzione derivata dal carbone sale al 13%, se si considerano altri prodotti chimici non propriamente organici quali nerofumo e grafite (WEISSER-MEL e ARPE, 1978).

A queste considerazioni va aggiunto che a differenza del petrolio grezzo il carbone ha subito nell'ultimo decennio aumenti proporzionali di prezzo nettamente più bassi: attualmente il prezzo di un Kg di carbone oscilla tra 40 e 60 Lit/Kg contro le ca. 180 Lit/Kg per il petrolio. Tenendo conto dei più alti prezzi di esercizio e del minore rendimento del carbone, il suo impiego può diventare competitivo quando il prezzo del petrolio grezzo sarà almeno due volte quello attuale. Pertanto, accanto agli studi per l'ottimizzazione delle preesistenti tecnologie di utilizzo diretto, già da tempo i paesi industrializzati dell'area occidentale (U.S.A., Germania Federale, Regno Unito, Sud Africa, Francia) e orientale (U.R.S.S., Cina e Polonia) stanno intensificando i loro sforzi nella direzione della trasformazione del carbone. Queste ricerche si articolano nei seguenti indirizzi (RICHARDSON, 1975; STRATTON, 1978):

1. Gassificazione di carboni fossili e ligniti per la produzione di «gas di sintesi» e sua ulteriore trasformazione in prodotti chimici di base come metanolo ed alcoli superiori, metano, benzine sintetiche, etc.

2. Liquefazione mediante idrogenazione allo scopo di ottenere prodotti liquidi a basso tenore di zolfo sostitutivi di un petrolio greggio.

3. Carbonizzazione del carbone per l'ottenimento di prodotti chimici di base come idrocarburi aromatici, fenoli, piridine, etc.



Schema 1



È ovvio che anche l'Italia debba inserirsi con tutti i mezzi disponibili in questa ristrutturazione dei rifornimenti di energia e materie prime e incrementare, là dove possibile, il risparmio del petrolio e l'impiego del carbone. L'ampliamento previsto per il consumo di carbone dal piano energetico da  $2 \cdot 10^6$  t/anno del 1978 a  $10 \cdot 10^6$  t/anno nel 1985 esige che in tempi brevi venga acquisito un certo « Know-how » su una serie di problemi di varia natura e non tutti di facile soluzione in considerazione del lungo digiuno tecnologico sofferto dai nostri tecnici. Più precisamente i problemi reali che i responsabili del piano energetico dovrebbero affrontare nell'immediato futuro sono secondo gli attuali indirizzi (GIAMBELLI, GIRELLI, 1979):

1. Perfezionamento delle tecniche tradizionali di ricezione e trasporto del carbone e studio di altre soluzioni economicamente più convenienti come i carbodotti ad acqua o metanolo.

2. Combustione «a letto fluidizzato» per produzione di gas molto caldi per alimentazione di turbine a gas (problema che riguarda in particolare l'ENEL).

3. Idrogenazione del carbone a olii combustibili liquidi ad alta temperatura e pressione in opportuni solventi possibilmente in assenza di catalizzatori.

4. Gassificazione del carbone, in particolare di ligniti e di carboni bituminosi per la produzione di gas ricchi di idrogeno e ossido di carbonio.

5. Produzione di carbolio, cioè di sospensioni di particelle di carbone molto fini in olii combustibili di varia provenienza, e suo impiego nelle caldaie industriali, nelle centrali termoelettriche come sostituto di olio combustibile pesante.

Si inserisce a questo punto il problema di studiare l'utilizzazione per queste tecniche non solo di carboni importati (sud-africani, inglesi o polacchi), ma anche di carbone nazionale proveniente per la quasi totalità dal bacino del Sulcis in Sardegna. I giacimenti di carbone degni di rilievo dell'Italia sono in effetti quasi esclusiva-

mente localizzati nella zona del Sulcis, anche se manifestazioni carbonifere sono state individuate in altre regioni come Val d'Aosta, Toscana e nella stessa Sardegna, ma di piccola entità. Allo stato attuale delle conoscenze le stime fatte indicano nella zona del Sulcis una riserva accertata di almeno  $150 \cdot 10^6$  t, mentre riserve probabili fino a  $400 \cdot 10^6$  t sarebbero disponibili a profondità maggiori di quelle fino ad oggi raggiunte (600 m ca.). Questi rilievi si riferiscono ad un'area corrispondente al 30% ca. dell'area individuata geologicamente, cosicché le possibili riserve totali del Sulcis potrebbero superare  $1,5 \cdot 10^9$  t (PIGA, 1979).

Le proprietà tecnologiche riscontrate in vari esperimenti e i risultati analitici di vari campioni, uniti all'analisi petrografica, inducono a classificare tale carbone come un «litantrace sub-bituminoso» (AGUS, CARTA, 1976). Tale materiale è caratterizzato da un elevato contenuto di composti volatili (~50%) oltre che, purtroppo negativamente, da un alto tenore di zolfo talora superiore all'8% e di ceneri fino al 15%.

Appare subito evidente come l'utilizzazione di un tale tipo di materiale secondo le tecnologie acquisite ponga seri problemi, alcuni dei quali di difficile soluzione. In particolare la combustione diretta presenta rilevanti problemi tecnici di corrosione e di inquinamento atmosferico, e una sua razionale soluzione non si è ancora prospettata a costi accettabili (ELECTROCONSULT, 1972).

I metodi di desolforazione preventiva sia fisici (per gravità, per flottazione, mediante metodi elettrici e magnetici), sia chimici (per processi ossidativi con aria,  $\text{NO}_2$ , sali ferrici, ossigeno umido e lavaggi alcalini ad alta temperatura) sono di scarso interesse economico per l'utilizzatore oppure si trovano ancora in uno stadio preliminare di sviluppo (STANBAUGH, 1979). L'abbattimento degli ossidi di zolfo dai fumi di combustione di più moderna concezione (per l'assorbimento con soluzione citrica, di soda e solfiti, di etanolamine; per assorbimento su ligniti, su allumina alcalinizzata; per reazione con calcare e composti minerali affini, etc.) sono senz'altro ricchi di prospettive perché di tipo rigenerativo, ma ancora lungi da poter essere applicati su scala industriale (SITES et al., 1969; SHAH, 1971; ALLIED CHEM., 1979).

La combustione «a letto fluidizzato» (EHRlich, 1975; GIOIA et al., 1976) è una tecnologia che in taluni casi sembra fornire risultati accettabili anche dal punto di vista economico nell'u-

tilizzazione di carboni di basso valore. Essa è stata sviluppata fino ad un impianto pilota di 30 - MW (Rivesville - West Virginia) dove bruciando un carbone con 3,5% di zolfo, l'80% ca. di questo elemento è stato trattenuto aggiungendo polvere di calcare nel reattore. Per il carbone del Sulcis, a tenore di zolfo notevolmente elevato, questa tecnologia può essere interessante soprattutto per una sua diretta applicazione nelle centrali presenti nella zona sud-occidentale della Sardegna, e quindi, a nostro avviso, degno di essere ottimizzato, anche se sono prevedibili notevoli difficoltà, per quanto concerne lo smaltimento dei materiali di risulta, l'abbattimento della anidride solforosa e soprattutto il superamento dei problemi di corrosione degli impianti.

Anche le esperienze accumulate dalla tecnologia mondiale nel campo della gassificazione (VERMA, 1978) se non lasciano dubbi rispetto alla fattibilità tecnologica del processo, sono, a nostro avviso, di scarsa convenienza economica se applicate al carbone del Sulcis.

Uno studio del 1972 (ELECTROCONSULT, 1972) valutava le possibilità della gassificazione del carbone del Sulcis e le condizionava alla costruzione, accanto al gassificatore, di un complesso carbochimico altamente diversificato capace di trasformare i prodotti primari in altri di immediato interesse commerciale (in particolare  $\text{NH}_3$ , metanolo e loro derivati).

Ma, a nostro avviso, ad una realizzazione del genere è di principale ostacolo l'alto tenore di zolfo nel gas di uscita la cui rimozione, fondamentale per avviare la materia prima ad ulteriori trasformazioni, è tra tutte le voci di costo la più elevata (NETZER e ELLINGTON, 1979).

Occorre aggiungere che un complesso di gassificatori e relativi impianti di trasformazione a valle che impiegassero una quantità di carbone tale da giustificare una attività mineraria produrrebbe una quantità di prodotti sovradimensionata rispetto alle richieste di mercato (ELECTROCONSULT, 1972).

Volutamente abbiamo trascurato la possibilità di conversione del gas a carburante *via* sintesi di FISCHER-TROPSCH in quanto troppo costosa rispetto ad altri processi che sono in avanzato stadio di sperimentazione. Questo tipo di processo infatti è basato sulla demolizione del legame C-C e sul suo successivo ripristino in molecole idrocarburiche (FROHNING et al., 1977).

TABELLA 2 - Analisi campione di carbone (originario)

CARBONE		VENA 1	VENA 2
Perdita in peso a 110°C	%	5,20	7,40
Potere calorifico superiore Kcal/Kg	%	5958	5474
Carbonio	%	57,50	56,20
Idrogeno	%	4,50	4,00
Azoto	%	1,40	1,40
Zolfo	%	7,30	7,20
Ceneri	%	12,90	10,10
COMPOSIZIONE DELLE CENERI			
Fe	%	33,74	27,85
Cu	%	0,0067	0,0036
Mn	%	0,0285	0,0294
Zn	%	—	0,0220
Na	%	5,24	8,32
K	%	0,47	0,296
Ni	%	—	0,0940
Cr	%	0,015	0,012
Al	%	11,50	4,40
Ca	%	13,65	11,98
Sn	%	—	0,067
V	%	0,050	0,020
Mg	%	2,87	4,37
Ag	%	—	0,0008
Ti	%	0,15	0,15
Co	%	—	0,0080

TABELLA 3 - Idrogenazione del carbone con riciclo di olio

CONDIZIONI DI REAZIONE	
Carbone impiegato (vena 2)	g 60
Olio riciclato	g 60
H <sub>2</sub>	g 3,73
Pressione iniziale a 15°C	Kg/cm <sup>2</sup> 100
Pressione finale a 15°C	Kg/cm <sup>2</sup> 30
Temperatura di reazione	°C 375 ± 5
Durata della prova	h 10
RISULTATI	
Gas recuperati	g 7,71
H <sub>2</sub> S	g 1,25
H <sub>2</sub> O	g 10,0
Olio	g 87
Residuo	g 15
RSH	Tracce
NH <sub>3</sub>	Tracce

TABELLA 4 - Idrogenazione del carbone con riciclo di olio, caratteristiche dei prodotti ottenuti

Composizione dei gas			Composizione Olio *			Composizione Residuo		
CO	%v	1,5	C	%	83,0	C	%	38,5
CO <sub>2</sub>	»	0,66	H	»	8,9	H	»	3,0
H <sub>2</sub>	»	74,27	N	»	1,5	N	»	1,8
CH <sub>4</sub>	»	7,58	S	»	1,3	S	»	17
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	»	6,48	Ceneri	»	0,079	Ceneri	»	25
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	»	3,24						
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	»	1,29						
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	»	0,43						
>C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> **	»	2,20						

Comp. dell'olio di tutte le prove di riciclo.

\*\* Inseriti nei calcoli come C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>.

Attualmente solo gravi problemi di approvvigionamento di greggio possono motivare un'applicazione di questa metodologia che purtroppo è per il momento l'unica in grado di operare su scala industriale. A Sasolbury, in Sud Africa, è operante un complesso di tale tipo che, alimentato con 7.000 tonnellate di carbone al giorno, produce benzina via F.T., NH<sub>3</sub>, metanolo e prodotti derivati (ELECTROCONSULT, 1972; O'HARA, 1976).

Tuttavia la realizzazione di tale impianto ed il progetto di un altro di portata 4 o 5 volte superiore che dovrebbe entrare in funzione entro il 1980 può essere giustificata solo dalla particolare situazione politica di *embargo* in cui si trova la Repubblica Sudafricana.

La liquefazione del carbone a combustibile mediante idrogenazione è un processo che ha raggiunto un considerevole livello tecnologico (O'HARA, 1976; STEWART, KLETT, 1975). Effettuato per la prima volta in Germania da Bergius nel 1914, è stato impiegato successivamente per produrre benzina commerciale in dodici impianti duante la 2<sup>a</sup> guerra mondiale. Attualmente alcuni impianti pilota e su scala semindustriale sono operanti o stanno per entrare in funzione soprattutto nel Sud Africa e negli U.S.A., dove il costo delle materie prime è relativamente basso.

Tra i processi più avanzati tecnologicamente sono da ricordare l'SRC-II (SCHMID, JACKSON, 1976) della Gulf, l'H-Coal (U.S. E.R.D.A., 1976) dell'Hydrocarbon Research, l'EDS (L.E., FURLONG

et al., 1976) della Exxon ed il Syntoil (YAVOROSKY et al., 1975) dell'U.S. Bureau of Mines.

Per carboni ad alto tenore di zolfo tale tipo di tecnologia appare promettente, perché permette di ottenere olii combustibili con contenuto di zolfo e di azoto entro limiti accettabili per una eventuale combustione diretta.

TABELLA 5 - Prove con riciclo di olio - Bilancio complessivo del carbonio

Numero di prove	15	g di C
g di carbone trattati	900	505,8
g di H <sub>2</sub> entrati in reazione	28,5	—
g di olio ottenuti	450,0	373,5
gr di idrocarburi nei gas + CO <sub>2</sub> + CO	69,6	40,43
g di H <sub>2</sub> S ottenuti	18,6	—
g di residuo ottenuti	208	86,55
g di H <sub>2</sub> O di formazione e di imbibizione del carbone (82,5+66,6)	149,1	—
g di perdite	33,2	—
Resa in carbonio convertito	82%	

TABELLA 6 - Caratteristiche dell'olio prodotto

CARATTERISTICHE CHIMICHE		
Carbonio	%	83,0
Idrogeno	»	8,9
Azoto	»	1,5
Zolfo	»	1,42
Ceneri	»	0,079
Insolubili in benzene	»	5,9
CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE		
Potere calorifico superiore	Kcal/Kg	9330
Viscosità	°E	50,2
Punto di scorrimento	°C	+ 2,0
Punto di infiammabilità	°C	+ 95
Temperatura di autoaccensione	°C	+ 125
Residuo carbonioso	%	16,49
Densità a 15,5°C		0,988

Uno studio ancora ad uno stadio preliminare per saggiare le proprietà del carbone del Sulcis rispetto all'idrogenazione è stato effettuato recentemente nel nostro Istituto (PORCU, 1979). Campio-

ni di carboni della miniera di Seruci (Vena 1 e Vena 2), i cui dati analitici sono riportati nella tabella 2, sono stati opportunamente macinati e sottoposti a varie prove di idrogenazione a temperature vicine ai 400° C e ad alta pressione sia senza solvente sia utilizzando un olio « di riciclo » (ottenuto cioè da precedenti idrogenazioni dello stesso campione). Nelle tabelle 3 e 4 sono riportate le condizioni di reazione e i risultati ottenuti; le tabelle 5 e 6 presentano invece il bilancio complessivo del carbonio e le caratteristiche dell'olio combustibile ottenuto per idrogenazione.

Particolarmente interessante è il considerevole abbassamento del contenuto di zolfo nell'olio ottenuto, che può essere interpretato ammettendo che solo una piccola percentuale di questo elemento sia presente nel carbone come zolfo eterociclico (tiofenico, benzotiofenico, etc.) in forme cioè particolarmente resistenti all'azione dell'idrogeno. Anche il contenuto relativamente basso di asfaltini riscontrato, rispetto ad altri oli di idrogenazione ottenuti da carboni bituminosi anche in condizioni di reazione più drastiche, prova che il carbone del Sulcis da noi impiegato risulta particolarmente vulnerabile all'azione dell'idrogeno. A questo presumibilmente contribuisce la presenza nel carbone di metalli di transizione (Fe e in minore quantità Ni, Cr, V, Co) notoriamente attivi nei processi di idrogenazione anche in presenza di zolfo.

Per la realizzazione anche su piccola scala di questo processo molti problemi sono da affrontare: in primo luogo occorre avere dati sicuri sulla rappresentatività dei campioni di carbone provenienti dalle varie miniere del Sulcis; in secondo luogo rimane ancora completamente oscuro o difficilmente prevedibile il costo effettivo di questo carbone, dato ovviamente indispensabile per chi studia i processi di conversione di questa materia prima anche dal punto di vista economico.

Infine è aperto il grave problema dell'approvvigionamento e del costo dell'idrogeno. Attualmente questo gas viene prodotto per uso industriale mediante decomposizione dell'acqua con combustibili fossili o elettrolisi; inoltre è uno dei più importanti costituenti dei «gas di raffineria» da cui viene recuperato per ulteriori impieghi. Nella prospettiva di una sempre maggiore richiesta di idrogeno sia come fonte di energia che come materia prima numerose ricerche sono in corso per sviluppare nuove tecnologie di produzione di questo elemento a costi sempre più contenuti (CASPER, 1978). Il

prezzo attuale dell'idrogeno da «steam-reforming» di gas naturali è 900 Lit/Kg.

Nelle esperienze da noi condotte sono stati alimentati g 84,4 di idrogeno per ogni Kg di carbone. In linea di principio una possibile soluzione sarebbe quella di spingere il processo di idrogenazione fino ad ottenere un residuo, da cui l'idrogeno possa essere ottenuto mediante gassificazione ancora in maniera globalmente economica (SINOR, 1979). Inoltre è necessario anche studiare il possibile recupero dell'idrogeno per cracking dall'H<sub>2</sub>S formatosi: come sottoprodotto si ottiene S elementare che può essere a sua volta trasformato o commercializzato (RAYMONT, 1975).

In ogni caso è evidente che una utilizzazione del carbone del Sulcis di questo tipo ha senso solo effettuata nelle immediate vicinanze sia delle miniere sia delle centrali elettriche o degli eventuali utilizzatori degli olii prodotti.

#### BIBLIOGRAFIA

- AGUS M., CARTA M., Atti della Facoltà di Ingegneria della Università di Cagliari, 7: 73 (1976).
- ALLIED CHEMICAL, Chem. Eng. News, 64 (1979).
- CASPER M.S., «Hydrogen Manufacture by Electrolysis, Thermal Decomposition and Unusual Techniques», *Noyes Data Corp.*, Park Ridge, 1978.
- EHRlich, «A fired fluidized bed boiler», F.C. Conference, Sett. 1975.
- ELETTROCONSULT, «Possibilità di utilizzazione del carbone del Sulcis», Studio di inquadramento, Milano 1972.
- FALBE J., «Chemierohstoffe aus Kohle», G.T. Verlag Ed., Stuttgart 1977.
- FROHNING C.D., KÖLBEL H., RALEK M., ROTTI G.W., SCHNUR F., SCHULZ H., in J. FALBE, «Chemierohstoffe aus Kohle», Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1977, pag. 219.
- FURLONG L.E., VERNAN L.W., WILSON E.L., - Chem. Eng. Processes, (8), 63 (1976).
- GIAMBELLI G., GIRELLI A. - Energie alternative, 1, 38 (1979).
- GIOIA F., LALLAI A., MURA G., VIOLA A. - Atti della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Cagliari, 7, 351 (1976).
- GRIFFIT F.D., CLARKE A.W. - Le Scienze, 12 (127), 9 (1979).
- KOLLING G., SCHNUR F. in J. Falbe - «Chemierohstoffe au Kohle», Georg Thieme, Verlag, Stuttgart 1977, pag. 1.
- NETZER D., ELLINGTON R.T., - Hydrocarbon Processing, 59 (9), 253 (1979).
- O'HARA B. - Hydrocarbon Processing, 55 (11), 221 (1976).
- PAVERIT - U.S. Geological Survey Bulletin, 1412 (1975).
- PIGA P. - «Potenzialità del carbone del Sulcis», Conferenza Dibattito, Sassari, 10 Aprile 1979.



- PORCU N.A. - Tesi di Laurea, anno accademico 1978-79, Facoltà di Scienze M.F.N., Università di Sassari.
- RAYMONT M.E.D., *Hydrocarbon Processing*, 55(7), 139 (1975).
- RICHARDSON F.W. - «Oil from Coal», Noyes Data Corp., Park Ridge 1975.
- SCHMID B.K., JACKSON D.M. - Relazione presentata al II congresso sulla «Chimica e Ingegneria del Pacifico», 2 Maggio 1976.
- SHAH J.S., QUIGLEY C.P. - Relazione al 70° Meeting A.I.Ch.E Atlantic City 1971.
- SINOR J.E., - *Hydrocarbon Processing*, 59 (7) 159, (1979).
- SITES J.G., OVERLACHER W.R., BACKOFER J.L., BRATHAMAN J.S. - *Chem. Eng. Processes* (10), 65 (1969).
- STANBAUGH E. - in Kirk-Otmer: «Encyclopedia of Chemical Technology», J. Wiley & Sons Ed., 3<sup>a</sup> ediz., Vol. 6, pag. 306.
- STEWART J.T., KLETT M.G. - *Mechanical Engineering* (6), 34 (1979).
- STRATTON A. - *Chem. & Ind.*, 551 (1978).
- U.S./E.R.D.A., Relazione sui programmi per l'energia fossile, Washington 1976.
- VERMA K.S., - in Kirk-Othmer: «Encyclopedia of Chemical Technology», J. Wiley & Sons Ed., 3<sup>a</sup> ediz., Vol. 6, pag. 224.
- WEISSERMEL K., ARPE H.J. - «Industrielle Organische Chemie», Verlag Chemie, Weinheim-New York, 1976, pag. 13.
- WINNACKHER K. & KÜCHLER L. - «Chemische Technologie», Vol. 3, Carl Hanser Verlag, München 1971, pag. 176.
- YAVOROSKY P.M., AKHTAR S., LACEY J.J., WEINTRAUB H., REZNIK A.A. - *Chem. Eng. Proc.*, 71, 79 (1975).