

LRP  
40

AZIENDA GENERALE ITALIANA PETROLI

A.G.I.P.

ASPETTI TECNICO - ECONOMICI  
DELL'INDUSTRIA PETROCHIMICA  
NEGLI STATI UNITI D'AMERICA

Da una conferenza di M. André Girard, ingegnere del Corpo delle miniere Francese. - Bulletin de l'Association Française des Techniciens du Pétrole. - Marzo 1951.

ROMA AGOSTO 1951

## ASPETTI TECNICO-ECONOMICI DELL'INDUSTRIA PETROCHIMICA NEGLI STATI UNITI D'AMERICA

Da una conferenza di M. André Girard, ingegnere del Corpo delle miniere Francese - Bulletin de l'Association Française des Techniciens du Pétrole - Marzo 1951

Non è facile delimitare nettamente il campo dell'industria chimica derivata dal petrolio, o petrochimica, da quello dell'industria chimica propriamente detta. Il carattere petrolifero molto netto all'uscita del tubo che porta il gas di cracking o il gas naturale, diminuisce a mano a mano che ci si avvicina al prodotto finito.

Il più delle volte, partendo da materie prime che sono prodotti petroliferi (gas naturale, gas di raffineria ecc.) l'industria petrochimica ha messo a punto dei processi originali che portano ai prodotti intermedi di base utilizzati abitualmente dalla chimica classica (ad esempio, produzione di idrogeno dal gas naturale). A partire da questi prodotti intermedi le catene di reazione sono quasi sempre le stesse (ad esempio, produzione di ammoniaca dall'idrogeno).

Alcune volte il carattere petrolifero va oltre il composto intermedio di base, sia perché l'industria petrochimica ha creato dei nuovi composti intermedi dapprima poco adoperati (ad es. propilene, butilene), sia perché le miscele di idrocarburi petroliferi si adattano per la preparazione di alcuni composti (ad es. butadiene, isoprene, glicerina) a catene di reazione diverse da quelle adoperate dalla chimica classica.

L'industria petrochimica conserva in ogni modo i caratteri fondamentali dell'industria chimica in genere:

- debole tonnellaggio relativo, prodotto sotto molteplici forme per clienti molto diversi.
- valore molto elevato del prodotto per unità di peso.
- elasticità assai debole della domanda, dovuta agli impieghi specifici dei prodotti.

### SVILUPPI

Le cause che hanno determinato lo sviluppo dell'industria petro-

posto importante nell'economia nazionale. Essa era inizialmente considerata come un investimento sicuro. Le somme necessarie alle ricerche e agli sviluppi provenivano quasi tutte dagli utili non distribuiti. Il rapido espandersi delle grandi compagnie era dovuto in parte all'assorbimento di industrie minori o a fusioni.

Durante la guerra l'industria petrochimica s'avvantaggiò, in un momento cruciale del suo sviluppo del capitale statale, ed a guerra finita la domanda sempre crescente di prodotti petrochimici favorì nuovi importanti investimenti. Così le Compagnie furono portate a emettere prestiti e azioni preferenziali.

La situazione finanziaria dell'industria chimica americana è riassunta in tabella I

Tabella I

	Ripartizione del capitale		Ripartizione del
	1939 %	1948 %	l'aumento %
Prestiti	4,0	11,7	21,2
Azioni preferenziali	12,4	14,5	17,0
Azioni ordinarie	41,2	26,2	8,0
Riserve e provvigioni	40,0	44,7	50,5
Altre fonti	2,4	2,9	3,3
	100,0	100,0	100,0

Una parte preponderante è giocata dall'autofinanziamento, dovuto alle imposte elevate, che spingono l'azionista al reinvestimento (il 52% degli utili nel 1948, e il 76% nel 1937). Una parte anche importante è giocata dai prestiti a lunga scadenza, i cui tassi sono abbastanza bassi, come mostra la tabella II

Tabella II

	Costo del capitale negli S.U.				
	1937	1947	1948	1949	febbraio 1950
Prestiti	3,1%	2,5%	2,7%	2,5%	2,4%
Emissione di azioni preferenziali	5,3%	6,1%	6,7%	6,4%	6,2%
Emissione di azioni ordinarie	8,0%	17,1%	20,6%	21,0%	17,6%

Per completare il quadro finanziario di questa industria, bisogna ricordare da una parte l'importanza degli investimenti, e dall'altra quella degli utili. Questi ultimi possono essere valutati all'incirca al 30% del capitale investito, (1)

Gli investimenti, come vedremo piu' innanzi, sono molto elevati ma cio' che mette in evidenza il rischio che corre l'azionista allorché investe i suoi fondi in un'industria chimica e' il rapporto tra i valori delle vendite e quelli degli investimenti, che infatti e' molto piccolo. Un dollaro d'investimento corrisponde a due dollari di vendita all'anno, valore questo molto basso rispetto a quello medio delle altre industrie di trasformazione.

L'utile e' dunque elevato, ma il rischio anche e' grande.

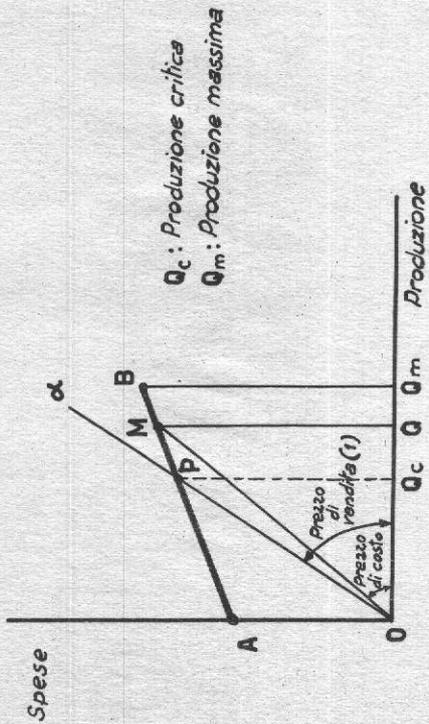
## (2) - PREZZI MARGINALI E PRODUZIONE CRITICA

Il rischio che corre l'azionista e' dovuto anche alla mancanza di flessibilita' dei processi e degli impianti rispetto al mercato, che invece e' soggetto a grandi oscillazioni. Questa mancanza di flessibilita' e' dovuta al fatto che l'industria chimica di sintesi e' una industria in cui gli ammortamenti costituiscono un'alta percentuale del prezzo di costo. Questo fatto e' facilmente messo in evidenza se si considera cio' che si chiama la "produzione critica". La figura 1 ci mostra, per una data fabbrica, la variazione delle spese totali in funzione del tonnellaggio prodotto. L'ordinata OA corrisponde alle spese fisse, l'ordinata rispetto ad A dei punti situati lungo AB alle spese variabili, che di solito si chiamano spese proporzionali. Il prezzo di costo unitario corrispondente ad una produzione data Q e' uguale alla pendenza della retta OM. Se il prezzo di vendita e' uguale alla pendenza della retta O<sub>a</sub>, P corrisponde alla produzione critica Q<sub>c</sub>, vale a dire a quella al disotto della quale la fabbrica lavora in perdita.

Attualmente questa produzione corrisponde, per la media delle industrie chimiche, all'80% della produzione massima, mentre prima della guerra era del 45% (fig. 2).

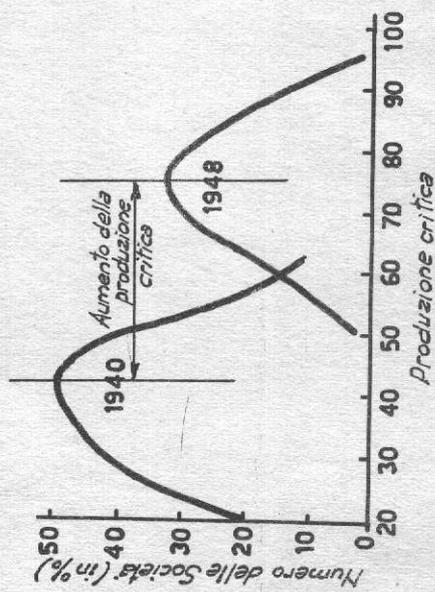
Le fabbriche chimiche lavorano quindi con un volano di produzione molto piu' debole che dieci anni fa.

(1) Tale elevata percentuale e' in parte attribuibile al fatto che gli investimenti e gli ammortamenti sono conteggiati al valore nominale e non a quello di rinnovamento.

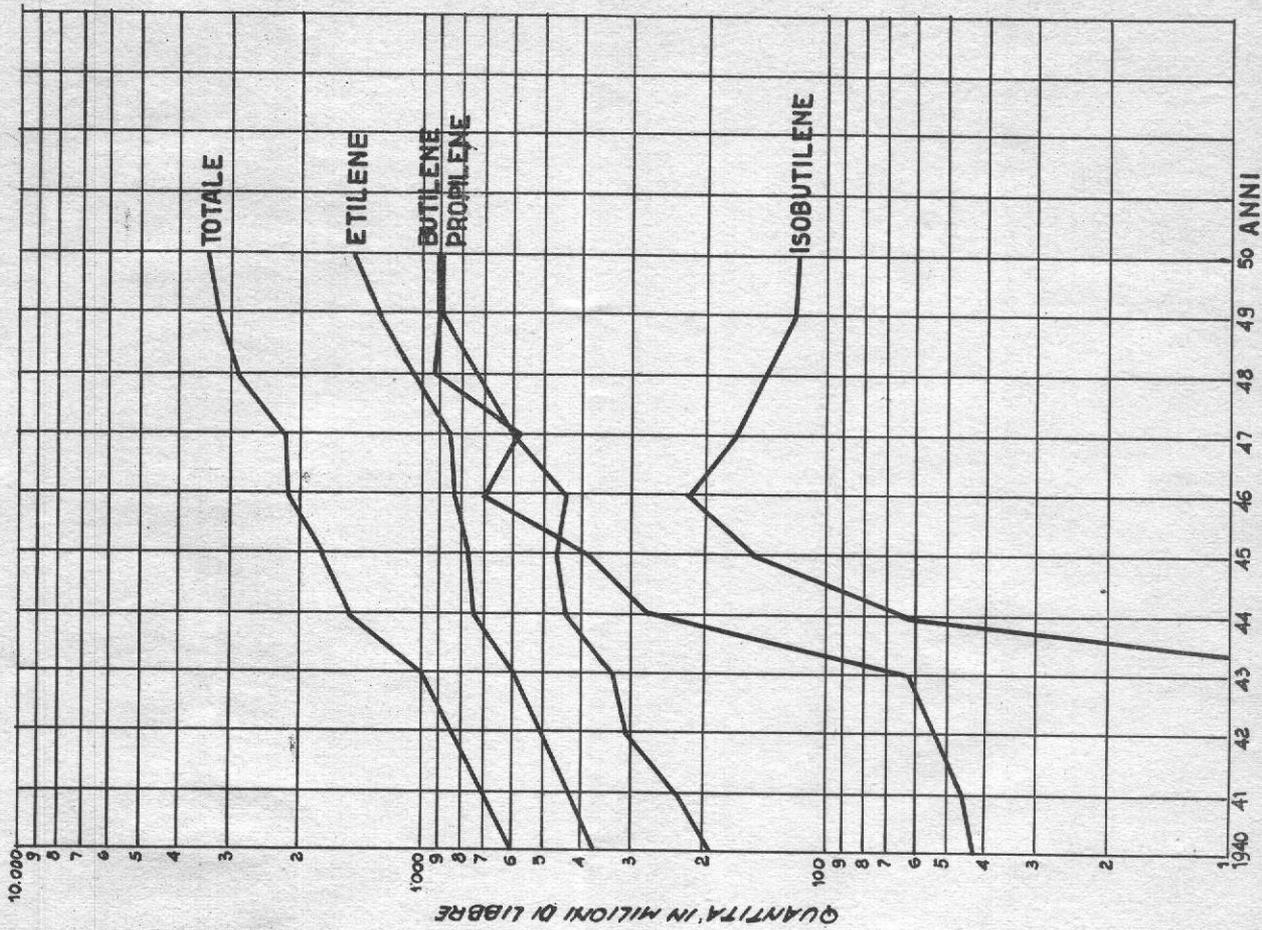


**FIG.1 - PREZZI MARGINALI E PRODUZIONE CRITICA**

(1) - Prezzo riferito alla produzione  $Q_c$



**FIG.2 - AUMENTO DELLA PRODUZIONE CRITICA**



**FIG.3 - QUANTITA' D'OLEFINE PRODOTTE A PARTIRE DAL PETROLIO**

Cio' puo' spiegarsi probabilmente con le seguenti ragioni:

- L'intervento dei prodotti petroliferi ha aumentato il valore degli impianti per la preparazione delle materie prime (cracking e separazione del gas). Ad esempio, una fabbrica di un derivato dell'etilene deve ammortizzare un impianto di cracking del propano, oltre all'impianto di sintesi.
- Per ridurre le spese d'ammortamento oggi gli industriali tendono a costruire un solo grande impianto, invece di molti piu' piccoli. Si trova allora praticamente senza difesa allorché il processo applicato e' superato da altri piu' moderni. Gli impianti di una stessa industria poi sono strettamente interdipendenti e l'arresto di uno di essi puo' provocare il fermo di tutta la fabbrica.

### 3) - IL MERCATO

L'esperienza americana insegna che senza un esatto studio del mercato un'industria petrochimica sarebbe destinata al piu' catastrofico fallimento. Cio' appare chiaro se si esaminano le caratteristiche del mercato dei prodotti chimici:

- a) I prodotti chimici sono del tipo piu' diverso e molti di essi continuamente sostituiti per alcuni impieghi da prodotti piu' nuovi. Il 40% dei prodotti attualmente preparati erano sconosciuti nel 1935.
- b) La maggior parte dei prodotti ha campi d'impiego molto ristretti e la loro produzione deve essere limitata a piccole quantita'.
- c) Gli impieghi dei prodotti chimici sono ben determinati in relazione alle proprieta' fisiche e chimiche e la domanda varia poco con il variare dei prezzi. I prezzi invece sono molto sensibili al variare della domanda.
- d) La clientela e' per lo piu' tecnica e i servizi di vendita devono avere un reparto tecnico che esamini i problemi dei clienti e metta in evidenza i possibili impieghi del prodotto.

La conquista del mercato da parte di un prodotto chimico e' molto lenta. Tenendo presente che la produzione critica e' dell'ordine dell'80% della produzione massima, in genere si preferisce il passaggio attraverso impianti semindustriali, che hanno anche lo scopo di dar

modo ai tecnici di perfezionare i processi di sintesi.

e) Uno dei problemi fondamentali dell'industria chimica è quello dei sottoprodotti. Certe volte bisogna alienare forti quantità di sottoprodotti che arrivano sul mercato senza limite inferiore di prezzo ed ai quali bisogna trovare nuove applicazioni dirette o indirette; la vendita o lo stockaggio di questi sottoprodotti può cambiare totalmente la produzione del prodotto principale. Sarà interessante vedere, a questo proposito, le conseguenze della entrata in funzione dello stabilimento della Chartage Hydrocol a Brownsville. Questo stabilimento produrrà, insieme ad una piccola quantità di benzina (meno del 0,3% del consumo americano) il 8,7% dell'acido acetico e il 7,7% dell'alcool etilico consumati nell'intero paese.

Non tutte queste caratteristiche dell'industria chimica interessano quella petrochimica in particolare, ma in ogni modo il mercato petrochimico ha bisogno di uno studio molto più profondo di quello dei prodotti petroliferi e le Società che non hanno tenuto presente questa necessità sono andate incontro ad amare conseguenze.

Bisogna segnalare ancora un altro aspetto dell'industria chimica: il mercato è sempre in evoluzione ed in sviluppo e non raggiunge mai un equilibrio. Appena un prodotto trova un nuovo sbocco, subito su di esso si precipita la concorrenza e si ha una caduta di prezzi: vedi la penicillina, il D.D.T., la formaldeide ecc.

#### ASPETTI TECNICI

Finora abbiamo parlato delle Società e del mercato. Interessiamoci ora dei principali fattori della produzione petrochimica.

##### 1) SVILUPPO ED IMPORTANZA DEL PETROLIO NELL'INDUSTRIA CHIMICA

Le cifre che si possono riportare sulla produzione dei prodotti chimici sono ufficiose e molto probabilmente non corrispondono alla realtà, perché è possibile che in molti casi gli stessi prodotti siano stati riportati 2 volte, come prodotti intermedi e come prodotti finiti. Si valuta quindi che la effettiva produzione di composti organici di sintesi del 1949 sia inferiore alle t 8.500.000 indicate in tabella III.

Tabella III

Anno	Produzione totale di prodotti chimici organici di sintesi t	Produzione dei derivati chimici del petrolio t	%
1925	300.000	75	0,025
1942	5.500.000	230.000	4,2
1949	8.500.000	2.000.000	23,5

Invece le cifre che corrispondono ai prodotti petrochimici rappresentano quasi esclusivamente i composti intermedi. Si stima che la sola produzione di aromatici inferiori, di olefine e diolefine fino a C<sub>4</sub> sia stata nel 1949 di t 1.800.000. Quindi i contributi percentuali dei composti petrochimici alle produzioni totali di composti organici di sintesi sarebbero stati maggiori di quelli indicati in tabella. In materia prime direttamente utilizzate il contributo del petrolio sarebbe stato nel 1949 del 40-50%.

Parallelamente a quest'incremento dell'utilizzazione di prodotti petroliferi, bisogna notare uno sviluppo molto più grande della chimica degli alifatici rispetto a quella degli aromatici.

Ecco i rapporti di produzione negli anni 1925 e 1949:

<u>1925:</u>	aromatici	58%	<u>1949</u>	aromatici	30%
	alifatici	32%		alifatici	70%

Lo sviluppo degli alifatici è dovuto principalmente all'importanza assunta dai processi di ossidazione delle paraffine e dalla chimica delle olefine, tra cui occupa il primo posto l'etilene.

La produzione e il consumo di prodotti chimici organici di sintesi possono, all'incirca, così ripartire:

- L'industria automobilistica ne consuma il 25% circa come antigeli (soprattutto glicol etilenico) solventi per vernici, piombo tetraetile, ecc.
- La gomma sintetica il 10% (prima della guerra in Corea) principalmente butadiene, stirolo, isobutilene, nitrile acrilico e isoprene.
- Le industrie di sostanze plastiche il 20%, soprattutto formaldeide

e poi cloruro e acetato di vinile, stirolo, glicerina, glicol, metacrilati, isobutilene ecc.

- Le industrie tessili per il momento il 15% principalmente anidride acetica, cloruro e acetato di vinile, nitrile acrilico, glicol, cicloesano, acido tereftalico.

- Le industrie di detergenti e prodotti tensioattivi il 10% (olefine, paraffine, ossido d'etilene).

Bisogna ancora citare le industrie di pneumatici, che consumano gran quantità di nerofumo prodotto per cracking dal gas naturale, l'industria dell'ammoniaca che adopera forti quantità di idrogeno ottenuto con processi catalitici dal metano.

Infine bisogna ricordare che il totale dei prodotti chimici ottenuti dal petrolio rappresentano meno del 0,5% del tonnellaggio totale dei prodotti petroliferi.

## 2) LA PRODUZIONE E LE SUE TENDENZE

Le principali materie chimiche di base utilizzate nella petrochimica sono le olefine estratte dai gas di cracking o ottenute (soprattutto per l'etilene) con speciali operazioni di cracking.

In figura 3 sono portate le curve di produzione dei prodotti olefinici a partire dal petrolio. Si vede che le produzioni di etilene e propilene sono ancora in fase di aumento mentre quelle di butilene e isobutilene hanno raggiunto una fase di stabilità. La produzione degli ultimi due composti è strettamente legata alla domanda di gomma sintetica. La produzione di propilene è legata allo sviluppo dell'alcool isopropilico e di altri composti quali il cloruro d'allile, la glicerina, l'alcool allilico, il glicol propilenico, l'ossido di propilene e l'etere isopropilico. L'incremento dell'impiego dell'etilene può vedersi dalle curve in figura 4 e 5 che danno le produzioni dei composti organici derivati dall'etilene e dall'ossido d'etilene, la sua volta derivato dall'etilene.

La ripartizione dell'impiego delle olefine di base nel 1950 è riportata in tabella IV.

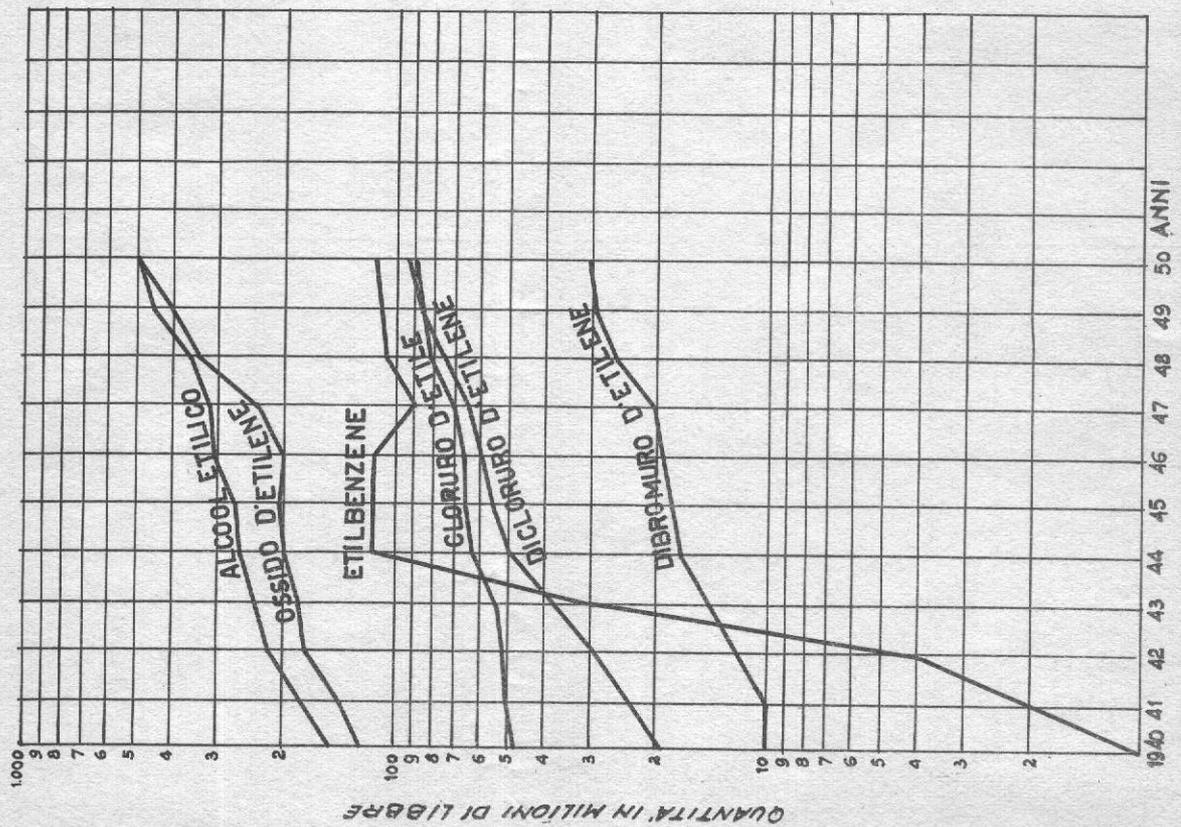


FIG.4- CONSUMO DEI DERIVATI DELL'ETILENE

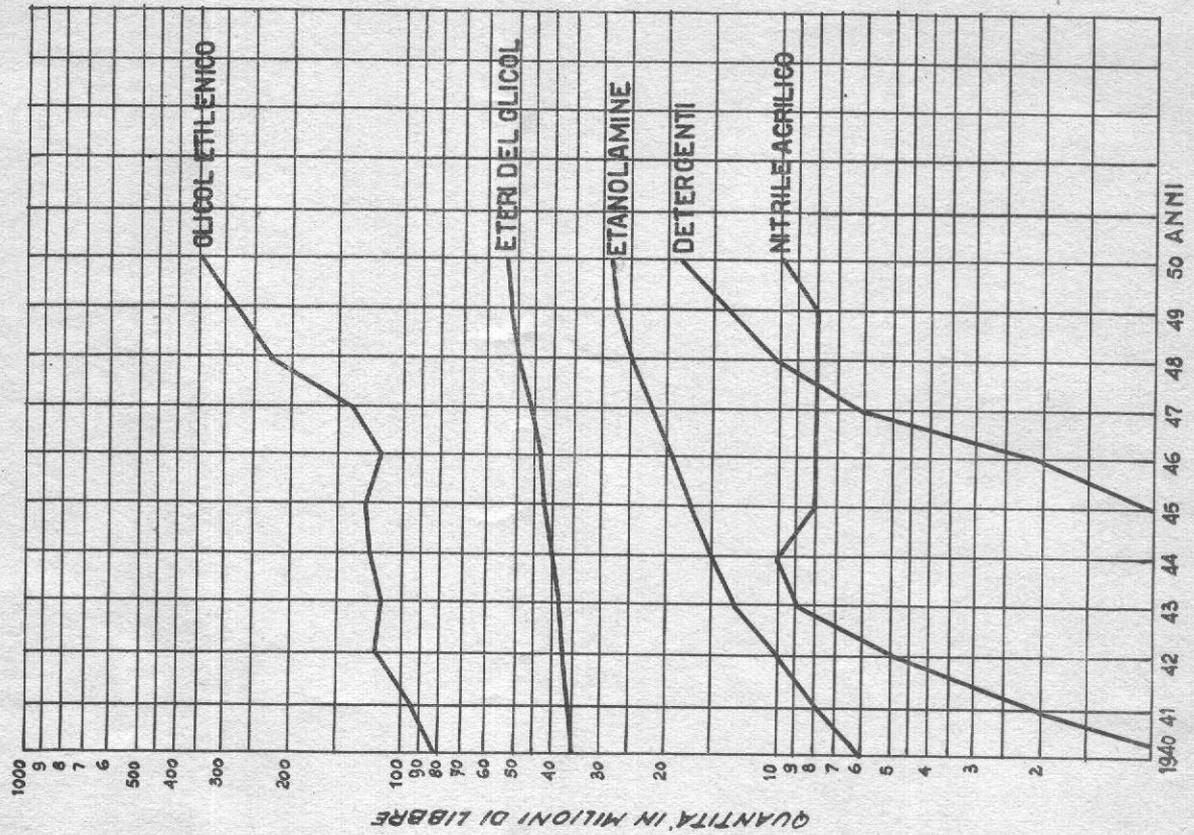


FIG.5 - CONSUMO DEI PRINCIPALI DERIVATI DELL'OSSIDO D'ETILENE

Tabella IV

Ripartizione dell'impiego delle olefine di base nel 1950	
<u>Etilene</u>	%
Alcool etilico	33,35
Etilbenzene	7,90
Cloruro d'etilene	6,45
Bicloruro d'etilene	6,75
Dibromuro d'etilene	4,85
Polietilene	5,55
Ossido di etilene ( glicol etilenico	( 24,15
( eteri del glicol	( 3,73
( etanolamine	( 1,95
( nitrile acrilico	( 0,70
( detergenti	( 1,25
( altri	( 1,50
Altri derivati	4,35
<u>Propilene:</u>	
Alcool isopropilico	83,3
Altri usi	16,7
<u>Butilene:</u>	
Caucciù'	88,5
Alcool butilico secondario	11,5
<u>Isobutilene:</u>	
Butil caucciù'	95,8
Alcool butilico terziario	42,2

Non è facile fare previsioni sulle tendenze future delle produzioni dei vari prodotti petrochimici. Un elemento considerevole di perturbazione potrà essere dato da variazioni della situazione politica mondiale.

- Il glicol etilenico conserva tutto il suo dinamismo, nonostante un leggero aumento dei prezzi.

- Il composto che avrà il più vasto mercato potenziale sarà il ni-

trile acrilico, allorché entreranno in funzione gli stabilimenti per la fabbricazione dell'Orlon (du Pont) e del Dynel (Carbide). Attualmente il nitrile acrilico si prepara dall'ossido d'etilene, ma molto probabilmente la Carbide utilizzerà l'acetilene, e sarà questa l'occasione per produrre industrialmente questo idrocarburo dal gas naturale.

- Attualmente la produzione di alcool etilico e caucciù si è stabilizzata, ma quasi sicuramente si avrà di nuovo in avvenire un periodo in cui la domanda supererà l'offerta. Parimenti aumenterà sicuramente in avvenire la produzione di stirolo, che è legata a quella del caucciù.

- La produzione di un gran numero di composti intermedi di base dopo aver raggiunto una punta massima nel 1948, è sensibilmente diminuita nel 1949. Così l'anidride acetica, l'acetone, l'alcool butilico primario, la formaldeide, il metanolo.

- Il mercato delle materie plastiche delle fibre sintetiche e dei detergenti sono in rapido aumento (dal 12 al 15% di incremento all'anno). Il mercato dei plastificanti è anche in aumento (5% dal 1948 al 1949). I plastificanti sono principalmente esteri dell'anidride ftalica, ed è significativo mettere in evidenza che il petrolio ha fatto il suo ingresso nella chimica degli aromatici proprio con la produzione di questa anidride.

### (3) CARATTERISTICHE INDUSTRIALI:

a) Ubicazione delle industrie petrochimiche - La concentrazione delle industrie chimiche nelle diverse regioni degli U.S.A. segue la seguente graduatoria: Nord, Sud ed Est, Centro, Ovest.

Viceversa le industrie petrochimiche sono concentrate all'incirca per il 100% nel Sud. Nel solo Texas si sono compiuti investimenti per circa 900 milioni di dollari, mentre nel Sud in totale (Texas, Oklahoma, Louisiana) intorno ai 1.250 milioni di dollari.

Le principali caratteristiche che una regione deve avere per lo sviluppo di un'industria sono:

- Presenza di grandi quantità di materie prime
- Assenza di mercati di sbocco per le materie prime.

mentre il trasporto a lunga distanza tramite gasdotti appesantisce di molto il costo dei prodotti gassosi.

Le industrie petrochimiche hanno ultimamente incominciato ad utilizzare, per economizzare sulla voce trasporto, navi cisterne per i prodotti venduti in forte quantità.

b) Le materie prime - Il costo delle materie prime è un elemento molto importante del prezzo di costo dei prodotti finiti, ma non è facile avere dati in materia, perché le Società hanno in genere contratti segreti.

Negli ultimi tempi il mercato del gas naturale nelle regioni nord orientali ha subito un rapido sviluppo che ha portato a degli aumenti di prezzo, il che ha incoraggiato le compagnie produttrici a conservare il gas nei giacimenti.

Le compagnie di prodotti chimici di fronte a tale sviluppo della situazione cercano di acquistare il gas con contratti a lunga scadenza, che permettono loro di avere una certa sicurezza di fornitura e una certa stabilità di prezzo. Con tale forma di contratto la Carthage Hydrocol riesce a pagare il gas naturale a 0,17 cents/mc. mentre alla testa dei pozzi esso è venduto alle Compagnie di distribuzione fino a 0,54 cents/mc.

Analogamente il propano ed il butano sono venduti oggi in gran quantità come LP gas e l'attuale sviluppo di questa industria preoccupa oggi non poco le Compagnie di prodotti chimici.

A conclusione di questo paragrafo sulle materie prime riportiamo alcuni dati di costo delle olefine di base, anche se questi dati si riferiscono solo all'1% del mercato e non sono quindi molto indicativi.

Etilene	13,24	cents/Kg.
Propilene	9,05	cents/Kg.
Butilene	6,62	cents/Kg.
Isobutilene	7,51	cents/Kg.

#### 4) PROBLEMI TECNICI

L'industria petrochimica ha posto i tecnici dinanzi a numerosi problemi.

Il principale problema è quello della corrosione, che ha portato a forti spese di materiali speciali (colonne in rame, reattori in acciaio inossidabile, pompe in acciaio speciale ecc.) ed allo sviluppo dello studio di processi di protezione dei metalli.

I tecnici del petrolio hanno dovuto affrontare anche difficili problemi di catalisi (mentre prima d'allora la catalisi era solo una preoccupazione secondaria) e familiarizzarsi con i processi di distillazione azeotropica, estrazione con solventi, decantazione, filtrazione, centrifugazione, evaporazione ecc.

Le operazioni nell'industria petrochimica hanno un carattere molto tecnico e si sono resi necessari lo sviluppo al massimo grado del controllo automatico e l'impiego di dipendenti tecnici in percentuali maggiori di ogni altra industria.

Nonostante la produzione sia in aumento, la mano d'opera è in diminuzione. Ponendo eguale a 100 l'indice di mano d'opera per il 1939, si è avuto un indice 200 nel 1947, 205 nel 1948 e 175 nel 1949.

La maggior percentuale di dipendenti tecnici rispetto alle altre industrie si deduce dal valore del salario medio che è per l'industria petrolifera di 60,40 \$ la settimana contro 54,92 della media delle altre industrie. L'investimento medio per dipendente è di 14.000 \$.

##### 5) IMPORTANZA DELLA RICERCA

L'esperienza americana insegna che i processi dell'industria chimica hanno una vita molto breve, mentre per mettere a punto un processo è necessario un lungo periodo di tempo (da 5 a 12 anni).

Prendiamo l'esempio del nylon. Il processo base di polimerizzazione fu scoperto nel 1930, ma solo nel 1938 il nylon è stato prodotto su scala industriale.

Ne deriva che l'industria chimica deve impegnare forti somme per le ricerche e si valuta che tali somme debbano essere il 3-4% del valore delle vendite, mentre per le altre industrie la media è di 1,6%. Molto probabilmente, per l'industria petrochimica in particolare la percentuale deve essere ancora maggiore del 3-4%.

In conclusione l'intervento del petrolio ha profondamente modifi-

cato l'aspetto dell'industria chimica americana. Questa e' diventata piu' "rischiosa" ed il rischio che si affronta, che deve essere compensato da un reddito piu' elevato, rende necessari una conoscenza profonda dell'evoluzione del mercato, una padronanza assoluta dei problemi tecnici e una continua cura delle previsioni a lungo termine.

Questa ultima preoccupazione spinge le Societa' a consacrare notevoli somme alla ricerca, il cui successo condiziona la loro stessa esistenza, ed a rinnovare frequentemente (almeno per quanto reso possibile dai benefici derivanti dalla loro attivita'), gli impianti con investimenti molto elevati, il cui ammortamento deve essere molto rapido.

N.B.: La presente relazione è riservata ed è distribuita gratuitamente e nominativamente nell'ambito dell'Azienda e delle Società collegate.