

ATTI DEL
VI CONGRESSO DEL METANO
PADOVA 1949

T. Rocco

*Possibilità del metodo sismico
nella ricerca degli idrocarburi*

POSSIBILITÀ DEL METODO SISMICO A RIFLESSIONE NELLA RICERCA DEGLI IDROCARBURI

Scopo di questa breve nota non è tanto di ripetere i meriti del metodo sismico a riflessione nella ricerca degli idrocarburi, quanto piuttosto di metterne in luce le reali possibilità.

Si può dire che i metodi geofisici erano da noi ancora pressochè ignorati quando invece in altri paesi e particolarmente negli Stati Uniti essi erano già largamente impiegati e costituivano un mezzo ormai riconosciuto indispensabile per la ricerca. Questo fatto può essere comprensibile se raffrontato al tardo e tuttora lentissimo sviluppo della nostra industria petrolifera nel settore minerario. Meno comprensibile è invece se raffrontato alle non trascurabili somme spese per perforazioni di ricerca effettuate senza adeguata preparazione di studi geologico-geofisici. La conoscenza anche superficiale dei risultati conseguiti all'estero, con l'impiego dei metodi geofisici, avrebbe infatti dovuto costituire motivo di riflessione e valutazione economica per chiunque ha dovuto affrontare l'alea e le ingenti spese che le perforazioni comportano. Raramente però vengono tratti tutti gli ammaestramenti che esperienze lontane potrebbero dare. Così si può notare che, in Italia, una estesa applicazione dei metodi geofisici alla ricerca petrolifera è finora stata effettuata solo dall'A.G.I.P. e dalla S.P.I. Purtroppo ragioni diverse non hanno ancora consentito ad entrambe le Società di trarre tutti i frutti che — è nostra speranza — gli studi già compiuti potranno dare.

In contrapposto al passato, i risultati conseguiti con alcune perforazioni eseguite dall'A.G.I.P. nella zona piacentina e milanese, sulla base di rilievi compiuti col metodo sismico a riflessione, hanno alimentato speranze senza dubbio giustificate, ma che forse hanno portato taluni a sopravvalutare le possibilità del metodo sismico.

Vorremmo pertanto riuscire, con l'esposizione che segue, a mettere il ricercatore in grado di apprezzare le risorse del metodo sismico, ma, nel contempo, anche in grado di valutare le difficoltà e le incertezze insite nel metodo stesso.

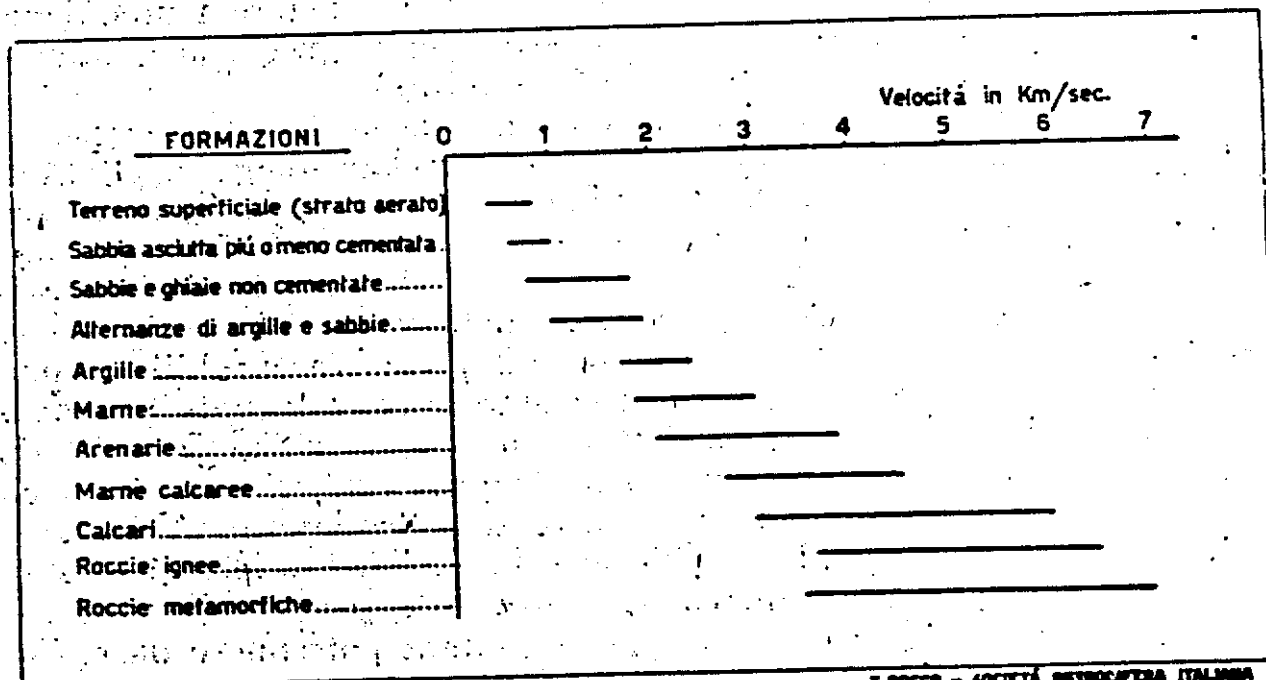
Poichè intendiamo rivolgerci a chi è profano della materia, use-

remo un linguaggio estremamente semplice, pur in accordo coi principi tecnico-scientifici sui quali il metodo si basa.

E' impossibile dire in breve tutto ciò che meriterebbe di essere detto per una discussione completa. Ci limiteremo quindi alle questioni di maggiore evidenza supplendo, in parte, con figure alla brevità delle parole.

Se in prossimità alla superficie del terreno facciamo brillare una carica di esplosivo si determina una perturbazione elastica che, in rapporto alla entità della carica ed alla natura del terreno, si propaga a distanza notevole.

Tale perturbazione consiste in treni d'onde di varia natura ed ogni tipo di tali onde si propaga con velocità diverse fra loro e dipendenti inoltre dalle caratteristiche del terreno che attraversano. Per il nostro scopo è sufficiente tenerne presente un solo tipo e precisamente il più veloce. Esso riguarda le onde longitudinali le quali consistono in successive compressioni e rarefazioni. Le velocità competenti a queste onde longitudinali, per diverse formazioni litologiche,



L. ROCCO - SOCIETÀ PETROGRAFICA ITALIANA

Fig. 1 - Indicazioni delle velocità sismiche competenti a diverse formazioni litologiche.

che, sono grossolanamente riportate in Fig. 1: le velocità, per una stessa formazione, variano entro limiti molto ampi, ma ciò è facilmente comprensibile quando si consideri il graduale passaggio di costituzione litologica da uno all'altro tipo di roccia; ha inoltre una notevole influenza, sul valore della velocità, il grado di compattezza e conseguentemente per una stessa formazione la velocità tende ad aumentare con la profondità.

Se nell'intorno del punto di esplosione il terreno si potesse considerare come un mezzo omogeneo ed isotropo le onde si propagherebbero con velocità costante in tutte le direzioni ed il fronte di tali onde, materializzato in una sezione del terreno, ad intervalli di tem-

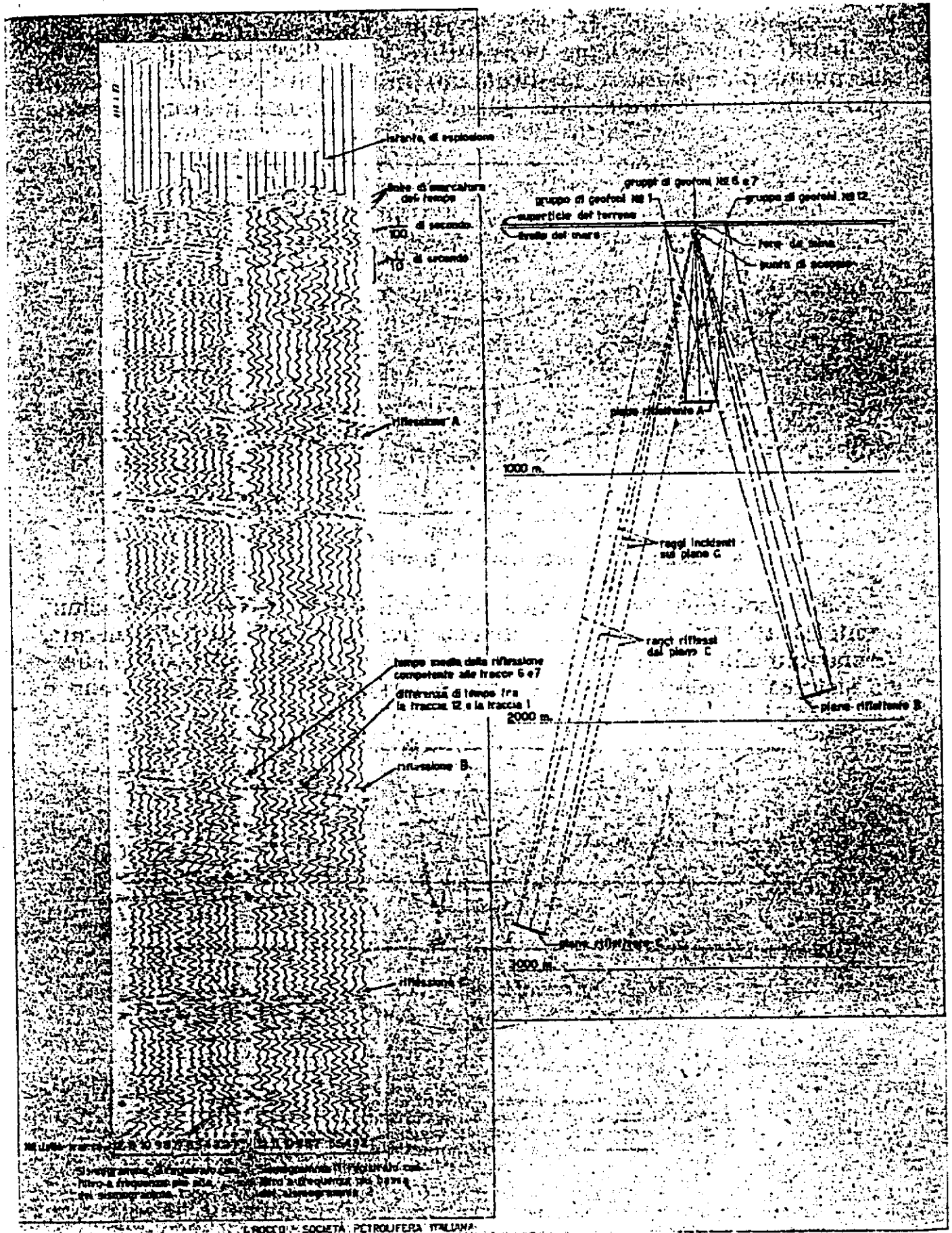


Fig. 4 - Tipica registrazione ottenuta con apparecchiatura sismica moderna.
 Fig. 5 - Rappresentazione schematica del percorso dei raggi sismici per le riflessioni A, B e C del sismogramma di fig. 4.

facilmente intuire la complessità del quadro degli impulsi sismici quando l'assetto degli strati — come di solito si verifica in natura — non sia molto semplice.

E' evidente che non è possibile determinare la distribuzione della velocità per le diverse formazioni esistenti in profondità, in modo perfettamente aderente alla situazione subsuperficiale. Si ricorre pertanto a ipotesi semplificative: di solito si assume che la velocità media (fra un punto in profondità ed uno in superficie) sia esprimibile con una funzione continua e matematicamente semplice della profondità. Le funzioni generalmente adottate in pratica comportano l'impiego di raggi sismici curvi: nelle figure che seguono sono usati ugualmente raggi rettilinei per semplicità.

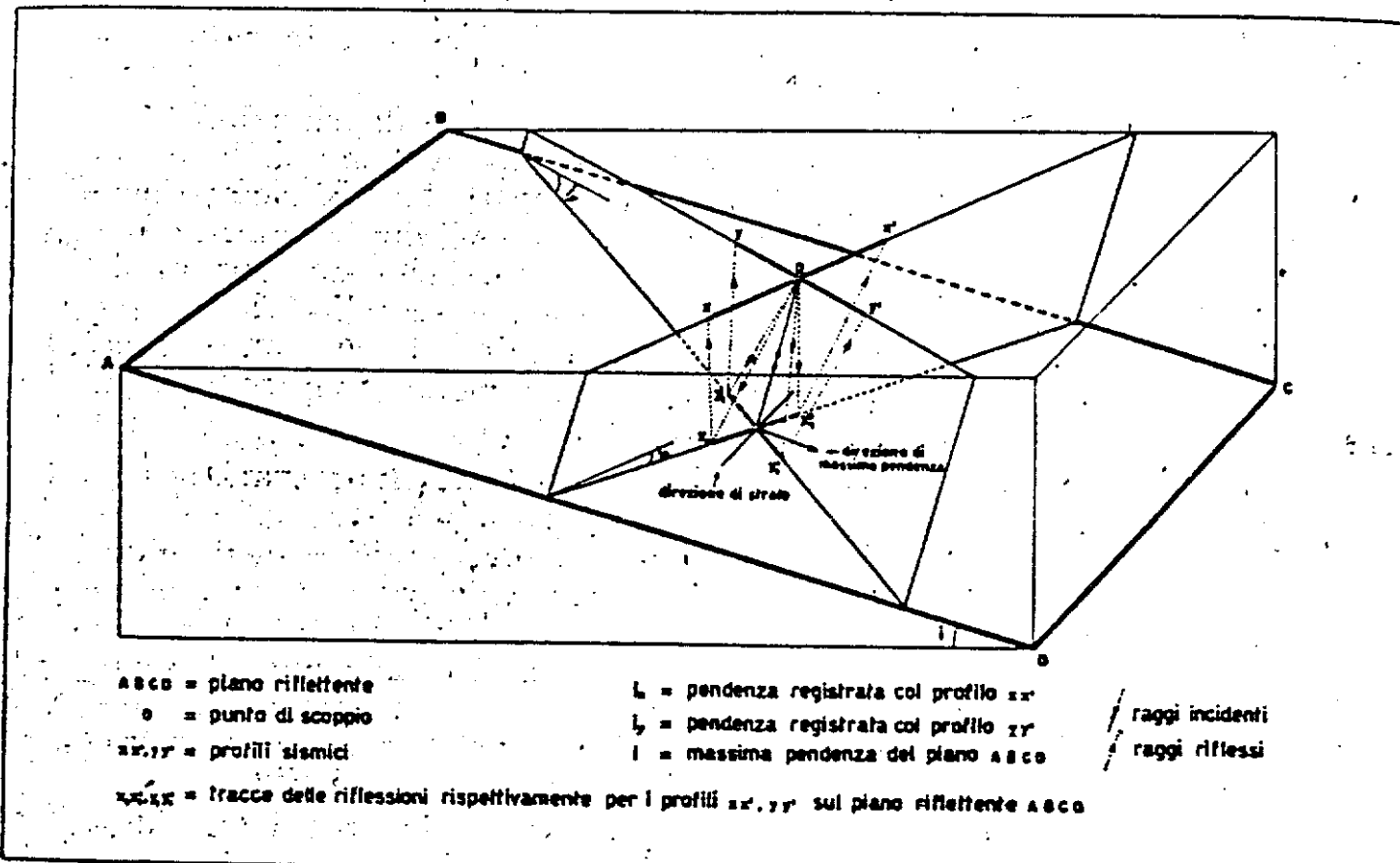
Per l'esecuzione pratica del rilievo sismico si usano svariate tecniche che diversificano fra loro solo nei particolari. L'esplosione viene effettuata in un pozzetto approntato a profondità variabile da qualche metro a qualche decina di metri. Una serie di strumenti (geofoni) viene disposta sul terreno lungo un allineamento (profilo) disposto, molto spesso, simmetricamente a cavallo del punto di scoppio. Le onde sismiche, dirette e riflesse, che pervengono a tali geofoni, dopo conveniente amplificazione e filtrazione, vengono registrate fotograficamente su un grafico (sismogramma), vedi Fig. 4.

Gli elementi ricavabili dal sismogramma e cioè per ogni riflessione: differenza di tempo fra la prima e l'ultima traccia (ognuna corrispondente ad un gruppo di geofoni) e tempo medio decorrente dall'istante di scoppio (leggibile sulle tracce centrali), unitamente alla lunghezza del profilo ed alla curva di velocità scelta per la zona in studio, consentono di calcolare profondità e pendenza dei piani riflettenti. La Fig. 5 dà una rappresentazione schematica del percorso dei raggi sismici per le riflessioni A, B e C del sismogramma riportato in Fig. 4.

Le tracce delle riflessioni di Fig. 5 coincideranno col piano verticale passante per il profilo solo se il piano riflettente è tagliato dal detto piano verticale secondo la sua massima pendenza. Naturalmente questa condizione si verifica solo in via eccezionale, tuttavia si conviene in prima approssimazione di considerare tutte le riflessioni, calcolate in base alle letture sul sismogramma, coincidenti col piano verticale passante per il profilo. In seconda approssimazione si tiene conto del loro scostamento dal piano verticale e se ne determina la reale posizione nello spazio a mezzo di due registrazioni — usando lo stesso punto di esplosione — con i geofoni disposti secondo due profili aventi diversa direzione. Di solito disposti ad angolo retto fra loro: vedi Fig. 6.

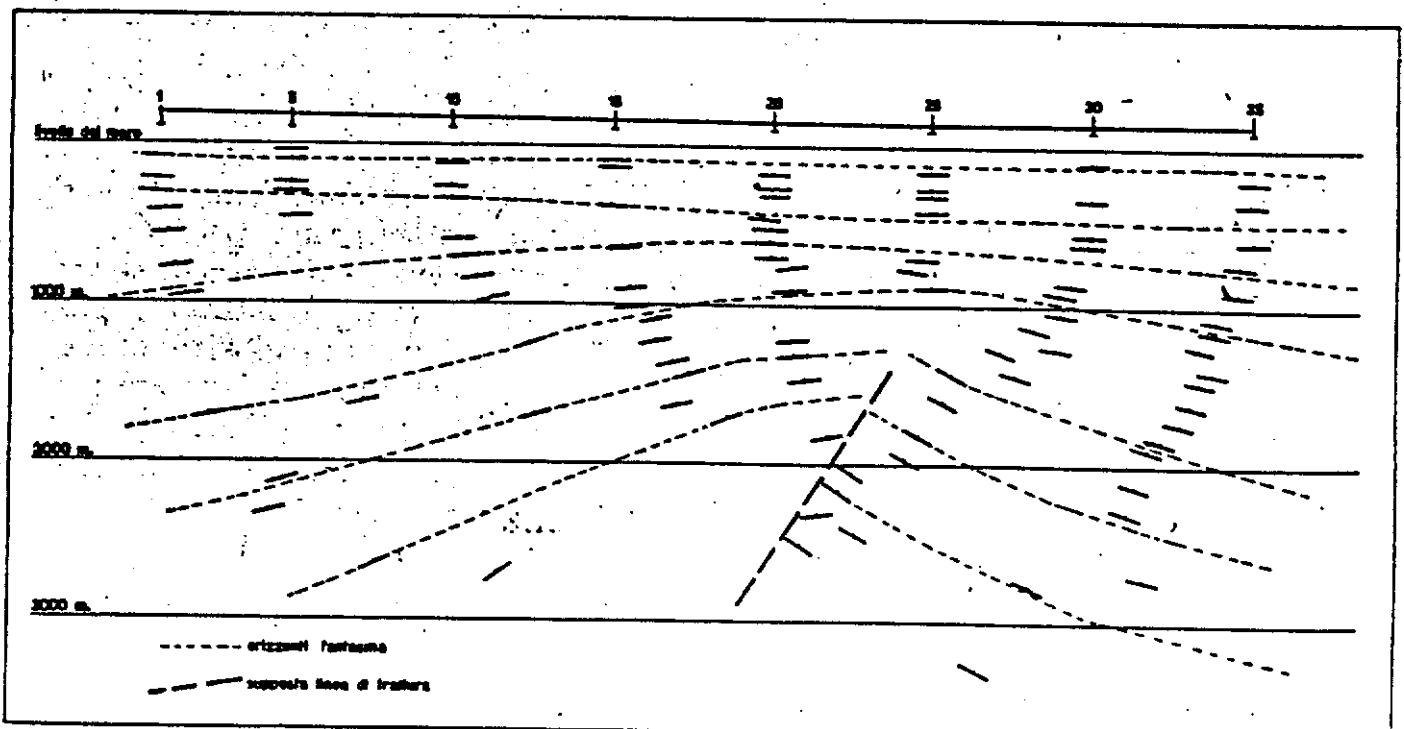
Quando si eseguano registrazioni per più profili disposti su una linea si arriva a costruzioni del tipo riportato nelle Figg. 7 e 8.

A mezzo di un reticolo di tali linee si arriva alla costruzione più o meno precisa dell'assetto strutturale in profondità e da questa costruzione è naturalmente possibile ricavare, per uno o più strati, una rappresentazione planimetrica per curve di livello.



T. ROCCO - SOCIETÀ PETROLIFERA ITALIANA

Fig. 6 - Schema illustrante la determinazione della direzione di strato e di massima pendenza.



T. ROCCO - SOCIETÀ PETROLIFERA ITALIANA

Fig. 7 - Sezione di un rilievo sismico eseguito col metodo di pendenza (metodo adatto per

Da quanto precede si trae forse l'impressione che, una volta noti i principi e la tecnica del metodo, si arrivi alla costruzione degli assetti strutturali subsuperficiali in maniera per così dire meccanica ed in modo tale che i risultati non offrano che una soluzione scevra di ambiguità.

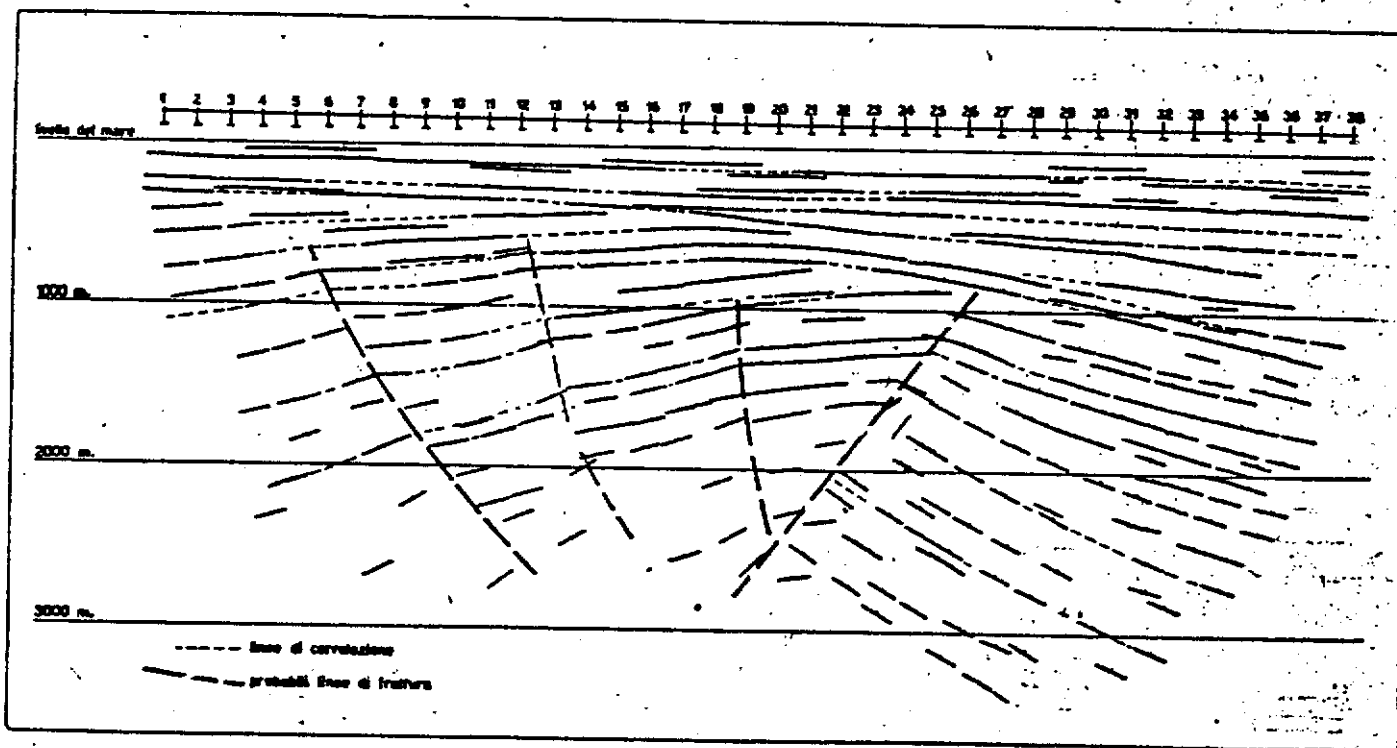


Fig. 8 - Sezione di un rilievo sismico eseguito col metodo continuo subsuperficiale (metodo adatto per il rilievo del dettaglio).

Non è da escludere che, per un insieme di favorevoli condizioni, tale coincidenza si possa verificare. E ciò quando i risultati immediati del rilievo sono di buona qualità, quando vi è sufficiente aderenza fra la curva di velocità adottata e le velocità reali dei terreni interessati col rilievo e quando infine si è in presenza di assetti strutturali semplici e con accentuate, ma non eccessive, pendenze dei piani riflettenti. In tale caso la scelta di posizione dei pozzi esplorativi non dà luogo a dubbi, una volta che il geologo abbia stabilito lo scopo che deve essere raggiunto, anche se il rilievo non è stato condotto con grande dettaglio e se pure qualche causa d'errore non è stata pienamente rimossa.

Frequentemente però le condizioni non sono così favorevoli ed è allora necessario far ricorso a tutte le finezze ed a tutta la precisione consentita dal metodo per rimuovere le cause d'incertezza e per evitare di pervenire a costruzioni errate. L'inesatta scelta di ubicazione per le perforazioni, causata da tali errate costruzioni, avrebbe conseguenze sul piano economico facilmente intuibili.

Un confronto fra le Figg. 7 e 8 mostra già che un rilievo, anche scevro di errori, ma non sufficientemente dettagliato (Fig. 7) può indurre il geologo a scegliere l'ubicazione della perforazione, come pure a fissarne la profondità, in modo non adatto alla reale situazione strutturale. E' evidente che l'impiego del metodo continuo sub-superficiale con l'esecuzione di linee formanti un reticolo di maglie di ridotte dimensioni, permetterebbe di conseguire i risultati più precisi, ma una limitazione a questo obiettivo può imporsi per considerazioni economiche.

Prima di passare in rassegna le principali cause d'errore che influiscono sui risultati del rilievo sismico si ritiene utile riportarne

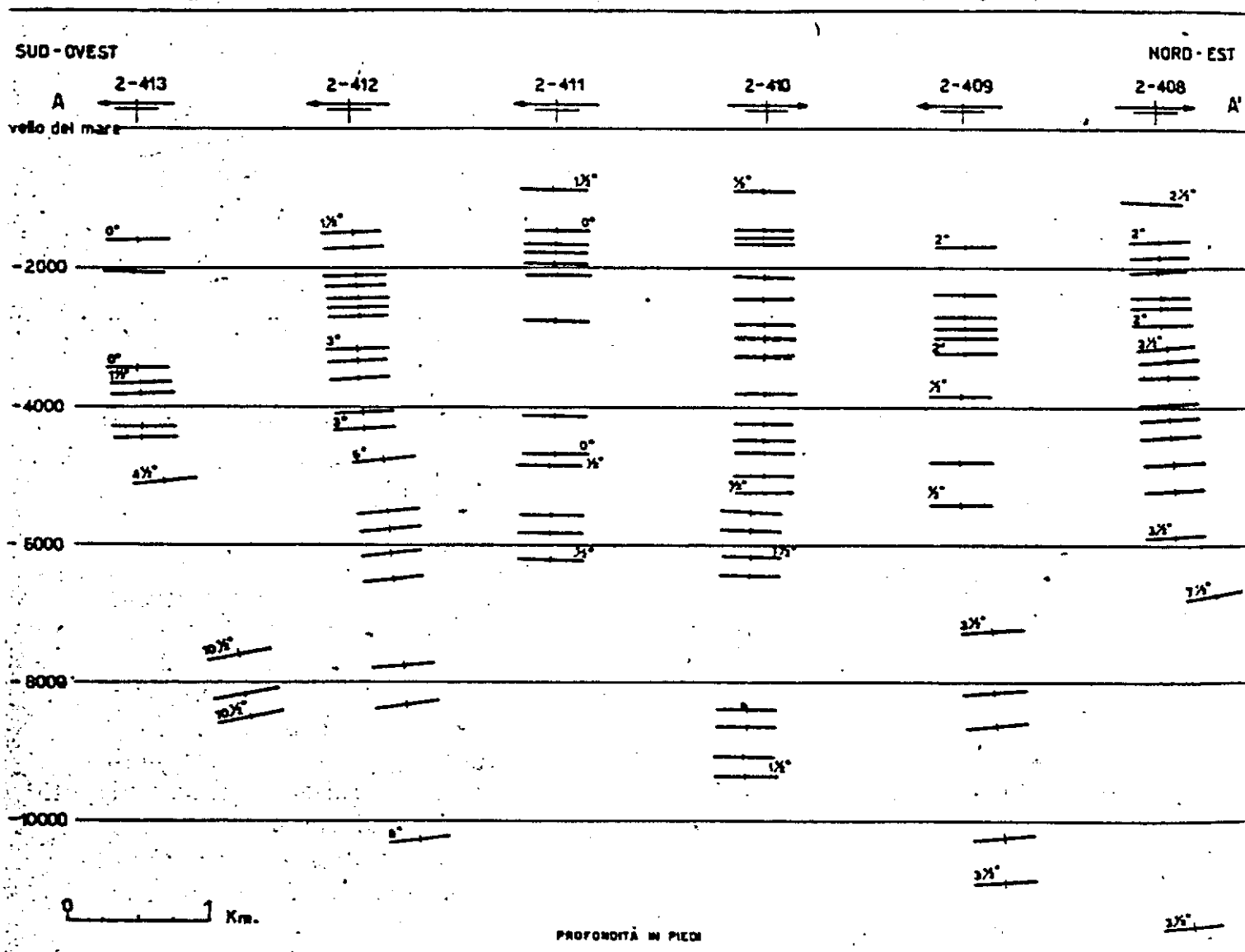


Fig. 9 - Sezione sismica ottenuta dalla Western Geophysical Co. nella zona di Rio Bravo Field (per l'ubicazione dei punti di scoppio vedi Fig. 10).

un esempio che mostri come la scoperta di un giacimento richieda talvolta una valutazione accuratissima dei risultati.

Ecco in breve la storia della scoperta del campo petrolifero di Rio Bravo in California (1):

Nel giugno 1935 l'Union Oil Co. incaricò la Western Geophysical Co. di eseguire un rilievo sismico di ricognizione col metodo a riflessione nella regione dell'attuale Rio Bravo Field.

L'obiettivo della ricerca consisteva nel rilievo strutturale di una serie sabbiosa produttiva del Miocene superiore che, dalla conoscenza di campi produttivi prossimi alla zona in rilievo, si presumeva trovarsi alla profondità di circa 2500 m. Scarsa attenzione venne quindi prestata alle riflessioni ottenute a maggiori profondità.

Col primo rilievo, avente come si è detto scopo di ricognizione,

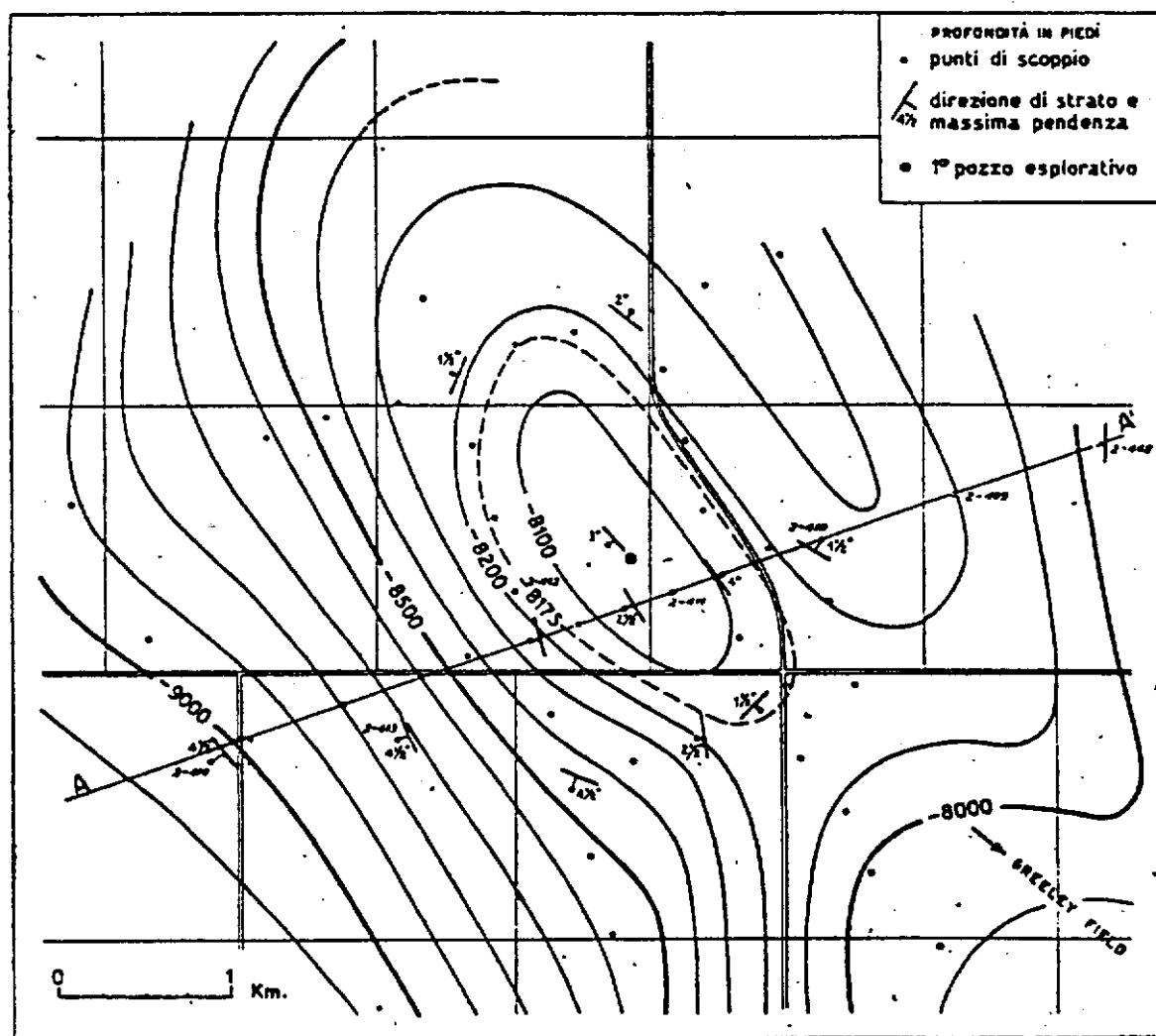


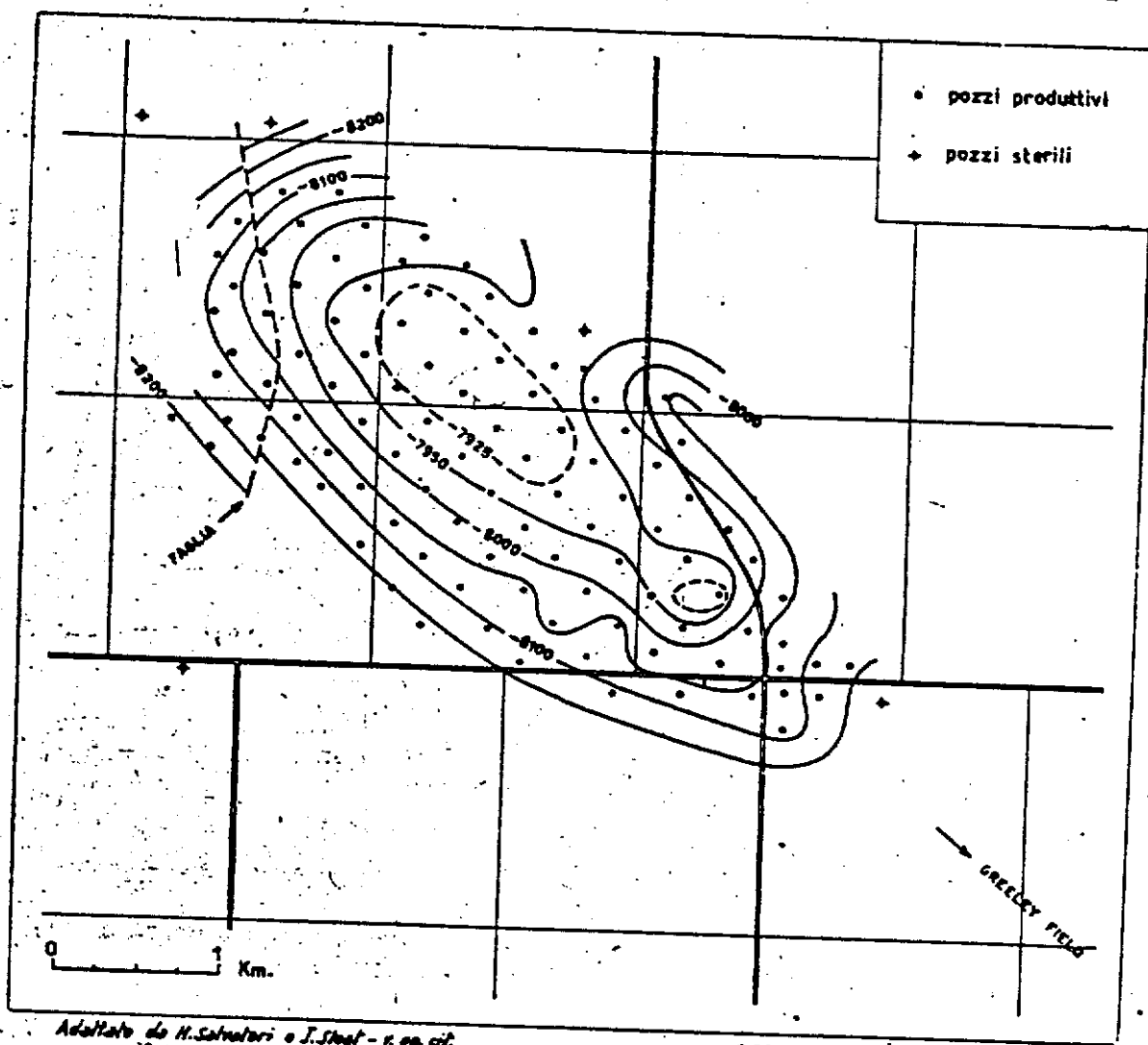
Fig. 10 - Planimetria sismica in base alla quale venne decisa l'ubicazione del primo pozzo esplorativo sulla struttura di Rio Bravo.

vennero eseguite alcune linee spaziate fra loro alcuni chilometri e con punti di scoppio distanti circa 1000 metri uno dall'altro. Nella zona venne riscontrato un generale affondamento degli strati verso Sud-Ovest: solo in corrispondenza dei punti 2-410 e 2-411 (vedi Fig. 9 e 10) venne riscontrata un'attitudine piatta degli strati riflettenti con qualche pendenza verso Nord-Est non eccedente $1\frac{1}{2}$ grado.

Questo fu il punto di partenza che portò alla scoperta di Rio Bravo; quando le citate sabbie del Miocene superiore furono trovate produttive, nel dicembre 1935, al Greeley Field, appena a 5 km. dalla linea sismica A-A' di Fig. 10, si pensò ad una possibile estensione del Greeley Field verso Rio Bravo.

Il primitivo rilievo di Rio Bravo venne così ripreso all'inizio del 1937 con l'aggiunta, nella zona di maggior interesse, di alcuni addizionali punti di scoppio. In base a questo lavoro venne costruita la carta riportata nella Fig. 10: essa mostra una « chiusura » di appena 23 m. alla profondità di circa 2500 m.

Questo risultato determinò la Union Oil Co. ad eseguire, nel 1937, il pozzo indicato pure in Fig. 10. Con esso fu accertato che la serie produttiva di Greeley Field era ridotta ad uno spessore di pochi centimetri di sabbie improduttive. Malgrado questo risultato negativo il pozzo non fu abbandonato e, benchè vi fossero scarse conoscenze delle serie sottostanti, fu azzardato l'approfondimento che portò,



Adattato da H. Salvatori e J. Stout - v. op. cit.

C. ROCCO - SOCIETÀ PETROLIFERA ITALIANA

Fig. 11 - Planimetria relativa ad uno strato rilevato per correlazioni con i carotaggi elettrici nei pozzi: questa planimetria può essere confrontata con la planimetria sismica di Fig. 10.

nel novembre 1937, alla scoperta di una serie sabbiosa produttiva alla profondità di 3400 m. La produzione iniziale del pozzo — che

In quel tempo era il pozzo produttivo più profondo del mondo — fu di 2400 barili di olio al giorno. La scoperta acquistò importanza per il fatto che la stessa serie sabbiosa venne ritrovata in seguito in numerosi nuovi campi ed anche in vecchi campi (compreso Greeley Field) produttori da formazioni superiori.

Rio Bravo Field nel maggio 1947 aveva in produzione oltre 100 pozzi che complessivamente avevano fornito circa 40 milioni di barili d'olio e 45 miliardi di piedi cubici di gas.

Per valutare l'accuratezza del rilievo sismico si possono confron-

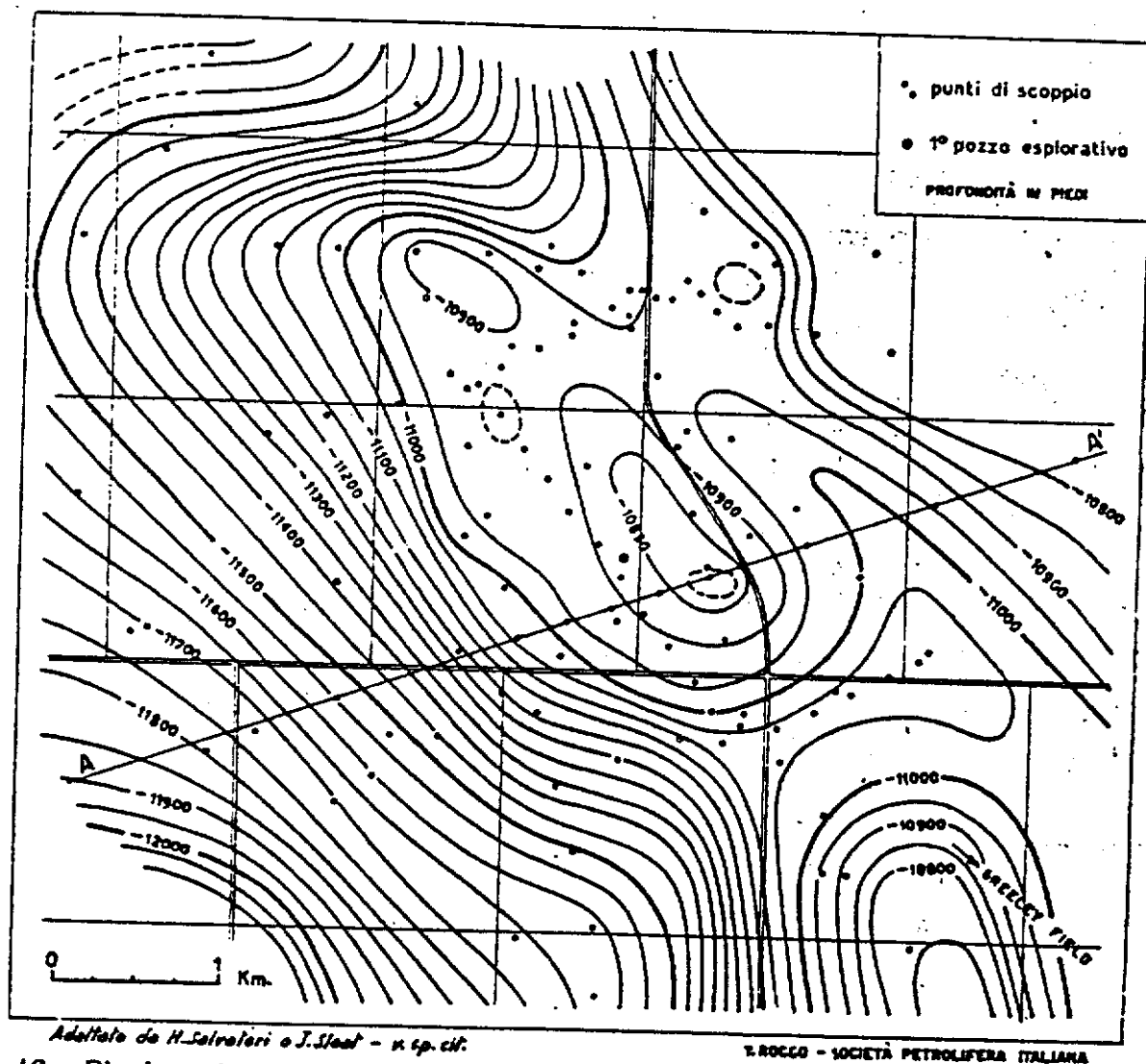
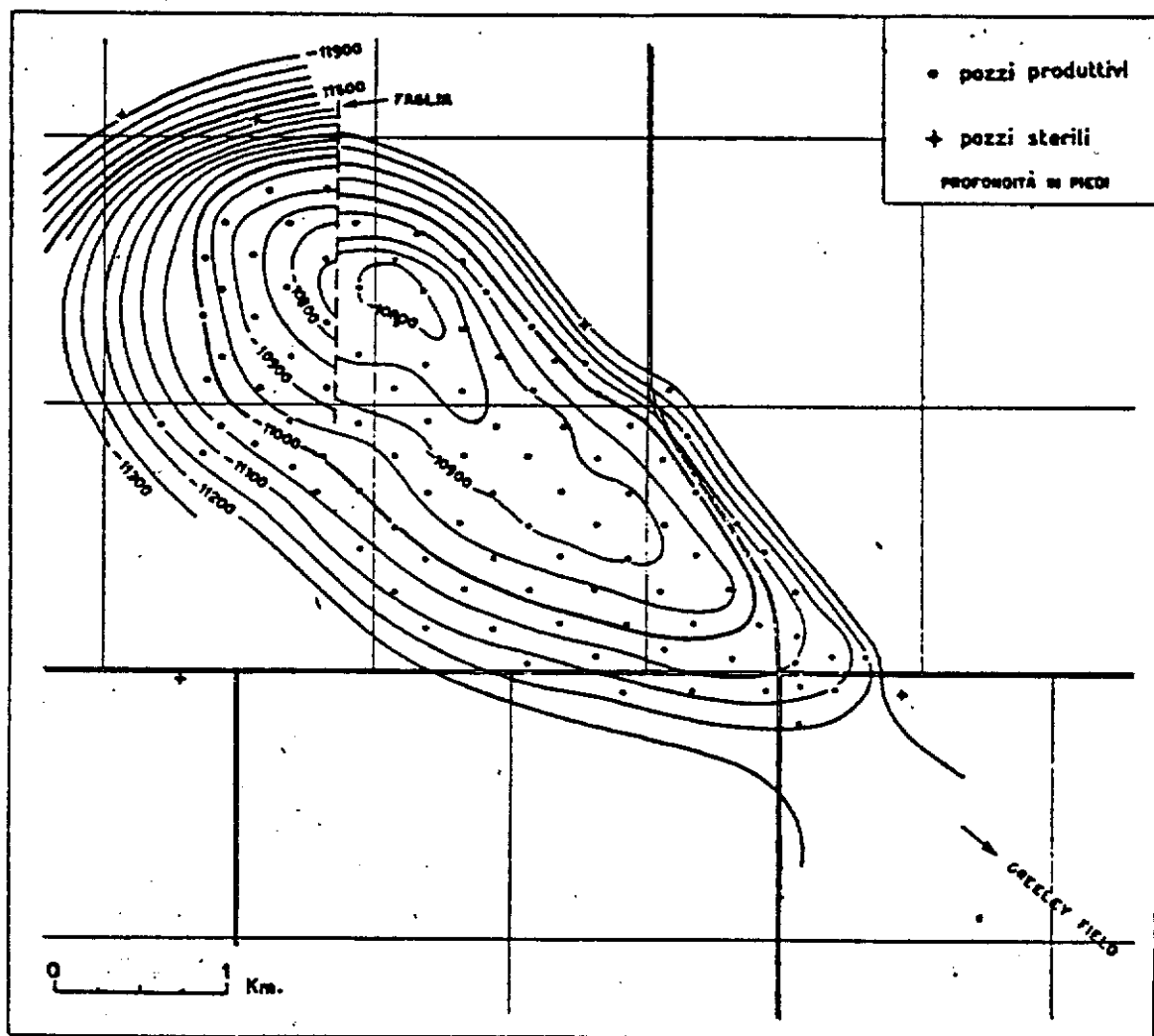


Fig. 12 - Planimetria sismica relativa al limite superiore della sabbia petrolifera di Rio Bravo Field.

tare le due Figg. 10 e 11. La Fig. 11 dà una rappresentazione planimetrica di uno strato, rilevato dai carotaggi elettrici nei pozzi, un po' meno profondo dell'orizzonte sismico. Fra le due planimetrie si possono notare alcune differenze, come per esempio la « chiusura » della struttura che nella planimetria sismica è di 23 m. mentre quella basata sui dati del carotaggio elettrico è di soli 11 m. Se però si tiene in considerazione che i punti di scoppio utilizzati per la costruzione sismica sono numericamente meno di metà del numero dei pozzi, si deve ragionevolmente convenire che con la costruzione sismica è stata raggiunta una grande esattezza.

Poco dopo il completamento del pozzo dimostratosi produttivo la Western Geophysical Co. compilò la planimetria riportata in Fig. 12, basandosi principalmente su un riesame dei primitivi sismogrammi per le riflessioni relative a profondità superiori a 2500÷3000 m. che, come si è detto, erano state inizialmente trascurate. Tale planimetria avrebbe dovuto rappresentare il limite superiore delle sabbie produttive di Rio Bravo.

Dopo lo sviluppo del campo, il limite superiore delle sabbie produttive di Rio Bravo risultò, secondo una costruzione della Unione Oil Co., quello riportato in Fig. 13.



Adattato da N. Salvatori e J. Sleef - r. op. cit.

T. BOCCO - SOCIETÀ PETROLIFERA ITALIANA

Fig. 13 - Planimetria del limite superiore delle sabbie petrolifere di Rio Bravo Field: questa planimetria può essere confrontata con la planimetria sismica di fig. 12.

Confrontando le Fig. 12 e 13 si può notare un abbastanza buon accordo fra le due planimetrie soprattutto considerando che quella sismica è stata ottenuta in condizioni non molto favorevoli. Infatti essa è stata compilata con elementi di un rilievo già ultimato in campagna e che non aveva per obiettivo lo studio di formazioni eccedenti la profondità di 2500 m.: i sismogrammi non erano della migliore qualità e non fu possibile correlare le singole riflessioni da

uno all'altro punto di scoppio. L'errore maggiore può essere considerato la differenza di « chiusura » fra le due planimetrie e cioè 30 metri per la sismica contro i 100 metri circa della effettiva « chiusura » riscontrata con i pozzi.

Numerose determinazioni di velocità eseguite utilizzando le perforazioni di Rio Bravo e Greeley Field misero in evidenza un fortissimo incremento di velocità, per la serie profonda, da Rio Bravo verso Greeley Field. Questo fatto giustifica la minor chiusura riscontrata sul fianco Sud-Est della struttura e lo spostamento del culmine verso Nord-Ovest.

* * *

Analogamente all'esempio ora brevemente illustrato numerosi altri giacimenti devono il loro ritrovamento alla determinazione di chiusure — talvolta a faglie — di pochi metri. E' evidente che risultati di così alta precisione possono essere conseguiti solo con una esatta valutazione di tutte le cause d'errore e con la rimozione dei loro effetti.

Tali cause d'errore sono di varia natura e di talune nemmeno teoricamente è possibile eliminarne completamente gli effetti: per rendersi conto di ciò basta pensare che gli schemi di calcolo relativi al campo della propagazione sismica si adattano solo in modo approssimato alla reale situazione delle caratteristiche elastiche del sottosuolo. D'altra parte non bisogna dimenticare che il lavoro, perchè non riesca antieconomico, deve procedere speditamente; è necessario quindi seguire una routine che lascia scarso tempo per analisi speculative. In presenza di casi dubbi si procede cioè di solito con criteri induttivi piuttosto che in base ad elaborate casistiche.

Naturalmente le influenze delle cause d'errore sui risultati si compenetrano. E' necessario perciò che il geofisico sia abile di valutarne nel modo più appropriato l'effetto complessivo in modo che lo studio interpretativo non porti a costruzioni affette da dannose distorsioni, soprattutto nei riguardi della scelta di ubicazione dei pozzi. In tal senso ed ai fini pratici, la geofisica, pur basata sugli indispensabili presupposti fisici, matematici e geologici, si accosta forse più ad un'arte che ad una scienza esatta.

Pur tenendo conto, come si è detto, della interdipendenza delle cause d'errore, ne vengono considerate qui di seguito alcune separatamente.

La costruzione degli apparecchi ha raggiunto un alto grado di perfezione e, naturalmente quando essi siano mantenuti in perfetta efficienza ed usati in modo appropriato, offrono completa garanzia sulla qualità e precisione dei risultati. Sia come tipo di circuiti che come numero di tracce (sul sismogramma) e di geofoni impiegati si è raggiunto un alto grado di uniformità il quale prova che è stata ormai trovata la via della massima efficienza.

Naturalmente le case costruttrici sono continuamente alla ricerca di innovazioni che assicurino miglioramenti strumentali riguardo

la precisione, la sicurezza, la praticità e in definitiva per l'economia delle operazioni. Un esempio recente è offerto dal metodo Poulter che utilizza esplosioni in aria in luogo delle standardizzate esplosioni nei pozzetti approntati nel terreno: alcuni evidenti inconvenienti legati a questo sistema lo mantengono però ancora in fase sperimentale.

Il campo rimane aperto nelle tecniche di campagna. E' evidente per esempio che se il profilo dei geofoni è molto corto è più facile che impulsi sismici erratici influenzino i geofoni in modo tale da apparire sui sismogrammi come riflessioni. D'altra parte se le condizioni strutturali del sottosuolo sono molto complesse i piani riflettenti sono conseguentemente poco sviluppati ed un allineamento dei geofoni eccessivamente lungo non può captare riflessioni leggibili sul sismogramma. La lunghezza dell'allineamento va quindi scelta caso per caso in base alle condizioni subsuperficiali della zona da rilevare in modo da conseguire i risultati più sicuri ed è naturale che elemento determinante di tale scelta è l'esperienza del geofisico.

La determinazione sufficientemente precisa della velocità dei terreni in profondità può essere fatta solo se si dispone, nella zona da studiare, di perforazioni, ciò che è evidentemente eccezionale. In particolari favorevoli condizioni si possono eseguire misure di velocità anche dalla superficie, ma esse sono piuttosto imprecise. Conseguentemente in pratica, il più delle volte, si adottano velocità che si presume si avvicinino a quelle esistenti in profondità e che vengono scelte sia in base alle poco precise misure di superficie che in base ad induzioni geologiche sulla natura dei terreni esistenti in profondità.

Per esempio, per quanto mi consta, da quando il metodo sismico a riflessione è stato applicato in Italia, misure dirette — utilizzando pozzi — sono state fatte solo in due casi dalla S.P.I., una delle quali per conto dell'A.G.I.P. Tali misure hanno interessato inoltre profondità relativamente modeste e cioè circa 1200 e 1350 metri.

Se si tiene presente la ampia gamma di valori delle velocità competenti ai diversi terreni ed il modo come vengono scelte le velocità per i calcoli è facilmente intuibile che si possono avere scostamenti percentuali molto sensibili fra le velocità reali e quelle adottate. A tali scostamenti corrispondono proporzionali errori nel calcolo delle profondità ed in certo grado nel calcolo delle pendenze dei piani riflettenti. In definitiva le costruzioni strutturali alle quali si perviene sono conseguentemente affette da errori sia riguardo alla profondità che alla forma.

Se la curva della velocità media adottata si scosta dalla velocità media reale in misura percentuale costante gli errori ora detti non hanno un effetto preminente sulla ricerca: le costruzioni calcolate manterrebbero infatti una stretta similitudine di forma con le strutture reali ed errori contenuti in limiti ragionevoli, per quanto riguarda la profondità e l'entità della « chiusura » di una struttura, non modificerebbero i criteri che guidano la scelta delle perforazioni.

Il caso è ben diverso quando si sia in presenza di notevoli, e naturalmente incognite, variazioni laterali di velocità. Ciò comporta errori, di profondità e di pendenza nel calcolo delle riflessioni, tali da alterare la similitudine di forma con le strutture reali cosicchè tutta la costruzione sismica può risultare falsata con evidenti conseguenze sulla condotta della ricerca.

Riportandoci all'esempio di Rio Bravo Field, l'analisi esposta nel citato articolo di John Sloat mostra che se l'incremento di velocità — cui si era fatto cenno — fosse stato distribuito in modo uniforme il rilievo sismico non avrebbe addirittura potuto rilevare la « chiusura » verso Sud-Est della struttura di Rio Bravo. Come conseguenza il primo pozzo sulla struttura di Rio Bravo non sarebbe forse stato perforato e la scoperta del campo non sarebbe avvenuta o quanto meno sarebbe forse stata ritardata per lunghi anni.

Gli elementi rilevabili dai sismogrammi, tempo medio delle riflessioni e gradiente di tempo, vengono di solito opportunamente corretti (per l'elevazione del terreno, per lo strato superficiale aereato, per la profondità del punto di scoppio e per l'eventuale suo spostamento laterale dal profilo, per influenze strumentali ecc.) in modo che i calcoli dei piani riflettenti possano venire riferiti ad un piano superficiale ideale.

Fra le varie correzioni quella dello strato aereato riveste una particolare importanza. Il cosiddetto strato aereato è uno strato superficiale la cui velocità sismica è notevolmente minore ($1/3 \div 1/2$) di quella del primo strato consolidato. Esso ha frequentemente uno spessore molto variabile, anche nel breve ambito della lunghezza di un profilo sismico, ed è quindi naturale che i raggi sismici che lo attraversano, pervenendo dai piani riflettenti ai vari geofoni, subiscano un ritardo più o meno forte a seconda del suo maggiore o minore spessore.

La Fig. 14 mostra la parte iniziale di tre sismogrammi registrati in corrispondenza ad una forte variazione nello spessore dello strato aereato come si riscontra frequentemente in gran parte della pianura padana.

La Fig. 15 mostra l'andamento della superficie di separazione fra lo strato aereato ed il sottostante strato consolidato, calcolato con i dati dei sismogrammi di Fig. 14. Particolarmente nel sismogramma B di Fig. 14, si notano le forti differenze di tempo, nell'arrivo dei primi impulsi, per tracce simmetriche (quindi per uguali distanze dei geofoni dal punto di scoppio).

Quando si verificano variazioni nello spessore dello strato aereato, analoghe all'esempio di cui le Figg. 14 e 15, le correzioni da apportare ai valori di tempo, in base ai quali si calcola la pendenza dei piani riflettenti, hanno un peso preponderante sui valori stessi ed è quindi evidente la difficoltà di eseguire correzioni perfette. Soprattutto se si considera il seguente fatto: quando lo strato aereato varia notevolmente di spessore ed in breve spazio, non si ha di solito una netta superficie di separazione fra lo strato aereato ed il primo strato consolidato. Si ha più spesso una serie di sottili stratificazioni aventi differenti valori di velocità per cui la registrazione dei primi

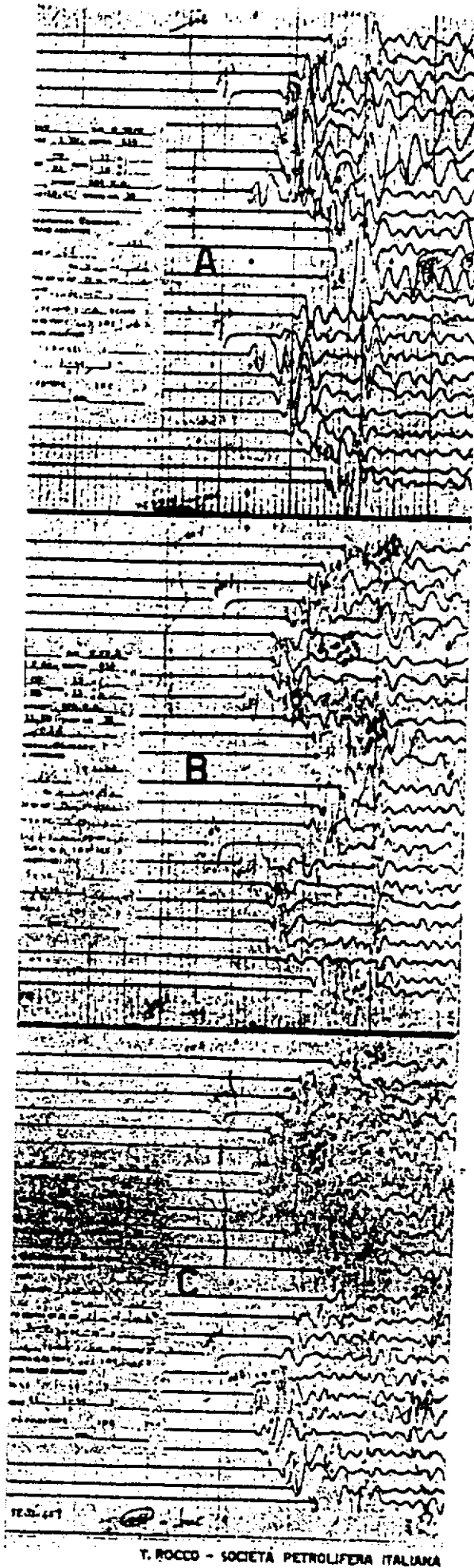
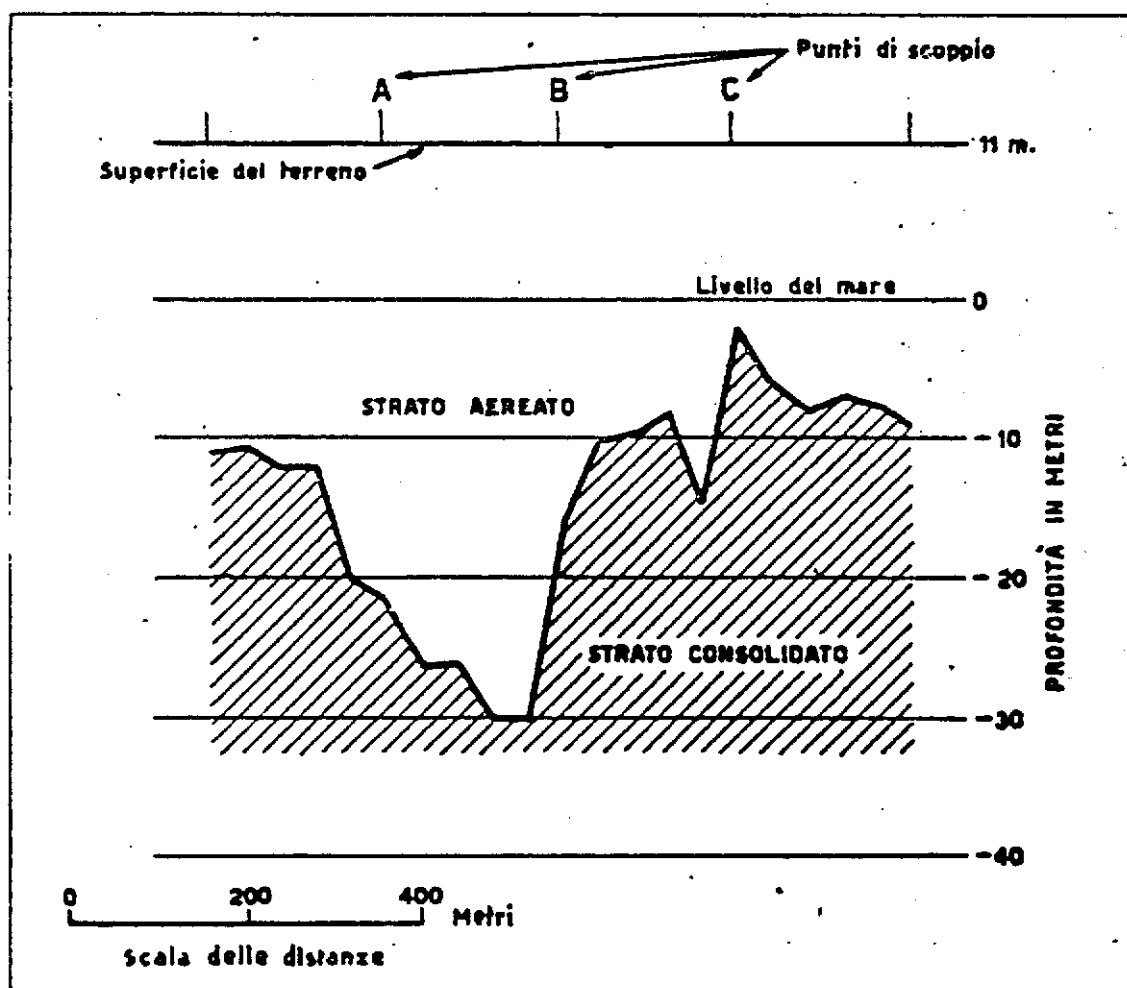


Fig. 14 - Parte iniziale di sismogrammi ottenuti in corrispondenza ad una forte variazione nello spessore dello strato aerato.

impulsi sui sismogrammi risulta assai complessa ed è talvolta anche funzione della profondità del punto di scoppio e dell'intensità della esplosione. I valori di tempo dei primi impulsi riescono così di incerta determinazione e incerte risultano quindi le correzioni relative. I dannosi effetti che conseguono a queste incerte correzioni possono essere annullati, o quanto meno ridotti, solo con un lavoro molto accurato guidato da una lunga esperienza.



T. ROCCO - SOCIETÀ PETROLIFERA ITALIANA

Fig. 15 - Andamento della superficie di separazione fra lo strato aereo e strato consolidato relativa ai sismogrammi di fig. 14.

L'elemento fondamentale sul quale è basata tutta la costruzione del rilievo è il sismogramma dal quale deriva, come si è accennato in precedenza, la determinazione dei tempi che servono per il calcolo della posizione dei piani riflettenti.

In favorevoli condizioni la lettura dei sismogrammi non offre particolari difficoltà, ma va detto che tali favorevoli condizioni sono più l'eccezione che la regola: quasi sempre qualcuna o anche tutte le riflessioni apparenti sul sismogramma offrono difficoltà o incertezze non solo alla lettura, ma talvolta anche sul grado di attendibilità della riflessione.

Una discussione anche rapida di tutti i fattori che devono tenersi in considerazione per eseguire in modo accurato la lettura di un sismogramma richiederebbe l'esemplificazione dei molteplici aspetti che può assumere la registrazione delle riflessioni e questo è un argomento che esula dal carattere generico che si è voluto dare alla presente nota.

Ci si limita quindi a dire che solo con un coscienzioso ed accurato studio dei sismogrammi si possono evitare errori che potrebbero falsare completamente i risultati del rilievo. E per arrivare a tale risultato è necessario che il geofisico, oltre ad avere una buona preparazione teorica che gli consenta di valutare in modo appropriato tutte le influenze sia strumentali che del campo degli impulsi sismici — nelle più varie condizioni superficiali e subsuperficiali — sia allenato, alla lettura dei sismogrammi, da una lunga pratica.

Per procedere infine, dall'insieme degli elementi forniti dal rilievo, alla costruzione dell'assetto strutturale subsuperficiale in termini aderenti alle leggi geologiche, deve essere intrapreso un lavoro interpretativo che rappresenta tavola la fase più delicata e complessa dell'esplorazione geofisica.

Dice infatti il valente geofisico J. J. Jakosky (2):

« Fra i fattori che concorrono al successo dell'esplorazione geofisica, l'interpretazione è quello che probabilmente ha meno progredito. Ciò è da attribuire all'inabilità dell'interprete nel valutare in modo appropriato tutti gli effetti, sui dati geofisici, della complessa stratificazione e delle variazioni laterali pertinenti al sottosuolo. Il quale sottosuolo è una regione estremamente complessa a tre dimensioni che l'interprete deve diagnosticare con l'aiuto delle limitate incomplete informazioni fornite dalle nostre presenti tecniche ».

* * *

Pur con tutte le manchevolezze e le lacune derivanti dal fatto di aver voluto contenere in limiti ristrettissimi un argomento che richiederebbe una assai lunga trattazione, si spera di essere riusciti a mostrare quanto ci si era proposto e cioè:

Col metodo sismico a riflessione si può arrivare a precisare l'assetto strutturale subsuperficiale con grado di altissima precisione per cui atteggiamenti delle formazioni favorevoli all'adunamento degli idrocarburi (anticlinali, faglie, trappole stratigrafiche ecc.) possono essere posti in luce anche se dell'entità di pochi metri a migliaia di metri di profondità.

Non ci si deve illudere però di poter arrivare a questi risultati con facilità. Oltre che al concorso di taluni favorevoli circostanze — cioè condizioni superficiali e subsuperficiali non proibitive per l'applicazione del metodo sismico — è necessario che l'esplorazione venga condotta con adeguatezza di mezzi, con competenza e usufruendo di tutti i suggerimenti che l'esperienza può fornire.

Si ringrazia vivamente la Società Petrolifera Italiana per il materiale gentilmente concesso per la compilazione della presente nota.

NOTE

(1) Henry Salvatori, Early Reflection Seismograph Exploration in California - Geophysics, X, pag. 24, gennaio 1935.

John Sloat - Geophysical History of Rio Bravo Field, California - Geophysical Case Histories - Society of Exploration Geophysicists - pag. 569.

(2) J. J. Jakosky - Whither Exploration - Geophysics, XII, pag. 361 - Luglio 1947.