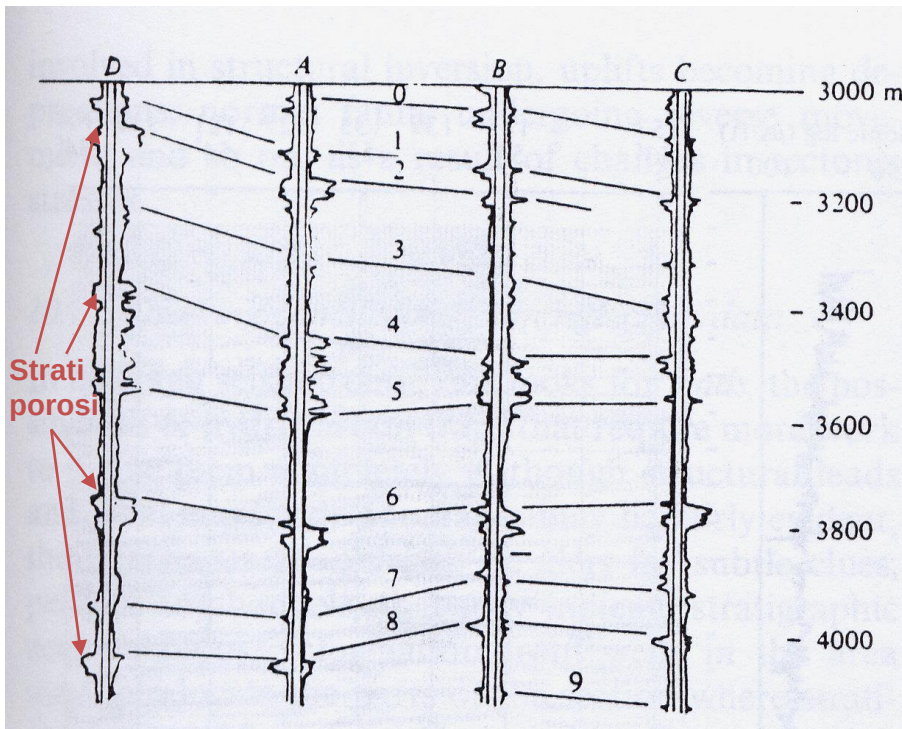


Taratura dei dati sismici con pozzi

I dati di pozzo, qualora disponibili, sono di fondamentale interesse per la taratura di sommità e base di una sequenza stratigrafica (*unconformities* e relativa durata nel tempo degli *hiatus* correlati), della relativa litologia e dell'ambiente deposizionale.



Anche la registrazione di dati in pozzo esclusivamente geofisici, fornisce una importante indicazione della distribuzione delle sequenze e, particolarmente utile per l'analisi dei *reservoir*, dei *trend* laterali e verticali dei parametri di porosità, permeabilità, etc.

Nell'esempio si hanno 4 pozzi in cui sono stati registrati:

- curva di Resistività - a destra,
- Potenziale Spontaneo - a sinistra

Misure di Resistività

Equazione di Archie (1942):

$$R = a P^{-b} f^c R_w$$

R = resistività misurata

R_w = resistività dell'acqua

P = porosità della formazione

f = saturazione in acqua

a, b, c = costanti empiriche

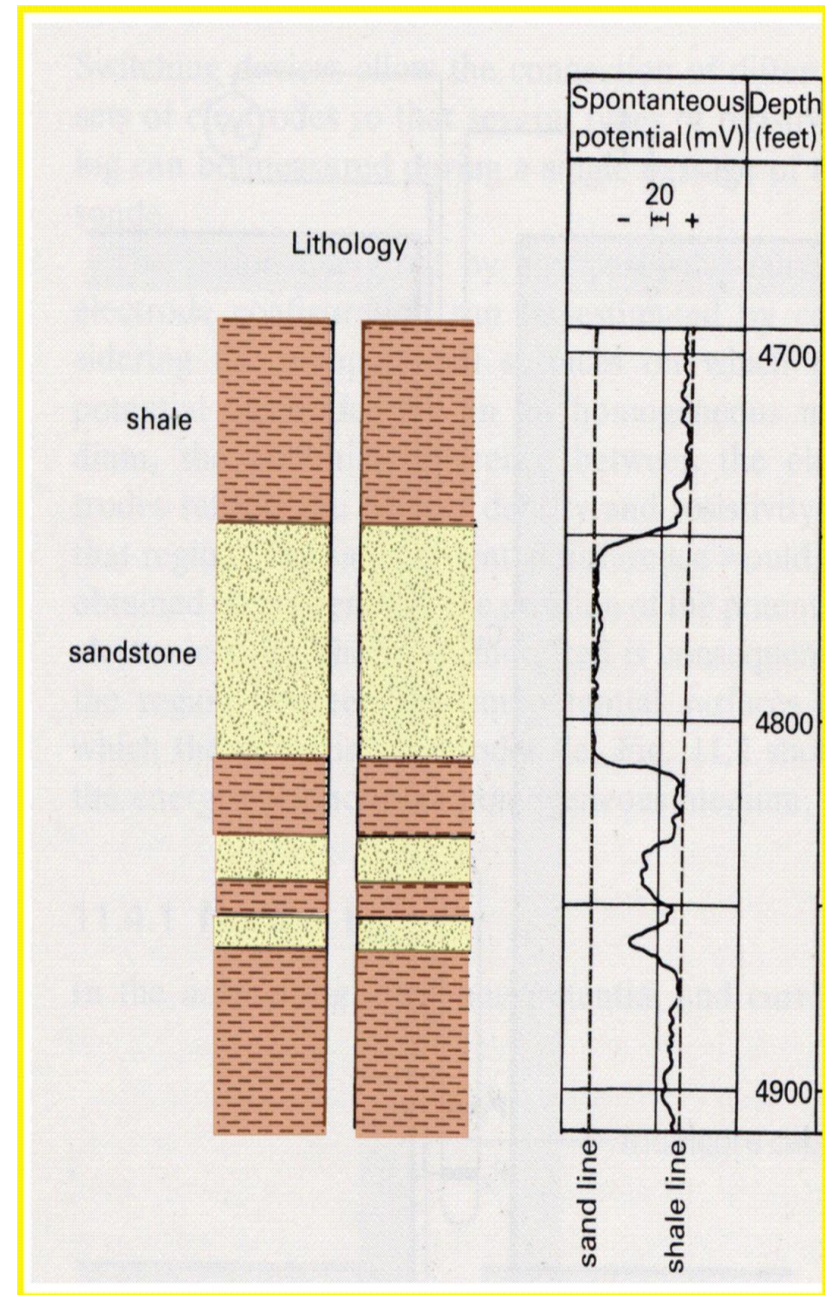
E' particolarmente utile nel definire la presenza di idrocarburi (alta R)

Potenziale Spontaneo (in figura)

L'anomalia di SP dipende da:

- permeabilità
- spessore
- resistività

E' particolarmente utile nel definire le alternanze sabbiose-argillose



I logs generalmente utilizzati per tali correlazioni sono: GR (*Gamma Ray*, sfrutta radioattività naturale), *density logs* (sorgente di *Gamma Ray*), *sonic log*, *dipmeter* (misura pendenze di strato con 4 elettrodi di resistività).

La *seismic stratigraphy* integra le informazioni provenienti da sismica, perforazioni, *well logs* e, spesso, da affioramenti. Inoltre permette di prevedere la presenza e la distribuzione regionale di *reservoirs* quali, ad es., torbiditi all'interno di un'area marina prossimale.

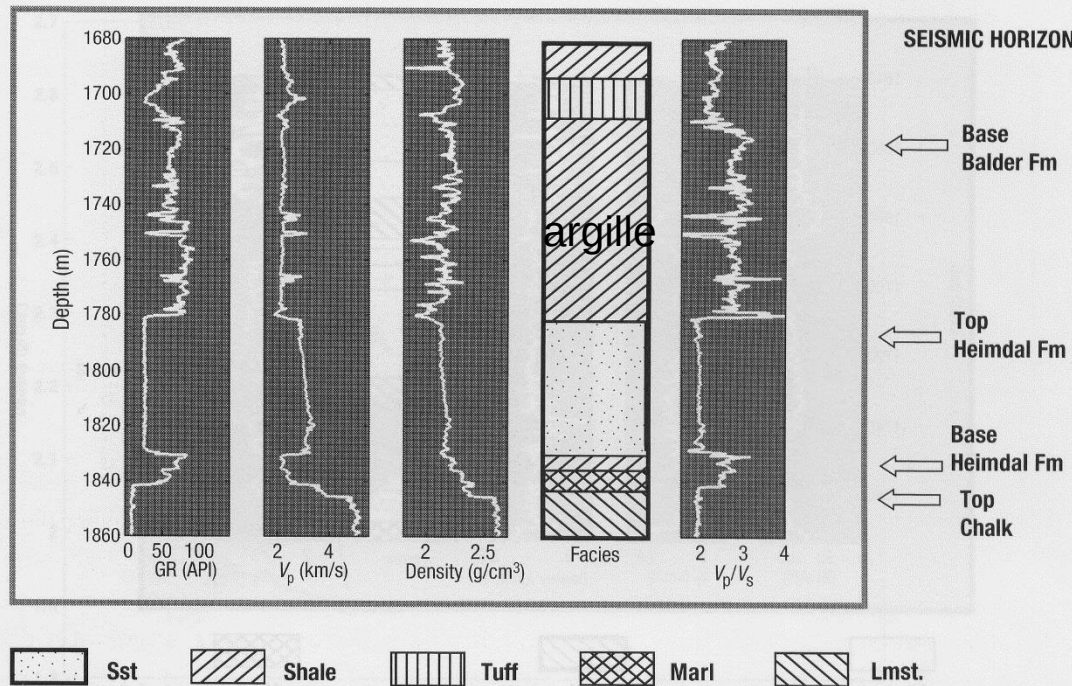


Figure 5.43 Various log data and facies in Well 1, the type-well. Facies observations are from cores. Key seismic horizons are noted.

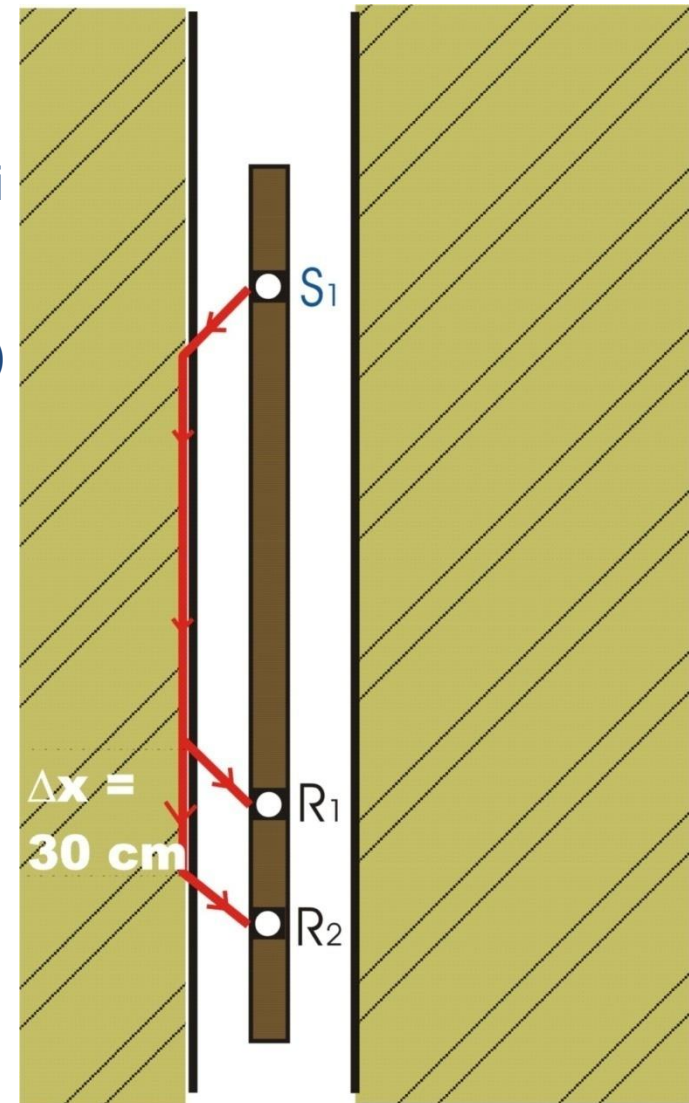
L'integrazione con il dato sismico permette di definire le diverse fasi geologiche e tettoniche che hanno determinato le variazioni laterali di spessori, litologie, porosità, etc., ma soprattutto permette di trasferire l'informazione prodotta dal pozzo all'intera area indagata o, quantomeno, all'area circostante.

Sonic Log

Nella interpretazione sismica la correlazione tra i dati geologici e geofisici acquisiti in pozzo (ed espressi in funzione della profondità in metri) e le riflessioni (esprese in funzione della profondità in tempi doppi) rappresenta un passaggio critico.

Le correlazioni tra profondità in metri (misura delle profondità raggiunte dal pozzo) e profondità in tempi doppi ($2wt$ - misura delle profondità raggiunta dalle onde P) si possono fare con precisione qualora si disponga di un *Sonic Log*, che fornisce la misura delle velocità caratteristiche di ogni singolo spessore attraversato.

Nota la distribuzione delle velocità in funzione della profondità, la conversione diviene automatica, oltre che precisa.

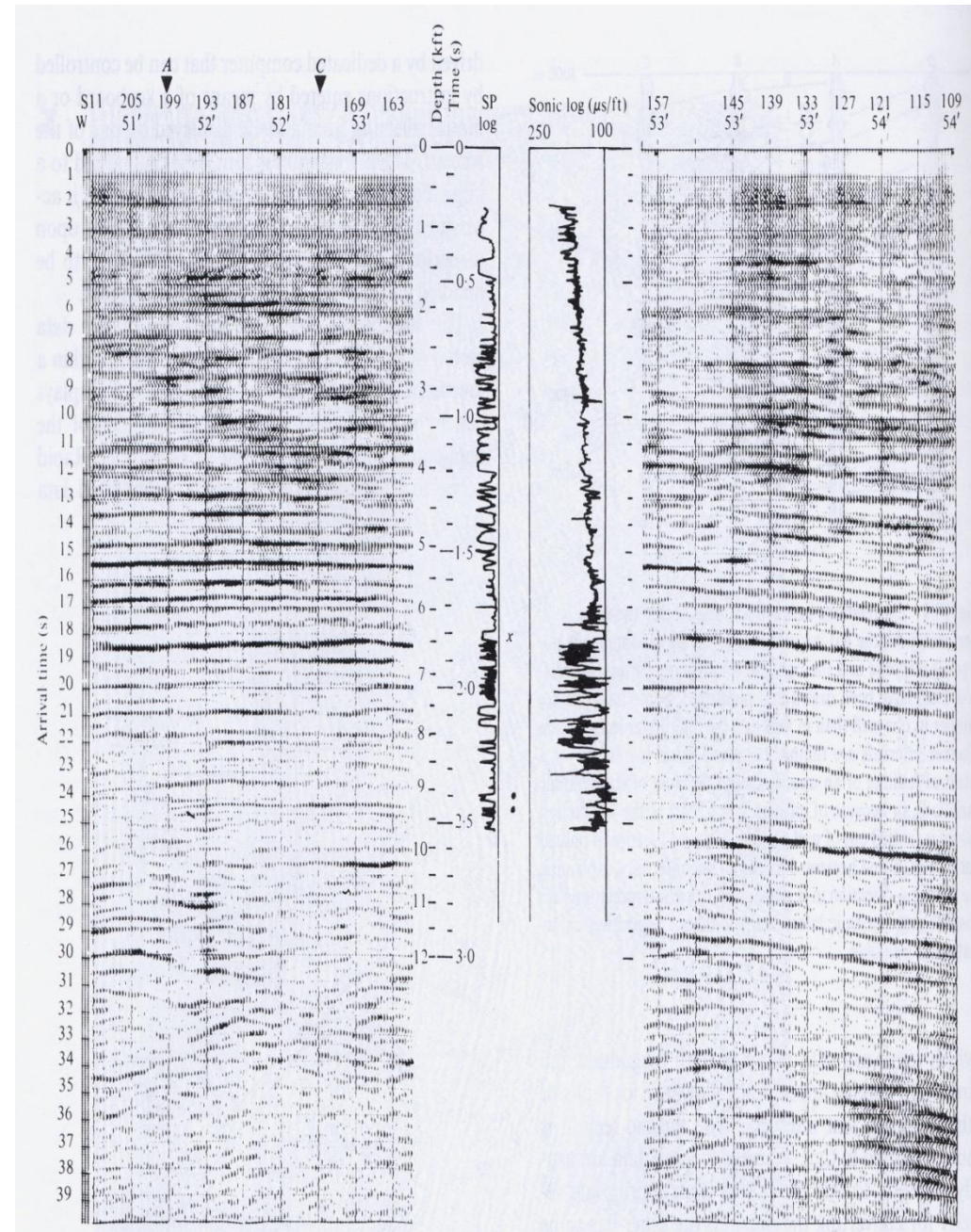


Taratura dei dati sismici con pozzi

I logs plottati linearmente nel tempo alla stessa scala della sezione sismica possono aiutare molto la taratura del profilo sismico. Chiaramente questo si può fare quando si disponga anche di *sonic logs*.

Anche i

Vertical Seismic Profiles (VSP) sono utili in tal senso.



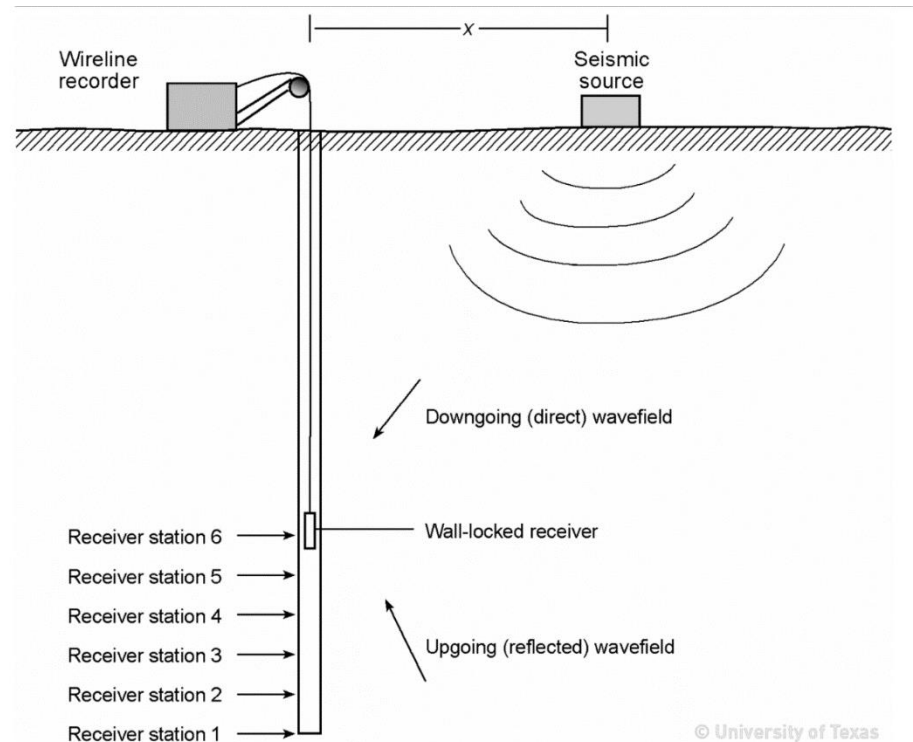
Taratura dei dati

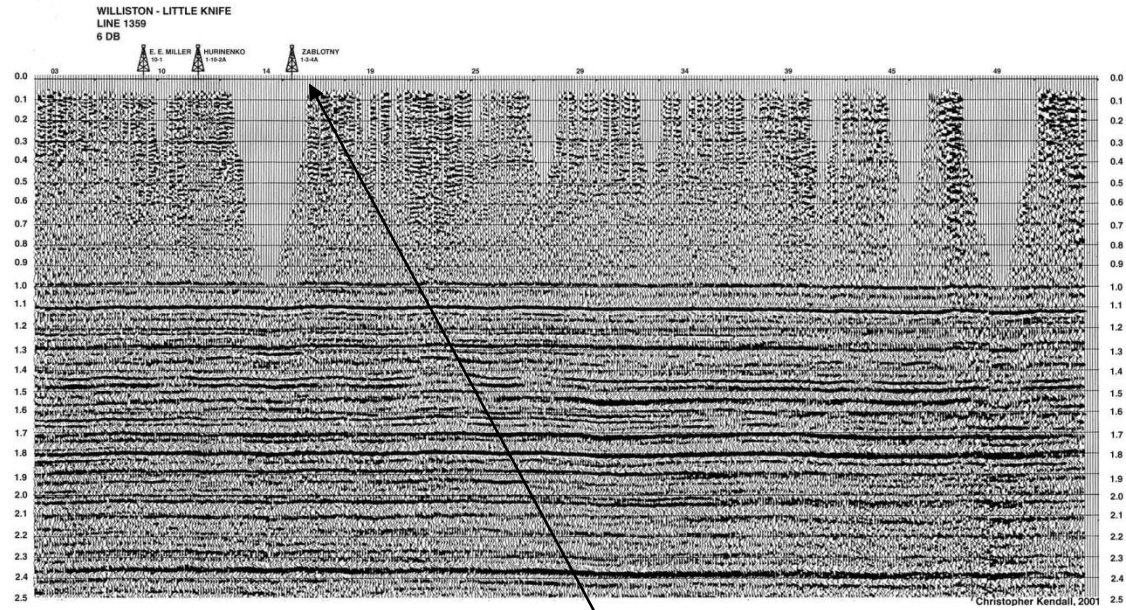
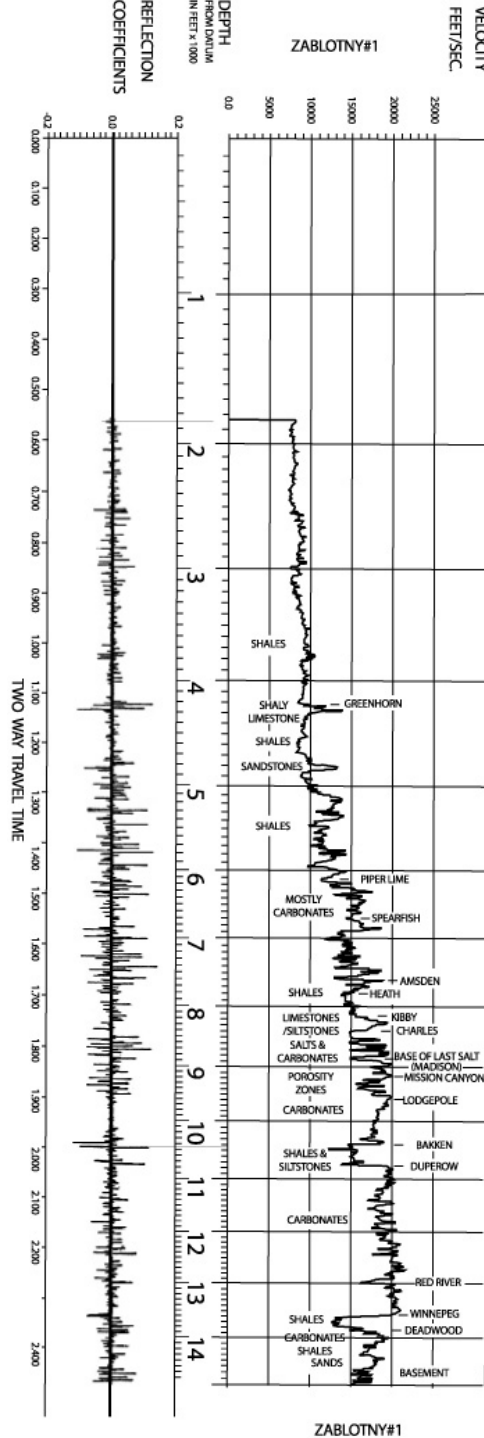
sismici con

Vertical Seismic Profiles

(VSP)

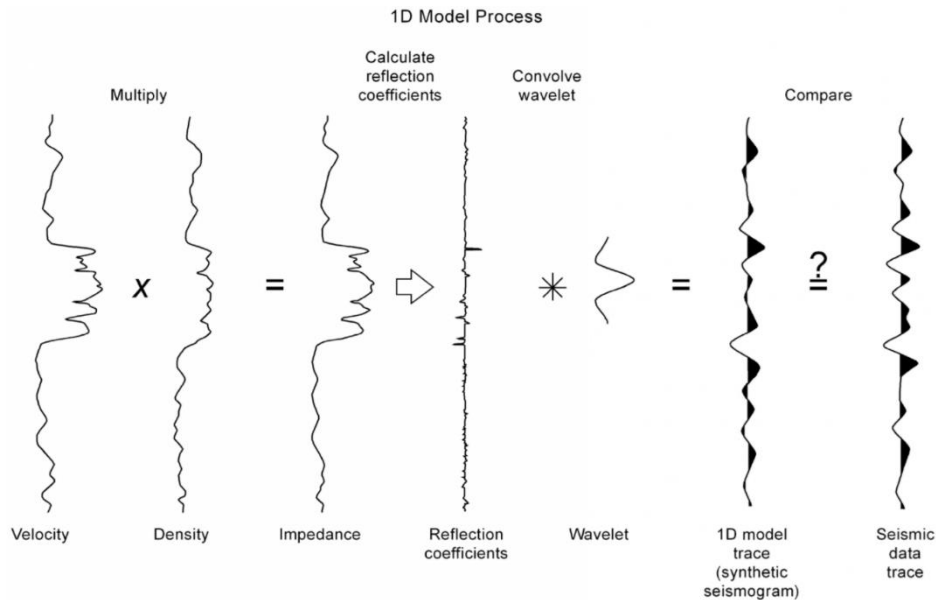
This receiver records the total seismic wavefield, both downgoing and upgoing events, produced by a surface-positioned energy source. Only 6 receiver stations are indicated here for simplicity, but a typical VSP consists of 75 to 100 receiver stations. The vertical spacing between successive stations is a few tens of feet. A common receiver spacing is 50 ft (15 m). The horizontal distance, X , between the surface source and the downhole receiver is the offset and can assume different magnitudes, depending on the specific VSP imaging application. **Fig. 1** depicts a VSP measurement made in a vertical wellbore, but the VSP technique can also be implemented in deviated wells.





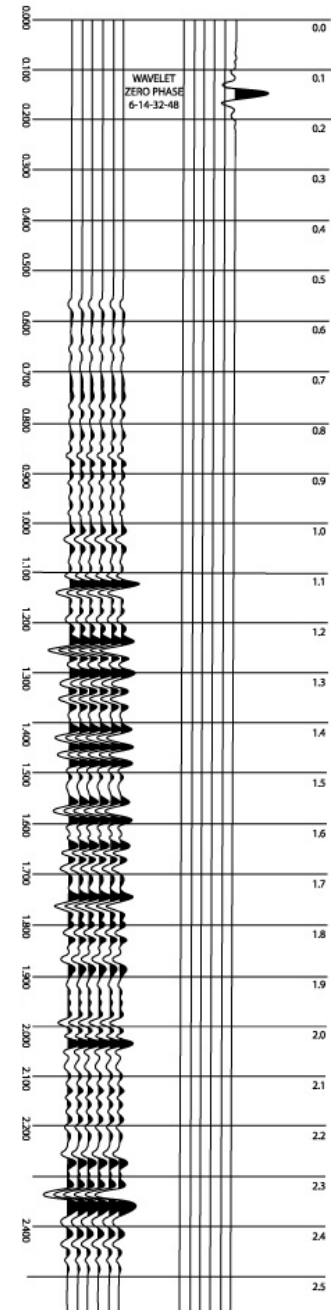
Esempio: nel pozzo di figura è stato acquisito un sonic log che ha permesso di calcolare i coefficienti di riflessione (formula semplificata) alle diverse profondità e, quindi, di costruire un sismogramma sintetico.

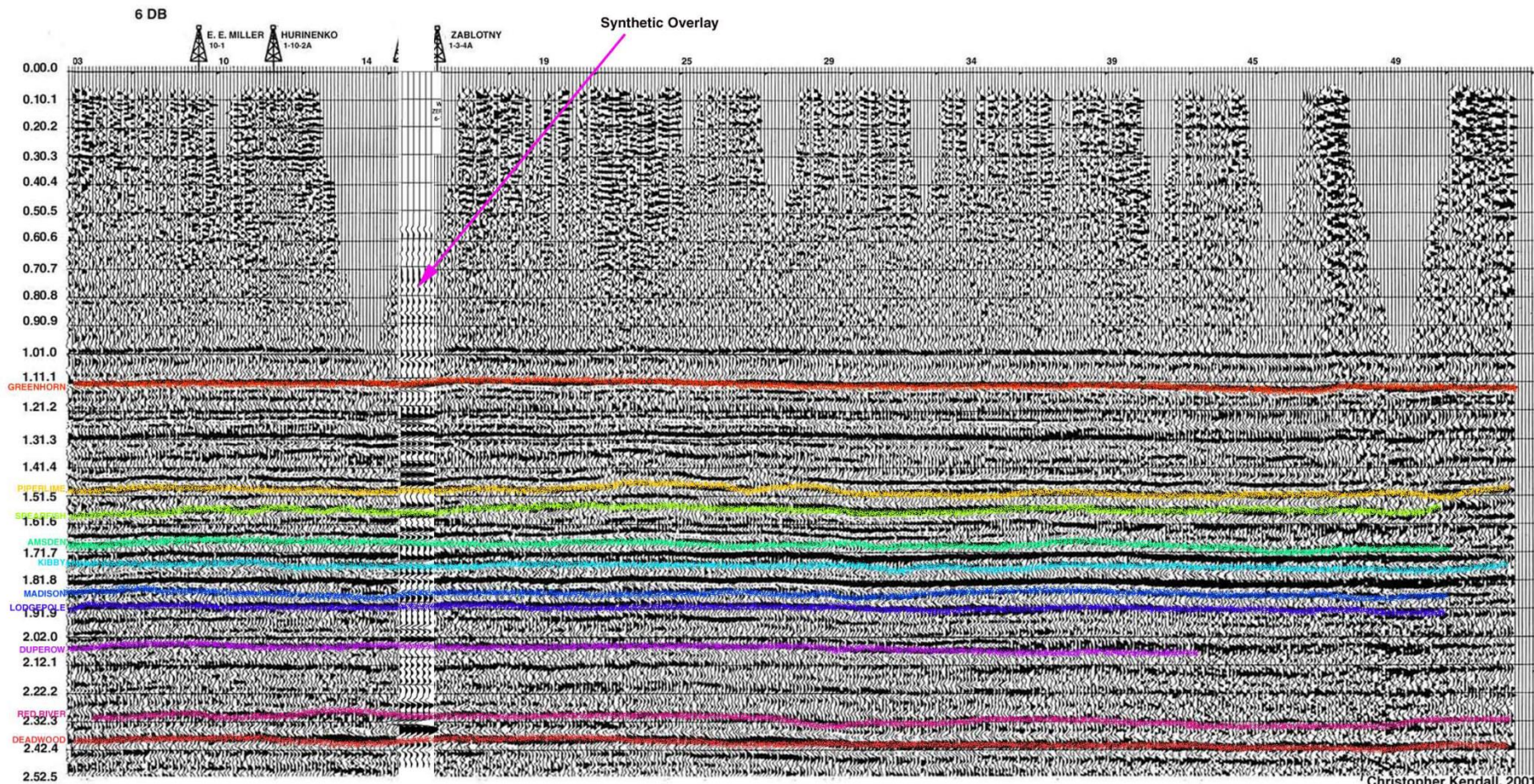
Meglio ancora, se disponiamo anche di un log di densità...



La disponibilità di *sonic* e *density* logs permette una più accurata definizione delle impedenze acustiche utili per la costruzione del sismogramma sintetico che,

ripetuto 6 volte (fig a sn), fornisce una breve sezione sismica sintetica, in cui sono evidenziate le risposte sismiche delle diverse discontinuità litologiche, tarate dal pozzo. La sezione sintetica viene quindi inserita e confrontata con il profilo sismico in corrispondenza del pozzo

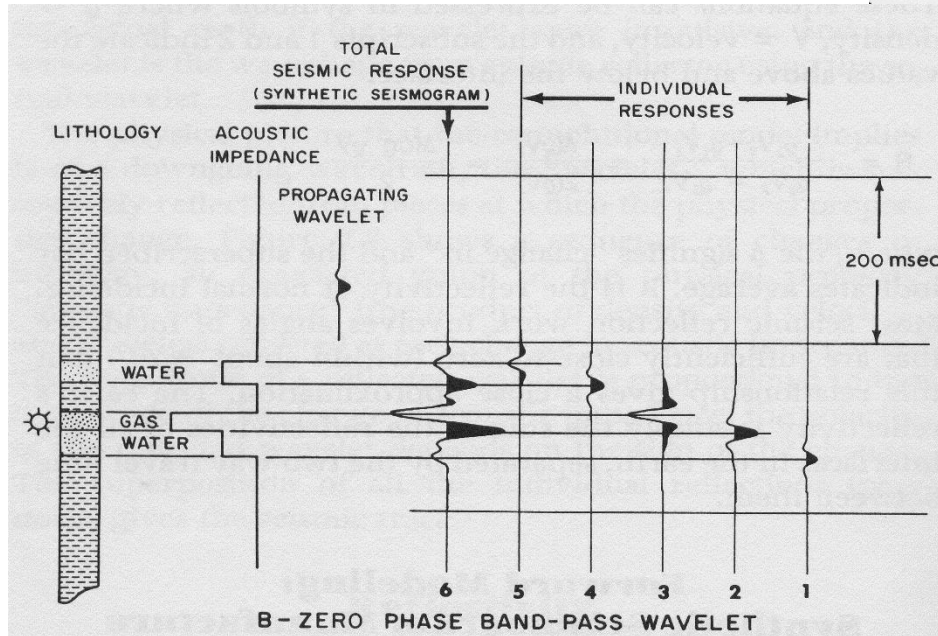
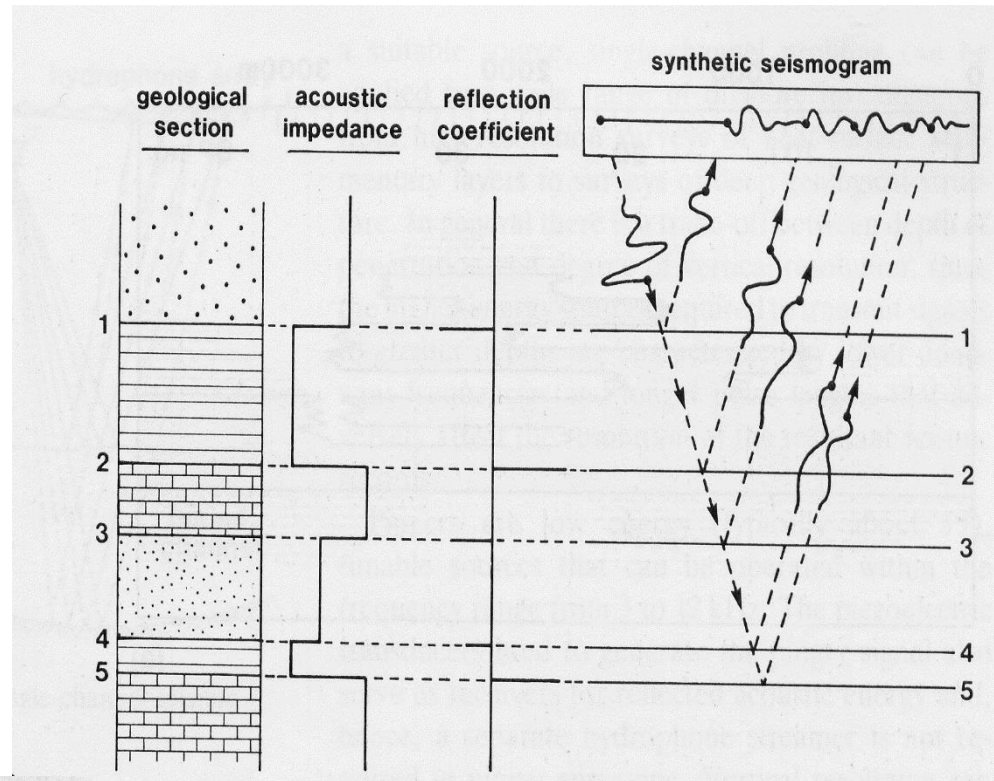




... Il profilo sintetico è stato inserito nel profilo sismico acquisito, permettendo di analizzare le caratteristiche sismiche dei singoli riflettori e di tararli con i dati geologici e geofisici di pozzo.

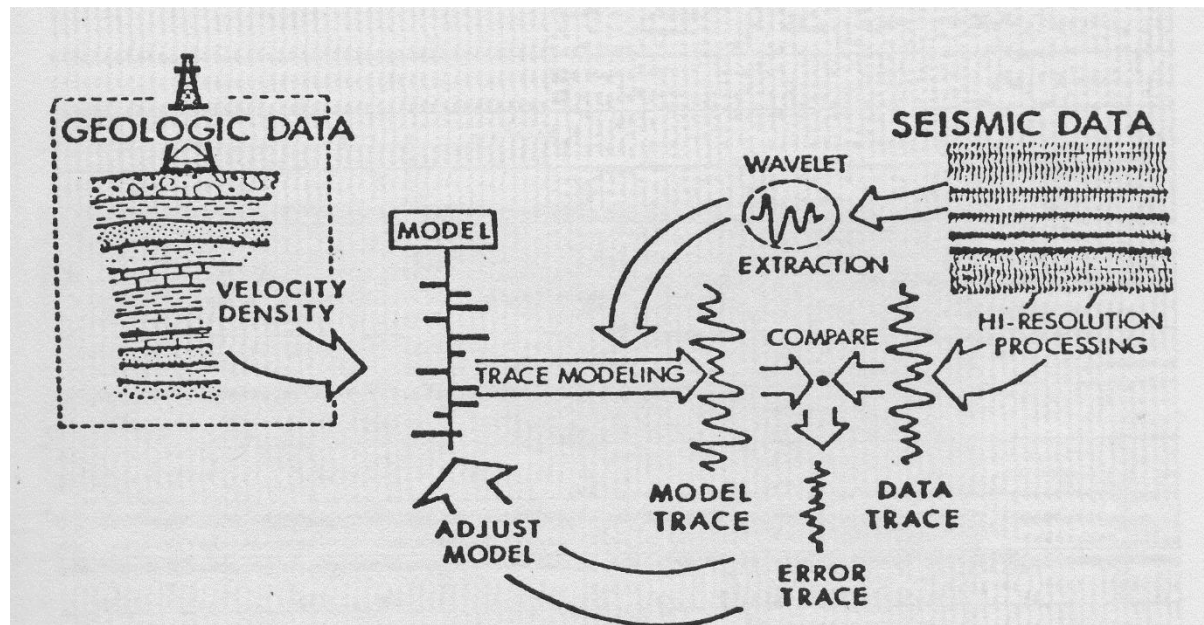
Utilizzo di sismogrammi e sezioni sintetiche

La conoscenza della distribuzione delle velocità in funzione della profondità può essere più o meno precisa, in funzione della disponibilità o meno di logs, di tabelle ricavate dall'analisi di velocità, etc.

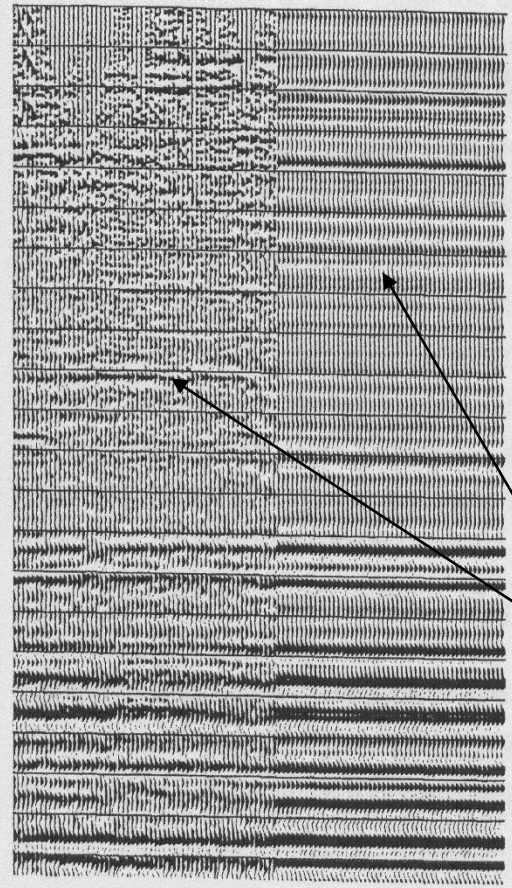


Se disponibili *logs* quali i *gamma-ray logs* si ottengono gli esatti valori di impedenza acustica.

Trace modeling



Dati reali Dati sintetici

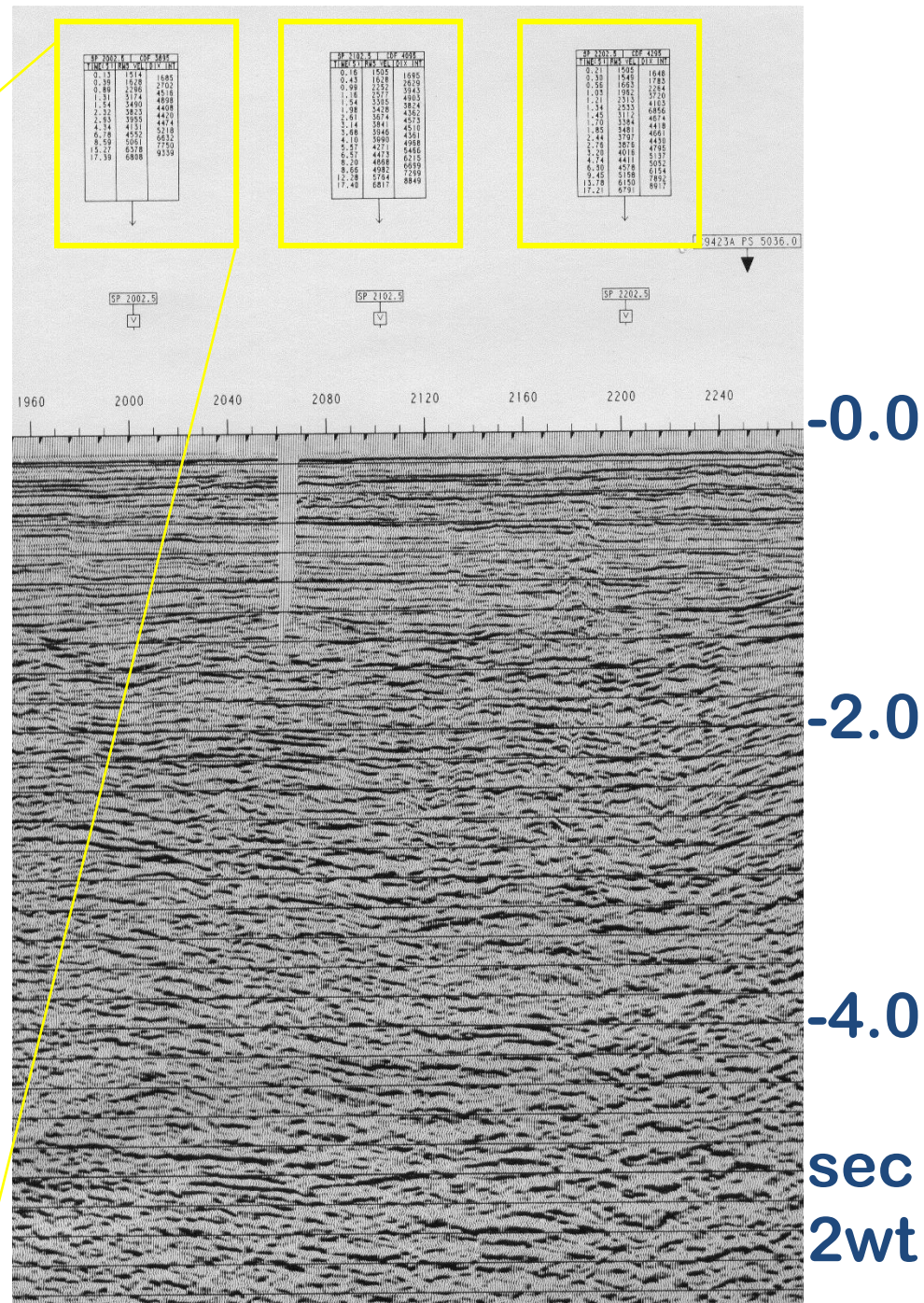


Il *trace modeling* parte da un modello della distribuzione delle sequenze sedimentarie a cui si associa una distribuzione di densità e velocità. Si convolve il modello di riflettività così ottenuto con un'ondina (spesso dedotta dal dato sismico acquisito). Il risultato della convoluzione sarà una sezione sintetica che verrà confrontata con la sezione sismica registrata. Le differenze tra le due sezioni forniranno indicazioni sulle variazioni che andranno applicate al modello geologico di partenza. Tale procedura interattiva andrà ripetuta fino ad ottenere un profilo sintetico sufficientemente simile al profilo registrato. Tale similitudine supporterà l'esattezza del modello geologico interpretato e adottato.

Spesso si dispone di un pozzo stratigrafico senza conoscere la distribuzione delle velocità in profondità.

In tal caso si ricorre alle velocità dedotte dall'analisi degli spettri, eseguita nella fase di *stacking* dei CDP e generalmente indicate lungo i profili sismici.

SP 2002.5		CDP 3895
TIME(S)	RMS VEL	DIX INT
0.13	1514	1685
0.39	1628	2702
0.89	2296	4516
1.31	3174	4898
1.54	3490	4408
2.32	3823	4420
2.93	3955	4474
4.34	4131	5218
6.78	4552	6632
8.59	5061	7750
15.27	6378	9339
17.39	6808	



Es. da tabella in figura:

SP 2002.5	COF 3898	
TIME (S)	RMS VEL	DIX INT
0.13	1514	1685
0.39	1628	2702
0.89	2296	4516
1.31	3174	4898
1.54	3490	4408
2.32	3823	4420
2.93	3955	4474
4.34	4131	5218
6.78	4552	6632
8.59	5061	7750
15.27	6378	9339
17.39	6808	

$$(0,13 \text{ sec}/2) \times 1514 \text{ m/sec} = 98,41 \text{ m}$$

dove:

- 0,13 sec è la profondità 2wt del fondo mare pari quindi a 98,41 metri
- 1514 m/sec è la velocità dell'acqua

$$((0,39 - 0,13) \text{ sec}/2) \times 1685 \text{ m/sec} = 219,05 \text{ m}$$

dove:

- 0,39 sec è la profondità del primo riflettore (sotto il fm) "pickato" nell'analisi di velocità
- 1685 m/sec è la velocità dello spessore compreso tra il fondo mare e il riflettore a 0,39 sec.

$$\Rightarrow 0,39 \text{ sec in prof. 2wt corrisponde a } (98,41 + 219,05) \text{ m} = 317,46 \text{ m}$$

...e così via per profondità maggiori.

Formula di Dix:

$$V_{\text{int}} = [(t_2 V_{\text{RMS2}}^2 - t_1 V_{\text{RMS1}}^2) / (t_2 - t_1)]^{1/2} \quad \text{where:}$$

V_{int} = interval velocity

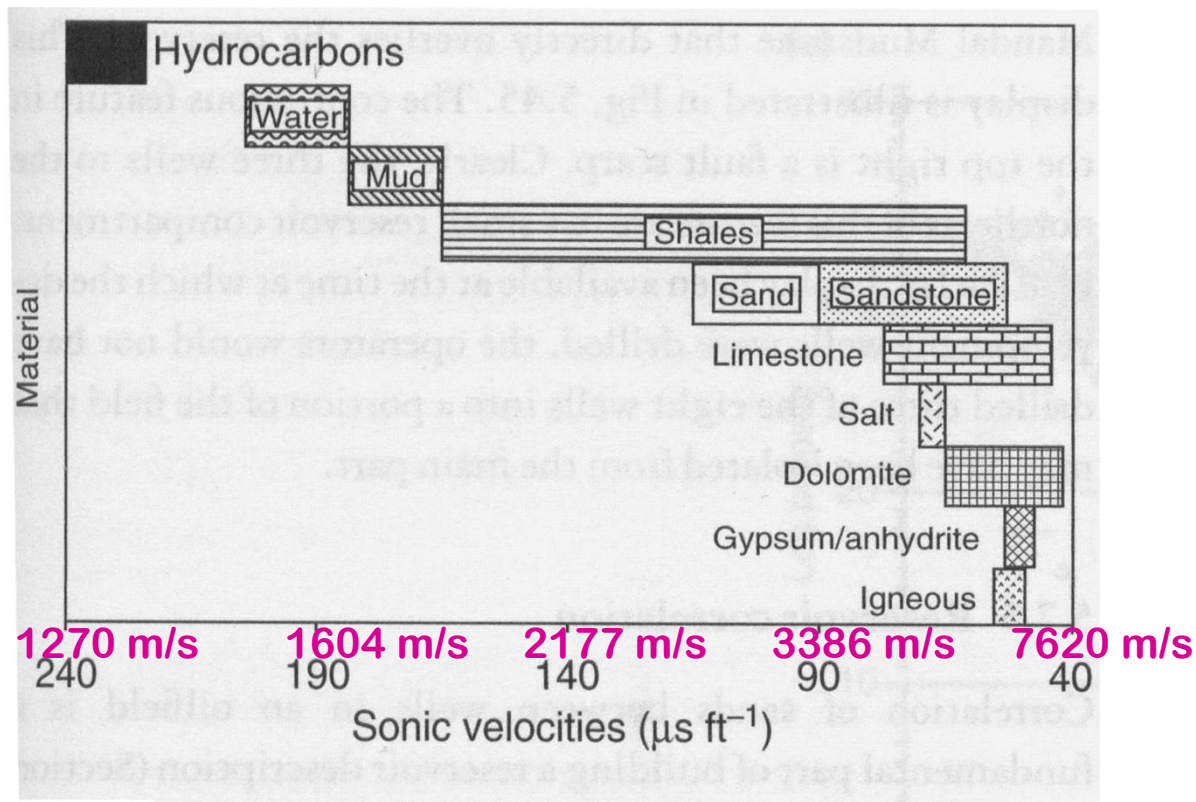
t_1 = traveltime to the first reflector

t_2 = traveltime to the second reflector

V_{RMS1} = root-mean-square velocity to the first reflector

V_{RMS2} = root-mean-square velocity to the second reflector.

Dix CH: "Seismic Velocities from Surface Measurements, *Geophysics* 20, no. 1 (January 1955): 68–86.



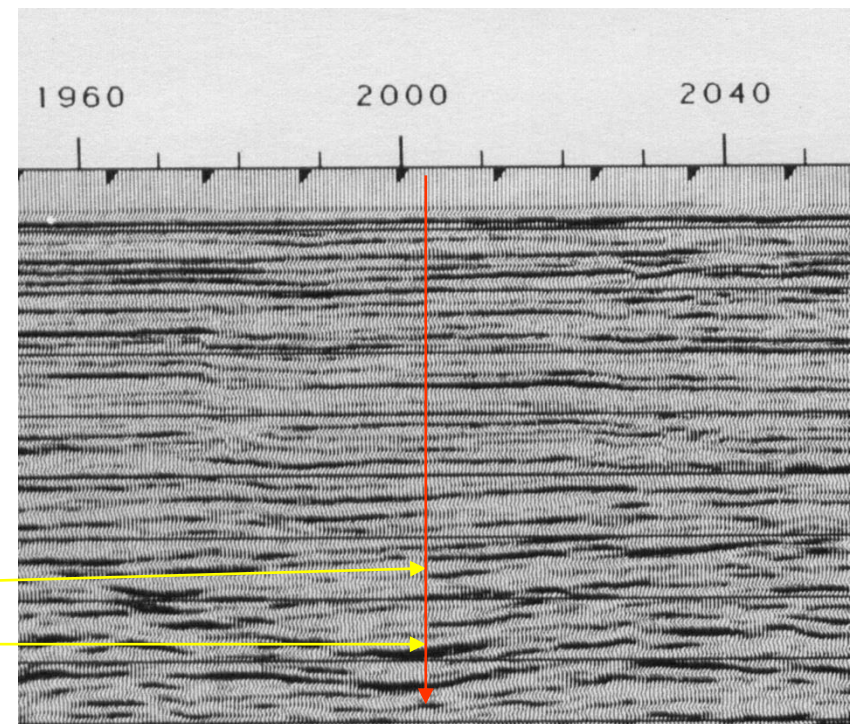
P-wave velocities for various lithologies.

La tabella delle velocità intervallari può essere utile anche per stime di tipo litologico.

In figura sono illustrati i *range* di velocità di alcune tipiche litologie: si noti che in ascisse l'unità di misura è il **microsec/piede**, tipica unità di misura nei *sonic logs*, facilmente convertibile in piedi/sec e, quindi, in **m/sec**.

SP 2002.5		CDF 3895
TIME (S)	RMS VEL	DIX INT
0.13	1514	1685
0.39	1628	2702
0.89	2296	4516
1.31	3174	4898
1.54	3490	4408
2.32	3823	4420
2.93	3955	4474
4.34	4131	5218
6.78	4552	6632
8.59	5061	7750
15.27	6378	9339
17.39	6808	

Es.: nella tabella delle velocità intervallari, lo spessore tra 1,31 e 1,54 sec è caratterizzato da alta velocità intervallare, con inversione alla base da 4898 a 4408 m/sec: ciò suggerisce che si tratti dello strato di evaporiti Messiniane



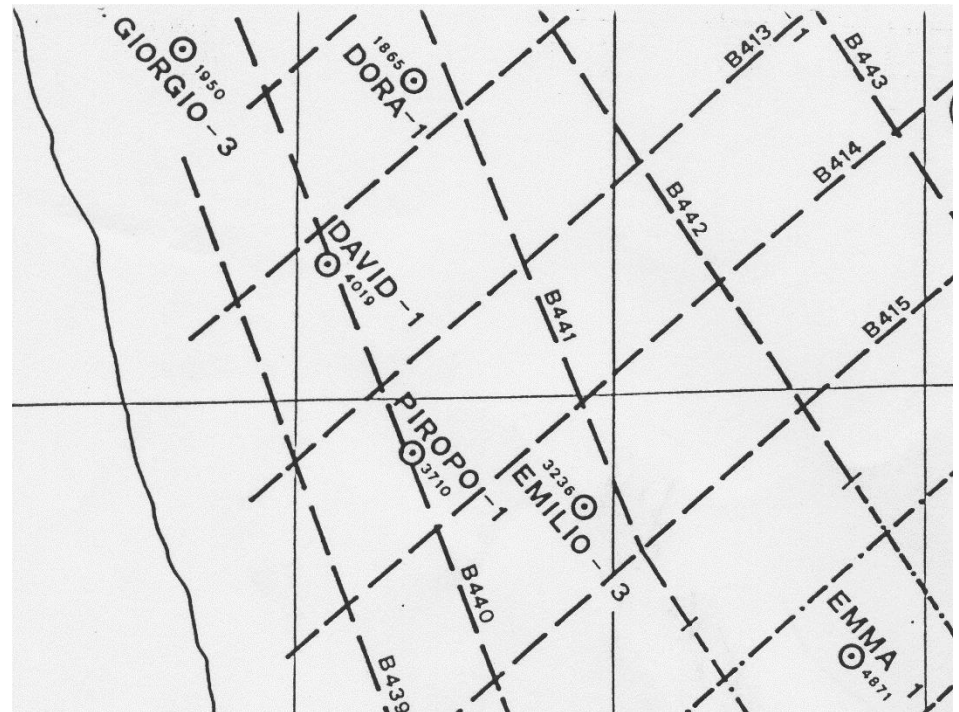
Spessore delle evaporiti Ms

Spesso il pozzo utilizzato per la taratura non si trova esattamente su uno dei profili sismici: dovrà quindi essere proiettato. Tale procedura può essere molto delicata e problematica, soprattutto qualora si abbiano strati pendenti oppure si frappongano faglie tra il pozzo ed il profilo.

La proiezione dei dati di pozzo comporta già una prima interpretazione, cioè l'assunzione di una ipotesi relativa sia all'andamento degli strati che all'effetto di eventuali faglie presenti nell'area intermedia.

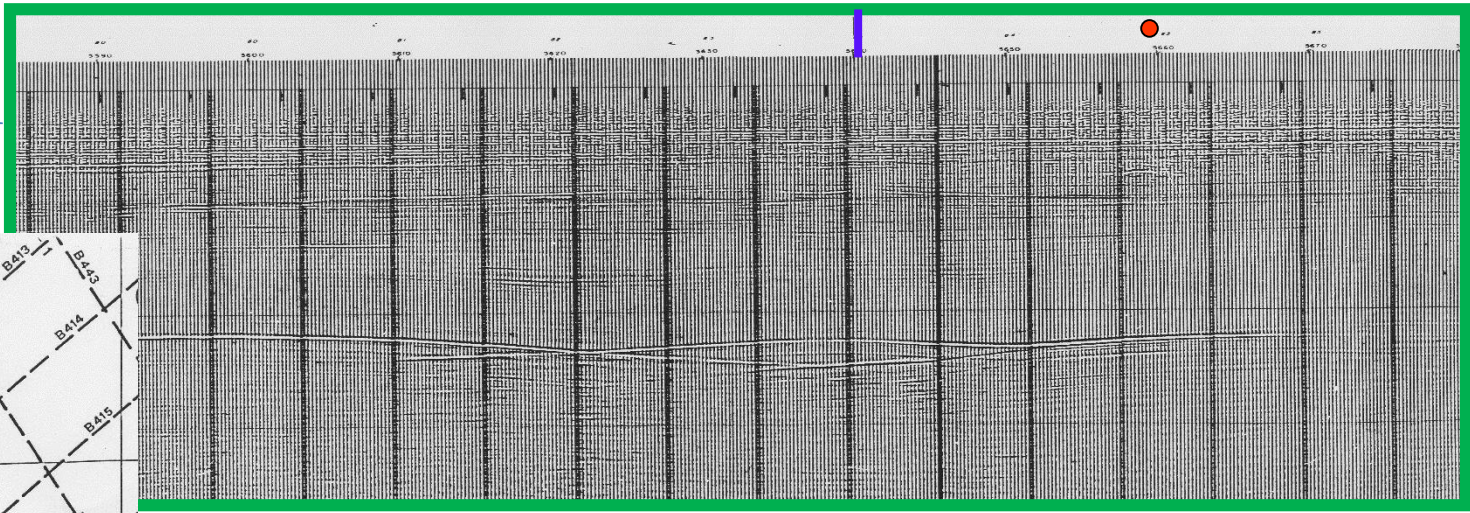
Quindi converrà prima stabilire eventuali pendenze degli strati lungo i profili e successivamente proiettare secondo gli assi strutturali i dati di pozzo.

Esempio di dataset sismico e distribuzione di pozzi in Adriatico

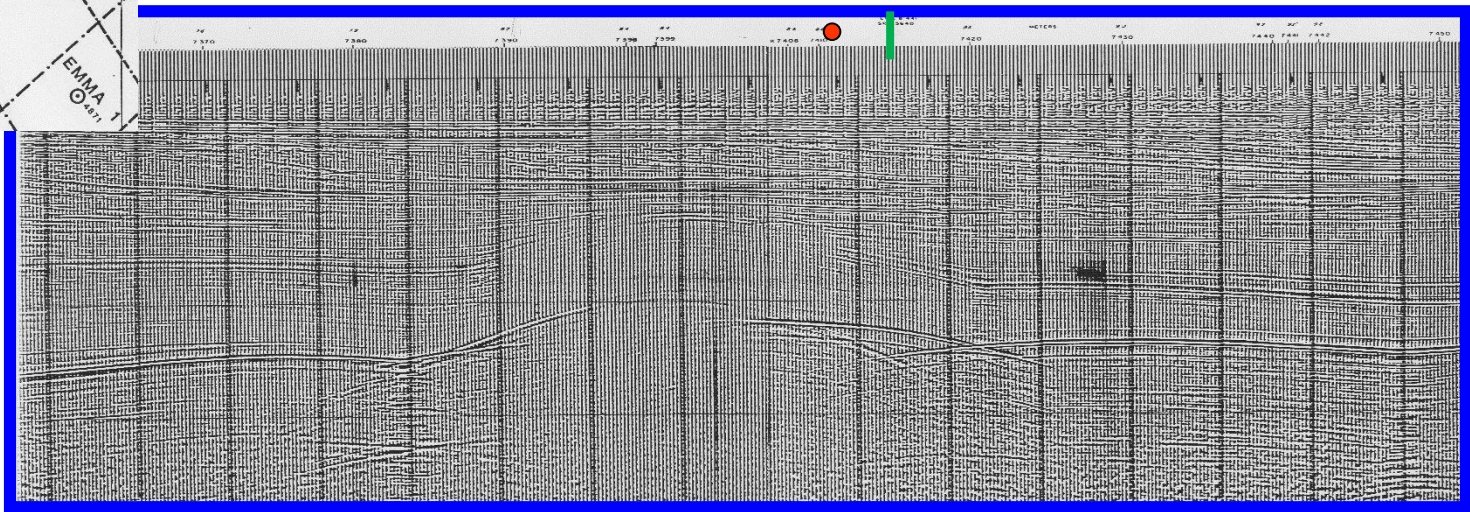


Nell'esempio di figura il pozzo Emilio-3 interessa una struttura che risulta particolarmente evidente lungo il profilo sismico B-414, mentre si hanno solo dei riflettori di margine-struttura lungo il profilo B-441. Questo suggerisce che il *trend* strutturale sarà circa parallelo alla B-441, e quindi si dovranno proiettare i dati di pozzo sulla B-414, benché sia più distante dal pozzo stesso.

B-441



B-414



Gli strati superficiali mostrano geometrie progradanti da ovest (linea di costa) verso est (centro del bacino).

I riflettori profondi mostrano invece pendenze opposte.

Ciò implica valutazioni *ad hoc* qualora si volesse proiettare un pozzo di taratura.

