

# UN NUOVO METODO DI STUDIO PER FONDAZIONI SOTTOMARINE: LO SPARKER<sup>(\*)</sup>

F. PANCIOLOI<sup>(\*\*)</sup>

**SOMMARIO:** Lo SPARKER è un metodo di rilievo sismico a riflessione per profili continui; se ne indicano i principi fisici e le possibilità di applicazione.

L'apparecchiatura SPARKER è concepita per eseguire studi per fondazioni o altri lavori in mare e permette di ottenere direttamente e rapidamente la stratigrafia del fondo marino o fluviale, unitamente a dati sulla natura dei sedimenti e loro andamento strutturale.

Si confrontano il metodo SPARKER e la sismica marina convenzionale. Si illustrano due esempi di sezioni SPARKER e le sezioni geologiche corrispondenti.

## Generalità

Lo sviluppo tecnico ed industriale in atto porta ad una maggiore diffusione ed importanza delle opere d'ingegneria in mare, quali ponti, oleodotti, moli e simili.

Ovviamente il costo di tali opere è elevato e la loro progettazione richiede notevoli precauzioni per evitare inconvenienti e imprevisti.

E' quindi di primaria importanza per un'opera in mare la conoscenza approfondita dei terreni di fondazione, sia nel quadro della situazione geologica d'insieme che nel dettaglio relativo ai preferibili punti di appoggio.

La scienza geofisica applicata si è quindi posta lo studio di metodi che forniscano dati sufficientemente indicativi sulla natura e consistenza del fondo marino, e che risultino economici.

In mare è possibile eseguire rilievi di sismica riflessione come si usa normalmente per la ricerca di idrocarburi; questi rilievi, eseguiti con opportune predisposizioni, riescono utili anche per lo studio di fondazioni.

L'impiego della sismica marina convenzionale presenta tuttavia, a nostro avviso, tre ordini di inconvenienti.

— Il metodo è concepito per studi a profondità notevoli; la sua applicazione alle fondazioni è quindi un caso limite.

— Se la distanza tra gli idrofoni è di qualche decina di metri dà luogo ad un rilievo per punti che mal si addice ad uno studio di dettaglio; se tale distanza si riduce si abbassa notevolmente la velocità di esplorazione.

— Le attrezzature e le operazioni di messa in opera sono abbastanza complesse e onerose per lavori di estensione limitata.

E' quindi logico che si faccia ricorso a metodi che ai pregi della sismica convenzionale uniscono quelli derivanti dall'eliminazione dei detti inconvenienti.

Tra i metodi proposti a questo scopo ci occupiamo qui dello SPARKER.

## Principio del metodo

Il principio del metodo è semplice. Poco sotto la superficie del mare si pone un insieme generatore di onde sonore, detto SPARKER, schematizzabile con un arco elettrico alimentato da un generatore di corrente a 60 periodi al secondo, sotto una tensione di 10.000 Volt. Da 2 a 16 volte al secondo scocca una scintilla che produce l'onda sonora richiesta.

Le onde riflesse dal fondo marino e dai vari livelli geologici sottostanti vengono rivelate da un idrofono, posto in prossimità dello SPARKER, ed il segnale è trasmesso ad un ricevitore — registratore provvisto di opportuni amplificatori e filtri.

SPARKER ed idrofono sono trainati da un battello su cui si trovano il generatore di corrente e l'apparecchiatura di registrazione (Fig. 1).

Rispetto alla sismica riflessione convenzionale si è quindi ridotta al minimo la catena degli idrofoni

(\*) Comunicazione presentata al VI Convegno di Geotecnica (Pisa, 9 aprile 1963).

(\*\*) Dott. Ing. Francesco PANCIOLOI, della Compagnia Generale Geofisica S.p.A., Roma.

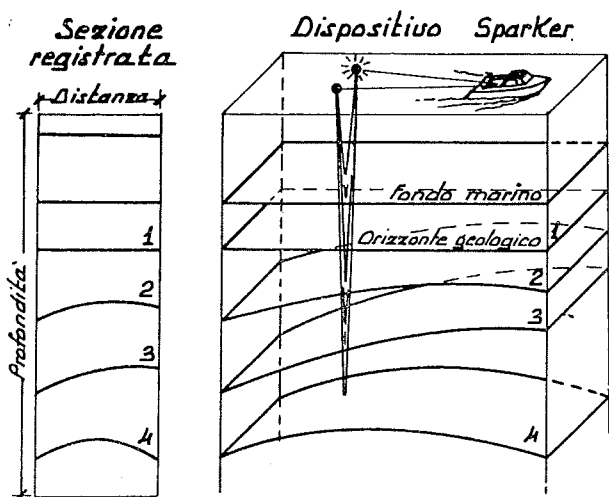


Fig. 1

aumentando però la frequenza di generazione delle onde sonore.

L'onda riflessa e amplificata viene registrata su carta ricoperta da un elettrolita che viene fatta scorrere tra due elettrodi la cui tensione varia con l'intensità dei segnali in arrivo; l'annerimento prodotto

ciclo di registrazione che viene ad imprimersi accanto al precedente. Si realizza così man mano la sezione SPARKER (vedi Fig. 2a e 3a) che è molto simile alle sezioni a densità variabile normalmente usate in sismica.

E' possibile anche ottenere nello stesso tempo due sezioni che differiscono tra loro solo per il diverso filtraggio dei segnali in arrivo. Si può così cercare di meglio differenziare più orizzonti geologici.

Le possibilità dello SPARKER sono notevoli:

— La profondità di esplorazione è dell'ordine di alcune centinaia di metri; è normalmente possibile studiare in dettaglio un centinaio di metri di spessore dei terreni che stanno sotto il fondo marino.

— Il potere risolutore è elevato: si riconoscono normalmente banchi di pochi metri di spessore. In qualche caso un banco sottile, ad esempio 2 metri, non può essere determinato che con un limite superiore dello spessore, ma la sua esistenza e natura è stabilita ugualmente in base alle variazioni di frequenza.

— Lo studio delle frequenze permette di stabilire natura e compattezza dei vari orizzonti geologici.

La sezione Sparker, così come viene registrata,

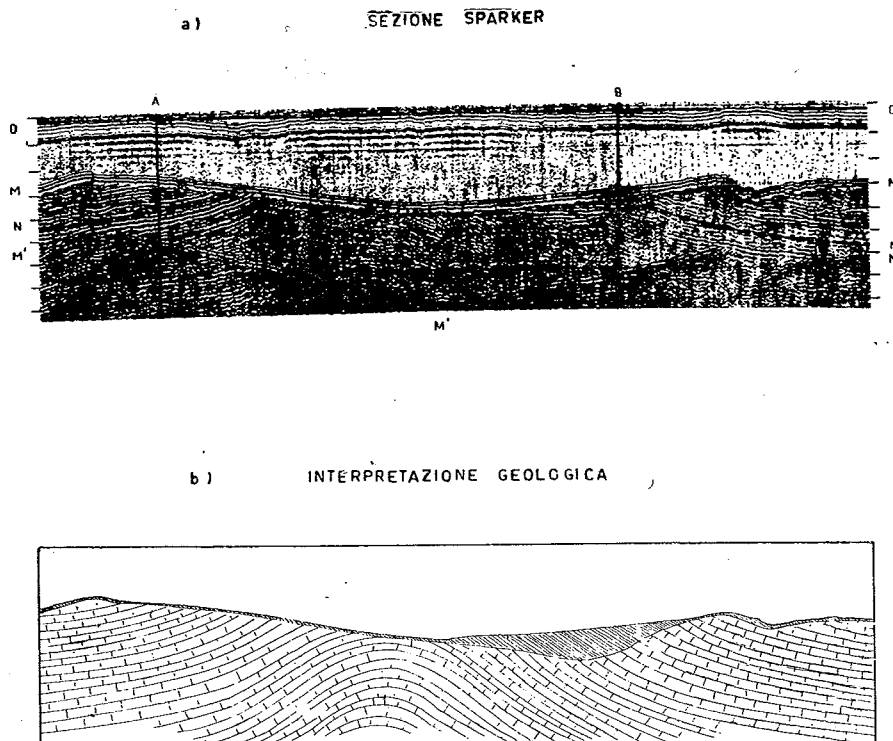


Fig. 2

sulla carta è proporzionale a questa intensità. Si ottiene così per ogni ciclo di registrazione una serie di tratti bianchi e neri che corrispondono ai minimi ed ai massimi dell'intensità del segnale in arrivo.

Ad ogni scintilla la carta si sposta lateralmente di una quantità prefissata e si inizia un nuovo

presenta in ascisse ed ordinate dei tempi. Per passare ad una interpretazione quantitativa è quindi necessario convertire i tempi in ascisse in distanze e quelli in ordinate in profondità.

Per stabilire le coordinate topografiche dei punti di registrazione si procede normalmente con radio-

segnali. Il battello è guidato con radiogoniometri od altri sistemi più complessi quali TORAN, RADAR ecc.; ad intervalli opportunamente scelti viene indicato sulla sezione SPARKER un riferimento tempo (A e B di fig. 2a e 3a) e contemporaneamente stabilita la effettiva posizione del battello in quell'istante.

E' possibile così stabilire il tragitto seguito dal dispositivo e convertire le ascisse della sezione in distanze.

I tempi in ordinate possono essere convertiti in profondità una volta stabilite:

— La velocità dell'onda sonora nell'acqua e nei terreni sottostanti.

— Le correzioni da apportare per compensare l'effetto di marea, cioè per riferire tutte le registrazioni al medesimo livello del mare.

— Le correzioni dovute all'obliquità dei raggi sismici, causata dalla non coincidenza dell'idrofono con lo SPARKER (vedi Fig. 1); tali correzioni diventano trascurabili per orizzonti profondi essendo in tal caso il tragitto dell'onda praticamente verticale.

### Esempi di applicazione del metodo

Tra i lavori eseguiti con il metodo SPARKER in Europa citiamo quelli che la *Compagnie Générale de Géophysique* ha portato a termine per lo studio delle fondazioni di un ponte sulla Manica (180 Km di profili in 6 giorni) e per un gasdotto nello stretto di Gibilterra (360 Km di profili in 6 giorni).

Esamineremo ora con qualche esempio alcuni dei risultati che si possono ottenere.

Nella Fig. 2a abbiamo diverse serie di arrivi che sono da interpretarsi in base alla loro origine.

Notiamo anzitutto quelli distinti con *D*, corrispondenti all'onda che ha seguito il tragitto diretto SPARKER - idrofono senza essere riflessa. Più sotto il fondo marino *M*.

A questo punto dobbiamo chiarire il significato degli arrivi *M'* che ripetono l'andamento di *M*. Una onda uscente dallo SPARKER raggiungerà il fondo marino per poi essere riflessa alla superficie del mare. E' dopo questa prima riflessione che l'idrofono registra gli impulsi *M*. Tuttavia una parte dell'energia in arrivo verrà ancora riflessa dalla superficie del mare al fondo e di nuovo all'idrofono. A questa seconda riflessione si devono gli impulsi *M'*.

Il fenomeno può anche ripetersi più volte, come in fig. 3a dove notiamo *M''*, *M'''* ecc.

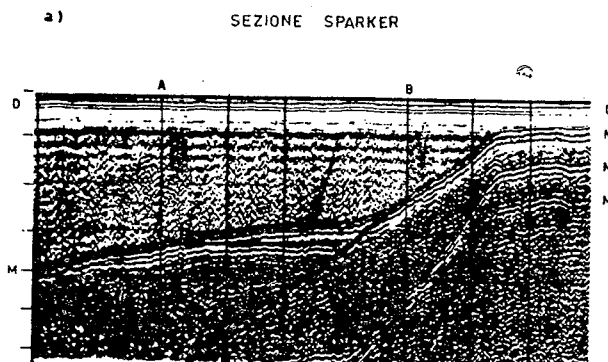
All'atto dell'interpretazione bisogna quindi distinguere tra riflessioni semplici e multiple. Le prime danno l'andamento di un orizzonte geologico, le seconde non rappresentano nuove entità geologiche ma sono soltanto una ripetizione delle prime.

Al di sotto di *M*, in fig. 2a, si vede tutta una serie di arrivi *N* a frequenza più alta, che indica chiaramente un orizzonte geologico compatto a pendenze accentuate. Si tratta del nucleo di un'anticlinale, for-

temente piegato, e troncato alla sommità dal fondo marino.

Nell'intorno del riferimento *B*, tra il fondo del mare e i banchi compatti, si hanno arrivi a frequenza piuttosto bassa e in discordanza con la stratificazione dell'anticlinale. Questi segnali sono dovuti ad un riempimento poco coerente e impregnato d'acqua salata, che si è accumulato in una depressione del fondo compatto.

In conclusione si può ricostruire una sezione geologica interpretativa come in Fig. 2b.



b) INTERPRETAZIONE GEOLOGICA

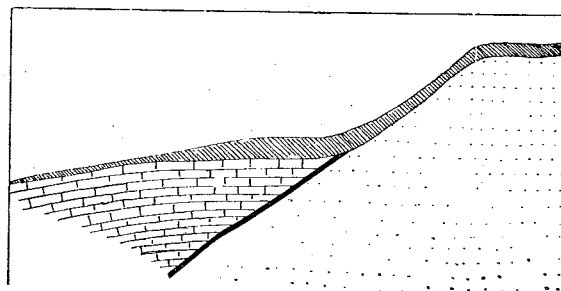


Fig. 3

Nel caso particolare un progetto di fondazioni terrà quindi conto del fatto che il fondo roccioso compatto è ricoperto ovunque da un esiguo spessore di sedimenti incoerenti, salvo nell'intorno di *B* dove tale spessore raggiunge i 18 m circa.

In Fig. 3a abbiamo riportato un altro esempio di sezione SPARKER unitamente alla sua interpretazione.

Anche qui notiamo gli arrivi *D*, *M*, *M'* che hanno il significato già visto in precedenza.

A parte questi, la sezione presenta due caratteri distinti a destra e a sinistra di una discontinuità, che si trova circa al centro e che è stata rafforzata in nero.

A destra gli arrivi hanno una frequenza abbastanza elevata e non presentano un orientamento prevalente che metta in luce una stratificazione; si tratta di

rocce cristalline sovrastate da un lieve spessore di sedimenti incoerenti e impregnati d'acqua.

A sinistra lo spessore dei sedimenti diminuisce spostandosi dal centro all'estremità della sezione, mentre sotto si notano arrivi a frequenza più elevata con chiari segni di stratificazione della roccia che li origina.

In definitiva si dà l'interpretazione esposta in Fig. 3b. Sul fondo marino si ha un ricoprimento incoerente di spessore variabile; al centro dove la pendenza del fondo si addolcisce bruscamente si ha una zona di accumulo, più a sinistra il ricoprimento diminuisce di spessore.

Le formazioni sedimentarie vengono a contatto con il cristallino lungo una discontinuità a forte pendenza.

Le considerazioni sulle frequenze che abbiamo esposte non sono tutte quelle che si potrebbero fare; la limitazione ci è tuttavia imposta dalla piccola

scala delle riproduzioni annesse. Sui documenti originali è solitamente possibile trarre ulteriori dati.

### Conclusioni

In definitiva riteniamo che le caratteristiche del metodo SPARKER, consistenti nella piccola mole di apparecchiature necessarie, alto potere risolutore, profondità di esplorazione, velocità di rilievo, siano difficilmente uguagliabili da altri metodi di superficie. Particolarità molto notevole è poi il rilievo continuo e non per punti.

I dati quantitativi e qualitativi ottenibili sono:

- profondità e spessore delle formazioni;
- natura e consistenza delle stesse.

Per quanto detto riteniamo che il metodo possa trovare utile impiego in quasi tutti i casi di studi di fondazioni in mare, laghi e comunque acque profonde.

### UNE NOUVELLE MÉTHODE D'ÉTUDE POUR FONDATIONS SOUS MARINES: LE SPARKER

*Sommaire:* Le « SPARKER » est une méthode de relevé sismique réflexion pour des profils continus; nous en avons exposé les principes physiques et les possibilités d'application.

L'appareillage SPARKER est conçu pour effectuer des études pour fondations ou autres travaux en mer et permet d'obtenir directement et rapidement la stratigraphie du fond marin ou fluvial avec renseignements sur la nature des sédiments et leurs détails stratigraphiques et structuraux.

La méthode SPARKER et la sismique marine conventionnelle sont comparées. Deux exemples de sections SPARKER et les sections géologiques correspondantes sont illustrées.

### A NEW SEISMIC PROSPECTING METHOD FOR MARINE FOUNDATIONS: THE SPARKER

*Summary:* The SPARKER is a seismic reflexion continuous profiling system; general physic principles and application possibilities are shown.

SPARKER unit is designed for carrying out investigations for construction and other marine projects, and allows direct, rapid obtention of a geological log of an ocean or river bottom, with information of the nature of sediments, stratigraphic and structural details.

Continuous SPARKER profiling and conventional seismic reflexion method are compared.

Two examples of SPARKER data and corresponding geological log are shown.