



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

Laurea Magistrale in Geoscienze

A.A. 2020-2021

PETROFISICA INTEGRATA II MODULO

UD3

Decomposizione spettrale

Emanuele Forte
e-mail: eforte@units.it

ATTRIBUTI "GENERALI": Spectral Decomposition

In sismica di esplorazione (riflessione) per "Spectral Decomposition" - SD (o time-frequency decomposition) si intende qualsiasi metodologia che prevede l'ANALISI continua tempo-frequenza (fase) del dato. Si calcola quindi uno spettro di frequenza (e fase) per ogni campione (o per finestre temporali) di un dato sismico (Partyka, 2005).

Il dato sismico, in generale, non è stazionario: CONTENUTO IN FREQUENZE (fasi, ampiezze) VARIABILE NEL TEMPO → Dispersione.

Questo comportamento è dovuto a molti fattori:

- Attenuazione > per frequenze > (> numero di oscillazioni nell'unità di tempo) → Wavelet variabile
- diffrazione, riflessioni multiple, conversione di energia,...
- **Fenomeni di INTERFERENZA (costruttiva e distruttiva) → creazione/distruzione locale componenti in frequenza.**

→ La SD mira ad evidenziare ed analizzare la risposta in frequenza variabile nel tempo delle rocce e dei reservoir nel sottosuolo.

La SD può essere ottenuta tramite Short Time (o Window) Fourier Transform - STFT/SWFT, Wavelet Transform - WT, Instantaneous Spectral Analysis - ISA, altri algoritmi.

La trasformata di Fourier è stata molto usata per esigenze di PROCESSING:

1) FILTRAGGIO

2) BILANCIAMENTO per la SOURCE SIGNATURE ed i cambiamenti nello spettro (Deconvoluzione e spectral shaping)

Spettrogramma= RAPPRESENTAZIONE t-f con FT entro finestre con lunghezza predefinita

→ Short Time Fourier Transform (STFT) o, SINONIMI: Short Windowed Fourier Transform (SWFT) o Sliding Window Fourier Transform (SWFT) o Gabor Transform, o (impropriamente) Discrete Fourier Transform (DFT)

Spectral decomposition: STFT - basi matematiche

Il primo metodo utilizzato e quello più diffuso è la STFT in cui uno spettro tempo-frequenza viene calcolato all'interno di una predefinita finestra temporale che viene traslata nel tempo (Cohen, 1995). Definire una certa lunghezza della finestra fissa la RISOLUZIONE in frequenza che si può ottenere.

Abbiamo già visto che:

$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \exp(-i\omega t) dt = \text{FT } x(t) \text{ con } x(t) \text{ funzione continua nella variabile } (t)$$

Se applicata ad un segnale sismico si ottiene il contenuto **GLOBALE** in frequenza (in cui le ampiezze max. hanno peso maggiore).

Per un segnale **NON STAZIONARIO** → variazione temporale → suddivisione del segnale in finestre (windowing) → FT su ogni finestra → STFT → contenuto in **f LOCALE**

La STFT si ottiene tramite prodotto scalare tra il segnale $f(t)$ ed una finestra che si sposta nel tempo $\varphi(t)$, ovvero:

$$STFT(\omega, \tau) = \langle f(t), \phi(t - \tau) e^{i\omega \tau} \rangle = \int f(t) \bar{\phi}(t - \tau) e^{-i\omega \tau} dt,$$

In cui la funzione finestra ϕ è centrata al tempo $t = \tau$ e $\bar{\phi}$ è il complesso coniugato di ϕ

Nel caso DISCRETO la scelta del campionamento Δt , del numero di campioni della finestra di analisi N e di conseguenza della sua lunghezza temporale T , condiziona la **RISOLUZIONE**:

f di Nyquist $f_{\max} = f_N = \frac{1}{2\Delta t} = \frac{N}{2T}$

Risoluzione in f $\Delta f = \frac{1}{T} = \frac{1}{N\Delta t} = \frac{f_s}{N}$

Con $f_s = \frac{1}{\Delta t} = \text{f di campionamento}$

Cioè: $T = N\Delta t$

$f_{\min} = \frac{2}{N\Delta t} = \frac{2}{T}$

Spectral decomposition: STFT - basi matematiche

La STFT è stata introdotta da A. Gabor nel 1940, per cui l'equazione:

$$S_f(\omega, \tau) = \int f(t) \bar{\varphi}(t - \tau) \exp(-i\omega t) dt$$

viene anche chiamata Trasformata di Gabor.

$\varphi(t)$ è una funzione "finestra" scelta opportunamente e l'espressione:

$$g(t) = \varphi(t - \tau) \exp(-i\omega t)$$

Rappresenta le "funzioni di Gabor"

È richiesto inoltre che: $\int |g(t)|^2 dt = 1$ **Principio di globalità**

Lo Spettrogramma quindi è pari a: $|S_f(\omega, \tau)|^2$

STFT: Basi matematiche

La risoluzione dell'analisi è infatti limitata dal principio di indeterminazione o disuguaglianza di Heisenberg:

$$\Delta\omega \cdot \Delta t \geq \frac{1}{2}$$

Ovvero: una finestra di analisi lunga fornisce migliore risoluzione in f , ma scarsa in t ; viceversa una finestra corta buona risoluzione in t , ma scarsa in f .

In altre parole: un segnale non può essere rappresentato su un piano tempo-frequenza come un punto, si può unicamente dire che la sua posizione è all'interno di un rettangolo.

RIASSUMENDO:

- La FT non è adatta per segnali non stazionari, cioè tempo varianti (come nel caso sismico)
- La FT fornisce una perfetta risoluzione in frequenza, ma una "globalità" nel tempo, ovvero non fornisce alcuna informazione COME/DOVE varia nel tempo il segnale sotto esame.
- La STFT è una soluzione adatta per l'analisi di segnali tempo-varianti, ma ha limiti di risoluzione in t ed f non superabili

Decomposizione spettrale: metodi alternativi

The continuous wavelet transform (CWT)

Si basa su un'ondina che viene traslata e "stirata" per venir confrontata con il segnale da analizzare. Al posto di uno spettro t-f si ottiene una rappresentazione t-scala chiamata scalogramma. La scala rappresenta la BANDA di FREQUENZE → t-bw.

Normalmente per analisi t-f lo scalogramma viene convertito in uno "spettrogramma" (t-f) considerando la relazione f_c/f (in cui f_c è la frequenza centrale della wavelet (Hlawatsch and Bartels, 1992)).

Questa tecnica nasce per l'analisi di segnali **non stazionari**

- Le basi sono generate da una funzione madre (wavelet) mediante dilatazione e traslazione
- L'"ammissibilità" assicura l'esistenza dell'inversa
- La "regolarità" fornisce la località in frequenza e nel tempo

Continuous Wavelet Analysis

La trasformata wavelet continua (CWT) di una funzione $f(t)$ (in L insieme delle funzioni misurabili e di quadrato integrabili), si definisce come:

$$W_f(s, \tau) = \int f(t) \bar{h}_{s,\tau}(t) dt \quad \text{con } S, \tau \text{ reali } S \neq 0 \quad \bar{h}_{s,\tau} = \text{complesso coniugato di } h$$

dove $h_{s,\tau}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} h\left(\frac{t-\tau}{s}\right)$ è una famiglia di wavelet ottenuta traslando e dilatando la funzione $h(t)$

Ad esempio sono molto usate le wavelet di Morlet definite come: $h_0(t) = \pi^{-1/4} e^{i\omega_0 t} e^{-t^2/2}$

s = parametro di dilatazione o di scala e τ = parametro di traslazione
Per valori $s > 1$ la funzione si contrae, mentre per valori $0 < s < 1$ si dilata.

Vale inoltre la normalizzazione dell'energia:

$$\int |h_{h,\tau}(t)|^2 dt = \int |h(t)|^2 dt = 1$$

Quindi:

$$W_f(s, \tau) = \frac{1}{\sqrt{s}} \int f(t) \bar{h}\left(\frac{t-\tau}{s}\right) dt$$

Definizione generale di WT

Continuous Wavelet Analysis

- Le funzioni base vengono scelte tenendo conto di alcune proprietà fondamentali. Le principali sono:
- Ammissibilità: **la wavelet deve oscillare per avere il valor medio nullo**
- Regolarità: **le wavelet devono avere un decadimento esponenziale con i momenti di ordine basso uguali a 0**
In altre parole la funzione oscilla e decesce
- Le wavelet possono essere continue o discrete, ortonormali o non ortonormali, analitiche o numeriche
- Se la funzione scelta soddisfa le due condizioni fondamentali, si ha che la trasformata possiede delle caratteristiche di località nel tempo → **BUONA RISOLUZIONE in t**
- Il fattore $1/s$ assicura che i coefficienti divengano piccoli al crescere della frequenza. Ciò significa avere **località in frequenza** → **BUONA RISOLUZIONE in f**

QUINDI la CWT consente BUONA RISOLUZIONE in f a basse frequenze e BUONA RISOLUZIONE in t ad alte frequenze

Continuous Wavelet Analysis

RIASSUMENDO...

- La trasformata wavelet di un segnale 1-D è una funzione 2-D nello spazio tempo-scala
- La rappresentazione tempo-scala è molto simile alla rappresentazione tempo-frequenza familiare nella trasformata *Short Time Fourier Transform* (STFT)
- La wavelet è di particolare interesse per analizzare segnali non stazionari (come i segnali vocali, radar, sonar, sismici, elettrocardiografici, musicali) ed è una valida alternativa alla classica STFT
- La wavelet è locale SIA in tempo SIA in frequenza!

MA... È più complessa e lenta della STFT

Non consente una ottimale ricostruzione del segnale di partenza con l'operazione inversa → Ottima per ANALISI, con cautela per PROCESSING

Esempi di STFT vs CWT

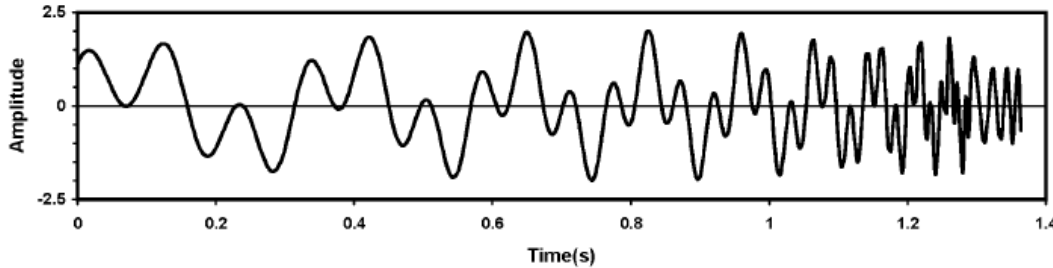


Figure 1. A chirp signal consisting of two known hyperbolic sweep frequencies with constant amplitude for each frequency.

We show a spectrogram computed for a chirp signal (Figure 1) with two hyperbolic frequency sweeps in Figure 2. We used the “Hanning” window of 400ms length for this computation. We note in the spectrogram that the low frequencies are well resolved and the high frequencies are either poorly resolved or not visible at all. The reason is that the frequency resolution is fixed by the pre-selected window length and it is recognized as the fundamental problem of the STFT in spectral analysis of a nonstationary signal.

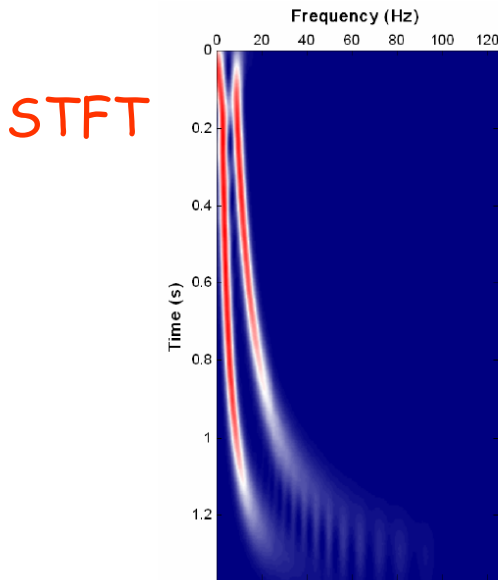


Figure 2. A spectrogram of the chirp signal using a 400 ms window length. Notice that the lower frequencies are well resolved but the higher frequencies are not resolved.

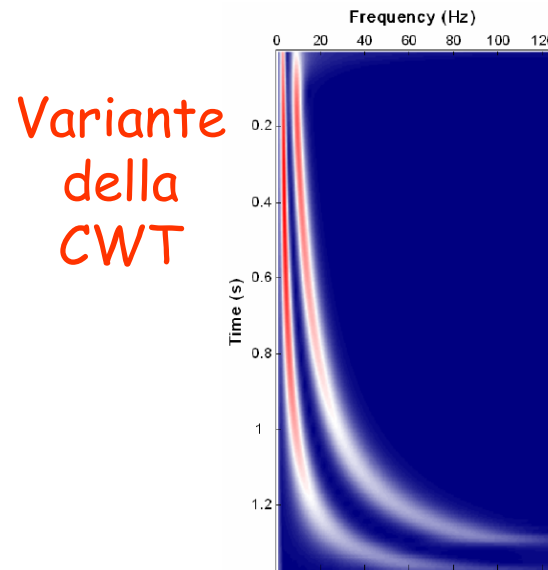
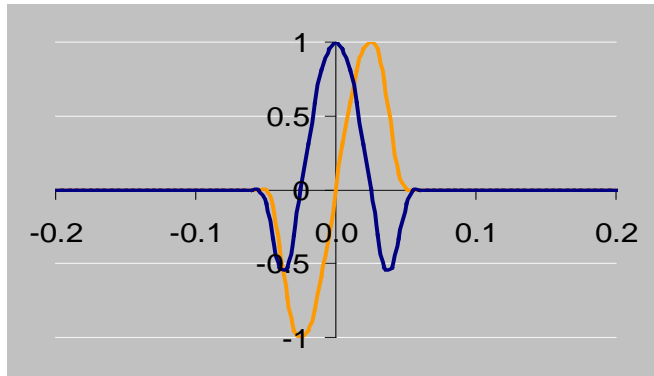


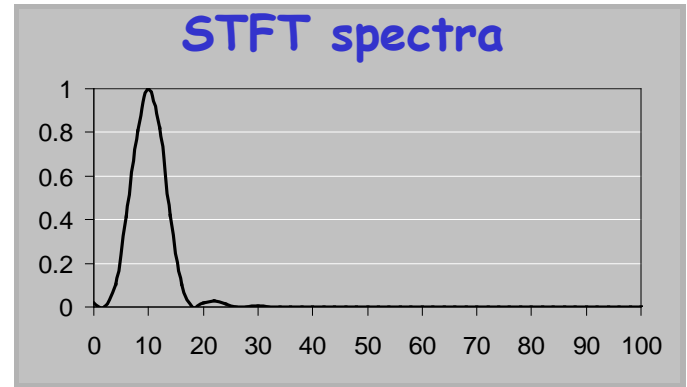
Figure 3. A typical CWT spectrum obtained for the chirp signal shown in Figure 1. It is converted from the scalogram, described by equation (4), using the center frequencies of scales.

Esempi di STFT vs CWT e altri metodi

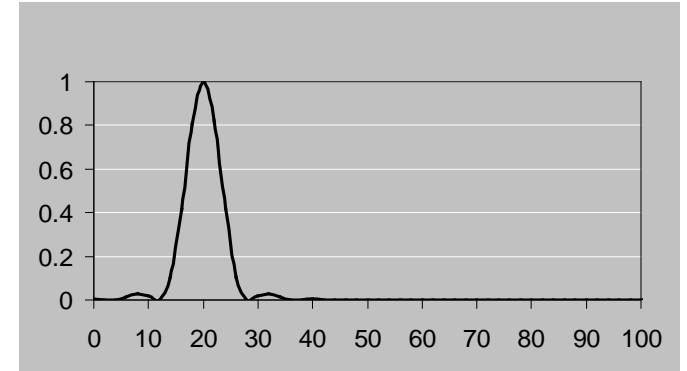
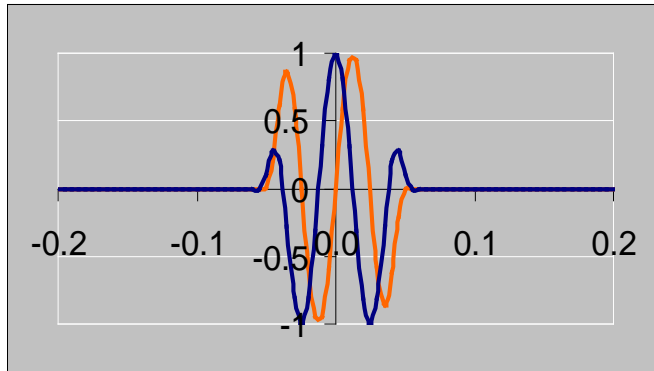
$f_c = 10$ Hz



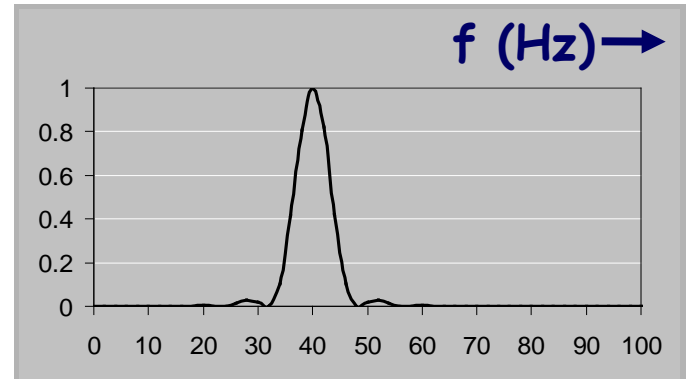
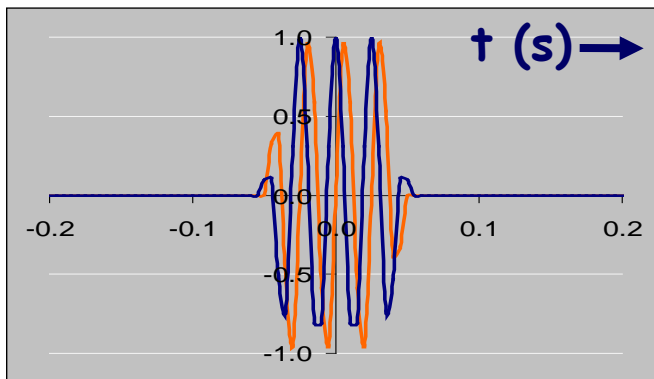
STFT spectra



$f_c = 20$ Hz



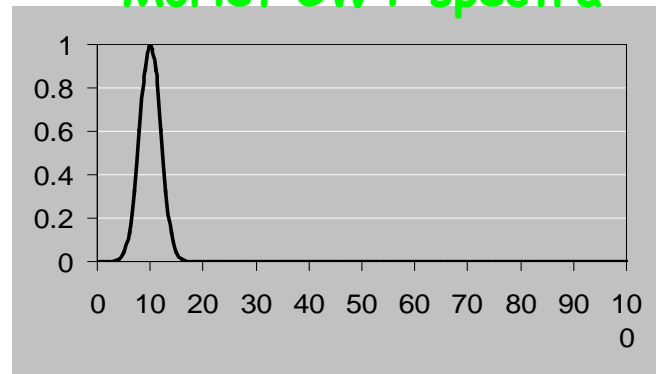
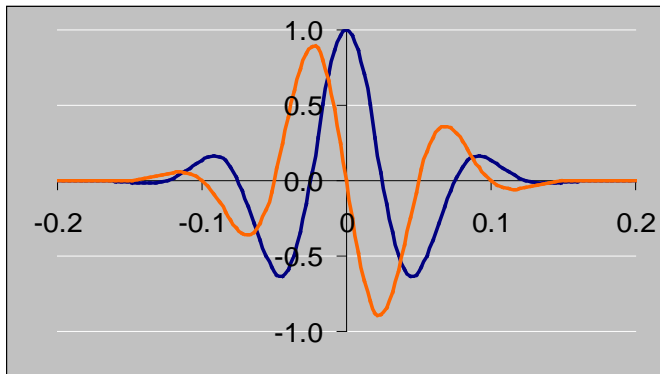
$f_c = 40$ Hz



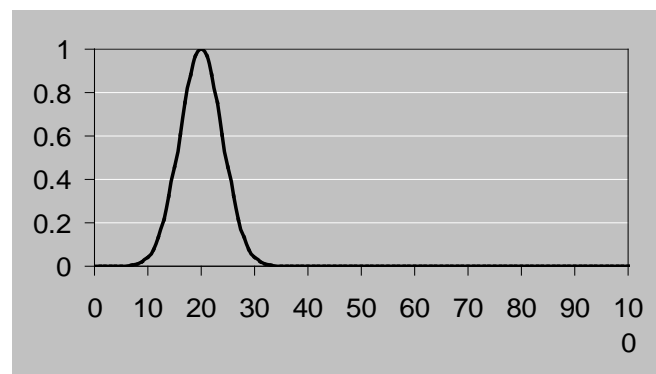
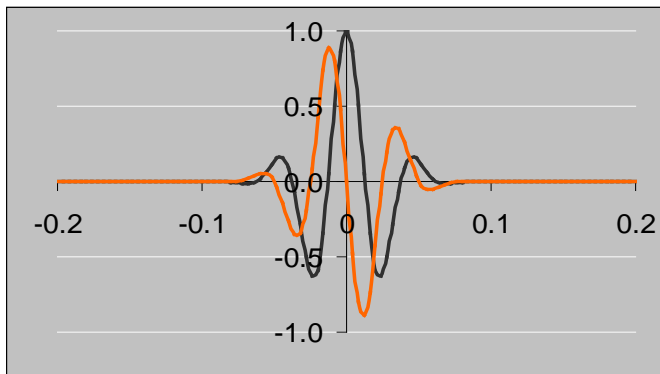
Esempi di STFT vs CWT e altri metodi

Morlet CWT spectra

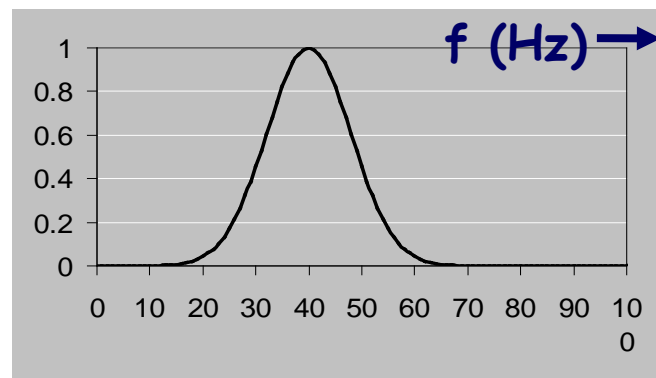
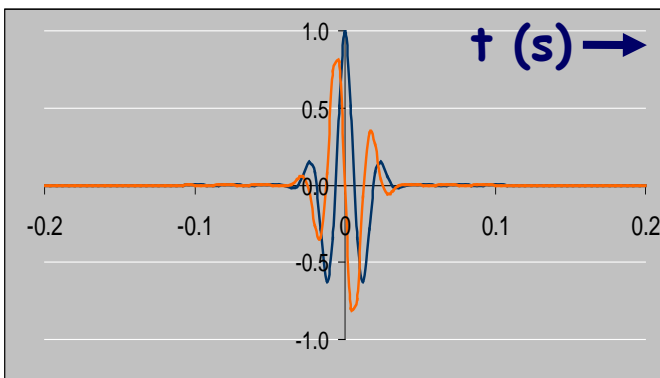
$f_c = 10$ Hz



$f_c = 20$ Hz



$f_c = 40$ Hz

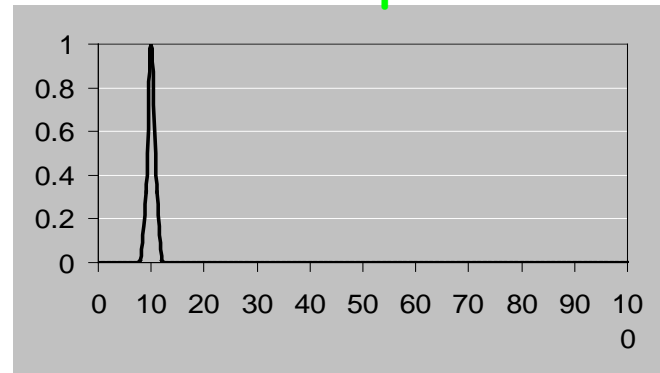
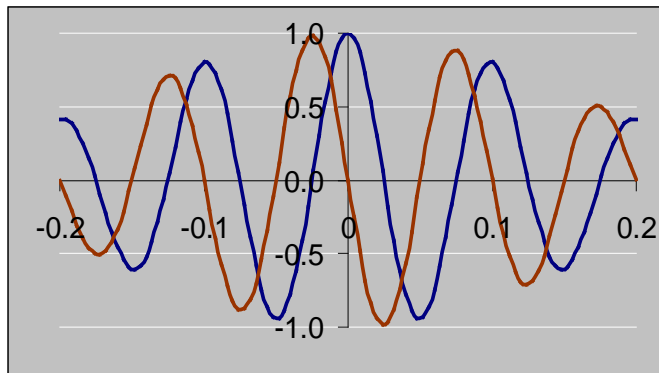


Marfurt, 2006

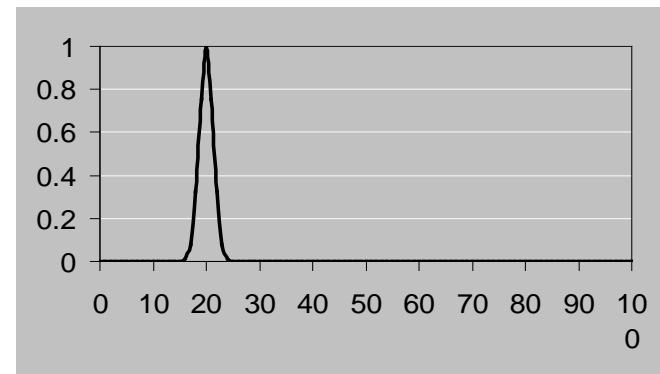
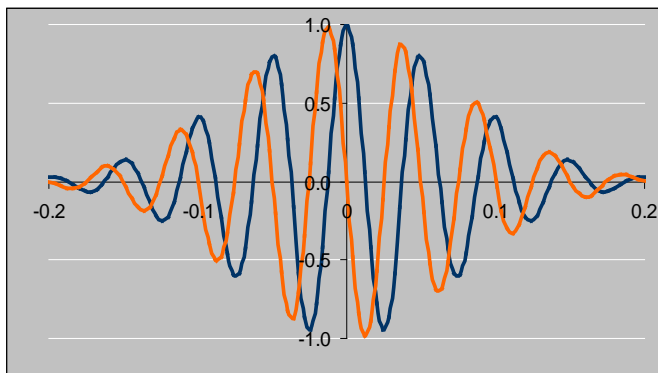
Esempi di STFT vs CWT e altri metodi

SPICE spectra

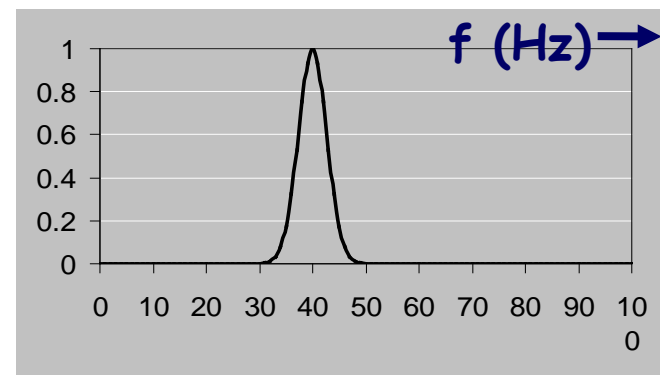
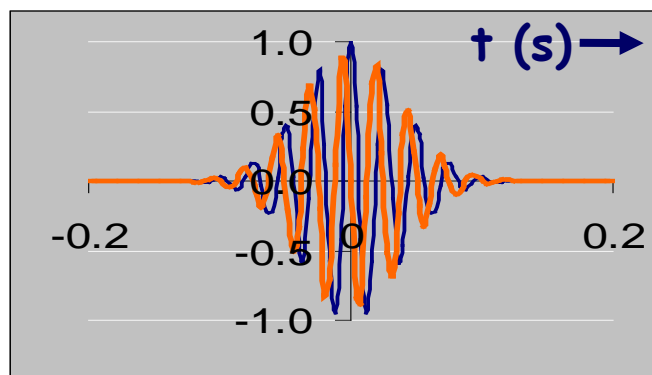
$f_c = 10$ Hz



$f_c = 20$ Hz

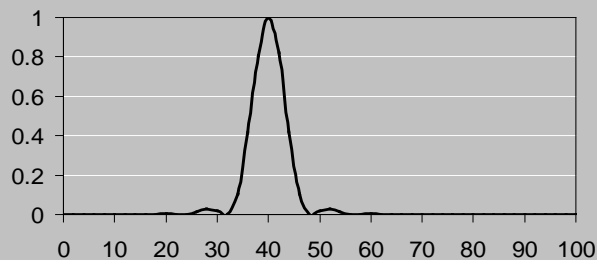
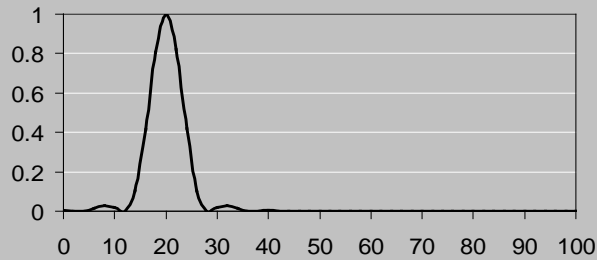
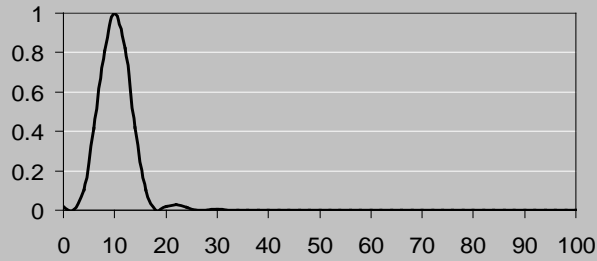


$f_c = 40$ Hz



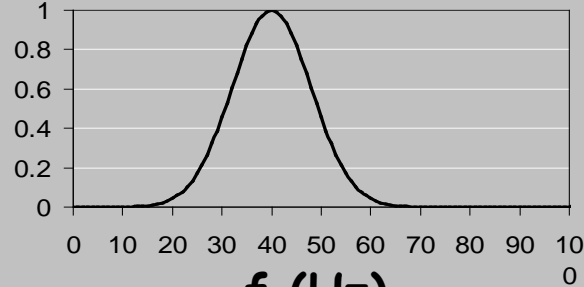
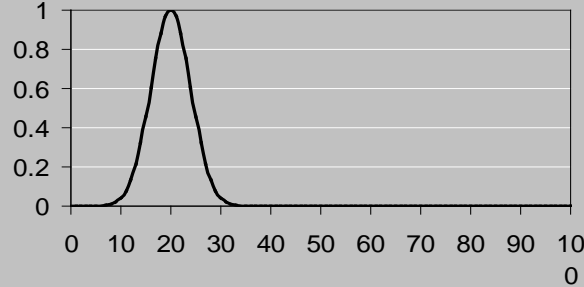
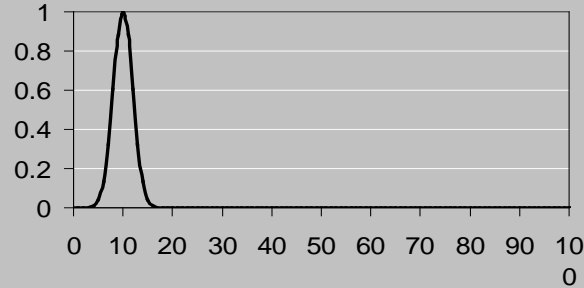
Esempi di STFT vs CWT e altri metodi

STFT spectra



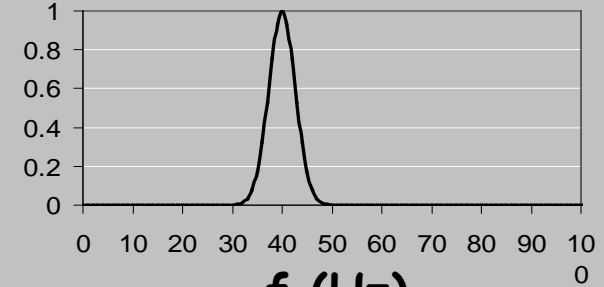
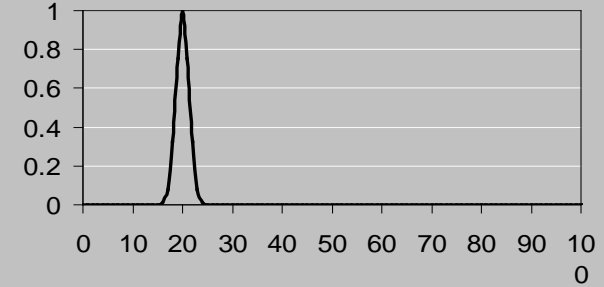
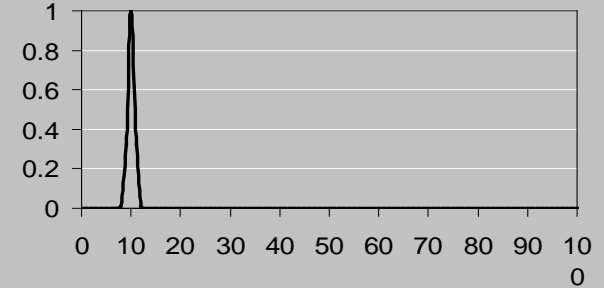
f (Hz)

CWT (Morlet) spectra



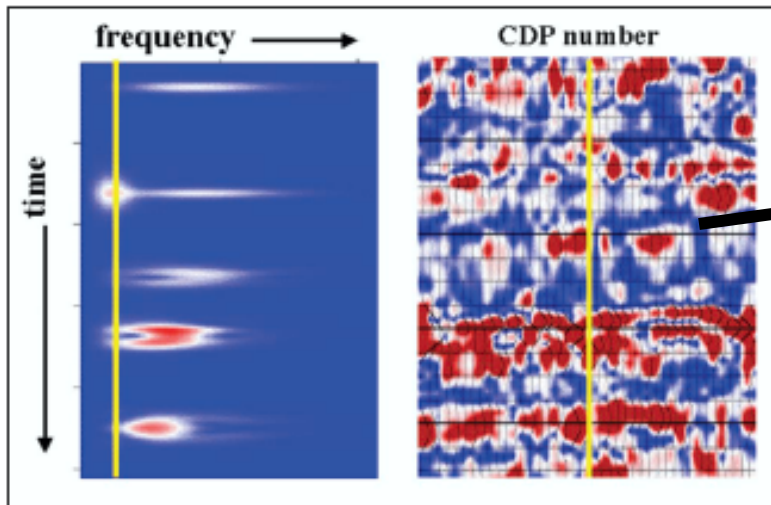
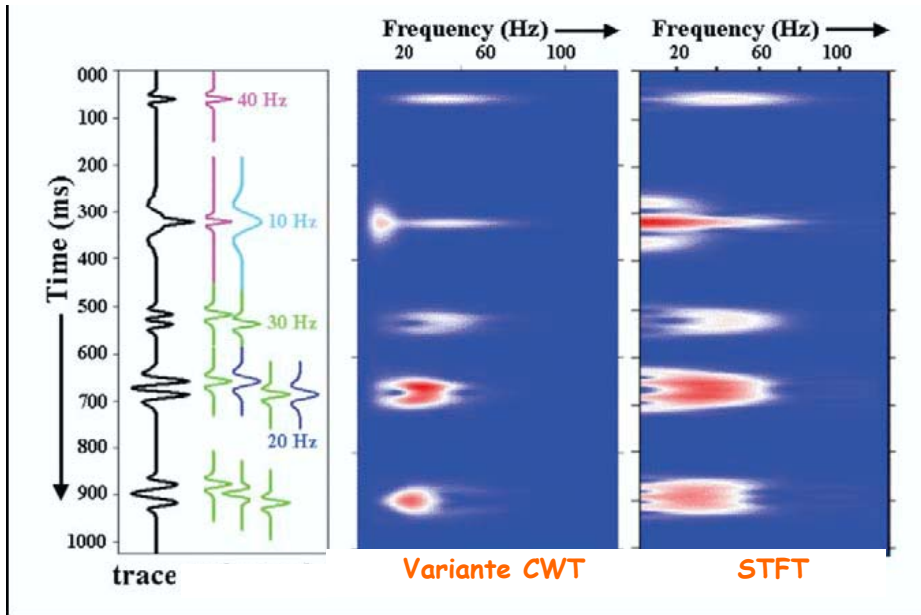
f (Hz)

Spectral Imaging of Correlative Events - SPICE



f (Hz)

Esempi di applicazione STFT vs CWT



E' possibile ottenere "gather" quali sezioni, slice, volumi t-f partendo dalle usuali rappresentazioni t-A

Figure 6. A frequency gather (left) and a common frequency section (right) obtained by sorting many frequency gathers according to frequency. The common frequency gathers can be thought of as instantaneous amplitude at a given frequency.

Spectral decomposition nell'analisi di dati sismici

La decomposizione spettrale è utile quando un segnale sismico è caratterizzato da variazioni in f (coerenti e non legate a rumore) nel tempo e nello spazio.

In altre parole, consente di individuare le "anomalie" in frequenza legate a meccanismi e comportamenti diversi. Varie sono le possibili applicazioni:

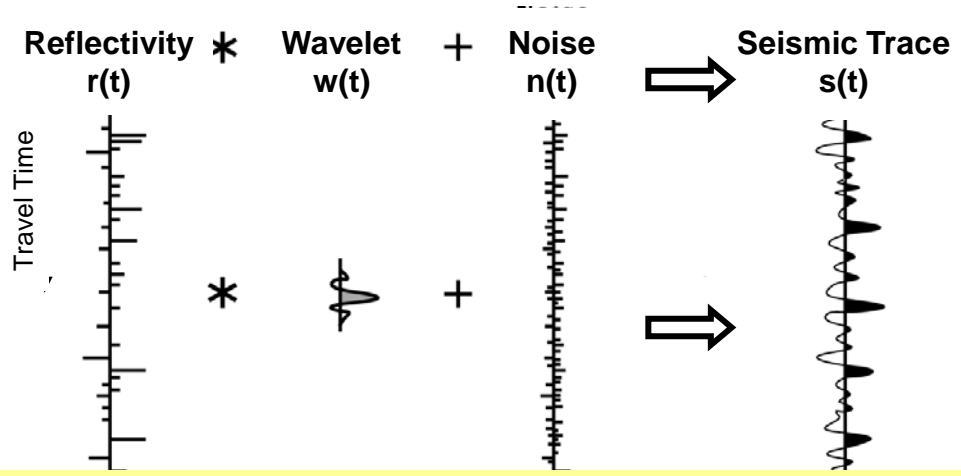
- migliorare la risoluzione
- migliorare la visualizzazione/detectability
- stima degli spessori anche al di sotto dei limiti della risoluzione "ottica"
- indicatore di idrocarburi
 - a) Attenuazione anomala di alte frequenze in reservoir a gas molto spessi
 - b) Attenuazione anomala di alte frequenze in reservoir a gas entro sedimenti molto poco consolidati
 - c) Ombra a bassa frequenza (shadow) al di sotto di reservoir sottili che non producono fenomeni significativi di attenuazione
 - d) Frequenza caratteristica di "tuning" che varia nel caso di sedimenti con gas o con acque salmastre
 - e) AVO dipendente dalle frequenze

Alta risoluzione in f a basse f → individuazione delle low f shadow

Alta risoluzione in T ad alte f → individuazione di stratigrafie sottili/chiusure laterali

Analisi spettrale (FT) per LUNGHE serie di dati (finestre lunghe)

Modello Convolutivo
DOMINIO DEL TEMPO
 (dato registrato)



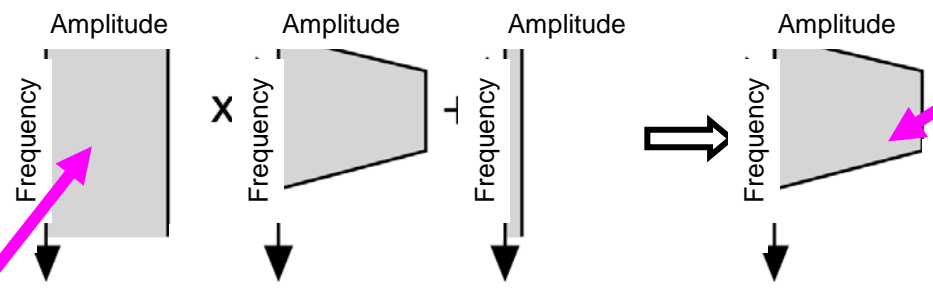
Partyka, 1999

La geologia è "casuale/non prevedibile" →
SPETTRO della RIFLETTIVITA' = BIANCO



DOMINIO DELLE FREQUENZE
 (dato trasformato)

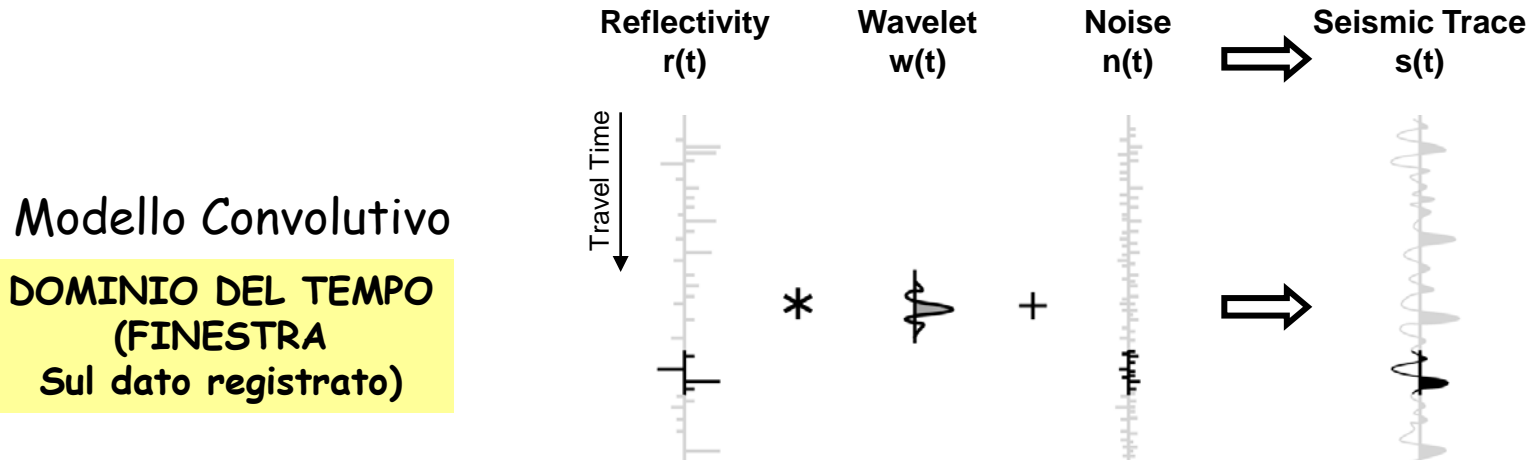
Statisticamente spettro Bianco



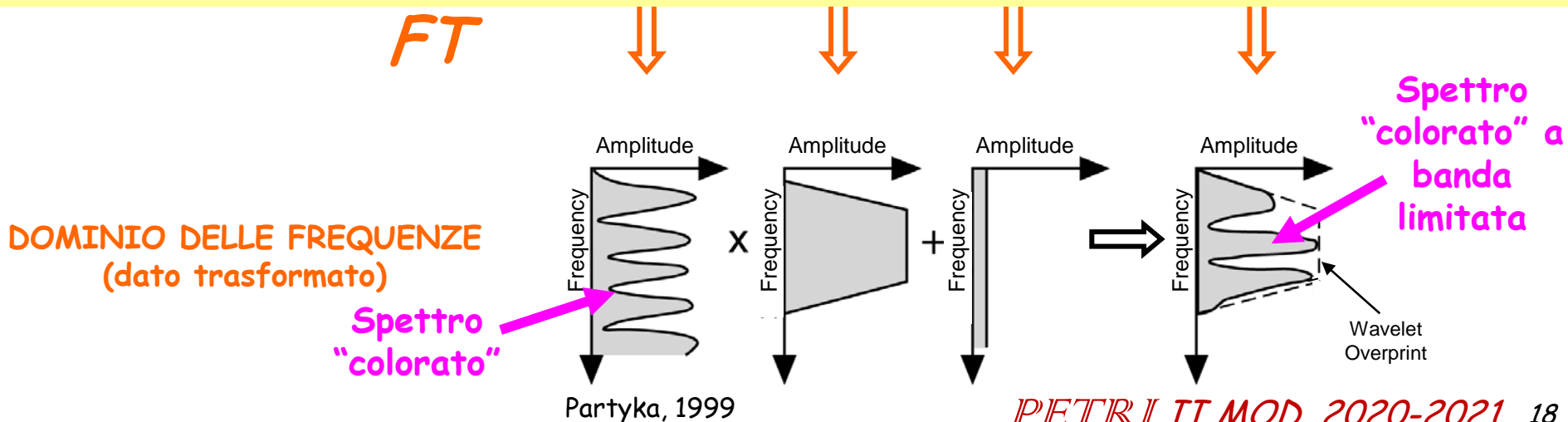
Statisticamente spettro bianco a banda limitata

Partyka, 1999

Analisi spettrale (FT) per serie di dati CORTE (finestre corte)



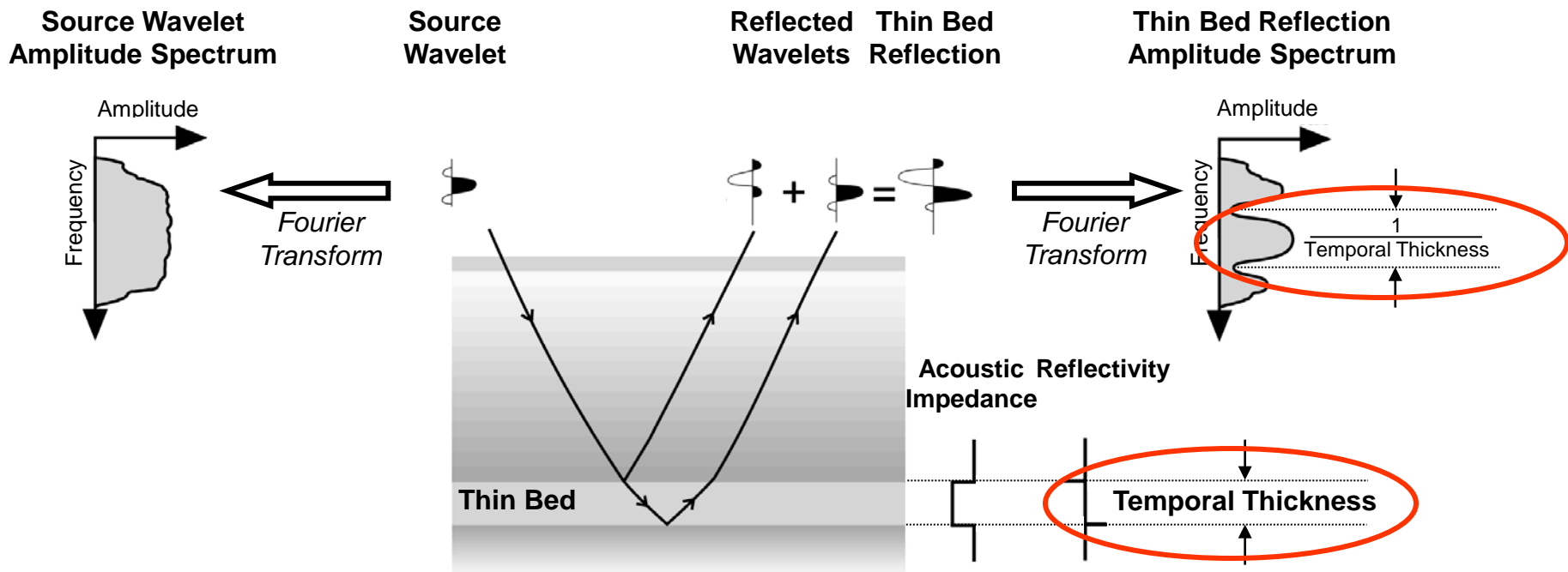
La geologia NON è casuale \rightarrow SPETTRO della wavelet modulato/filtrato dalla riflettività



Analisi spettrale (FT) per serie di dati CORTE (finestre corte)

Interferenza Spettrale causata dalla distribuzione dei coefficienti di riflessione \rightarrow proprietà acustiche \rightarrow litologia all'interno della finestra (piccola) di analisi.

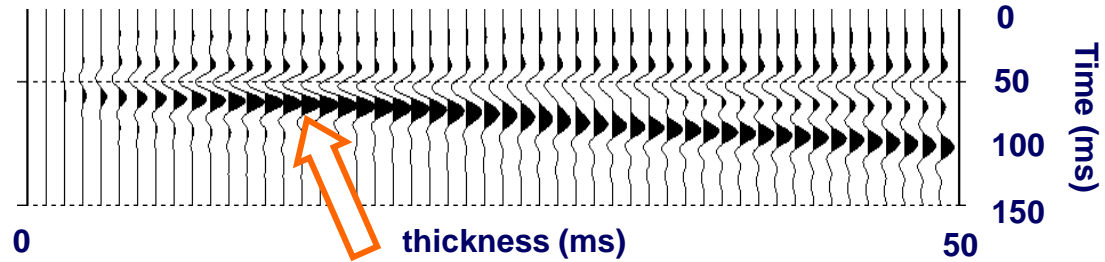
\rightarrow Si può utilizzare questa analisi per ricavare informazioni su litologia e fluidi



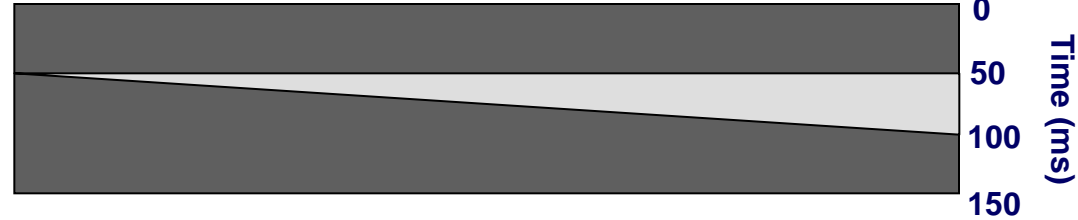
Partyka et al., 1999

Modello a cuneo - thin bed tuning

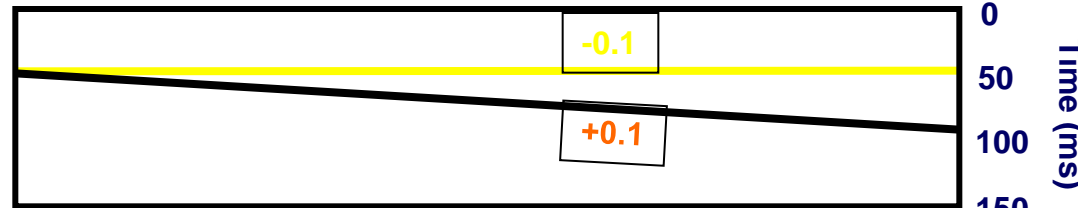
Sezione
sismica



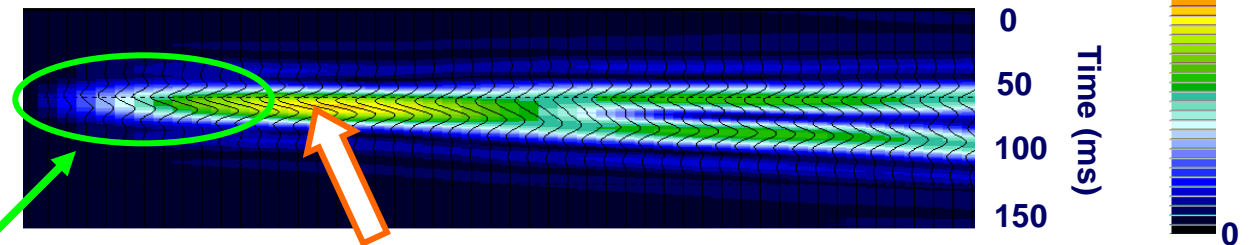
Impedenza
Acustica (ρv)



Riflettività
(coefficienti di riflessione)



Inviluppo
o Ampiezza istantanea

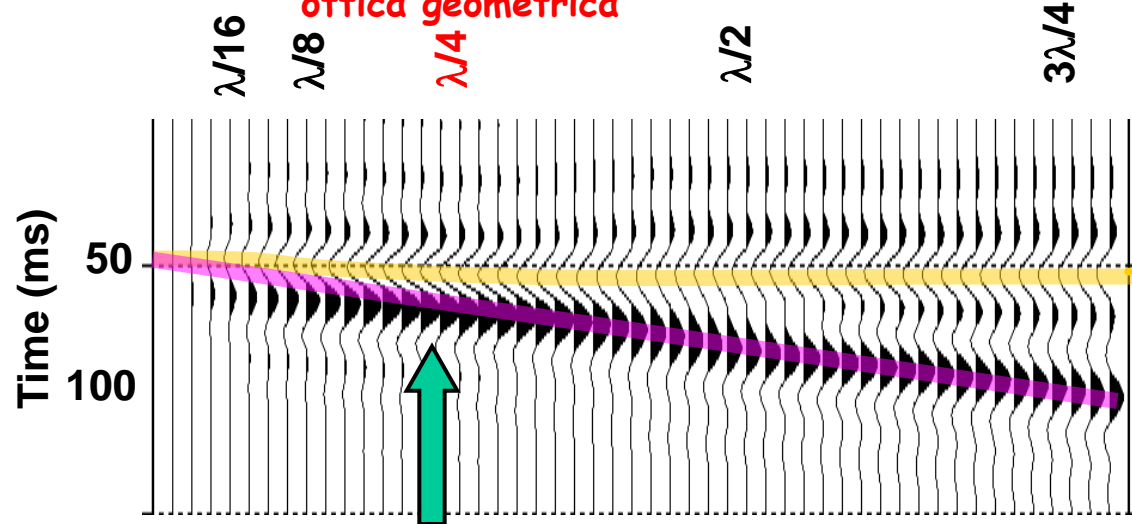


Da Partyka, 2001

Per spessori inferiori alla "tuning thickness"
L'evento è unico, ma avvengono variazioni di A , f , ϕ

STFT e TUNING THICKNESS

Limite RISOLUZIONE
ottica geometrica



Tuning thickness

$$\frac{\partial x}{\partial t} \equiv \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x(t + \Delta t / 2) - x(t - \Delta t / 2)}{\Delta t}$$

Derivata in t

Per Δt non infinitesimi \rightarrow soluzione approssimata alle differenze finite: per Δt piccoli l'interferenza potrà essere stimata da $x(t)$ cioè dalla traccia sismica originale

Rappresenta lo spessore di un livello (metri) o la spaziatura (tempo) al di sotto della quale le riflessioni subiscono interferenza (costruttiva) e producono un evento singolo ad alta ampiezza. Avviene per spaziature $< \lambda/4$.

Per spaziatura $>$ gli eventi iniziano a essere risolvibili. La Tuning thickness (T_{\dagger}) può essere stimata con l'espressione seguente, valida per onde stazionarie in frequenza e fase (no dispersione):

$$T_{\dagger} = Z = V_I / 1.4 f_{\max}$$

in cui Z = tuning thickness di un determinato livello
 V_I = velocità intervallare del livello
 f_{\max} = frequenza massima presente nella sezione sismica (segnale primario)

Dato

FT

$$x(t) \Leftrightarrow X(\omega)$$

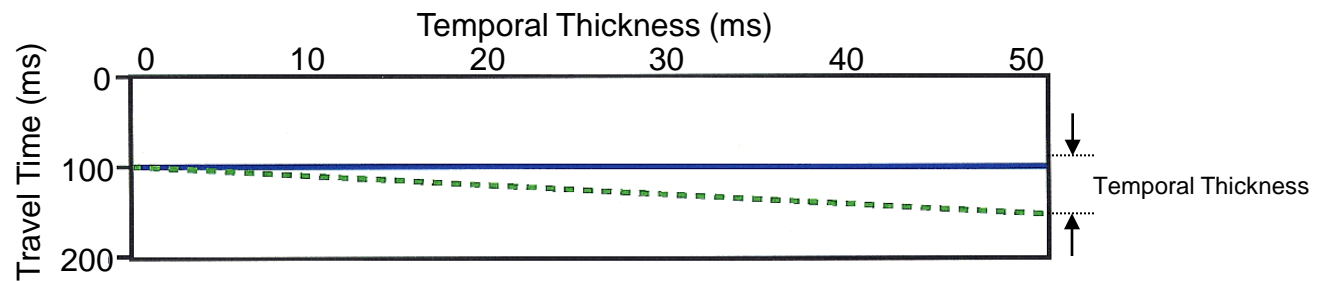
$$\frac{\partial x}{\partial t} \Leftrightarrow i\omega X(\omega)$$

Rotazione di ogni componente in freq. di 90°

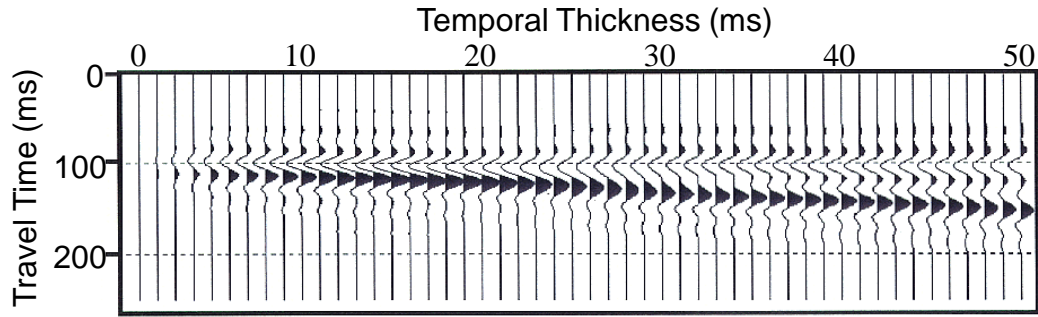
Incremento dell'ampiezza delle alte freq.

Analisi spettrale (STFT) esempio sintetico

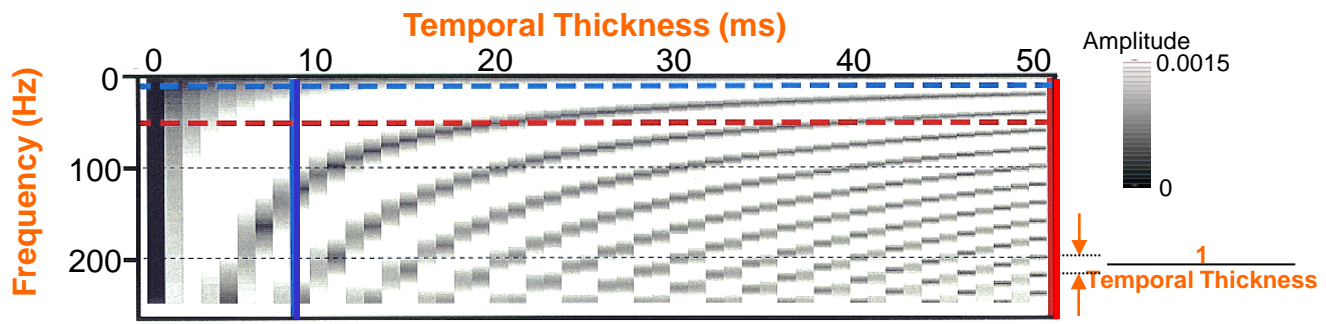
RIFLETTIVITA'
(reale situazione
Geologica)



RIFLETTIVITA' convoluta
con un'ondina sismica
Ormsby 8-10-40-50 Hz



**SPETTRO DI
AMPIEZZA**
Ottenuto con la STFT

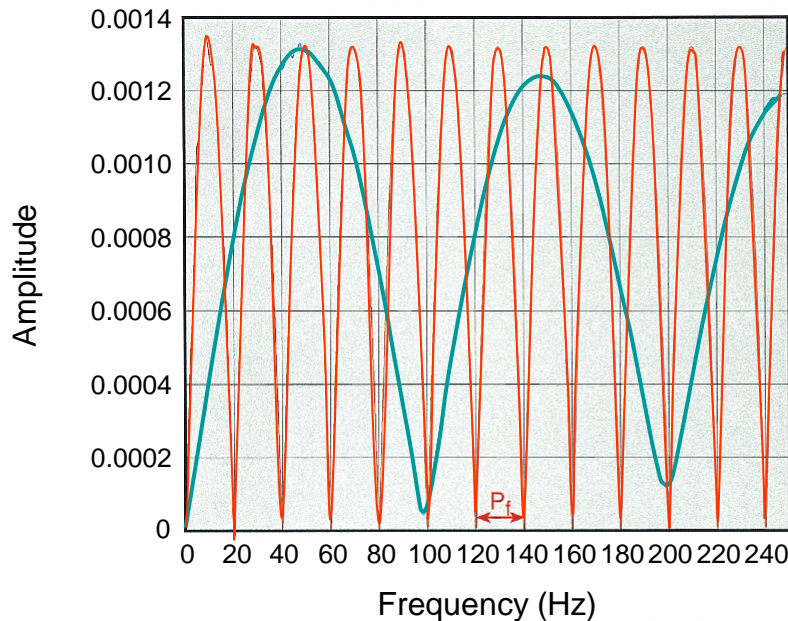


- Amplitude spectrum of 10ms blocky bed
- Amplitude spectrum of 50ms blocky bed
- - - 10Hz spectral amplitude
- - - 50Hz spectral amplitude

Modificato da Partyka, 1999

Analisi spettrale (STFT) esempio sintetico

Lo spessore nel tempo (temporal thickness= t) del cuneo determina il periodo caratteristico dello spettro di ampiezza (P_f) rispetto alla FREQUENZA



Amplitude spectrum of 10ms blocky bed.

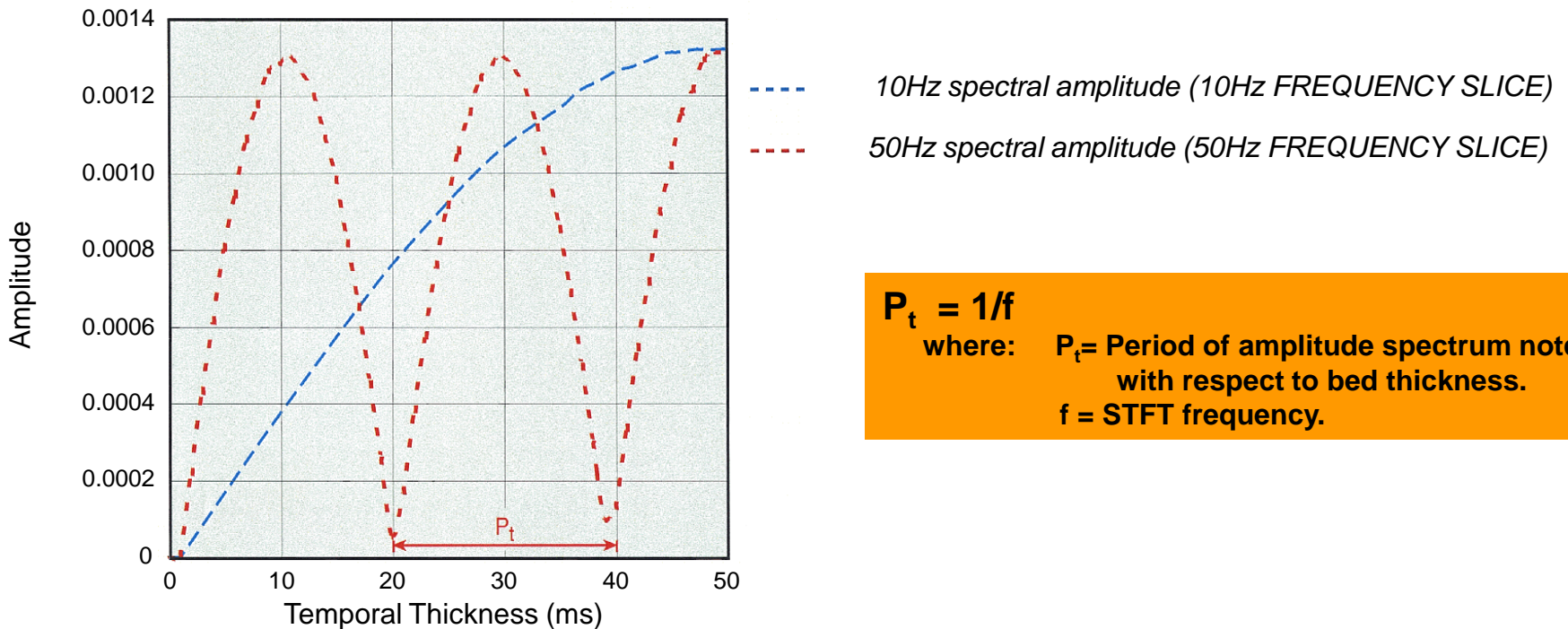
Amplitude spectrum of 50ms blocky bed.

$$P_f = 1/t$$

where: P_f = Period (o, meglio, periodicit  nelle frequenze) of amplitude spectrum notching with respect to frequency.
 t = Thin bed time thickness.

Analisi spettrale (STFT) esempio sintetico

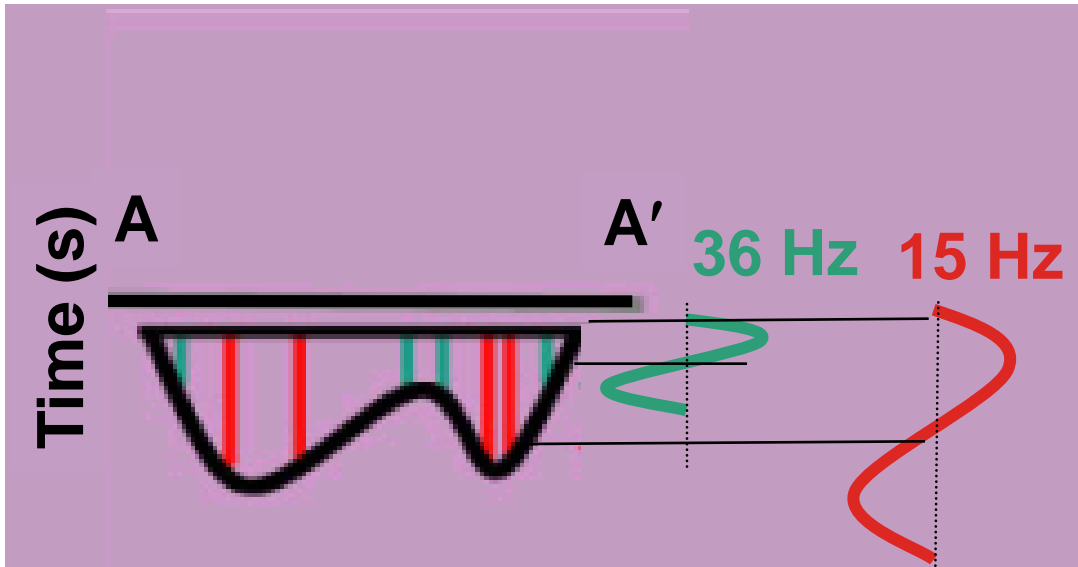
Il valore della componente in frequenza (f) determina il periodo caratteristico dello spettro di ampiezza (P_t) rispetto allo SPESSORE dello STRATO (tempo di riflessione)



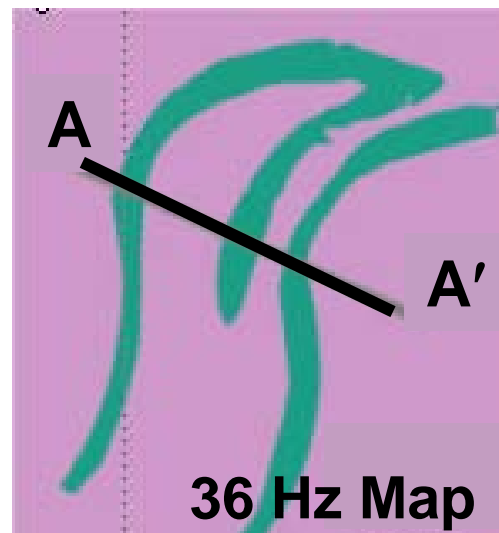
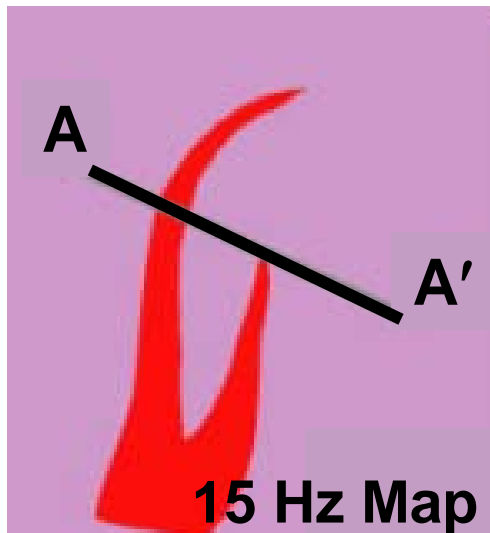
$$P_t = 1/f$$

where: P_t = Period of amplitude spectrum notching with respect to bed thickness.
 f = STFT frequency.

Tuning: schema concettuale → perche' la SD



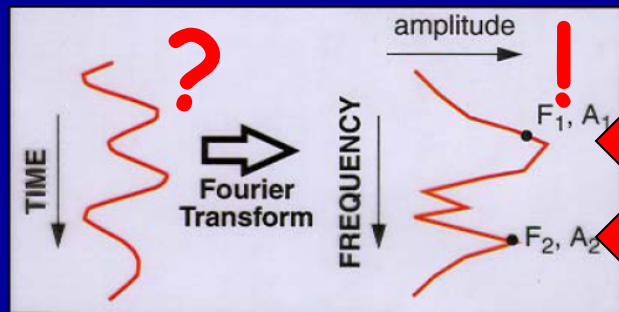
Spessore maggiore → interferenza a frequenze < e viceversa → possibilità di stimare gli spessori sulla base del contenuto spettrale



Laughlin et al, 2002

Tuning: schema concettuale → perche' la SD

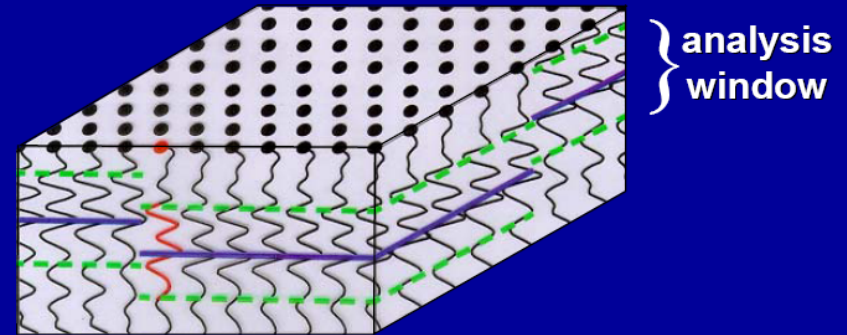
- Uses the Fourier transform to calculate the amplitude spectrum of a short time window covering the zone of interest



- The amplitude spectrum is tuned by the geologic units within the analysis window, so that units with different rock properties and/or thickness will exhibit different

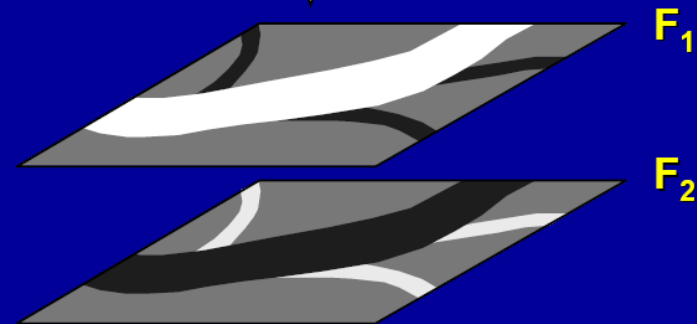
Spectral Components and Amplitudes

3D Seismic Volume



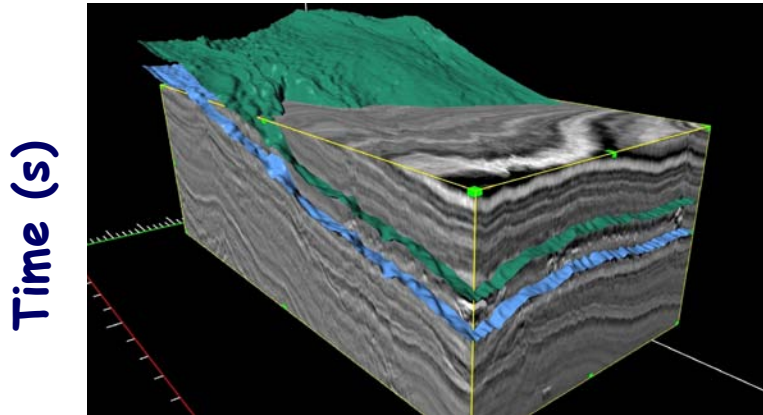
Single trace

All traces

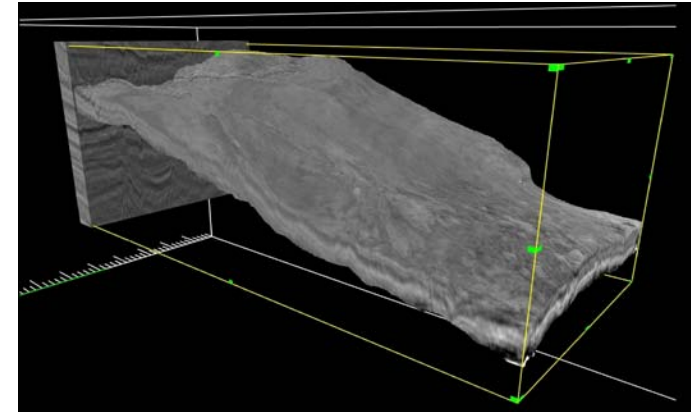


black = low amplitude
white = high amplitude

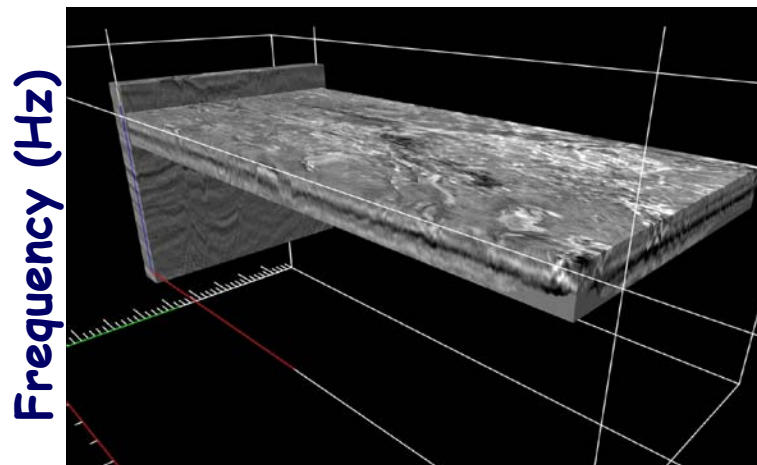
SPECTRAL DECOMPOSITION: SCHEMA CONCETTUALE DI ANALISI - 1



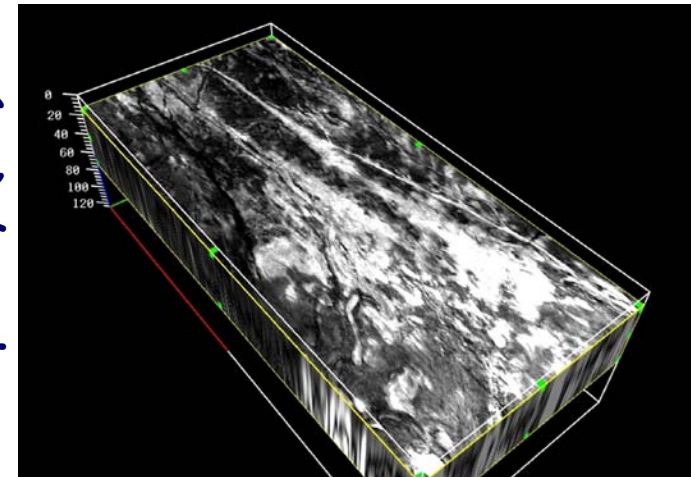
Interpretare un orizzonte



Window the data



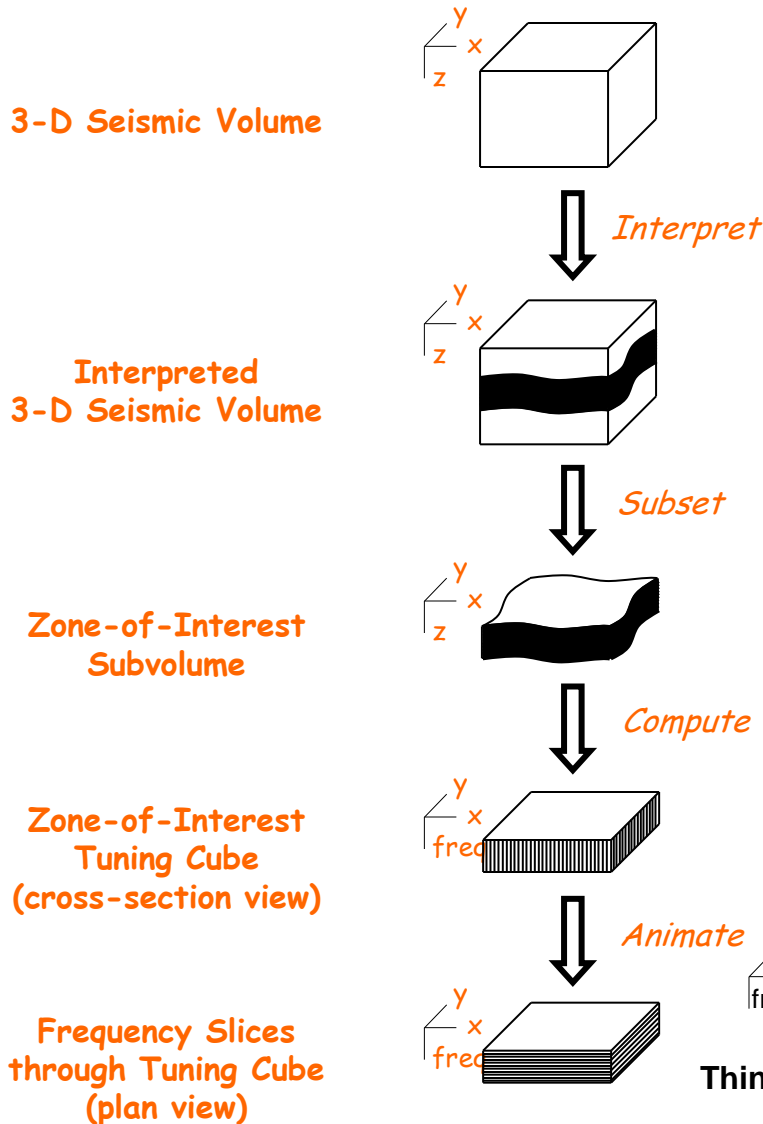
Calcolare le componenti spettrali



Analyze spectral slices

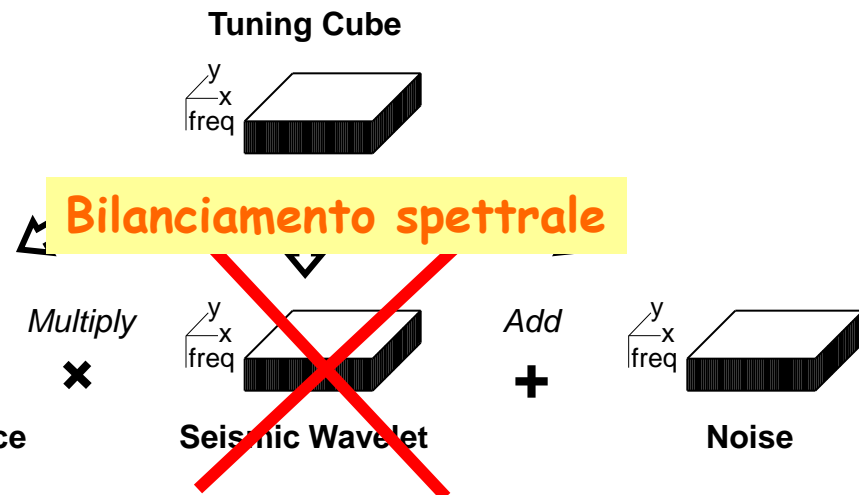
SPECTRAL DECOMPOSITION: SCHEMA

CONCETTUALE DI ANALISI -1 - TUNING CUBE

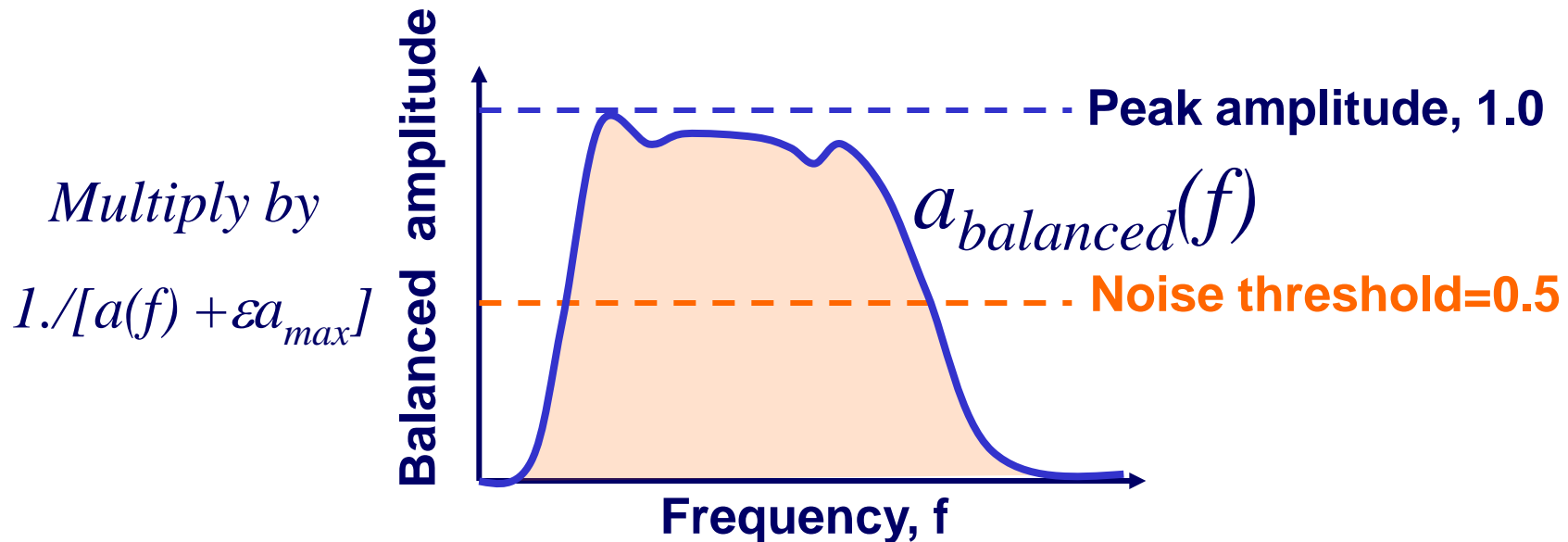
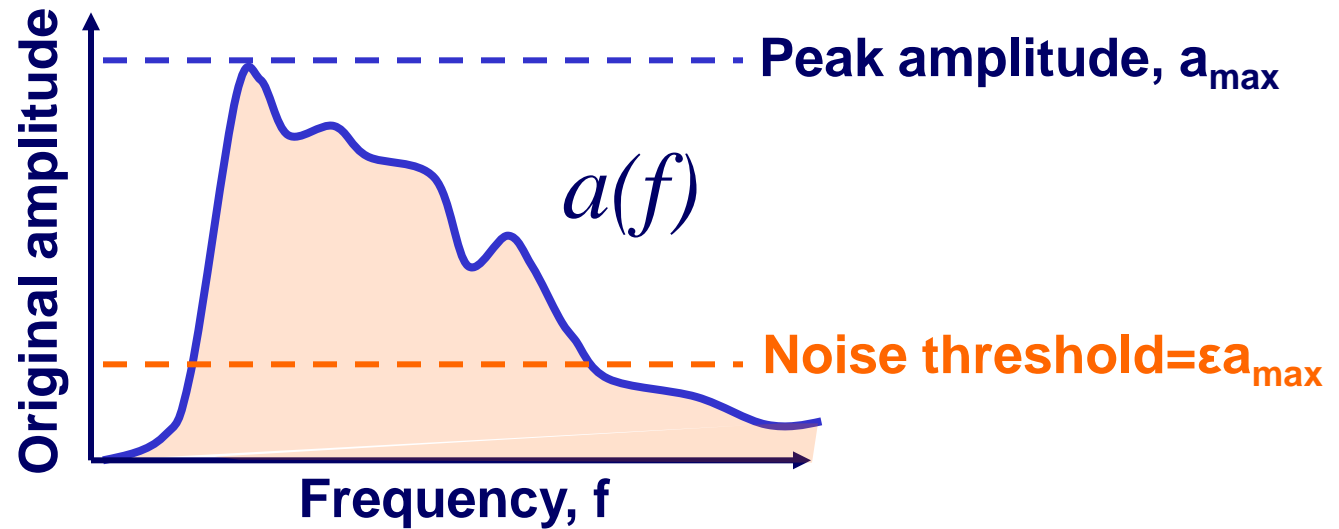


Ma...

Il Tuning Cube non contiene solo il segnale di interesse (interferenza tra thin bed), ma artefatti legati all'ondina sismica e rumore

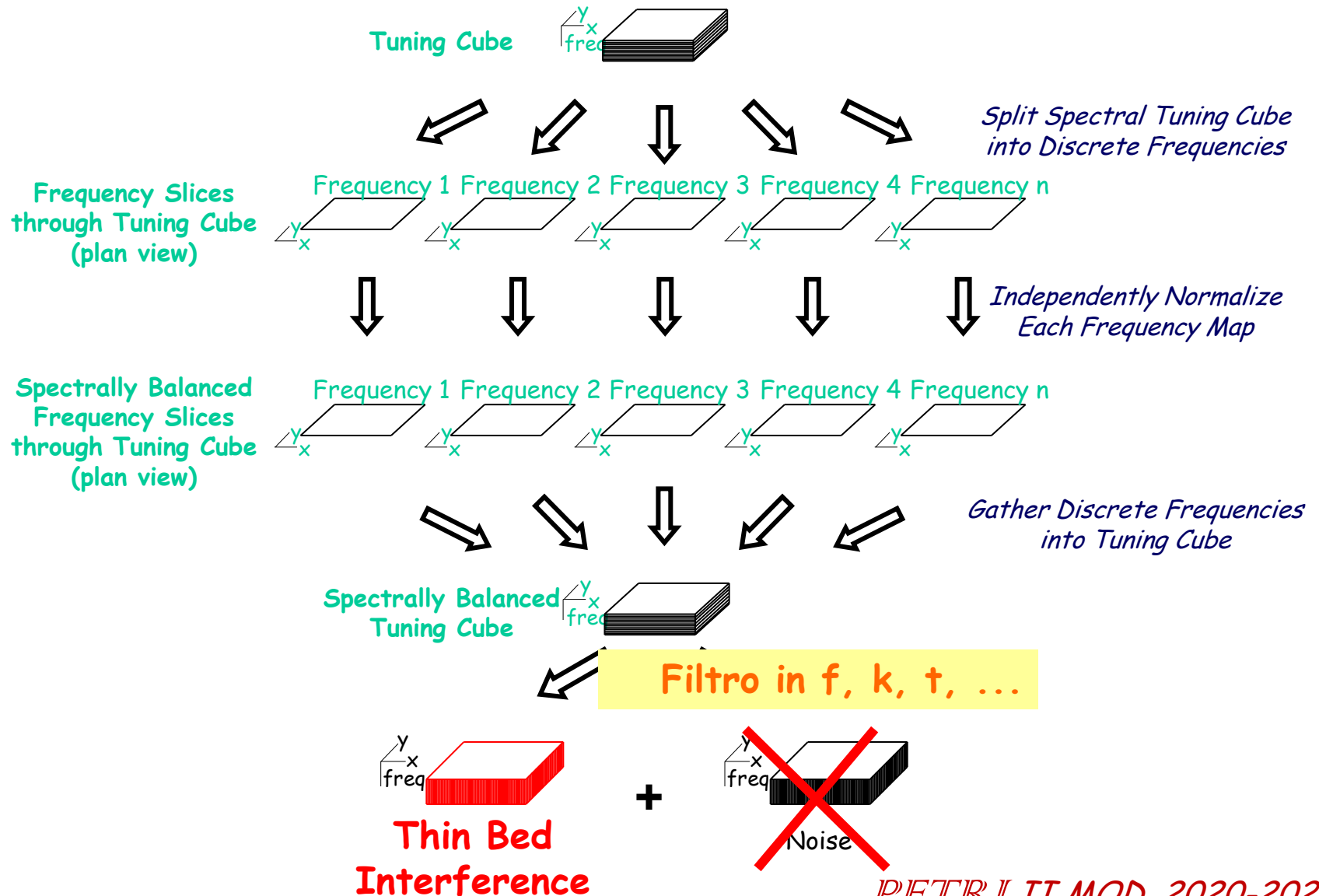


Deconvoluzione - Bilanciamento spettrale - Whitening



CONCETTUALE DI ANALISI - 1

BILANCIAMENTO SPETTRALE TUNING CUBE

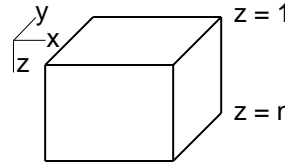


SPECTRAL DECOMPOSITION: SCHEMA UD3

ALTERNATIVO DI ANALISI - 2

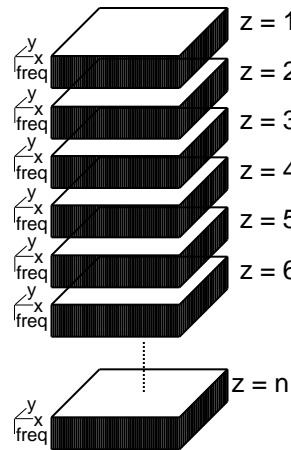
DISCRETE FREQUENCY ENERGY CUBE

3-D Seismic Volume



Compute

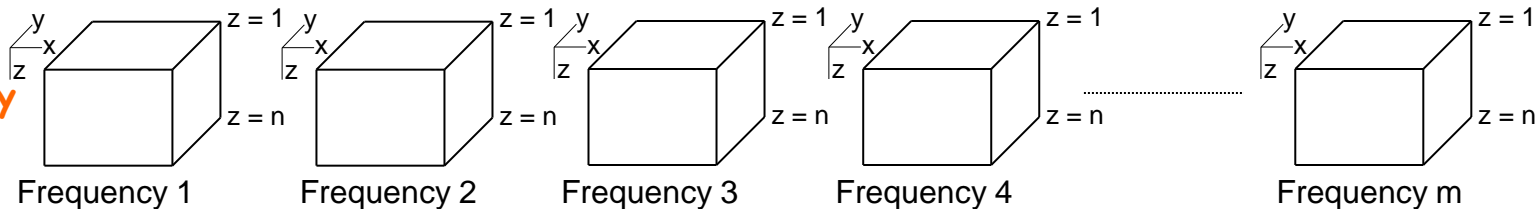
Time-Frequency 4-D Cube



Non prevede la definizione di orizzonti per l'analisi → evidenza caratteri tettonici o morfologici

Subset

Discrete Frequency Energy Cubes

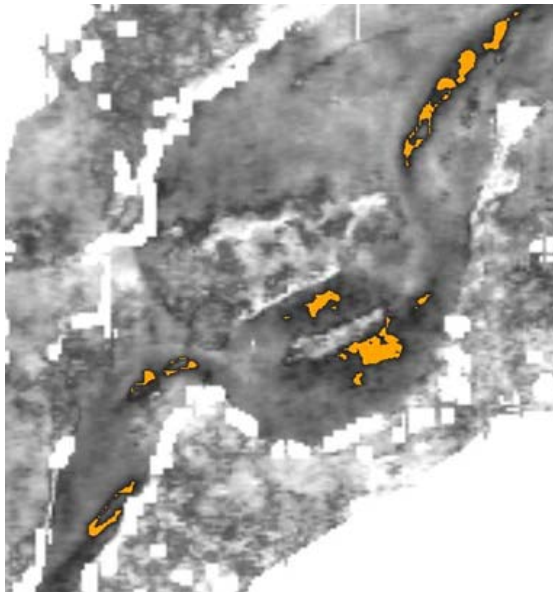


Esempio su dati reali → spessore di canali

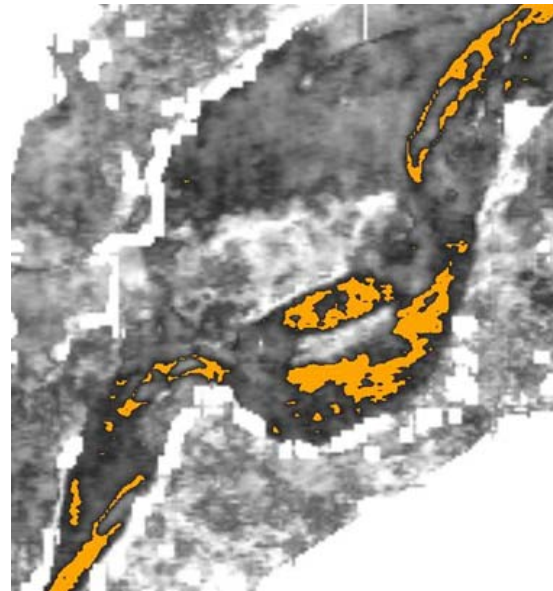
10 Hz

30 Hz

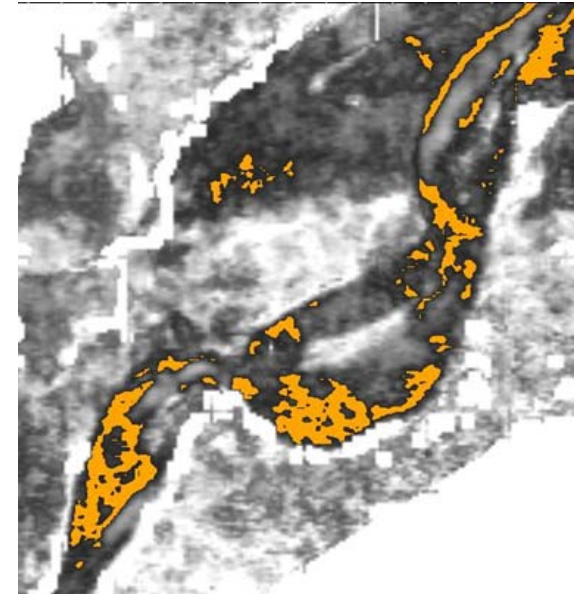
50 Hz



Max. spessore



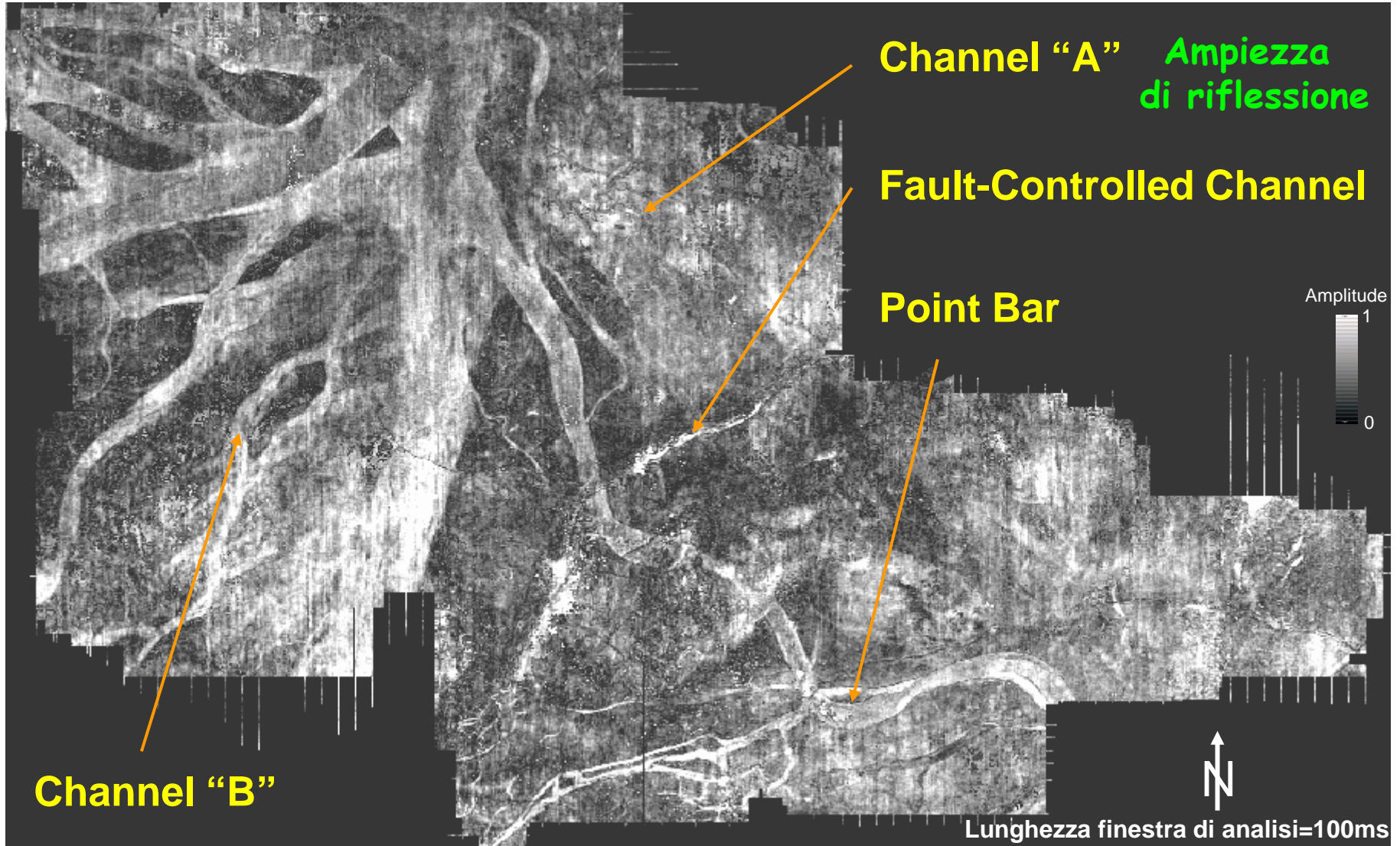
Spessore intermedio



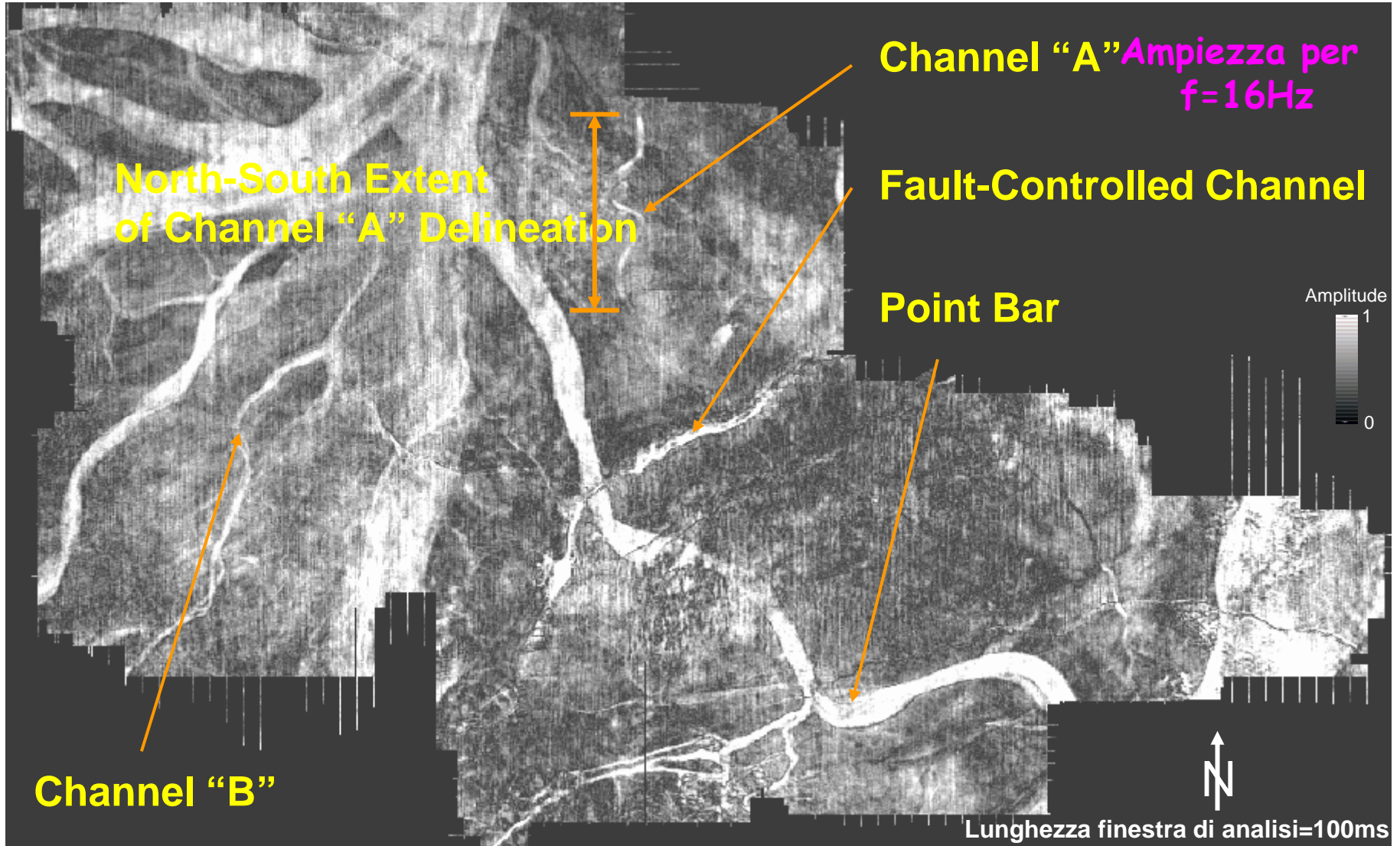
Limiti del canale

Marfurt, 2006 - Courtesy of Apache Corp.

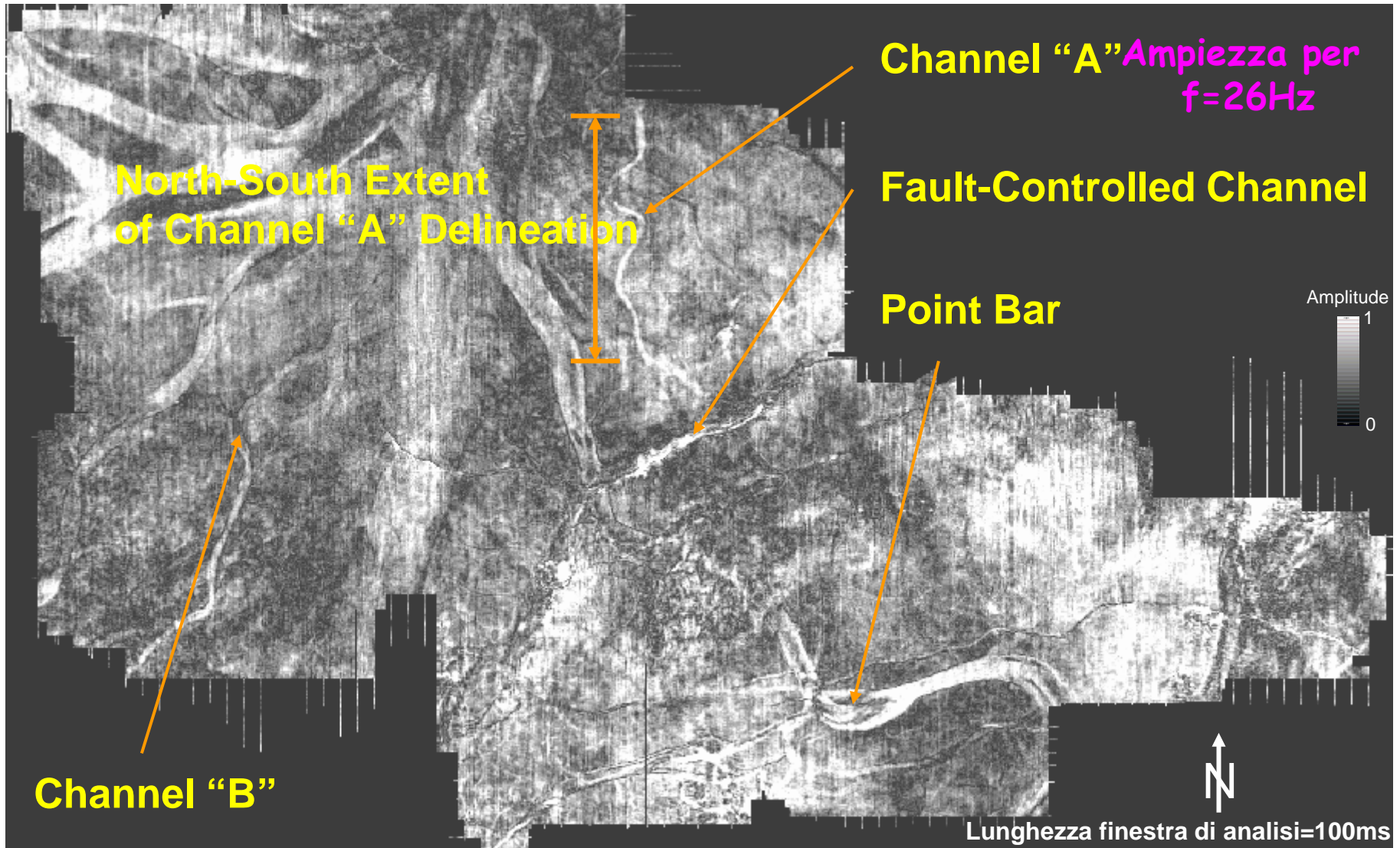
Esempio su dati reali → Golfo del Messico: depositi Pleistocenici analoghi ai depositi deltizi del fiume Mississippi attuale



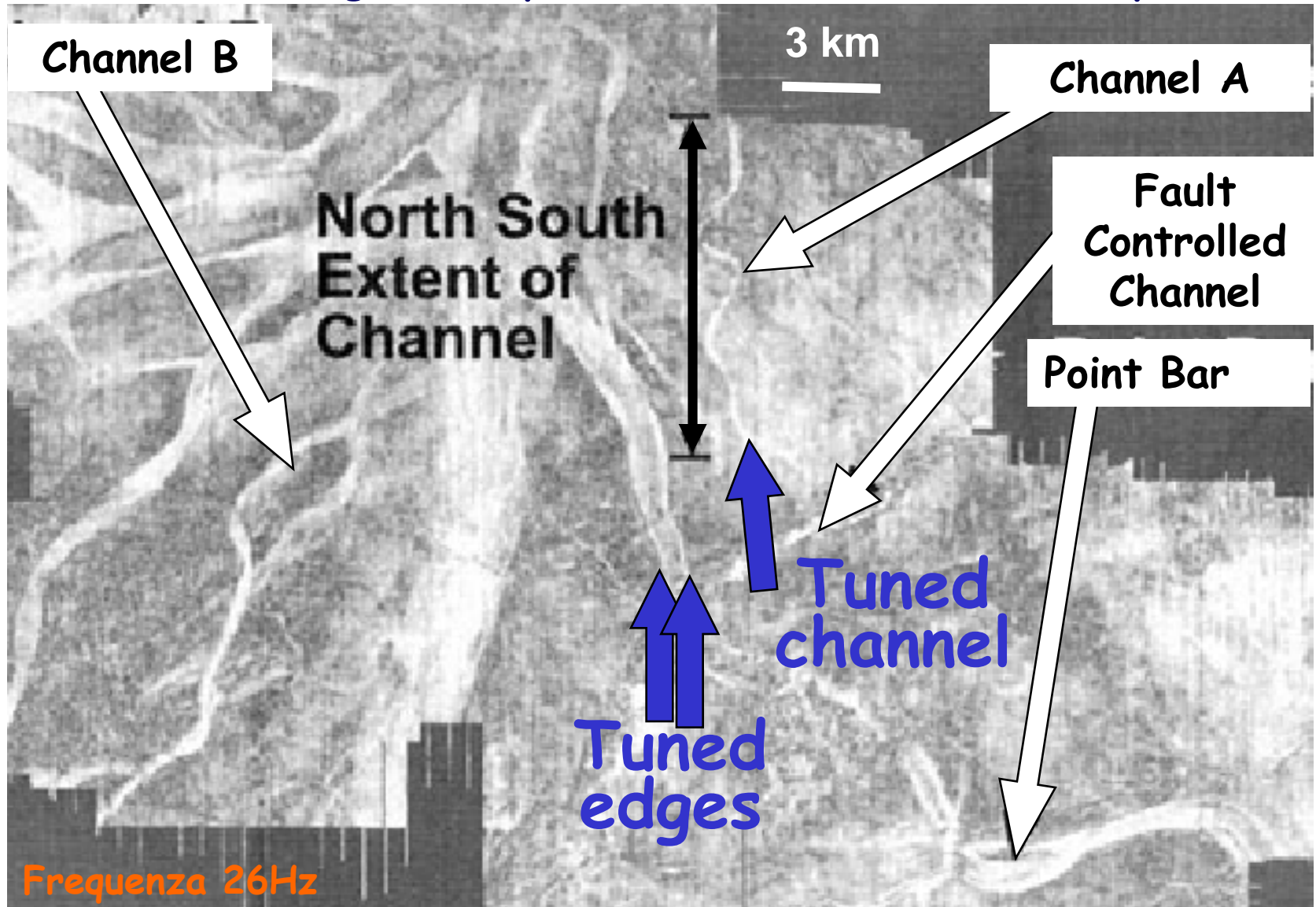
Esempio su dati reali → Golfo del Messico: depositi Pleistocenici analoghi ai depositi deltizi del fiume Mississippi attuale



Esempio su dati reali → Golfo del Messico: depositi Pleistocenici analoghi ai depositi deltizi del fiume Mississippi attuale

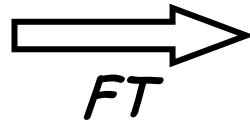


Esempio su dati reali → Golfo del Messico: depositi Pleistocenici analoghi ai depositi deltizi del fiume Mississippi attuale

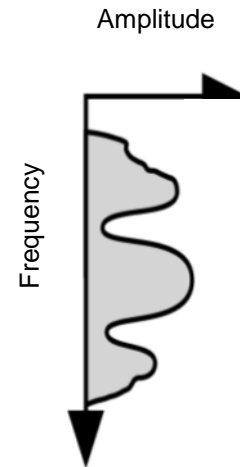


E' possibile usare anche la FASE?

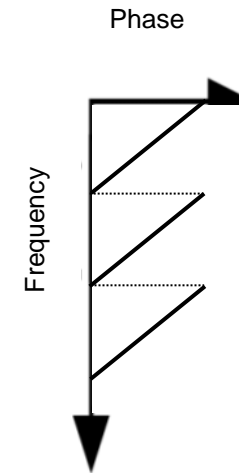
Thin Bed Reflection



Amplitude Spectrum

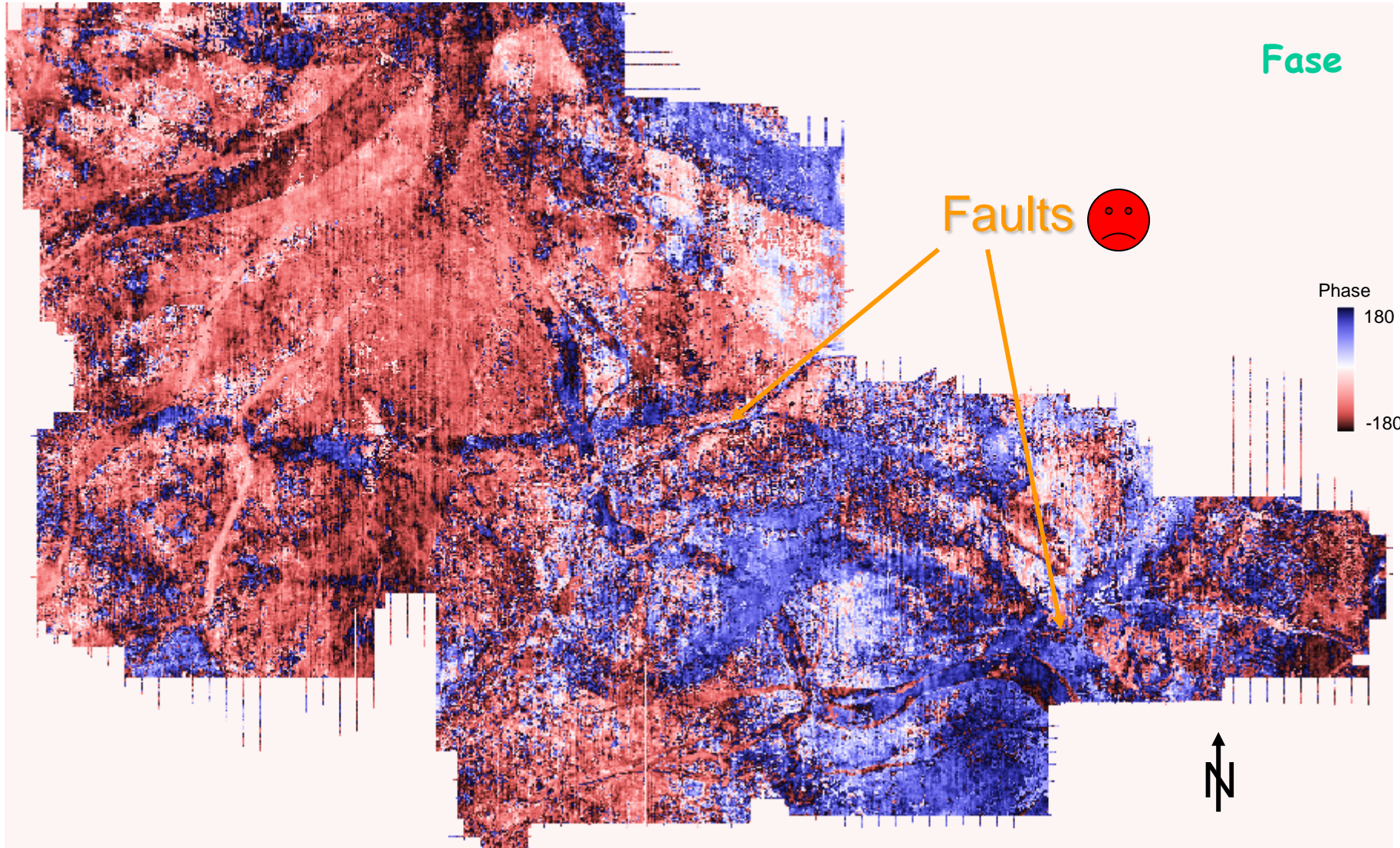


Phase Spectrum

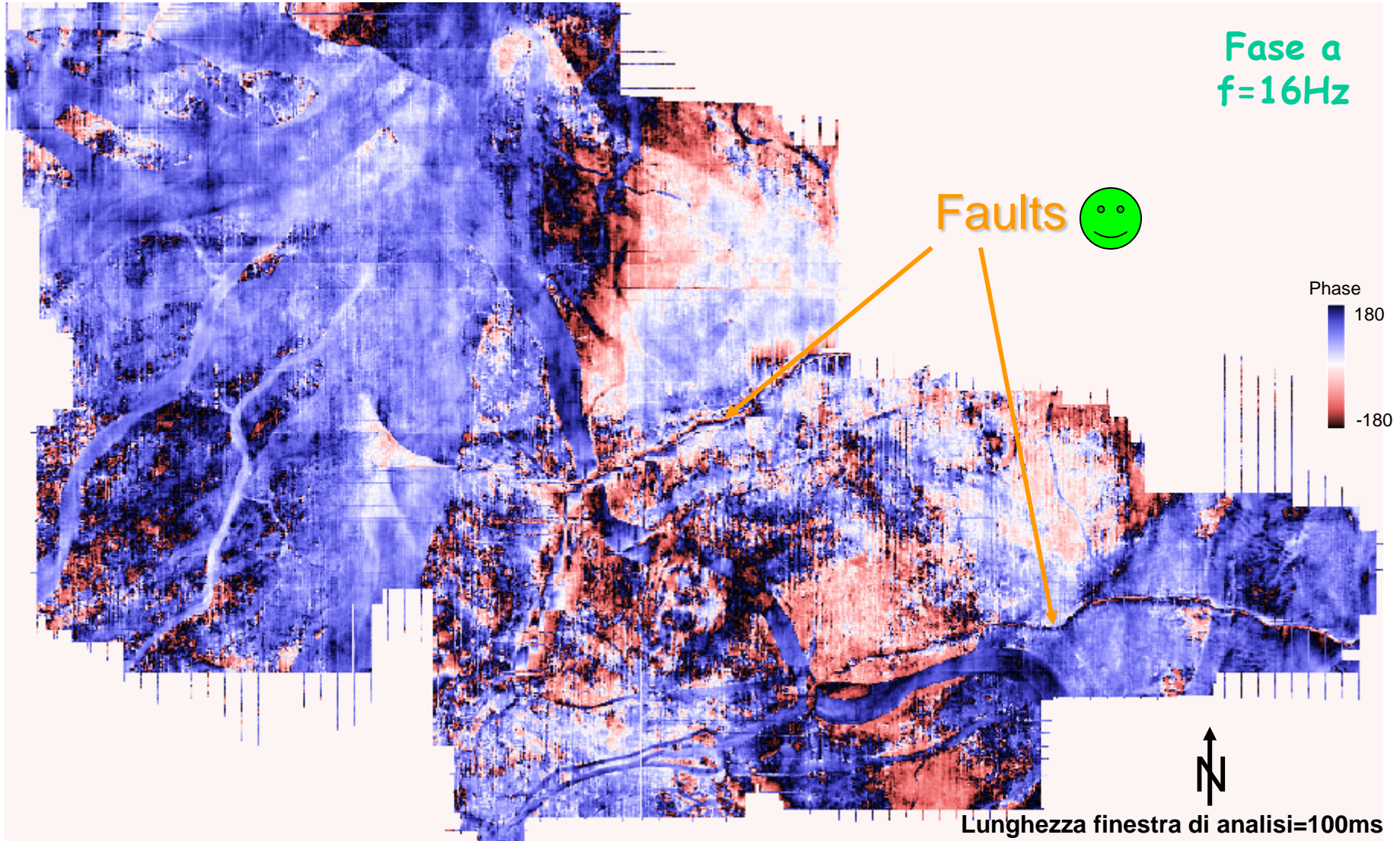


- Lo spettro di ampiezza evidenzia le variazioni laterali di un thin bed
- Lo spettro di fase evidenzia instabilità di fase legate a discontinuità laterali

Esempio su dati reali → Golfo del Messico: depositi Pleistocenici analoghi ai depositi deltizi del fiume Mississippi attuale



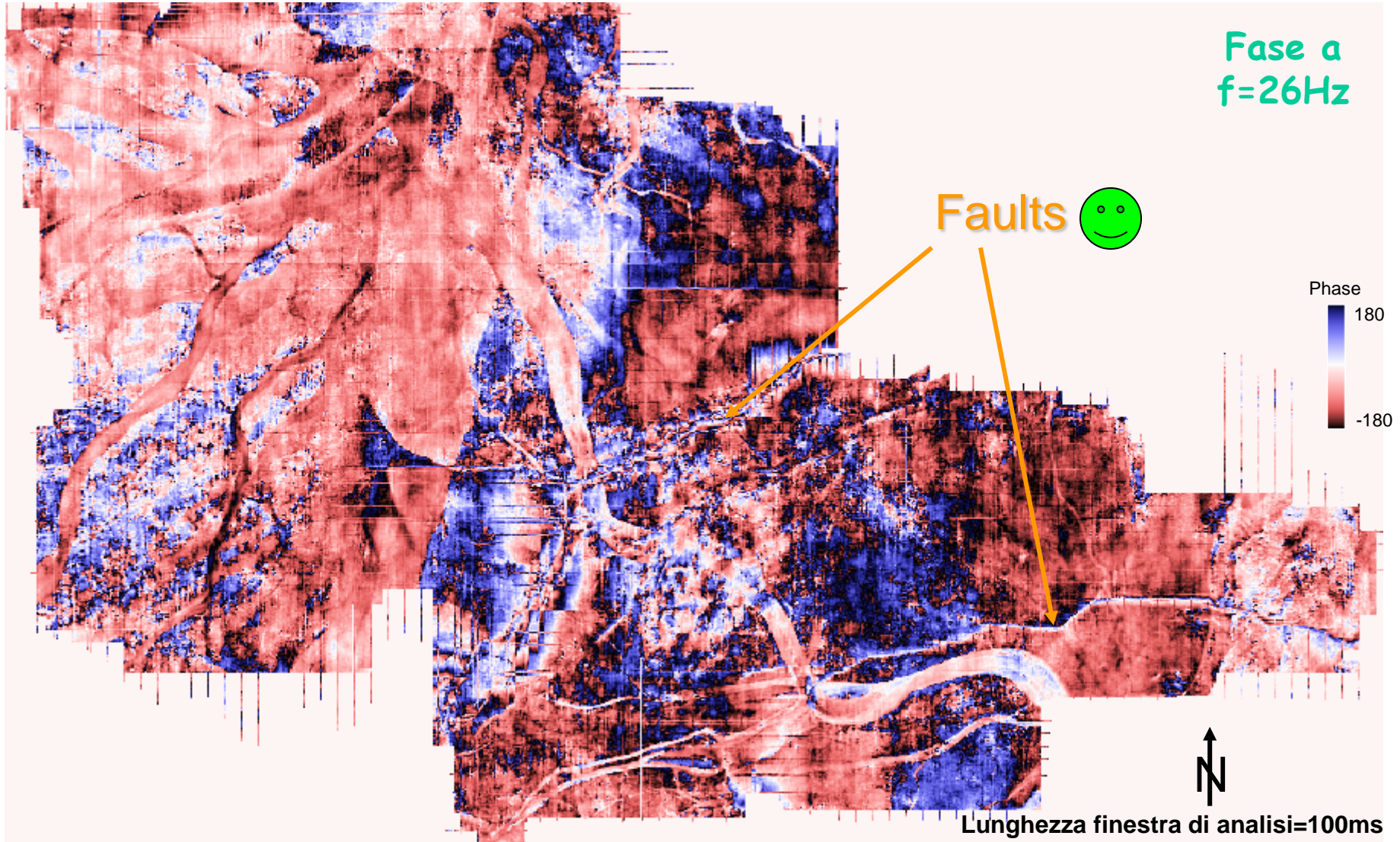
Esempio su dati reali → Golfo del Messico: depositi Pleistocenici analoghi ai depositi deltizi del fiume Mississippi attuale



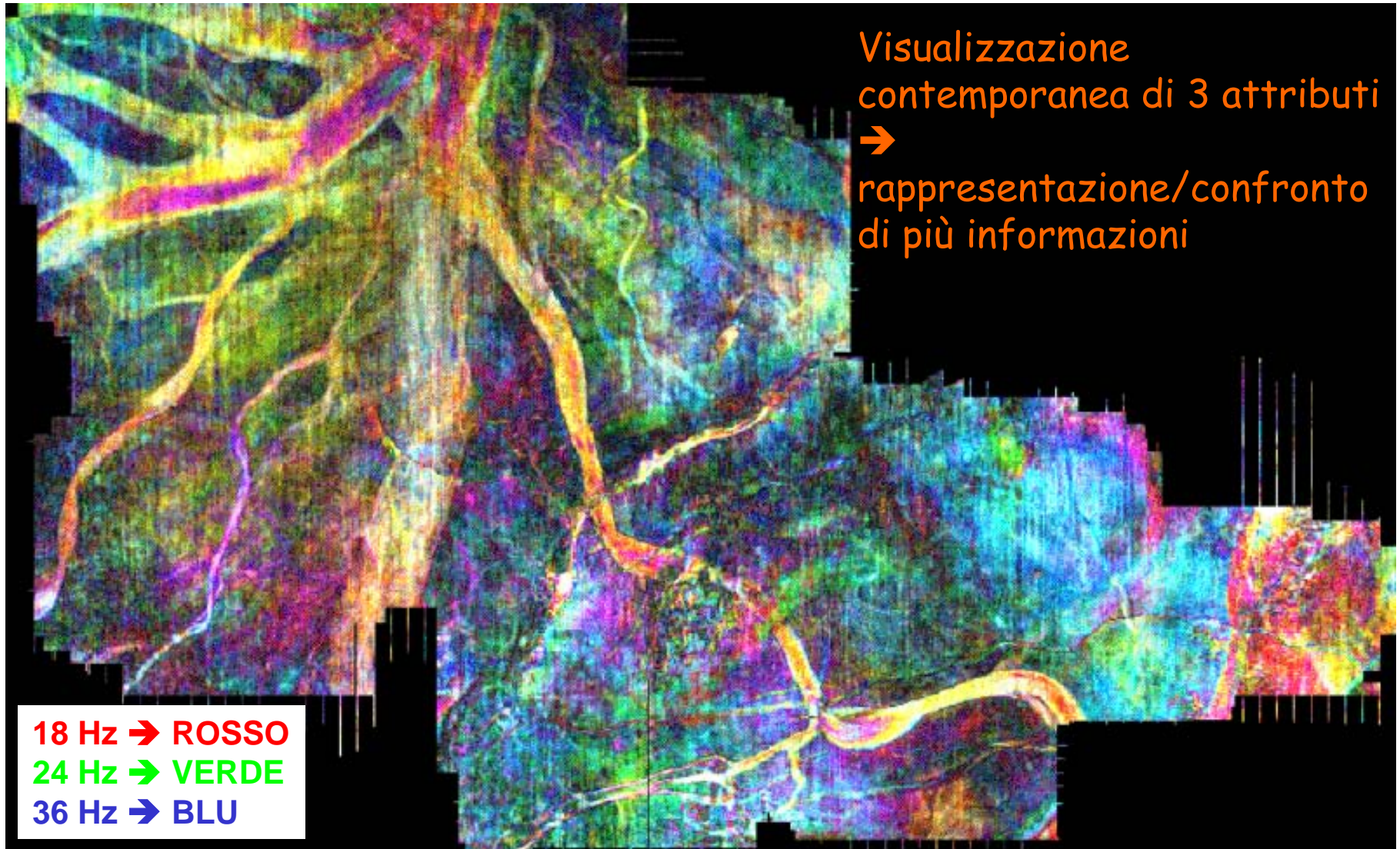
Partyka et al, 1999

10,000 ft

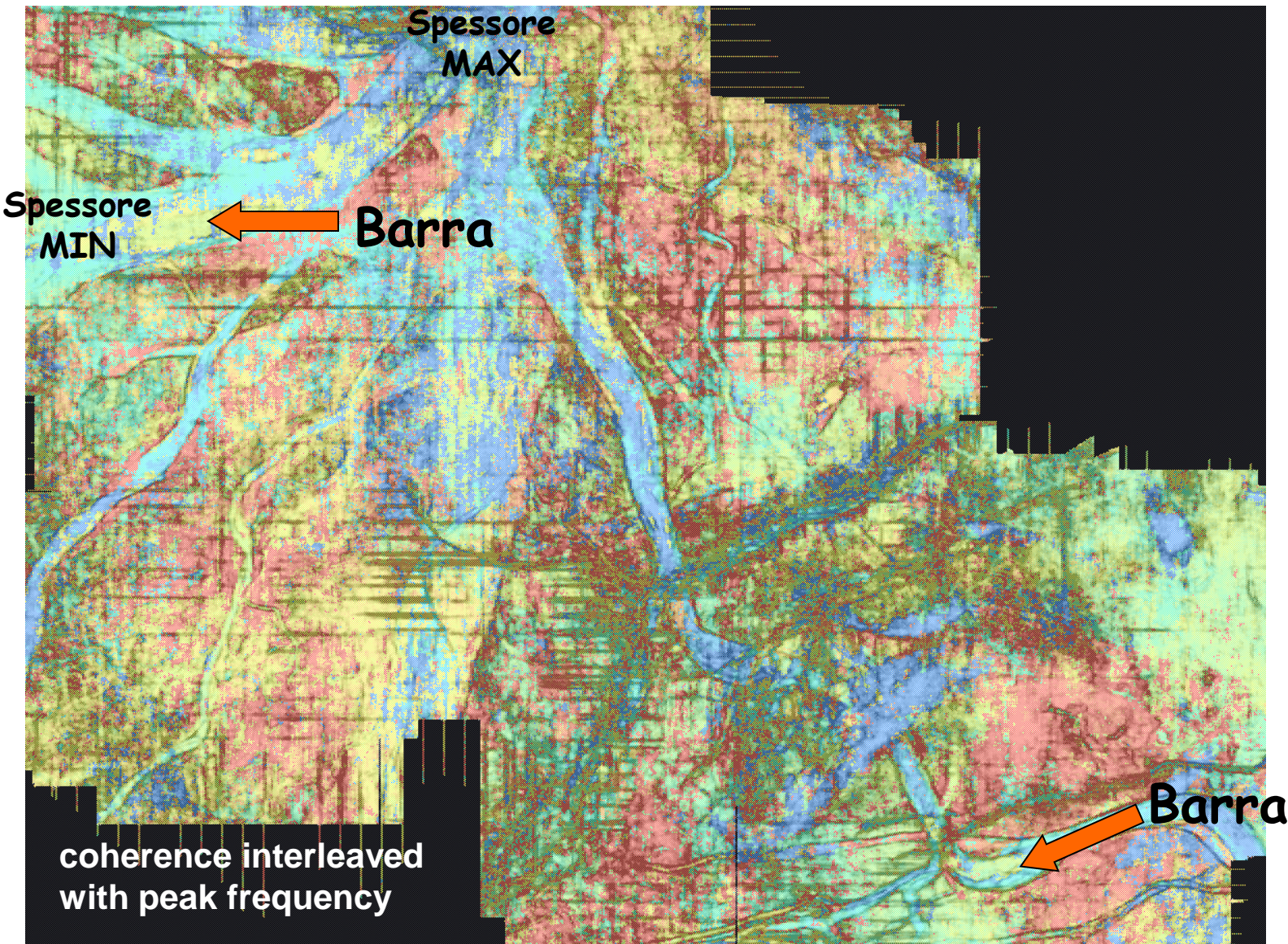
Esempio su dati reali → Golfo del Messico: depositi Pleistocenici analoghi ai depositi deltizi del fiume Mississippi attuale



SPECTRAL DECOMPOSITION: esempio visualizzazione multifrequenza



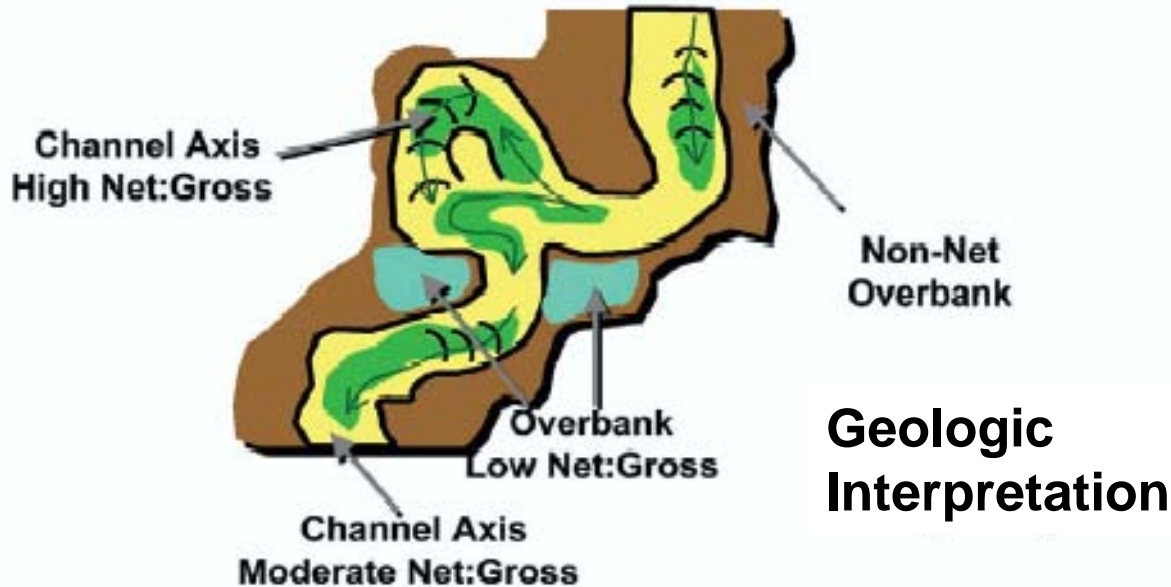
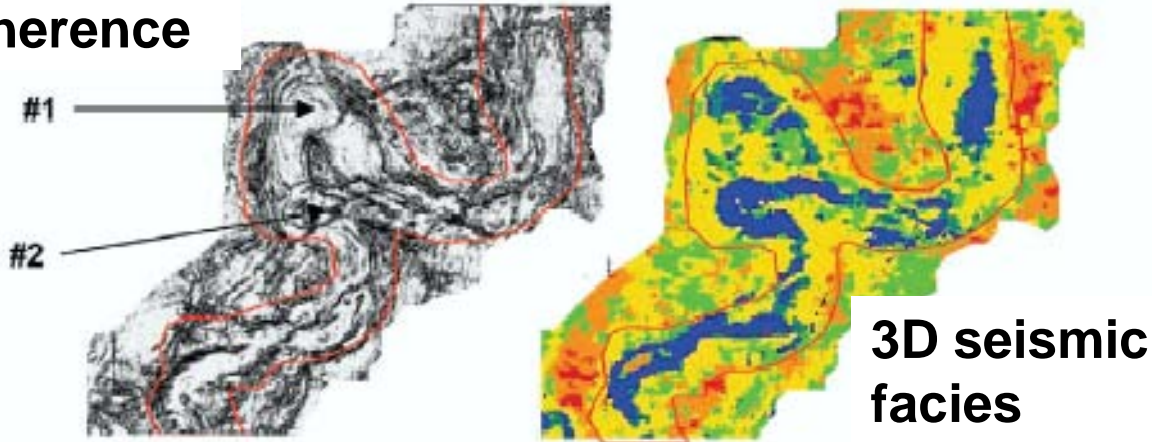
Esempio visualizzazione multifrequenza + multiattributi



Scala RGB
 Rosso: 42Hz
 → minori spessori
 Verde: 34Hz
 Blu: 16Hz → maggiori spessori

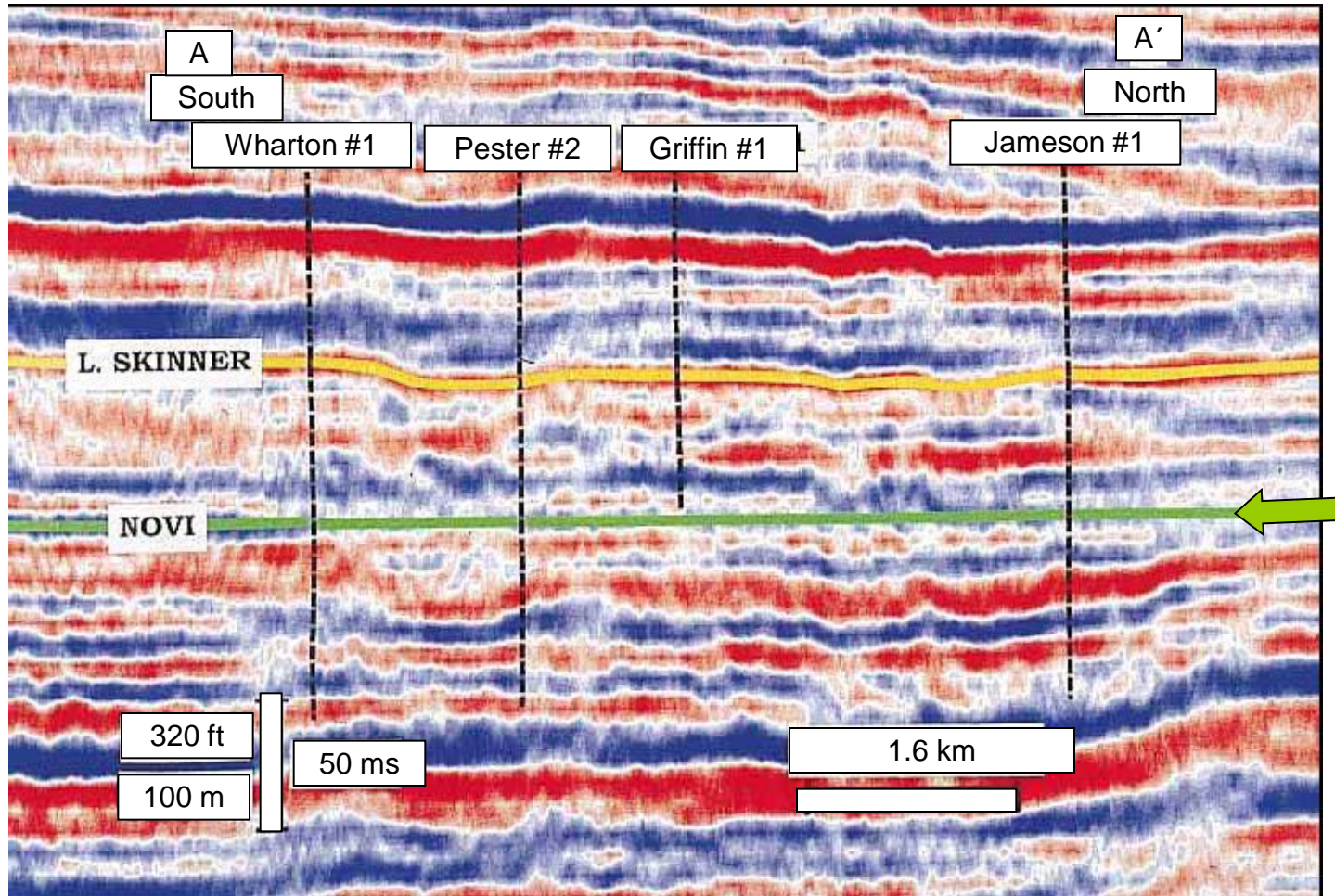
SPECTRAL DECOMPOSITION: es. integrazione con altri metodi → interpretazione geologica e stratigrafica

coherence



SPECTRAL DECOMPOSITION: es. analisi TRA orizzonti

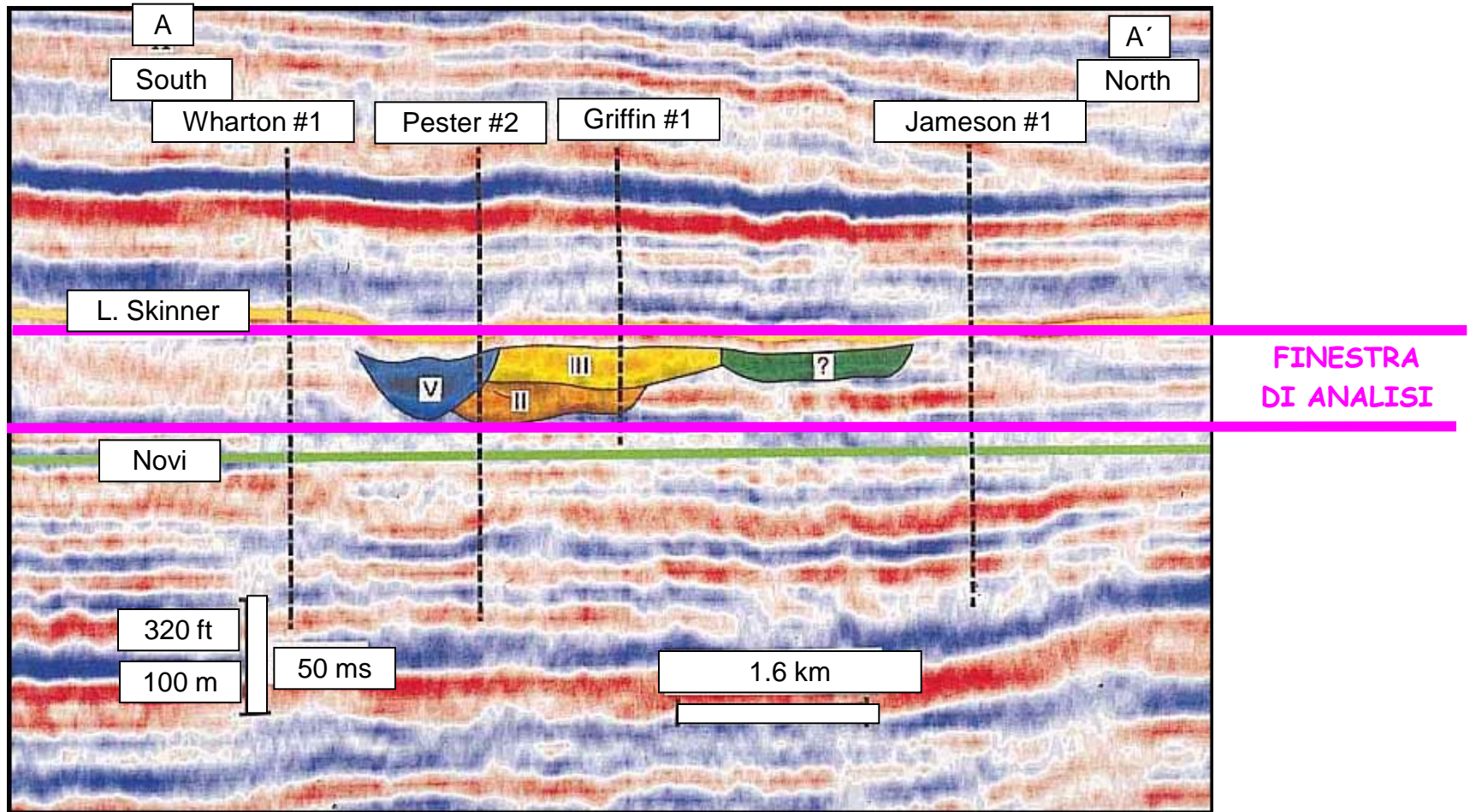
→ Ricostruzione sequenze deposizione/erosione



Flattened
su un
orizzonte
guida

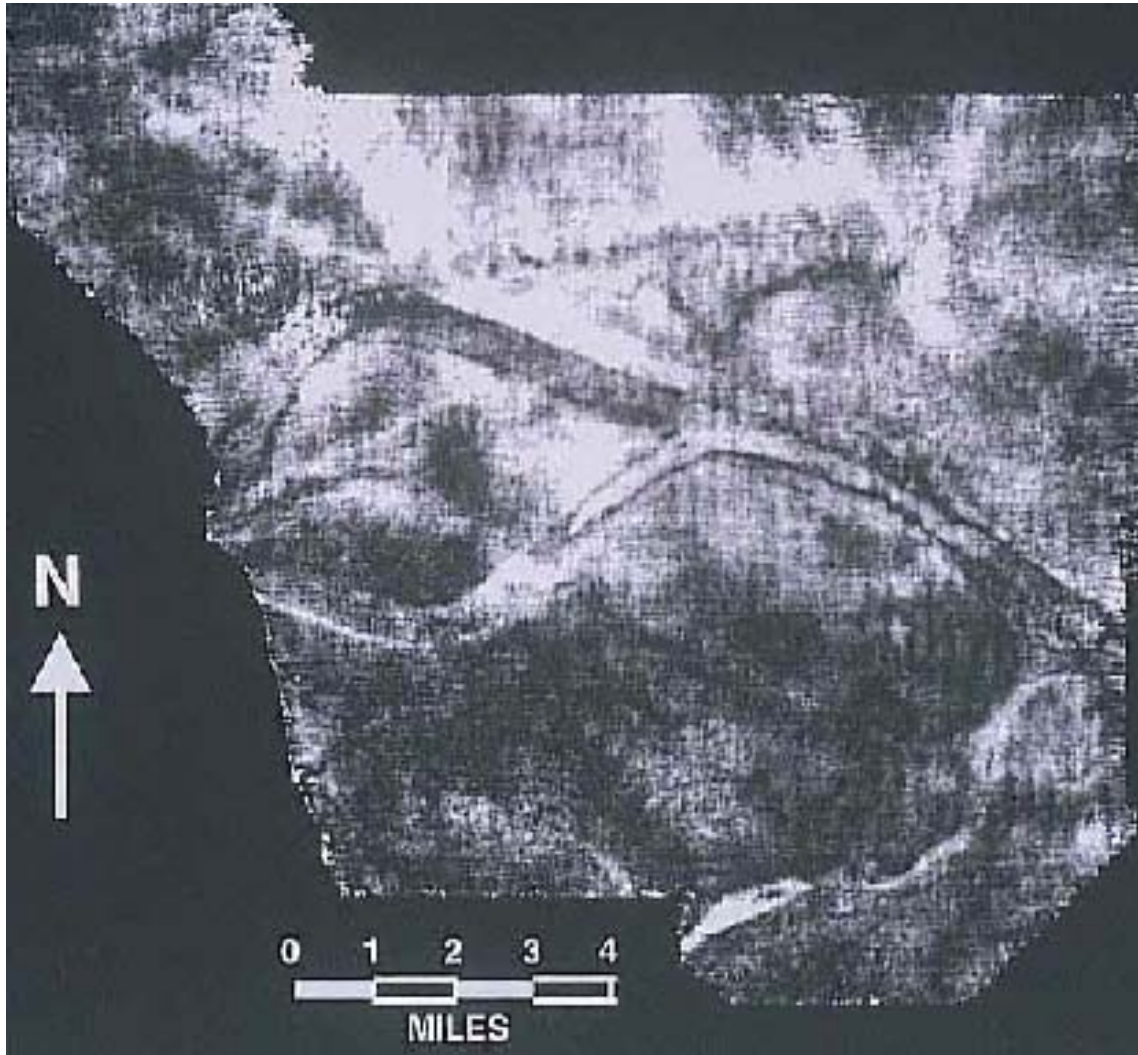
SPECTRAL DECOMPOSITION: es. analisi TRA orizzonti

→ Ricostruzione sequenze deposizione/erosione



SPECTRAL DECOMPOSITION: es. analisi TRA orizzonti

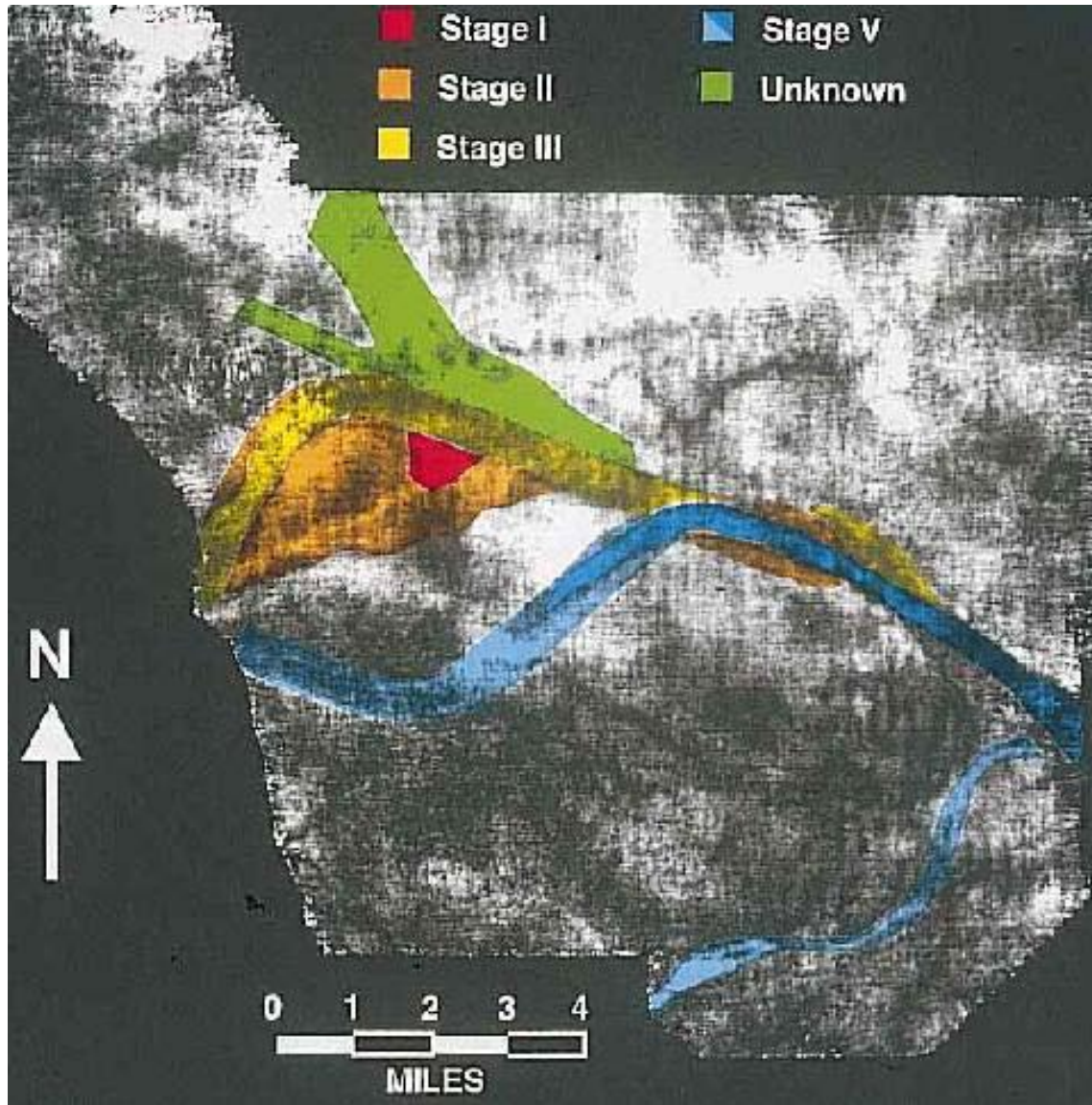
→ Ricostruzione sequenze deposizione/erosione



Ampiezza
spettrale a
36Hz

SPECTRAL DECOMPOSITION: es. analisi TRA orizzonti

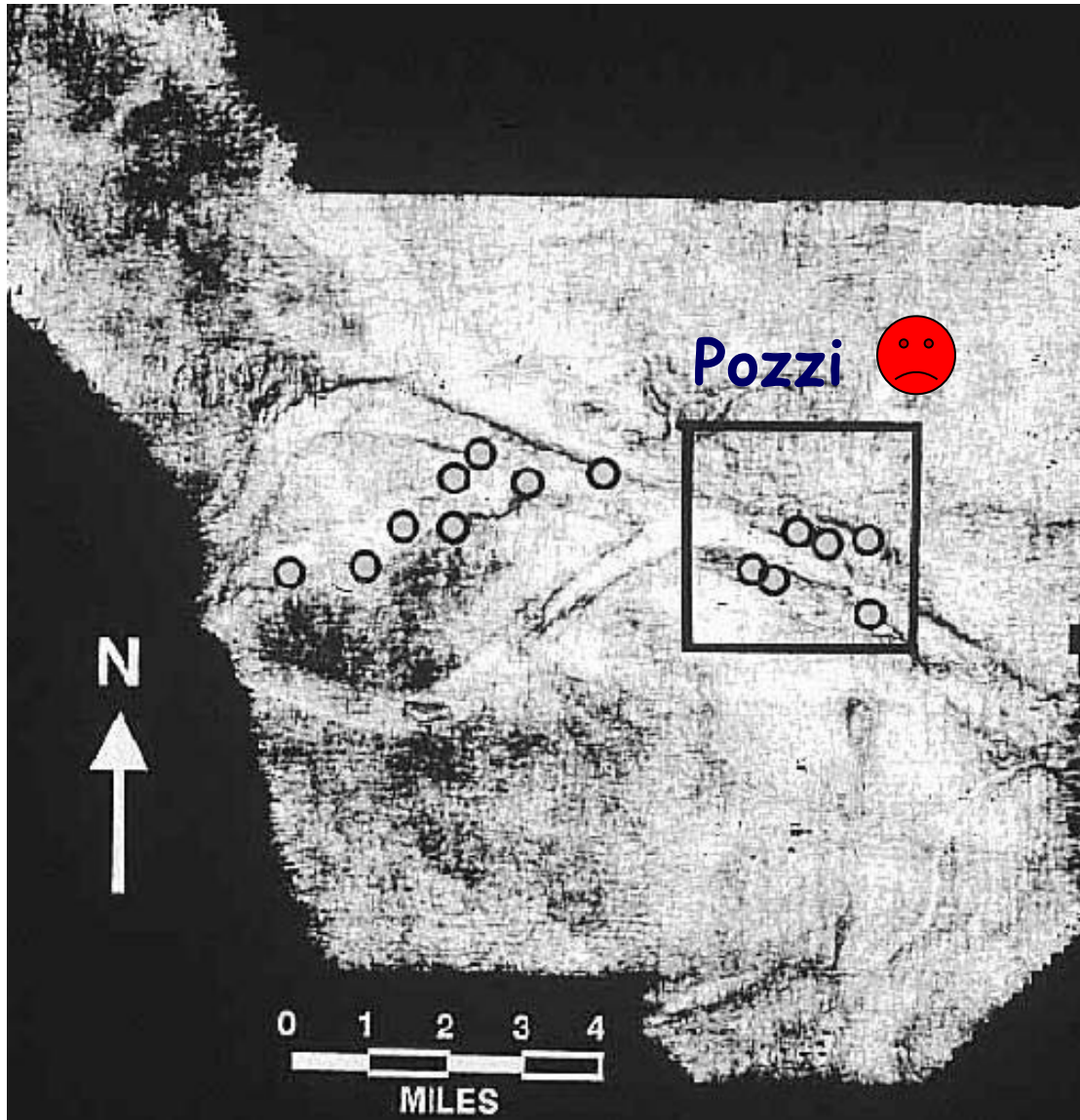
→ Ricostruzione sequenze deposizione/erosione



Ampiezza
spettrale a
36Hz

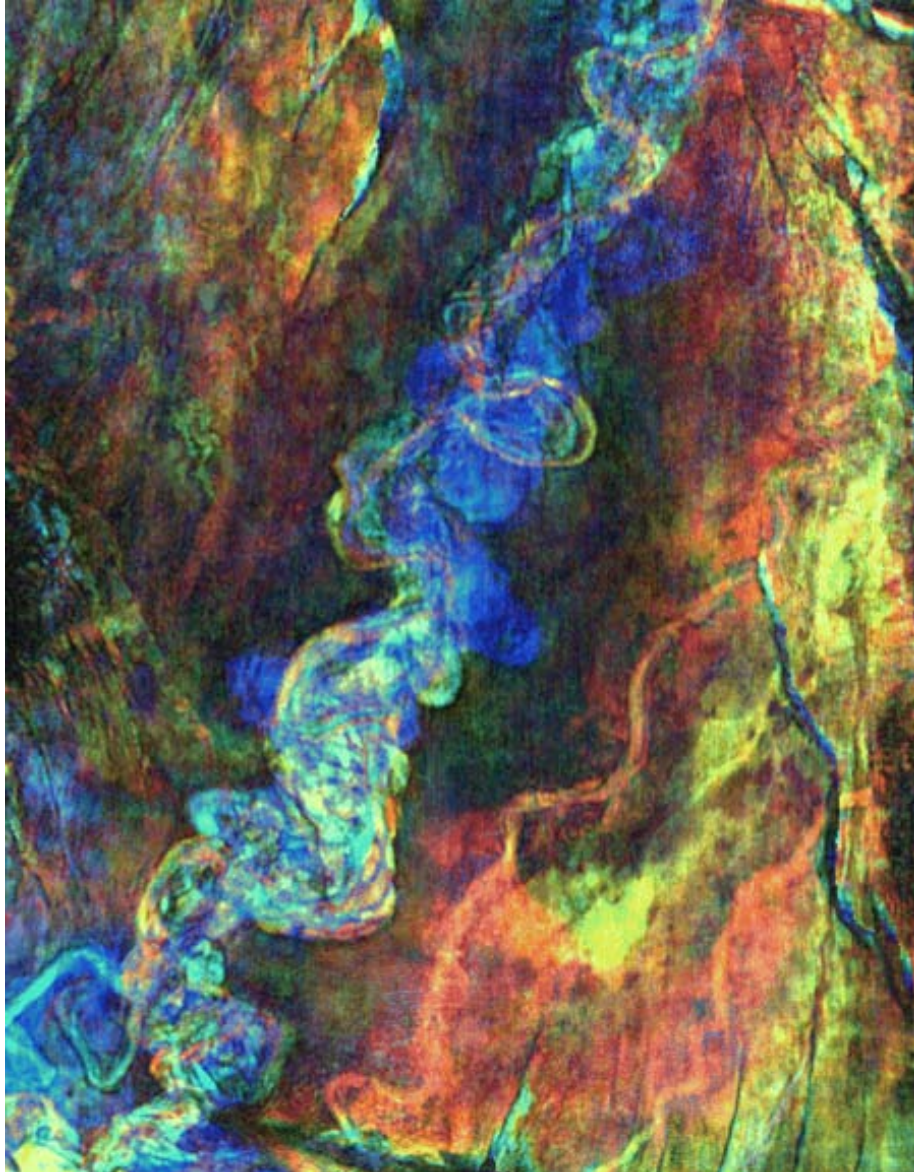
SPECTRAL DECOMPOSITION: es. analisi TRA orizzonti

→ Ricostruzione sequenze deposizione/erosione



Coerenza
calcolata sulla
fase a 36Hz

SPECTRAL DECOMPOSITION: esempio visualizzazione multifrequenza



Ricostruzione dettagliata delle variazioni di ambienti deposizionali/facies nel TEMPO e NELLO SPAZIO

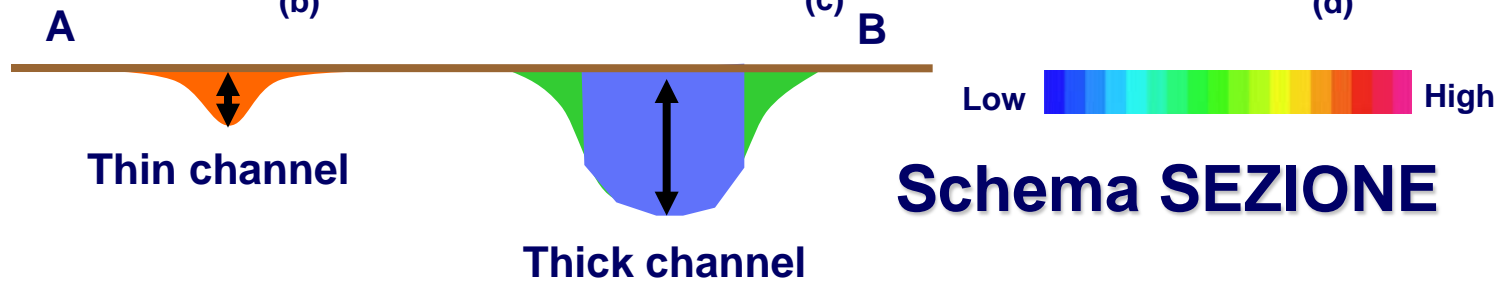
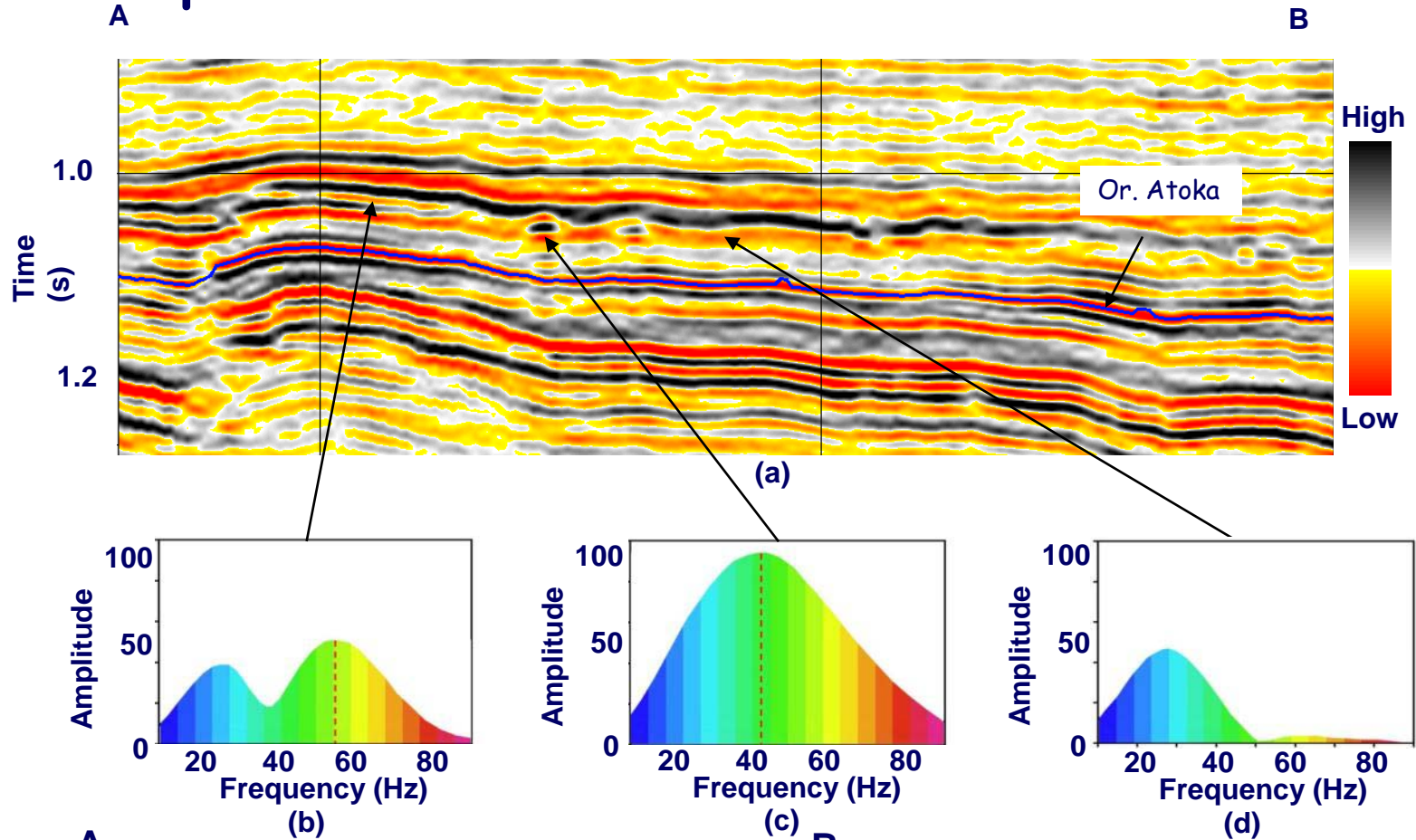
Scala RGB

Rosso: 42Hz

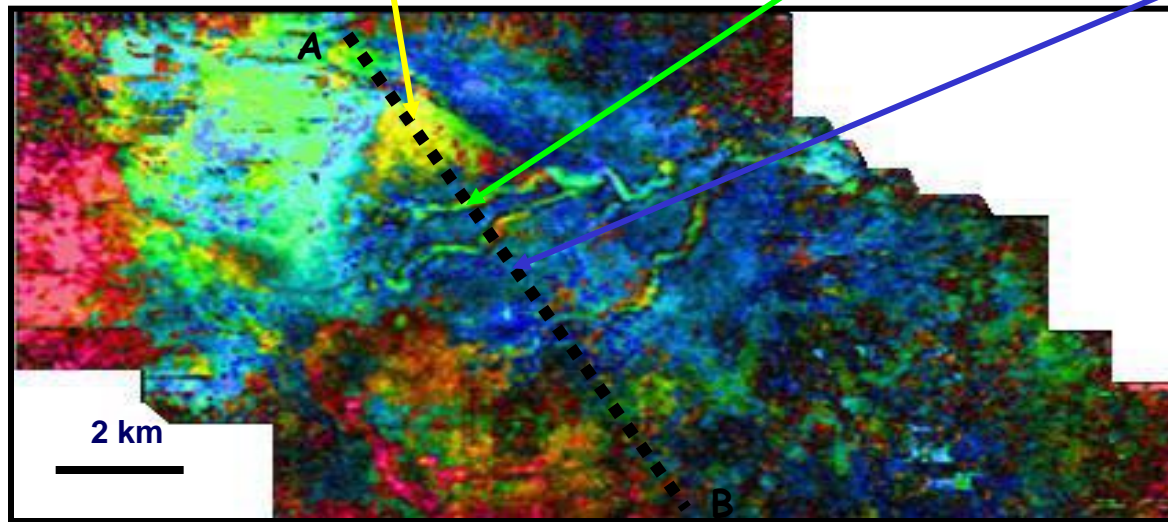
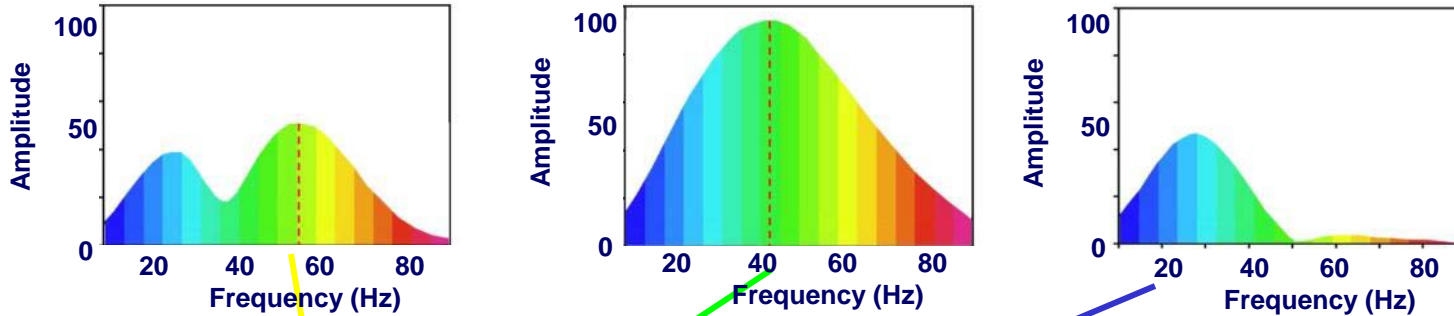
Verde: 34Hz

Blu: 16Hz

SPECTRAL DECOMPOSITION: Analisi su porzioni di sezione verticale



SPECTRAL DECOMPOSITION: Analisi su "slice"

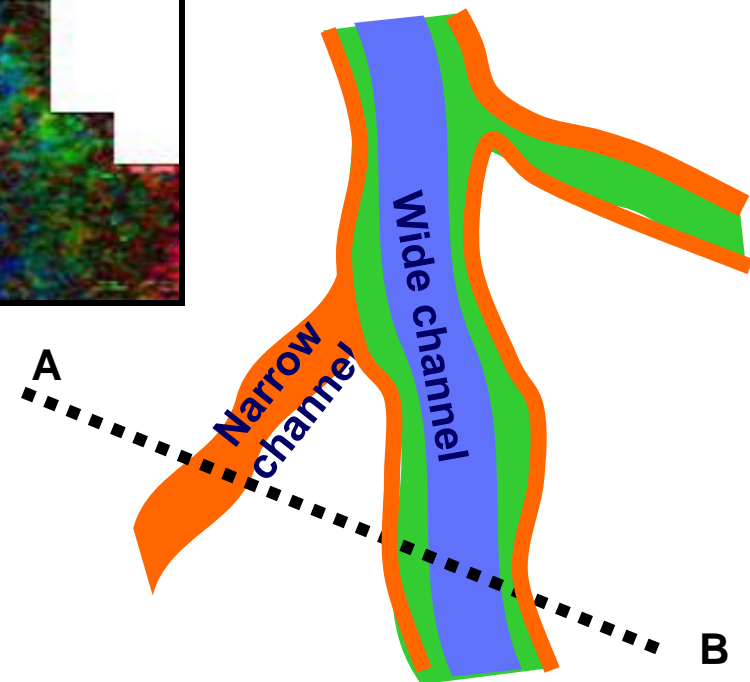


Liu e Marfurt, 2006

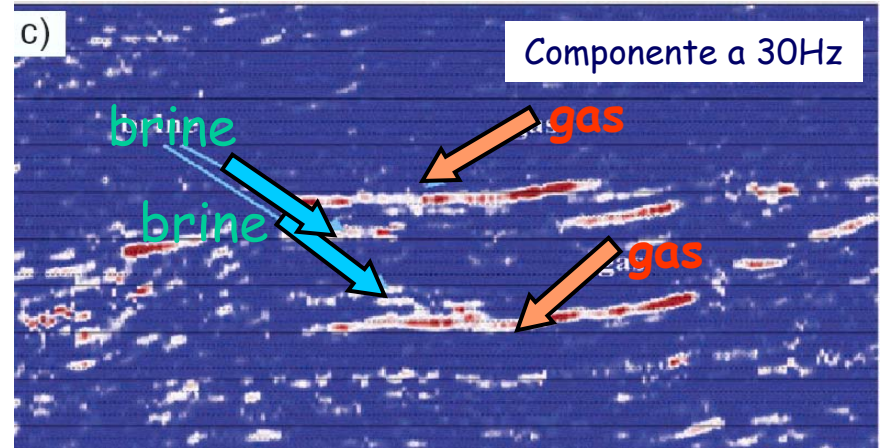
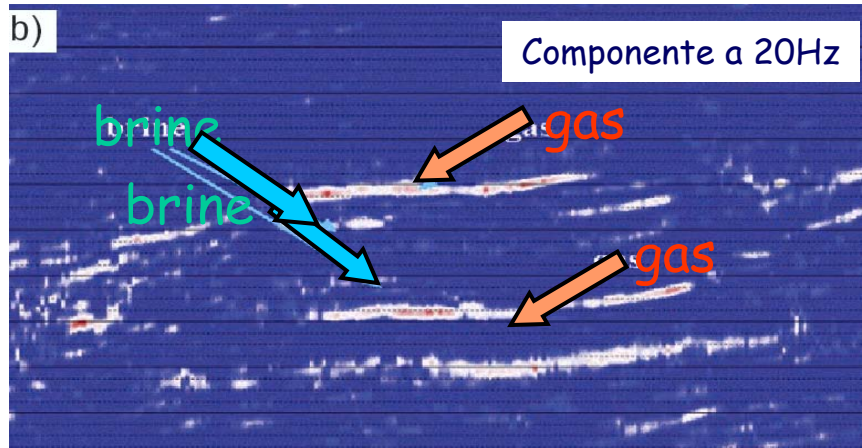
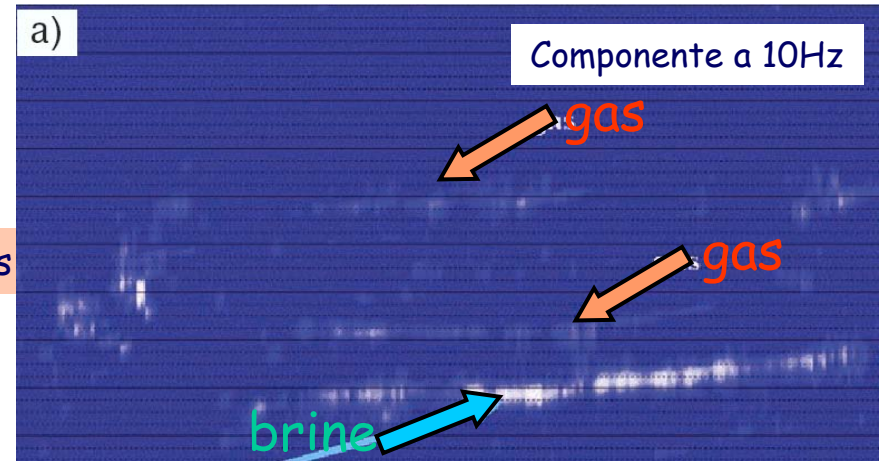
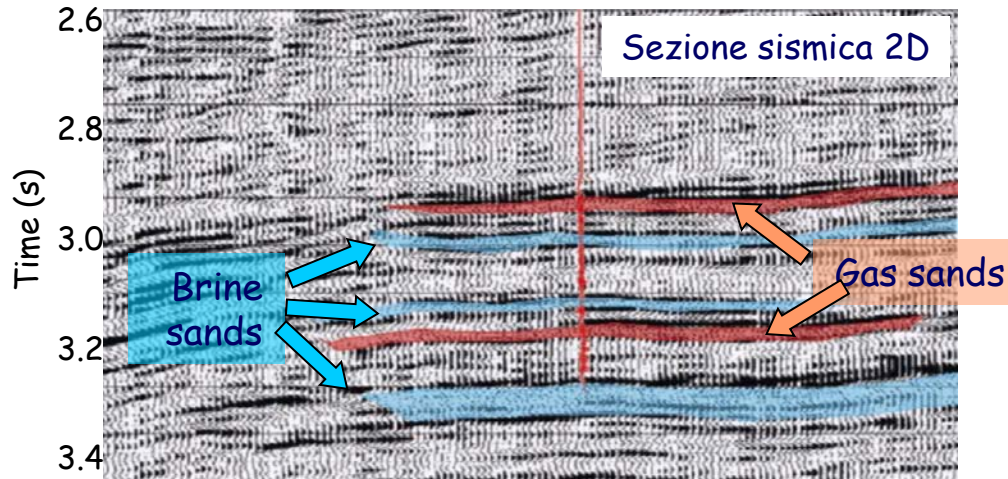
Low  High

Slice su un orizzonte con rappresentata in tricromia RGB la frequenza di picco (max per ogni punto di analisi)

Schema MAPPA



SPECTRAL DECOMPOSITION: esempio per individuazione di idrocarburi - Offshore Australia



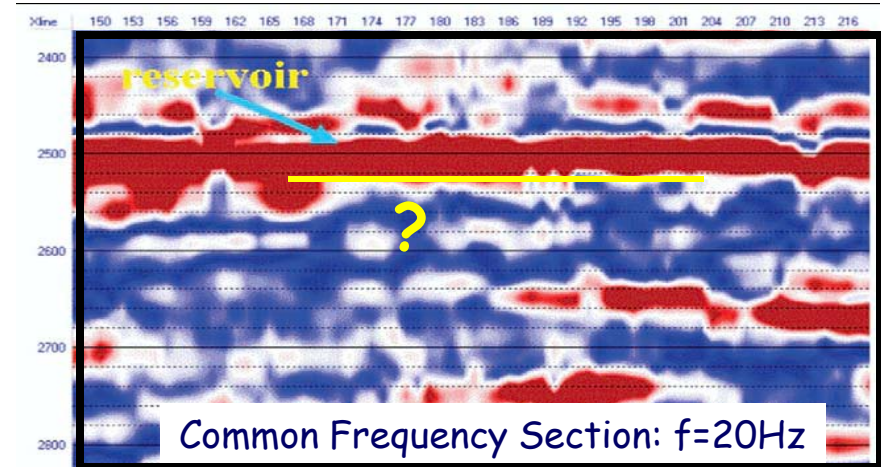
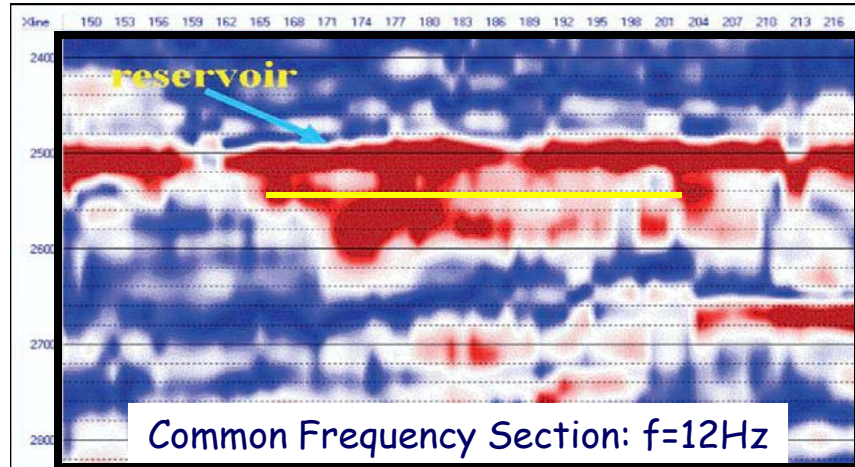
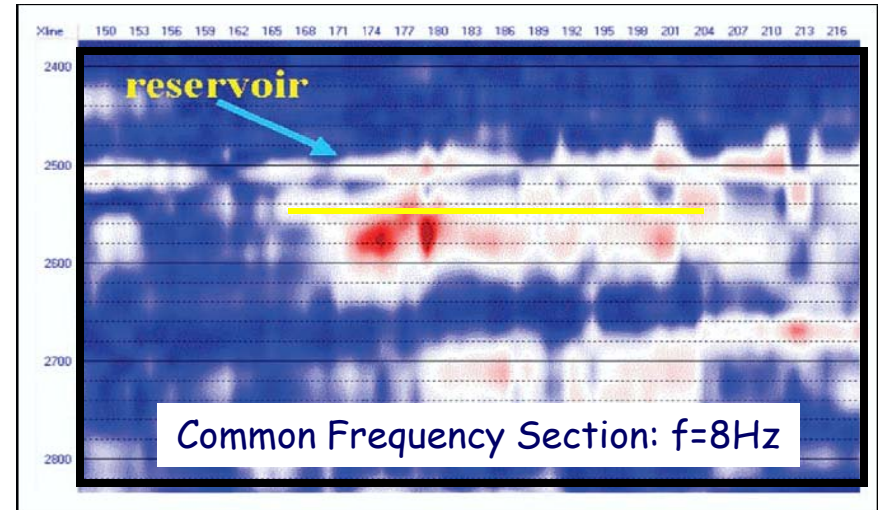
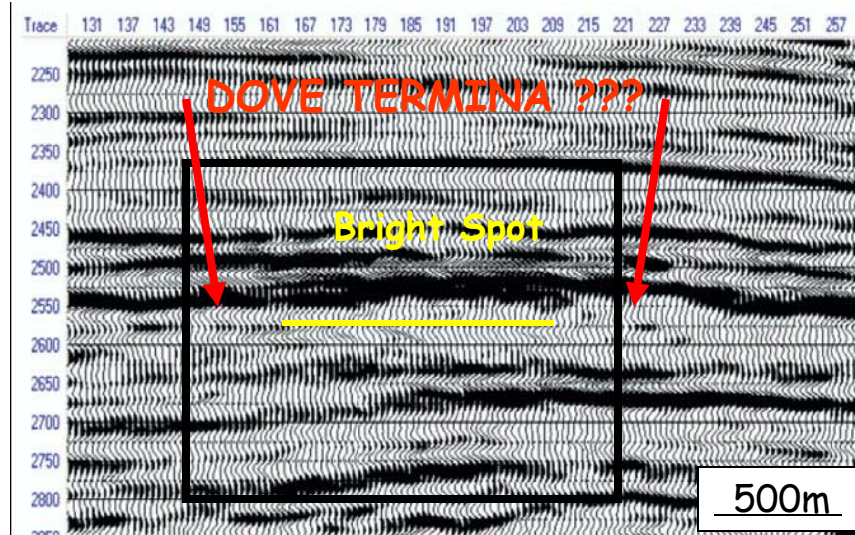
Castagna et al., 2003

SPECTRAL DECOMPOSITION:

esempio per individuazione idrocarburi - Golfo del Messico (sezioni)

Si osserva spesso nei dati sismici, al di sotto di un reservoir (a gas, olio o misto) un'ombra (shadow) con componenti dominanti a BASSA FREQUENZA.

Queste frequenze anomale non sono probabilmente legate solamente a normali fenomeni di attenuazione (estrema attenuazione in reservoir spessi a gas), ma a meccanismi non ancora del tutto chiariti, che agiscono insieme: conversione P/S, formazione di multiple tipo pet-leg, variazione di impedenza → variazione di velocità → effetti su NMO stretching e di far offset → perdita delle alte f, ... (Ebrom, 1996)

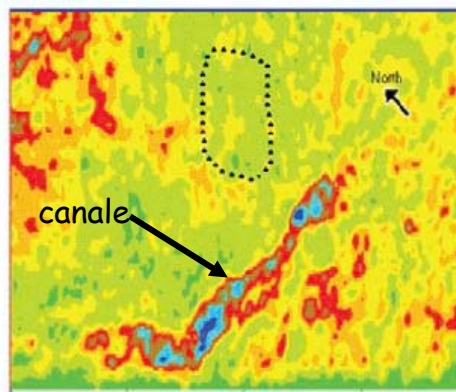
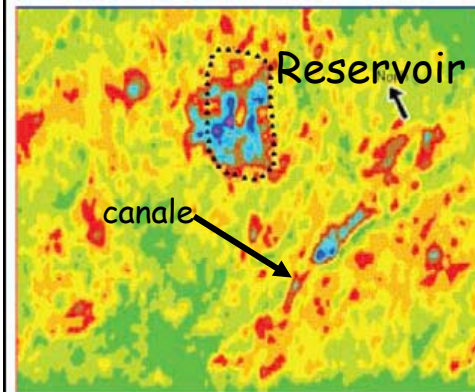
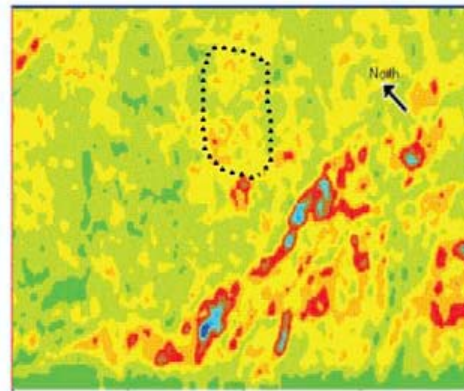
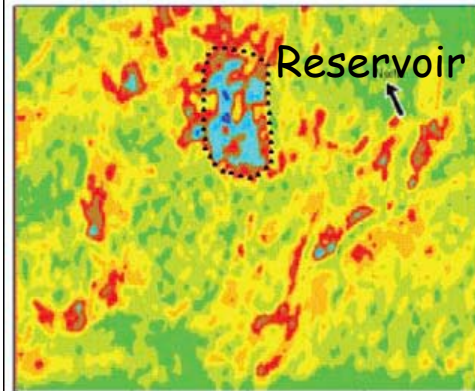
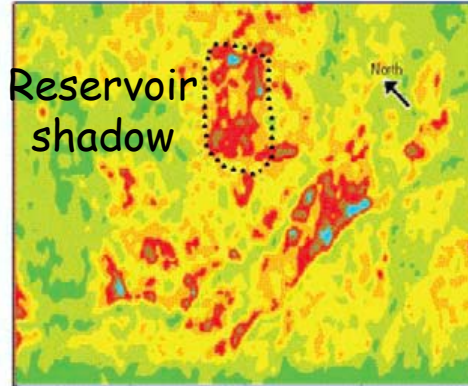
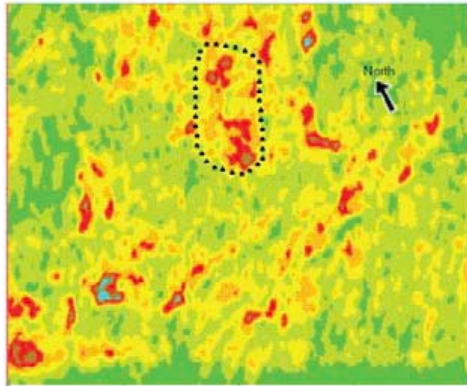


SPECTRAL DECOMPOSITION:

esempio per individuazione idrocarburi - Golfo del Messico (horizon slice)

SULL'Orizzonte

50ms SOTTO l'Orizzonte



6Hz (a) 6-Hz common frequency horizon slice (left) on the top of a reservoir (dotted black line) and for a 50-ms window immediately below the reservoir base (right). At 6 Hz, two strong events are apparent—one associated with the reservoir dimensions (a shadow) and another indeterminate elongate feature toward the lower left.

14Hz (b) 14-Hz common frequency horizon slice on the top of a reservoir (left) and for a 50-ms window immediately below the reservoir base. At 14 Hz, the reservoir is now bright, the low-frequency shadow is gone, and the indeterminate elongate feature toward the lower left remains.

21Hz (c) 21-Hz common frequency horizon slice on the top of a reservoir (left) and for a 50-ms window immediately below the reservoir base. At 21 Hz, the reservoir remains bright, the low-frequency shadow is gone

Castagna et al., 2003

DOMANDE?

