

**G. Rossi, M. Buseti, D. Nieto, S. Picotti, A. Vesnaver e A. Vuan**

Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale – OGS, Trieste

## **SISMICA 3D APPLICATA ALLO STUDIO DI UN ACQUIFERO**

**Riassunto.** La sismica 3D, ampiamente usata nella ricerca petrolifera, soprattutto a mare, non è stata impiegata finora altrettanto intensamente in altri campi di indagine, come quello idrogeologico. Ultimamente tuttavia i costi per l'acquisizione si sono ridotti, è aumentata la maneggevolezza degli strumenti, e si inizia a vedere qualche applicazione in tale campo. Questo lavoro presenta i risultati di una simile applicazione alla mappatura di un acquifero in ambiente alluvionale, nei pressi dell'aeroporto del Friuli-Venezia Giulia. In particolare, si mostrano i risultati delle analisi tomografiche delle onde P e di superficie rilevate.

### **3D SEISMICS TO STUDY AN AQUIFER**

**Abstract.** 3D seismic, widely used in hydrocarbon research, overall offshore, has not yet so intensively applied in other research fields, as hydrology. Recently, however, the acquisition costs are reduced, while the portability of the instruments increased, so that we start to see some application of 3D seismic also in this field. The present work presents the encouraging results of such an experiment, devoted to the mapping of an aquifer in an alluvial environment, nearby the Friuli-Venezia Giulia Airport.

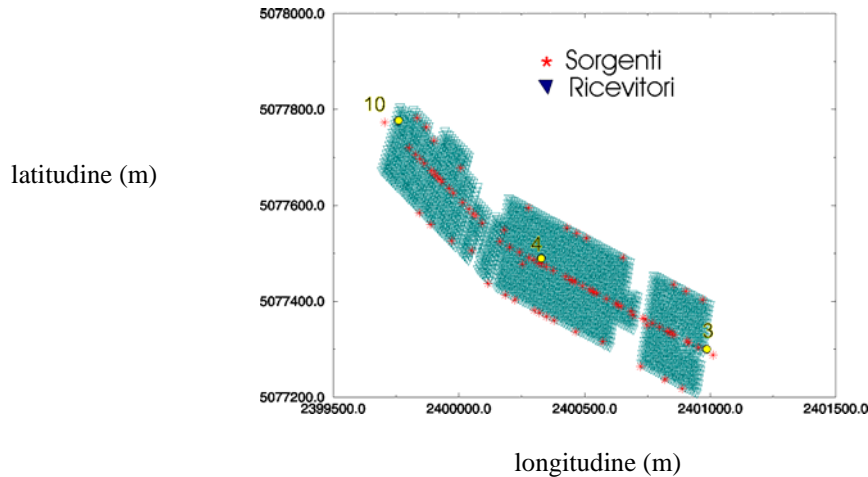
### **INTRODUZIONE**

La ricerca di nuove risorse idriche è una domanda sempre crescente anche nei paesi industrializzati, sia per rifornire le industrie, sia per trovare falde più profonde, non vulnerabili all'inquinamento. L'applicazione della sismica a riflessione 3D, ampiamente usata nella ricerca degli idrocarburi è stata frenata finora dai costi eccessivi. L'aumentare però della richiesta, unita al diminuito costo della strumentazione ed alla maggior maneggevolezza della stessa, ne possono fare un metodo di più ampio uso in tale campo. Il presente lavoro mostra un'applicazione della sismica 3D allo studio di un acquifero multifalda, in un'area attualmente prevalentemente agricola ma suscettibile di un possibile sviluppo industriale, e dove sono ubicati i pozzi per la presa dell'acquedotto che rifornisce la città di Trieste, a rischio quindi di possibili inquinamenti. Una maggiore conoscenza delle geometrie dei diversi corpi permeabili ed impermeabili è quindi di grande importanza.

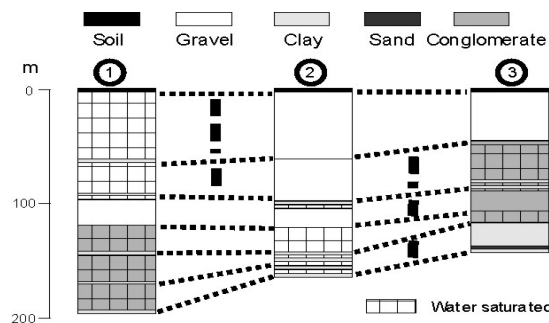
### **L'ACQUISIZIONE**

Nei pressi dell'aeroporto Friuli Venezia-Giulia, dove all'agricoltura si affiancano realtà industriali, sono situate alcune delle prese dell'acquedotto che fornisce l'acqua alla città di Trieste, e che quindi potrebbero essere a rischio nel caso di un ulteriore sviluppo industriale dell'area. In un tratto che include tre pozzi dell'acquedotto che di Trieste, è stato acquisito un rilievo sismico 3D ad alta risoluzione (Fig. 1), mirato a testare le potenzialità ed i costi del metodo. La sorgente utilizzata è un *Minibang-Isotta*, e le sorgenti sono disposte lungo la congiungente i tre pozzi e in due linee parallele a

queste ai margini dell'area indagata per limitari i danni alle attività agricole. La banda di frequenza del segnale varia tra 10 e 200 Hz. Come ricevitori sono stati utilizzati ricevitori singoli a 100 Hz ed il sistema Summit di registrazione a 96 canali. In Fig. 2 uno schema delle informazioni fornite dalla stratigrafia da pozzo, tipiche di un ambiente alluvionale sovrastante il substrato carbonatico, e sede di un sistema multifalda.



**Fig. 1** - Geometria delle sorgenti (asterischi rossi), dei ricevitori (triangoli azzurri) e dei pozzi (cerchi numerati).

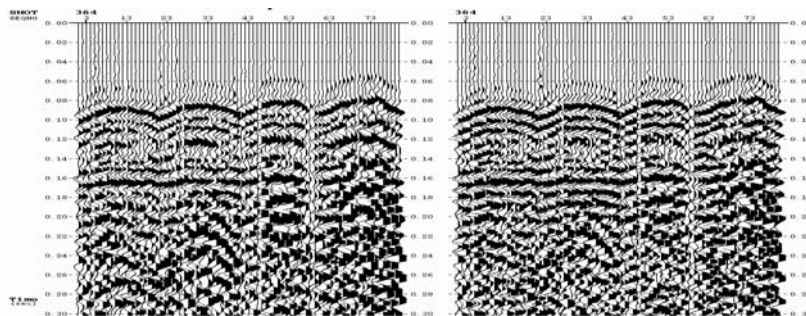


**Fig. 2** - Stratigrafie dei tre pozzi correlate (linee punteggiate): le linee verticali marcano interruzioni nella stratificazione.

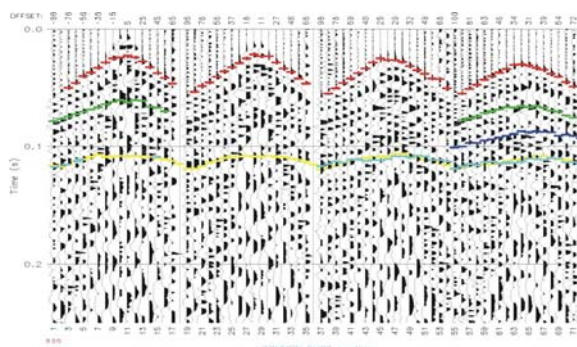
## ELABORAZIONE ED ANALISI TOMOGRAFICA DEI DATI

La presenza in superficie di terreni molto diversi, campi arati e strade ha reso necessaria l'applicazione di statiche residue, compensazione d'ampiezza e deconvoluzione *surface consistent*, allo scopo di minimizzare l'influenza di tali in omogeneità: come si vede dall'esempio di Fig. 3 la continuità dei riflettori aumenta considerevolmente.

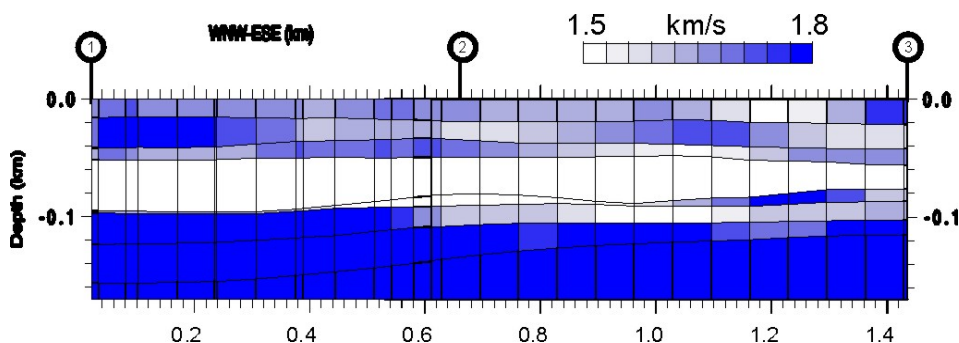
Con l'aiuto dell'interpretazione sulle sezioni *stack*, e dei dati dei pozzi, si è proceduto al *picking* di alcuni eventi nei dati *prestack* (Fig. 4). Si è proceduto poi all'inversione tomografica dei tempi d'arrivo dei principali eventi (p.e. Vesnaver et al., 1999), attraverso un processo iterativo, che prevede il calcolo dei tempi d'arrivo sulla base del modello ottenuto da una prima inversione, per estendere il *picking* a tutto il volume dei dati.



**Fig. 3** - Esempio dell'applicazione della deconvoluzione *surface consistent* . Uno *shot-gather* prima (sinistra) e dopo (destra) l'applicazione del procedimento.



**Fig. 4** - Esempio del picking di alcuni eventi sui dati prestack. In giallo i tempi calcolati sulla base delle prime inversioni tomografiche.

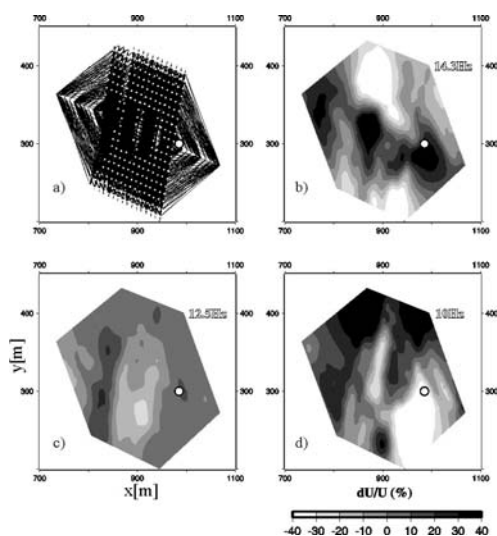


**Fig. 5** - Sezione verticale del modello tomografico lungo la congiungente i tre pozzi.

L'inversione tomografica ha messo in evidenza le strutture, ondulate o gentilmente inclinate (Fig. 5). Le variazioni di velocità bene si accordano con l'inomogeneità dell'area e con le variazioni in saturazione di Fig. 2, così come pure si notano chiusure a pinch-out di alcuni strati. Il campo di velocità così ottenuto ha fornito delle sezioni migrate in profondità che hanno confermato le geometrie delle diverse unità. Le alternanze di alte e basse velocità coincidono inoltre con le zone sature e non sature rispettivamente dalle informazioni puntuali dei pozzi, permettendo quindi di mappare i diversi acquiferi nell'area compresa tra i pozzi ed attorno ad essi.

Per completare le informazioni disponibili sugli strati più superficiali, è stata effettuata anche l'inversione delle onde di Rayleigh, utilizzando il metodo proposto da Yanovskaja e Ditmar (1990): in Fig. 6 b, c e d i risultati per il campo di frequenza 14 Hz, 12.5 Hz e 10 Hz rispettivamente, che campionano porzioni via via più profonde. Si

possono notare anche in questo caso variazioni di velocità che rispecchiano l'inomogeneità del sottosuolo.



**Fig. 6** - a) Percorso dei raggi delle onde di Rayleigh utilizzati; b) anomalie della velocità di gruppo a 14.3 Hz; c) lo stesso a 12.5Hz; lo stesso a 10 Hz.

## CONCLUSIONI

I risultati ottenuti confermano le grandi potenzialità in questo campo della sismica 3D anche effettuata cercando di minimizzarne i costi, rispetto alle comuni applicazioni in campo petrolifero. Il buon accordo tra il modello di velocità ottenuto e le informazioni puntuali dalla stratigrafia di pozzo, permette di estendere le osservazioni a tutto il volume indagato, ottenendo una mappa tridimensionale dei diversi corpi acquiferi.

L'analisi della dispersione delle velocità di gruppo ha inoltre permesso di trarre delle informazioni sulla possibile distribuzione delle onde di taglio, di grande importanza in questo tipo di studio, per confermare le zone a bassa ed alta saturazione rispettivamente.

**Ringraziamenti.** Questo lavoro è parte del progetto MICA del Fondo Trieste per la Ricerca. Ringraziamo per il loro aiuto F. Accaino, G. Böhm, G. Dal Moro, G. Madrussani, T. Mammo, M. Marchi, M. Peronio, N. Wardell e tutti i partecipanti al progetto.

## BIBLIOGRAFIA

- Vesnaver A., Böhm G., Madrussani G., Petersen S. e Rossi G.; 1999: Tomographic imaging by reflected and refracted arrivals at the North Sea. *Geophysics*, 64, 1852-1862.
- Yanovskaja T. B. e Ditmar P. G.; 1990: Smoothness criteria in surface wave tomography. *Geophys. J. Int.*, 102, 63-72.