

Introduzione al mondo OIL & GAS



*Documentazione realizzata dalla
D.ssa Ing. Rosa Angela Cancro*

E-mail: r.cancro@labcori.it

Importanza del Petrolio

La vita dell'uomo è condizionata:

Energia →

- **Vivere**
- **Lavorare**
- **Costruire**
- **Produrre**
- **Trasportare Merce**

Importanza del Petrolio

Energia



Fonti e Risorse di Energia

Rappresentano le sorgenti di energia a disposizione dell'umanità che possono essere utilizzate per eseguire un lavoro, produrre calore e comunque ottenere una utilità.

Importanza del Petrolio

Petrolio



Fonte di Energia

Classificazione delle Fonti di Energia

In relazione alla loro disponibilità futura:

Fonti di Energia



- **Inesauribili o Esauribili**
- **Rinnovabili o Non Rinnovabili**

Esempi

Fonti di Energia Inesauribili

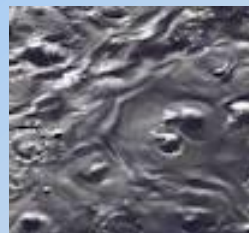
- Energia Solare
- Energia Eolica
- Energia Geotermica
- Energia Idrica



Esempi

Fonti di Energia Esauribili

- Carbone Fossile
- Gas Naturale
- Combustibile Nucleare
- **Petrolio**

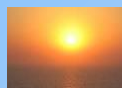


Esempi

Fonti di Energia Rinnovabili

*Dove “Rinnovabile” si intende una qualsiasi fonte energetica che **si rigenera almeno alla stessa velocità con cui si utilizza**”.*

- Energia Solare



- Energia Eolica



- Energia Geotermica



- Energia Idrica



- Energia da biomassa



Esempi

Fonti di Energia Non Rinnovabili

*Dove “Non Rinnovabile” si intende una qualsiasi fonte energetica che **non si rigenera almeno alla stessa velocità con cui si utilizza**”.*

- Carbone Fossile



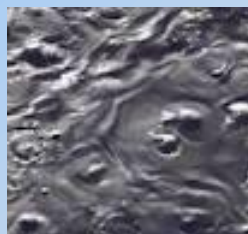
- Gas Naturale



- Combustibile Nucleare



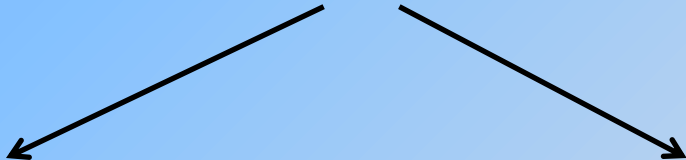
- **Petrolio**



Classificazione delle Fonti di Energia

In relazione alla modalità di utilizzo:

Fonte di Energia



```
graph TD; A[Fonte di Energia] --> B[Primaria]; A --> C[Secondaria]
```

- **Primaria**

è presente in natura e quindi non deriva dalla trasformazione di nessuna altra forma di energia



- **Secondaria**

Non è una risorsa naturale. Infatti non può essere erogata direttamente da alcuna fonte, bensì proviene dalla trasformazione di un'altra energia di tipo primaria.

Rappresentazione e Trasformazione

Fonte di Energia Primaria e Secondaria

Ogni forma di energia può essere trasformata in un'altra forma, ed il punto di partenza di ogni catena di trasformazione è un'**Energia Primaria**, che viene trasformata in **Energia Secondaria**. A sua volta, l'energia secondaria può essere trasformata in altre energie secondarie fino ad essere disponibile come **Energia Utilizzata** e a disposizione dell'**Uomo**

Energia → **Energia** → **Energia** → → **Energia**
Primaria **Secondaria** **Secondaria** **Utilizzata**

Esempi

Fonti di Energia

Primarie

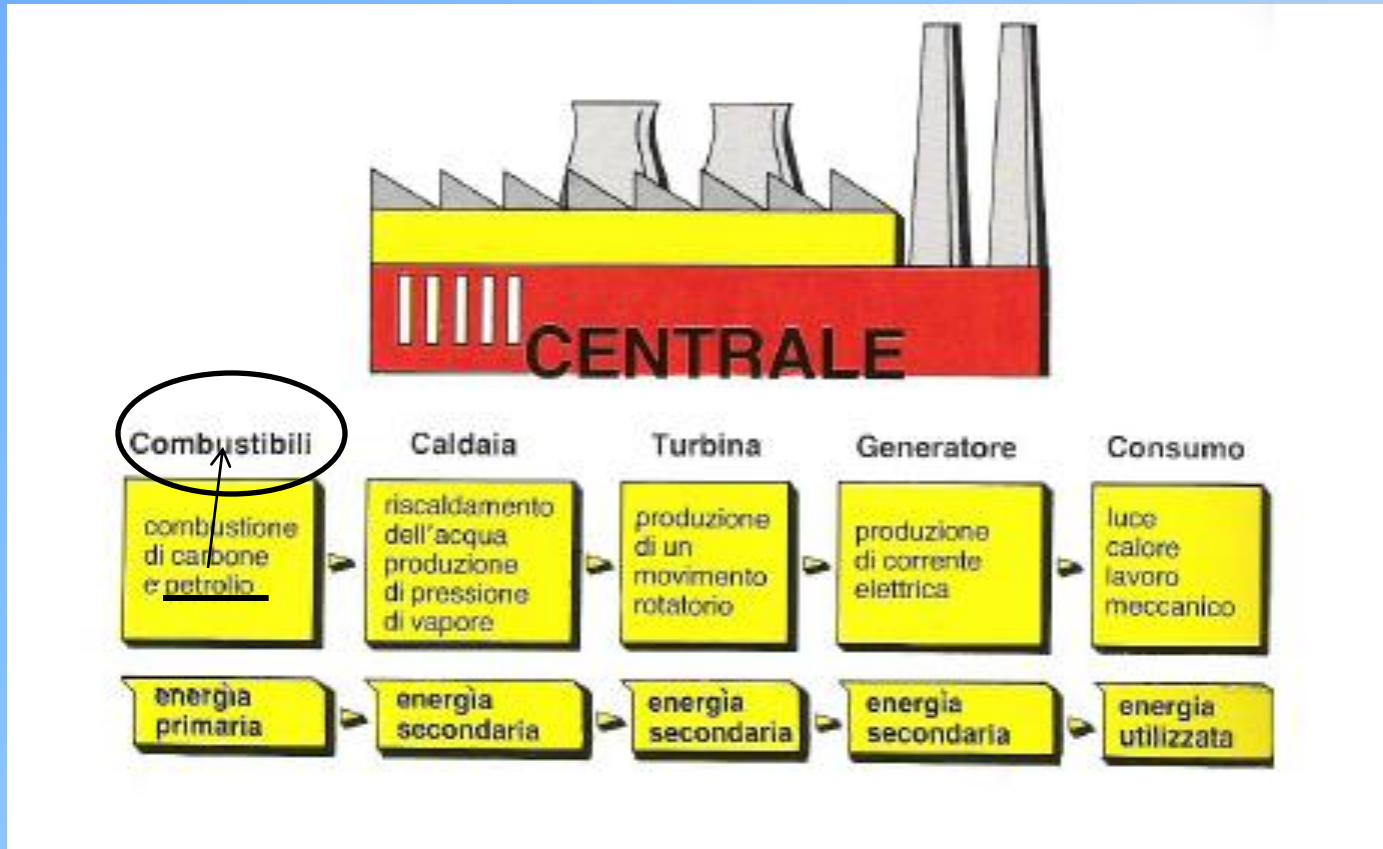
- Energia Solare
- Energia Eolica
- Energia Geotermica
- Energia Idrica
- Carbone Fossile
- Gas Naturale
- Combustibile Nucleare
- **Petrolio**

Secondarie

- Energia Elettrica
- Energia Meccanica
- Benzina
-

Rappresentazione e Trasformazione

Fonte di Energia Primaria e Secondaria → Energia Utilizzata

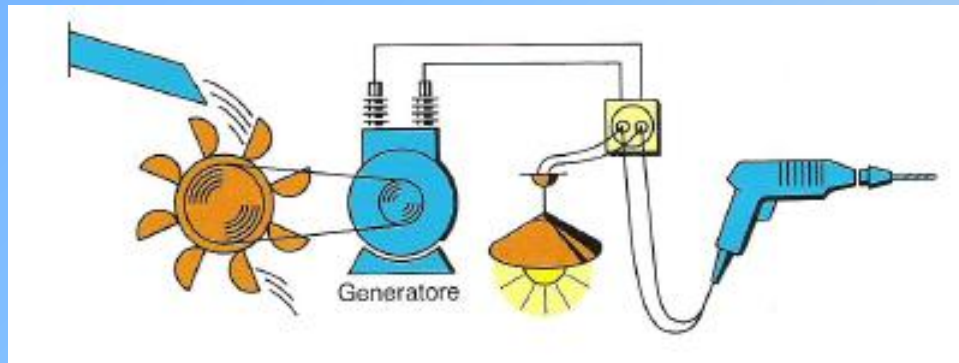


Nel caso di una centrale Termoelettrica.

Rappresentazione e Trasformazione

Fonte di Energia Primaria e Secondaria

Esempio N°1



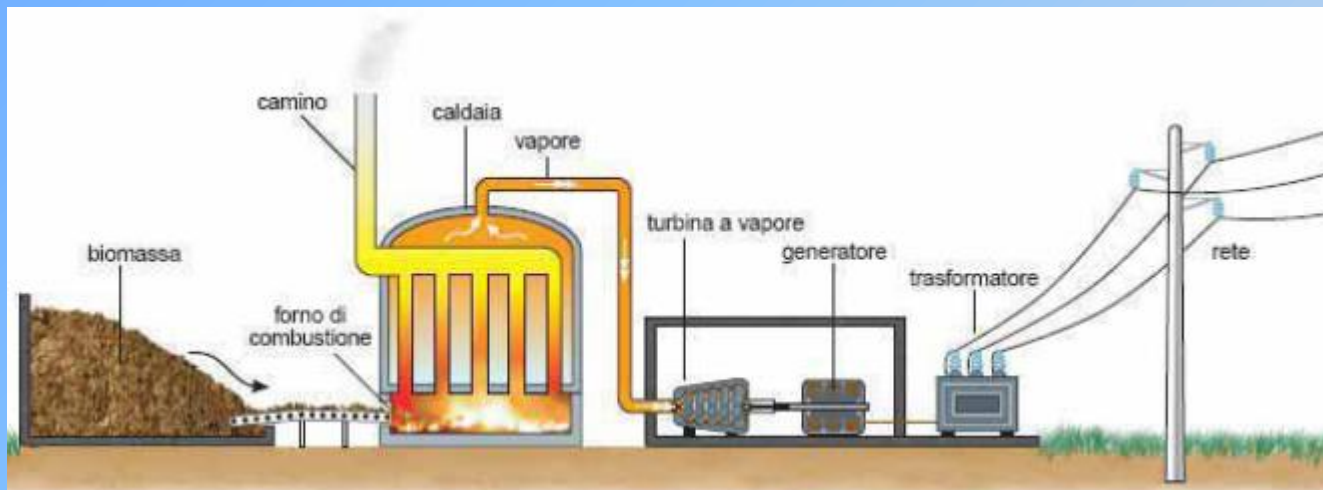
L'energia cinetica dell'acqua corrente (energia primaria) viene usata per la produzione di un movimento rotatorio, tale movimento poi passa ad un generatore. Attraverso il movimento si genera un campo magnetico all'interno di un avvolgimento (bobina) e ciò permette di produrre corrente elettrica.

Questa è energia secondaria che viene trasformata in lavoro meccanico dal trapano o in luce dalla lampadina. L'energia meccanica e la luce sono l'energia Utilizzata.

Rappresentazione e Trasformazione

Fonte di Energia Primaria e Secondaria

Esempio N°2

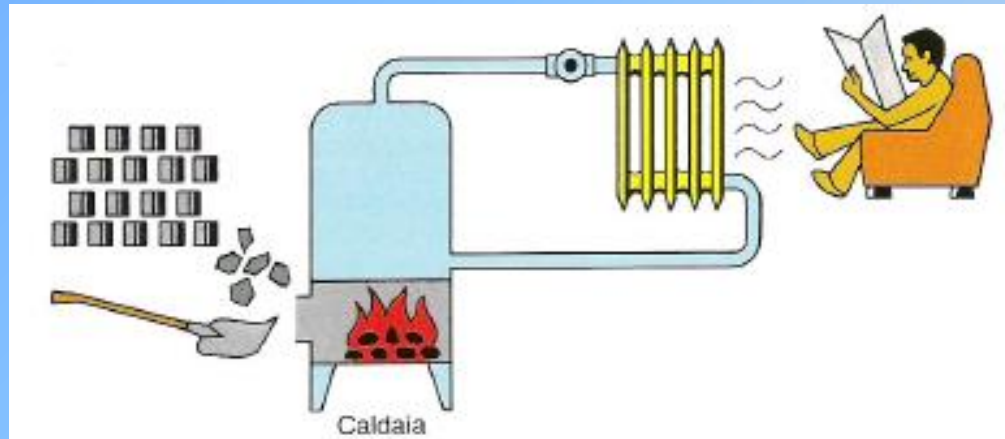


Le centrali termoelettriche alimentate da biomasse solide o liquide (energia primaria) effettuano la conversione dell'energia termica (energia secondaria), contenuta nel combustibile biomassa, in energia meccanica (energia secondaria) e successivamente in energia elettrica (energia utilizzata).

Rappresentazione e Trasformazione

Fonte di Energia Primaria e Secondaria

Esempio N°3

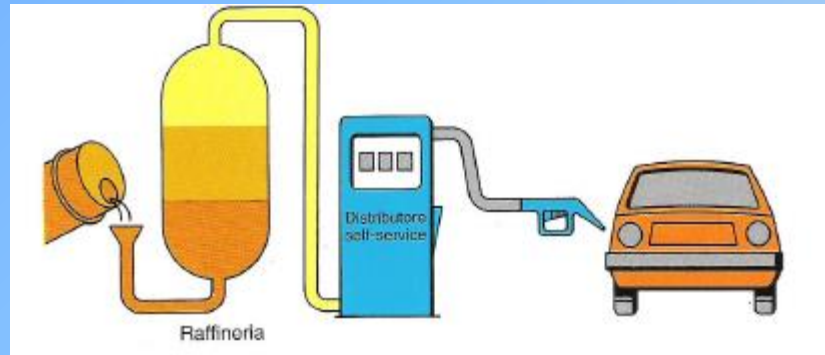


L'energia chimica del carbone (energia primaria) viene trasformata in energia termica mediante la combustione in caldaia. L'energia termica passa nel circuito dell'acqua per riscaldamento e per forza di gravità (l'acqua riscaldata sale, l'acqua raffreddata scende e viene nuovamente riscaldata). Il calore diffuso dai termoconvettori viene utilizzato come calore per riscaldamento.

Rappresentazione e Trasformazione

Fonte di Energia Primaria e Secondaria

Esempio N°4



L'energia chimica del petrolio (energia primaria) viene modificata in raffineria, mediante il processo di distillazione, diventando benzina, energia secondaria. Nel motore a scoppio, questa forma di energia viene trasformata in calore ed in energia di movimento (meccanica). Calore e movimento sono le energie utilizzate.

A Cosa serve il Petrolio?

Il Petrolio è una Fonte di Energia:

- **Primaria**
- **Non Rinnovabile**
- **Esauribile**

utilizzato molto dall'Uomo!

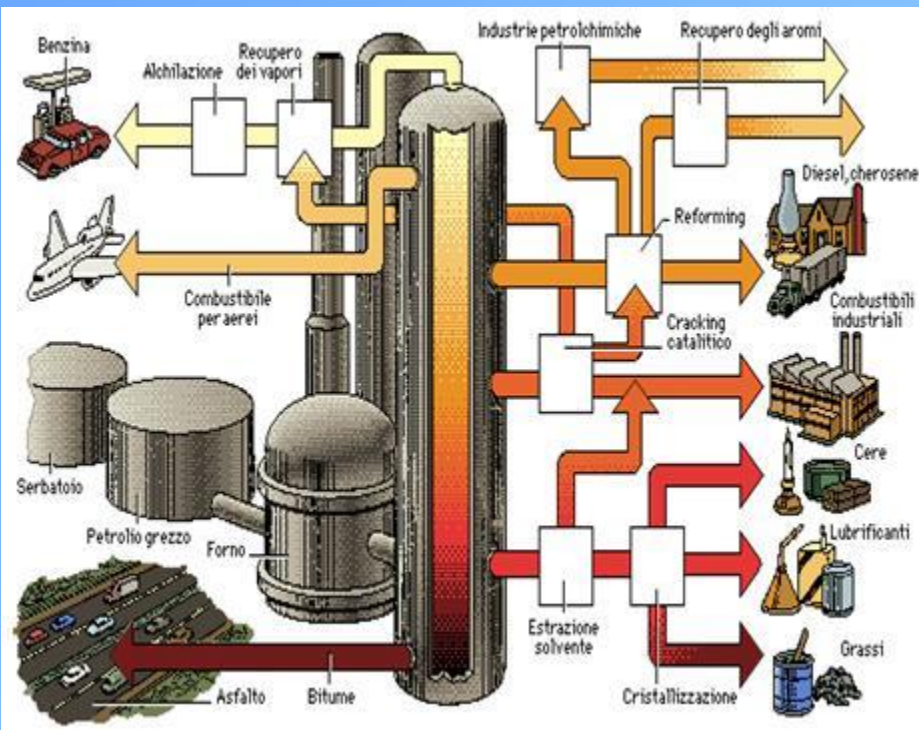
A Cosa serve il Petrolio?

Il Petrolio viene trasformato e, dunque, utilizzato come fonte di energia secondaria:

- **per usi Industriali, Domestici e di Trasporto**
- **come fonte di Materie prime per l'industria chimica**

ed in particolare per ottenere:

A Cosa serve il Petrolio?



- **Combustibili liquidi e gassosi**

Gas (come Metano, Propano ..)

Gas Petrolio Liquefatto (GPL)

Benzine

Cherosene

Gasolio

Oli Combustibili

- **Materie Plastiche**

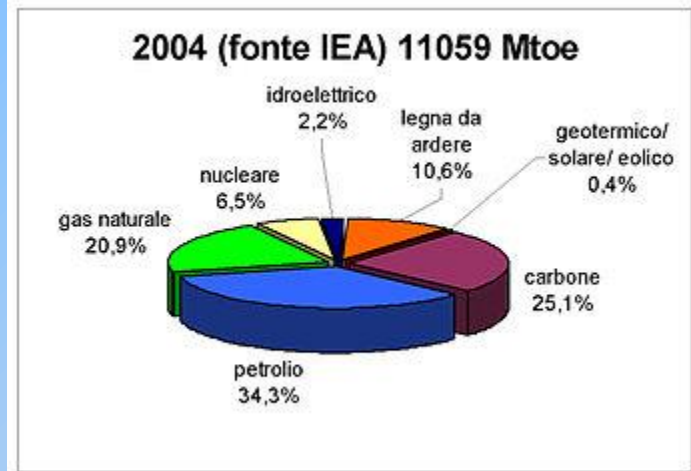
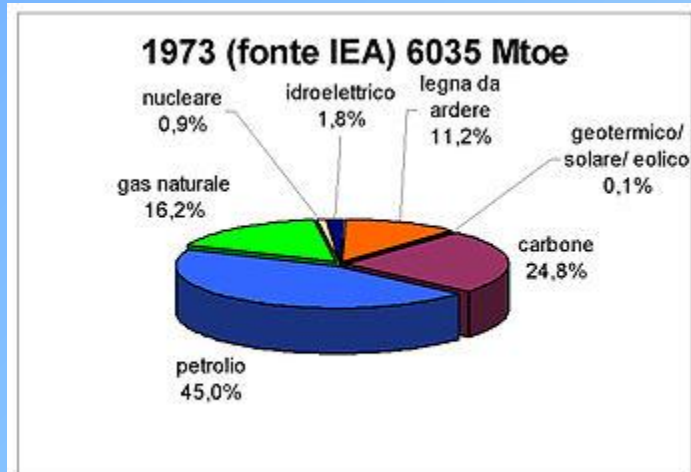
A Cosa serve il Petrolio?

ma anche:

- **Oli Lubrificanti**
- **Cere**
- **Catrame**
- **Asfalto**
- **Bitume**
- **Paraffine** (Usata nella confezione di cibi surgelati)
- **Zolfo o Acido Solforico** (Prodotto dalla desolforazione dei carburanti)
- **Coke da petrolio** (Utilizzato come combustibile solido e per la preparazione di elettrodi)
- **Prodotti di base per l'Industria Chimica**
 - Solventi per Profumi, Cosmetici, Saponi, Glicerina**
 - Polistirolo (PS)** (combinando ad es. etilene con benzene)
 - Polivinilcloruro (PVC)** (ad es. combinando l'etilene con il cloro)
 - Pesticidi e Concimi Chimici** (utilizzando il benzene).....

Consumi Energetici Mondiali

Fonte: International Energy Agency



Le Riserve Petrolifere Mondiali

Entro il 2020 le attuali riserve mondiali subiranno una diminuzione dell'80%.

Attualmente la produzione di petrolio copre circa il 33% dei consumi mondiali di energia (una percentuale che, se si considera anche il gas, sale al 54%).

Le riserve di questa fonte non sono uniformemente distribuite nel mondo, ma concentrate in alcuni Paesi: il solo **Medio Oriente** ne possiede il **51%**, **Centro e Sud America** circa il **16,7%**, il **Nord America** il **13,7%**, l'**Europa** insieme alla **Russia** e all'**Asia** centrale il **7,4%** (l'Europa detiene solo lo 0,8% delle riserve mondiali di petrolio), l'**Africa** il **8,3%**. Confrontando i livelli annuali di produzione del petrolio con quelli relativi alle riserve attualmente accertate si scopre che, mentre il Medio Oriente produce poco rispetto alle sue potenzialità, Stati Uniti ed Europa Occidentale sfruttano le loro riserve a un ritmo elevato. Le nazioni che consumano più petrolio sono, infatti, quelle che meno ne possiedono.

L'Europa, ad esempio, consuma ogni anno il 20% della produzione mondiale.

Le Riserve Petrolifere Mondiali

Questo significa che, mantenendo l'attuale livello di produzione e in assenza di nuove scoperte, Europa e America del Nord termineranno le loro riserve nel giro di pochi anni e dovranno utilizzare solo il petrolio importato. A livello mondiale, le riserve finora accertate si esauriranno tra circa 45 anni, se saranno mantenuti invariati gli attuali consumi annuali. L'era del petrolio, probabilmente, è destinata a durare ancora diversi anni, ma si prevede che il livello dei consumi energetici mondiali possa crescere in futuro, (crescerà, infatti, la popolazione mondiale e il consumo di energia pro capite), riducendo le riserve di petrolio a un ritmo più veloce di quello attuale. La possibilità di impedire nuove crisi petrolifere ed energetiche (ovvero una situazione in cui c'è poco petrolio disponibile nei mercati a fronte di una domanda sempre più elevata che porta il suo prezzo a salire rapidamente) dipenderà in futuro dalla capacità dell'industria petrolifera di trovare nuovi giacimenti, ma soprattutto dalla capacità dell'uomo di utilizzare al meglio il petrolio attualmente disponibile e sviluppare fonti di energia alternative, possibilmente rinnovabili.

Le Riserve Petrolifere Mondiali

N°	Paese	Milioni di barili (bbl)	% sul totale	Vita media residua
1	Arabia Saudita	264.500	19,1%	72,4
2	Venezuela	211.200	15,3%	193,7
3	Iran	137.000	9,9%	88,4
4	Iraq	115.000	8,3%	126,9
5	Kuwait	101.500	7,3%	112,1
6	Emirati Arabi Uniti	97.800	7,1%	94,1
7	Russia	77.400	5,6%	20,6
8	Libia	46.400	3,4%	76,7
9	Kazakhstan	39.800	2,9%	62,1
10	Nigeria	37.200	2,7%	42,4
11	Canada	32.100	2,3%	26,3
12	USA	30.900	2,2%	11,3
13	Qatar	25.900	1,9%	45,2
14	Cina	14.800	1,1%	9,9
15	Angola	13.500	1,0%	20,0
16	Brasile	14.200	1,0%	18,3
17	Algeria	12.200	0,9%	18,5
18	Messico	11.400	0,8%	10,6
19	Norvegia	6.700	0,5%	8,5
20	Azerbaijan	7.000	0,5%	18,5
	Resto del mondo	81.200	6,1%	*
	Totale	1.383.200	100%	46,2
46	Italia	1.000	0,10%	25,0

Lateralmente sono elencati i primi 20 paesi per riserve certe di petrolio all'anno 2010.

Per vita media residua si intende la stima della durata delle riserve ai ritmi di estrazione dell'anno 2010

Cosa è il Petrolio?



- Il **Petrolio** (dal termine tardo latino *petroleum*, composto di *petrae*, "della roccia, del sasso", e *oleum*, "olio", cioè "olio di sasso"), anche detto **Oro Nero**, è un liquido infiammabile, denso, di colore che può andare dal nero al marrone scuro, passando dal verdognolo fino all'arancione.

- Il **Petrolio** così come esso viene estratto dai giacimenti, cioè prima di subire qualsiasi trattamento teso a trasformarlo in successivi prodotti lavorati, è detto **Greggio** o **Grezzo**.

Cosa è il Petrolio?

- Da una attenta analisi chimica si nota che, pur variando le proporzioni dei singoli costituenti, la composizione elementare del Petrolio rimane pressoché costante

Atomo	min (%)	max (%)
C	83	87
H	11,4	11,8
S	0,05	8
N	0,02	1,3
O	0,05	3

- Il **Petrolio** è una miscela liquida di **Idrocarburi naturali** (paraffinici o alcani lineari, naftenici o cicloalcani e composti aromatici) insieme a quantità più o meno rilevanti di composti organici contenenti, oltre al carbonio e all'idrogeno, **Zolfo**, **Azoto** e **Ossigeno** e assieme a quantità assai piccole di composti contenenti diversi metalli come Nichel (Ni), il Vanadio (V), il Ferro (Fe) , il Molibdeno (Mo) ed il Rame (Cu).
- Nel **Petrolio Grezzo** troviamo anche **Acqua** e **Sedimenti**

Dove si trova il Petrolio?

Il petrolio si deposita e si concentra in **Giacimenti Sotterranei** grazie alla particolare conformazione geologica della roccia, in una sorta di serbatoi naturali del liquido oleoso. Il giacimento sotterraneo può essere un unico grande deposito di petrolio (giacimento in senso stretto) oppure un insieme di giacimenti di medie dimensioni con una stessa struttura geologica. Sono riserve particolarmente difficili da individuare. Il greggio dei giacimenti sotterranei è spesso di buona qualità.

Il petrolio può essere depositato anche in **Giacimenti di Superficie**. Questi giacimenti sono facilmente individuali. Tuttavia, il loro interesse economico è scarso per la bassa qualità del petrolio. I giacimenti superficiali di petrolio sono per lo più composti da depositi di asfalto, di pece, di bitumi ecc.

Un **giacimento petrolifero** può comprendere diversi bacini, che sono in genere situati l'uno sull'altro e separati da strati di roccia impermeabile, generalmente a una profondità compresa tra poche decine e diverse centinaia di metri. I **bacini** possono estendersi su una superficie di poche decine di ettari o coprire decine di chilometri quadrati, tuttavia è da notare che la maggior parte del petrolio sfruttato su scala mondiale viene estratto da un numero relativamente limitato di giacimenti molto estesi.

Origine del Petrolio

La questione dell'origine del petrolio è stata a lungo al centro di un acceso dibattito, nel corso del quale sono state formulate innumerevoli teorie e ipotesi. Le prove a favore di un'**Origine Organica** del petrolio appaiono oggi schiaccianti. Tra queste, una delle più convincenti è la costante presenza in tutti i tipi di petrolio di molecole di marker biologici come le porfirine, gli sterani e gli hopani. La struttura estremamente specifica di tali molecole esclude che possano essere frutto di una sintesi inorganica, ma depone chiaramente e univocamente a favore dell'ipotesi di una loro derivazione da strutture molecolari sintetizzate da organismi viventi. La composizione estremamente complessa del petrolio (il termine include sia l'olio sia il gas) riflette gli effetti combinati di tutti i processi che sono all'origine degli accumuli petroliferi e che ne determinano il destino nel corso delle ere geologiche.

Origine del Petrolio

Poiché le condizioni geologiche e geochemiche nelle quali tali processi si svolgono possono variare notevolmente da un luogo all'altro, la composizione del petrolio può mutare di conseguenza. Nella sua composizione il petrolio contiene alcuni segnali molecolari che consentono di ricostruirne l'origine e la storia geologica. **Generalmente, il petrolio non ha mai avuto origine nel giacimento da cui lo si estrae, ma è il risultato di una lunga serie di processi che ne precedono l'accumulo.** Quest'ultimo ha luogo nei bacini sedimentari e può essere individuato attraverso l'attività esplorativa, se si verificano le seguenti condizioni geologiche (**fig. 1**):

Origine del Petrolio

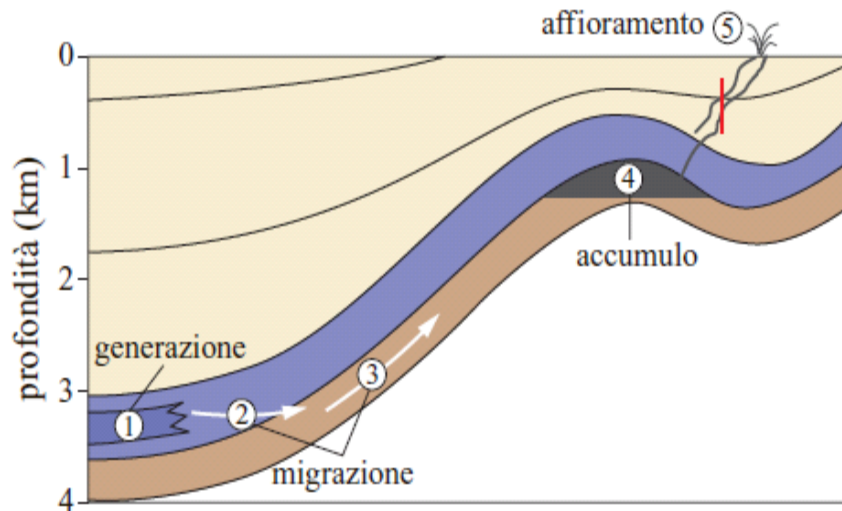


fig. 1. Principali condizioni geologiche e processi geochimici richiesti per la formazione di giacimenti petroliferi nei bacini sedimentari: formazione di petrolio nella roccia madre (1), migrazione primaria (2), migrazione secondaria (3), accumulazione in una trappola (4) e manifestazione in superficie in conseguenza della fratturazione delle rocce di copertura (5).

- formazioni di roccia madre in grado di generare petrolio in presenza di adeguate condizioni termiche nel sottosuolo;
- compattazione dei sedimenti con conseguente espulsione del petrolio dalla roccia madre e passaggio nelle rocce serbatoio (migrazione primaria);
- rocce serbatoio dotate di porosità e permeabilità sufficienti a consentire il flusso del petrolio attraverso il reticolo dei pori (migrazione secondaria);
- configurazioni strutturali degli strati sedimentari tali che le rocce serbatoio formino delle trappole, cioè dei contenitori naturali nel sottosuolo in cui il petrolio tende ad accumularsi;

Origine del Petrolio

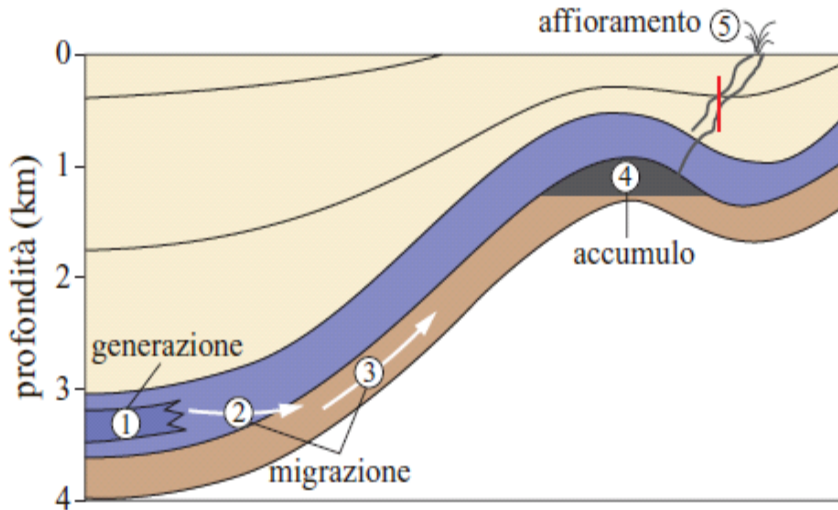


fig. 1. Principali condizioni geologiche e processi geochimici richiesti per la formazione di giacimenti petroliferi nei bacini sedimentari: formazione di petrolio nella roccia madre (1), migrazione primaria (2), migrazione secondaria (3), accumulazione in una trappola (4) e manifestazione in superficie in conseguenza della fratturazione delle rocce di copertura (5).

- occorre che le trappole siano sigillate in alto da uno strato di sedimenti impermeabili (roccia di copertura), per impedire al petrolio di fuoriuscire;
- nella storia di un bacino sedimentario la sequenza dei processi di generazione o migrazione e di accumulo nelle trappole deve essersi svolta seguendo un preciso ordine cronologico;
- condizioni favorevoli alla preservazione dell'accumulo petrolifero nel corso delle ere geologiche, ovvero assenza di fenomeni distruttivi, come la fratturazione della roccia di copertura con conseguente dispersione del petrolio o un forte riscaldamento, con la trasformazione dell'olio in gas.

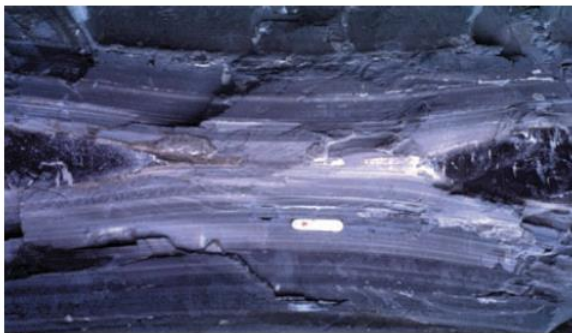
Origine del Petrolio

Gli ambienti più favorevoli alla formazione di idrocarburi sono le aree con scarsa circolazione sui fondali e continui apporti di detriti da parte dei fiumi (antichi mari o laghi), bacini sedimentari dove la crosta terrestre si abbassa in modo graduale o accelerato in seguito a processi geologici naturali. Qui vivono numerosi organismi, che dopo la morte si depositano sul fondo e vengono continuamente ricoperti da detriti (terrosi e minerali). Gli strati di fango ricchi di sostanza organica (**roccia madre**) sprofondano lentamente sotto il peso di nuovi sedimenti. A determinate profondità e temperature la materia organica "matura", trasformandosi prima in "**kerogene**" (intorno ai 1000 metri e 50 °C) e poi in idrocarburi veri e propri. La durata del processo varia da 10 a 100 milioni di anni a seconda che le temperature siano più o meno alte. Se la sostanza organica è abbondante, si possono avere notevoli giacimenti di carbone e metano. Se il kerogene non matura, ma lo si trova concentrato a percentuali superiori all'8%, è possibile produrre petrolio liquido riscaldandolo artificialmente. Alle profondità maggiori si producono metano e idrocarburi leggeri. A diversi chilometri dalla superficie e con temperature tra i 150 e i 200 gradi centigradi, il kerogene si trasforma in carbonio puro cristallizzato (grafite).

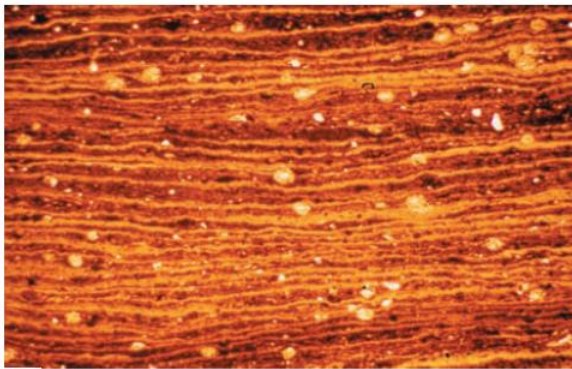
Origine del Petrolio

Una volta formato, il petrolio viene "strizzato" fuori dalla roccia-madre (compressa dagli strati sovrastanti) muovendosi prima attraverso le sue microfratture (**migrazione primaria**) e poi nei canalini delle rocce permeabili adiacenti (**migrazione secondaria**). In certi casi, gli idrocarburi possono raggiungere la superficie terrestre e disperdersi. In altri, la loro migrazione viene bloccata da rocce impermeabili. In questo caso gli idrocarburi sono in trappola e si accumulano. Un accumulo di idrocarburi di dimensioni tali da essere economicamente sfruttabile si chiama **giacimento**. Una **trappola** è composta da due elementi: in basso, una **roccia serbatoio** (*reservoir*), contiene il petrolio, e in alto, una **roccia di copertura** lo trattiene (come un anticlinale). Le rocce di copertura hanno forma convessa verso l'alto e sono impermeabili per meglio trattenere gli idrocarburi. Al contrario, le rocce serbatoio devono essere permeabili e porose come spugne per permettere agli idrocarburi di muoversi al loro interno e, quindi, di venire estratti con facilità. Le dimensioni di un giacimento dipendono dalla quantità di riserve originarie: dagli oltre 11 miliardi di tonnellate del giacimento di Ghawar (Arabia Saudita) a qualche centinaio per i giacimenti più piccoli.

Origine del Petrolio



A



B

fig. 2. Stratificazione e laminazione sottile ben visibili presentate spesso dalla roccia madre di litologia silicoclastica:

A, un affioramento

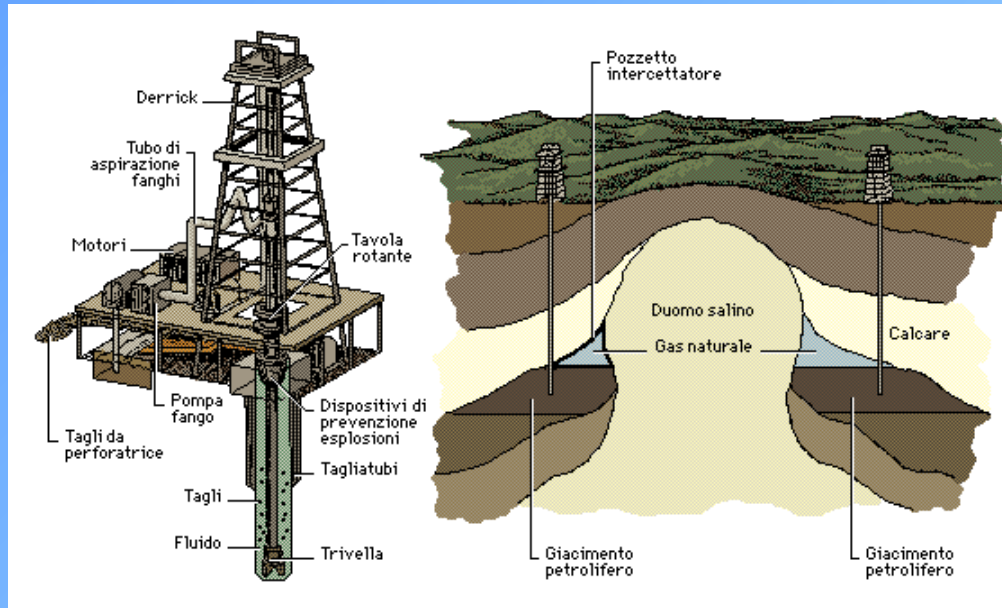
(notare il temperino tascabile per la scala, foto di D. Leythaeuser);

B, sottile sezione di roccia vista al microscopio (la larghezza dell'immagine è di due centimetri, foto di R. Littke).



Anticlinale a scala di affioramento

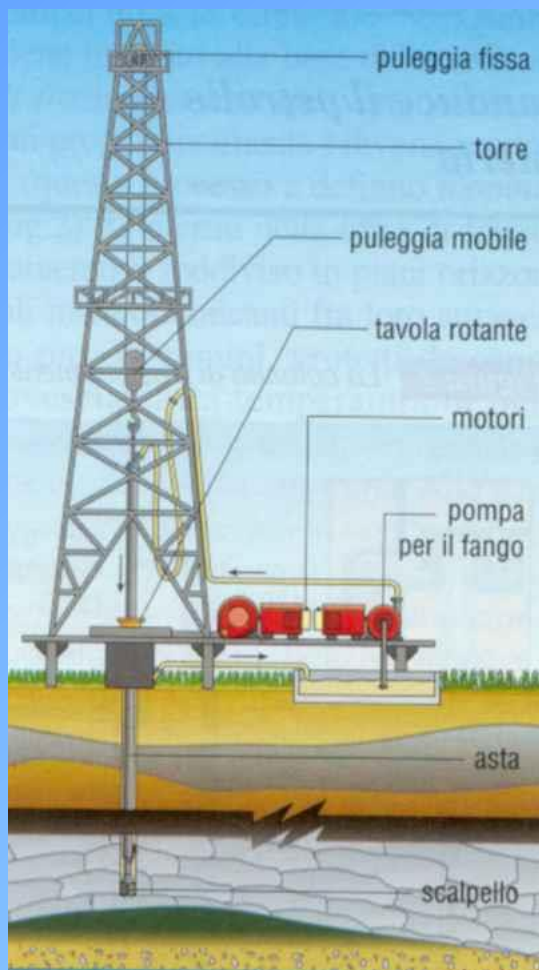
Come si estrae il Petrolio?



Per individuare i giacimenti sotterranei, si cerca un bacino sedimentario in cui argilliti ricche di materiali organici siano rimaste sepolte per un tempo sufficientemente lungo perché il petrolio abbia potuto formarsi (il lasso di tempo può variare da decine di milioni a un centinaio di milioni di anni). Le condizioni dell'ambiente roccioso, inoltre, devono aver permesso al combustibile di raggiungere strati rocciosi permeabili delimitati da strati impermeabili capaci di trattenere grandi quantità di liquido.

I geologi dispongono di molti strumenti per identificare le zone potenzialmente interessanti; ad esempio, i **rilevamenti degli affioramenti superficiali di strati sedimentari** permettono di dedurre le caratteristiche del primo strato del sottosuolo, che possono a loro volta essere integrate con le informazioni ottenibili perforando la crosta terrestre per prelevare campioni degli strati di roccia attraversati. Inoltre, **tecniche sismiche** sempre più sofisticate, **quali la riflessione e la rifrazione di onde d'urto propagate nel terreno**, rivelano dettagli importanti sulla struttura e sull'interrelazione dei vari strati rocciosi presenti sotto la superficie terrestre. In ultima analisi, comunque, l'unico modo per provare inconfutabilmente la presenza di una trappola petrolifera in una determinata zona è **trivellare pozzi esplorativi**.

Come si estrae il Petrolio?



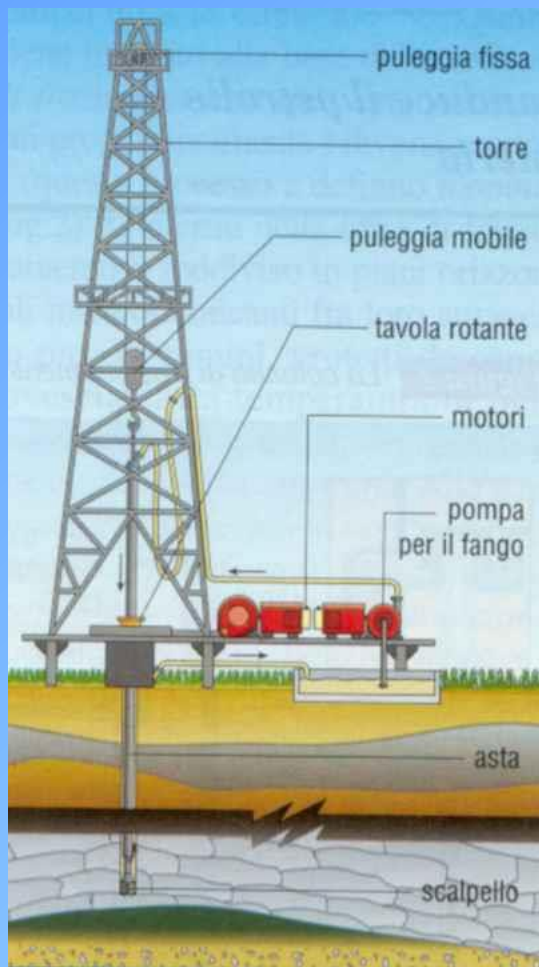
Nella maggior parte dei casi, i pozzi petroliferi vengono trivellati con il **metodo “a rotazione” (rotary)** brevettato in Gran Bretagna nel 1844 da R. Beart. L'elemento più appariscente di un impianto di perforazione è l'alta struttura a traliccio detta **torre di trivellazione**, o **derrick**, che a circa tre metri dal suolo sostiene una piattaforma sulla quale sono montati la “tavola rotante” e il relativo apparato motore.

Entro un foro a sezione quadrata della tavola rotante (disposta orizzontalmente) scorrono verticalmente, ricevendone il moto rotatorio, le aste tubolari, pure a sezione quadrata, della batteria di perforazione, che vengono avvitate una sull'altra man mano che penetrano nel terreno. La prima asta, che provvede alla perforazione del terreno, è dotata di una testa tagliente (denominata “**scalpello**”) variamente sagomata ma in genere costituita da tre ruote dentate coniche ad assi concorrenti, con i denti di acciaio temprato o di altro materiale adatto a frantumare la roccia.

Scalpellini usati nelle Perforazioni dei Pozzi



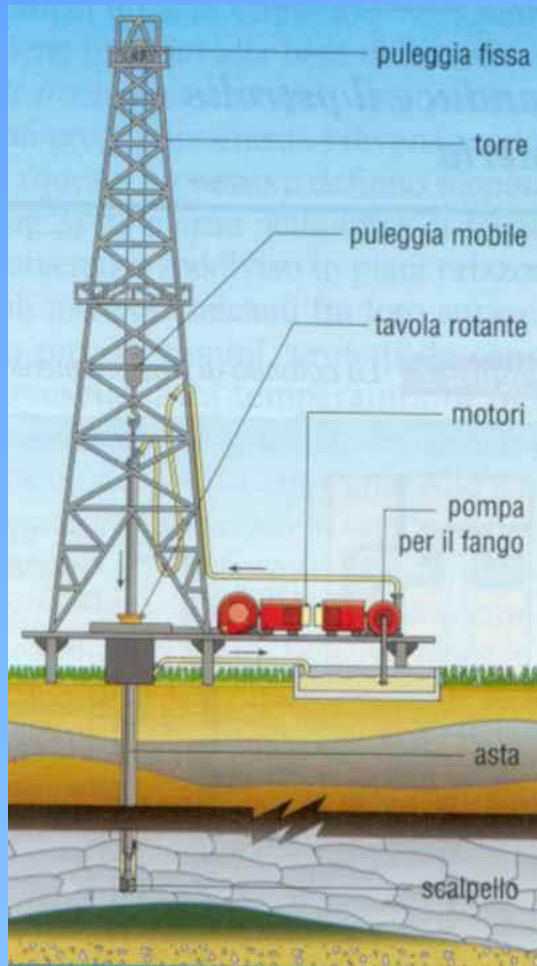
Come si estrae il Petrolio?



All'interno della batteria di perforazione, che penetra nel terreno spinta dal suo stesso peso, viene pompato fango molto fluido, che dopo aver raggiunto lo scalpello ritorna in superficie (portando con sé i detriti del terreno scavato) passando nell'intercapedine che resta fra le aste della batteria e le pareti del foro (il diametro dello scalpello è infatti maggiore di quello delle aste).

Il petrolio grezzo contenuto nelle trappole sotterranee è solitamente sotto pressione e salirebbe fino ad arrivare in superficie se non fosse bloccato da uno strato di roccia impermeabile; così, quando la trivella penetra in questi bacini petroliferi "**pressurizzati**", il petrolio fluisce immediatamente nella zona di bassa pressione costituita dal foro di trivellazione, che comunica con la superficie terrestre. Il pozzo, via via che si riempie di liquido, esercita a sua volta una contropressione sul bacino petrolifero; l'afflusso di altro liquido nel pozzo di trivellazione cesserebbe quindi molto presto, se non entrassero in gioco altri fattori.

Come si estrae il Petrolio?



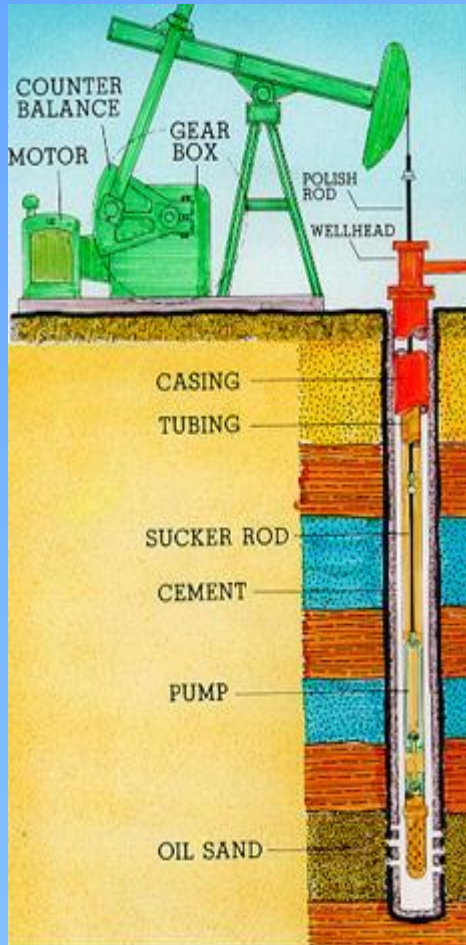
Nella maggior parte dei casi, a causa dell'elevata pressione, il petrolio greggio contiene una notevole quantità di gas in soluzione; come conseguenza di ciò, quando la soluzione fluisce nel pozzo di trivellazione, dove la pressione è più bassa, il gas si libera e comincia a espandersi, spingendo il liquido verso l'alto. In alcuni pozzi è invece la pressione dell'acqua freatica a spingere il petrolio in superficie.

Come si estrae il Petrolio?



Impianto per la perforazione di un pozzo petrolifero

Come si estrae il Petrolio?



A mano a mano che si estrae greggio dal giacimento, la pressione all'interno del bacino e la percentuale di gas disciolto nel liquido diminuiscono, quindi la quantità di petrolio che sale in superficie si riduce; a questo punto per continuare l'estrazione è necessario ricorrere all'azione di una pompa aspirante. Quando il flusso di petrolio è diventato esiguo, tanto che pomparlo in superficie sarebbe troppo costoso (il che accade, generalmente, quando si è estratto circa il 25% della riserva del bacino), si fa ricorso a tecniche diverse, dette di recupero secondario. Allo stato attuale i sistemi di recupero secondario più usati sono due:



Come si estrae il Petrolio?

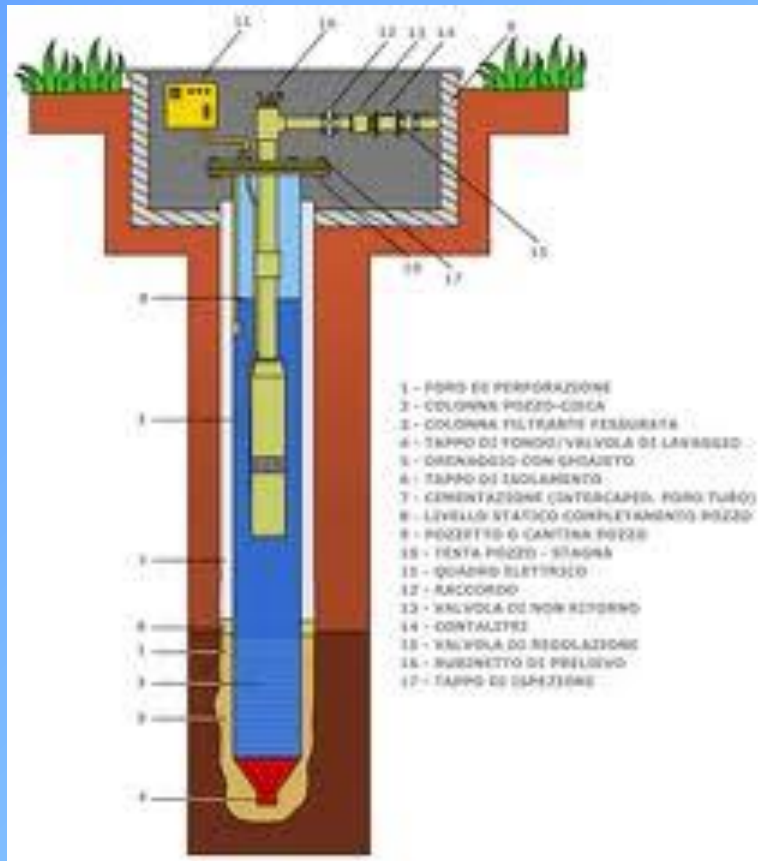
Iniezione di acqua

Per coltivare un giacimento petrolifero di grandi dimensioni, è possibile trivellare numerosi pozzi a distanze comprese tra i 60 e i 600 m, in relazione al tipo di trappola presente nella situazione specifica. Pompando acqua all'interno di alcuni dei pozzi, si riesce a mantenere a un livello pressoché costante (oppure ad aumentare) la pressione interna del bacino. In questo modo si incrementa la percentuale di recupero del petrolio greggio, sfruttando anche il fatto che l'acqua lo sposta fisicamente, facilitandone direttamente il recupero. In alcuni bacini molto uniformi e caratterizzati da un basso contenuto di argilla, l'iniezione di acqua può inoltre aumentare considerevolmente l'efficienza del pozzo.

Iniezione di gas o di vapore

Il gas o il vapore vengono iniettati nel bacino alla maggiore profondità possibile per mezzo di un foro obliquo rispetto alla direzione del foro di estrazione, in modo da spingere verso l'alto il petrolio e, miscelandosi con esso, diminuirne parzialmente la densità. L'iniezione di vapore è impiegata soprattutto nei giacimenti che contengono tipi di greggio molto densi e viscosi, che fuoriescono lentamente. Bitume. Il vapore non solo fornisce l'energia necessaria a spostare il petrolio ma, innalzando la temperatura del bacino, ne riduce in modo significativo la viscosità, permettendo una fuoriuscita più rapida.

Come si estrae il Petrolio?

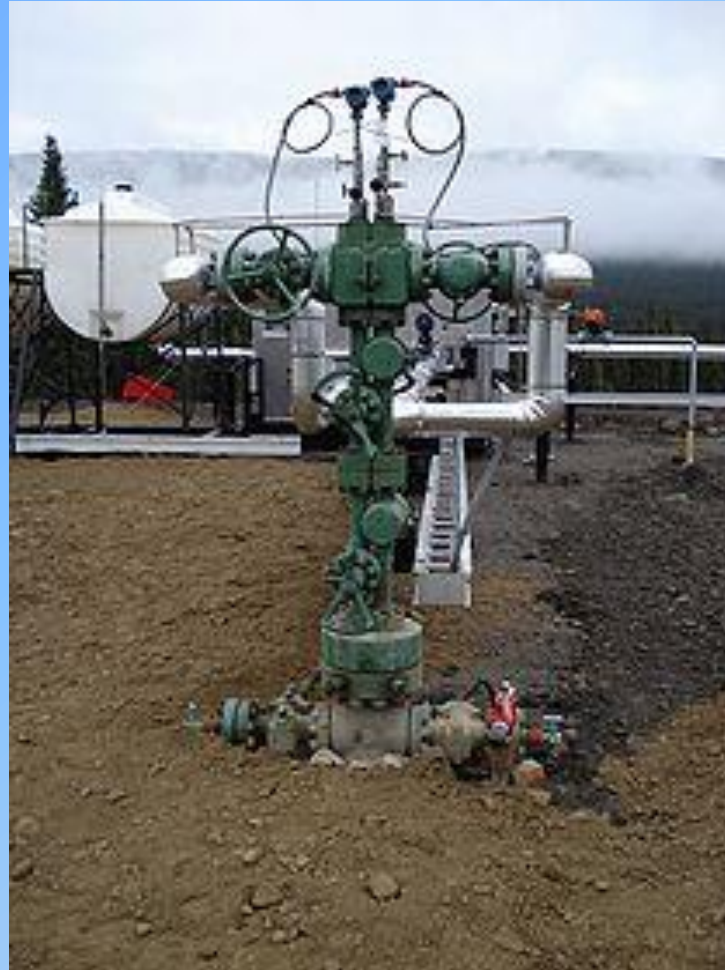


La bocca del pozzo viene dotata di un sistema di valvole di sicurezza, che permette l'erogazione controllata del petrolio, in serbatoi provvisori di stoccaggio o la sua immissione diretta in un oleodotto.

Se la pressione del petrolio non è sufficiente a farlo risalire all'interno dei tubi sino alla superficie, è possibile montare delle apposite pompe sia in superficie che a fondo pozzo.

Come si estrae il Petrolio?

Testa pozzo



La Storia del Petrolio

I giacimenti superficiali furono ignorati dagli esseri umani per migliaia di anni; per molto tempo essi vennero usati per scopi molto limitati quali, ad esempio, il calafataggio delle barche e l'impermeabilizzazione dei tessuti. Nel Rinascimento si iniziò a distillare il **petrolio greggio** di alcuni giacimenti superficiali per ottenere lubrificanti e prodotti medicinali, ma il vero e proprio sfruttamento ebbe inizio solo nel XIX secolo.

All'epoca, la **rivoluzione industriale** e i conseguenti cambiamenti sociali stimolarono notevolmente la ricerca di nuovi combustibili e in particolare di oli lampanti di buona qualità e al tempo stesso economici: molta gente, infatti, desiderava avere la possibilità di lavorare e leggere anche dopo il tramonto, ma l'olio di balena era estremamente costoso, le candele di sego emanavano un odore sgradevole e i becchi a gas erano disponibili solo nelle abitazioni più moderne delle aree urbane. La ricerca di un combustibile migliore per le lampade determinò un netto aumento della richiesta di **petrolio greggio** e verso la metà del XIX secolo numerosi scienziati cominciarono a mettere a punto tecniche e metodi per produrre e commercializzare sostanze capaci di soddisfare le esigenze della popolazione.

La Storia del Petrolio

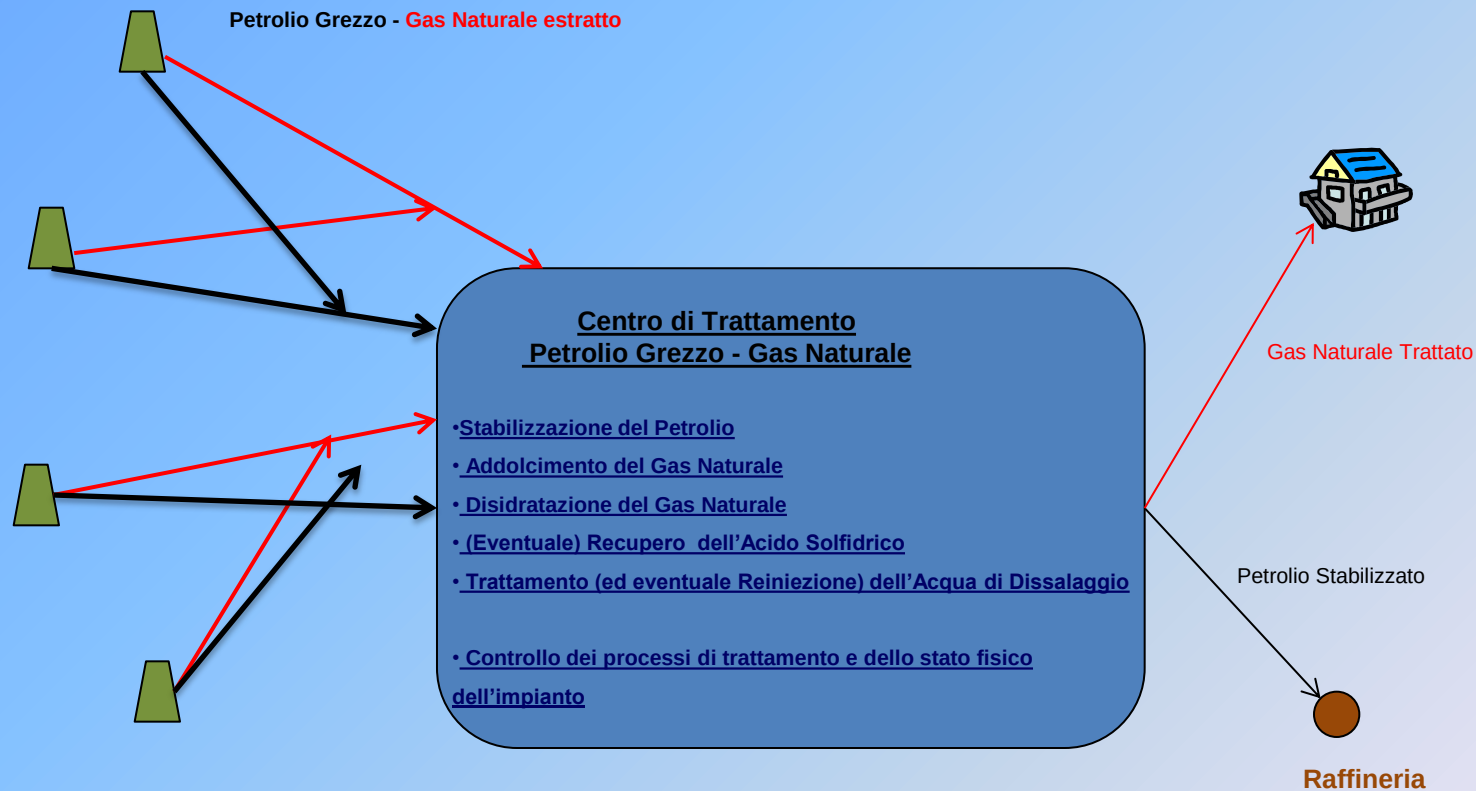
Nel 1852 il fisico e geologo canadese Abraham Gessner ottenne un brevetto per ricavare dal petrolio greggio un combustibile per lampade economico, l'olio di paraffina (**kerosene**); tre anni dopo il chimico statunitense Benjamin Silliman pubblicò uno studio in cui elencava la vasta gamma di prodotti utili che potevano essere ricavati dalla distillazione del petrolio. Da quel momento ebbe inizio la corsa ai rifornimenti di greggio.

I primi pozzi petroliferi veri e propri furono trivellati in Germania nel 1857-1859. Un avvenimento che ebbe risonanza mondiale tuttavia fu la trivellazione di un pozzo nei pressi di Oil Creek, in Pennsylvania, a opera del colonello Edwin L. Drake: nel 1859 questi effettuò numerosi sondaggi con lo scopo di trovare l'ipotetica "sacca madre" da cui si pensava provenissero tutte le infiltrazioni di petrolio della Pennsylvania occidentale; in realtà il giacimento era profondo solo 21,2 m, ma il petrolio era di tipo paraffinico, quindi molto fluido e facile da distillare. Il successo di Drake segnò l'inizio della rapida crescita della moderna **industria petrolifera**. Presto il petrolio suscitò l'interesse della comunità scientifica e furono sviluppate ipotesi plausibili riguardo alla sua formazione.

Con l'invenzione del **motore a combustione interna** e con il crescente fabbisogno energetico causato dallo scoppio della prima guerra mondiale, l'industria petrolifera divenne una delle basi della moderna società industriale.

Schematizzazione del Collegamento fra: Pozzi Petroliferi – Impianti di Trattamento – Raffineria e/o Rete

Pozzi Petroliferi



Trattamenti Preliminari del Petrolio Grezzo – Gas Naturale

Il **Petrolio Grezzo** appena estratto dal sottosuolo non può essere immesso negli oleodotti e dunque raffinato in quanto contiene, oltre agli Idrocarburi:

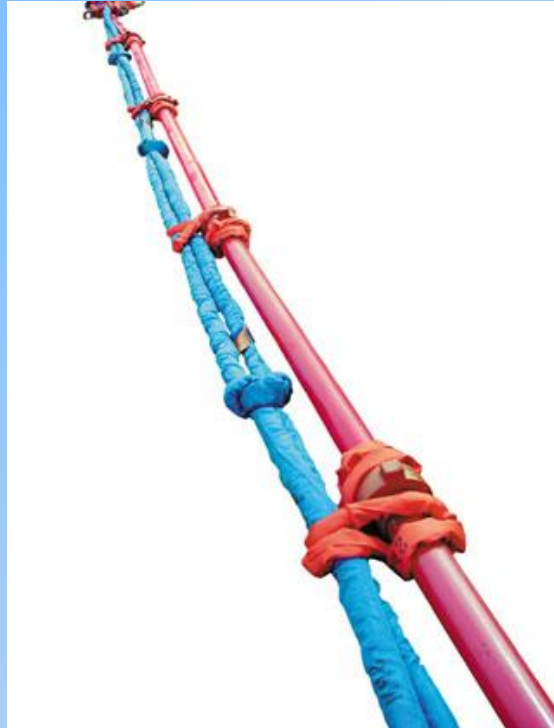
- **Acqua**, emulsionata o sotto forma di salamoia (**Disidratazione**);
- **Gas** in esso disciolti (**Degassazione**);
- **Particelle Solide**, in sospensione (**De salificazione** o **Dissalaggio**);
- **Composti dello Zolfo** (**Desolforazione**).

Il **Gas Naturale** invece contiene:

- **Acqua** sotto forma sia di condensa che di strato (**Disidratazione**);
- **Idrocarburi Pesanti** (**Degasolinaggio**);
- **Gas Inerti** come **Anidride Carbonica** (CO_2) e **Azoto** (N_2) e **Gas Tossici** come l'**Idrogeno Solforato** (H_2S) (**Desolforazione** o **Addolcimento**).

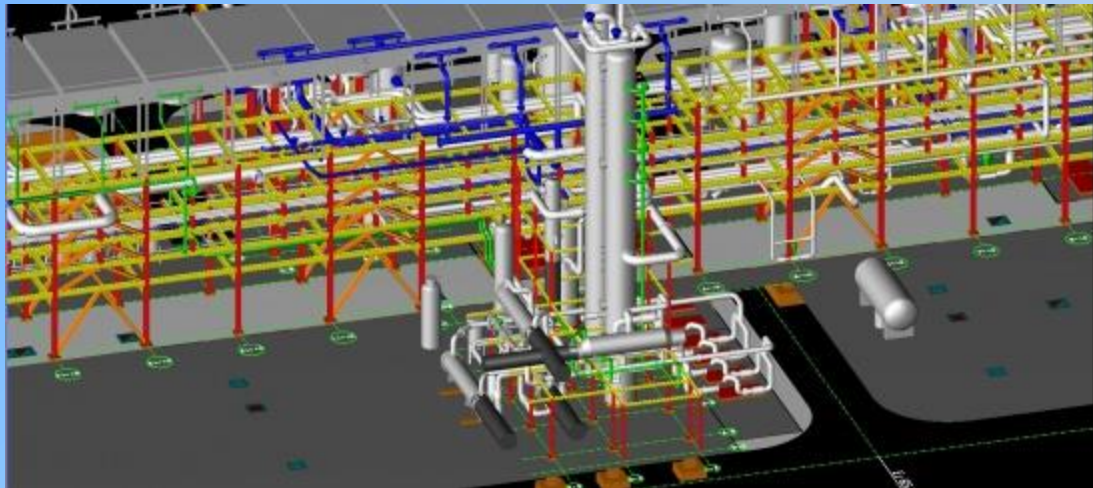
Trattamenti Preliminari del Petrolio Grezzo – Gas Naturale

In virtù ciò il **Petrolio Grezzo** e il **Gas Naturale** appena estratti dai pozzi, vengono fatti confluire attraverso dei condotti interrati detti **Flowlines**



Trattamenti Preliminari del Petrolio Greccio – Gas Naturle

..... fino ad un Centro di Trattamento Preliminare
(denominato generalmente Centro Olii e/o Centrale Gas).



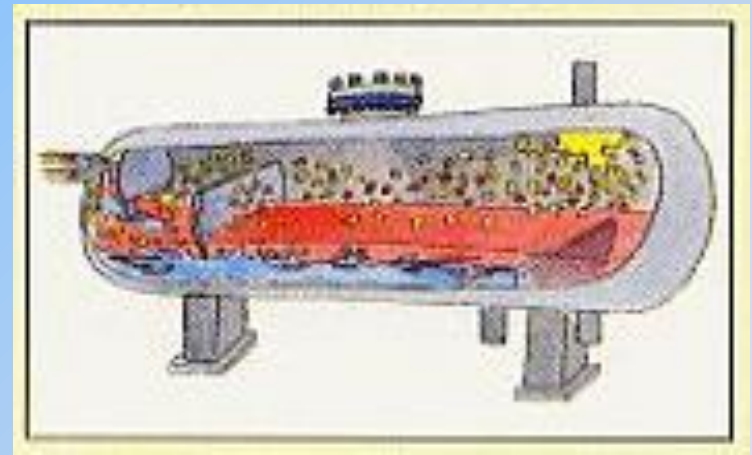
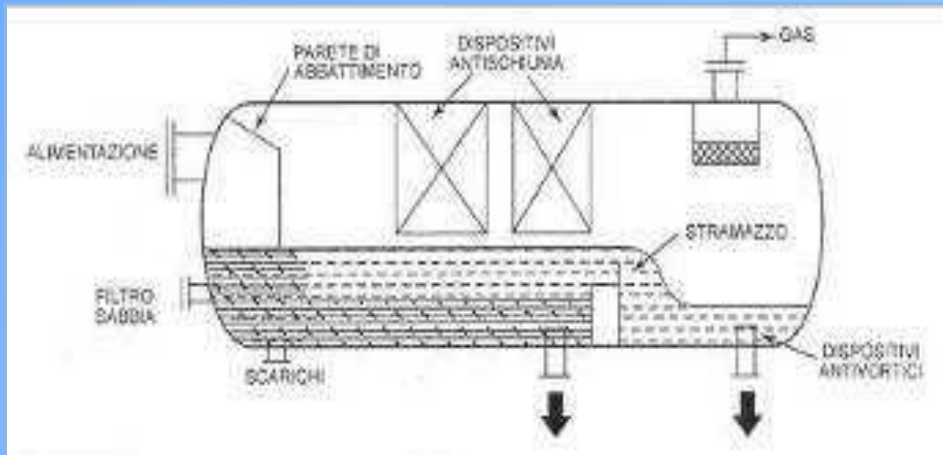
Nel suddetto centro a seconda del tipo di Impurità da eliminare il **Petrolio Grezzo** e il **Gas Naturale** vengono indirizzati ed introdotti in **differenti Impianti di Trattamento** specifici a rimuovere quel tipo di impurità .

Trattamenti Preliminari del Petrolio Greggio

Stabilizzazione

Disidratazione e Degassazione

- Per eliminare l'Acqua e il Gas Disciolto, si invia il Petrolio Geggio in **Serbatoi**, nei quali mediante riscaldamento e l'aggiunta di sostanze emulsionanti, avviene la decantazione dell'acqua e delle sostanze solide.



- Per tale motivo si utilizzano **Serbatoi Trifasici** nei quali il petrolio viene separato dall'acqua salata e dal gas naturale sfruttando la diversa densità dei tre fluidi.
- I gas che si liberano possono essere utilizzati come combustibili per le necessità dell'impianto oppure raccolti per altri impieghi.

Trattamenti Preliminari del Petrolio Greggio

Stabilizzazione

Disidratazione Elettrostatica

- La disidratazione può essere ottenuta anche sottoponendo l'emulsione ad un campo elettrico (15.000 – 20.000 volt), che provoca la collisione e la coalescenza delle goccioline d'acqua disperse, consentendo la separazione dell'acqua per gravità.

De salificazione o Dissalaggio

- Il greggio prodotto deve essere de salificato poiché l'acqua di strato prodotta insieme all'greggio, essendo salata può lasciare in sospensione nel greggio dei cristalli di **Cloruro di Sodio (NaCl)**.
- Il dissalaggio del grezzo ha lo scopo di impedire che si abbiano effetti di [disattivazione del catalizzatore](#) utilizzato nel [cracking catalitico](#) e di sporcamento o corrosione delle [apparecchiature chimiche](#).
- Le apparecchiature utilizzate per tale processo sono simili a quelle utilizzate per la disidratazione elettrostatica, avendo l'accorgimento di aggiungere acqua dolce per sciogliere i cristalli di sale in sospensione; l'acqua arricchita di sale verrà poi separata dall'olio.

Trattamenti Preliminari del Petrolio Greggio

Stabilizzazione

De salificazione o Dissalaggio

L'operazione di dissalaggio si compie in un'apparecchiatura in cui si compiono le seguenti operazioni:

- inizialmente il greggio preriscaldato a 150 °C viene addizionato ad una certa quantità di acqua demineralizzata ed alcuni additivi, quindi attraversa una [valvola di laminazione](#), che ne favorisce la [miscelazione](#);
- Il sistema greggio-acqua così formato viene inviato all'interno di un **Desalter** (che esternamente si presenta come un grande serbatoio), tra due piastre caricate elettricamente, che fungono da [elettrodi](#) ai cui capi è applicata una differenza di potenziale di 15000 - 30000 V; il [campo elettrico](#) applicato favorisce la [coalescenza](#) delle goccioline d'acqua, che si separano così dal greggio. La coalescenza delle goccioline d'acqua in presenza del campo elettrico è dovuta alla [natura polare delle molecole](#) di acqua (i composti che costituiscono il greggio invece sono apolari);
- Si separa per gravità il greggio dall'acqua di lavaggio (più pesante), la quale viene estratta dal fondo e trasporta con sé le impurezze contenute nel greggio.
- Il petrolio viene generalmente trattato in un ulteriore desalter (cioè si effettua un'[operazione a due stadi](#)).

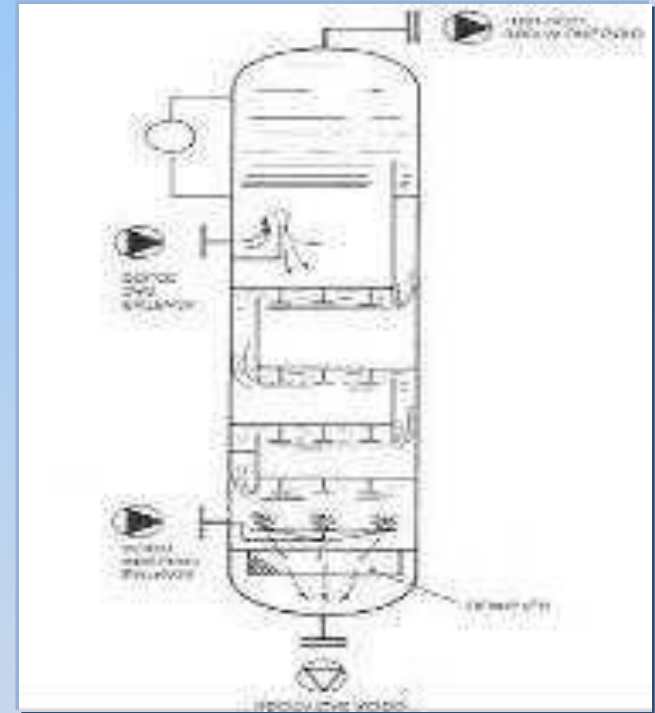
Trattamenti Preliminari del Petrolio Greggio

Stabilizzazione

Desolforazione

Un altro importante processo di trattamento che normalmente i greggi prodotti devono subire è quello della desolforazione. Molto spesso infatti i greggi contengono disciolte percentuali elevate di **Idrogeno Solforato (H_2S)**, gas tossico molto corrosivo, che deve essere eliminato.

Il processo di Desolforazione più usato è il cosiddetto “**Strippaggio**”, in cui vengono utilizzati speciali recipienti cilindrici verticali (**Stripping Tower**), all'interno dei quali del gas dolce viene fatto gorgogliare in controcorrente attraverso il greggio, sottraendogli l'idrogeno solforato



Trattamenti Preliminari del Petrolio Greggio

Stabilizzazione



Schema dei processi di trattamento cui è sottoposto un olio greggio a seconda delle sue caratteristiche

Stoccaggio del Petrolio Trattato

Dopo aver subito i vari trattamenti il greggio normalmente viene stoccato in **Serbatoi cilindrici** in acciaio, pronto per essere trasportato o inviato in raffineria.



Controlli dei Trattamenti Preliminari **del** **Petrolio Greggio**

La quantità d'Acqua e di Sali (Cloruri) presente nel petrolio influisce molto sulla qualità del petrolio, influenzandone anche altre proprietà fisiche e soprattutto il suo costo.

Per tale motivo le principali **Analisi effettuate sul Petrolio** in laboratorio sono:

- **Densità** (Densimetro Digitale ASTM D5002-99(2005) o Aerometro ASTM D1298-99(2005))
- **Acqua** (Metodo Karl Fischer ASTM D4377-00(2006) o Centrifuga ASTM D4007-08)
- **Sali (Cloruri)** (APAT CNR IRSA Man 29 2003)
- **Sedimenti** (Centrifuga ASTM D4007-08)

Trattamenti Preliminari del Gas Naturale

Il **Gas Naturale** appena **estratto** dai pozzi non può essere subito immesso nei gasdotti in quanto contiene varie impurità come:

- **Acqua** sotto forma sia di condensa che i strato (**Disidratazione**);
- **Idrocarbri Pesanti** (**Degasolinaggio**);
- **Gas Inerti** come **Anidride Carbonica** (CO_2) e **Azoto** (N_2) e **Gas Tossici** come l'**Idrogeno Solforato** (H_2S) (**Desolforazione** o **Addolcimento**)

che gli conferisce caratteristiche negative e pericolose sia per il trasporto sia per la sua distribuzione nei gasdotti. Infatti piccole quantità di acqua o di altri condensati idrocarburici possono mettere in pericolo il trasporto del gas a causa di:

- Formazione di idrati e di slugs con possibili danni alle apparecchiature delle stazioni lungo il trasporto e/o nei processi a valle;
- Corrosione delle pipeline

Trattamenti Preliminari del Gas Naturale

Disidratazione

Il processo di semplice disidratazione può essere effettuato tramite impianti che utilizzano **Glicole**, avendo tale prodotto la proprietà di assorbire l'umidità del gas.

Il processo di assorbimento con **Glicole** è uno dei metodi più comunemente utilizzati per la disidratazione del gas naturale. Il processo consiste nel mettere in contatto controcorrente il Gas Naturale Umido estratto in alta pressione con una soluzione di Glicole come :

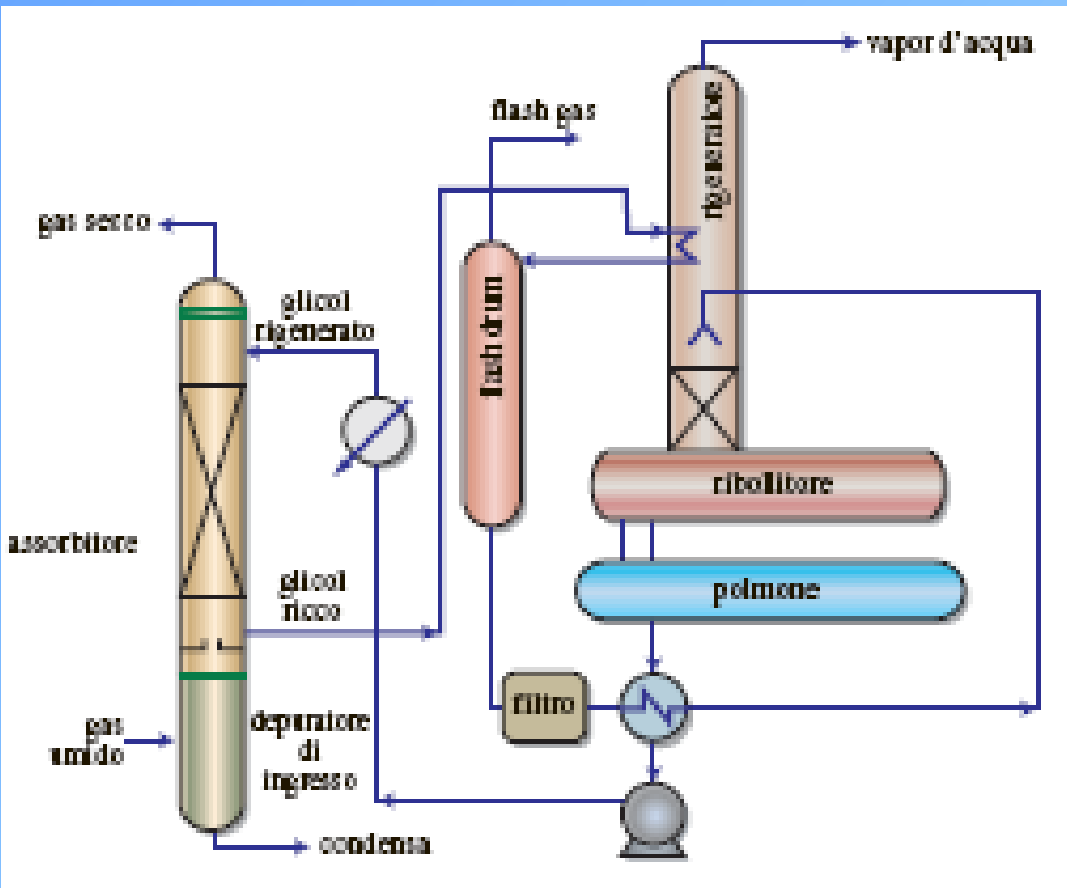
- **TEG** glicole tri-etilenico
- **DEG** glicole di-etilenico
- **MEG** glicole mono-etilenico

Normalmente si preferisce il **TEG**

	EG	DEG	TEG
Formula chimica	$C_2H_4O_2$	$C_4H_{10}O_3$	$C_6H_{14}O_4$
Peso molecolare	62,1	106,1	150,2
Temperatura di ebollizione (°C) a 1 atm	197,3	244,8	285,5
Viscosità (cP) a 25 °C	16,5	28,2	37,3
Viscosità (cP) a 60 °C	4,7	7	8,8
Temperatura di decomposizione (°C)	165	165	206,7

Trattamenti Preliminari del Gas Naturale

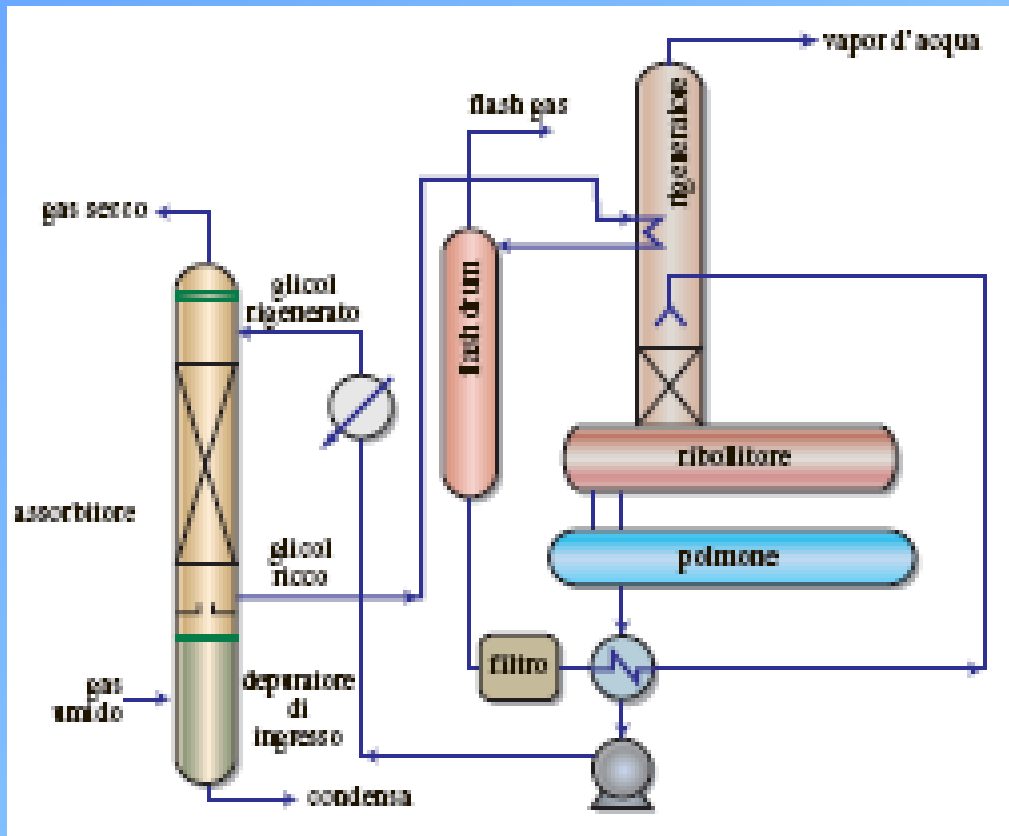
Disidratazione



Una corrente di TEG concentrato (**TEG Rigenerato**) viene alimentata alla testa della colonna di assorbimento operante in pressione, al fondo della quale viene iniettato il gas da deumidificare. Il contatto del glicole con più stadi di equilibrio in controcorrente con il gas provoca la disidratazione di quest'ultimo all'uscita dalla testa della colonna in questione. Dal fondo della colonna si scarica la corrente di TEG diluito dall'acqua che ha assorbito (**TEG Esausto**) e che è ricco in Acqua.

Trattamenti Preliminari del Gas Naturale

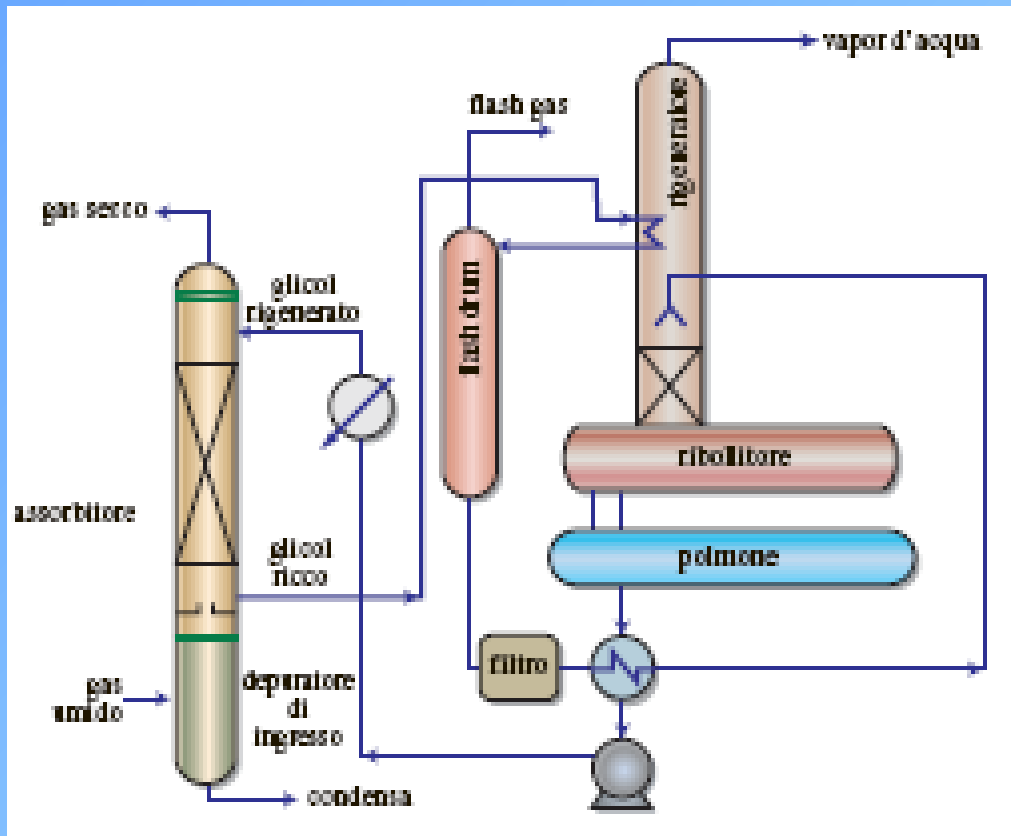
Disidratazione



In una seconda colonna, operante a pressione atmosferica e provvista di un ribollitore di fondo, il TEG esausto ricco di acqua viene riconcentrato mediante distillazione dell'acqua assorbita. La colonna di rigenerazione è divisa in 2 sezioni, una superiore di rettifica e una inferiore di arricchimento; l'alimentazione del glicole divide le 2 sezioni. Al fine di ridurre il consumo d'energia per la rigenerazione, il TEG concentrato dal fondo del ribollitore viene interscambiato con la carica.

Trattamenti Preliminari del Gas Naturale

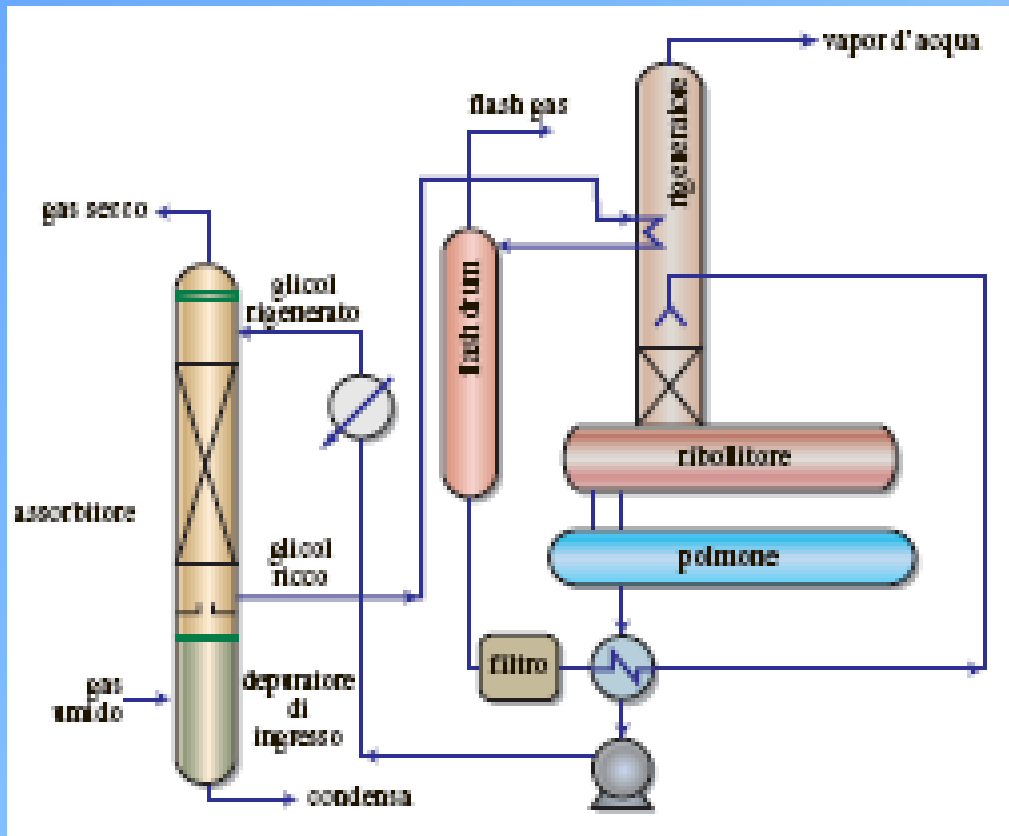
Disidratazione



In una seconda colonna, operante a pressione atmosferica e provvista di un ribollitore di fondo, il TEG esausto ricco di acqua viene riconcentrato mediante distillazione dell'acqua assorbita. La colonna di rigenerazione è divisa in 2 sezioni, una superiore di rettifica e una inferiore di arricchimento; l'alimentazione del glicole divide le 2 sezioni. Al fine di ridurre il consumo d'energia per la rigenerazione, il TEG concentrato dal fondo del ribollitore viene interscambiato con la carica.

Trattamenti Preliminari del Gas Naturale

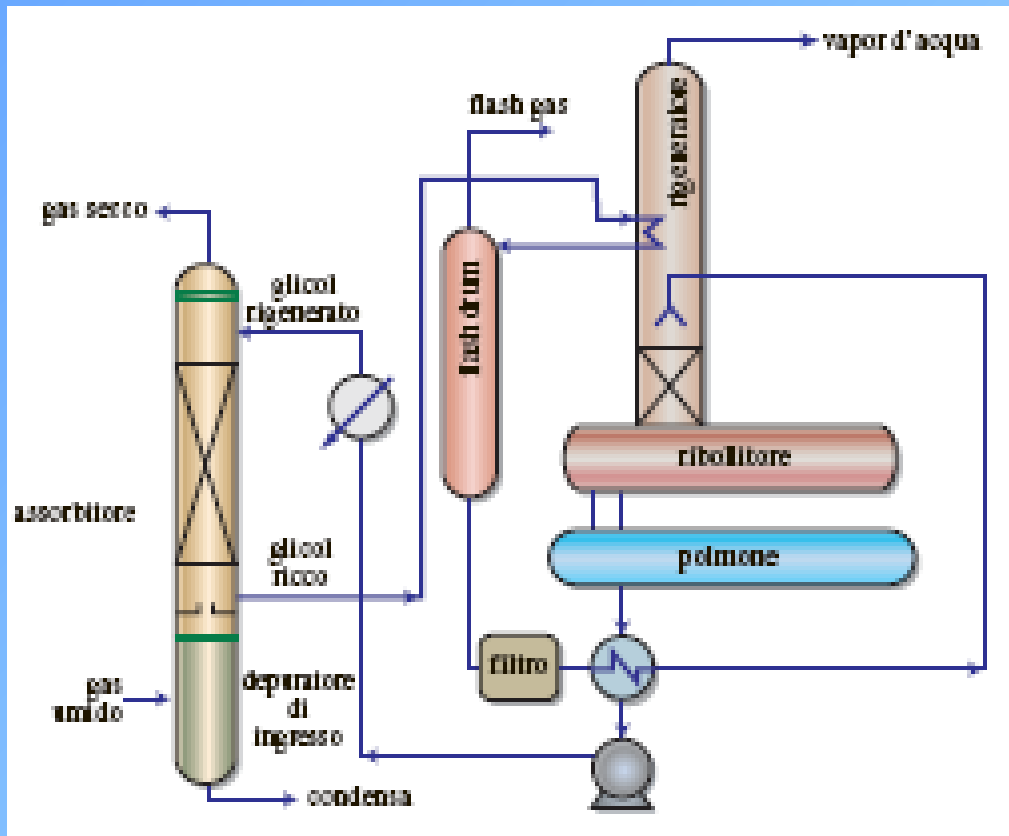
Disidratazione



Per produrre un adeguato riflusso e abbattere le perdite di TEG dovute alla rigenerazione, al di sopra della sezione di riflusso viene installato un condensatore. Solitamente, quest'ultimo è costituito da una serpentina elicoidale che realizza lo scambio di calore tra il glicole freddo da rigenerare, che scorre all'interno della serpentina stessa, e i vapori che salgono dalla sezione di riflusso. Il glicole ricco all'uscita dell'assorbitore è saturo in acqua ed è in equilibrio con la corrente di gas da trattare

Trattamenti Preliminari del Gas Naturale

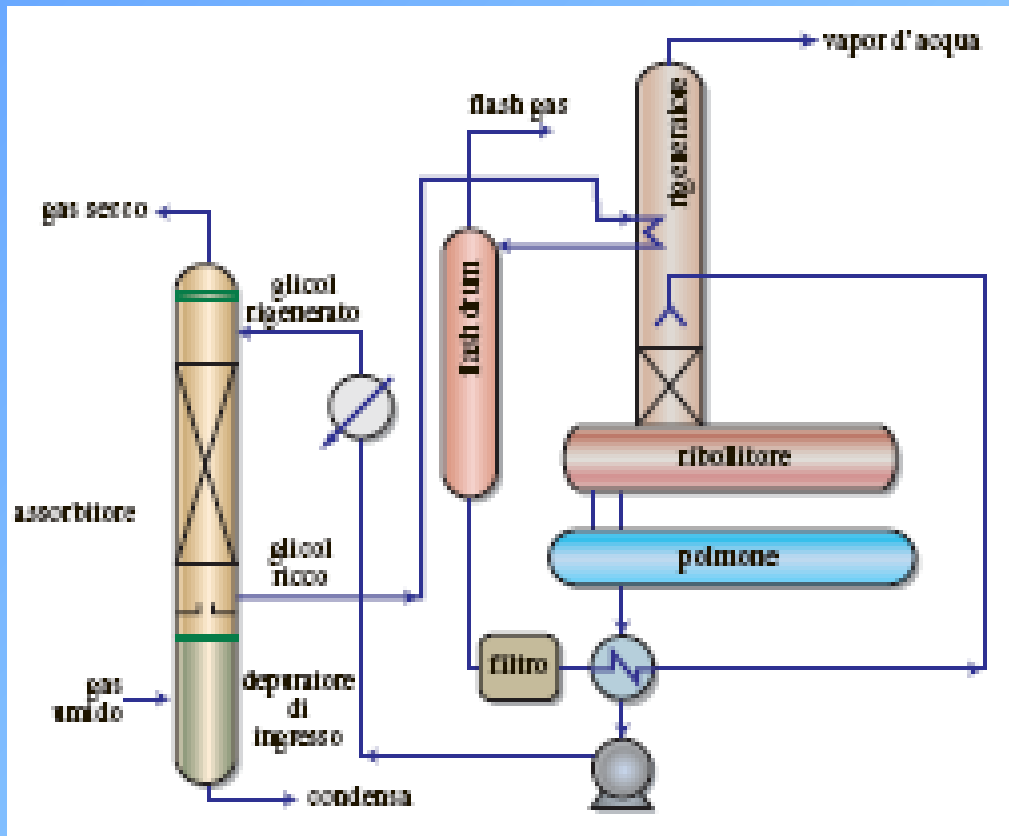
Disidratazione



alle condizioni operative della colonna, pertanto contiene gas disciolto. Per liberare questo gas e renderne possibile l'utilizzo come combustibile, a monte della colonna rigeneratrice si installa un barilotto di flash operante a bassa pressione (da 3 a 7 bar) che solitamente viene inserito a valle del condensatore di testa sopra descritto, per avere un modesto preriscaldamento del TEG e facilitare la separazione suddetta mediante la riduzione della viscosità

Trattamenti Preliminari del Gas Naturale

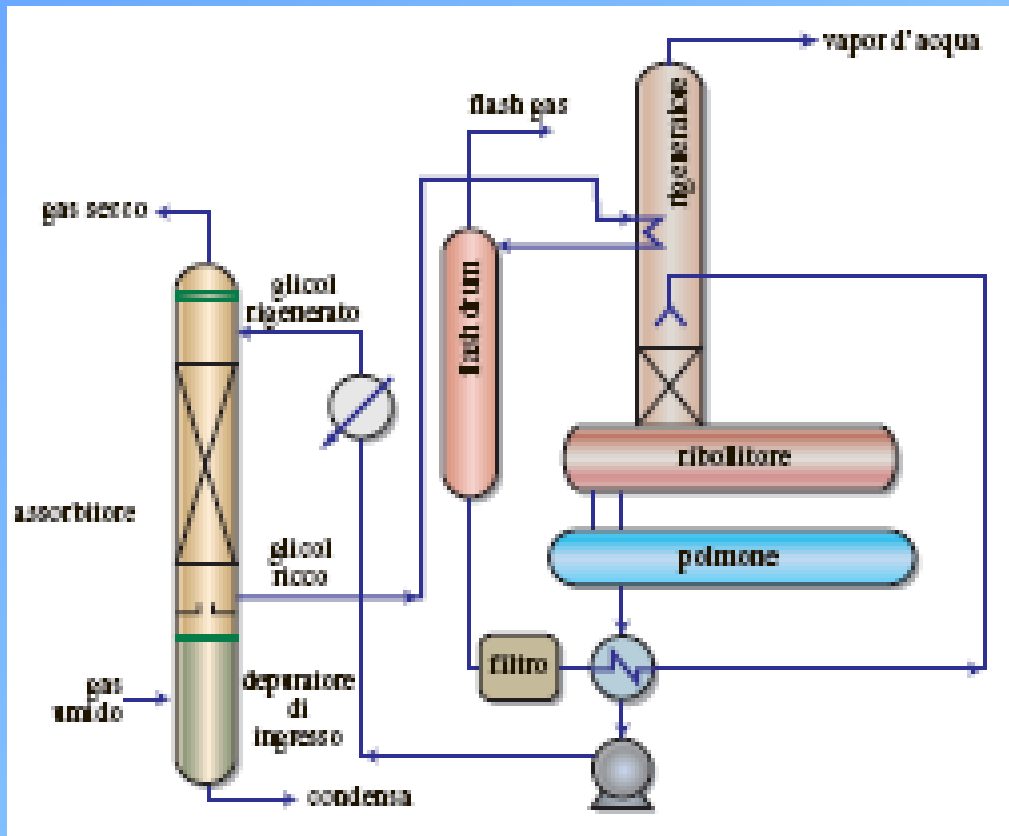
Disidratazione



A valle del flash il TEG ricco viene filtrato con un filtro a cartuccia e con un filtro a carboni attivi. Per piccole portate di glicole entrambi i filtri operano sulla corrente totale. Dopo la filtrazione e l'interscambio, il glicole ricco entra nella colonna della rigenerazione. La colonna viene direttamente flangiata sulla parte superiore del ribollitore. Per il riscaldamento si possono utilizzare varisistemi. Nel caso si debba rigenerare il TEG la temperatura del ribollitore viene mantenuta

Trattamenti Preliminari del Gas Naturale

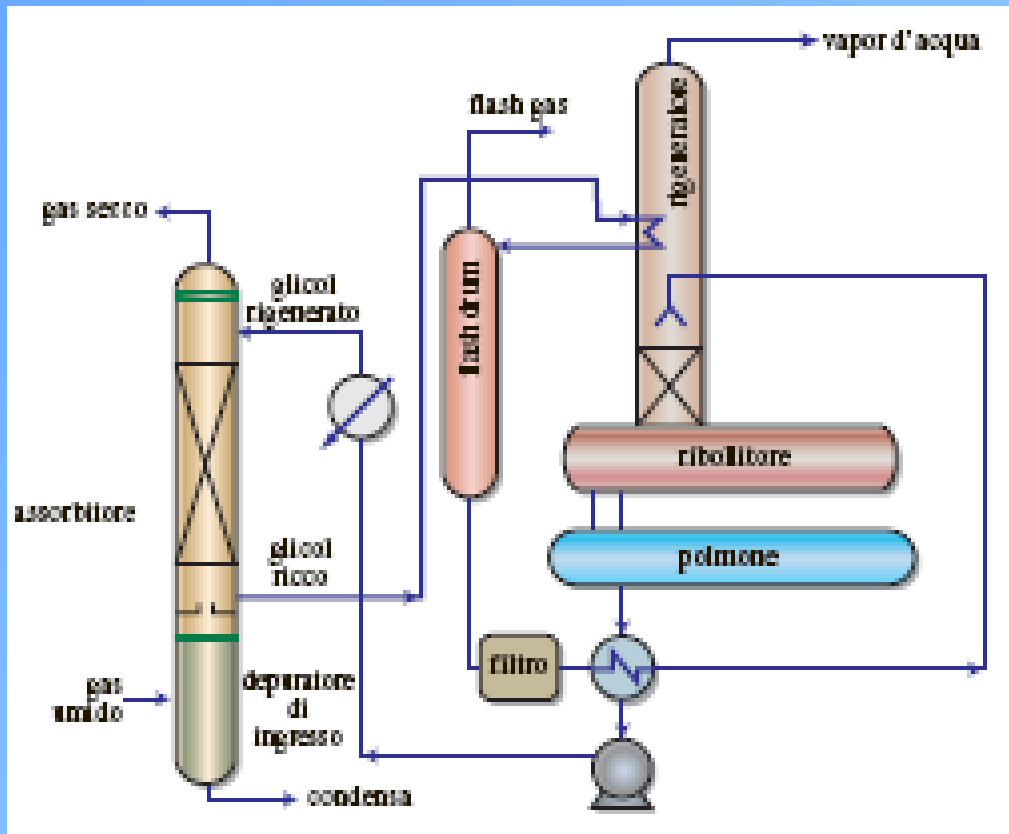
Disidratazione



Leggermente superiore ai 200°C in quanto a 207°C si ha una notevole degradazione termica del TEG stesso. E' evidente che il controllo della temperatura finale di rigenerazione deve essere molto preciso ed efficace. Il TEG rigenerato passa nello scambiatore carica-effluente dove cede gran parte del calore sensibile. A valle dello scambio viene pompato alla pressione d'assorbimento e inviato attraverso un raffreddatore finale alla testa dell'assorbitore.

Trattamenti Preliminari del Gas Naturale

Disidratazione



Spesso tale raffreddamento viene effettuato mediante interscambio con il gas trattato dall'assorbitore.

Per garantire una buona funzionalità dell'impianto, è necessario prevedere un palmone per le pompe di circolazione, il quale viene collegato al ribollitore che lo alimenta per caduta.

Trattamenti Preliminari del Gas Naturale

Disidratazione e Degasolinaggio

Per limitate quantità di gas la semplice disidratazione può essere effettuata anche tramite impianti che utilizzano membrane polimeriche aventi la proprietà di essere permeabili all'acqua e relativamente impermeabili al gas.

Per gas contenenti sia acqua sia discrete quantità di gasolina, la disidratazione e il degasolinaggio possono essere effettuati contemporaneamente, utilizzando impianti cosiddetti “a letto solido”, che sfruttano le proprietà adsorbenti di alcune sostanze solide, come **allumina attiva** e **silica gel**, che grazie a tale proprietà trattengono sia l'acqua sia la gasolina. La separazione tra acqua e gasolina risulta poi facilitata grazie alla diversa densità dei due fluidi.

La disidratazione e il contemporaneo degasolinaggio possono essere effettuati anche tramite separatori a bassa temperatura chiamati LTS (*Low Temperature Separator*). Il gas all'ingresso del LTS viene fatto espandere repentinamente attraverso una valvola di controllo; a causa dell'espansione (per effetto Joule-Tomson) il gas si raffredda favorendo la condensazione sia dell'acqua sia della gasolina, che vengono separate dal gas nel LTS.

Trattamenti Preliminari del Gas Naturale

Addolcimento

La rimozione dell' **Gas Tossico H_2S** dal Gas Naturale estratto viene definito:

- **Addolcimento del Gas Naturale**

Questo procedimento è generalmente reso necessario dal fatto che l'acido solfidrico, essendo un gas condensabile, tenderebbe a formare delle goccioline di liquido una volta portato ad alta pressione nel gasdotto, il che tenderebbe a rovinare i [compressori](#) e il [gasdotto](#) stesso. La desolforazione del gas naturale è quindi un processo che viene generalmente effettuato subito dopo la sua estrazione.

Esistono diversi processi di addolcimento, ma senza dubbio il processo più comune si basa sull'assorbimento mediante una Soluzione Alcalina (pH 11-13). Questo tipo di lavaggio del gas si fonda quindi sulla reazione di neutralizzazione tra acido debole da rimuovere (H_2S) e un reagente basico appropriato. Questa reazione deve essere reversibile per permettere la rigenerazione della soluzione reagente.

Trattamenti Preliminari del Gas Naturale

Addolcimento

Il processo di desolforazione del gas naturale è abbastanza semplice. La corrente di gas naturale da desolforare è inviata in un reattore, riempito di elementi ceramici, insieme a dell'[acqua](#). Acqua e gas naturale sono inviati in controcorrente (rispettivamente dall'alto e dal basso). Quando le due correnti entrano a contatto l'acido solfidrico, essendo (a differenza del metano) una [molecola polare](#), tende a sciogliersi in acqua. Gli elementi ceramici presenti nel reattore servono ad aumentare la superficie di contatto tra le due correnti.

In acqua sono poi disciolti dei composti a carattere [basico](#) **Alcanolammine** che reagiscono con l'acido solfidrico molto velocemente una volta che questo si scioglie in acqua, formando dei composti [salini](#) e mantenendo di fatto praticamente nulla la concentrazione di acido solfidrico in acqua.

Trattamenti Preliminari del Gas Naturale

Addolcimento

La corrente di acqua e prodotti di reazione così ottenuta viene poi mandata in un secondo reattore, dove a differenti condizioni di pressione e temperatura la reazione tra **Alcanolammine** e acido solfidrico diventa reversibile. Da questo reattore riesco dunque a rigenerare i reagenti necessari per la desolforazione, e ottengo in uscita una corrente di acido solfidrico ed acqua, che vengono separati sfruttando il fatto che a temperatura e pressione ambiente l'acqua è liquida mentre l'acido solfidrico è gassoso. La corrente di acido solfidrico puro così ottenuta viene poi o reimpressa in pozzi esauriti, o inviata a trattamenti chimici come il processo Claus.

Addolcimento del Gas Naturale

I reagenti più comunemente usati come soluzioni di **Alcanolammine** sono:

MEA: Monoetanolammina

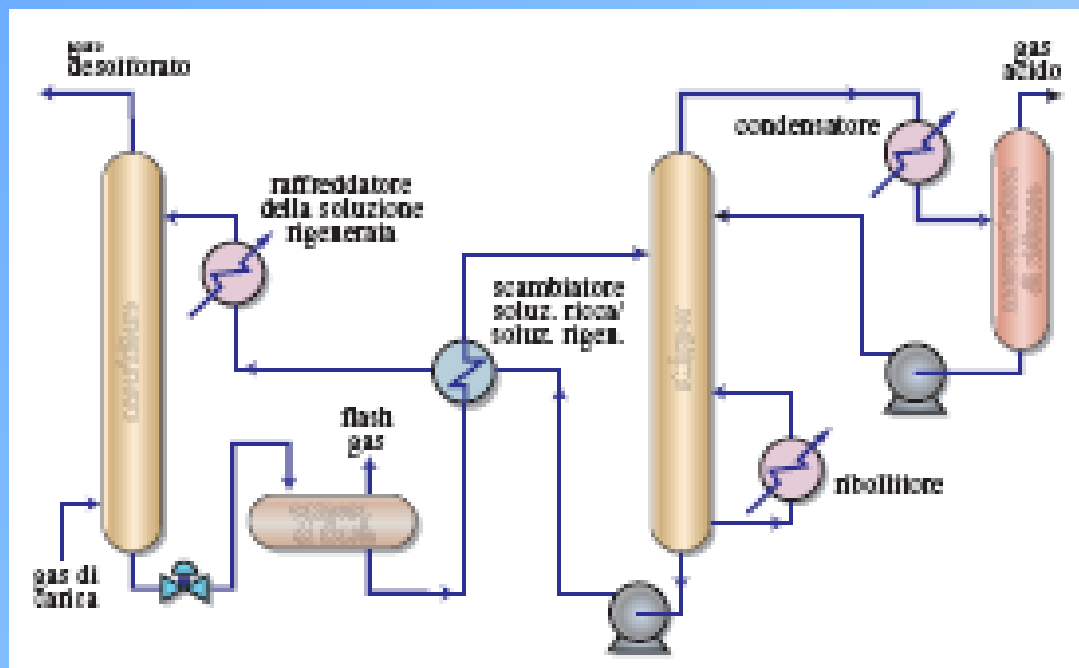
DEA: Dietanolammina

MDEA: Metildietanolammina

	MEA	DEA	MDEA
Formula chimica	$\text{HOC}_2\text{H}_4\text{NH}_2$	$(\text{HOC}_2\text{H}_4)_2\text{NH}_2$	$(\text{HOC}_2\text{H}_4)_2\text{NCH}_3$
Peso molecolare	61,08	105,14	119,16
Temperatura di ebollizione (°C) a 1 atm	170,5	246	247,22
Viscosità (cP) a 20 °C	24,1	350	10,3 (a 30 °C)
Calore di reazione con H_2S (kcal/kg)	305-371,5	277,3-332,7	
Calore di reazione con CO_2 (kcal/kg)	343,8-388,2	321,6-360,5	
Capacità specifica di assorbimento di gas acido (mol/mol)	0,33-0,4	0,35-0,65	0,6-0,8
Intervallo di concentrazione (% in peso)	15-22	25-35	35-50

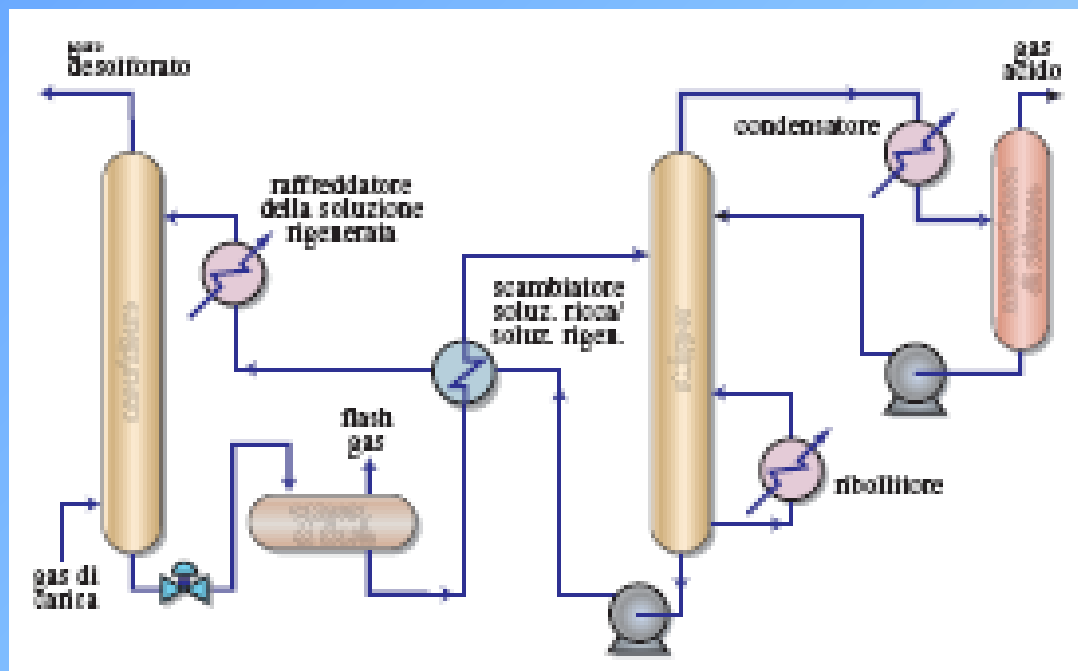
Addolcimento del Gas Naturale

Lo schema di Assorbimento-Rigenerazione tipico è il seguente:



Il Gas Naturale acido viene lavato dalla soluzione amminica (MDEA) rigenerata e opportunamente raffreddata nella colonna d'assorbimento. L'assorbimento è favorito dalle basse temperature, anche perché la reazione che si sviluppa è esotermica. La soluzione ricca dal fondo dell'assorbitore viene prima inviata in un flash drum dove per effetto della pressione ridotta si separa una parte del gas;

Addolcimento del Gas Naturale



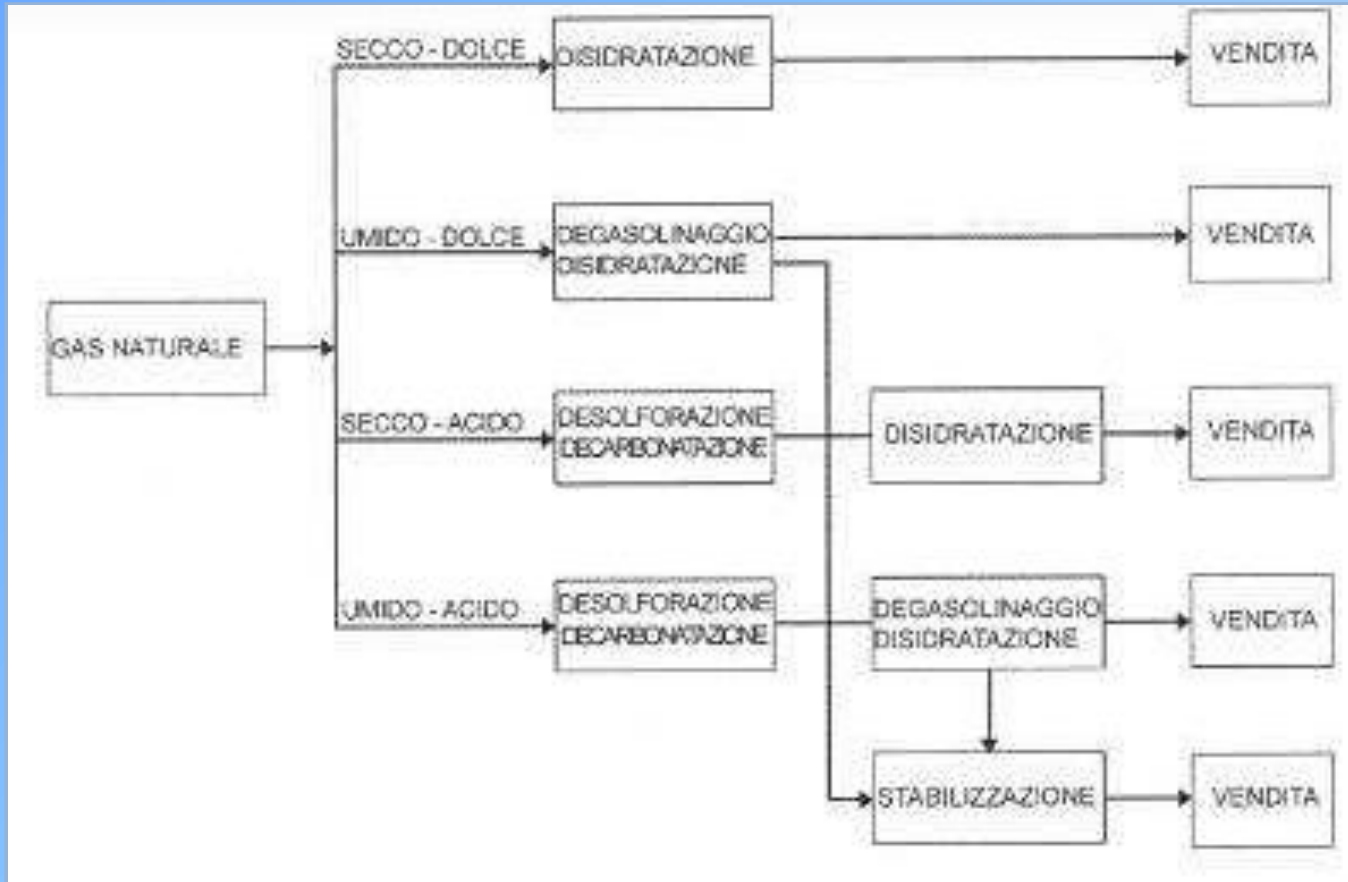
successivamente, la soluzione, dopo aver scambiato calore con la soluzione rigenerata calda, viene alimentata alla testa della colonna di rigenerazione. Qui il Gas Acido viene rimosso mediante stripping in corrente di vapore (reazione inversa di desorbimento favorita ad alte temperature.).

Addolcimento del Gas Naturale

Nel COVA il reagente che si preferisce e si utilizza è la **MDEA** che:

- ha una maggiore capacità di reazione con il gas acido (H_2S) rispetto ad altri tipi di ammine (primarie, secondarie) perché usata in concentrazioni più alte.
- è selettiva, perché reagisce più velocemente e in maniera quantitativa con l' H_2S rispetto alla CO_2 .
- non dà problemi di corrosione e non forma prodotti di degradazione dopo aver reagito con la CO_2 .
- è efficiente a temperature più basse ($60\text{-}90^\circ\text{C}$) rispetto alle ammine primarie e secondarie ($100\text{-}130^\circ\text{C}$)

Trattamenti Preliminari del Gas Naturale



Schema dei processi di trattamento cui è sottoposto un gas naturale a seconda delle sue caratteristiche

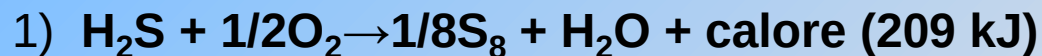
Controlli Addolcimento del Gas Naturale

Affinché il processo di Addolcimento del Gas Naturale possa essere controllato e condotto nei migliori dei modi, la soluzione di **MDEA Rigenerata** e quella ricca in H_2S detta **MDEA Esausta** viene analizzata in laboratorio eseguendo diverse
Analisi quali:

- **H_2S e Solfuri**
- **Densità** (ASTM D1429-08)
- **pH** (ASTM E70-07)
- **Solidi sospesi totali**
- **Anidride Carbonica (CO_2)**

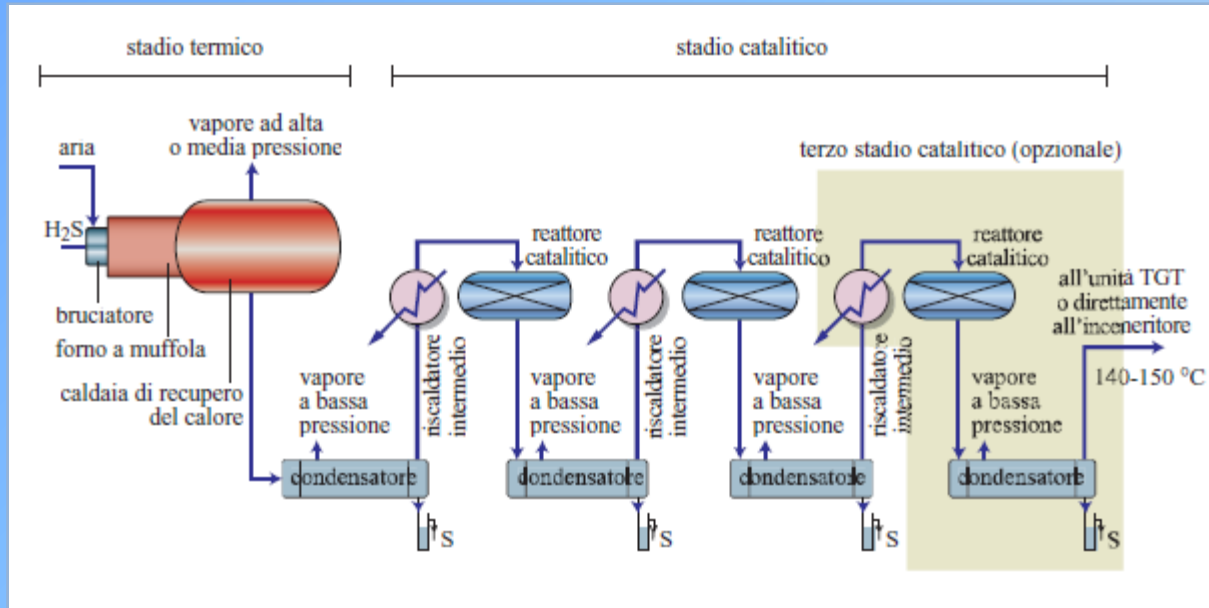
Recupero del Acido Solfidrico (H_2S)

- Il **Processo Claus** è il processo più comune che permette di trasformare Acido Solfidrico (H_2S), in Zolfo (S) elementare.
- Lo scopo del processo Claus è il recupero dello zolfo elementare (S_x , con x compreso tra 2 e 8 a seconda della temperatura) dalle correnti di gas contenente solfuro di idrogeno (H_2S), prodotte dallo stripping dei solventi di addolcimento dei gas.
- Il processo Claus produce zolfo elementare attraverso l'ossidazione parziale di H_2S :



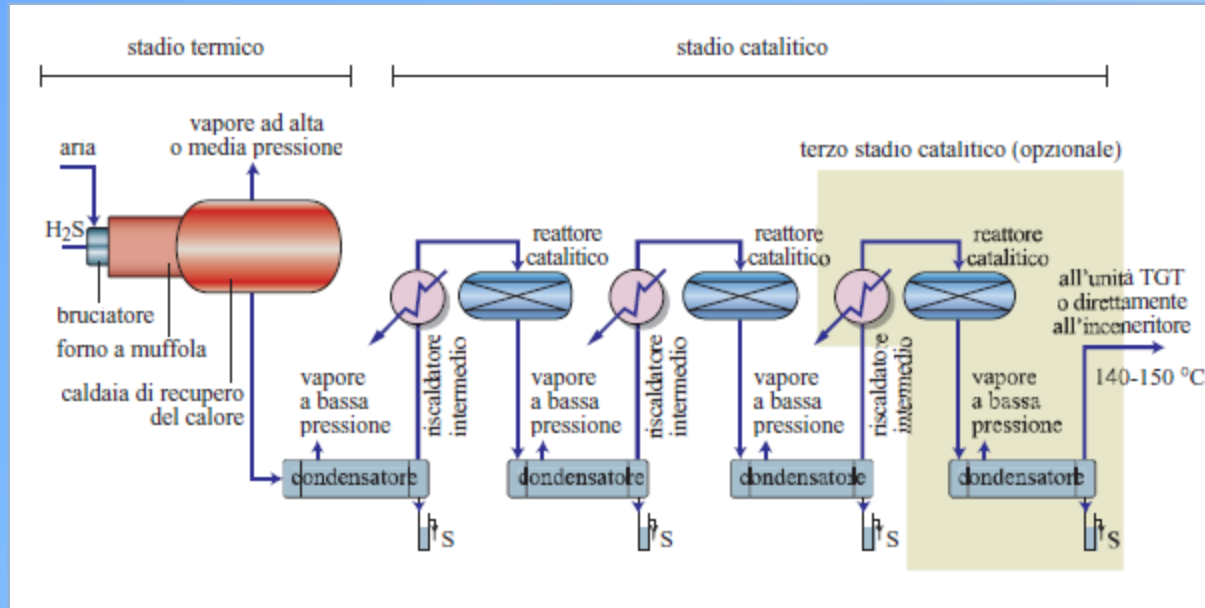
- I gas in uscita dall'impianto Claus sono inviati a un inceneritore o a un'unità di trattamento del gas di coda, a seconda delle norme sul controllo dell'inquinamento atmosferico in vigore nel paese in cui sorge l'impianto. Il gas effluente finale, che non ha valore commerciale, è incenerito in un bruciatore termico o catalitico per convertire tutti i composti solforati in biossido di zolfo (SO_2).
- Lo zolfo elementare prodotto è di ottima qualità ed è impiegato come materia prima nell'industria chimica.

Recupero del Acido Solfidrico (H_2S)

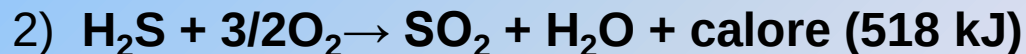


- Nel processo Claus originario, la reazione
$$1) \quad H_2S + 1/2O_2 \rightarrow 1/8S_8 + H_2O + \text{calore (209 kJ)}$$
era portata a termine in un unico passaggio su un catalizzatore ed era molto difficile ottenere alte percentuali di recupero dello zolfo.
- Nel 1940 fu introdotta nel processo Claus una modifica molto importante, che consentiva di recuperare energia, aumentava la capacità del processo ed eliminava il problema di mantenere, nel reattore catalitico, una temperatura sufficientemente bassa da permettere un'elevata percentuale di recupero dello zolfo.

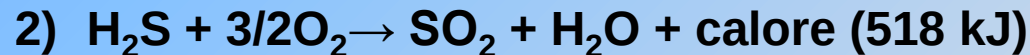
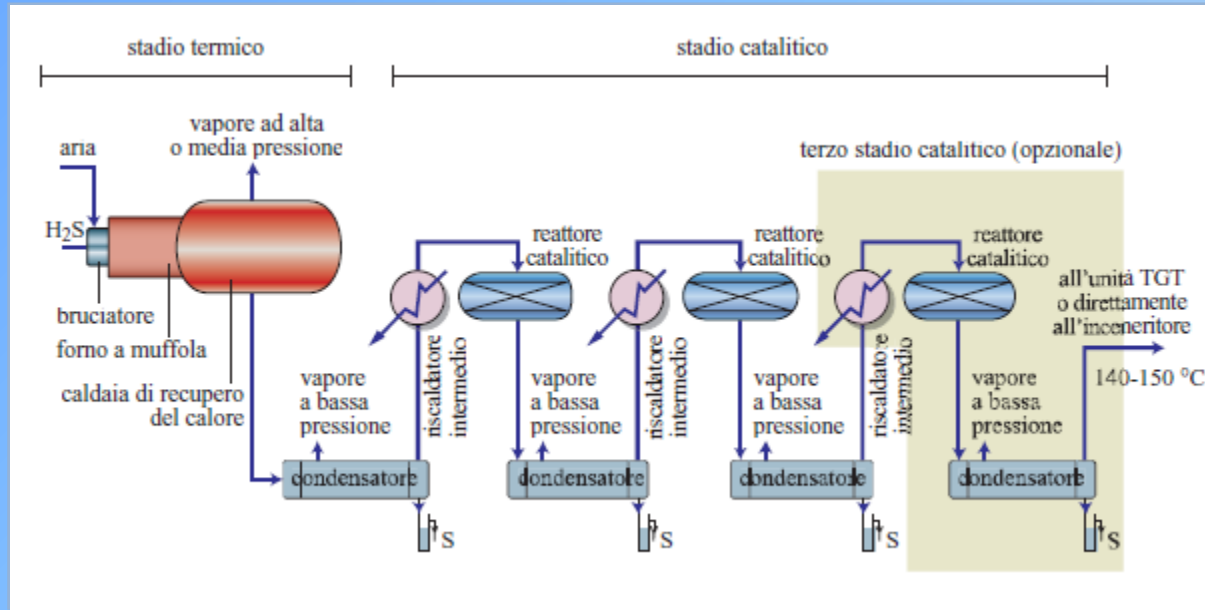
Recupero del Acido Solfidrico (H_2S)



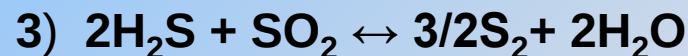
- In questo processo Claus modificato, la reazione
$$1) \quad H_2S + 1/2O_2 \rightarrow 1/8S_8 + H_2O + \text{calore (209 kJ)}$$
avviene in due stadi.
Nel primo stadio (o zona termica), un terzo di H_2S è ossidato a SO_2 con aria o aria arricchita con ossigeno, ad alta temperatura (in genere 925-1.200 °C):



Recupero del Acido Solfidrico (H_2S)

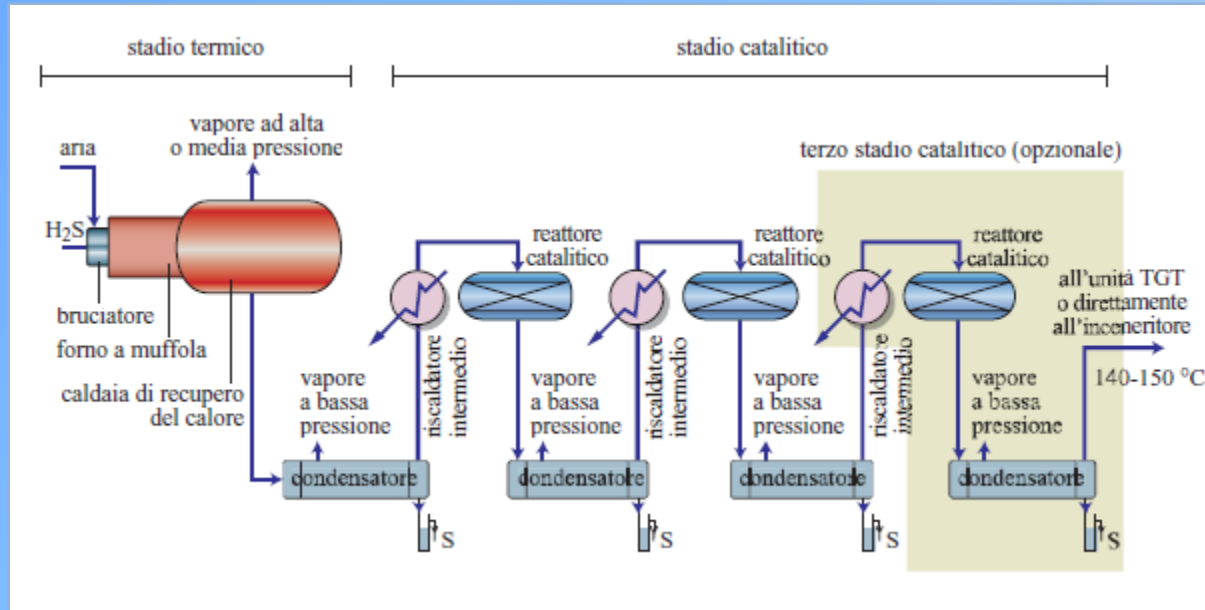


- Questa reazione è fortemente esotermica e non ha limitazioni termodinamiche. L' H_2S incombusto nel gas acido reagisce con SO_2 (ottenuto con la reazione 2), per realizzare il rapporto stechiometrico H_2O/SO_2 di 2:1), formando vapori di zolfo elementare:



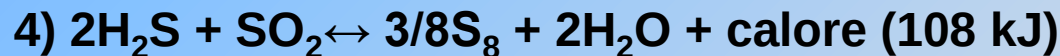
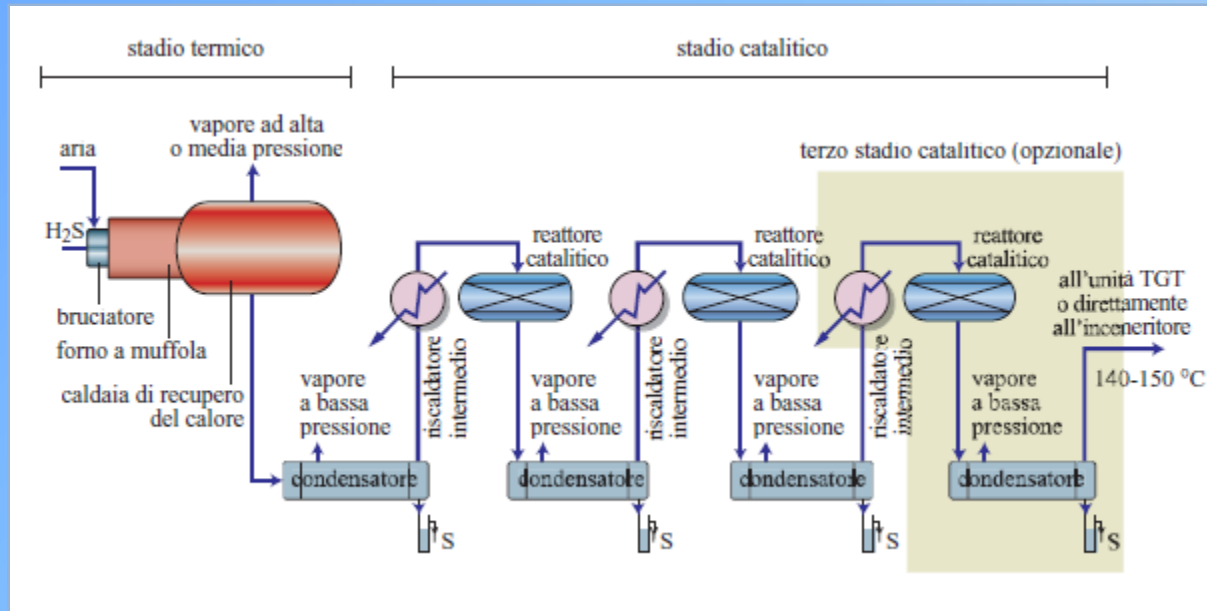
- Questa reazione è endotermica e ha limitazioni termodinamiche. Circa il 60-70% della conversione di H_2S in zolfo elementare avviene nello stadio termico.

Recupero del Acido Solfidrico (H_2S)



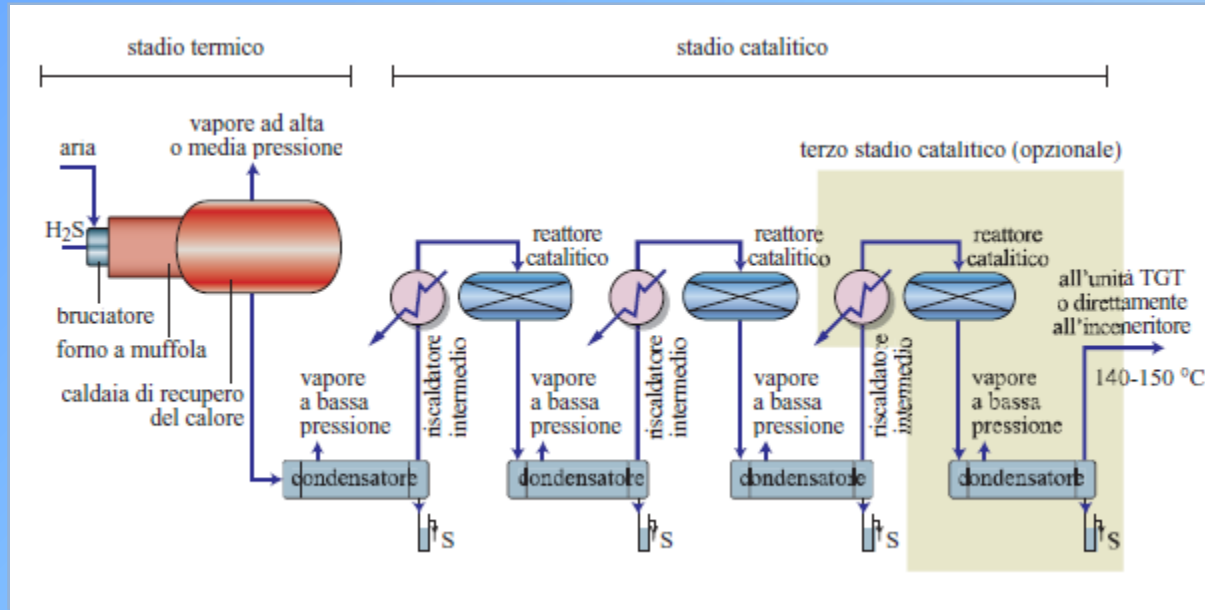
- La zona termica ha anche l'importante funzione di distruggere eventuali impurezze presenti nella corrente di alimentazione del gas acido, quali ammoniaca (NH_3), idrocarburi, ecc. Durante lo stadio termico possono verificarsi reazioni collaterali in presenza di CO_2 o di idrocarburi, che danno luogo alla formazione di COS e CS_2 .
- Nel secondo stadio (o zona catalitica), il processo di conversione di H_2S a zolfo elementare prosegue in una serie di reattori catalitici (da 1 a 3) mediante la reazione del SO_2 generato e del H_2S non convertito su letti fissi di catalizzatore Claus a temperature molto più basse (190-360 °C):

Recupero del Acido Solfidrico (H_2S)



- La reazione 4) è nota come **Reazione di Claus**. L'impiego di catalizzatori appropriati (tipici catalizzatori del processo Claus sono la bauxite e il vanadio) e il controllo della temperatura consente di ottimizzare la resa della reazione di Claus nonché di eliminare COS e CS_2 prodotti nello stadio termico.
- Una caldaia di recupero del calore (WHB, Waste Heat Boiler) raffredda i gas, portandoli dall'alta temperatura del forno a quella, molto meno elevata, del reattore (convertitore) catalitico, con produzione di vapore ad alta pressione.

Recupero del Acido Solfidrico (H_2S)



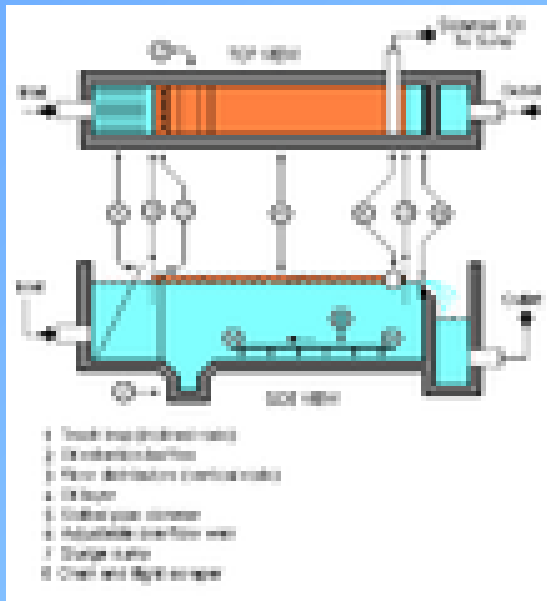
- Per condensare e separare lo zolfo elementare, si utilizzano appositi condensatori posti dopo la zona termica e dopo ciascun reattore catalitico.
- Il calore rilasciato dalla reazione di Claus è recuperato come vapore a bassa pressione in ogni condensatore.
- La percentuale di recupero dello zolfo può essere aumentata attraverso la rimozione del prodotto, l'abbassamento della temperatura del convertitore catalitico e l'uso di un numero maggiore di convertitori. Nella tabella seguente sono riportate le tipiche percentuali di recupero dello zolfo del processo Claus modificato a seconda del numero di reattori catalitici installati.

Recupero del Acido Solfidrico (H_2S)

NUMERO DI REATTORI CATALITICI	RECUPERO TOTALE DELLO ZOLFO IN UN IMPIANTO CLAUS MODIFICATO (%)
1	75-90
2	94-96
3	95-98

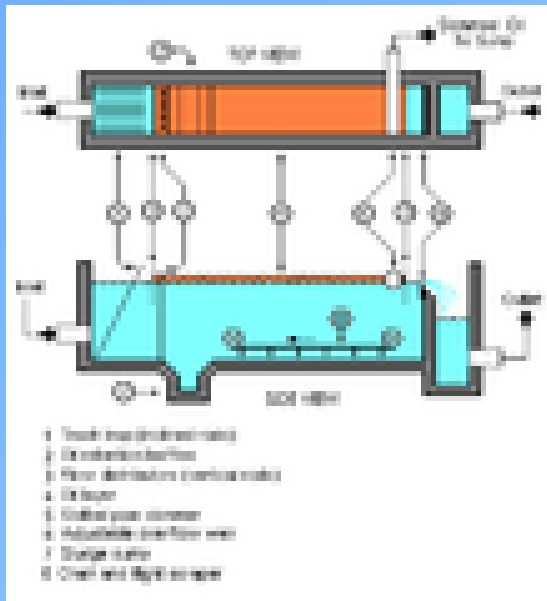
- Gli impianti di recupero dello zolfo utilizzano attualmente il processo Claus modificato, anche se si ricorre ancora al processo Claus originario per trattare gas a concentrazioni di H_2S molto basse (in questo caso si parla però di *processo di ossidazione diretta*).
- Sono disponibili diverse configurazioni per il processo Claus modificato; la scelta tra le varie configurazioni dipende principalmente dalla concentrazione di H_2S nel gas di alimentazione dell'unità.

Trattamento e Reiniezione dell'Acqua di Dissalaggio



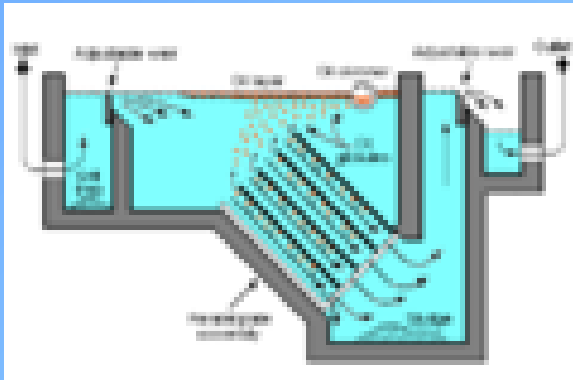
- L'acqua oleosa proveniente dal processo di dissalaggio prima di essere smaltita o reiniettata nei pozzi viene inviata all'impianto di trattamento apposito per la disoleazione.
- Per la disoleazione degli effluenti si può utilizzare un separatore acqua-olio del tipo "[API](#)".

Trattamento e Reiniezione dell'Acqua di Dissalaggio



- I separatori acqua-olio API sono dei *separatori per gravità*, cioè il loro funzionamento è basato sulla differenza di densità tra i residui idrocarburici, l'acqua e le impurezze solide. I solidi vengono quindi prelevati dal fondo della vasca, mentre l'acqua e il greggio vengono prelevati sfruttando il fatto che il greggio è più leggero dell'acqua.
- A valle del separatore acqua-olio API si può predisporre un impianto di [flottazione](#) e/o trattamento biologico per abbattere ulteriormente la [concentrazione](#) di inquinanti nell'acqua.

Trattamento e Reiniezione dell'Acqua di Dissalaggio



- Oltre ai separatori acqua-olio API esistono altre tipologie costruttive di disoleatori, quali ad esempio i **Separatori a Piatti Paralleli**.

Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

Ad avvenuta rimozione delle impurità (ossia ad eseguito trattamento preliminare):

- il ***Petrolio Grezzo Trattato*** comunemente detto **Stabilizzato**
- il ***Gas Naturale Trattato*** comunemente detto **Gas Dolce**

devono essere **Inviati** o **Trasportati**

- fino alle Raffinerie nel caso del Petrolio;
- in Rete per il relativo consumo nel caso del Gas.

Il trasporto è una voce molto importante nella valutazione dell'economicità di un progetto di sviluppo di un giacimento petrolifero e possiamo dire che esso è parte integrante del progetto stesso. Infatti, per poter affermare di aver scoperto un giacimento è necessario dimostrare che esso è economicamente sfruttabile ed il costo del trasporto del fluido dal giacimento ai luoghi d'utilizzo e di commercializzazione molto spesso incide fortemente sull'economicità del progetto, specialmente se il giacimento si trova in zone remote.

Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

Tradizionalmente quando si parla di trasporto di Petrolio o Gas, ci si riferisce a:

- quello effettuato in **Condotte (Oleodotti o Gasdotti)** dette **Pipeline**



Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete



Anche se bisogna tuttavia fare una netta distinzione fra **Condotte a Terra** e **Condotte Sottomarine** e fra fluidi trasportati (**Gas** o **Greggio**), in quanto sia i due ambienti sia i due fluidi presentano problematiche di trasporto diverse.

Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

oppure:

- quello effettuato **Via Mare** con **Petroliere** e **Metaniere**



Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

Trasporto del Petrolio in Condotta

- Il trasporto in condotta, utilizzato a partire dal 19° secolo e affermatosi dalla metà del 20° secolo, ha sviluppato tecniche e tecnologie di costruzione, di posa e di gestione di alto livello e nello stesso tempo ha generato elevati livelli di sicurezza.
- Generalmente il trasporto in condotta presenta costi d'investimento piuttosto alti, bilanciati però da costi operativi relativamente bassi.
- Il trasporto del greggio in condotta viene effettuato prevalentemente su **Percorsi a terra** e serve a collegare aree di intensa utilizzazione o terminali petroliferi di caricamento delle petroliere con zone continentali di produzione remote.
- Il trasporto in condotta di greggio in **Ambiente sottomarino** è di solito limitato a pochi casi e comunque per distanze moderate e su fondali relativamente piatti, in quanto le condotte richiedono l'installazione di stazioni di pompaggio intermedie.

Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

Trasporto del Gas in Condotta

- Il trasporto del gas in condotta è stato fino a poco tempo fa l'unico mezzo per veicolare ingenti quantità di gas (anche attraverso gasdotti sottomarini di grande lunghezza come quelli, per esempio, tra il Nord Africa e la Sicilia), presentando quello con navi cisterna problematiche e costi eccessivi. Questo fatto aveva infatti limitato, fino a poco tempo fa, lo sviluppo anche di grossi giacimenti di gas dislocati in zone troppo lontane dai luoghi di utilizzo (per esempio il North Field in Qatar, il più grosso del mondo, che scoperto negli anni sessanta dello scorso secolo è rimasto inutilizzato per oltre trenta anni).
- Cresciuto il mercato del gas e migliorate le tecniche di trasformazione e trasporto, anche la veicolazione del gas con navi cisterna sta diventando una valida alternativa al trasporto in condotta, presentando grossi vantaggi soprattutto di carattere strategico, potendo un paese importatore differenziare le importazioni da più aree.

Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

Tecniche di costruzione e posa delle condotte a terra

- Prevedono lo scavo di una trincea lungo un percorso predefinito (profonde generalmente un paio di metri), la saldatura con sistemi automatici o semiautomatici di tubi lunghi mediamente 12 metri uno dopo l'altro sul bordo della trincea e la posa successiva sul fondo di stringhe lunghe alcune centinaia di metri tramite macchine di sollevamento-posa adeguate, aventi bracci laterali e contrappesi, che operano in modo coordinato per evitare curvature eccessive (tali stringhe vengono poi collegate l'una all'altra con saldature a mano eseguite direttamente in trincea).



Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

Tecniche di costruzione e posa delle condotte a terra

- Lungo il tracciato della condotta (quando questa è piuttosto lunga) devono essere previste stazioni di pompaggio intermedie per il greggio o di compressione (meno frequenti) per il gas, per sopperire alle perdite di pressione che avvengono lungo il percorso, dovute soprattutto all'attrito del fluido trasportato con le pareti dei tubi.
- Particolarmente importanti sono gli studi da eseguire durante la progettazione delle condotte per stabilire il diametro (che può superare il metro), lo spessore dei tubi (da 12 mm a 20 mm per le condotte a terra, da 15 mm a 35 mm per le condotte sottomarine) e il materiale (acciai speciali) da usare, in funzione della quantità e del tipo di fluido da trasportare, della pressione di esercizio e delle sollecitazioni previste.
- Particolare cura è richiesta soprattutto nella scelta e nella progettazione del tracciato, onde evitare zone franose, zone di faglia e pendii pericolosi e, se non evitabili, prevedere opere adeguate per impedire danneggiamenti della condotta.

Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

Tecniche di costruzione e posa delle condotte a terra

- Interessanti le tecniche usate per gli attraversamenti di strade, autostrade, ferrovie e corsi d'acqua, che di solito prevedono la costruzione di micro tunnel e la contemporanea installazione della condotta usando macchine speciali.
- Le condotte sono composte da tubi in acciaio e prevedono, soprattutto contro la corrosione, una protezione esterna cosiddetta passiva, costituita da una guaina in asfalto, polietilene, ecc. ed una protezione attiva, costituita da anodi sacrificali in zinco o alluminio. Inoltre, esse prevedono un rivestimento interno in resine epossidiche per ridurre l'attrito tra il fluido trasportato e la parete di acciaio e un ulteriore rivestimento in cemento armato per fornire il peso necessario alla sua stabilità nel letto di posa e una protezione meccanica contro interferenze esterne.

Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

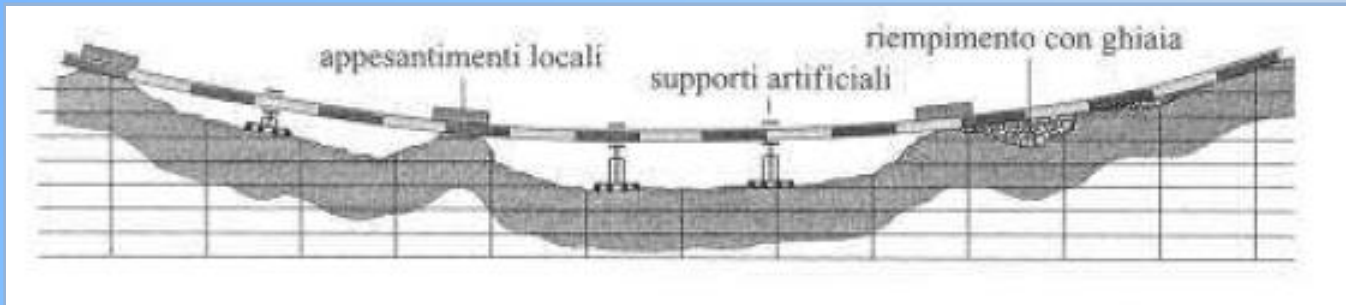
Tecniche di costruzione e posa delle condotte sottomarine

- Le condotte sottomarine vengono invece di solito adagiate sul fondo e non interrate. Esse vengono interrate solo nelle zone di raccordo con la costa o per brevi tratti sul fondale, dove ci sono particolari problemi.
- Non potendosi avvalere di visioni dirette, di carte topografiche di dettaglio e di foto aeree come sulla terraferma, la fase conoscitiva dei fondali si affida soprattutto a sistemi strumentali e tecnologie sofisticate.
- La caratterizzazione morfologica, geotecnica e fisica del fondale viene di solito derivata da indagini geofisiche e da prove penetrometriche e per i dettagli si affida a minisommersibili e foto del fondale.

Invio o Trasporto **del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete**

Tecniche di costruzione e posa delle condotte sottomarine

- Uno dei principali problemi delle condotte sottomarine riguarda (per fondali particolarmente irregolari) i tratti che rimangono sospesi fra due zone di cresta, che devono essere completate con opere di sostegno.



- La parte più interessante dal punto di vista tecnologico delle condotte sottomarine riguarda la fase di posa, che richiede l'uso di mezzi specifici, le navi posatubi, di notevoli dimensioni e costi, che sono delle vere e proprie officine di lavoro galleggianti, dove trovano alloggio anche centinaia di persone che lavorano a ciclo continuo su 24 ore per preparare e saldare i tubi e calarli via via in mare.

Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

Tecniche di costruzione e posa delle condotte sottomarine

- La tecnica più comunemente usata per la **posa** in mare è quella cosiddetta a “**S**”, così chiamata per la forma tipica che la condotta assume lungo la campata di varo. Man mano che la condotta scorre verso il fondale viene sostenuta tramite tensiometri e clampe scorrevoli applicati longitudinalmente alla condotta.
- Per la posa in acque molto profonde, che richiederebbe l'applicazione di forze longitudinali sempre più crescenti, creando perciò problemi al sistema di ancoraggio e posizionamento della nave, viene usato il metodo di **posa** cosiddetto a “**J**”, caratterizzato da una rampa di varo pressoché verticale. Tale metodo è stato usato tra il 2000 e il 2002 nella installazione di due condotte sottomarine da 24 pollici ciascuna (61 cm) di diametro nel Mar Nero a profondità di oltre 2.000 metri, per una lunghezza di circa 350 km.

Invio o Trasporto **del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete**

Tecniche di costruzione e posa delle condotte sottomarine

- Per le condotte di modesto diametro fino a 14 - 16 pollici (35,6 - 40,6 cm) i tubi possono essere saldati insieme a terra e avvolti su un tamburo. Durante la posa, effettuata con navi posatubi appositamente attrezzate per questa funzione, la tubazione viene svolta dal tamburo, raddrizzata e calata in mare.
- Le condotte, sia in terra che in mare, vengono collaudate riempiendole di acqua e pressurizzandole al di sopra del valore di pressione di esercizio, svuotandole poi e asciugandole con aria compressa, azoto o tramite vuoto pneumatico. Le pressioni usate per il trasporto vanno dai 75 ai 100 bar per le condotte a terra, mentre per quelle in mare oscillano tra 200 e 300 bar.
- Durante tutta la vita le condotte devono essere continuamente ispezionate, sia esternamente (in mare tramite robot) sia internamente introducendo nella condotta, attraverso stazioni di lancio e ricezione, speciali attrezzature chiamate **pig** spinte dal fluido stesso che viene trasportato. Vengono utilizzati pig calibratori per ottenere dettagli sulla parete interna, pig magnetici e a ultrasuoni per verificare il grado di corrosione, pig per rilevare eventuali fessure e pig per identificare falle o crepe.

Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

Trasporto del Petrolio via nave

- Il trasporto di greggio via nave prende avvio a partire dai terminali di caricamento posti nei pressi della costa (talvolta off shore), dove il greggio proveniente dai giacimenti in produzione, dopo aver subito i relativi trattamenti, viene stoccato in serbatoi cilindrici in acciaio, aventi la capacità di contenere una quantità di greggio pari a circa 10 giorni di produzione (per sopperire a eventuali disguidi nel trasporto cisterniero ed evitare interruzioni della produzione).
- Fondamentalmente la tecnica costruttiva delle petroliere è rimasta pressoché immutata negli anni per quanto riguarda l'allocazione delle cisterne. Esse sono parte integrante della nave e sono allocate nella stiva; sono suddivise da compartimentazioni longitudinali e trasversali, hanno intercapedini per lo zavorramento e paratie stagne.
- Quello che sta cambiando nella tecnica costruttiva ed in parte è già avvenuto, sono gli accorgimenti adottati per quanto riguarda la sicurezza e la tutela dell'ambiente, imposti da accordi internazionali ed europei (per il Mediterraneo).

Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

Trasporto del Petrolio via nave

- Le navi moderne devono infatti essere provviste di intercapedini o cisterne adibite allo zavorramento (con acqua), in modo che la zavorra non vada a contatto con le cisterne del carico, devono avere il doppio scafo (che in caso di incidenti rappresenta una garanzia) e devono avere attrezzature adatte per il lavaggio delle cisterne (eseguito durante il viaggio di ritorno) e lo smaltimento dei reflui.
- Anche i terminali di carico/scarico devono avere attrezzature adeguate per garantire la sicurezza e la tutela dell'ambiente, che tuttavia non ancora tutti i paesi hanno adottato.
- Nella fase di carico il sistema di pompaggio si trova a terra presso il terminale, mentre in quella di scarico è la nave stessa che provvede, attraverso il suo sistema di pompaggio a bordo, allo scarico del greggio nei serbatoi di stoccaggio allocati nei pressi del terminale.
- Il sistema di pompaggio a bordo è dimensionato in modo da poter eseguire lo scarico in una ventina di ore (solitamente il 5 % all'ora del carico).

Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

Trasporto del Petrolio via nave

- Le petroliere sono munite di un sistema di riscaldamento a serpentina posto nella parte bassa delle cisterne, nelle quali viene fatto circolare vapore, che serve a riscaldare il greggio prima dello scarico.
- Tale riscaldamento (fino a circa 50° C), che solitamente viene attivato prima di arrivare al terminale, produce una riduzione di viscosità del greggio facilitando le operazioni di pompaggio.
- Durante il viaggio di ritorno verso i terminali di carico, per ottenere una maggiore stabilità le petroliere vengono zavorrate pompando acqua di mare nelle apposite intercapedini adibite a tale uso; la zavorra viene eliminata prima di eseguire il caricamento.

Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

Trasporto del Petrolio via nave

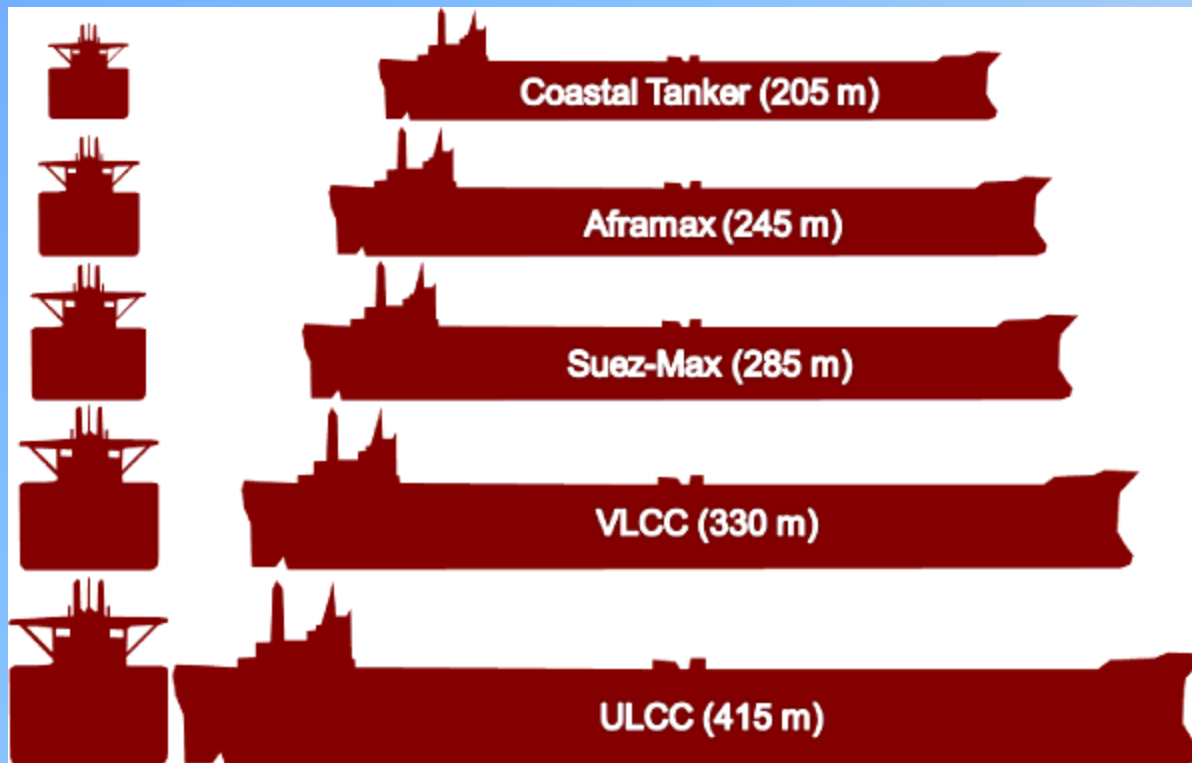
Esistono **5 tipologie** di **Petroliere**, suddivise in base alle dimensioni e alla capacità di trasporto:

- **Panamax** (capacità da 55.000 a 70.000 tpl)
adatte per l'attraversamento del Canale di Panama;
- **Aframax** (capacità da 75.000 a 120.000 tpl)
adatte per il trasporto a breve e medio raggio;
- **Suezmax** (capacità da 120.000 a 200.000 tpl)
adatte per il trasporto attraverso il Canale di Suez;
- **VLCC (Very Large Crude Carrier)**
(capacità da 200.000 a 320.000 tpl),
adatte per lunghe distanze e per il trasporto di grandi volumi di greggio;
- **ULCC (Ultra Large Crude Carrier)**
(capacità da oltre 320.000 tpl)
che però possono accedere solo a pochi porti e sono poco flessibili.

Nota: tpl = tonnellate di petrolio lorde

Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

Trasporto del Petrolio via nave



La flotta petrolifera mondiale (se si escludono le navi di piccola stazza, cioè inferiore a 10.000 tpi) è di circa 3.500 unità, con una capacità complessiva di trasporto di poco inferiore ai 300 milioni di tpi.

Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

Trasporto del Petrolio via nave

Per la sicurezza dei mari norme internazionali hanno stabilito un piano di dismissione di tutte le navi vecchie e la graduale sostituzione con nuove navi provviste di doppio scafo e munite di tutte le attrezzature necessarie per la tutela dell'ambiente. Per quanto riguarda l'Europa ed in particolare il Mediterraneo, dove oggi transitano giornalmente oltre 8 milioni di barili di greggio (con una previsione a 10 milioni nel prossimo decennio) sono state decise restrizioni ancora più rigide, che impediscono il transito di navi costruite prima del 1982 che abbiano raggiunto un'età di 23 anni (anziché 28 come precedentemente previsto) e la messa in mora entro il 2010 delle altre grandi navi (oltre 250.000 tpl) sprovviste di doppio scafo.

Trasporto del Gas via nave

Le crescenti richieste di gas e le previsioni di un suo utilizzo sempre più massiccio, anche perché costituisce una fonte di energia abbastanza pulita, hanno spinto le compagnie petrolifere e di trasporto a migliorare le tecniche e le tecnologie di trasporto via nave di questo prodotto in modo da poter competere, anche dal punto di vista economico, con il trasporto in condotta.

Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

Trasporto del Gas via nave

Le tecniche finora utilizzate sono state quelle del:

- Trasporto del Gas Compresso
(**CNG**, *Compressed Natural Gas*)

- Trasporto del Gas Liquefatto
(**LNG**, *Liquefied Natural Gas* o in italiano **GNL**, *Gas Naturale Liquefatto*)

Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

Trasporto del Gas via nave

- **Trasporto del Gas Compresso**
(**CNG**, *Compressed Natural Gas*)

La tecnica di trasporto CNG è la più antica e presenta costi relativamente più bassi rispetto alla GNL; permette però di trasportare minori quantità di gas, su distanze inferiori e soprattutto risulta più pericolosa, dovendo il gas essere trasportato in navi cisterna a pressioni comprese tra 200 e 250 bar (tecniche più moderne permettono comunque di abbassare tale valore di pressione raffreddando il gas fino a -30°C).

Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

Trasporto del Gas via nave

- Trasporto del **Gas Liquefatto**
(**LNG**, *Liquefied Natural Gas* o in italiano **GNL**, *Gas Naturale Liquefatto*)

La tecnica di trasporto GNL è senz'altro oggi quella maggiormente utilizzata, in quanto permette di trasportare ingenti quantità di gas (avendo un fattore di riduzione di 610 volte, rispetto alle 200-250 volte del CNG). Essa consiste nel liquefare il gas con sistemi di refrigerazione multipli o in cascata a -162°C e nel trasportarlo a tale temperatura e a pressione atmosferica con navi cisterna adeguate, aventi serbatoi ben coibentati



Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

Trasporto del Gas via nave

- **Trasporto del Gas Liquefatto**
(**LNG**, *Liquefied Natural Gas* o in italiano **GNL**, *Gas Naturale Liquefatto*)

Durante il trasporto tuttavia è inevitabile che a causa dello scambio termico tra l'interno e l'esterno dei serbatoi si verifichi una vaporizzazione del GNL liberando gas. Tale vaporizzazione risulta comunque contenuta in 0,1 – 0,2 % del carico e il gas vaporizzato può essere utilizzato per i servizi di bordo e per la propulsione della nave se questa impiega turbine a vapore. Se invece la nave impiega motori diesel il gas vaporizzato (al netto dell'utilizzo per i servizi di bordo) viene ri-liquefatto sulla nave.

A parte i costi del trasporto, i costi che incidono maggiormente sulla tecnica GNL sono quelli relativi agli impianti per la liquefazione e quelli per lo stoccaggio e la riconversione in gas. I rigassificatori sono costituiti semplicemente da sistemi di riscaldamento del GNL ad acqua o ad aria.

Invio o Trasporto del Petrolio – Gas Naturale in Raffineria o in Rete

Trasporto Alternativo del Gas

Un sistema allo studio per il trasporto del gas, in alternativa al CNG e al GNL, è:

- **GTS** (**Gas To Solid**), cioè la trasformazione del gas in idrati di metano (solidi), il trasporto di questi come tali e la successiva riconversione in gas nelle aree di ricevimento.
- **GTL** (**Gas To Liquid**), trasformazione del gas in un'altra forma di energia, trasportando e utilizzando poi questa come tale cioè alla trasformazione del gas in combustibili di sintesi come il cherosene, la nafta e il gasolio o in prodotti chimici come il metanolo e il dimetiletere.
- **GTW** (**Gas To Wire**) alla trasformazione cioè del gas in energia elettrica e al relativo trasporto di questa via cavo.

Sia per quanto riguarda il GTL che il GTW si tratta in genere di quantitativi di gas limitati e dispersi (generalmente in forma di gas associato all'olio) che normalmente vengono bruciati in fiaccola e il cui utilizzo attraverso un'altra forma di trasporto sarebbe difficoltosa e non economica

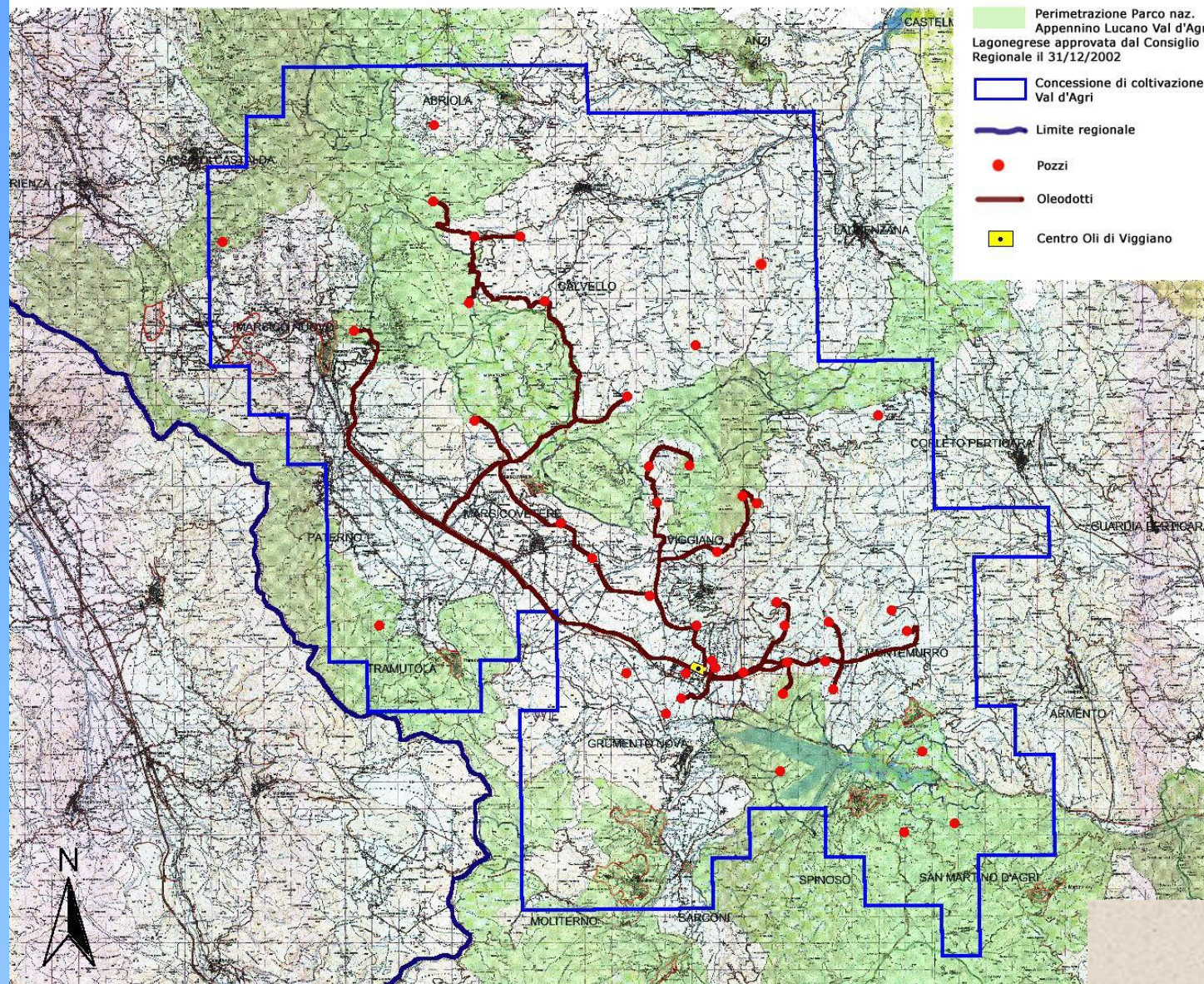
Centro Olii di Viggiano – Eni S.p.A.



Centro Olii di Viggiano – Eni S.p.A.

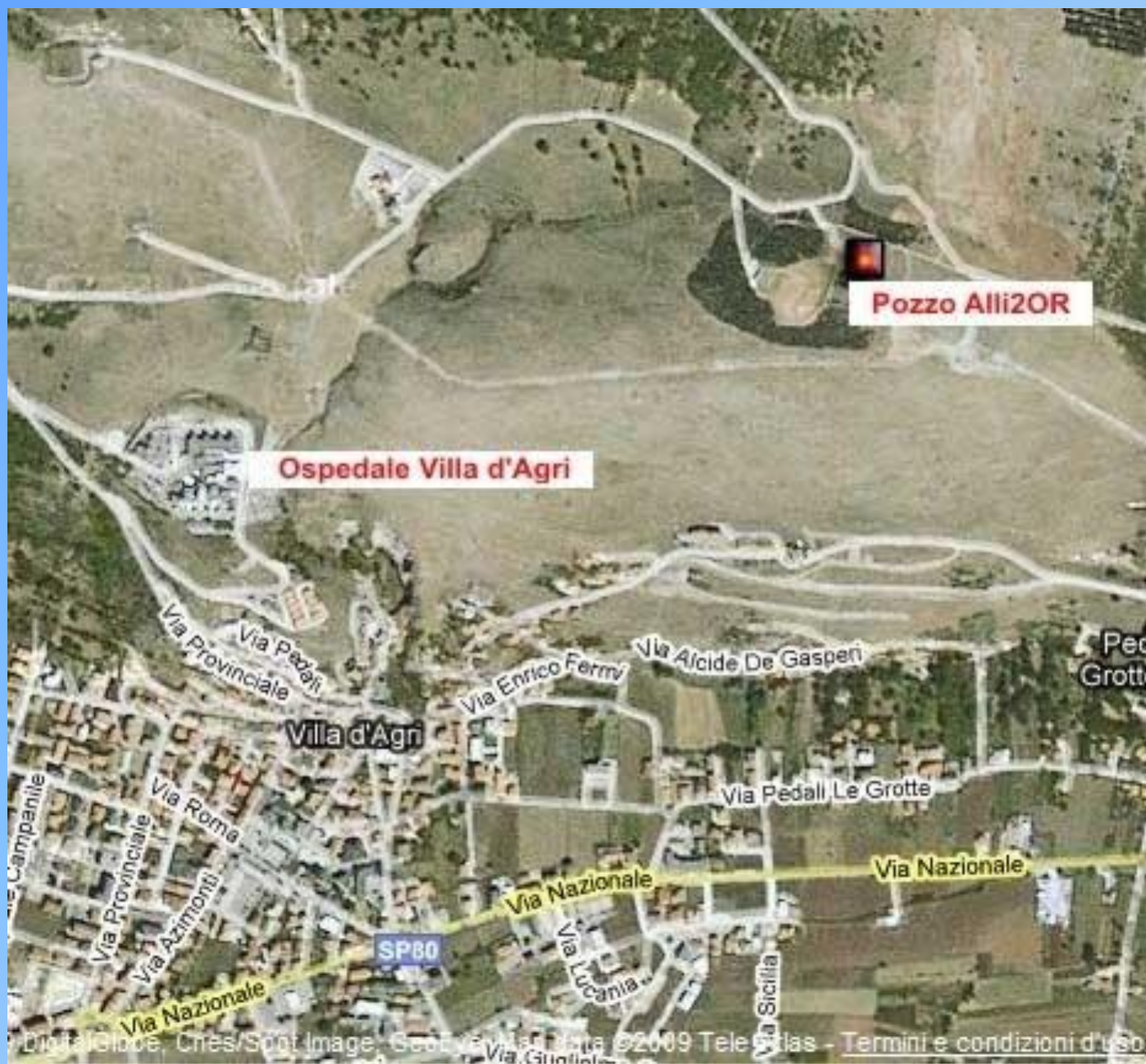


CARTA DEI GIACIMENTI PETROLIFERI NEL PARCO NAZIONALE APPENNINO LUCANO VAL D'AGRI LAGONEGRESE (fonte: ENI e Regione Basilicata)



POTENZIAMENTO SVILUPPO VAL D'AG







TOTAL E & P Italia S.p.A. in Basilicata



TOTAL E&P Italia S.p.A. dispone di 6 permessi di ricerca e/o concessioni nella regione dell'Appennino meridionale, dove ha attualmente concentrato la sua attività.

In Basilicata TOTAL E&P Italia, con il 75% di partecipazione, è operatore della **Concessione Gorgoglione (MT)** dove nel 1989 è stato individuato il **Giacimento di Tempa Rossa**. Una volta avviata, la produzione di Tempa Rossa rappresenterà circa il 25% della produzione di petrolio in Italia.

Progetto Tempa Rossa – TOTAL E & P Italia S.p.A.



Tempa Rossa è un giacimento petrolifero situato nell'alta valle del Sauro, nel cuore della regione Basilicata, nel sud Italia. Il progetto si estende principalmente sul territorio del Comune di Corleto Perticara (PZ), a 4 km dal quale verrà costruito il futuro centro di trattamento. I 5 pozzi già perforati si trovano anch'essi sul territorio del Comune di Corleto Perticara, mentre il sesto pozzo, di cui i lavori di perforazione sono in corso, si trova nel Comune di Gorgoglione. Altri due pozzi saranno perforati a partire dal 2012 nell'area di Corleto Perticara. L'area dove verrà realizzato il centro di stoccaggio GPL si trova invece nel Comune di Guardia Perticara.

Progetto Tempa Rossa – TOTAL E & P Italia S.p.A.



A regime l'impianto - tra i più evoluti nel settore petrolifero - avrà una capacità produttiva giornaliera di circa:

- 50.000 barili di **Petrolio**;
- 250.000 m³ di **Gas Naturale**;
- 267 tonnellate di **GPL**
- 60 tonnellate di **Zolfo**.

Progetto di Sviluppo Tempa Rossa – TOTAL E & P Italia S.p.A.

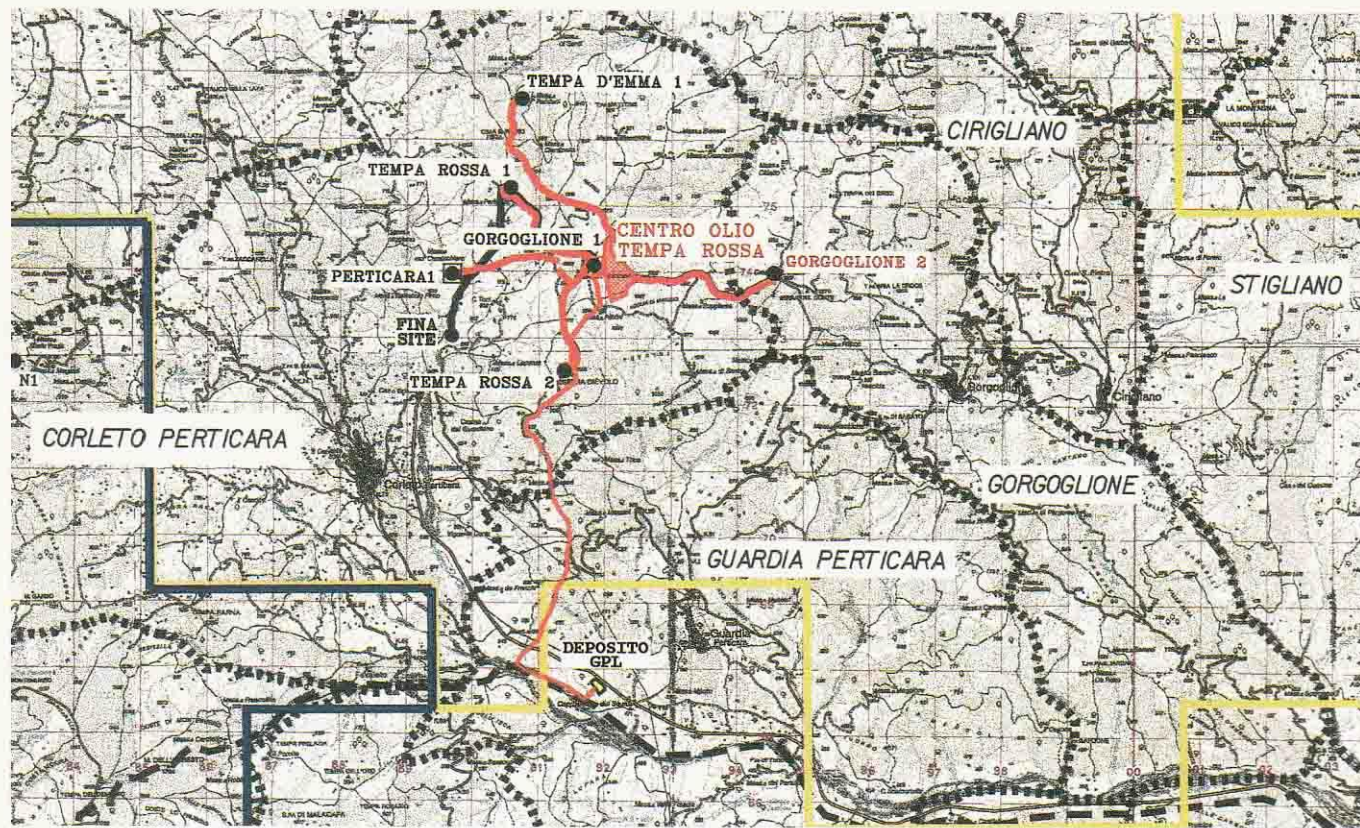


Figura 1: Mappa ubicazione impianti

- **Messa in produzione di 8 pozzi**
(5 già perforati, 1 in fase di perforazione nel 2010/2011 e 2 da perforare a partire dal 2012);
- **Costruzione di un Centro di Trattamento Olii**
dove gli idrocarburi estratti, convogliati tramite una rete di condotte interrate (pipeline), verranno trattati e separati nei diversi sottoprodotti (grezzo, gas combustibile, zolfo, GPL) e poi, a seconda del prodotto, spediti tramite canalizzazioni interrate.;

Progetto di Sviluppo Tempa Rossa – TOTAL E & P Italia S.p.A.

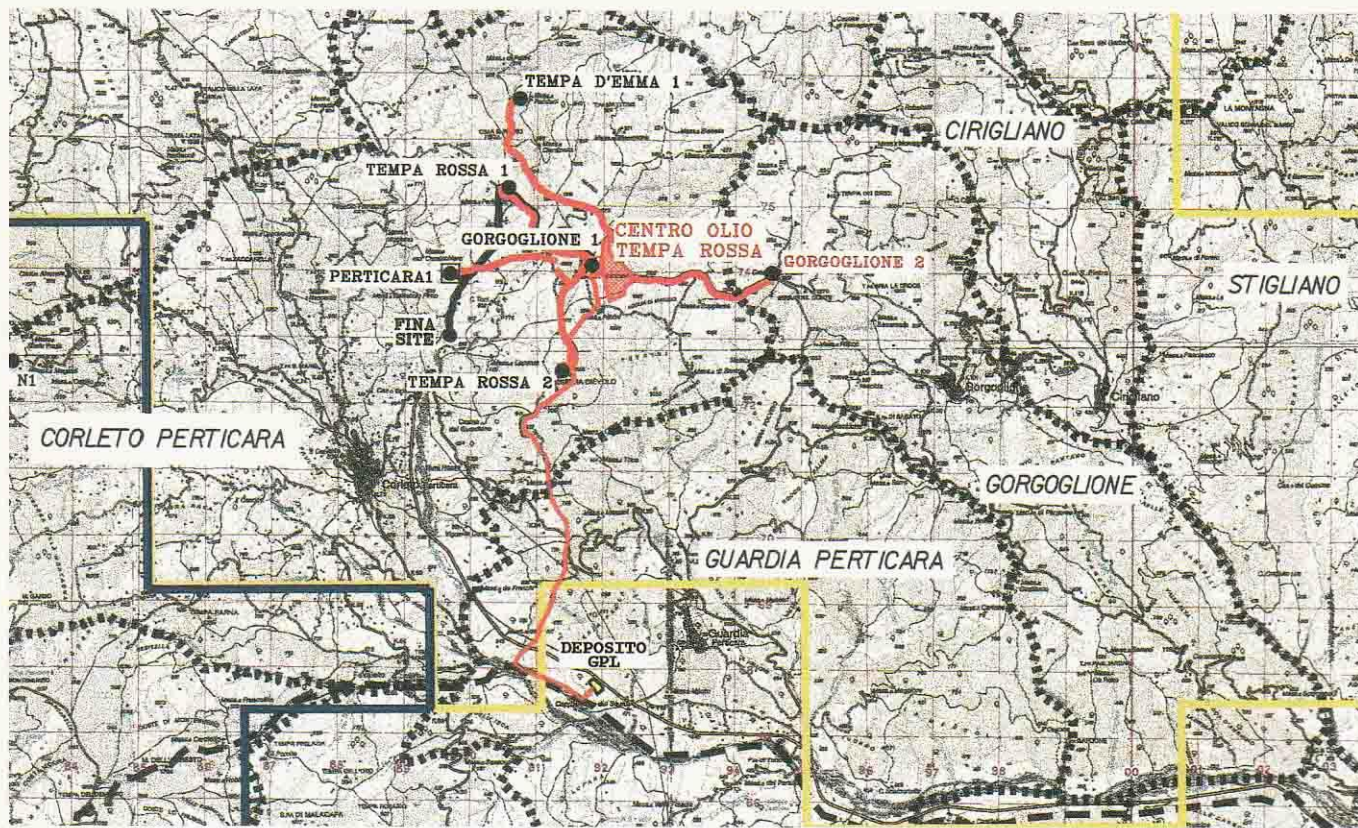


Figura 1: Mappa ubicazione impianti

- **Costruzione di un Centro di Stoccaggio GPL**

(2 serbatoi interrati della capacità totale di 3.000 m³) dotato di 4 punti di carico stradale.

- **Costruzione o modifica di Infrastrutture di Servizio**

(adeguamento di strade comunali, realizzazione dei sistemi per l'alimentazione di acqua ed elettricità per il centro di trattamento, connessione alle reti esistenti per il trasporto e la distribuzione degli idrocarburi).

Centro Olii di Corleto Perticara

Progetto Tempa Rossa – TOTAL E & P Italia S.p.A.



Il **Centro di Trattamento** sarà dotato di impianti che permetteranno di trasformare gli idrocarburi estratti dai pozzi in prodotti petroliferi rispondenti alle specifiche commerciali. Questi equipaggiamenti permetteranno anche di trasportare i prodotti nelle migliori condizioni di sicurezza. Il futuro centro di trattamento di Corleto Perticara raggrupperà su 190.000 m² gli impianti necessari alla separazione e al trattamento degli idrocarburi estratti dal sottosuolo. A queste differenti unità (capacità giornaliera: petrolio 50.000 barili, gas naturale 250.000 m³, GPL 267 tonnellate, zolfo 60 tonnellate) si aggiungono un modulo per il trattamento delle acque e i sistemi che assicurano l'alimentazione energetica del sito.

Centro Olii di Corleto Perticara

Progetto Tempa Rossa – TOTAL E & P Italia S.p.A.



L'area del Centro di Trattamento è stata scelta, tra le varie alternative di localizzazione, con l'intento di limitare l'impatto ambientale e di minimizzare la complessità tecnica. Il Centro di trattamento verrà dunque costruito in posizione baricentrica rispetto ai pozzi di estrazione.

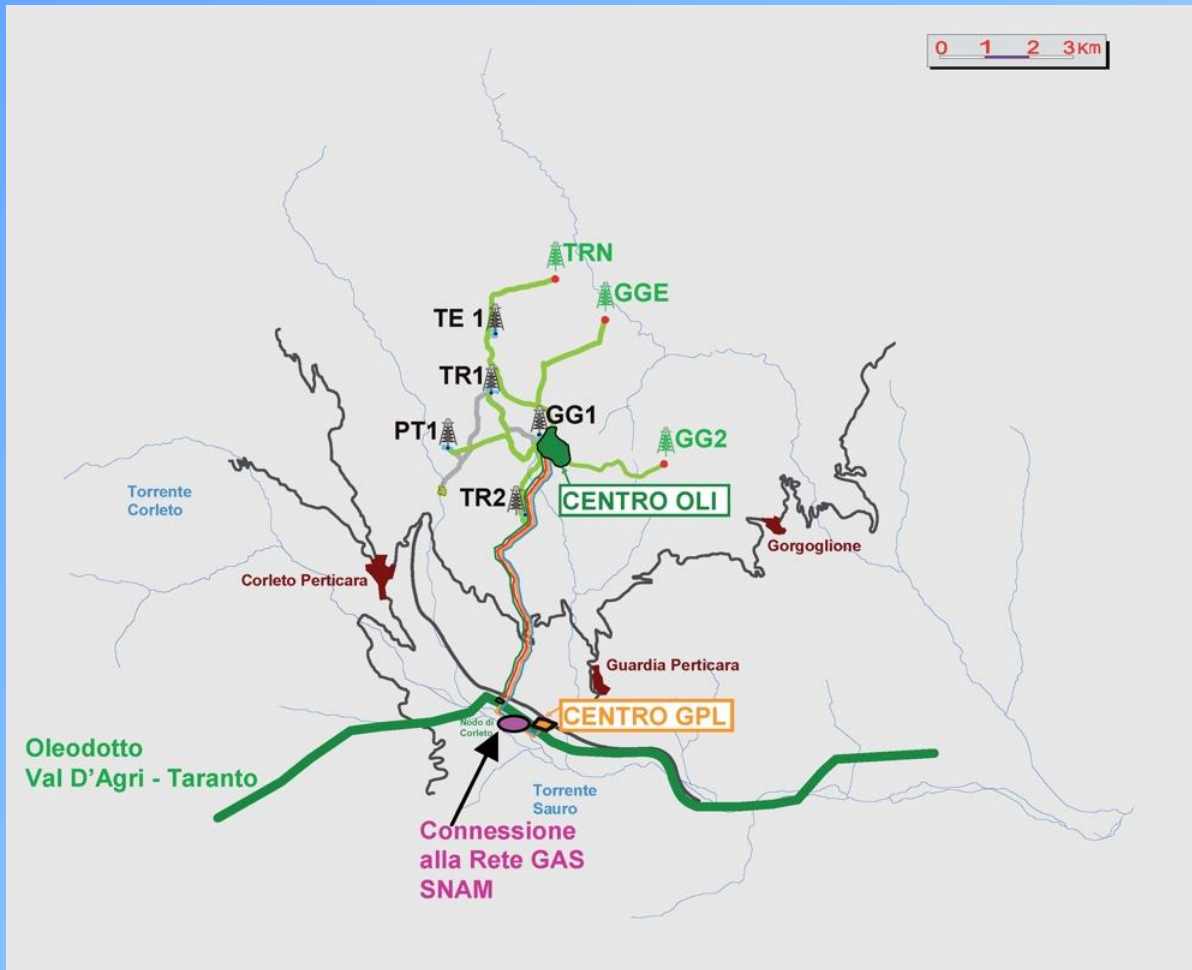
Centro GPL di Guardia Perticara

Progetto Tempa Rossa – TOTAL E & P Italia S.p.A.

Il Deposito sarà composto da 2 serbatoi orizzontali totalmente interrati, con capacità di stoccaggio di circa 1.500 metri³ ciascuno. Il GPL stoccato verrà prelevato dal deposito tramite autobotti; per il caricamento degli automezzi ci si avvarrà di 4 piazzole di carico alimentate da opportune pompe. Nell'area del deposito, oltre alle costruzioni civili complementari agli impianti, è anche previsto 1 serbatoio di acqua, per soddisfare i fabbisogni idrici. Il futuro **Centro di Stoccaggio GPL** comprende 2 serbatoi interrati con una capacità totale di 3.000 m³. Le 4 baie di carico stradale sono dotate di dispositivi di sicurezza che non permettono alcuna perdita durante il caricamento delle autocisterne.

Flowlines (Condotte di collegamento interrato)

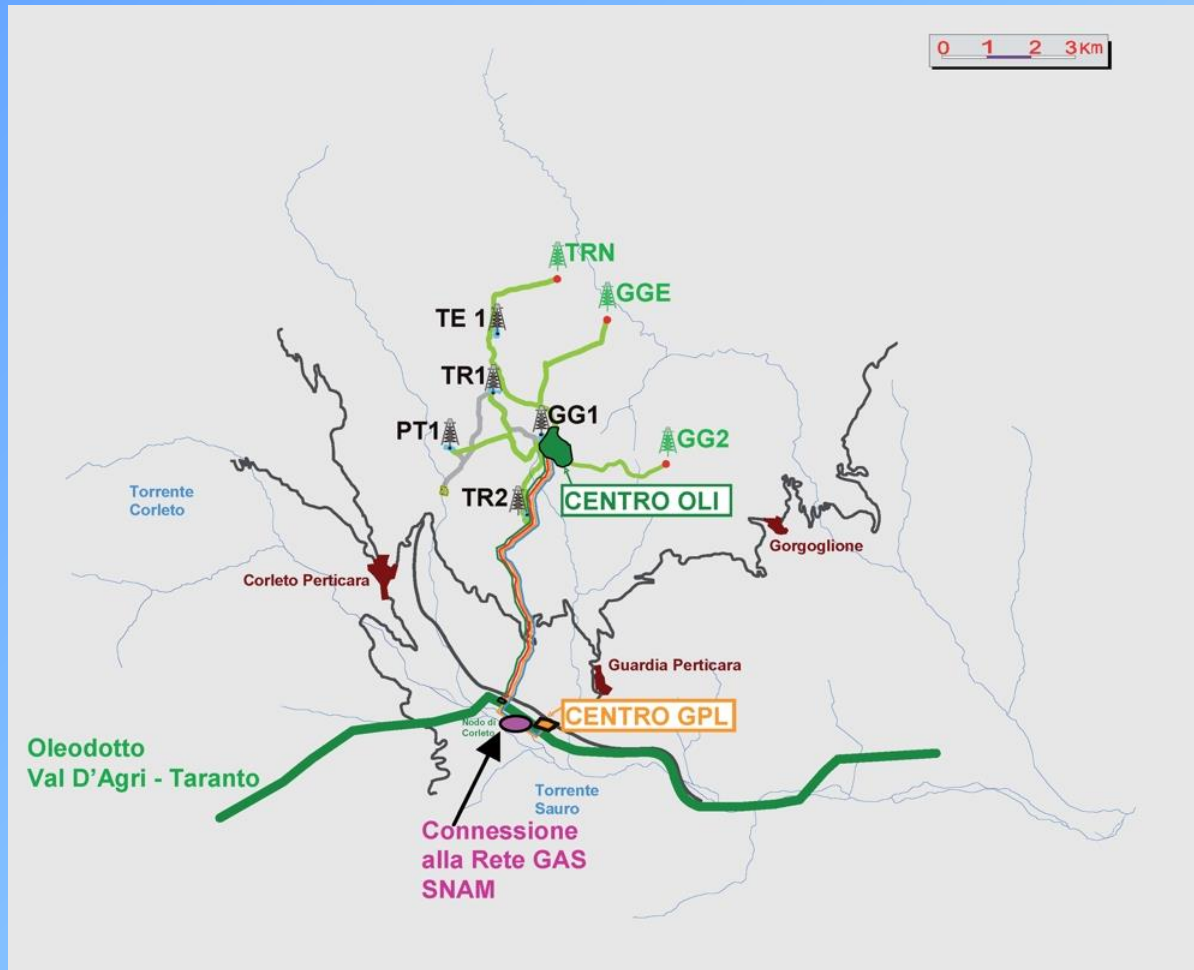
Progetto Tempa Rossa – TOTAL E & P Italia S.p.A.



4 **Condotte** totalmente interrate sono previste per assicurare il trasporto del petrolio, gas metano, GPL e per importare l'acqua al centro di trattamento. Queste condotte, partendo dal Centro, raggiungono il fondovalle del Sauro seguendo un tracciato comune di circa 8 km. Il petrolio verrà trasportato fino all'esistente oleodotto "Val d'Agri - Taranto".

Flowlines (Condotte di collegamento interrato)

Progetto Tempa Rossa – TOTAL E & P Italia S.p.A.



I sistemi di controllo e sicurezza di questa condotta seguono la stessa filosofia progettuale di quelli dell'oleodotto esistente cui si connette. Il gas metano sarà convogliato alla rete nazionale di distribuzione del gas. Il GPL prodotto nel Centro Olio verrà convogliato al deposito GPL di Guardia Perticara.

Classificazione dei Greggi

- Il Petrolio Greggio prodotto in natura non ha sempre la stessa composizione
- Ogni Giacimento produce un tipo di greggio con caratteristiche differenti
- Nasce l'esigenza pratica nella commercializzazione e nell'industria di raffinazione di **Classificare** diverse **Tipologie di Greggio** rispetto al quale varierà il relativo valore commerciale.
- Ci sono 2 **Criteri Principali** per definire le diverse Tipologie del Greggio:

- **Contenuto di Zolfo**
- **Densità**

Classificazione dei Greggi

Sulla base del **Contenuto di Zolfo** presente in essi, i Petroli Greggi vengono suddivisi in 3 categorie :



Classificazione dei Greggi

La **Densità** di un Petrolio Greggio è una caratteristica molto importante in quanto influisce infatti anche sulla estrazione dal giacimento e sulla relativa raffinazione, poiché è ovvio che più il petrolio è denso e più sarà difficile estrarlo e raffinarlo.

La misura di quanto il petrolio liquido sia pesante o leggero rispetto all'acqua è rappresentata dalla Densità valutata come **grado API**, appellativo dovuto all'American Petroleum Institute che l'ha sviluppato:

$$^{\circ}\text{API} = [141,5/(\text{specific gravity o peso specifico})] - 131,5$$

in cui :

$$\text{specific gravity} = \frac{\text{peso per unità di volume del greggio (oil gravity)}}{\text{peso dello stesso volume di acqua (water gravity)}}$$

ambidue considerati alla temperatura di circa 15,5°C.

La formula API è una funzione inversa della densità.

Il pregio di questo indice, espresso in gradi API (API degrees), è di sostituire con numeri interi i decimali dei valori della densità.

Ad una estensione della scala: API da 1 a 100 → Densità da 1,076 a 0,6112 g/cm³.

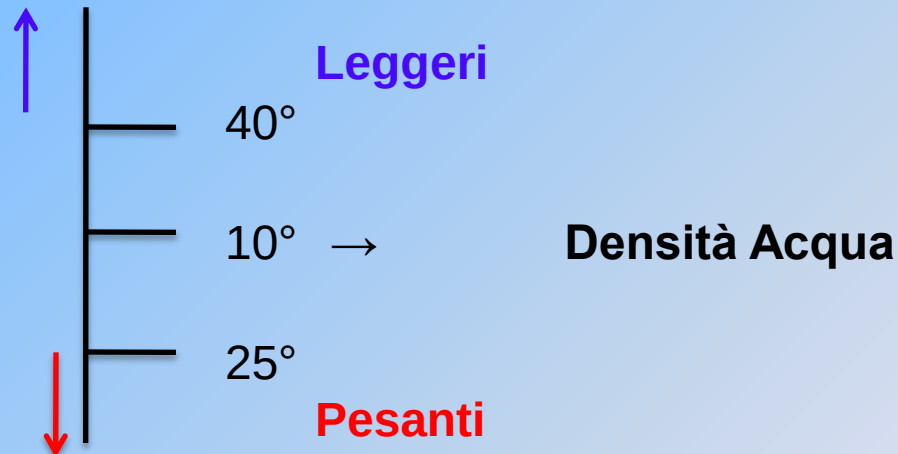
Classificazione dei Greggi

Sulla base di ciò, i Petroli Greggi vengono convenzionalmente suddivisi in: :

- **Pesanti** → API gravity minore di 25°API (ossia densità maggiori di 0,9 g/cm³),
- **Leggeri** → API gravity maggiore di 40°API (ossia densità minori di 0,83 g/cm³).

L'API gravity dell'acqua è 10°API.

La determinazione dell'API gravity di un greggio (o prodotto petrolifero) viene effettuata con un densimetro o detto anche aerometro (hydrometer) tarato per la lettura diretta.



Classificazione dei Greggi

A fronte di queste differenti **Tipologie di Greggi**, sul mercato esistono varie tipologie di petrolio, ma a livello di scambi internazionali i più importanti sono essenzialmente **2** che hanno assunto un **Ruolo di Riferimento per il Mercato**.

Quando si parla del prezzo del greggio:

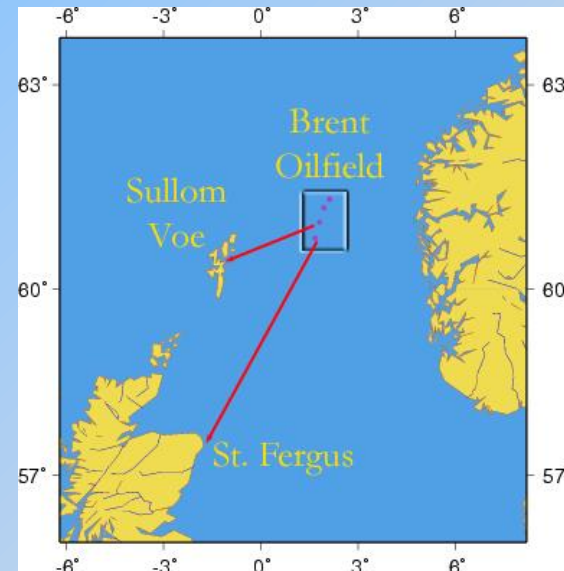
- In **Europa** si riferisce al “**BRENT**”
- Negli **Stati Uniti** si riferisce al “**WTI**” ossia “**West Texas Intermediate**”

Classificazione dei Greggi

BRENT

E' il nome di un giacimento di petrolio scoperto nel [1971](#) nel [Mare del Nord](#) al largo di [Aberdeen](#), ([Scozia](#)), il cui sfruttamento è iniziato nel [1976](#). Il termine BRENT caratterizza oggi il petrolio di riferimento europeo, un prodotto molto leggero, risultato dall'unione della produzione di 19 campi petroliferi situati nel Mare del Nord.

Malgrado una produzione limitata, il BRENT serve da petrolio grezzo di riferimento a livello mondiale. Il suo prezzo determina quello del 60% del petrolio estratto nel mondo.



WTI

Il **West Texas Intermediate (WTI)**, anche noto come **Texas Light Sweet**, è un tipo di petrolio prodotto in [Texas](#). È una [materia prima](#) di elevata qualità dalla cui raffinazione si ottiene un'alta percentuale di benzine e gasolio leggero. Il WTI nasce come petrolio estratto negli Usa e reso a [Cushing](#), Oklahoma.

Classificazione dei Greggi

Qualità del Greggio

Oggi la qualità del greggio e quindi il suo valore di mercato dipendono essenzialmente dalla quantità di prodotti pregiati che da esso si possono ottenere come la **Benzina** e il **Gasolio**.

L'**Unità di Misura Standard** per il petrolio e i suoi derivati è il:

BARILE → 159 Litri

A parità di tecnica di raffinazione da un barile di greggio leggero come il **BRENT** o il **WTI**, si possono ottenere maggiori quantità di benzina rispetto ad un barile di greggio pesante o ancora un greggio leggero che ha spesso un basso contenuto di zolfo, permette di ricavare gasolio per autotrazione con delle caratteristiche già vicine alle richieste di mercato evitando così ulteriori trattamenti e quindi ulteriori costi.

Negli ultimi anni la domanda di mercato si è orientata verso prodotti come **Carburanti per automobili** come benzine e gasoli e quindi come il BRENT o il WTI.

A Cosa serve il Petrolio?

Il petrolio viene utilizzato per due scopi:

— come Fonte di Energia per Usi Industriali, Domestici e di Trasporto:

- **Combustibili Gassosi e Liquidi**

Gas (come Metano, Propano ..)

Gas Petrolio Liquefatto (GPL)

Benzine

Cherosene

Gasolio

Oli Combustibili

— come Fonte di Materie Prime per l'Industria Chimica:

- **Materie Plastiche ecc.....**

CLASSIFICAZIONE DEI COMBUSTIBILI

<i>Stato fisico in condizioni STP</i>	<i>Composizione chimica</i>	<i>Principale componente</i>
Gas	Monocomponente: gas naturale GPL	CH ₄ , metano C ₃ H ₈ , propano
Liquido	Monocomponente	C ₇ -C ₃₀ Idrocarburi aromatici e alifatici
	Multicomponente: petrolio Prodotti di raffinazione del petrolio	

Gas Naturale e GPL



Il **Gas Naturale** è principalmente costituito da:

- Metano (principalmente)
- Propano e Butano (piccole quantità)



Il **Gas di Petrolio Liquefatto**, comunemente indicato anche come **Gas Propano Liquido** (essendo il Propano il suo componente principale), in sigla **GPL**, è una miscela di Idrocarburi Alcani a basso peso molecolare. La miscela è composta:

- Propano e Butano (principalmente)
- Etano (a volte e in piccole quantità)
- Idrocarburi non saturi, (Etilene e Butilene).

Il GPL ha questo nome perché i componenti sono in fase gassosa a temperatura ambiente e a pressione atmosferica: vengono liquefatti mediante compressione a pressioni relativamente modeste, comprese tra 2 e 8 bar, per ridurre l'ingombro e rendere più economico il trasporto.

GPL



Il vantaggio che si ottiene è rendere la densità della miscela circa 250 volte la sua densità allo stato gassoso, riducendo così il volume a parità di massa (e quindi di energia producibile): questa logica rende possibile l'utilizzo di contenitori a pressione di dimensioni relativamente limitate.

Per fare un esempio, una bombola da 40 litri di Metano contiene circa 6 kg di gas, compresso a oltre 200 bar; una bombola di pari volume di GPL ne contiene circa 20 kg; di conseguenza l'energia fornibile è circa 3 volte.

Il GPL è un combustibile facilmente reperibile, a basso impatto ambientale e con un'elevata resa energetica e calorifica. Esso è estremamente infiammabile, ma non è tossico.

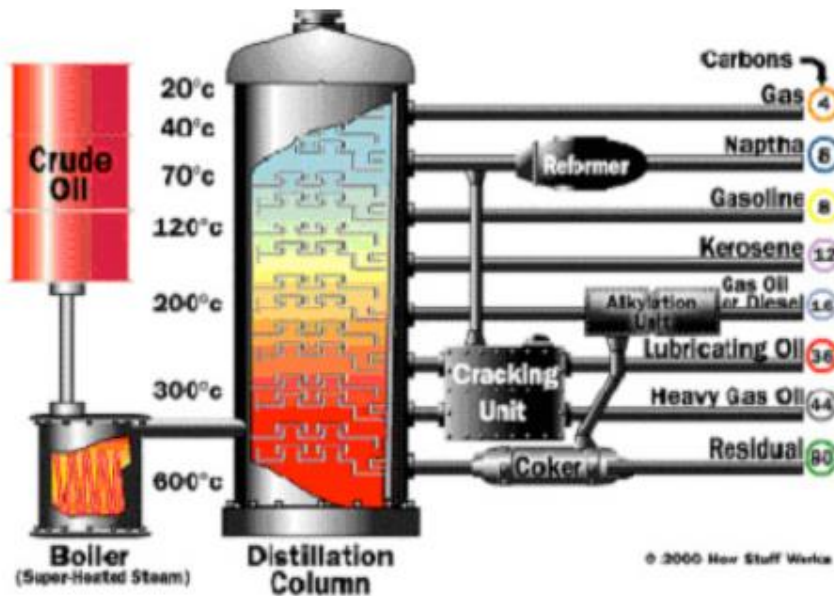
Fonte energetica tra le più pulite, il GPL non inquina il suolo, l'acqua e le falde acquifere. Grazie a un basso contenuto di zolfo e a una combustione completa, con modeste quantità di residui, contribuisce a ridurre l'impatto ambientale determinato dall'inquinamento, favorendo una migliore qualità dell'aria e una riduzione delle emissioni di gas a effetto serra.

Combustibili gassosi

- Combustione ad alta efficienza
- Stabilità di fiamma (bassa velocità di propagazione)
- Facilità di trasporto
- Basso contenuto di elementi contaminanti inorganici (basso impatto ambientale)

Combustibili Liquidi

I combustibili liquidi fossili sono derivati dalla distillazione del petrolio e/o dalla raffinazione dei prodotti petroliferi.



..e sono:

- Benzine Leggere
- Benzine Pesanti
- Kerosene
- Gasoli
- Oli Combustibili

Combustibili Liquidi

- Combustione ad alta efficienza
- Facilità di stoccaggio e trasporto
- Impatto ambientale in dipendenza del tipo di combustibile

La classificazione e nomenclatura dei combustibili liquidi è fatta sulla base delle:

- Caratteristiche chimico-fisiche (proprietà fisiche e composizione chimica)

Processi di Raffineria

Una **raffineria di petrolio** è uno stabilimento dove si separa il **Petrolio Greggio** (che è una miscela di Idrocarburi di diverso peso molecolare, soprattutto idrocarburi paraffinici) nei suoi componenti (detti "tagli"), e dove questi ultimi vengono trattati in una serie di processi successivi fino all'ottenimento dei prodotti commerciali, che possono essere di svariato tipo.

Nella raffineria avviene, inizialmente, un trattamento primario che separa per distillazione varie frazioni di idrocarburi con punti di ebollizione vicini e, successivamente, una serie di operazioni che tendono a trasformare gli idrocarburi contenuti nelle frazioni meno pregiate in sostanze di maggior valore.

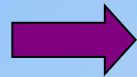
Processi Fisici



Distillazione Atmosferica o Topping

Distillazione Sottovuoto o Vacum

Processi Chimici



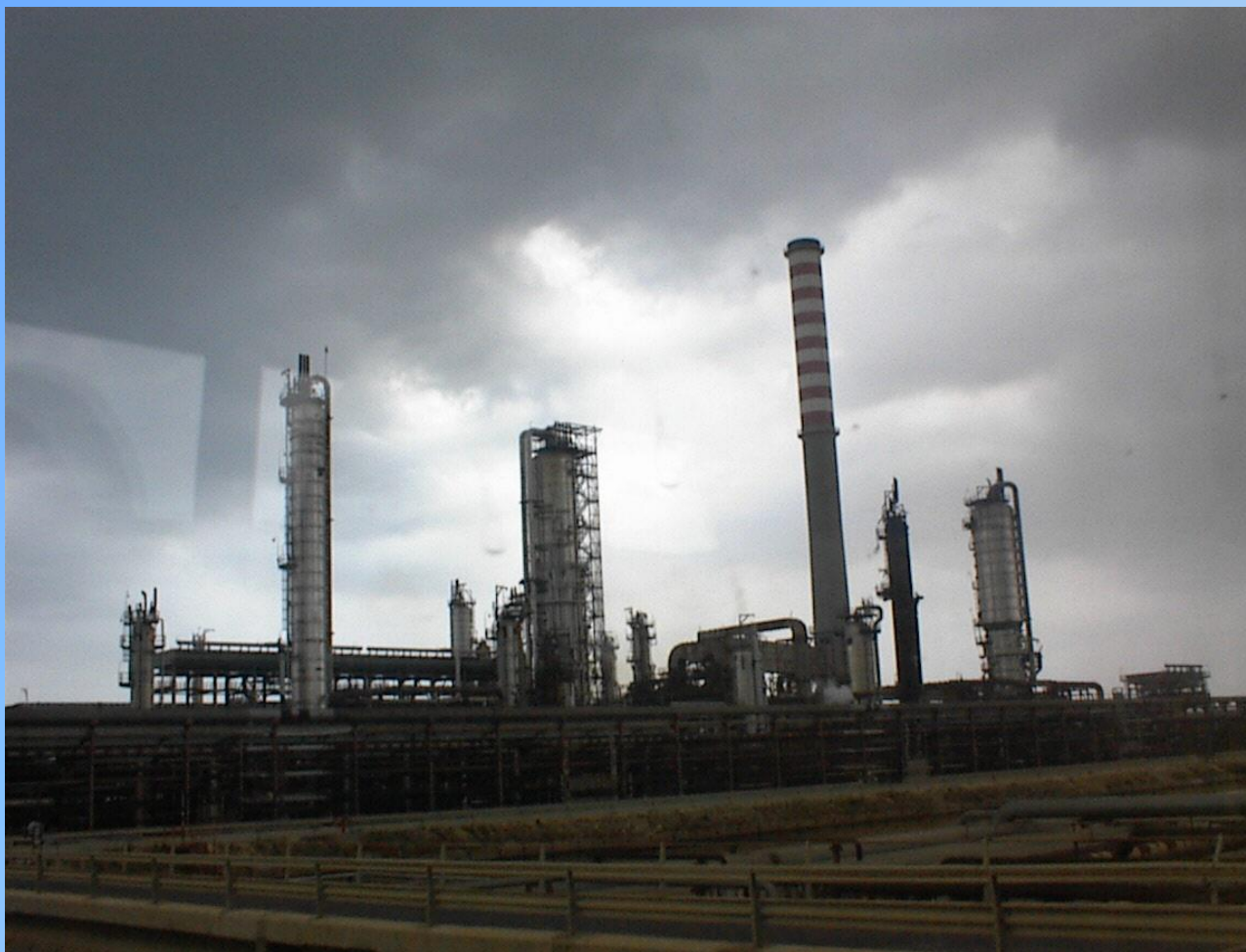
Cracking Termico o Catalitico

Reforming Catalitico

Desolforazione

Polimerizzazione

ecc.....

























Grazie dell'Attenzione
Fine del Corso !