

L'evoluzione tecnologica nella "riscoperta" degli idrocarburi nella Valle Padana

(Malossa)

MARIO BERTOLI

Si suole dire: *Il petrolio è là dove si trova*; questa frase, tuttora valida, sottolinea in gran parte l'aspetto emozionante e quasi avventuroso che ha in sé l'industria petrolifera nella sua fase iniziale, quella della ricerca.

Non si può mai stabilire a priori dove il petrolio si trovi con matematica certezza; si scava nel terreno e solo quando zampilla il getto si può dire: *E' qui*.

Le formazioni contenenti il cosiddetto "oro nero" possono trovarsi sotto montagne, deserti, paludi, mari a quattro o cinquemila metri di profondità; ma ne esistono a profondità ancora maggiori.

Il petrolio è una materia prima che non rimane nel sottosuolo se non vi è forzata; talvolta, esso erompe spontaneamente dal terreno con risultati spettacolari.

Non sorprende quindi il fatto che già nell'antichità lo si conoscesse e lo si usasse. "Le fonti eterne" di Baku, presso cui si celebravano i riti dei Fedeli del Fuoco, erano certamente sorgenti naturali di gas che veniva mantenuto incendiato. Cartaginesi e Fenici utilizzavano il petrolio bituminoso per calatafare le loro navi. Gli Assiri, ancora prima, se ne servivano come collante per fabbricare mattoni. I Greci ne fecero un'arma terribile: le famose frecce di fuoco, la "pece greca". Anche nel continente americano il petrolio fu conosciuto fin dai tempi più remoti: gli Aztechi avevano scoperto che quello strano liquido nero dava luce e riscaldava.

Solo molto più tardi, tuttavia, l'oro nero entrò a far parte della storia dell'uomo come elemento primario della produzione. Fu quando alla lunga epoca del medio evo e della civiltà contadina si sostituì la civiltà delle macchine, quando le società più avanzate si trovarono di fronte alla necessità di dare l'avvio alla ricerca sistematica dei giacimenti petroliferi, sparsi in tutto il mondo.

Se si eccettuano i pozzi per salamoia perforati dai cinesi verso il 256 a.C., poche perforazioni furono effettuate prima del XIX secolo. Gli storici attribuiscono la esecuzione del primo pozzo, avente una certa affinità con le moderne trivellazioni, ai fratelli David e Giuseppe Ruffner nel West Virginia, nel 1806. Benché i Ruffner ed altri ricercatori avessero rinvenuto delle manifestazioni di idrocarburi, il primo pozzo che ha prodotto significative quantità di olio, venduto in bottiglia come "olio medicinale", è stato eseguito nel Kentucky nel 1829. A questo ne seguirono altri, tra i quali è da menzionare quello del francese Fauvelle in Perpignan perforato nel 1845, per concludere con quello portato a termine dal colonnello E.L. Drake nel 1859 in Pensilvania che è stato considerato come il primo pozzo petrolifero di consistenza commerciale e che ha segnato l'inizio di una nuova era.

Quando Drake estrasse per la prima volta il petrolio dalla terra, più di cent'anni fa, nè lui nè gli altri pionieri potevano immaginare che la loro impresa avrebbe consentito la fondazione di un'industria dalla quale la civiltà moderna sarebbe stata trasformata in modo radicale. Essi avevano un solo obiettivo: trovare petrolio per le lampade. Cinquant'anni più tardi, i prodotti dell'industria petrolifera resero possibile l'automobile e l'aeroplano, due sensazionali conquiste del nostro tempo destinate a cambiare il mondo, accelerando il ritmo della vita e avvicinando i paesi e popoli in maniera prima impensabile.

Il petrolio comparve sulla scena del mondo in un periodo di scoperte, di mutamenti e di progresso per l'Occidente: la rivoluzione industriale, basata sul carbone e sull'energia del vapore, nonostante le molte miserie che caratterizzavano il periodo di transizione, era la causa di un miglioramento del tenore di vita quale non si era veduto prima d'allora.

Al tempo di Drake, l'uomo doveva ancora servirsi del cavallo, come aveva fatto per secoli, per andare nei molti luoghi dove la ferrovia non giungeva ancora. Oggi i pronipoti di Drake e degli altri pionieri possono sorvolare gli oceani e i continenti in poche ore, possono andare in ufficio al volante delle loro macchine, percorrendo strade asfaltate e possono godere il tepore delle loro case riscaldate con l'olio combustibile. I vestiti e gli oggetti casalinghi derivano in gran numero dai prodotti dell'industria petrolchimica e anche la produzione di molti generi alimentari è dovuta in buona parte ai fertilizzanti e agli insetticidi a base petrolifera ed all'agricoltura meccanizzata, resa possibile dal petrolio.

Se un nostro bisnonno potesse tornare a vivere questo mondo meccanico, dal quale i cavalli sono scomparsi, gli apparirebbe strano, veloce, assordante; ma è un mondo nel quale lo sfruttamento fortunato dei giacimenti di petrolio, accumulato sotto la superficie terrestre nel corso di milioni di anni, ha permesso agli scienziati e ai tecnici di realizzare le loro meravigliose invenzioni. Ad una nostra bisnonna il mondo di oggi sembrerebbe ancora più incredibile. Molte donne vivono indipendenti con interessi e compiti estranei alla casa e non sono più legate come prima ai faticosi lavori domestici. E' quasi dovunque sparito il sistema di riscaldare le case e di cucinare col carbone, fonte di sporcizia e fastidi; grazie all'uso del nylon e di altri prodotti sintetici è ormai molto ridotto il lavoro della stiratura e del rammendo degli indumenti; le fabbriche, e non più le massaie, cuociono i cibi e li conservano con l'aiuto dell'olio combustibile.

L'energia derivata dal carburante invece che dai muscoli dell'uomo ha portato sul piano della realtà il vecchio sogno di realizzare un'età nella quale il sollievo dalla fatica possa essere goduto dalle moltitudini invece che da ristrette minoranze.

La ricerca mineraria di idrocarburi, che nei primi decenni di questo secolo aveva conseguito eccellenti risultati, negli anni successivi l'ultima guerra mondiale si è sviluppata principalmente in tre direttrici.

Una prima destinata ad ampliare le disponibilità di risorse nelle aree già in precedenza esplorate. Una seconda intesa ad esplorare nuove zone, ed in particolare i bacini sedimentari dell'Africa settentrionale ed occidentale. Una terza direttrice orientata ad estendere le ricerche al sottofondo marino, limitatamente alle piattaforme dei vari continenti.

Per valutare l'ampiezza dell'attività esplorativa svolta negli anni recenti si può fare riferimento alla crescente estensione dei permessi di ricerca di idrocarburi; tali permessi si riferi-

→

Prospezione geofisica a El Borma - Particolare impulso ha avuto in questi ultimi anni la ricerca mineraria in nuove zone, il più delle volte inaccessibili ed in particolare nei bacini sedimentari dell'Africa settentrionale (foto Archivio ENI).

scono a tutti i paesi del mondo. Negli anni successivi alla prima crisi di Suez, la richiesta di permessi in aree nuove ha avuto notevole impulso; la crisi del Medio Oriente ha infatti raggiunto un ulteriore fondamentale motivo affinché le compagnie differenziassero ed aumentassero le zone di potenziale approvvigionamento.

L'accaparramento delle aree più promettenti è stato assai intenso anche quando le compagnie non avevano in programma di svolgere a breve termine ricerche sui nuovi permessi; questa tendenza ha condotto al rarefarsi delle aree più interessanti. Il rarefarsi delle aree migliori ha costretto altresì a spostare la ricerca verso zone più difficilmente accessibili; verso luoghi a volte più lontani dai mercati di maggior consumo; verso strati profondi, che un tempo non venivano considerati, nell'*off shore* dove sono richieste attrezzature ed organizzazione logistica particolarmente costose.

Tutte queste circostanze, dunque, hanno contribuito a rendere più onerose le attività di esplorazione, soprattutto quelle che seguono le fasi preliminari di prospezione geologica e geofisica.

Al tempo stesso però altri fattori hanno concorso a contenere i costi di tali attività: ad esempio, il progresso tecnico come ha consentito di ridurre in misura rilevante i costi di estrazione del greggio e del gas naturale, così ha contrastato l'aumento, nei costi delle ricerche gravimetriche, sismiche e delle perforazioni esplorative.

I cospicui programmi di ricerca, inoltre, hanno contribuito a limitare l'area propria dell'attività mineraria per il complesso delle compagnie; d'altra parte la costituzione dei consorzi di ricerca ha diminuito il rischio della singola impresa, con vantaggio soprattutto per le compagnie minori.

E' da aggiungere che le conoscenze scientifiche e pratiche relative alle diverse zone esplorate si vanno accumulando, in decenni di esplorazione e di produzione mineraria.

Questo crescente patrimonio conoscitivo, in particolare, consente di compiere in modo più razionale la scelta delle aree e la localizzazione dei punti in cui gli idrocarburi liquidi e gassosi si sono andati accumulando nelle viscere della terra.

E' noto che il petrolio si può accumulare soltanto in certe formazioni rocciose; esso richiede un materiale poroso, quali sabbie, arenarie e persino calcari con molte cavità, in cui possa raccogliersi. Contrariamente a quanto frequentemente si crede, il petrolio non si raccoglie in una roccia sotto forma di polle o sorgenti; esso riempie i pori della roccia stessa.

Un'altra condizione favorevole alla formazione di depositi di idrocarburi è che al di sopra dello strato poroso ve ne sia uno di roccia impermeabile che impedisca al petrolio ed al gas naturale di raggiungere la superficie e disperdersi.

La ricerca di giacimenti ha inizio con l'attento studio preliminare delle strutture sotterranee contenenti le cosiddette "trappole" in cui il petrolio potrebbe essersi accumulato. A causa delle numerose evoluzioni subite dagli strati rocciosi, le trappole sotterranee entro cui è racchiuso il petrolio presentano diverse conformazioni.

Alcune strutture di strati permeabili ed impermeabili sono più adatte di altre alla formazione di giacimenti petroliferi. La più comune è una piega convessa detta anticlinale, o una variante, chiamata cupola. Si sono così spesso trovati depositi di idrocarburi in queste strutture tanto che la loro ricerca è quasi diventata una ricerca di anticlinali. Individuata la zona suscettibile di interesse per gli uomini del petrolio, occorre individuare i giacimenti.

La conoscenza dei giacimenti di idrocarburi e il modo di cercarli come si è detto hanno fatto grandi progressi, ma non esiste ancora un metodo in assoluto che permetta di localizzare direttamente il petrolio o gas naturale dalla superficie del terreno. L'occhio umano non penetra nel sottosuolo, tuttavia la scienza viene in aiuto con sistemi che consentono di

riconoscere non solo i vari tipi di roccia che si trovano sotto qualsiasi terreno ma anche la forma dei diversi tratti.

Con l'osservazione e con l'aiuto di strumenti gli scienziati stanno accumulando un sempre più vasto patrimonio di nozioni sulle strutture geologiche che meglio si prestano all'accumulo dei depositi petroliferi; gli addetti alla ricerca acquisiscono sempre più precise cognizioni sull'habitat naturale del petrolio, su come si forma e si accumula, ed applicano tali conoscenze al fine di aumentare il rendimento del lavoro di prospezione; essi giungono a questo risultato raccogliendo accuratamente i dati e le informazioni provenienti da fonti anche diverse.

I geologi, per esempio, ricavano alcuni dati dalle vaste prospettive della aerofotografia, ed altri da piccolissime spore e pollini studiati al microscopio per facilitare la identificazione delle formazioni geologiche. Rocce, argille e sabbie vengono macinate, trattate con reagenti chimici, esaminate radiograficamente e sottoposte a moltissime differenti analisi onde ricavarne ogni possibile indicazione della presenza di "oro nero". Una grande parte del lavoro geologico di laboratorio tende a scoprire fonti di petrolio attraverso lo studio delle proprietà chimico-fisiche delle rocce in cui è probabile la presenza di idrocarburi liquidi e gassosi. Si sa che la maggior parte del petrolio si è formato con i resti di materie organiche marine imprigionate nei fanghi, nei sedimenti sul fondo di antichi mari.

All'inizio della storia di un giacimento petrolifero c'è quasi sempre una superficie marina brulicante di alghe microscopiche; come tutte le piante, anche queste alghe, vivono, si accrescono e si moltiplicano soltanto grazie al fatto che esse possono compiere una semplice ma fondamentale operazione: prelevare acqua e anidride carbonica dall'ambiente circostante e trasformarla nel più semplice dei composti organici, il più piccolo dei mattoni di cui tutto il mondo vivente è costituito.

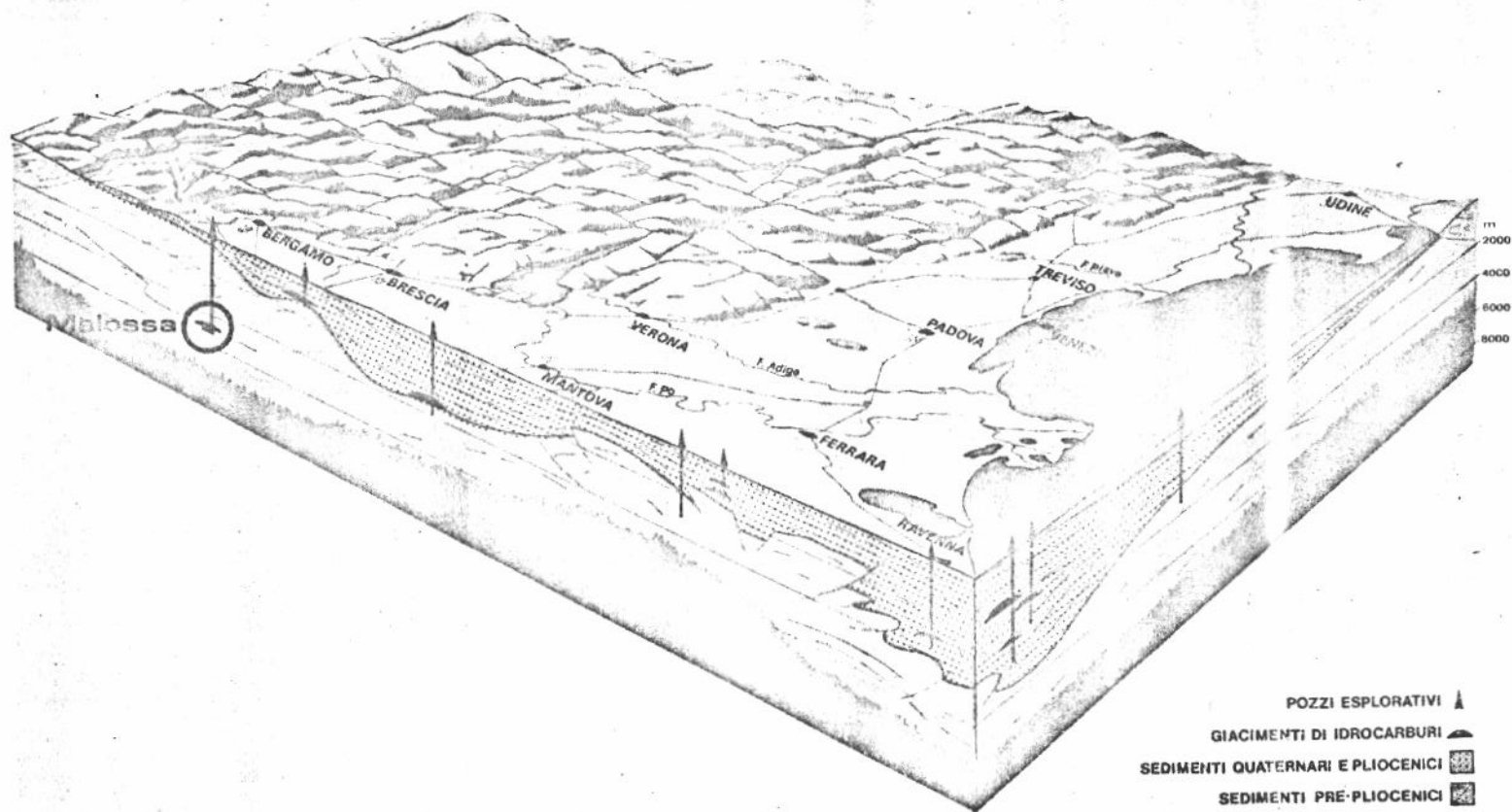
Per compiere questa operazione la pianta assorbe energia dal sole, un'energia che quella sostanza organica cattura e porta con sé anche quando, attraverso l'alimentazione, passa dal mondo vegetale a quello animale.

Normalmente questa energia viene restituita all'ambiente quando animali o piante muoiono e il loro corpo viene distrutto. In certe condizioni ambientali però i resti di piante e animali non si decompongono interamente, ma subiscono tutta una serie di processi che li trasformano in una massa di sostanze solide, liquide o gassose che finiamo col ritrovare nei giacimenti petroliferi; sono le stesse condizioni ambientali che a suo tempo permisero la formazione del cosiddetto "oro nero" nel sottosuolo della Val Padana, al pari di altre zone nel mondo con caratteristiche similari.

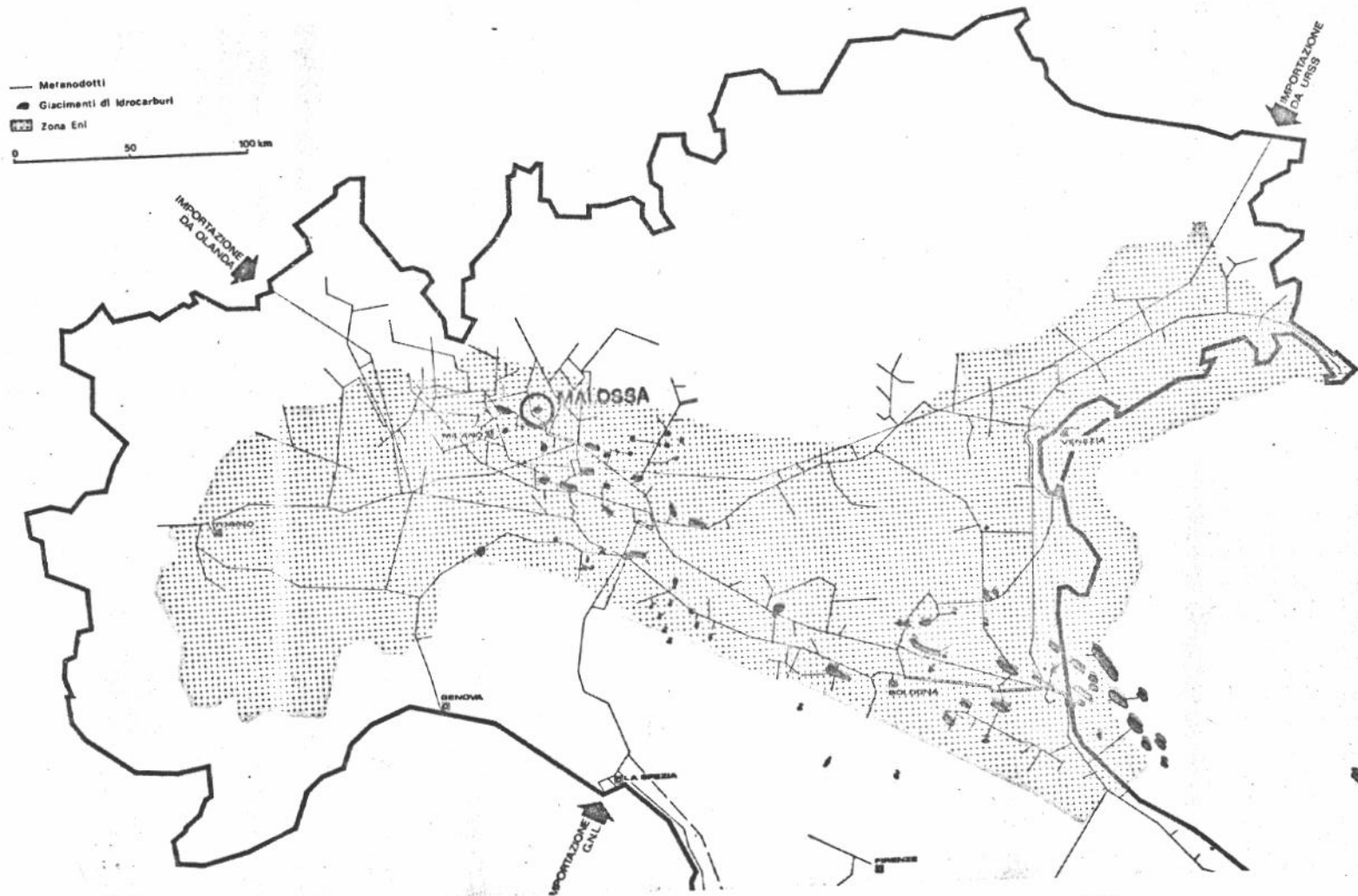
Chiunque abbia avuto modo di visitare una delle numerosissime cave che qua e là si aprono a formare conche profonde dove fino a poco tempo prima si distendeva un panorama in tutto simile a quello che si osserva altrove in tutta la Pianura Padana, sa che la vegetazione e il suolo da cui nasce sono solo una sottile cuticola, in fondo ingannevole; un paio di metri al di sotto della superficie sulla quale appoggiamo i piedi non ve n'è più traccia. Il suolo è dunque una specie di sottile vestito che copre rocce totalmente diverse.

Nella Pianura Padana queste rocce sono, a seconda dei casi, sabbie ghiaie e argille che lentamente e con l'andar del tempo vi si sono depositate; questa pianura è un'enorme catino le cui pareti sono costituite dai versanti stessi delle montagne e nel quale mare, fiumi e ghiacciai hanno lasciato una coltre di sedimenti.

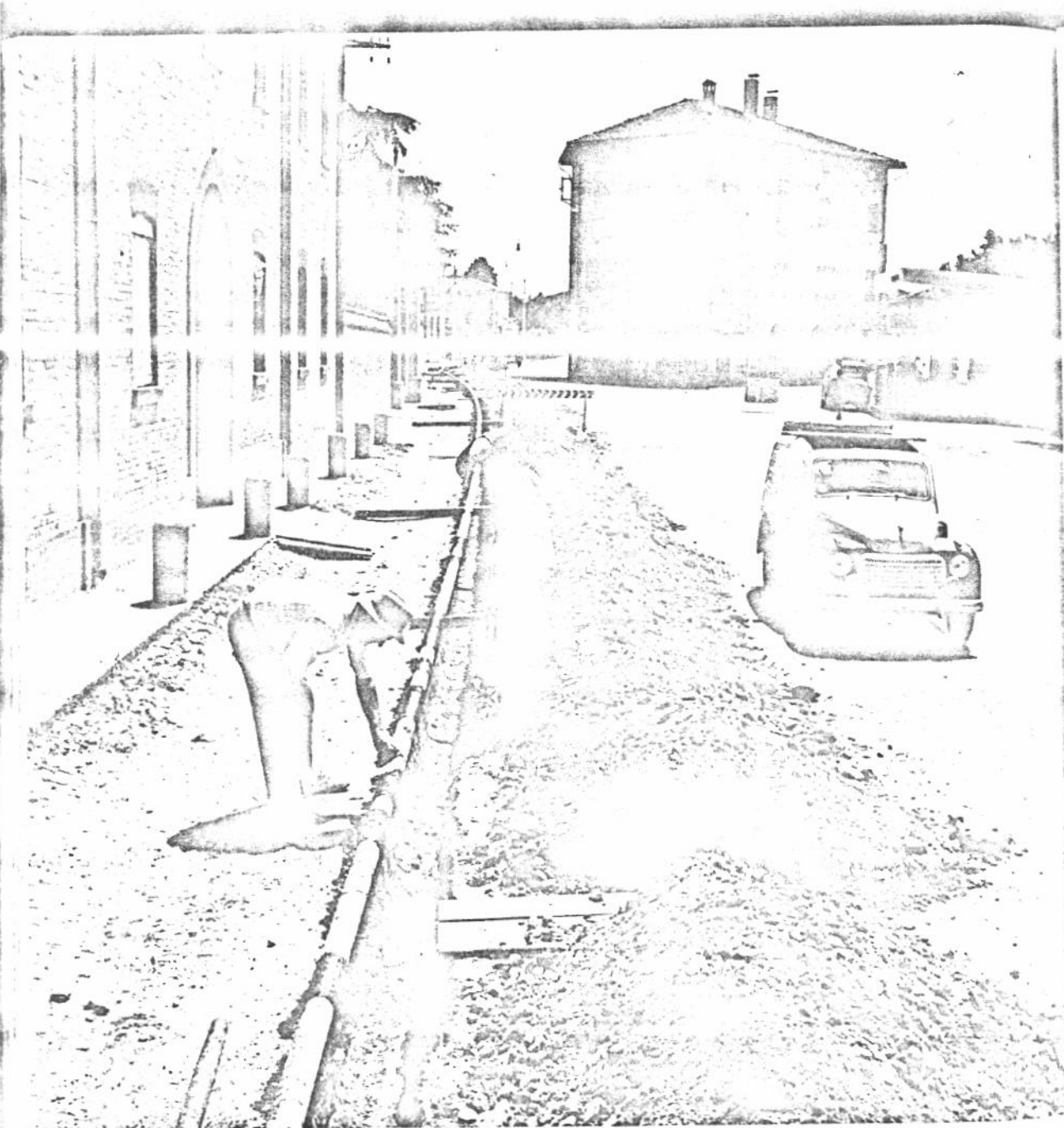
Ai geologi però non basta sapere di che cosa è colmo il catino. Vogliono sapere come è fatto, dove si trova il suo fondo e che forma ha perché sapere questo significa, per esempio, sapere come e dove andare a cercare petrolio e metano, se ce ne sono.



Schema geologico della Pianura Padana (Centro Stampa ENI).



Bacino Padano — Principali giacimenti di idrocarburi e rete di metanodotti (Centro Stampa ENI).



Primi metanodotti posati dalla SNAM nella Pianura Padana: preparazione di una condotta precedente la posa lungo un'arteria urbana (foto Aldo Ballo, Milano).

La Pianura Padana è un bacino di sedimentazione che nell'epoca Terziaria comprendeva parte degli Appennini e delle Prealpi. In essa vi sono strati di sedimenti che corrispondono a varie età geologiche: più in superficie vi sono il Quaternario, poi il Pliocene ed il Miocene. La base dello strato del Pliocene a Milano è a circa 2000 metri di profondità, a sud di Ravenna essa è a 6000 metri.

Le indagini per le scoperte dei giacimenti di idrocarburi in Italia risalgono al secolo scorso; già nel 1862 fu perforato un pozzo alla profondità record, per quell'epoca di 680 metri. Le ricerche venivano però condotte da piccole imprese, con pochi mezzi e scarsi risultati.

Nel 1911 lo Stato decise di intervenire accordando ai ricercatori facilitazioni e sovvenzioni che però non diedero risultati degni di nota. Di fronte all'insufficienza dell'iniziativa privata ed al fatto che il mercato italiano dei prodotti petroliferi era completamente dominato da imprese straniere, lo Stato italiano decise di creare un'impresa pubblica che operasse in tutti i settori dell'industria petrolifera: l'Azienda Generale Italiana Petroli, AGIP.

Le ricerche petrolifere ebbero allora un certo sviluppo ed un certo coordinamento. Ad esempio, nel 1939, l'AGIP adottò per prima in Europa il metodo di ricerca detto "sismica a riflessione".

E' indubbiamente questo il metodo che, ancor oggi, mette meglio in evidenza la struttura geologica del sottosuolo. E' basato sul principio che le vibrazioni prodotte da un'esplosione si trasmettono attraverso gli strati rocciosi secondo principi in un certo senso analoghi a quelli delle onde luminose attraverso mezzo trasparente: sono cioè soggetti a fenomeni di riflessione e rifrazione, passando tra mezzi di diverse caratteristiche.

Inizialmente vennero impiegate soprattutto le tecniche a rifrazione, ma col passare del tempo, sempre maggior impulso è stato dato a quelle a riflessione, tanto che ora, parlando di metodi sismici, si intende, nella quasi totalità dei casi, parlare di sismica a riflessione. Questa tecnica si basa sul principio che le onde elastiche, attraverso il sottosuolo ed incontrando strati di diversa densità, vengono riflesse verso la superficie. Conoscendo la velocità di propagazione di queste onde nei vari tipi di roccia e misurando i tempi impiegati dalle onde riflesse per tornare in superficie, si può determinare la profondità del punto di impatto e, con una serie di rilevamenti, di tutto uno strato geologico.

Il metodo della "sismica a riflessione" impiegato dall'AGIP permise di approfondire le conoscenze del sottosuolo della Valle Padana e pose le premesse per le scoperte di giacimenti di idrocarburi liquidi e gassosi che sarebbero seguite di lì a qualche anno.

Negli anni che precedettero l'ultima guerra mondiale alcune zone della fertile Valle del Po avevano importanza soprattutto per la loro ricchezza agricola. Filari di pioppi, campi di grano turco, marcite e frutteti: è il panorama comune a tutta la Pianura Padana, una pianura ricca in cui una vegetazione varia e rigogliosa affonda le sue radici in una bella terra scura e produttiva. Nelle prospere città divenute altrettanti centri di commercio agricolo erano sorte efficienti industrie che garantivano agli abitanti della campagna i manufatti essenziali alla vita.

Nel fervore delle attività industriali ed agricole, città storiche le cui incomparabili bellezze sono sopravvissute nei secoli, attraevano ogni anno migliaia di turisti da ogni parte del mondo. Questa sembrava la loro sola risorsa. Tuttavia di un'altra possibile ricchezza della regione, intraveduta per qualche decennio attraverso ricerche coraggiose ma disordinate che non avevano consentito di raggiungere risultati positivi, nessuno pareva volersi più occupare con sicura fiducia.

Solo pochi animosi non abbandonavano la speranza di strappare al sottosuolo della Valle del Po il petrolio e il metano: tra questi vi fu Enrico Mattei, nominato commissario straordinario dell'AGIP, che si oppose alla liquidazione dell'azienda.

Da tale importante decisione scaturì la volontà di risorgere e si riaccesero le speranze sopite stimolando più potenti energie. Bisognava con tutti i mezzi soccorrere una economia



La rete dei metanodotti italiani in questi ultimi anni si è ampliata. Nella foto: lavori di posa del metanodotto Recanati-Foligno (Centro Stampa ENI).

pericolante; non soltanto ricostruire, ma rivolgersi quanto più possibile a nuove sorgenti di materie prime.

In contrasto con la diffusa tendenza rinunziataria, un gruppo esiguo di tecnici, sostenuti da chi era preposto all'attività di ricerca dell'Azienda dello Stato, iniziarono con nuova lena e, seguendo un piano audace, un intenso lavoro che ben presto diede notevoli risultati.

Il sogno di tanti anni cominciava a diventare realtà: la Valle del Po, in seguito alle prospezioni geofisiche ed alla esplorazione meccanica del sottosuolo rivelava, non più avara come un tempo, la presenza di giacimenti di idrocarburi liquidi e gassosi.

Il primo getto di metano portava alla superficie un prodotto i cui molteplici impieghi, sviluppandosi, avrebbero alleggerito alcune importanti voci della nostra bilancia commerciale.

Al primo getto altri seguirono rapidamente: i giacimenti di Caviaga, Ripalta, Cortemaggiore, Cornegliano, Bordolano, Correggio, via via individuati e utilizzati.

In Lombardia sorse anche la prime rete di metanodotti. Dai pozzi di Caviaga (località a sei chilometri a sud di Lodi) il gas naturale raggiunse le industrie del bergamasco con il primo gasdotto gestito dalla SNAM.

Siamo nel 1948, il primo grosso cliente è la Dalmine. E l'AGIP, che insieme all'Ente Nazionale Metano ha già costituito la SNAM, baratta forniture di gas naturale con tubi. L'anno seguente entra in esercizio il primo metanodotto di grosso diametro che collega Caviaga con le grandi industrie siderurgiche di Sesto San Giovanni e precisamente Falk e Breda. Con utenti di queste dimensioni il quantitativo di gas naturale trasportato sale dai 19,5 milioni di metri cubi del 1948 ai 103,5 milioni del 1949 dei quali 84,2 milioni per uso industriale. In quel periodo sorge a Tavazzano, quasi sulla bocca dei pozzi di Caviaga, la prima centrale termoelettrica alimentata a metano; intanto si fa della vicina Lodi la prima città metanizzata d'Italia e d'Europa.

Con le poche risorse di Caviaga si sperimentano, con un succedersi di intuizioni, tutte le possibilità di impiego industriale e domestico del gas naturale. Al giacimento di Caviaga si aggiungono quelli di Ravenna, Veronalova, Imola, Cotignola ed altri ancora.

A Cortemaggiore, contemporaneamente alla scoperta del metano, veniva individuato un giacimento di petrolio.

Lo studio del giacimento di Cortemaggiore portò alla localizzazione di strati produttivi, tra loro indipendenti, di gas naturale condensabile e di petrolio. Il giacimento fu trovato nella parte più alta di una ondulazione secondaria di una lunga piega sepolta che si sviluppa da Piacenza fin oltre Parma. L'ondulazione di Cortemaggiore è asimmetrica, perché gli strati più profondi hanno la loro culminazione spostata di circa cinque chilometri ad est rispetto a quella degli strati più alti.

In realtà si trovarono due giacimenti a profondità diverse ed indipendenti; quello superiore, a profondità di circa 1400-1600 metri, contenente gas in quattro livelli sabbiosi, separati da setti marnosi, ed olio in un settore limitato. Quello inferiore, a profondità di circa 1800-2000 metri, contenente olio in strati sabbiosi.

I sondaggi esplorativi fatti nella Valle Padana negli anni successivi mostrarono come, anche al di sotto degli strati visibili con il rilievo geofisico, esistessero altri terreni favorevoli per la ricerca.

Intanto le tecniche di prospezione e di elaborazione geofisica si stavano affinando con estrema rapidità portando informazioni sempre più precise ed una penetrazione sempre più accentuata.

La ricerca mediante il metodo della "sismica a riflessione" pur ricalcando il primitivo principio di applicazione si perfezionò mediante l'utilizzazione di apparecchiature sofisticate. Attualmente al posto dell'esplosivo si usano vibrator che generano il tipo di energia più adatta ad attraversare i terreni che si stanno studiando; una catena di apparecchi, i cosiddetti "geofoni", trasformano le eco riflesse in profondità in impulsi elettrici. Un'apparecchiatura elettrica registra e misura i tempi di arrivo di questa eco; un nastro magnetico segnala sotto forma di numeri queste misure; un calcolatore elettronico elimina i disturbi e ritraduce il tutto in una specie di radiografia del sottosuolo nella quale si vede dopo quanti secondi dalla partenza la deformazione elastica si è riflessa. Ancora il calcolatore, opportunamente programmato da un gruppo di esperti, estrae dai dati le caratteristiche dei terreni attraversati.

Una utilizzazione ottimale delle nuove tecniche di prospezione, attuata nell'area marina antistante la Pianura Romagnola, fornì risultati estremamente interessanti e permise la scoperta di una serie di giacimenti padani localizzati negli stessi strati, che in quest'area sono più profondi.



Sonda IDECO 1350 da 5000 metri – Cantiere di Piadena 13: montaggio della testa sulla batteria per prova di strato (foto Aldo Ballo, Milano).

Per questa ragione fu deciso di dare inizio immediatamente ad un nuovo rilevamento geofisico di tutta la Pianura Padana avvalendosi delle prestazioni delle migliori società specialistiche in grado di applicare le tecnologie più avanzate.

Con il procedere dei rilevamenti venivano man mano delineandosi gli assetti profondi di maggior significato geologico regionale e fu possibile eseguire una serie di pozzi esplorativi

razionalmente distribuiti in modo da ottenere il massimo di conoscenze dirette necessarie per la precisa interpretazione delle informazioni geofisiche; ciò ha indotto ad intensificare il rilevamento estendendolo anche al dettaglio fino a coprire "a tappeto" l'intera Pianura Padana.

Per avere un'idea dello sforzo fatto e tutt'ora in corso, occorre notare che mentre nei 23

Il lavoro degli addetti ad una sonda è uno dei più faticosi: nel gergo dei campi petroliferi l'operazione dell'uscita e del rientro di aste di acciaio si chiama "making a round trip" (foto Archivio ENI)



anni che vanno dal 1945 al 1967 sono stati impiegati 960 mesi/squadra per 20 000 Km di linee nei soli sette anni che intercorrono dall'inizio del nuovo tutto il 1974 sono già stati rilevati 19 000 Km con l'impiego di 560 mesi/squadra.

I tre pozzi esplorativi "Malossa 1°", "Malossa 2°", "Malossa 3°" realizzati nei pressi di Casirate, un paese della provincia bergamasca, accertando la presenza di calcari e dolomie di età molto più antica di quella dei terreni sabbiosi contenuti nei giacimenti scoperti in precedenza, hanno confermato la validità mineraria profonda.

Con metodi di prospezione altamente avanzati attualmente l'AGIP Mineraria sta facendo in lungo e in largo la Pianura Padana alla ricerca di nuove manifestazioni di idrocarburi; gruppi geofisici qualificati, italiani e stranieri, esplorano percorrendo 500 chilometri all'anno. E' un lavoro che ha impegnato in un primo tempo ben 100 uomini e che ora è portato avanti da sette con uno sforzo concentrato nelle zone più in "trasparenti" al metodo di prospezione geofisica adottato.

Con le tecniche di oggi si possono "radiografare" i sedimenti prevalentemente costituiti da strati di sabbia e di argilla, ad ancora maggiore profondità, e riconoscere l'assetto naturale dei terreni e la presenza di eventuali "trappole" (situazioni geologiche favorevoli all'accumulo e la conservazione di idrocarburi).

L'impegno finanziario per la prospezione in corso, che consente un maggiore grado di penetrazione e l'acquisizione di maggiori informazioni sull'assetto del sottosuolo, ammonta a mezzo miliardo di lire all'anno per ogni gruppo geofisico operante. A questa spesa si è aggiunto il costo non indifferente delle elaborazioni con strumenti elettronici specializzati.

La nuova campagna di prospezione ha portato ad una conoscenza molto più approfondita dei terreni gassiferi già esplorati trent'anni fa quando con il metodo sismico si era giunti a quella profondità di quel tempo si conseguirono le prime scoperte.

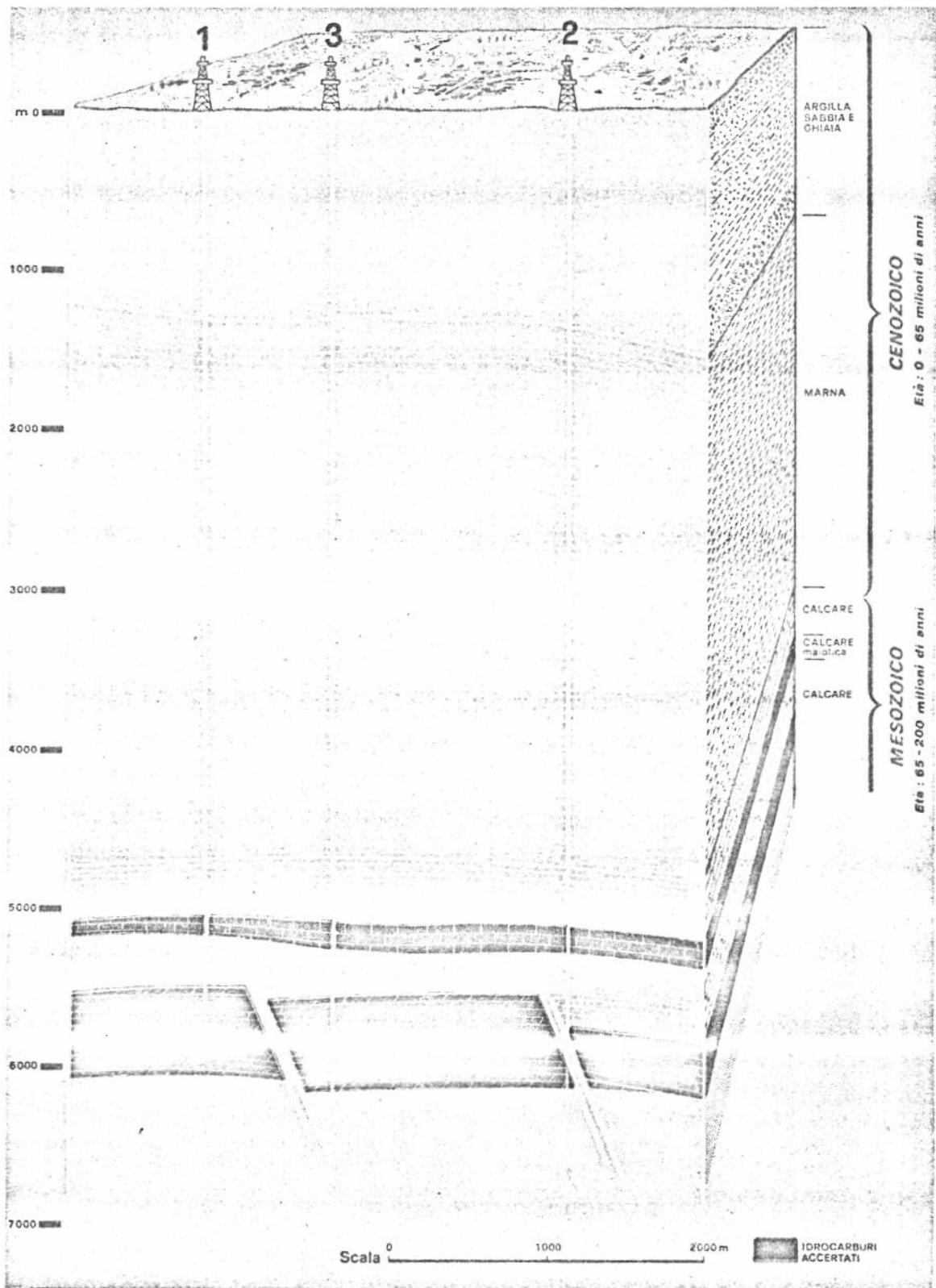
Con i tre pozzi di Malossa si sono raggiunte notevoli profondità in terreni sovrastanti quelli del Terziario. Una delle maggiori difficoltà si è riscontrata nella presenza di strati elevati, così elevati ed insoliti che, per contenerli in condizioni di assoluta sicurezza, è dovuto far costruire appositamente una speciale attrezzatura di cui esisteva un solo esemplare al mondo e precisamente negli Stati Uniti.

Come si vede, le condizioni operative dei giorni nostri sono molto diverse da quelle pionieristiche quando lo sforzo di ricerca poteva essere ritenuto all'incirca proporzionale al numero dei pozzi. Oggi si tratta di una operazione complessa di cui la performance dipende soltanto una delle componenti nella vasta gamma delle attività richieste nel campo petrolifero.

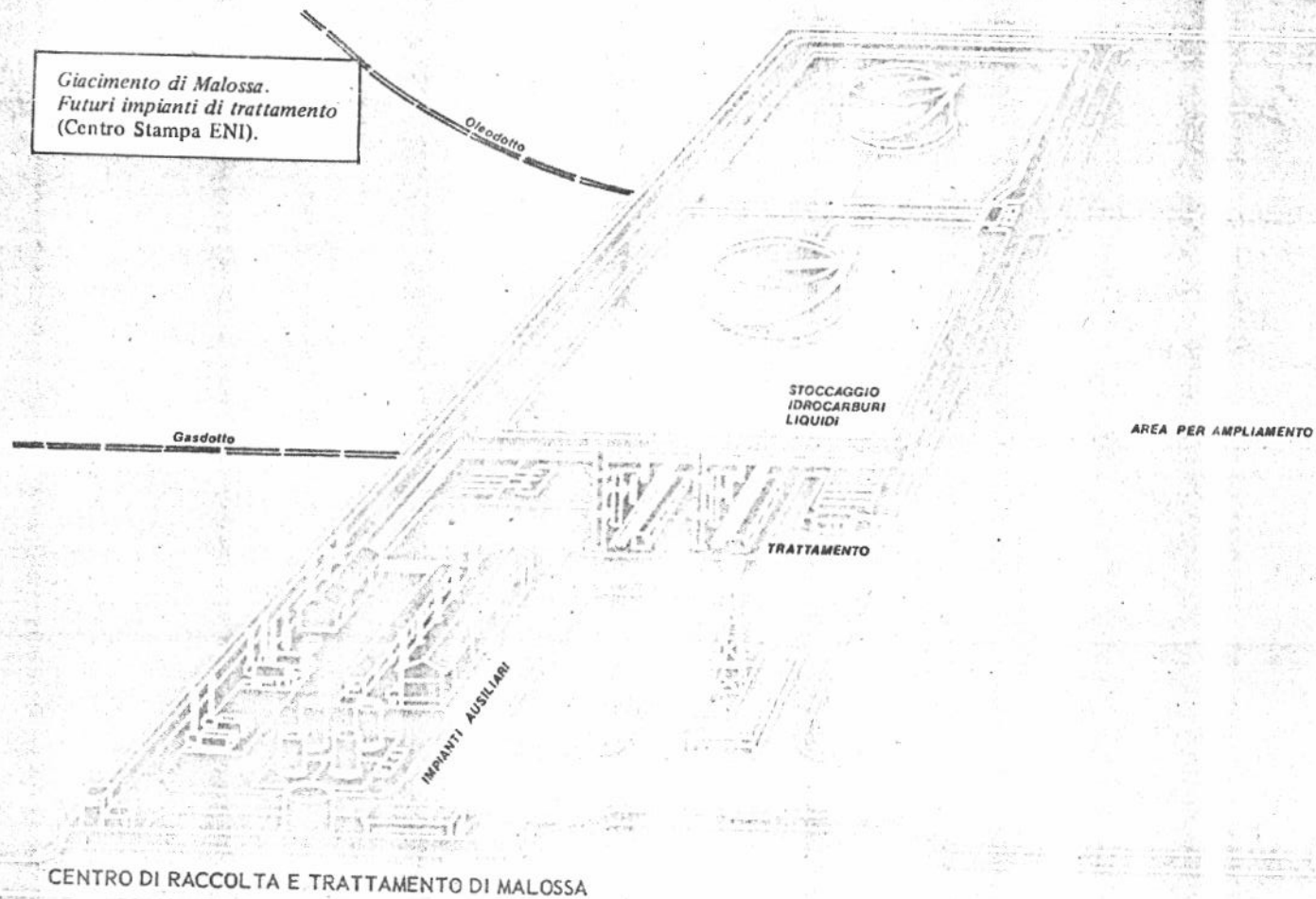
La produzione di petrolio grezzo in Italia è oggi gestita in gran parte dall'ENI e nel 1964 si è assunta la gestione dei pozzi di Ragusa, cedutagli dalla GULF. E' un'operazione che, dopo aver toccato la massima punta nel 1964, con 2 731 000 tonnellate annue, è attualmente discesa a circa 1 300 000 tonnellate annue.

In costante ascesa sono invece i quantitativi di petrolio grezzo che l'ENI ricava dagli investimenti e dalle partecipazioni a consorzi di ricerche all'estero. Dalle 75 mila tonnellate del 1965 si è passati ai 10 462 000 tonnellate del 1971 per giungere ai previsti 19 milioni nel 1974.

Ricostruzione dimostrativa del sottosuolo nella zona di Malossa. Al di sotto di uno spessore di quaranta metri di argille, marne, sabbie e ghiaie di età cenozoica i pozzi hanno incontrato calcari e dolomie più antichi, di età mesozoica che sono stati attraversati per 1500 metri. In questi terreni sono stati rinvenuti due livelli porosi contenenti idrocarburi (Centro Stampa ENI).



*Giacimento di Malossa.
Futuri impianti di trattamento
(Centro Stampa ENI).*



La veduta prospettica mostra la prevista sistemazione degli impianti per una capacità di trattamento di 10 milioni m^3 /giorno di fluido di giacimento. Dagli impianti oltre al gas destinato al metanodotto si separeranno anche ottomila metri cubi di idrocarburi liquidi al giorno. In primo piano si vedono gli impianti ausiliari (centrale termica, compressione, trattamento acqua) in secondo piano gli impianti di separazione gas e stabilizzazione dei liquidi e sullo sfondo i serbatoi per lo stoccaggio liquidi. Sulla destra è l'area per la futura espansione degli impianti.

Per quanto riguarda le ricerche, oltre quelle in corso nella Valle Padana, ve ne sono un po' dappertutto nel nostro Paese e soprattutto nella zona adriatica ad opera di vari consorzi.

L'iniziativa più fortunata, finora, è stata quella della ELF, che ha al suo attivo a Porto San Giorgio nelle Marche un "pozzo di scoperta" produttivo. A metà dello scorso anno i permessi di ricerca, concessi dallo Stato erano 311 di cui 69 in terraferma e 242 in mare, per una superficie che, esclusa la Valle Padana, copriva 2 053 000 ettari di terraferma e 5 751 000 ettari di mare. La ricerca è condotta da qualche decina di società (la legge italiana ha fissato a un milione di ettari in mare e 500 000 ettari in terraferma la superficie massima che una singola società può accaparrarsi) fra cui spiccano oltre all'AGIP, alcuni nomi delle principali compagnie internazionali (Shell, Gulf, Elf) affiancati da compagnie indipendenti (Blue Star Petroleum, Hamilton Brothers, Sun Oil) non di primissima grandezza e spesso mescolati a quelli dei principali gruppi industriali italiani (Fiat, Montedison, Snia, Sir).

Un certo impulso alla ricerca è venuto dalla legge del 1967 che garantiva alle società petrolifere condizioni assai più vantaggiose di quelle previste da una legge precedente che risaliva al 1957. Il canone da pagare allo Stato per il permesso di ricerca fu ridotto da 200 a 10 lire per ettaro, mentre nel caso di una concessione di sfruttamento successiva alla ricerca (quando cioè il petrolio è stato trovato) il canone scese da 1500 lire a 40 lire per ettaro.

Nonostante le agevolazioni tuttavia i risultati complessivi erano stati di scarso rilievo.

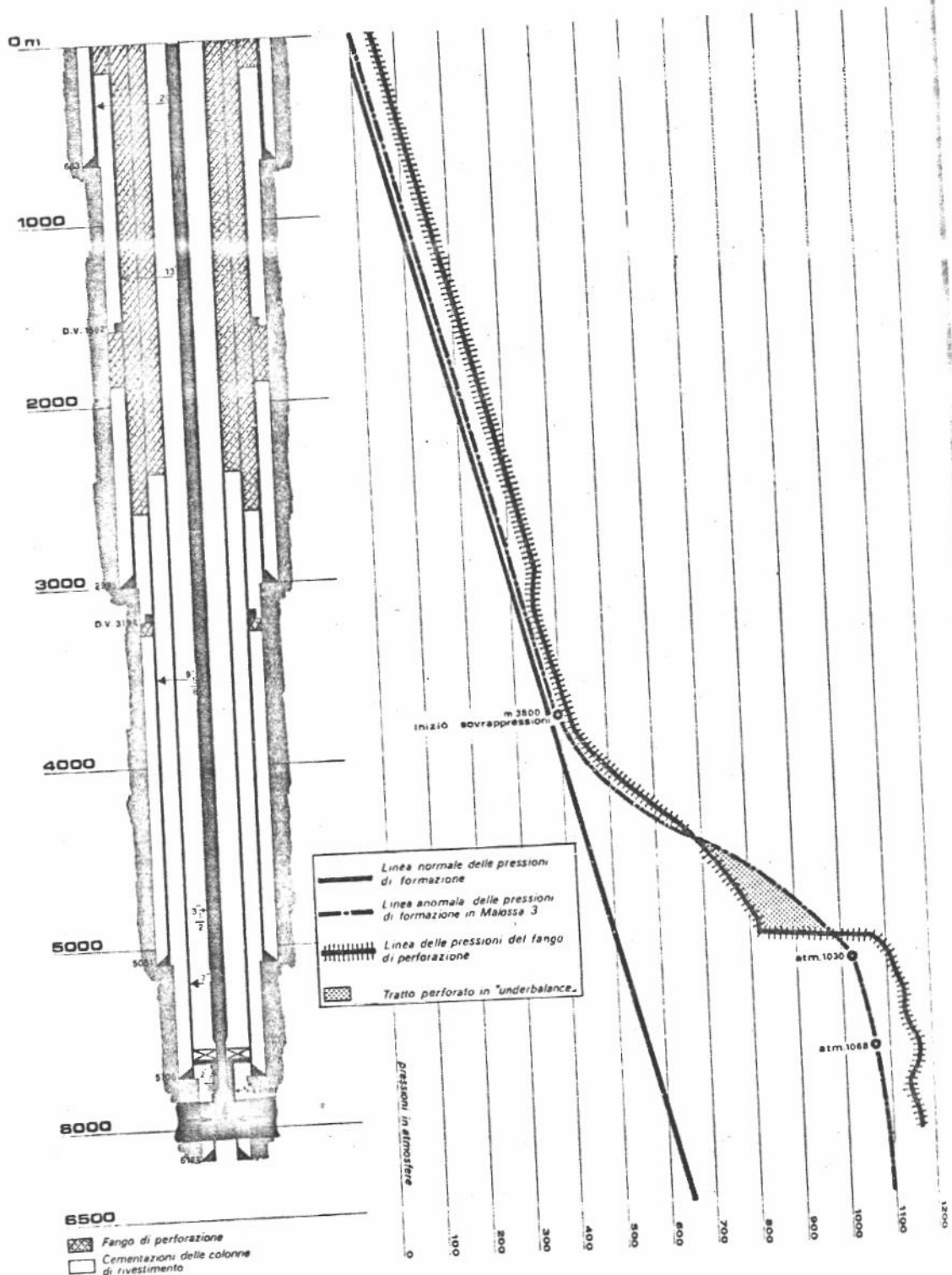
Il petrolio scoperto recentemente a Malossa sta ridimensionando il panorama petrolifero italiano; è questo, almeno, il parere espresso da alcuni esperti in materia. I primi risultati hanno dimostrato infatti che l'iniziativa di riesplorare la Pianura Padana con l'apporto di metodi più moderni è più che valida.

Naturalmente anche l'attività della perforazione svolta a Casirate presuppone la necessità di avere strumenti tecnici e tecnologici sufficienti per raggiungere profondità elevate e attraverso terreni di difficile penetrazione. Vi sono attualmente organismi specializzati che si dedicano intensamente per trovare la possibilità di migliorare la tecnica di perforazione nella litosfera, per arrivare al limite Mohorovici, cioè al limite inferiore della crosta superficiale della terra. Questa profondità varia, secondo le zone del globo terrestre, da 10 a 70 chilometri.

Come è noto, questa azione è conosciuta con il nome di "Progetto Mohole" al quale si sono dedicati sia i sovietici che gli americani iniziando nel 1966 le perforazioni nelle zone dove la crosta terrestre è più sottile. Nell'URSS si stanno facendo lavori per una perforazione di 15 000 mila metri nella penisola di Kola, precisamente nella provincia di Arcangelo. Gli americani, per contro, hanno iniziato un sondaggio a nord dell'Isola Hawaii dove l'Oceano Pacifico presenta una profondità di 4200 metri e la sonda dovrebbe penetrare ancora 5200 metri circa nel terreno.

E' evidente che le compagnie petrolifere sono direttamente interessate alla creazione di attrezzature necessarie per la perforazione profonda.

Nel metodo di prospezione tradizionale, un motore situato in superficie trasmette un movimento rotatorio ad un utensile, mediante un albero di trasmissione lungo diversi chilometri. Nella maggior parte dei casi l'utensile è un trapano che distrugge la roccia spezzandola. Il pozzo viene generalmente riempito di fanghi di perforazione che assolvono diverse funzioni, ma che servono soprattutto a trascinare i prodotti dello sterro in superficie ed a creare una contropressione che eviti le eruzioni dei fluidi. Uno scalpello viene applicato all'estremità di un lungo treno di aste di acciaio e tutto il complesso viene fatto ruotare. Man mano che lo scalpello penetra nel sottosuolo, sempre più in profondità, nuove aste vengono avvitate al treno in modo da allungarlo. Quando lo scalpello si è logorato o rotto e deve essere sostituito



Malassa 3^o: profilo delle colonne discese in pozzo e risalita del cemento. Il diagramma evidenzia l'andamento delle pressioni teoriche, delle pressioni riscontrate e di quelle esercitate dal fango di perforazione impiegato (Centro Stampa ENI).

tuito, oppure quando è necessario effettuare delle prove nel foro con attrezzature speciali, l'intero complesso viene tirato fuori. Poi, al riprendere delle operazioni di trivellazione, il complesso deve essere fatto completamente rientrare. Tutto questo sembra semplice, a parole, ma in realtà si tratta di operazioni tra le più faticose.

Per estrarre l'intero treno di aste dal pozzo, gli uomini che lavorano sulla piattaforma alla base del derrick applicano un elevatore sulla estremità superiore del treno e cominciano a sollevarlo verticalmente.

Man mano che l'estrazione procede ed il treno affiora, gli uomini lo scompongono sviluppandolo nei segmenti comprendenti di solito ciascuno tre aste per una lunghezza complessiva di trenta metri circa.

E' qui che entra in scena l'uomo senza vertigini.

Sulla sua passerella panoramica egli è pronto all'azione; quando l'elevatore che regge il treno arriva fino alla sua altezza, gli uomini che sono alla base svitano il primo segmento e ne poggiano sulla piattaforma l'estremità inferiore. L'uomo allora sgancia l'elevatore e a forza di muscoli colloca la sommità del segmento in una apposita rastrelliera situata in un angolo, vicino alla sua passerella. L'elevatore scende e risale subito dopo con un altro segmento. L'operazione si ripete: uno per uno, tutti i segmenti vengono sistemati nella rastrelliera fino a quando l'intero treno di aste è uscito dal foro.

Venuta l'ora di ricominciare a trivellare, il lavoro viene invertito; l'elevatore va su vuoto, l'uomo stacca un segmento e lo aggancia. La squadra sulla piattaforma lo riceve, lo avvita, lo fa scendere nel foro.

Nel gergo dei campi petroliferi l'intera operazione dell'uscita e del rientro del treno si chiama *making a round trip* o "fare il viaggio di andata e ritorno".

Scopo delle attuali ricerche è di eliminare l'albero di trasmissione posto tra la superficie ed il fondo, collocando il motore appunto in fondo al pozzo: è quanto si propongono gli esperti di fare con la trivellazione a turbina, in cui viene sfruttata l'energia idraulica del fango, o con la perforatrice elettrica, in cui la trasmissione avviene mediante un cavo.

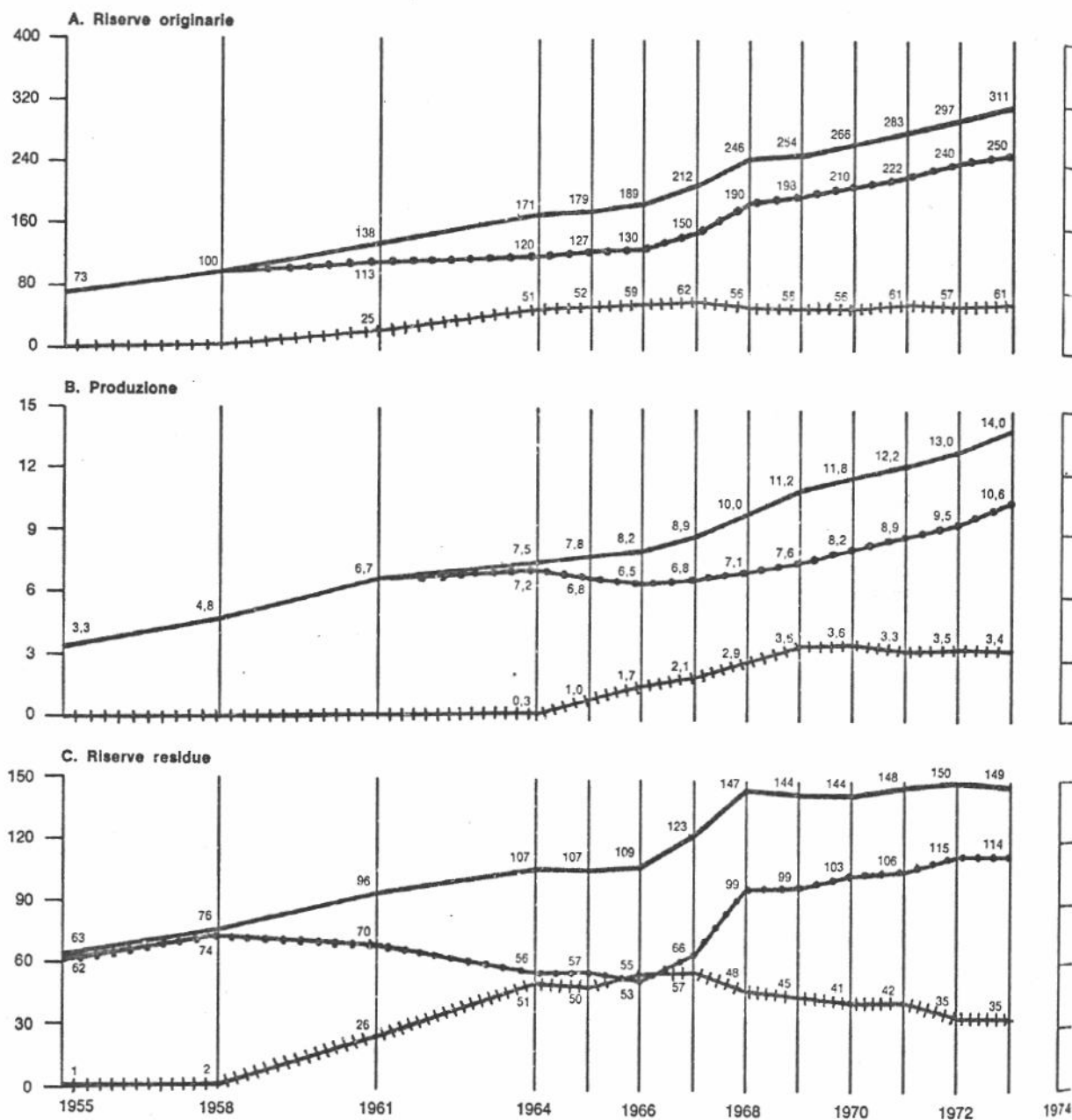
In verità fino a qualche anno fa, per la grande maggioranza dei pozzi scavati, la profondità media in cui si è trovata la maggior parte del petrolio nel mondo si è aggirata tra i 1000 ed i 3000 metri.

Nel Medio Oriente, i soli pozzi produttivi che raggiungano i 3000 metri sono quelli di Rumaila e Zubair nell'Iraq meridionale, quello di Daruis al largo delle coste dell'Iran e quello di Minagish nel Kuwait, ma la loro produzione complessiva corrisponde al 6-7% di quella totale del Medio Oriente. Nell'Africa del Nord, i giacimenti profondi di El Gassi e di Hassi Messaoud (3000-3300 metri) forniscono oltre il 50% della produzione totale algerina, mentre i pozzi della Libia estraggono l'oro nero da una profondità di 1500-1800 metri.

In Nigeria le profondità sono maggiori; nell'Estremo Oriente avviene il contrario: il greggio viene estratto da una profondità che non raggiunge mai i 2000 metri mentre il giacimento di Minas, il più ricco, al centro di Sumatra, è profondo soltanto 371 metri. Nel Venezuela le profondità sono distribuite su una scala molto ampia, sia per i pozzi di esplorazione che per quelli produttivi.

Negli ultimi anni sono state effettuate trivellazioni molto profonde; il record mondiale raggiunto nel 1974 e da un unico sondaggio esplorativo, nel Nord America, è di 9585 metri. Il record europeo è di 7026 metri (Germania Orientale).

Si sa che l'esplorazione profonda, oltre i 5000 metri, ha un costo più che proporzionalmente superiore alla ricerca che si spinge fino verso i 3000 metri di profondità. Prima di iniziare l'esplorazione in profondità tra il 1943 e il 1973 l'AGIP aveva scavato in



(a) I dati relativi alle riserve si riferiscono alla fine di ciascun anno. Le produzioni sono relative all'anno indicato. Riserve di quota AGIP.

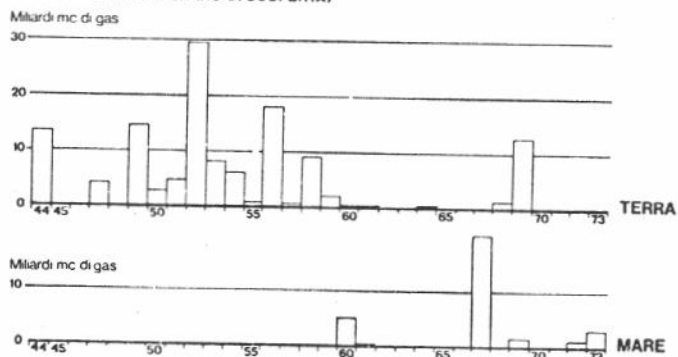
Totale Italia —
Italia settentrionale —
Italia centro-meridionale e insulare —

Andamento delle riserve di gas naturale e produzione utilizzata dal Gruppo ENI in Italia dal 1955 al 1973 (Centro Stampa ENI).

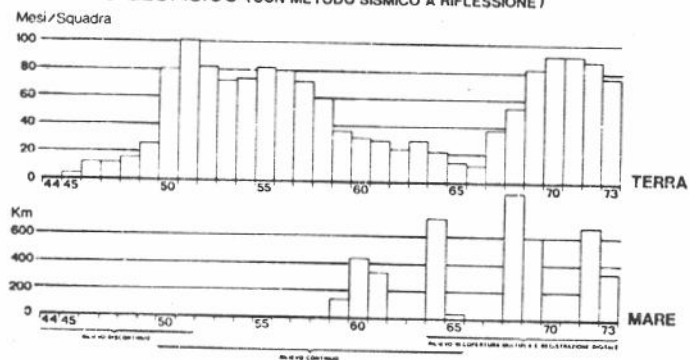
Attività e scoperte nella zona ENI (1944-1973). Le attività di ricerca petrolifera hanno normalmente un andamento ciclico determinato principalmente dal progresso tecnologico che permette di affrontare nuove aree o di riprendere in considerazione aree già precedentemente esplorate quando i nuovi mezzi a disposizione lo consentano (Centro Stampa ENI).

ATTIVITA E SCOPERTE - ZONA ENI 1944-1973

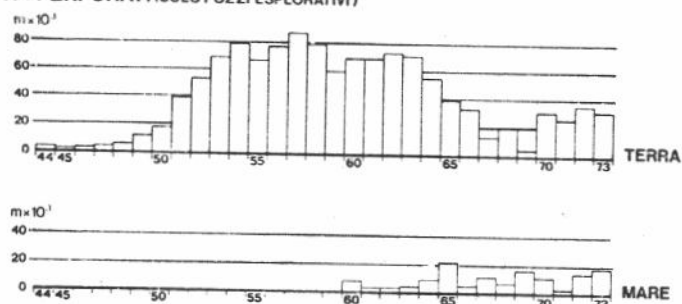
RISERVE (RIPORTATE ALL'ANNO DI SCOPERTA)



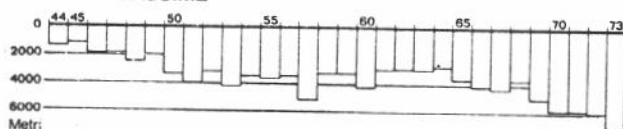
RILEVAMENTO GEOFISICO (CON METODO SISMICO A RIFLESSIONE)



METRI PERFORATI (SOLO POZZI ESPLORATIVI)



PROFONDITA MASSIME



Italia e nel mare vicino 2284 pozzi, di cui 1033 sono oggi in coltivazione (contro i 208 pozzi in coltivazione in Italia di altre società). Era stata accertata complessivamente la presenza di 70 giacimenti di idrocarburi che hanno fornito, nel 1973, 14 miliardi di metri cubi di gas naturale e un milione di tonnellate di petrolio.

Il passaggio dalla fase di esplorazione alle prime trivellazioni di grande profondità è maturato a partire dal 1970. Fu allora che i dirigenti dell'AGIP, che cominciavano a disporre di soddisfacenti radiografie del sottosuolo, decisero di dare inizio alle "grandi perforazioni" e acquistarono negli Stati Uniti, a un prezzo di circa 5 miliardi l'una, alcune supersonde di elevata potenza, in grado di scendere fino a 7500 metri. A detta degli esperti, le migliori prospettive sembravano essere offerte soprattutto nella zona centrale della Lombardia; e in tal modo si è giunti alla scelta di Casirate.

Nel quadro delicato della crisi energetica che attanaglia come in una morsa d'acciaio il nostro sviluppo economico al pari del resto di altri Paesi europei, infatti, la lieta notizia che si è velocemente diffusa è oltremodo soddisfacente: 50 miliardi di metri cubi di metano e 40 milioni di tonnellate di petrolio greggio accertati presso la cascina di Malossa.

Queste cifre possono essere meglio valutate — ha detto il presidente dell'Ente Nazionale Idrocarburi, Ingegnere Girotti — *se si considera che si tratta del più grosso giacimento mai individuato in Italia, con una presenza di idrocarburi anch'essa di eccezionale importanza.*

Inoltre lo spessore produttivo accertato è di oltre mezzo chilometro; il che non si è mai verificato in giacimenti italiani, per cui si può sicuramente dedurre che il fenomeno non è limitato alla zona perforata.

Il petrolio fuoriuscito a Malossa, che è stato esaminato e che ha determinato una prima prudenziale valutazione di sviluppo, richiede peraltro una giusta considerazione anche sulla qualità che lo distingue.

A detta degli specialisti, questo "grezzo" è dei migliori finora ritrovati nel mondo; in verità, se ci si deve basare su certe classificazioni rigide, non lo si potrebbe neanche definire come "grezzo" bensì "gasolina".

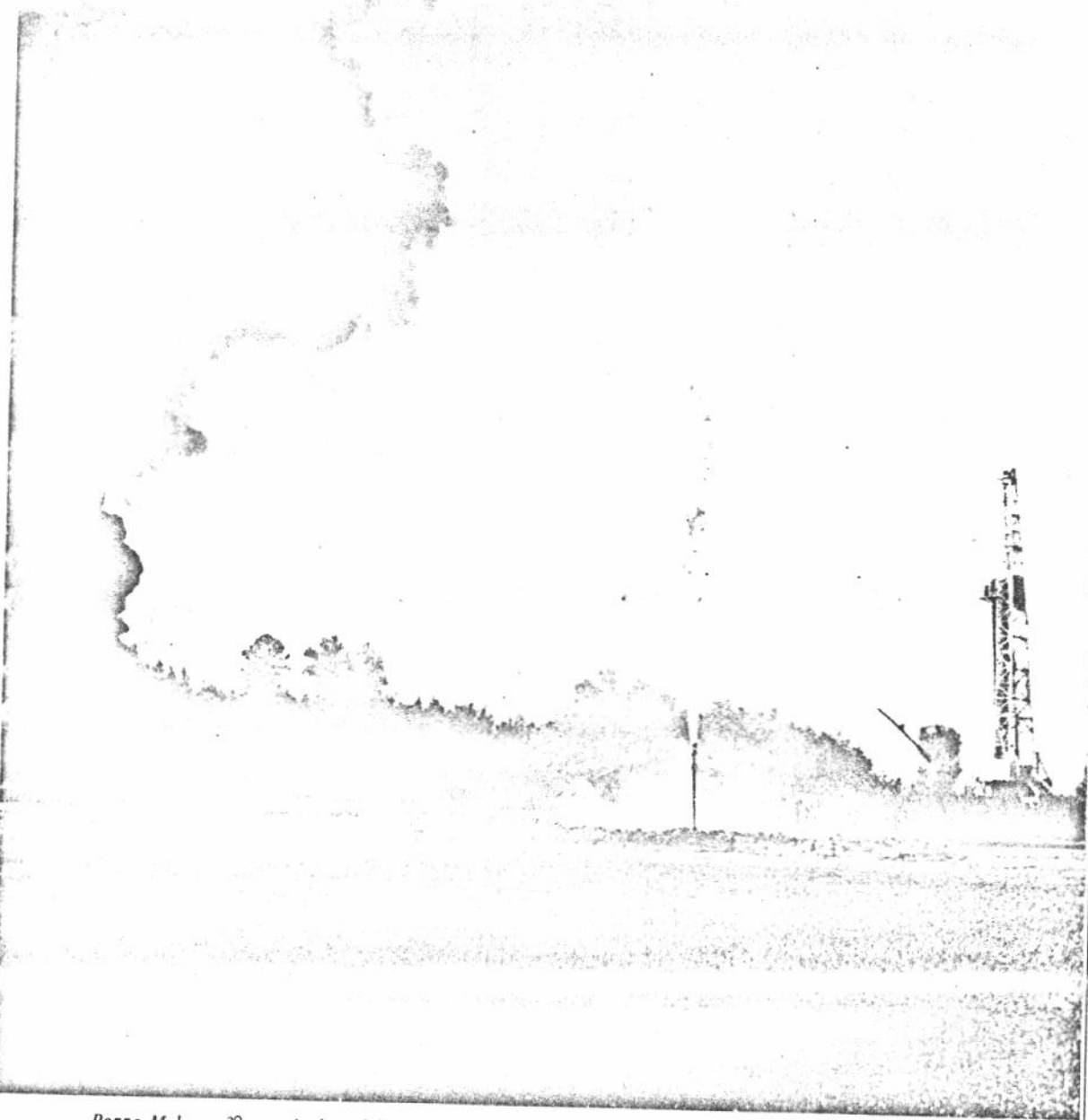
Si sa che chimicamente ogni grezzo risulta dalla mescolanza di numerosi idrocarburi, con tracce di ossigeno, azoto, zolfo ed altro. Per semplicità si possono aggruppare dette sostanze in tre gruppi: petroli naftenici; petroli paraffinici o metanici; petroli aromatici. Al di là di tante altre caratteristiche il contenuto di paraffina è minimo nei primi e massimo negli ultimi. I petroli aromatici si trovano principalmente in giacimenti delle Indie orientali, quelli naftenici e paraffinici sono caratteristici dei campi produttivi americani ed europei.

Nel campo del petrolio, e soprattutto dei grezzi, esiste una scala di valori, convenzionale ed arbitraria, che è denominata coefficiente di gravità API (da "American Petroleum Institute") e che è comunemente accettata in tutto il mondo. Il grado API aumenta con il diminuire della gravità specifica, per cui ad un grado API elevato corrisponde una gravità specifica più bassa.

Attualmente i grezzi che le nostre raffinerie sono usi a trattare si aggirano sui 34° API. Da questo tipo di grezzo si ottengono le rese ormai abbastanza standardizzate che tutti sanno: 12-14 per cento di benzina, 20 per cento di gasolio, 50 per cento di olio combustibile.



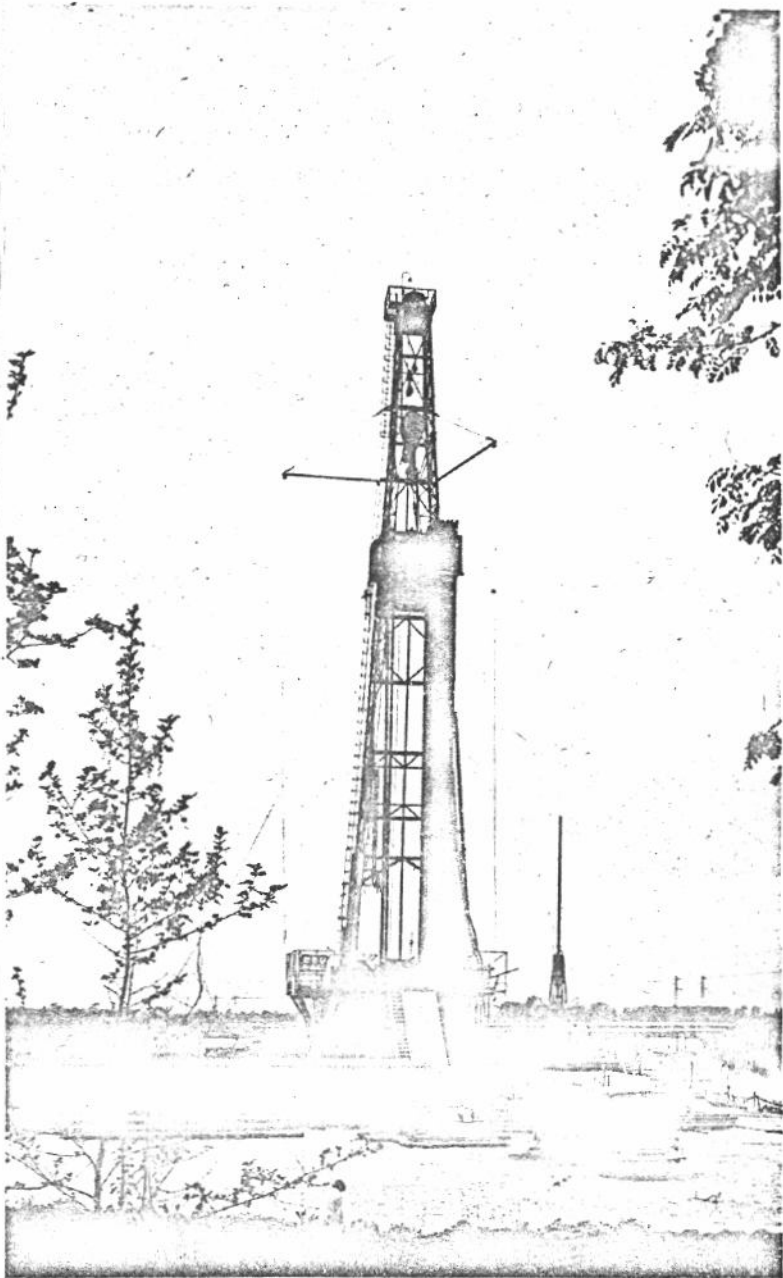
Attività di perforazione sul pozzo Malossa 3° durante la discesa di una colonna di rivestimento del pozzo alla profondità di 5080 metri (Centro Stampa ENI).



Pozzo Malossa 3°: particolare della zona dove viene bruciato il petrolio (foto Archivio ENI).

←
Prova di produzione del pozzo Malossa 3°: la prova è stata effettuata per un primo accertamento diretto della potenzialità produttiva del pozzo e della qualità degli idrocarburi erogati (foto Archivio ENI).

Impianto National in attività sulla postazione Malossa 3°; in basso a destra si nota l'apparecchiatura per il controllo delle eruzioni costruita appositamente negli Stati Uniti (Centro Stampa ENI).



E' sulla base di queste rese che si è verificato, negli ultimi tempi, un sovrappiù di disponibilità di benzina, il cui consumo è risultato compresso dall'alto prezzo mentre i fabbisogni di grezzo sono determinati dalle necessità di olio combustibile dell'industria e delle centrali termoelettriche.

Ora accade che il petrolio-gasolina, che è fuoriuscito dai pozzi di Malossa, abbia un indice API di 52°-54°, il che lo pone in una situazione del tutto speciale, se si pensa che i

grezzi più leggeri in circolazione, quelli venezuelani, algerini, australiani, si fermano per lo più ai 48° API. Dal grezzo scoperto dall'ENI si dovrebbe ricavare senza difficoltà un 55 per cento di benzina, un 10 per cento di gasolio più un 16,5 per cento di cherosene e 9 per cento di lubrificanti viscosi e medio viscosi. Tre sono le ipotesi che si fanno sulla possibile utilizzazione del petrolio-gasolina di Malossa: riservare tutto il quantitativo alla petrolchimica che ne è ghiottissima; immetterlo ai consumi normali mescolandolo con altri grezzi più pesanti; venderlo così com'è all'estero per acquistare poi, col denaro ricavato, i maggiori quantitativi di grezzo da 34° API. Sulla base di queste premesse — pur generiche ed elementari — spetterà agli esperti dare una giusta valutazione alle ipotesi avanzate.

E' certo un fatto: che i tre pozzi di Malossa sono, senza dubbio, un ottimo biglietto di presentazione; essi preannunciano, c'è da augurarcelo, una dimensione nuova nel panorama italiano delle fonti di energia.

La Valle del Po ha effettivamente rappresentato nel passato, ed ancor oggi rappresenta, un vero trampolino di lancio per l'Ente Nazionale Idrocarburi, ma ciò non perché, come alcuni sono propensi a pensare, sia stato un dono gratuito offerto su un facile piatto o un serbatoio scoperto da altri in cui bastava semplicemente aprire qualche rubinetto per estrarre la preziosa linfa.

Nella Valle Padana niente è stato messo a profitto che non sia stato frutto di lavoro, di ricerche, di rischi e di grandi investimenti finanziari.

Agli investimenti per la valorizzazione di ogni possibile fonte di energia è riconosciuto, specie in questo periodo cruciale, un rilievo prioritario sia da parte del nostro Paese come da parte dei paesi della Comunità europea.

E' recente la notizia che la Banca Europea degli Investimenti (BEI) ha concesso all'ENI un mutuo di 24,1 miliardi di lire per lo sviluppo del giacimento di Malossa.

Si tratta del più grosso sforzo finanziario di questo Istituto per la valorizzazione delle risorse petrolifere in Europa. Nel 1974, infatti, la BEI ha concesso nove mutui per circa 75 miliardi di lire destinati al finanziamento di vari progetti di sviluppo delle risorse della Comunità Economica Europea. Nel dicembre scorso sono stati concessi 14 miliardi alla Norsk AGIP, consociata norvegese dell'AGIP per lo sfruttamento dei giacimenti di Ekofisk.

I quattrini prestati dalla BEI serviranno a finanziare una quindicina di pozzi, la realizzazione dell'impianto di raccolta e trattamento degli idrocarburi nonché i lavori di trasporto.

La produzione del giacimento di Malossa dovrebbe iniziare su scala industriale alla fine del 1975 o all'inizio dell'anno prossimo. Per la valorizzazione delle future disponibilità energetiche "riscoperte" nella Valle Padana occorreranno nuovi macchinari che saranno prodotti dalla nostra industria. In tal modo mentre si punta alla soluzione del problema energetico, si mettono in moto attività di sostegno alla nostra economia, oggi particolarmente necessarie per evitare che la crisi del nostro sistema economico porti ad ulteriori e gravi contrazioni occupazionali.



BIBLIOGRAFIA

- AGIP MINERARIA, *Gli idrocarburi di Cortemaggiore ed il loro trattamento*, ENI, Roma, 1956.
- BERGER Y., *Pozzi petroliferi profondi*, in "La Scuola in Azione", n. 8, 1959/60, ENI, San Donato Milanese.
- BERTOLI M., *Ricerche petrolifere - L'evoluzione tecnologica suggerisce nuovi sistemi di ricerca e di perforazione* (conversazione radiofonica del 23/2/1968 - Radiotelevisione svizzera).
- BERTOLI M., *Perforazioni sottomarine*, in "Tecnica e Ricostruzione" Organo dell'Ordine degli Ingegneri di Catania, n. 6, 1969.
- BERTOLI M., *Ricerca e coltivazione di giacimenti petroliferi*, in "Rivista Tecnica della Svizzera Italiana", n. 7, 1965, Lugano.
- BERTOLI M., *Aspetti evolutivi dell'industria petrolifera*, in "Rivista Tecnica della Svizzera Italiana", n. 2, 1963, Lugano.
- BERTOLI M., *L'industria petrolifera nel piano di una politica europea dell'energia*, in "Tecnica Italiana", n. 1, 1955, Trieste.
- CASSINIS R. - SOLAINI L., *Tecniche della prospezione geofisica - Considerazioni critiche sui metodi di prospezione* (Sintesi dei corsi svolti presso la Scuola E. Mattei di Studi Superiori sugli Idrocarburi - 1961/62/63), ENI, San Donato Milanese.
- CHIERICI G., *Termodinamica dei fluidi di giacimento* (Sintesi del corso svolto presso la Scuola E. Mattei di Studi Superiori sugli Idrocarburi - 1961), ENI, San Donato Milanese.
- D'AGOSTINO O., *Interpretazione geologica dei rilevamenti geofisici* (Sintesi del corso svolto presso la Scuola E. Mattei di Studi Superiori sugli Idrocarburi - 1961), ENI, San Donato Milanese.
- DESIO A., *Giacimentologia degli idrocarburi* (Sintesi del corso svolto presso la Scuola E. Mattei di Studi Superiori sugli Idrocarburi - 1961), ENI, San Donato Milanese.
- ENTE NAZIONALE IDROCARBURI, *Energia e Idrocarburi - L'industria energetica petrolifera e petrolchimica nel periodo 1955-1965*, Vol. I e II, ENI, Roma.
- FISHER F.M., *Valutazione degli effetti della profondità dei pozzi e delle mutazioni tecnologiche sul costo delle perforazioni in USA*, in "Scuola in Azione", n. 19, 1964, ENI, San Donato Milanese.
- GAVOTTI C., *Eruzione dei pozzi petroliferi* (Sintesi del corso svolto presso la Scuola E. Mattei di Studi Superiori sugli Idrocarburi-1964), ENI, San Donato Milanese.
- GERLA L., *Impianti di perforazione*, in "La scuola in azione" articoli apparsi nel n. 14, 1959; n. 11, 1960; n. 12, 1961; n. 17, 1965; ENI, San Donato Milanese.
- KELEMEN S., *Mecanisme de production du pétrole des reservoirs fissurés*, in "La Scuola in Azione", n. 19, 1962, ENI, San Donato Milanese.
- LONG G., *Fondamenti di geochimica applicata - Chimica dei fluidi di perforazione* (Sintesi del corso svolto presso la Scuola E. Mattei di Studi Superiori sugli Idrocarburi - 1961) ENI, San Donato Milanese.
- MATTEI E., *Il problema politico degli idrocarburi*, ENI, Roma, 1950.
- NEGLIA S., *Prospezione e carotaggi geochimici* (Sintesi del corso svolto presso la Scuola E. Mattei di Studi Superiori sugli Idrocarburi - 1962), ENI, San Donato Milanese.
- PECORARI R., *Tecnologia dei fluidi di perforazione* (Sintesi del corso svolto presso la Scuola E. Mattei di Studi Superiori sugli Idrocarburi - 1961), ENI, San Donato Milanese.

ERI M., *Prospezione geologica; rilevamenti geologici* (Sintesi del corso svolto presso la Scuola E. Mattei di Studi Superiori sugli Idrocarburi - 1961), ENI, San Donato Milanese.

GNATELLI ARAGONA N., *Ricerche petrolifere nell'ambito del Mercato Comune Europeo*, AGA, Roma, 1958.

PERSON S.J., *L'individuazione dei giacimenti di idrocarburi mediante i carotaggi*, in "La Scuola in Azione" n. 11, 1966, ENI, San Donato Milanese.

GNORINI R., *Geologia del sedimentario* (Sintesi del corso svolto presso la Scuola E. Mattei di Studi Superiori sugli Idrocarburi - 1961), ENI, San Donato Milanese.

