

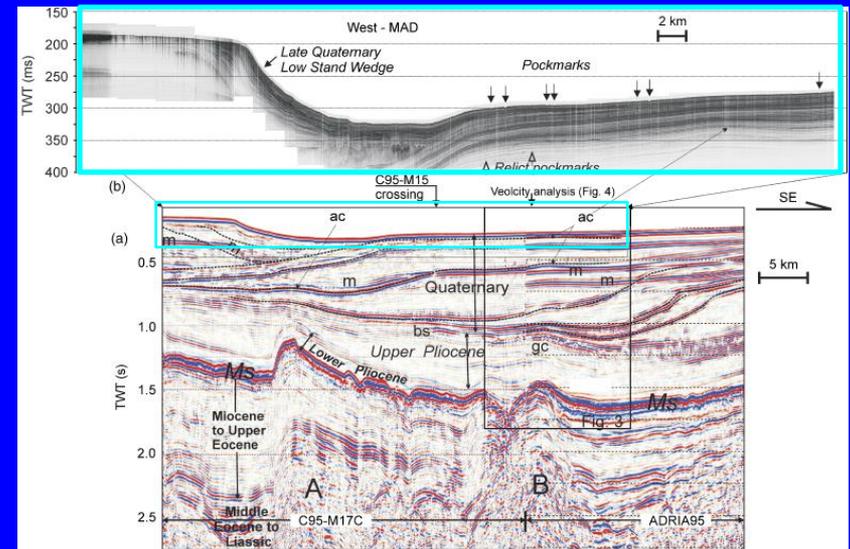
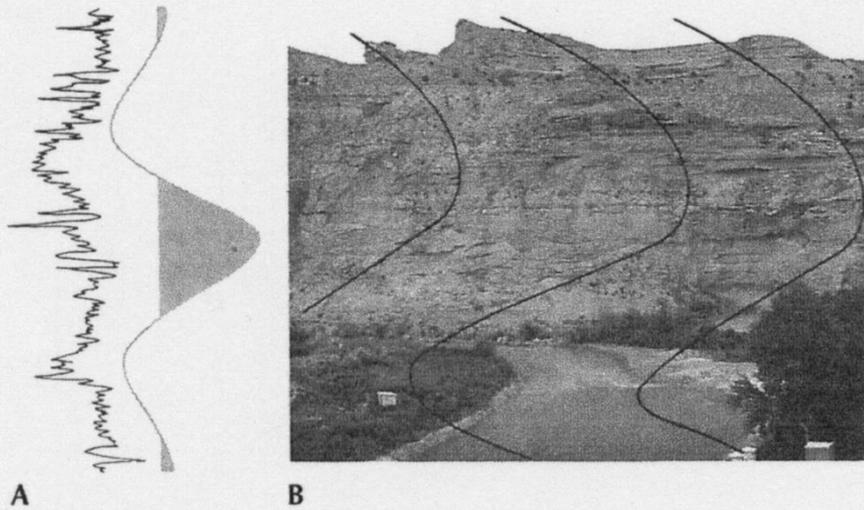
RISOLUZIONE SISMICA

capacità di distinguere elementi separati
all'interno di un profilo sismico

Si esprime generalmente come
distanza minima tra gli oggetti "risolti"

Si distingue in:

- risoluzione verticale
- risoluzione laterale

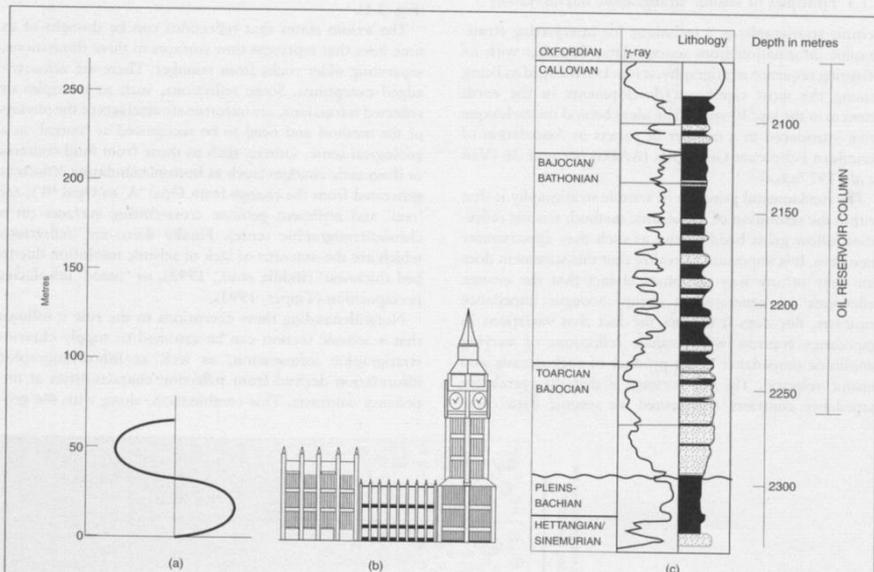


Risoluzione verticale:

distanza verticale minima tra due elementi riflettenti.

Rappresenta il limite per cui gli elementi stessi possano essere riconosciuti individualmente in un profilo sismico.

Il parametro fondamentale è la **frequenza dominante**



Frequenza dominante

L'energia sismica che immettiamo nel terreno è caratterizzata da un certo *range* di frequenze. Nel terreno attraversato dall'onda sismica l'energia tenderà a distribuirsi in una banda di frequenze centrata sulla frequenza dominante.

In un profilo sismico la frequenza dominante dipende da:

- frequenze immesse nel terreno
- proprietà fisiche del sottosuolo
- parametri di registrazione
- *processing* del segnale acquisito
- plottaggio

Mentre non possiamo intervenire sul secondo punto, potremo variare i parametri di acquisizione, *processing* e plottaggio per utilizzare le frequenze adatte agli obiettivi specifici.

$$\lambda = v t = v / f$$

λ = lunghezza d'onda dominante (40 – 250 m)

v = velocità delle onde P (2000-5000 m/sec)

f = frequenza dominante (50 -20 Hz)

... ma le alte frequenze vengono via via assorbite in profondità, dove si hanno le velocità più alte ...

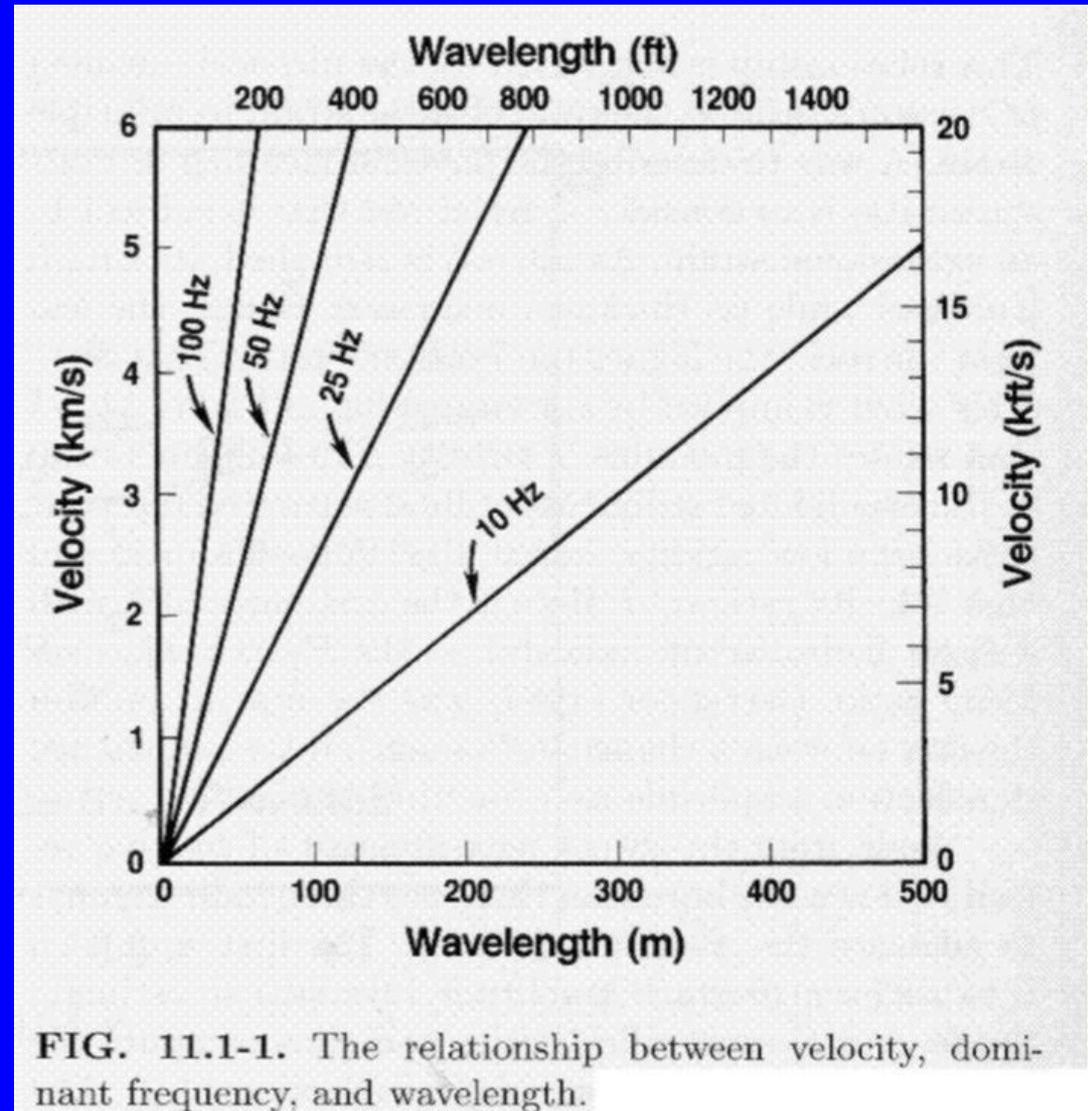


FIG. 11.1-1. The relationship between velocity, dominant frequency, and wavelength.

“How thin is a thin bed?”

Con questo articolo Widess (1973)

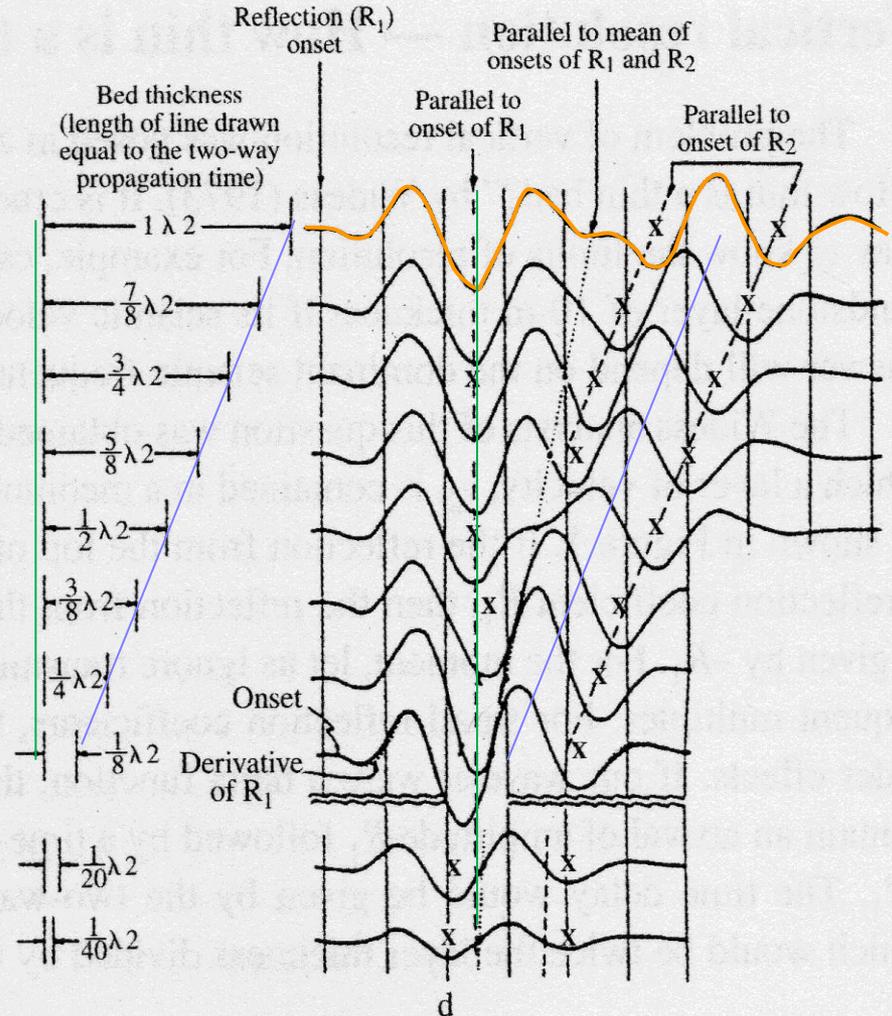
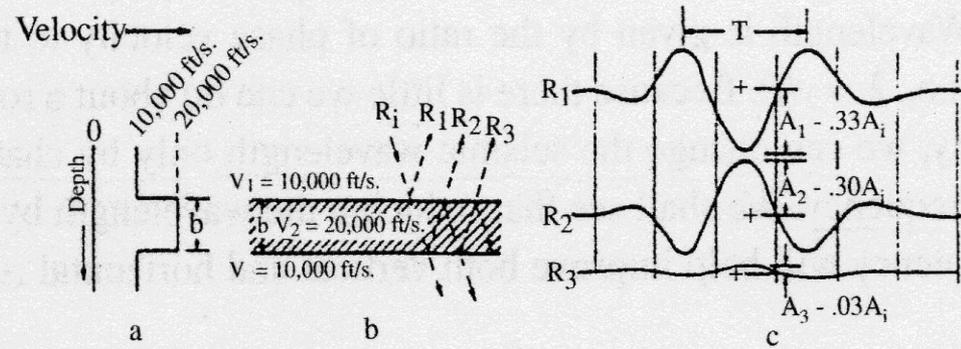
affrontò il problema della risoluzione verticale nei dati sismici:

-Uno spessore costante (vel. 6 km/s) immerso in un mezzo a vel. 3 km/s
 ⇒coeff. di riflessione: 0,33 e -0,33

-Trascurando assorbimento e multiple
 =>2 picchi di ampiezza uguali opposti.

La somma degli arrivi riflessi ripetuta per diversi rapporti spessore/lunghezza d'onda, portò l'Autore a concludere che i due riflettori erano distinguibili tra loro fino ad uno spessore limite pari ad 1/8 della lunghezza d'onda.

Figure 1. Resolution of a thin bed, as illustrated by Widess (1973).



RISOLUZIONE VERTICALE

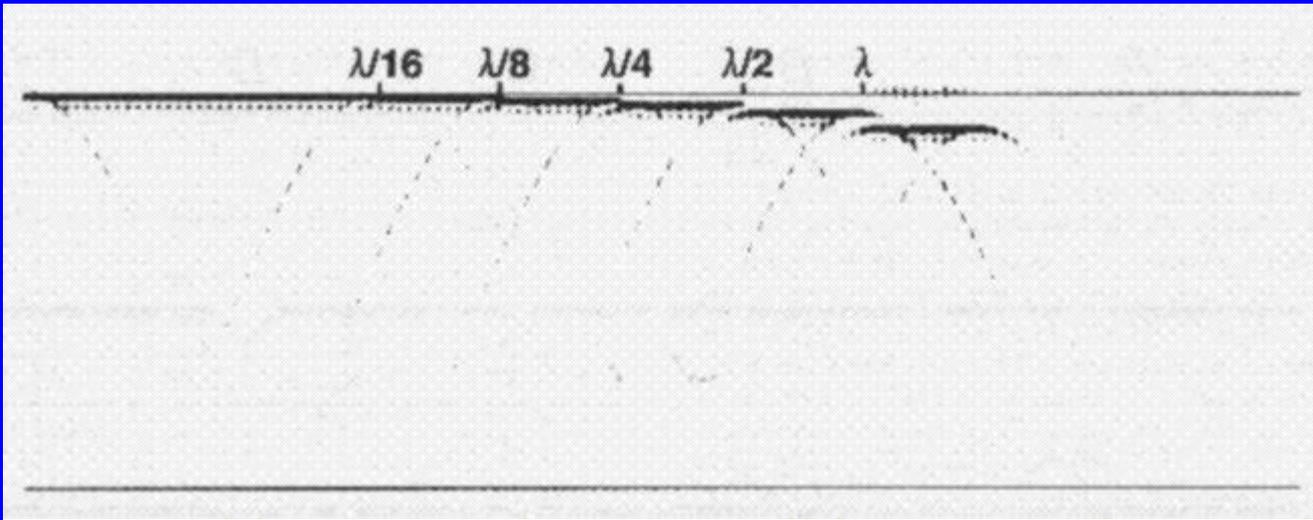
Table 11-1. Threshold for vertical resolution.

$$\lambda = v / f \quad \lambda/4 = v/4f$$

v (m/s)	f (Hz)	$\lambda/4$ (m)
2000	50	10
3000	40	18
4000	30	33
5000	20	62

Il rapporto di un 1/8 stabilito da Widess (1973) è valido nel caso ideale, mentre nella maggior parte dei profili sismici si assume che la risoluzione verticale sia circa $\frac{1}{4}$ della lunghezza d'onda dominante. In tabella la risoluzione verticale per litologie caratterizzate da diverse velocità e frequenze dominanti.

RISOLUZIONE VERTICALE

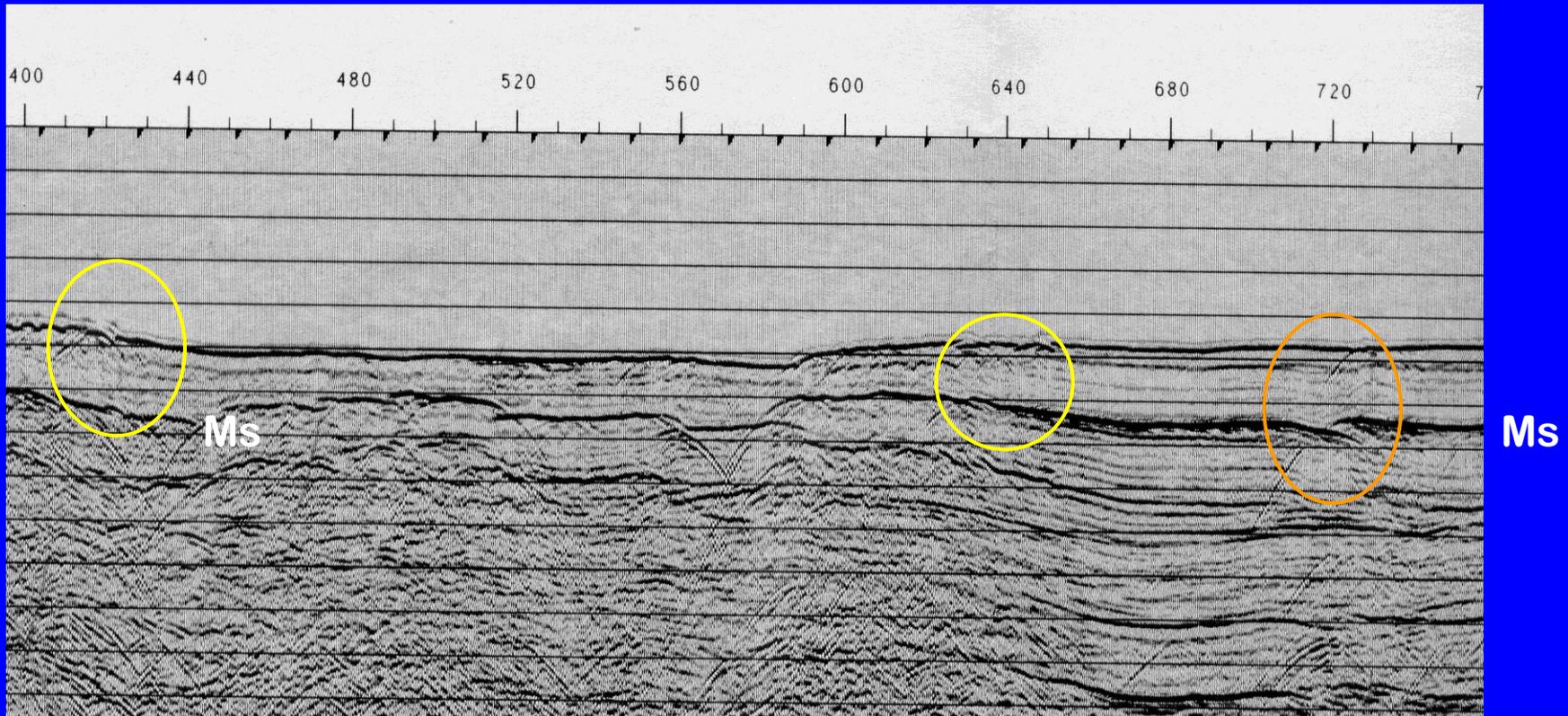


Il rigetto verticale è “riconoscibile” quando raggiunge e supera il valore di $\frac{1}{4}$ della lunghezza d’onda (risoluzione verticale).

Per valori inferiori si può talvolta comunque interpretare (*detection*) la presenza di una disomogeneità sulla base della presenza di iperboli di diffrazioni.

=> sezioni *stack* e sezioni migrate complementari nell’interpretazione

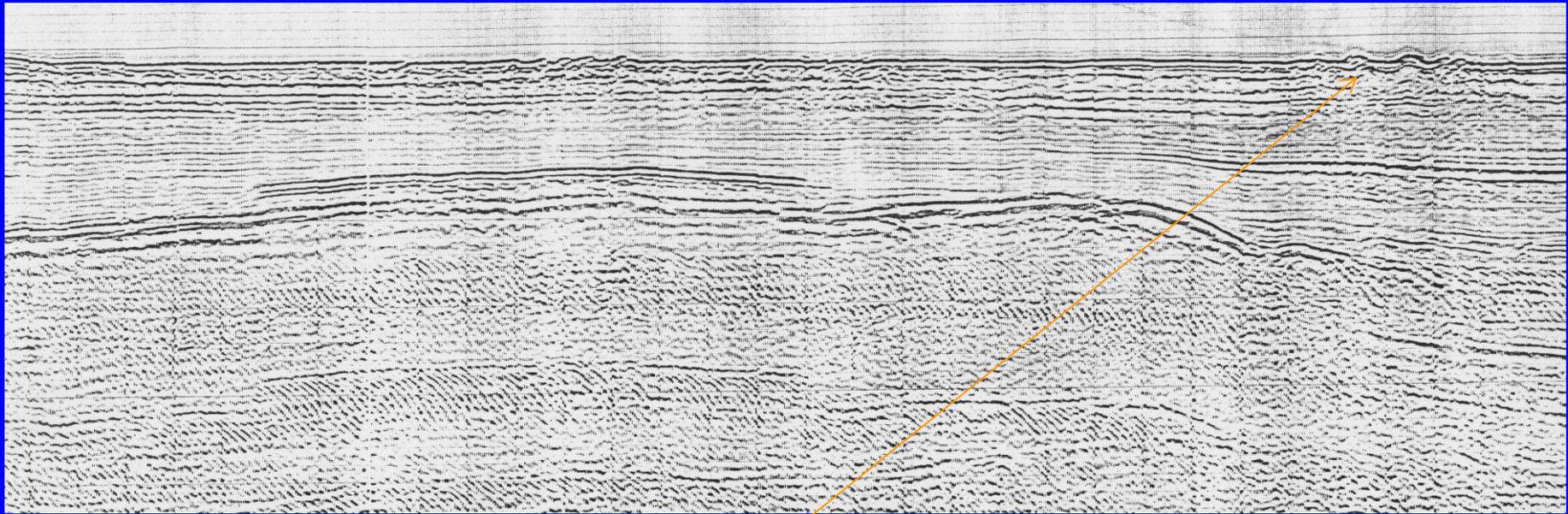
Esempio di profilo sismico nello Ionio



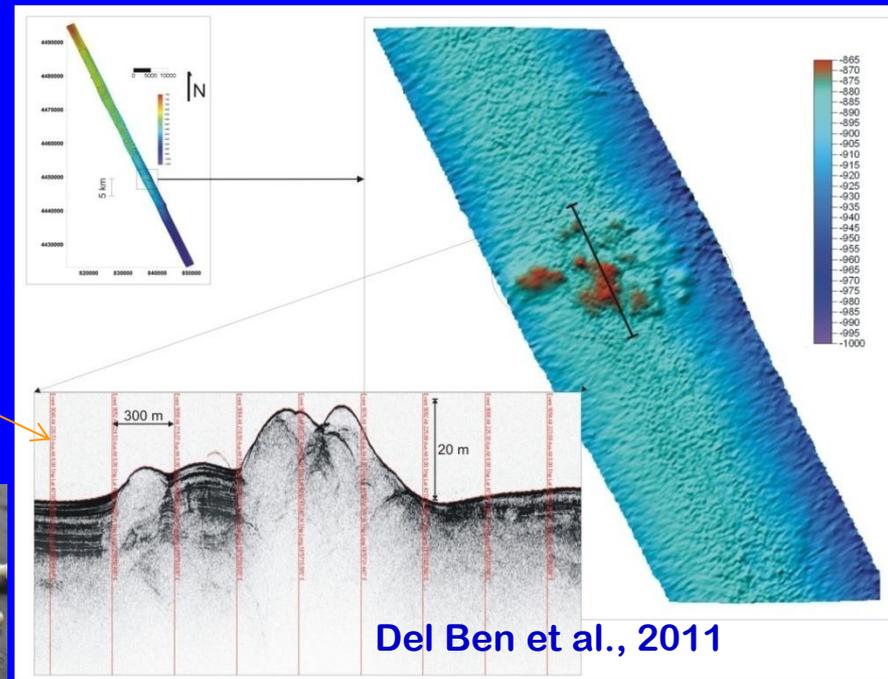
I rigetti verticali delle faglie sono evidenti soprattutto lì dove le faglie tagliano l'orizzonte Ms

Anche il fondo mare risulta disturbato in alcuni punti (generalmente indice di faglie attive!)

Nella faglia a destra si vede il rigetto verticale subito dal riflettore Ms, mentre al fondo mare la faglia è interpretabile grazie alla diffrazione. Possiamo desumere che si tratta di una faglia attiva nel PQ attiva fino a oggi

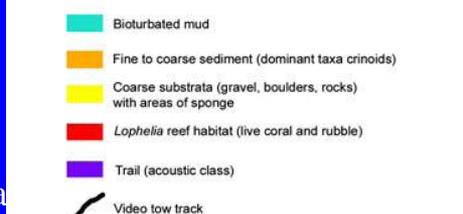
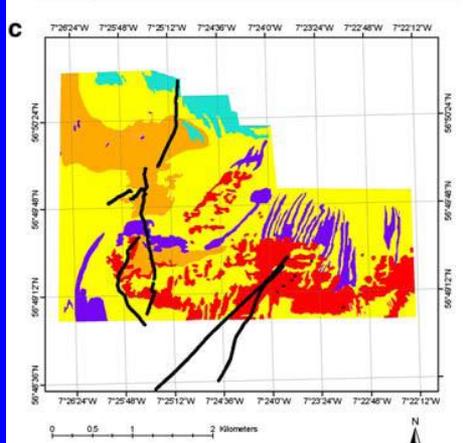
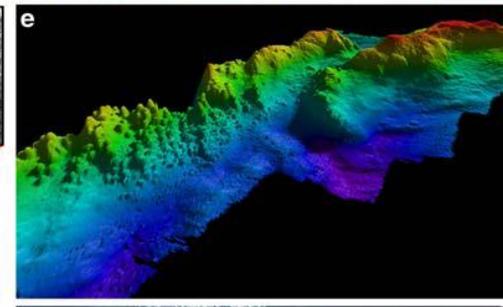
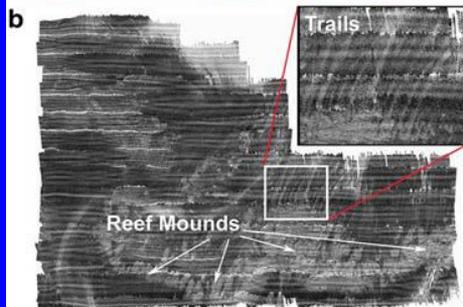
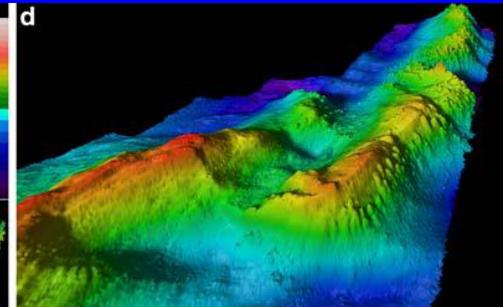
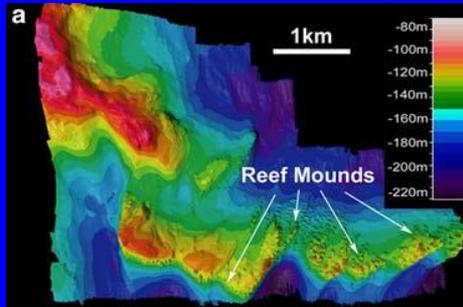
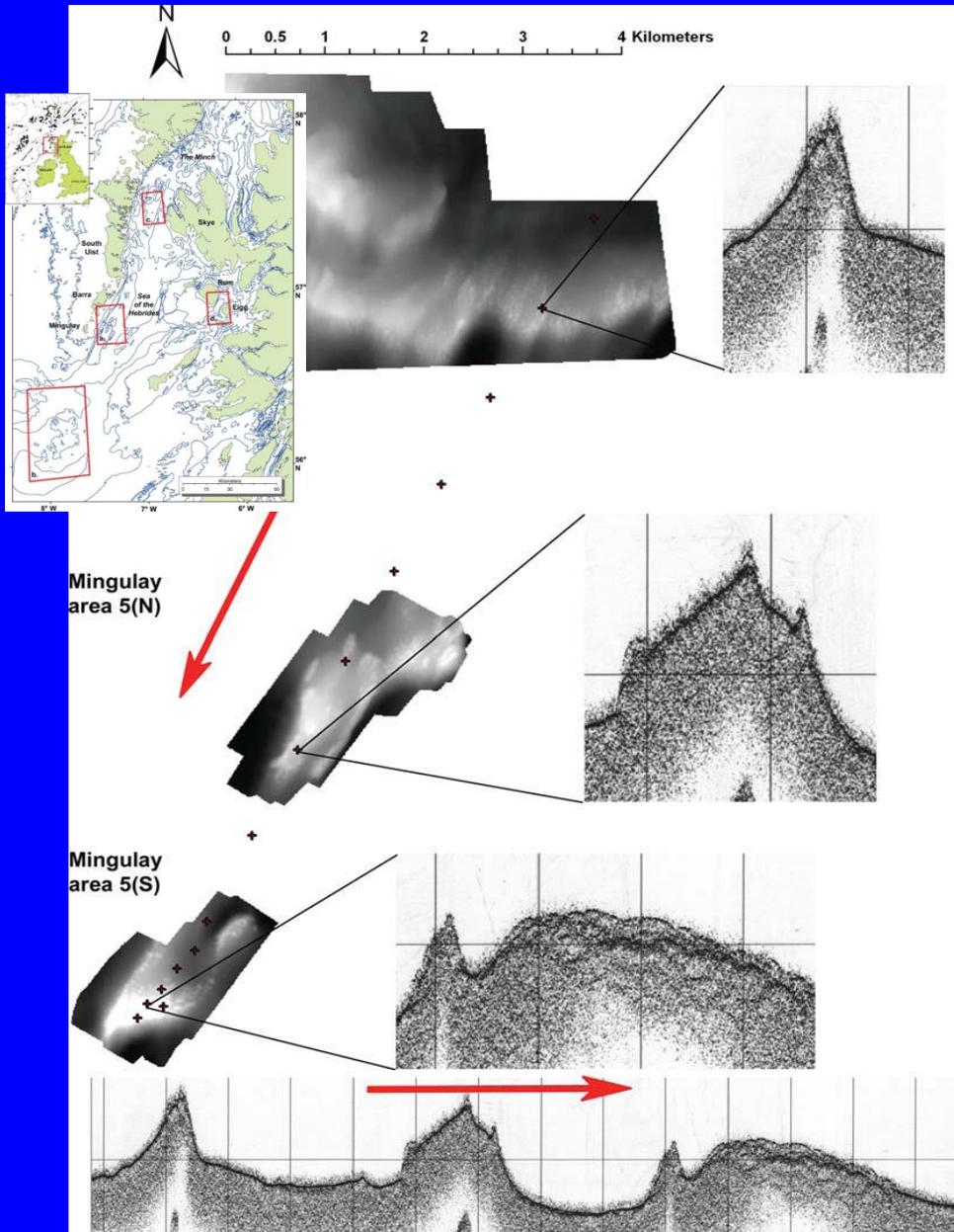


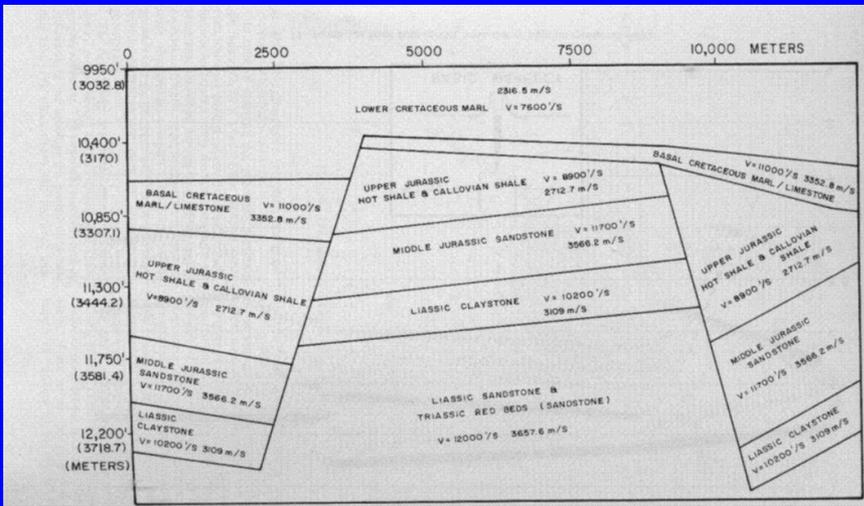
In alto esempio di sezione sismica a riflessione nel Canale d'Otranto: sul fondo mare si individuano alcune piccole strutture che, indagate nel 2008 con il *Chirp sub-bottom profiler* (frequenze più alte => maggiore risoluzione) sono risultate associate a strutture coralline di acque profonde, dragate da OGS-Explora nel 2011



Del Ben et al., 2011

Esplorazione di strutture coralline di mare profondo





Effetto della **forma dell'ondina**, e quindi della **deconvoluzione**, sulla risoluzione verticale
 → effetto *ringing*

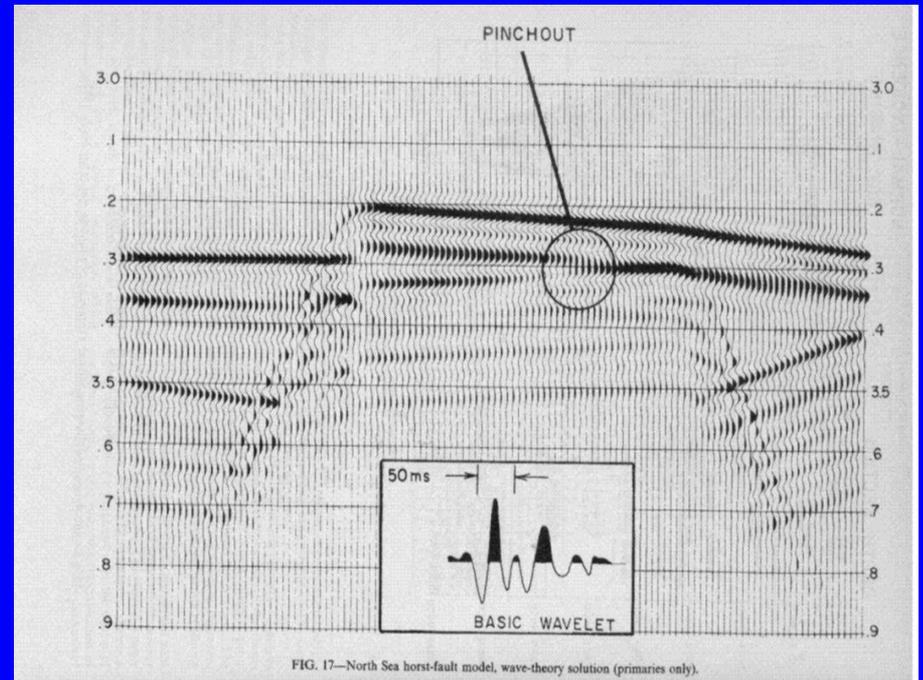


FIG. 17—North Sea horst-fault model, wave-theory solution (primaries only).

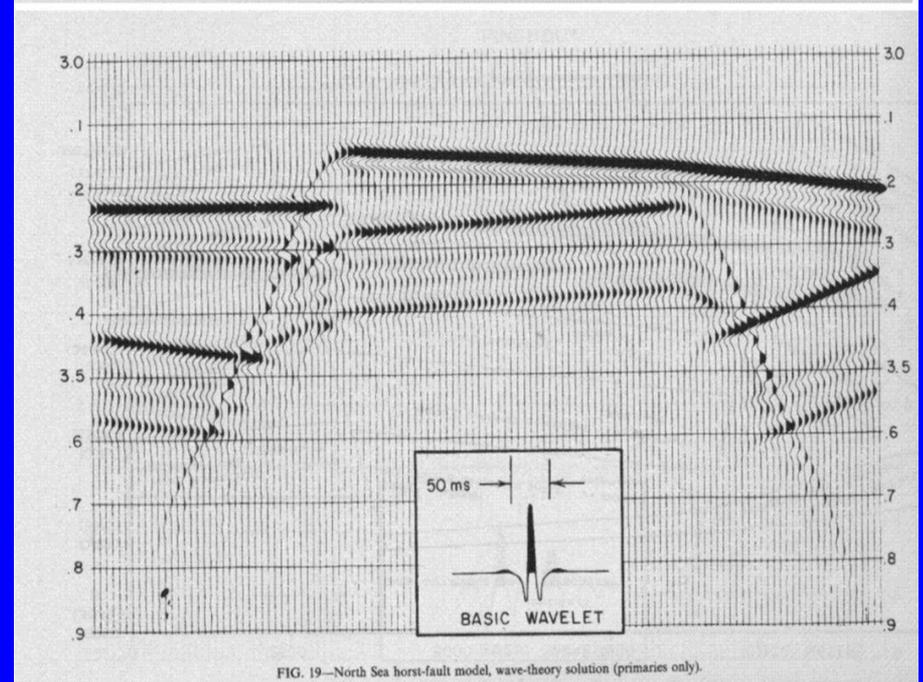
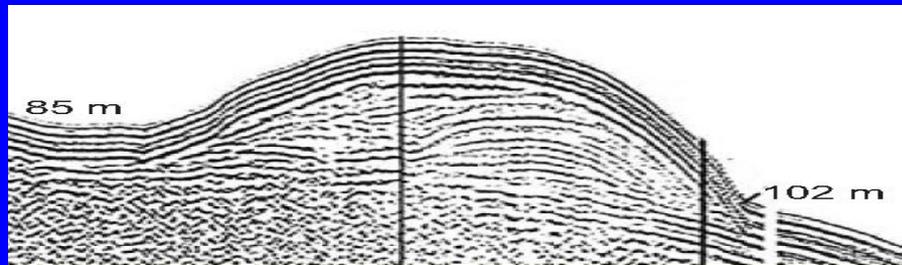
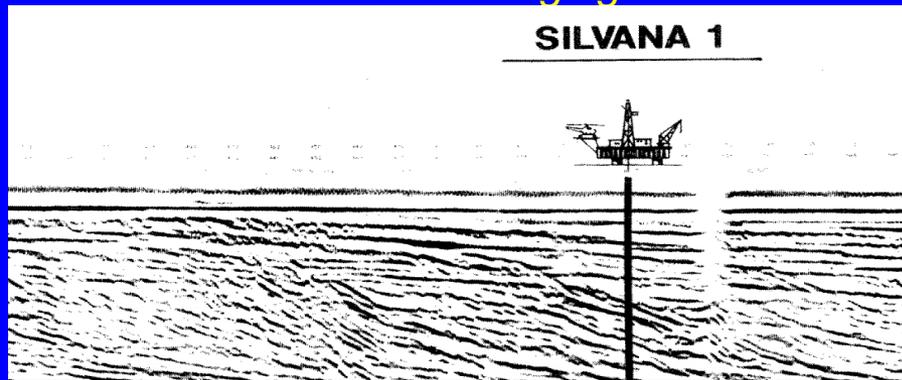


FIG. 19—North Sea horst-fault model, wave-theory solution (primaries only).



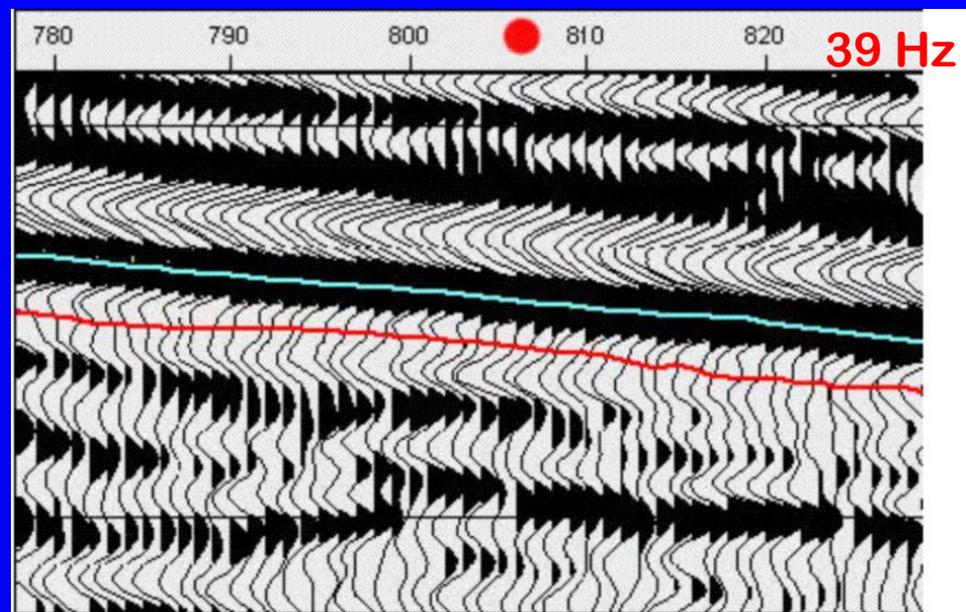
Del Ben Anna - Interpretazione Sismica
 - Risoluzione Sismica

Effetto della frequenza dominante sulla risoluzione verticale attraverso la deconvoluzione

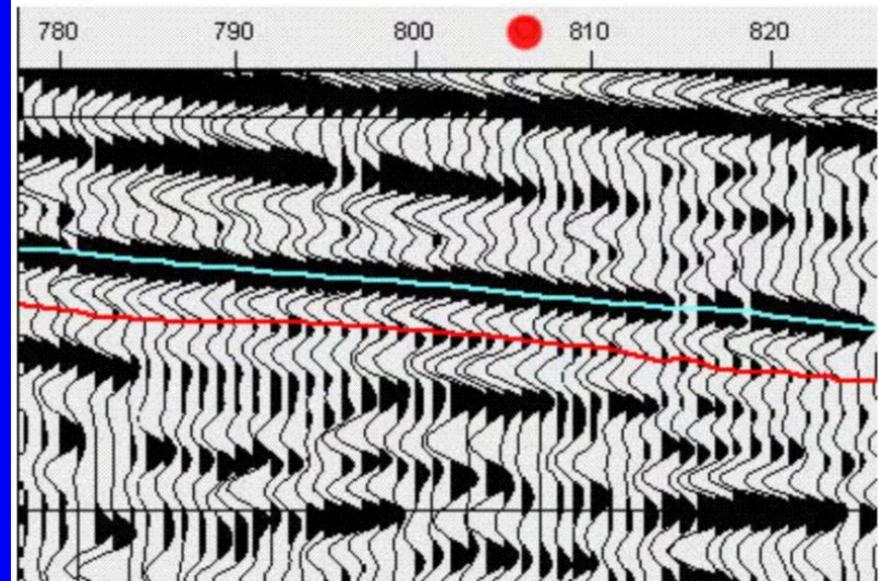
La risoluzione verticale dipende, oltre che da frequenza dominante,

- da quanto “rumoroso” è il segnale e
- dal **coefficiente di riflessione**.

Talvolta “**detection not resolution is the problem**” (Yilmaz, 2001)



Original section from a 3D survey.



Reconstruction with wavelets of dominant frequencies larger than 39 Hz.

Risoluzione laterale:

distanza laterale minima tra due punti riflettenti per cui i punti stessi possano essere riconosciuti individualmente lungo un profilo sismico.

La risoluzione laterale è determinata dal raggio della “Zona di Fresnel”

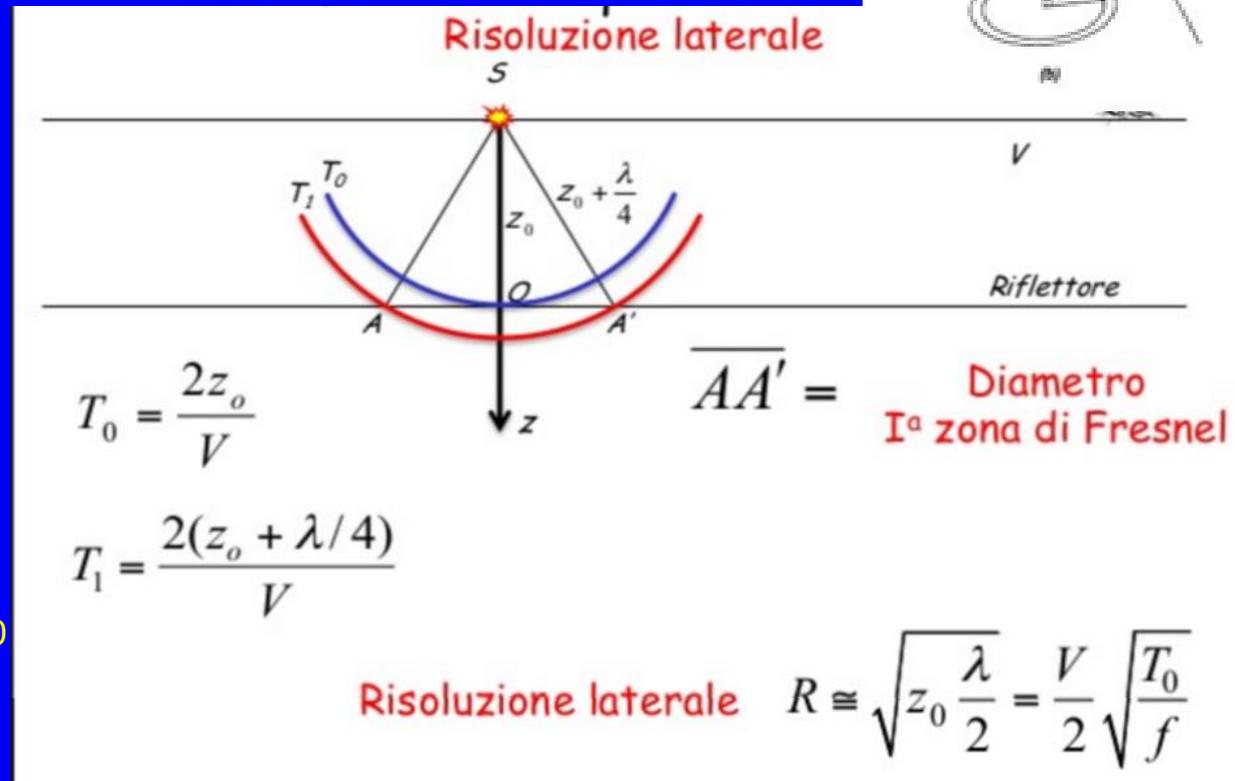
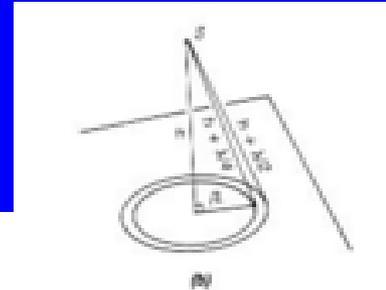
RISOLUZIONE LATERALE

Consideriamo una superficie riflettente come data da un insieme di punti di diffrazione. Sia S punto sorgente e contemporaneamente punto di registrazione. Si avrà interferenza costruttiva all'interno della circonferenza

Per distanze inferiori ad R l'interferenza costruttiva non permetterà di distinguere due oggetti diversi.

r dipende da:

- lunghezza d'onda o frequenza
- velocità sopra il riflettore
- profondità, espressa da z_0 o da t_0



$$R \cong \sqrt{z_0 \frac{\lambda}{2}} = \frac{V}{2} \sqrt{\frac{T_0}{f}}$$

=> dipendenza della
risoluzione laterale da
lunghezza d'onda o
frequenza dominanti

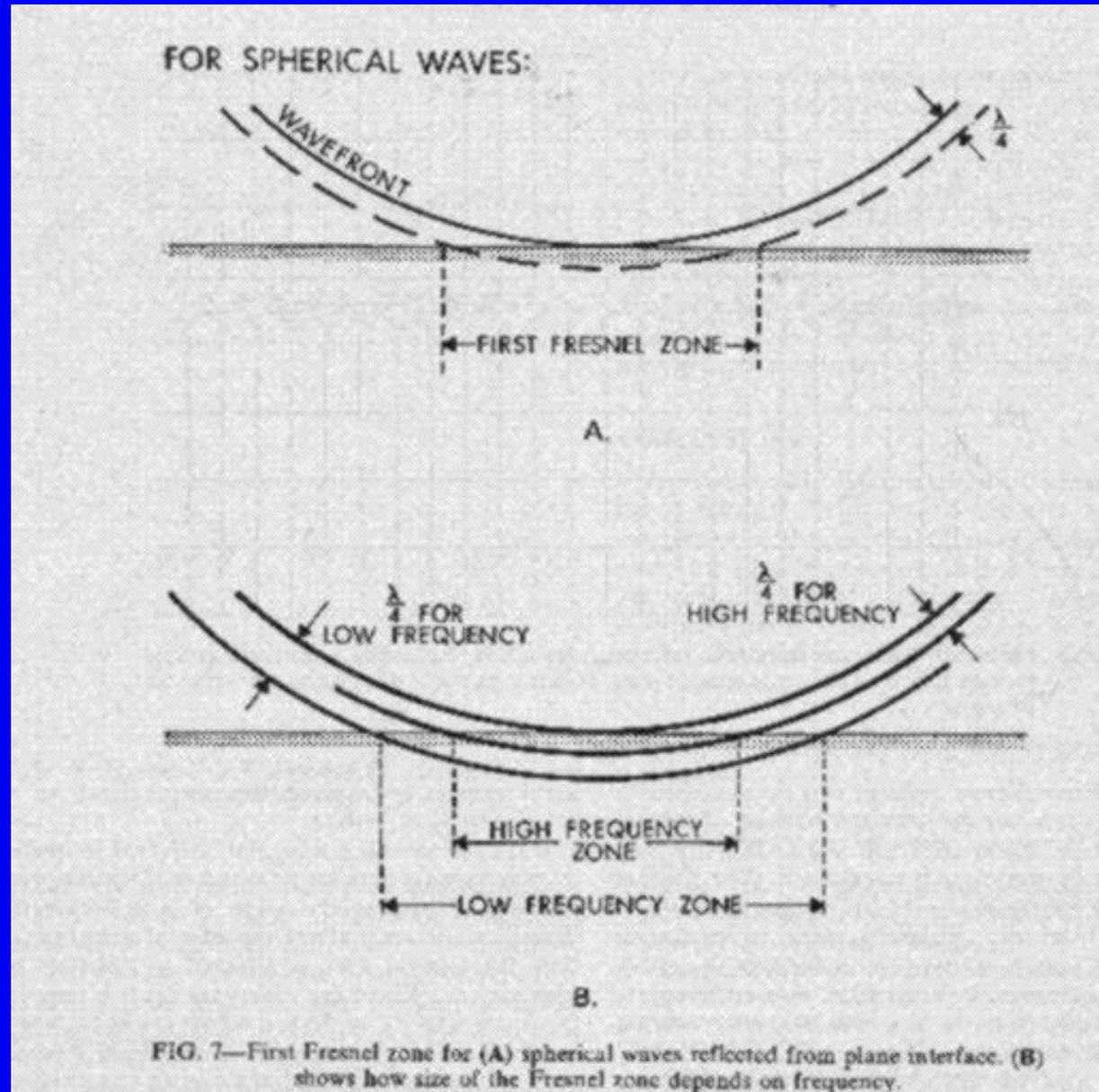
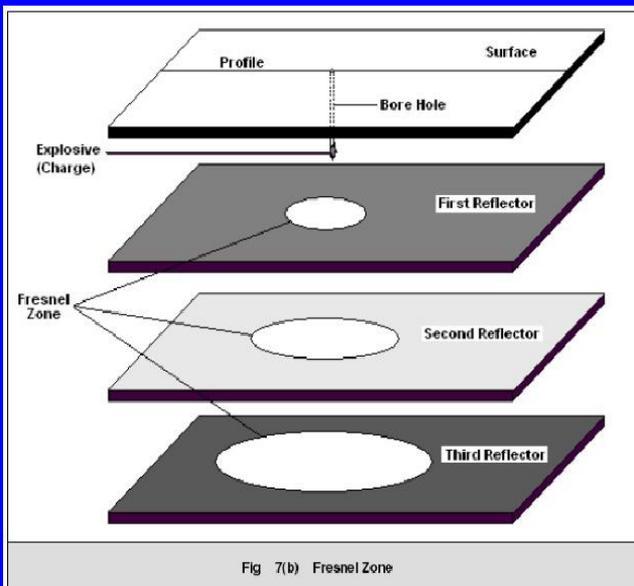


Table 11-2. Threshold for lateral resolution (first Fresnel zone).

$$r = (v/2)\sqrt{t_0/f}$$

t_0 (s)	v (m/s)	f (Hz)	r (m)
1	2000	50	141
2	3000	40	335
3	4000	30	632
4	5000	20	1118

La risoluzione laterale è talvolta considerata circa pari alla lunghezza d'onda dominante.

$$R \cong \sqrt{z_0 \frac{\lambda}{2}} = \frac{V}{2} \sqrt{\frac{T_0}{f}} \quad (11 - 2b)$$

Table 11-1. Threshold for vertical resolution.

$$\lambda/4 = v/4f$$

v (m/s)	f (Hz)	$\lambda/4$ (m)
2000	50	10
3000	40	18
4000	30	33
5000	20	62

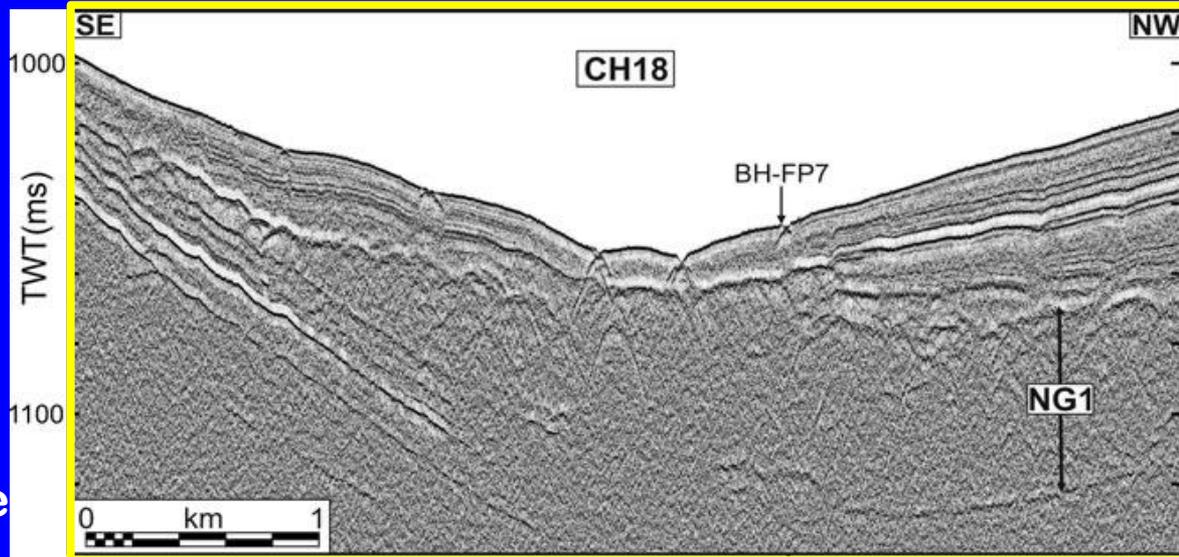
Esempio (offshore Nigeria)

acquisizioni a diverse profondità

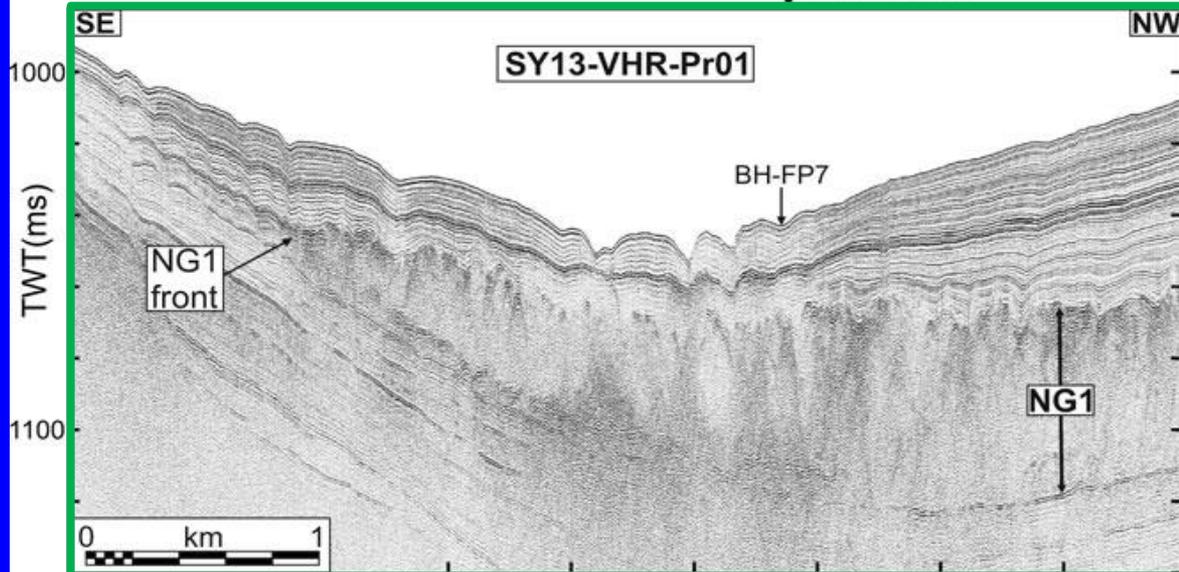
$$r = (z_0 \lambda / 2)^{1/2}$$

Comparison between
-the sub-bottom profile
(mean frequency 3000 Hz
=> resolution=14 m) and
-the seismic profile
(mean frequency 1200 Hz
=>res. = 6 m), with an altitude
of 80 m above the seabed.

The lateral resolution
improvement in the seismic line
is obvious despite its lower
frequency, thus making
possible the interpretation of
the front of NG1 (a Mass
Transport Complex) whereas
the SBP image is blurred with
hyperbolae.
This comparison illustrates the
increase in lateral resolution
obtained by the deep-towed
acquisition.



SY10-HR-Pr01
AUV03-Pr016

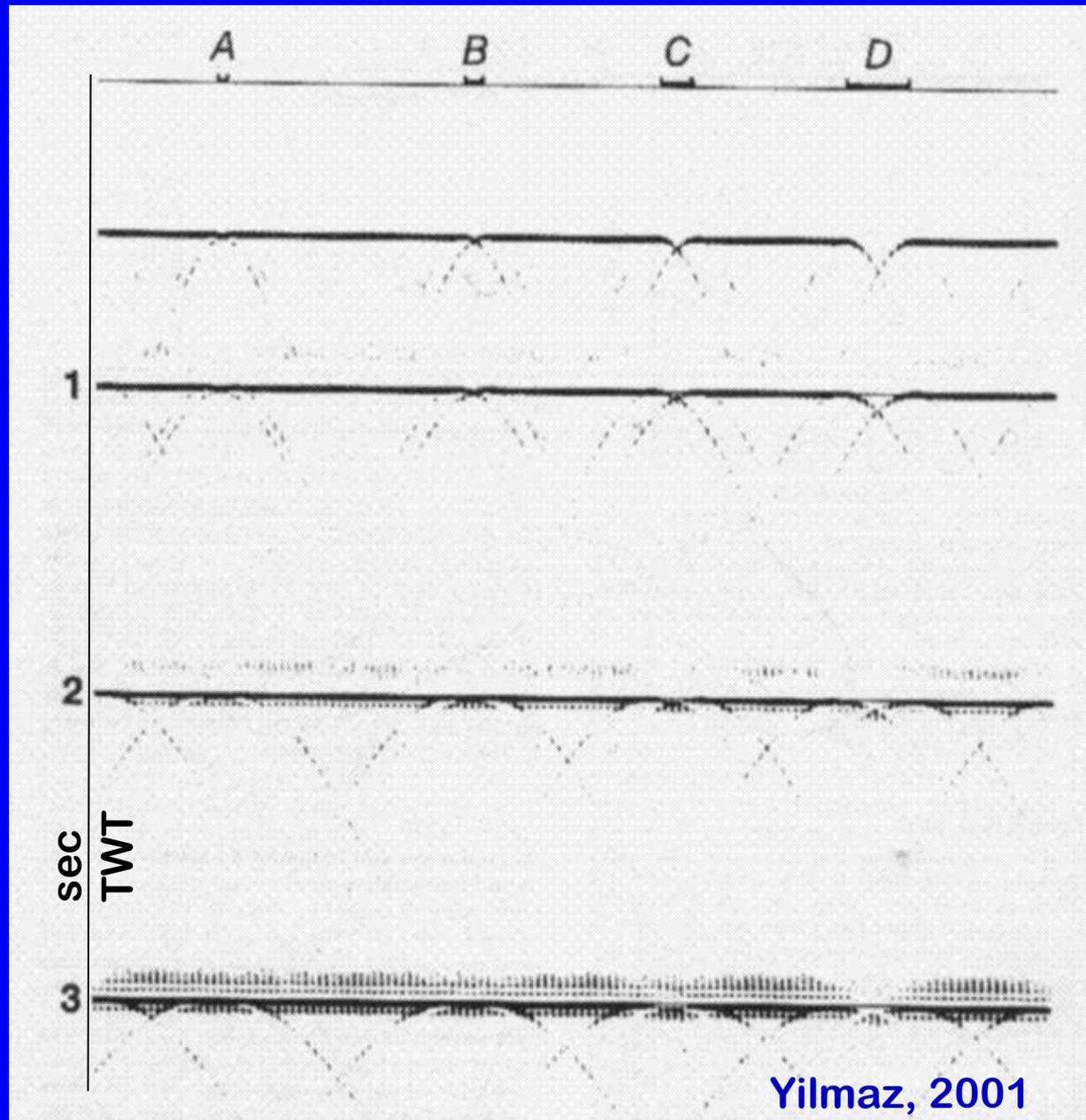


**Effetto profondità
dei riflettori
(0.5, 1, 2 e 3 sec 2wt)
sulla risoluzione
laterale**

$$r = (z_0 \lambda / 2)^{1/2}$$
$$= v/2 (t_0 / f)^{1/2}$$

**A, B, C, D segmenti di
diversa lunghezza
relativi ad
assenza di riflessione:**

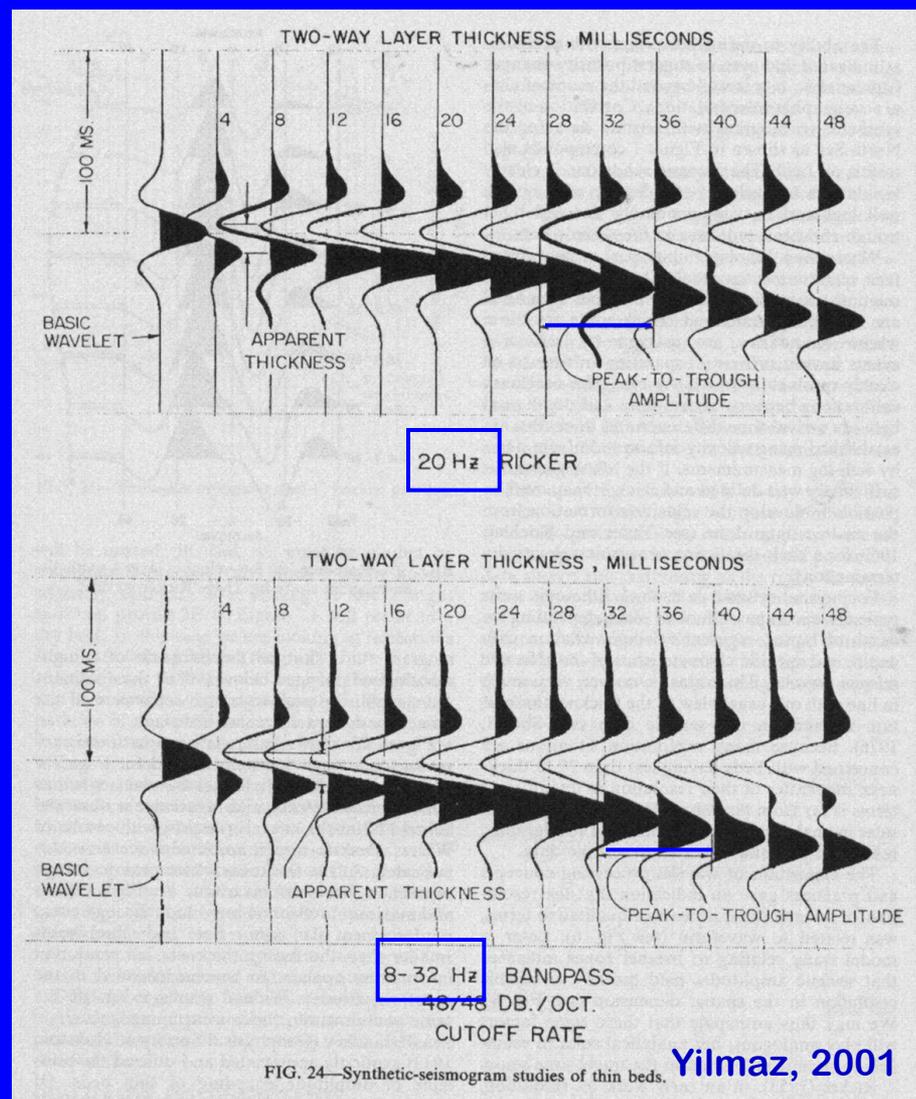
**la presenza delle
diffrazioni diventa
elemento importante
(si notino le diffrazioni)**



Correlazioni tra risoluzioni verticale e laterale.

Come già visto in Widess (1973), esempio di un cuneo sedimentario limitato da un riflettore al tetto (R_c negativo) ed uno alla base (R_c positivo) che lateralmente tendono a convergere. Si noti l'interferenza tra i due riflettori (diminuzione delle ampiezze verso sinistra per interferenza negativa).

Situazione stratigrafica molto comune, per esempio dove si abbia una superficie di erosione o una configurazioni in *on-lap* o in *pinch-out*.



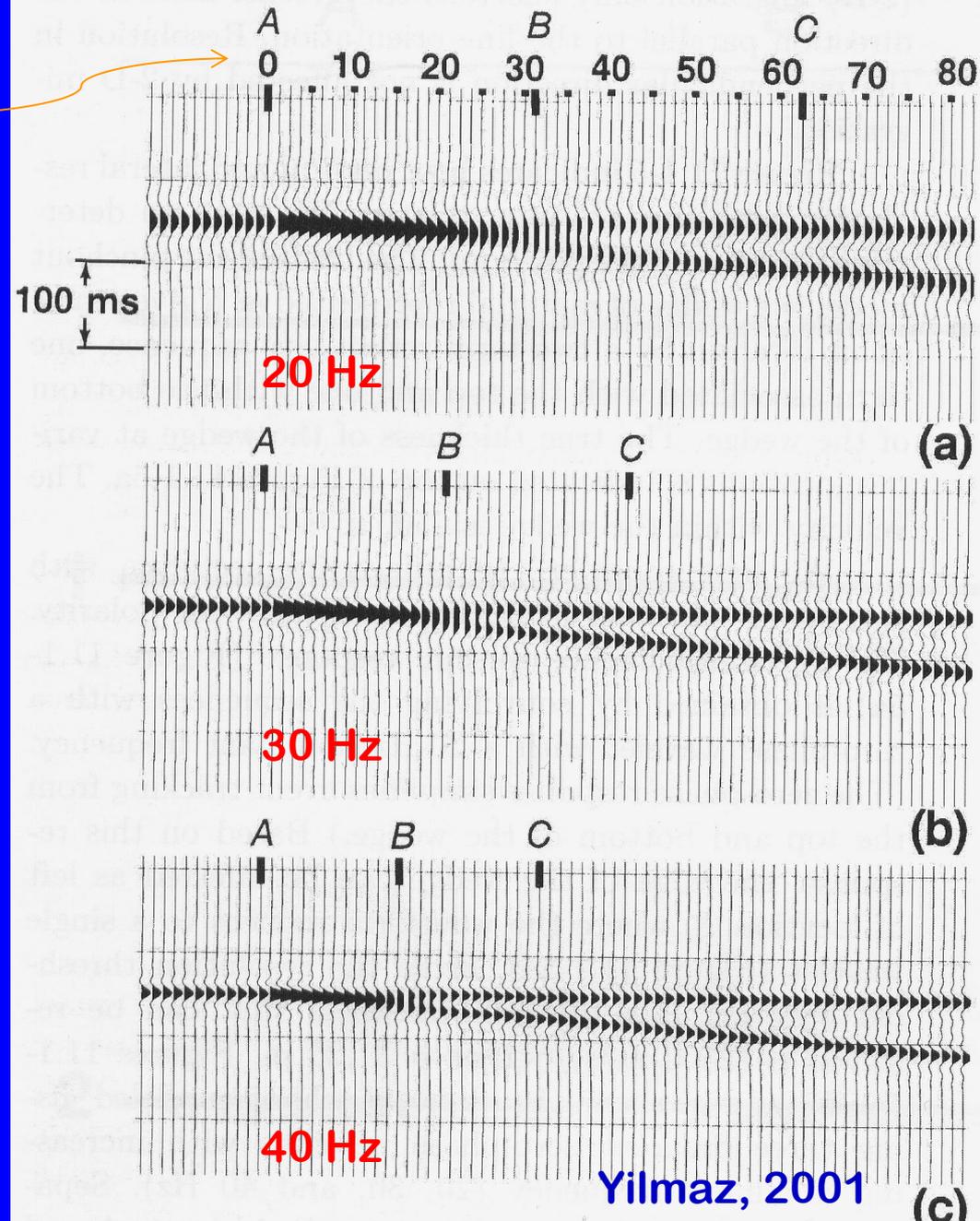
Es.: cuneo sedimentario
caratterizzato da uguali R_c al tetto e
al letto; spessori in metri.
La velocità dello strato intermedio è
di 2500 m/sec

In a, b, e c **frequenza dominante**
variabile (risoluzione verticale $v/4f =$
31,25; 21,08 e 16 m)

A= chiusura del cuneo
B= limite di risoluzione sismica
C = punto estremo di interferenza

In AB => Effetto **Tuning**

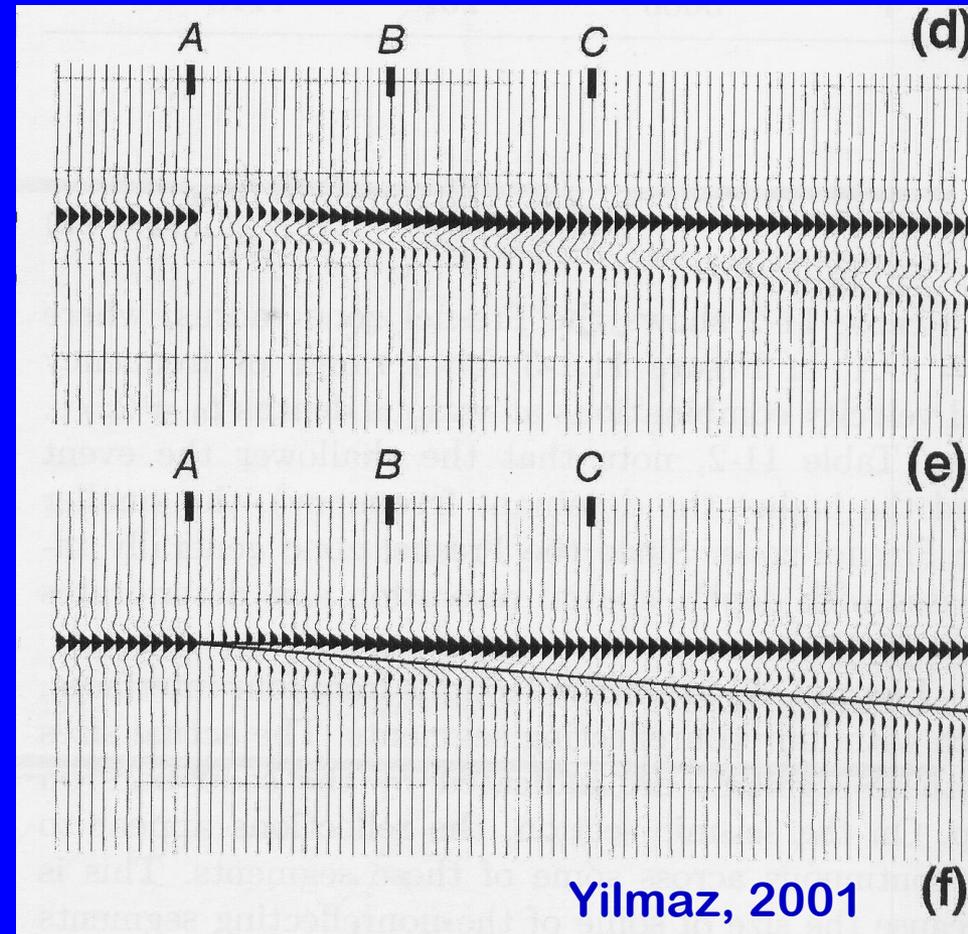
permette di scendere sotto il
limite imposto dalla risoluzione
verticale, in funzione delle
variazioni di ampiezza e a patto
che sia alto il rapporto S/N



Come in figura precedente ma il letto del cuneo è interessato da un coefficiente di riflessione negativo (cuneo ad alta velocità).

L'interferenza tra le due onde derivate dalle due riflessioni sarà distruttiva tra A e B, costruttiva tra B e C.

E' ancora valida la considerazione precedente sulla possibilità di interpretazione sotto il limite della risoluzione sismica.



Wedge models are particularly useful for determining the expected seismic response where there is a variation in thickness. Wedge models provide an analogue for where a stratigraphic layer thins or pinches out. At the thickest part of the wedge, there is no interference between neighbouring events, the reflectors are resolved as a uniform boundary of constant grey color, which equates to an equal and intermediate contribution from each frequency band. As the reflectors converge, interference occurs and manifests as a distinct color within the RGB blend, focused in between the upper and lower reflectors. Reducing thickness in the wedge causes a change in color in the blend. This is due to variation in frequency caused by cycles of constructive and destructive interference and results in a spectral interference pattern along the wedge.

