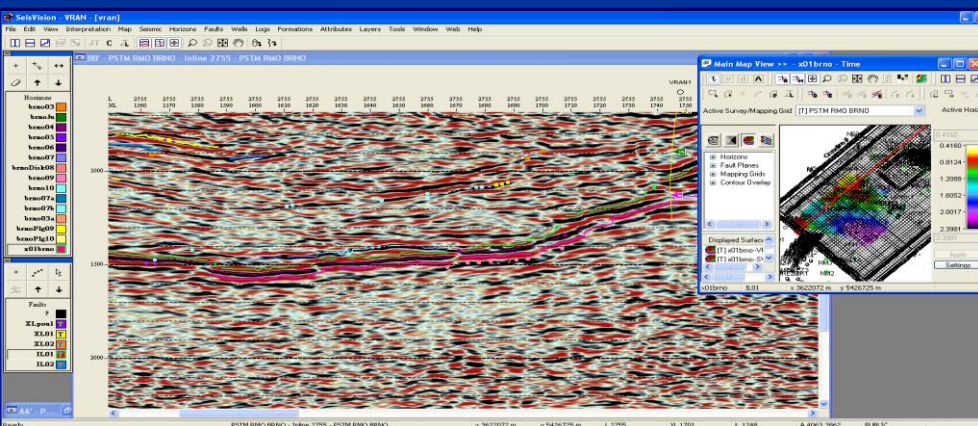
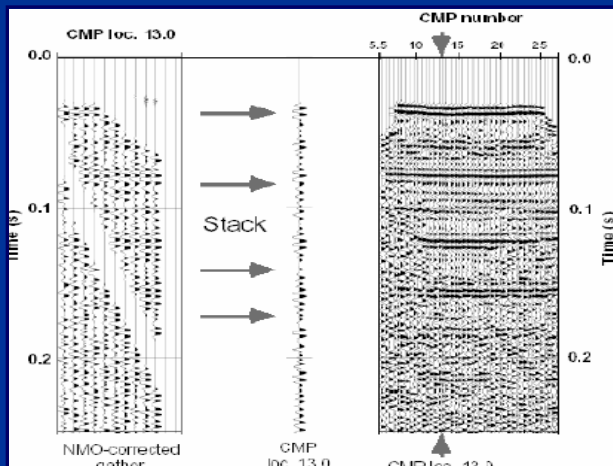




SEIZMICKÉ METÓDY

RNDr. Bibiana BRIXOVÁ



SEIZMIKA

- geofyzikálna metóda
- **skúma stavbu zemskej kôry pomocou umelo vybudovaných elastických vln**



zdroj energie
(dynamit, vibroseiz,...)

šírenie sa elastického vlnenia horninovým prostredím

prijímač
(geofón,...)

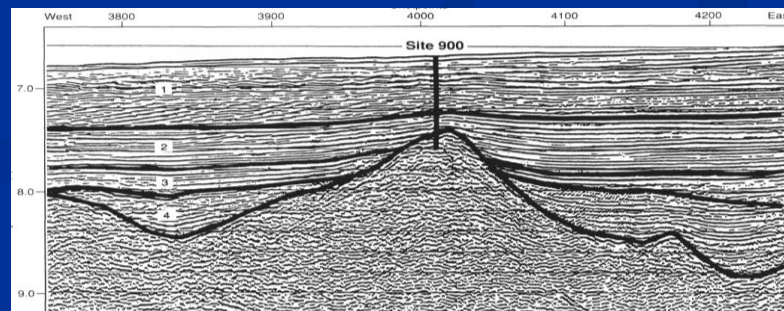
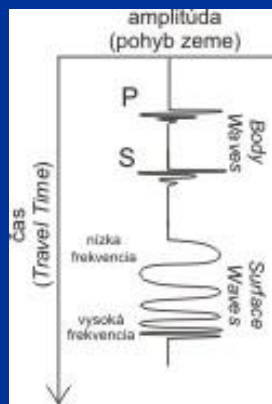
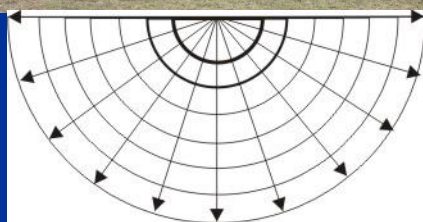
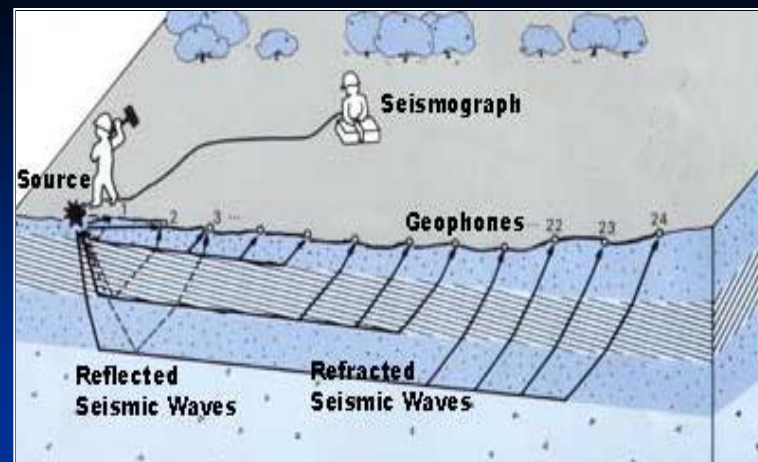


zaznamenávanie časov príchodu seizmickej vlny na povrch
(arrival times)

↑↑
fyzikálne vlastnosti hornín
rozloženie vrstiev

rozloženie vrstiev
hĺbka, tvar a charakter rozhraní

zmeny v amplitúde, frekvencii, fáze



SEIZMICKÁ VLNA

pôsobenie síl na teleso

deformácia

napätie

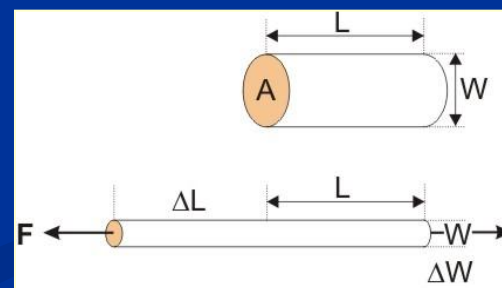
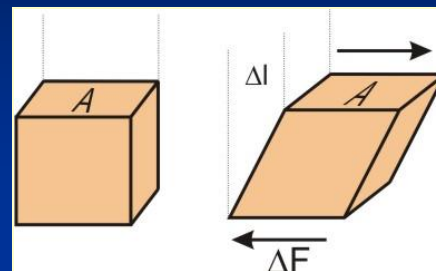
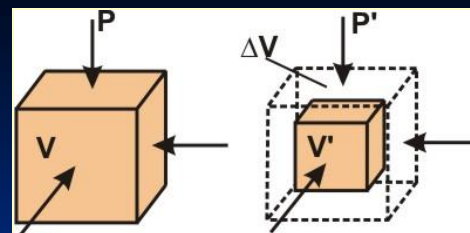
objemová

tvarová (strižná)

Hookov zákon

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

ε - pomerná deformácia materiálu
 σ - mechanické napätie v ťahu
 E - Youngov modul (modul pružnosti)



Elastická vlna – všestranné šírenie deformácií a napätí v prostredí

princíp:

deformácia spôsobí pohyb častíc prostredia a ten sa prenáša z častice na časticu = šírenie elast. vlny



TYPY VLNENIA

POZDĹŽNE

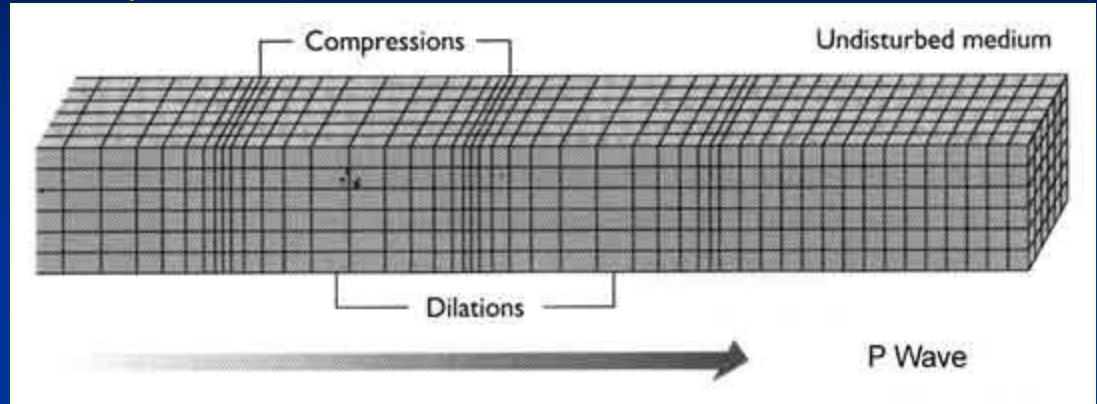
(priama vlna, primárna vlna, P vlna)

- objemová deformácia
- kmitanie častíc v smere šírenia vlny



- rýchlosť šírenia

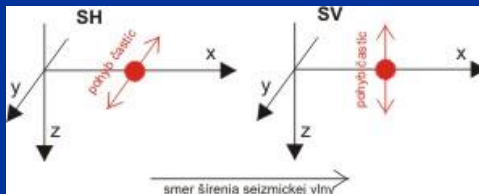
$$v_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}$$



PRIEČNE

(sekundárna vlna, S vlna)

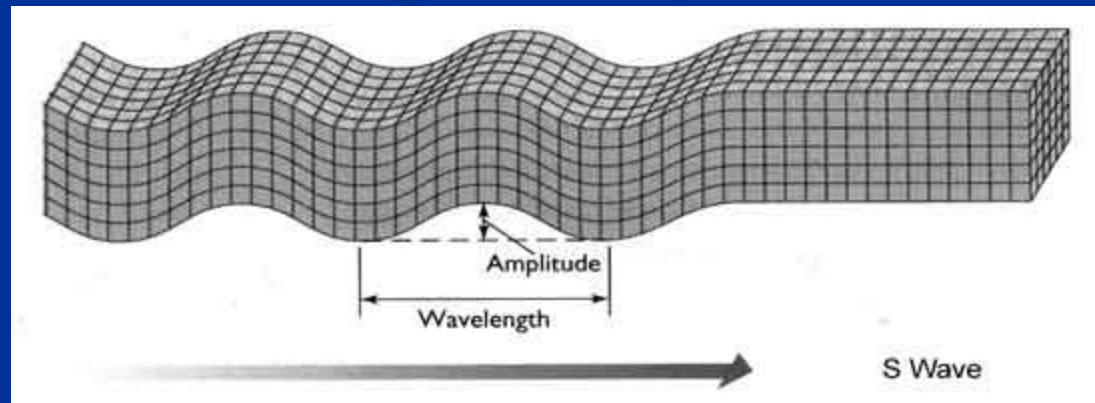
- tvarová deformácia
- kmitanie častíc kolmo na smer šírenia vlny
 - vo vertikálnej rovine (**SV vlny**)
 - v horizontálnej rovine (**SH vlny**)



- rýchlosť šírenia

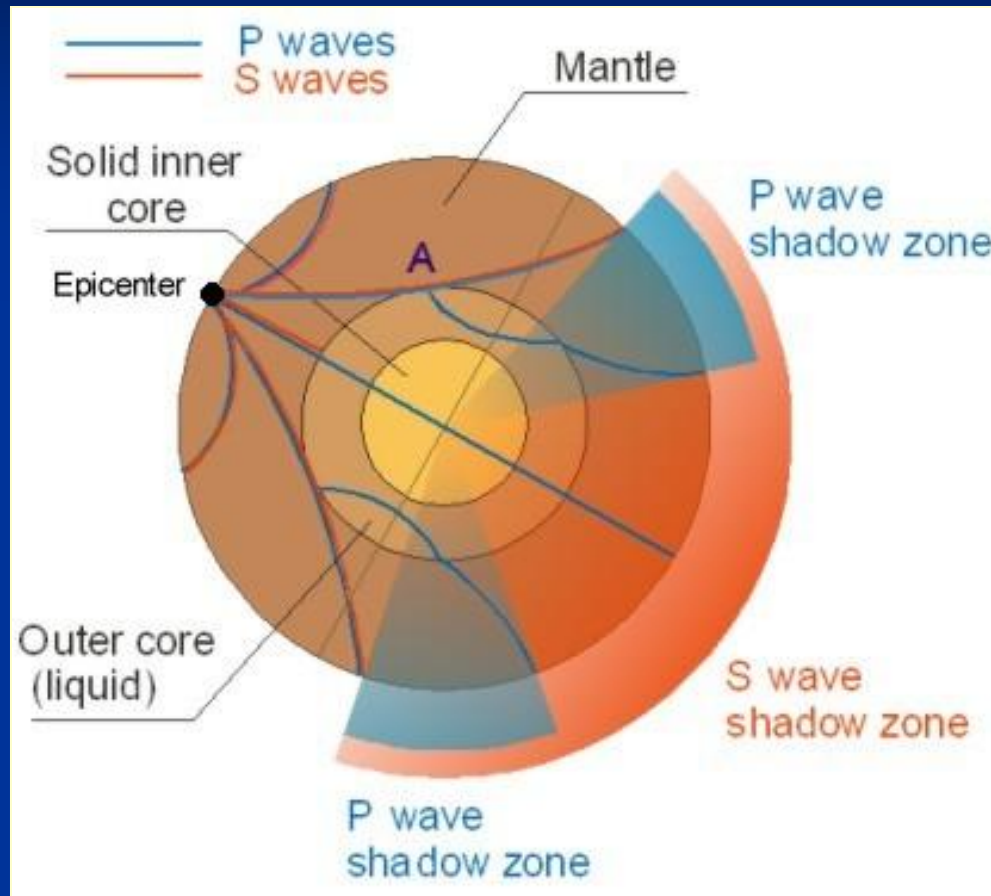
$$v_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

- $V_s < v_p$
- šírenie len v pevnom prostredí



DEMO

TYPY VLNENIA

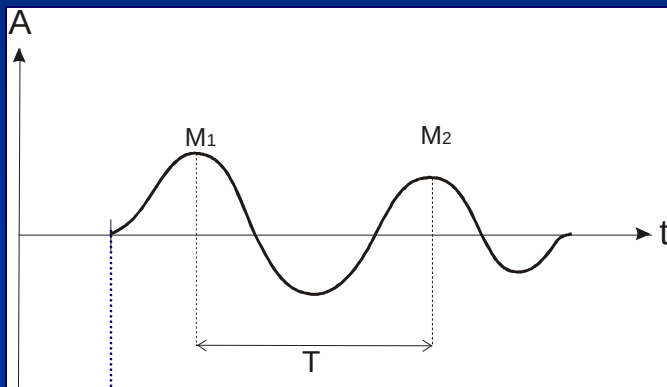


DEMO

ZÁKLADNÉ CHARAKTERISTIKY SEIZMICKEJ VLNY

záznam seizmickej vlny

časový priebeh pohybu častice prostredia



nasadenie vlny

fázy vlnenia

amplitúda vlnenia (A)

perióda vlnenia (T)

frekvencia vlnenia (f)

kruhová frekvencia (ω)

vlnová dĺžka (λ)

- prvý zaznamenaný pohyb častice, spôsobený príchodom vlny
- extrémne pohyby vlny, registrované v rôznych časových okamžikoch maximá (M_1, M_2), minimá
- výchylka častice od rovnovážnej polohy
- časový úsek medzi dvoma extrémami rovnakej fázy (rovnakého znamienka)

$$f = 1/T \text{ [Hz]}$$

$$\omega = 2\pi f$$

- vzdialenosť na profile medzi dvoma maximami (minimami)

$$\lambda = V \cdot T = V/f = 2\pi V/\omega = 2\pi/k$$

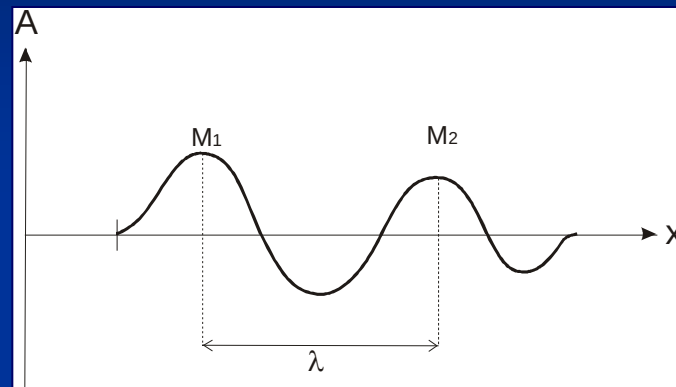
$$k = 2\pi/\lambda \quad \text{vlnové číslo}$$

V

rýchlosť šírenia seizmickej vlny

profil seizmickej vlny

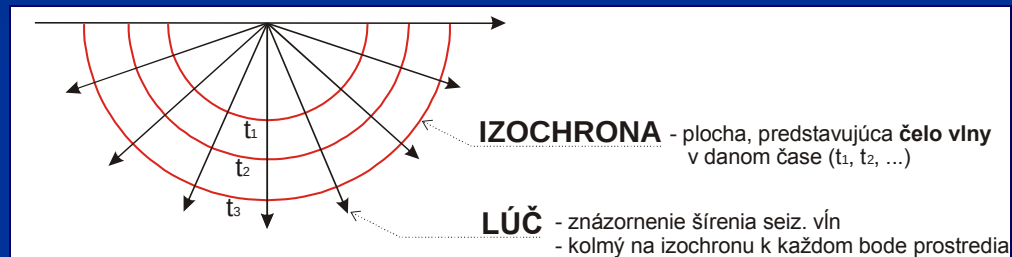
zobrazenie pohybu častíc pozdĺž smeru šírenia vlny



ŠÍRENIE SEIZMICKÝCH VLN

(homogénne prostredie)

- všetkými smermi, určitou rýchlosťou

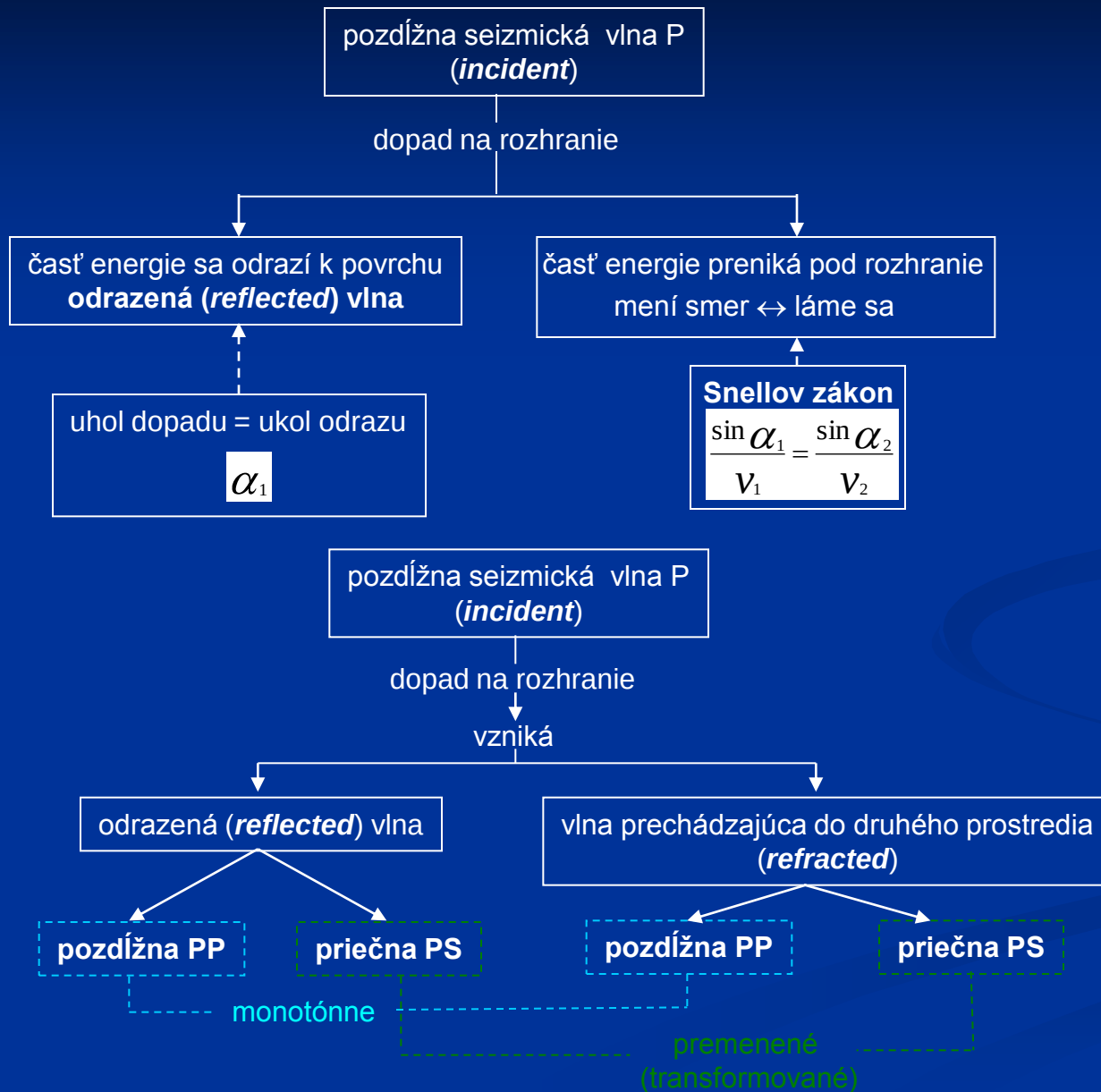


časové pole – prostredie pokryté izochronami šíriacej sa vlny

homogénne prostredie

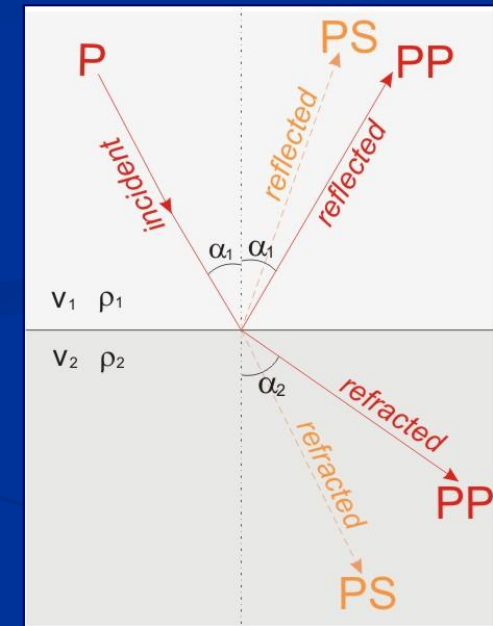
- lúč - priamka
- čelo vlny – guľová plocha

Odraz a lom vln na rozhraní



rýchlostné rozhranie

$\rho_1 v_1, \rho_2 v_2$
akustický (vlnový) odpor
akustická impedancia



α_1 – uhol dopadu

α_2 – uhol lomu

v_1 – rýchlosť šírenia vlny

ρ_1 – hustota prostredia

ČELNÁ VLNA

critically refracted

Snellov zákon

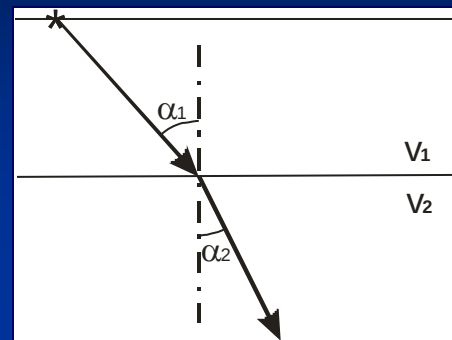
$$\frac{\sin \alpha_1}{V_1} = \frac{\sin \alpha_2}{V_2}$$

$$\alpha_2 = 90^\circ$$

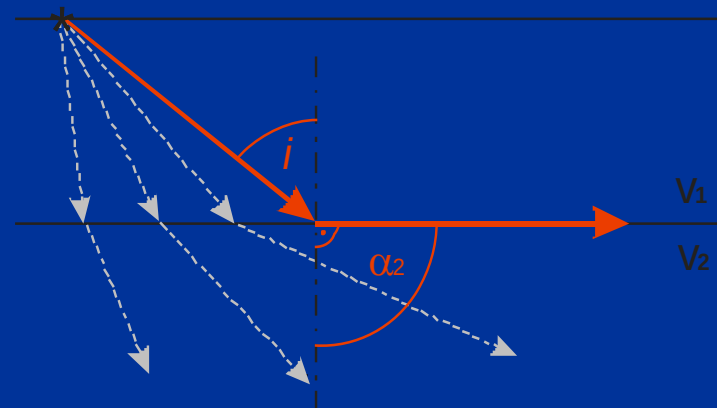
$$\sin \alpha_2 = 1$$

$$\sin i = \frac{V_1}{V_2}$$

i – kritický uhol dopadu



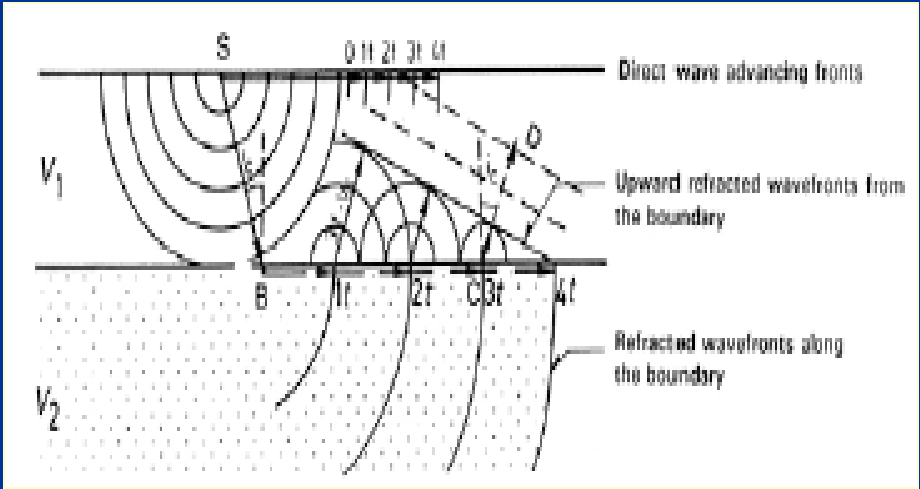
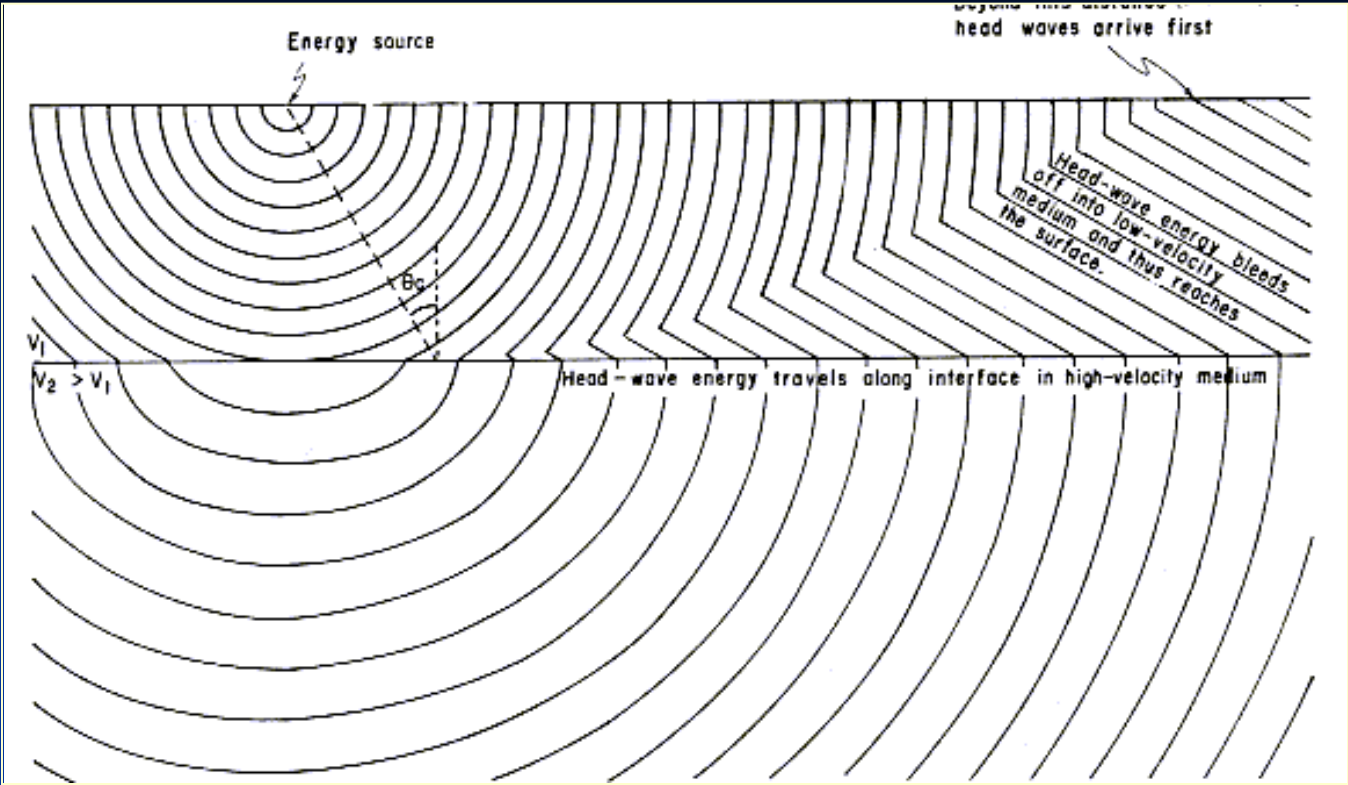
$$V_2 < V_1$$



$$V_2 > V_1$$

nutná podmienka vzniku čelnej vlny

šírenie seizmických vln



VLNY V SEIZMICKOM PRIESKUME

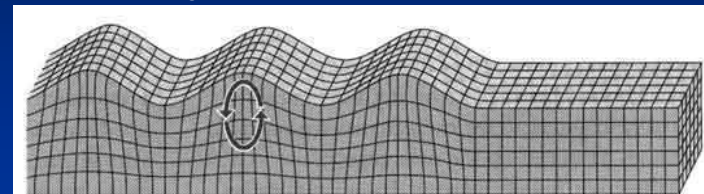
zdroj

povrchové vlny

širšie po povrchu

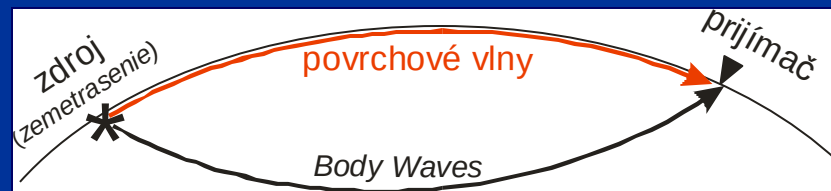
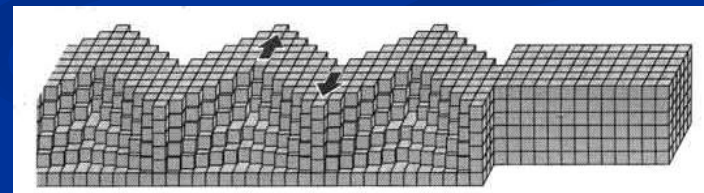
Rayleighove vlny

- šírenie objemovej a strižnej deformácie
- kmitanie častíc po elipsách vo vertikálnej rovine
- disperzné $\leftrightarrow$ zmena rýchlosti s frekvenciou
- $v_r = 0,9 v_s$



Loveove vlny

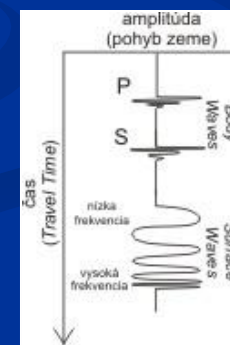
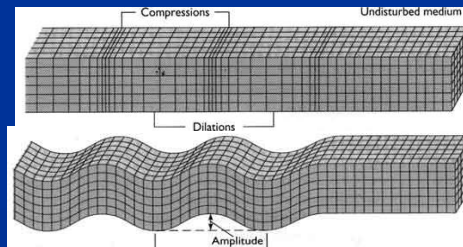
- podmienka vzniku: na voľnom polpriestore existuje vrstva s konečnou hrúbkou kde v_s vo vrstve $< v_s$ v polpriestore
- kmitanie častíc v horizontálnej rovine kolmo na smer šírenia
- v_s v polpriestore $> v_L > v_s$ vo vrstve



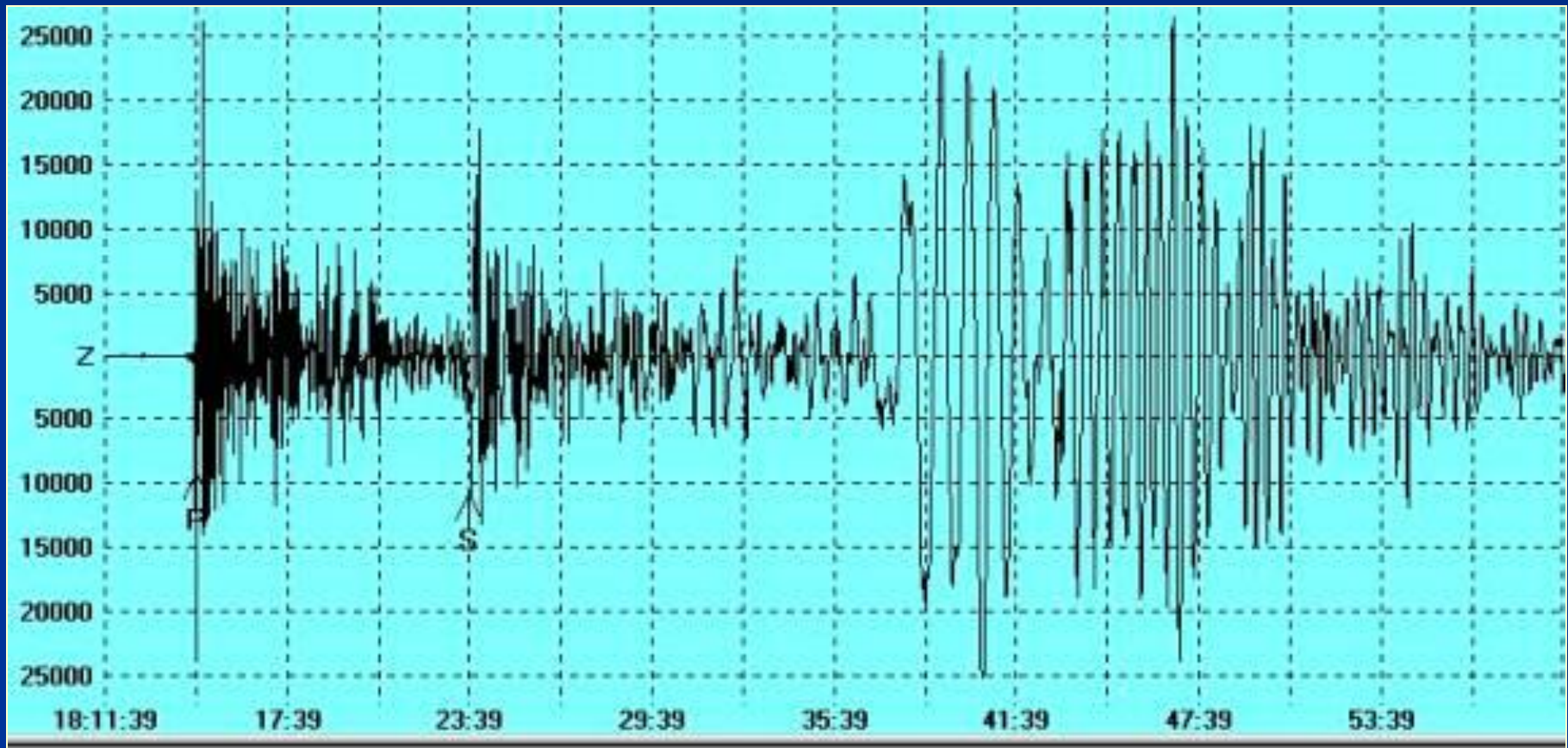
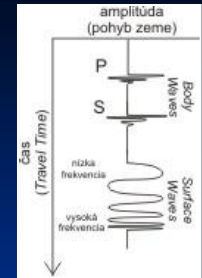
Body Waves

P vlny

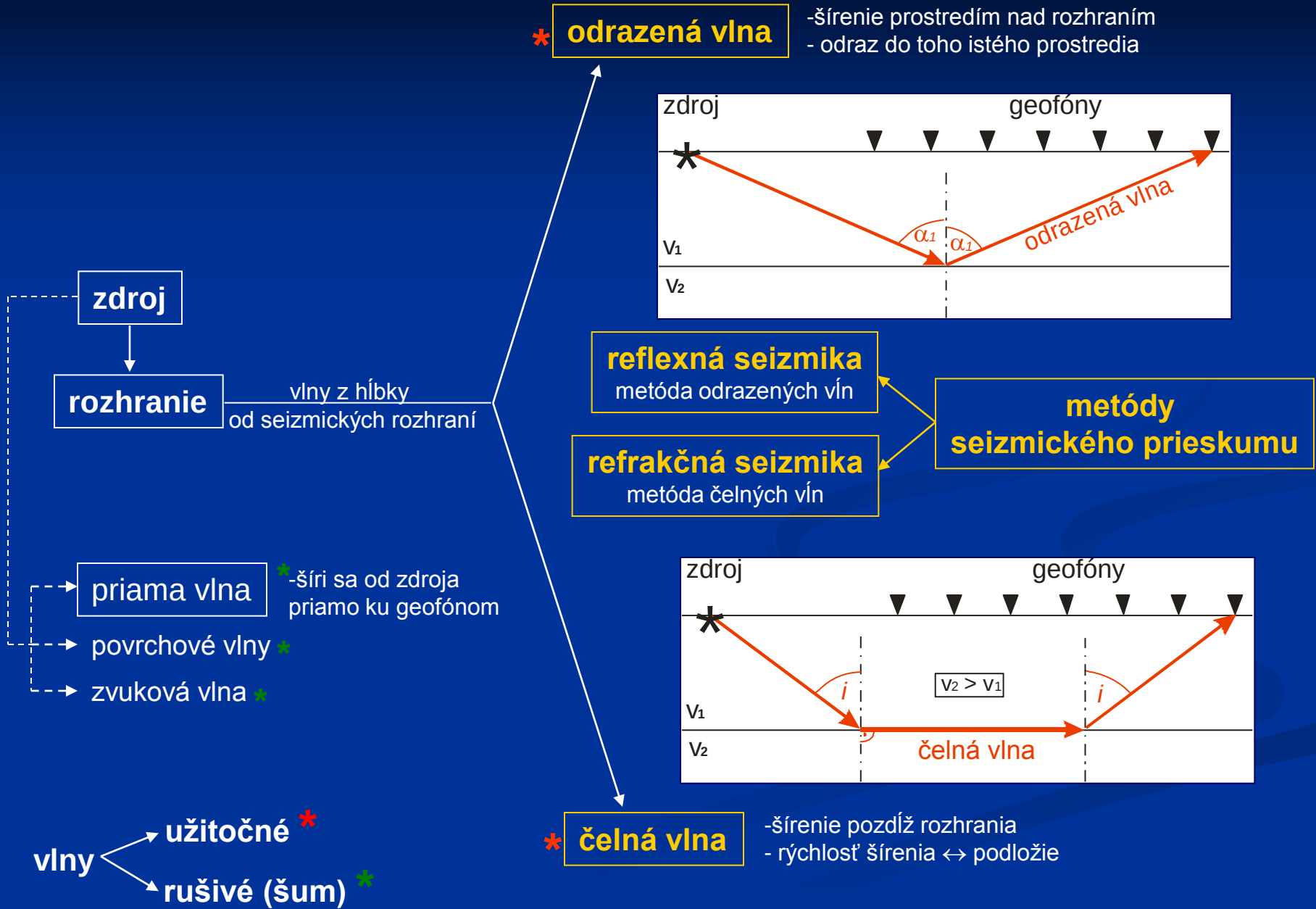
S vlny



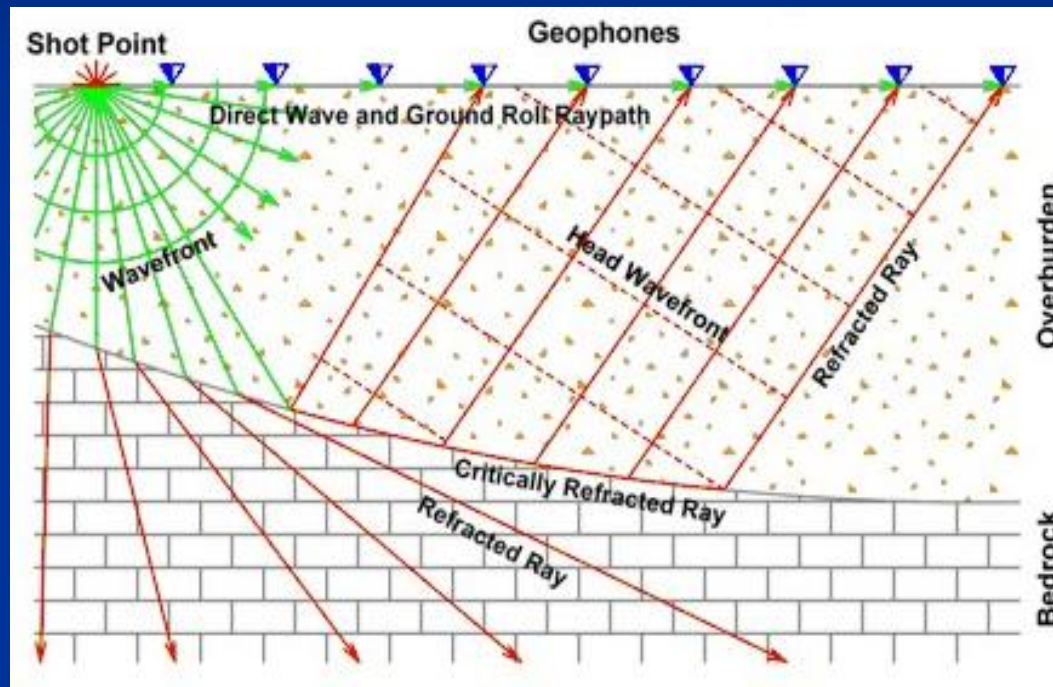
VLNY V SEIZMICKOM PRIESKUME

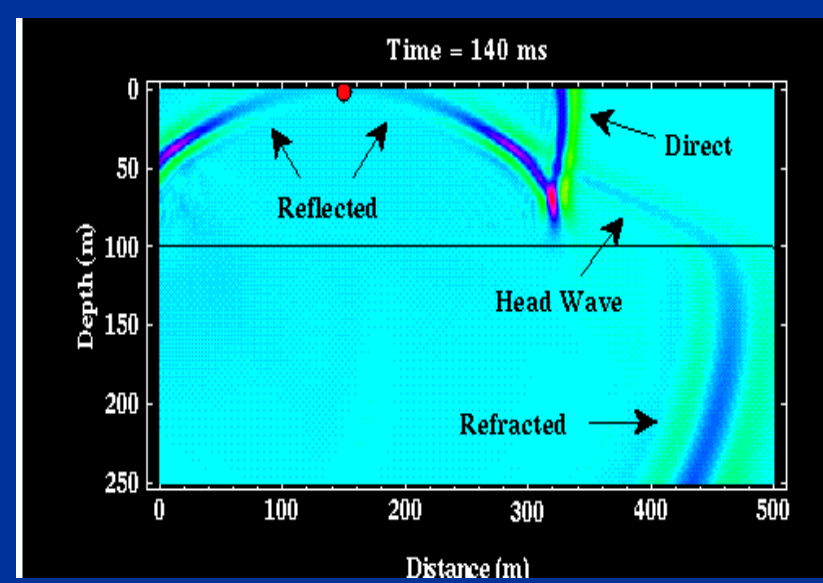
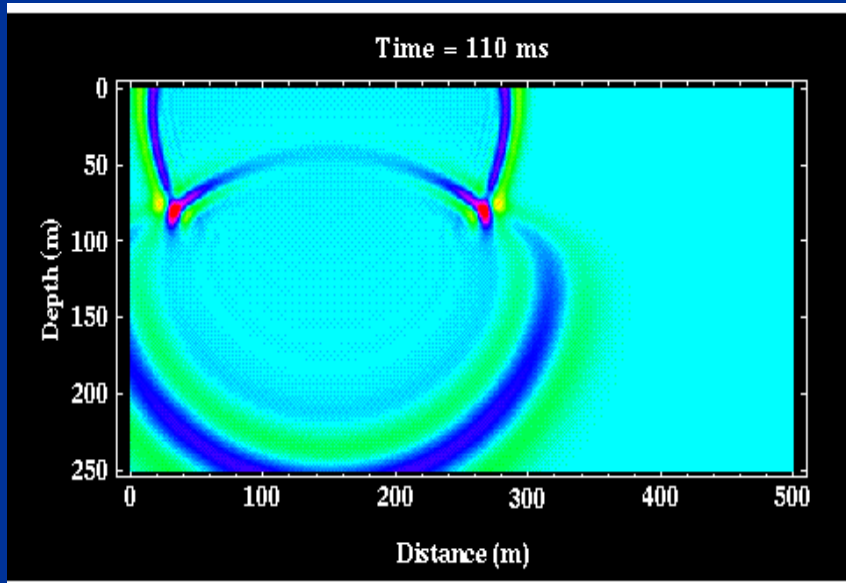
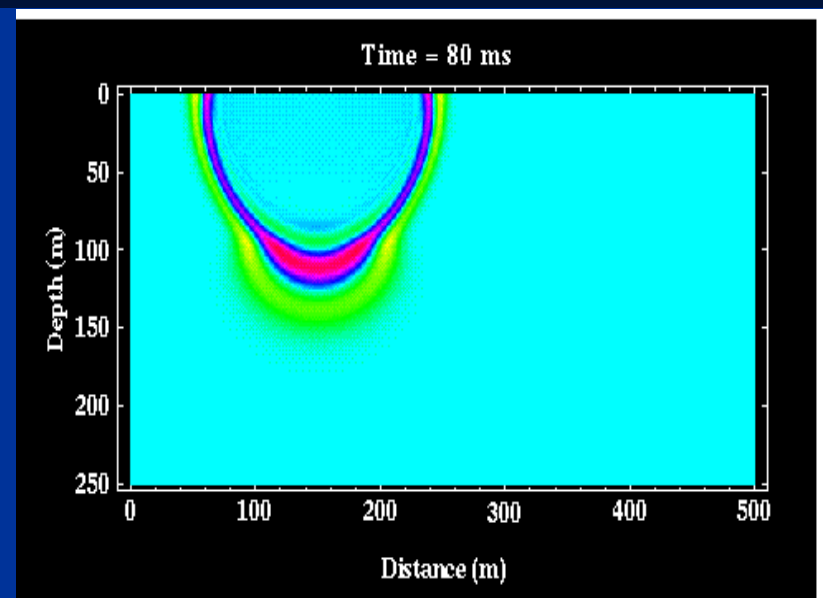
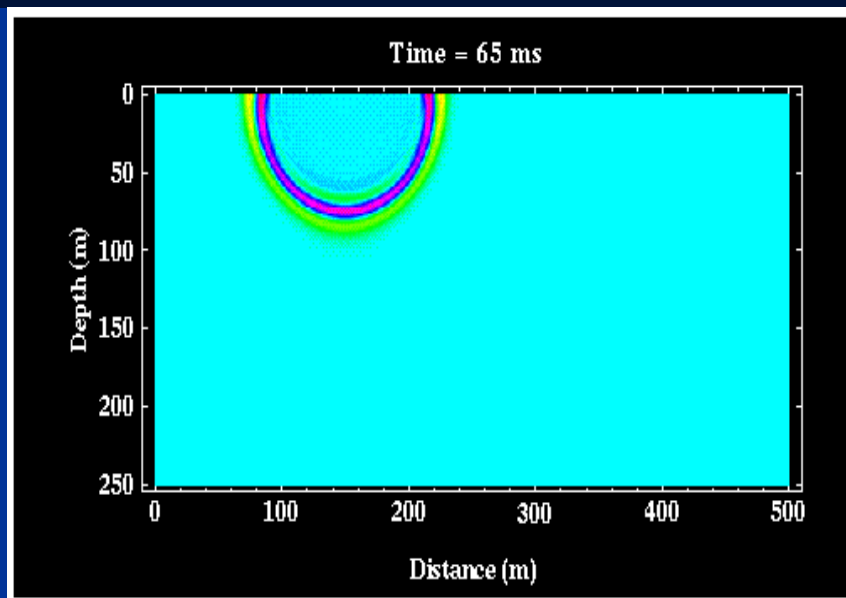


vlny v seizmickom prieskume



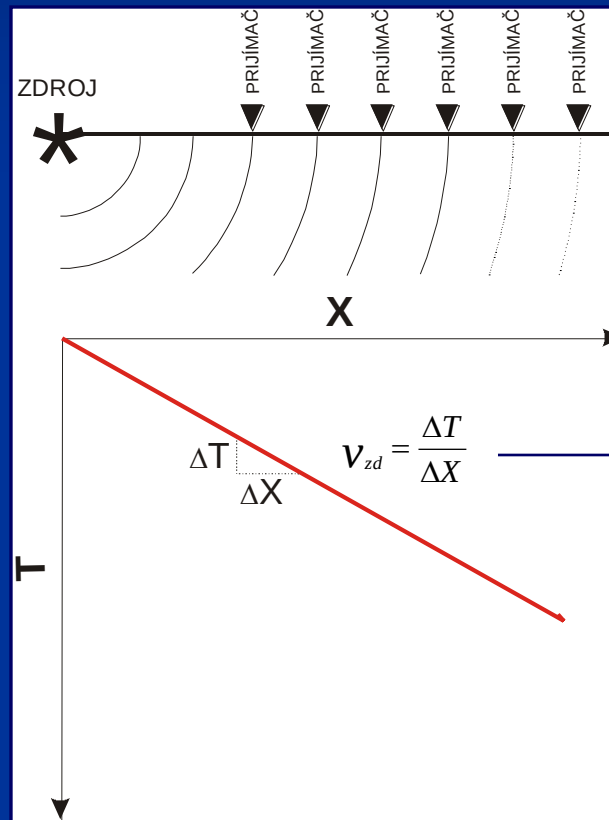
VLNY V SEIZMICKOM PRIESKUME





HODOCHRONA

Graf závislosti času príchodu seizmickej vlny do bodu registrácie (T) a vzdialenosti tohto bodu od zdroja vlnenia (X)



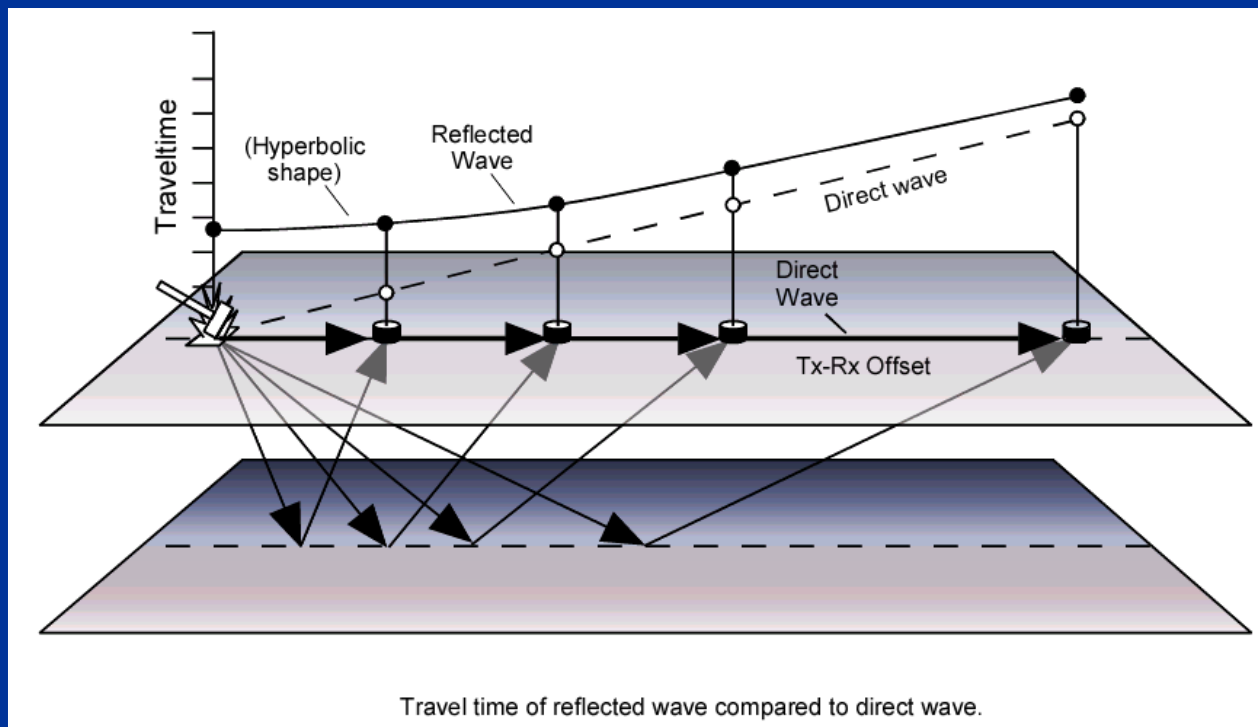
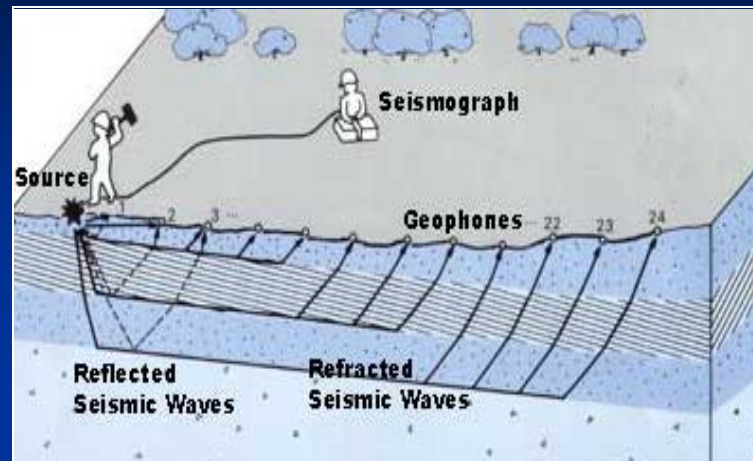
zdanlivá rýchlosť

- rýchlosť určená zo sklonu hodochrony
sklon (slope) = $1/v_{zd}$
- rýchlosť pohybu vlny pozdĺž zem.povrchu

hodochróna registrovaná na celom profile $\leftrightarrow$ **profilová hodochróna**

HODOCHRÓNY SEIZMICKÝCH VLŇ

- funkcia času T príchodu seizmickej vlny a vzdialenosti X geofónov od zdroja



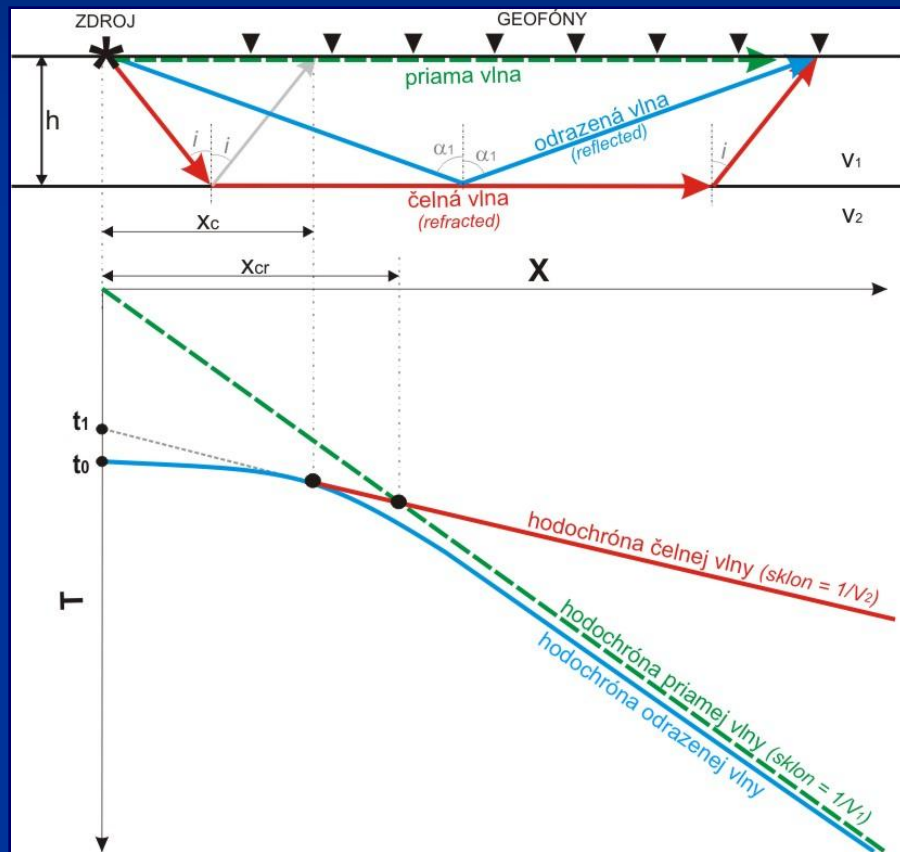
HODOCHRÓNY SEIZMICKÝCH VLŇ

priama úloha

- určujem: časové pole a hodochrónu
- poznám: rozloženie rýchlostí v prostredí, polohu a tvar rozhrania

obrátená úloha

- určujem: rýchlosti a tvar rozhrania
- poznám: namerané hodnoty hodochróny vlŇ



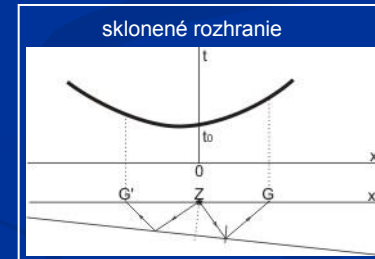
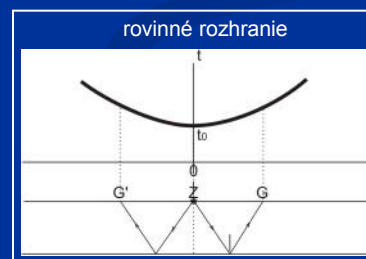
HODOCHRONA

PRIAMEJ VLNY

– priamka

ODRAZENEJ VLNY

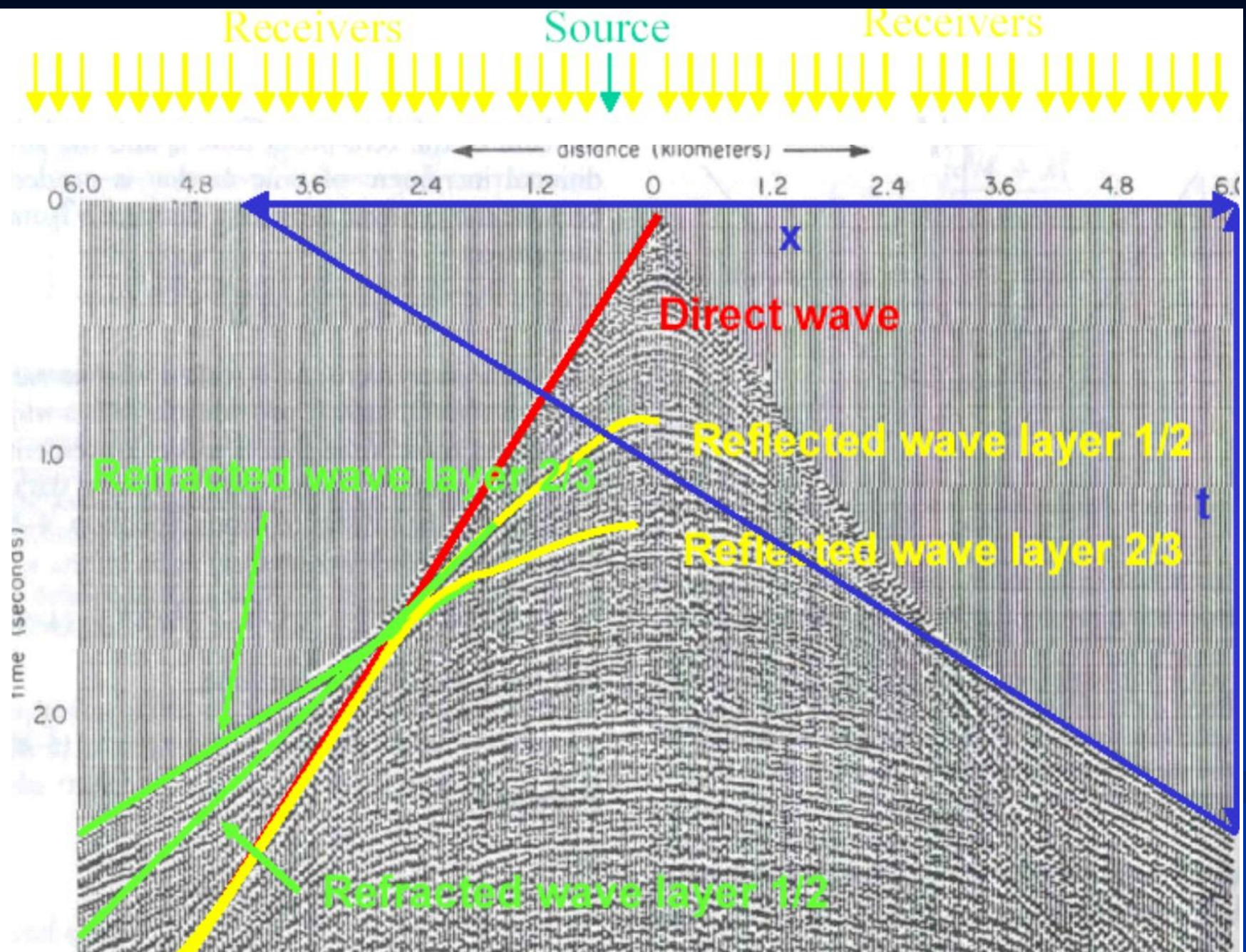
- *hyperbola* - rovinne rozhranie ↔ symetrická podľa T-osi
- sklonené rozhranie ↔ posun minima od T-osi v smere vykľňovania
- hlbšie rozhranie ↔ sploštenie



ČELNEJ VLNY

- *priamka* - pre rovinne rozhranie
- dotýčnica k hodochrone odrazenej vlŇ v bode X_c pre to isté rozhranie
- *krivočiara* – pre krivočiare rozhranie

X_c – počiatočný bod čelnej vlŇ (*critical distance*) - prvý bod jej registrácie
 - rovnaký čas registrácie pre čelnú i odrazenú vlŇ
 X_{cr} – za touto hranicou je čelná vlŇ registrovaná pred priamou (*crossover distance*)
 t_0 – priesečník hodochróny odrazenej vlŇ s časovou osou (*reflection intercept time*)
 t_1 - priesečník hodochróny čelnej vlŇ s časovou osou (*refraction intercept time*)
 i – kritický uhol



RÝCHLOSŤ SEIZMICKÝCH VLN

- závisia od fyzikálnych vlastností prostredia
- môžu byť merané
- dôležité pre – konverziu hodochróna – hĺbka
 - zobrazenie dát (migrácia)
 - pri modelovaní



$$v_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}$$

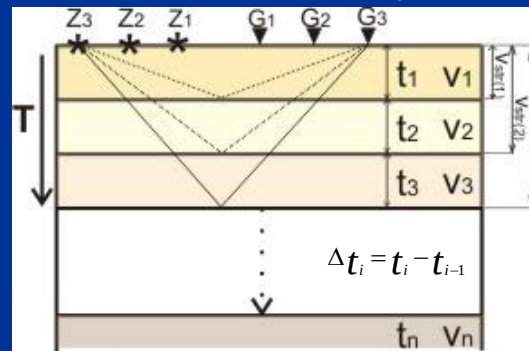
$$v_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

↔ **pružné moduly, hustota hornín** ← litologický charakter prostredia
 +
 porozita
 nasýtenie pórov (H₂O, plyn, ropa)
 vek hornín

zdanlivá rýchlosť v_{zd} – určená zo sklonu hodochróny $v_{zd} = \frac{\Delta T}{\Delta X}$

stredná rýchlosť v_{str} – zovšeobecňuje rýchlostné zmeny v jednotlivých sedimentárnych vrstvách
 - charakterizuje sedimentárne horniny

$$v_{str} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}$$



efektívna rýchlosť v_{ef} ; v_{rms} ; , , ,

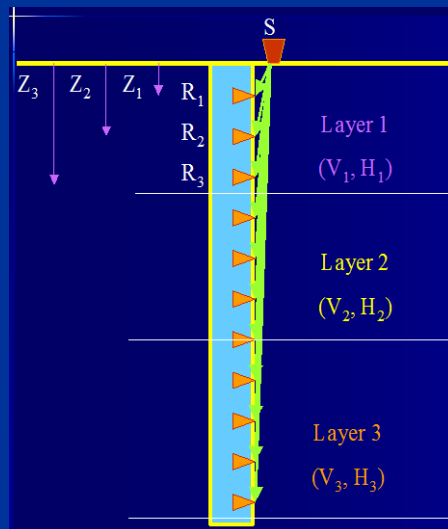
spracovanie seizmického signálu



stanovenie rýchlosti šírenia vlny v prostredí

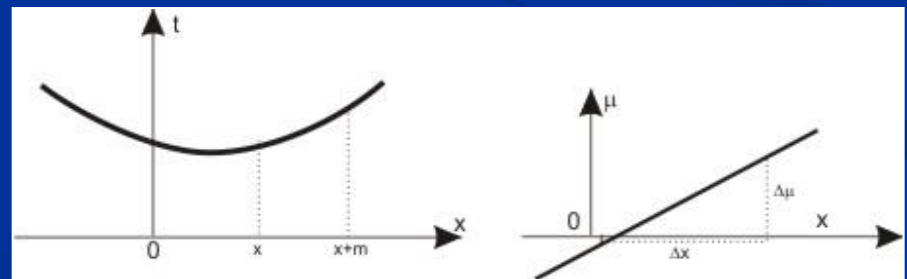
- seizmokarotáž – stanovenie rýchlosti vo vrte
- akustická karotáž – stanovenie rýchlosti vo vrte
- na vzorkách – laboratórne určenie
- z hodochron čelných a odrazených vln – určenie efektívnej rýchlosti
- analýza z reflexných dát – softvérové spracovanie+ interpretácia

seizmokarotáž



z hodochron

transformácia hodochróny na priamku
 v_{ef} – smernica priamky



SPRACOVANIE SEIZMICKÉHO SIGNÁLU

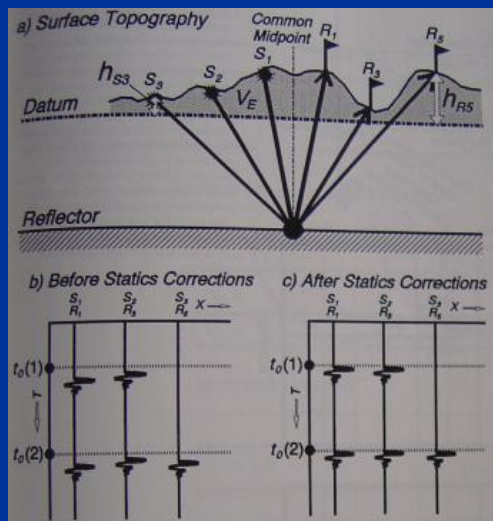
- zaznamenávame čas príchodu seizmickej vlny ku geofónom

zaujímá nás hodnota odpovedajúca dráhe vlny
ZDROJ → ROZHRANIE → GEOFÓN

oprava nameraných časov hodochron

STATICKÉ OPRAVY

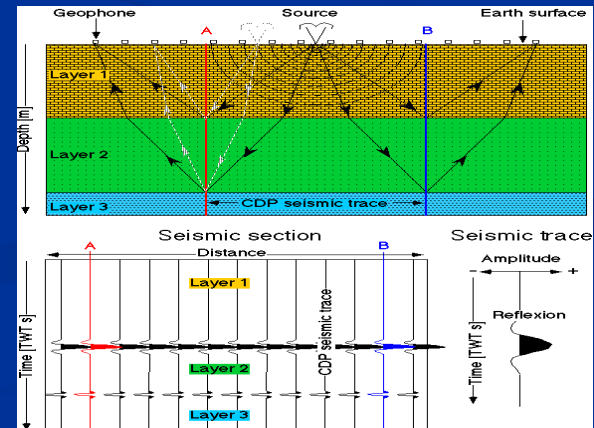
- oprava na nízkorychlostnú vrstvu
- oprava na reliéf (topografiu)
- oprava na hĺbku zdroja
- oprava na fázu



KINETICKÉ OPRAVY

- Transformácia klasickej dráhy seizmického lúča
ZDROJ → ROZHRANIE → GEOFÓN
na najkratšiu možnú dráhu
ZDROJ → ROZHRANIE → GEOFÓN
reprezentovanú dvojnásobným časom

TWT



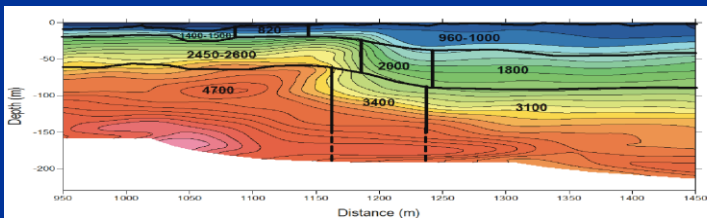
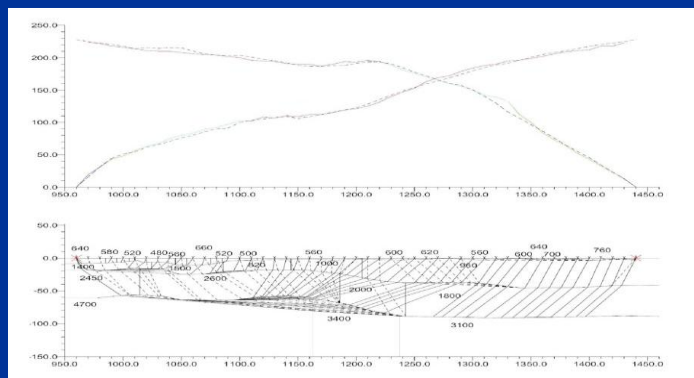
SPRACOVANIE A INTERPRETÁCIA SEIZMICKÉHO SIGNÁLU

plytké merania - inžinierskoseizmické

- inžinierska geológia
- hydrogeológia
- zakladanie stavieb
- riešenie environmentálnych problémov
- civilné inžinierstvo



jednoduché rezy
s rozhraniami a rýchlostnou charakteristikou



hlbinné merania - reflexné

- riešenie štruktúro-geologických úloh
- riešenie geologicko-tektonickej stavby
- identifikácia antiklinálnych štruktúr

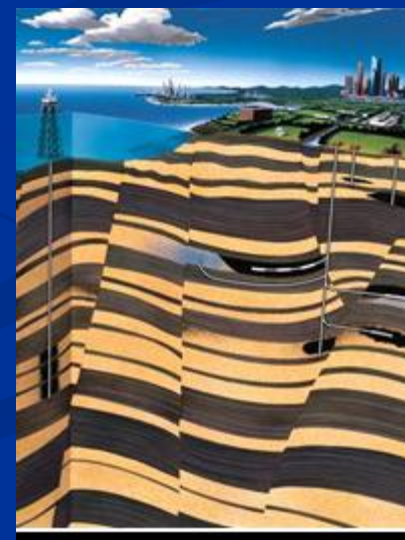
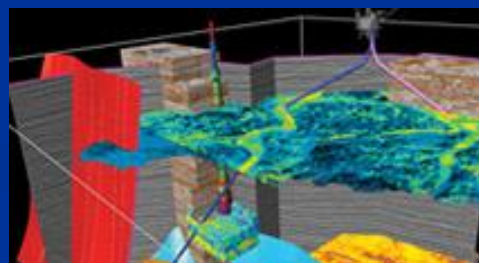
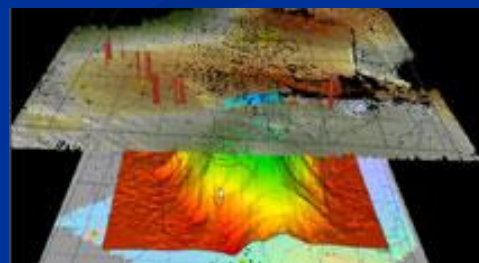


akumulácie uhľovodíkov

- identifikácia hlbokých štruktúr (MOHO)



časové rezy
časový obraz geologickej stavby v reze pod profilom



I. plytké merania - inžinierskoseizmické

interpretácia hodochron

jednoduché rezy
s rozhraniami a rýchlostnou charakteristikou

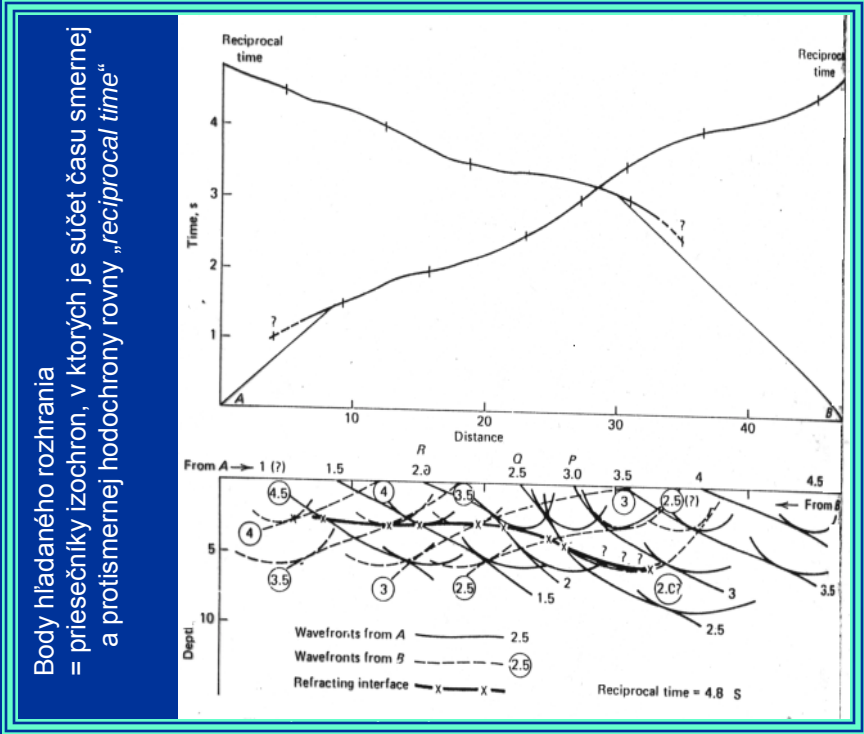
metódy

metóda časových polí

metóda „t₀“

metóda časových polí

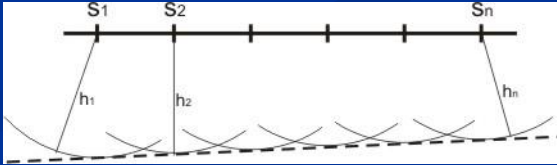
metóda „t₀“



- 1. výpočet hĺbky v jednotlivých bodoch x z hodnôt t₀(x) získaných pozdĺž profilu

$$h(x) = \frac{t_0(x) v_{str}}{2}$$

- 2. zostrojenie kružnicových oblúkov v jednotlivých bodoch x s polometrom h(x)
- 3. obalová čiara oblúkov ↔ seizmické rozhranie



spracovanie a interpretácia seizmického signálu

II. hlbinné merania - reflexné

zdroj vlnenia – výbuch/Vibriseis

meranie – pozdĺž profilov
– záznam príchodu vlny odrazenej od rozhrania
vrstiev odlišných **fyzikálnych** vlastností

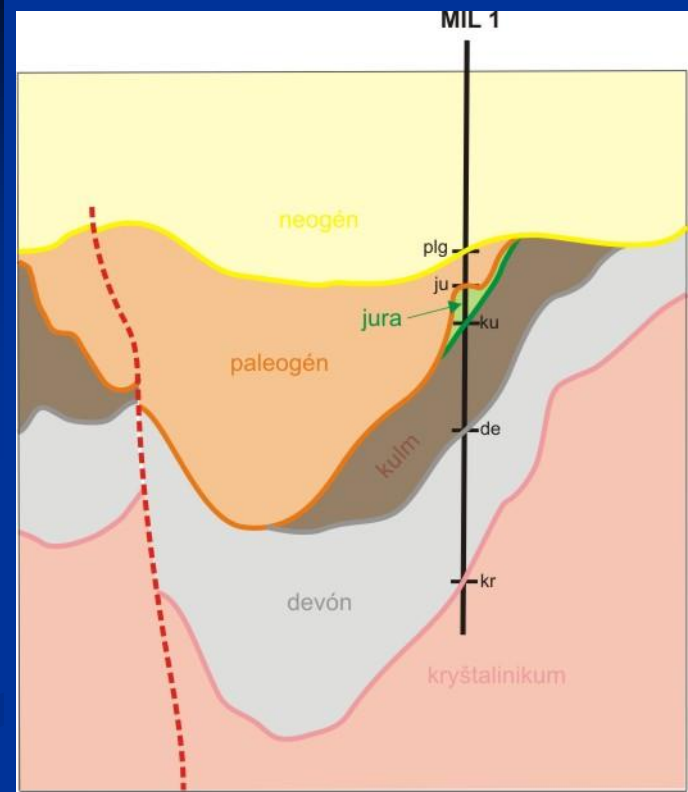
spracovanie (*processing*)

časový seizmický rez – časová os = dvojnásobný odrazený čas
TWT (*two-way traveltime*)

Migrácia
– operácia spracovaní
- reálny obraz štruktúr na časovom reze
(úprava sklonu a pozície uklonených prvkov,
kolaps difrakčných javov)

rychlostná
analýza

hlbkový seizmický rez – vertikálna os = **hlbka**



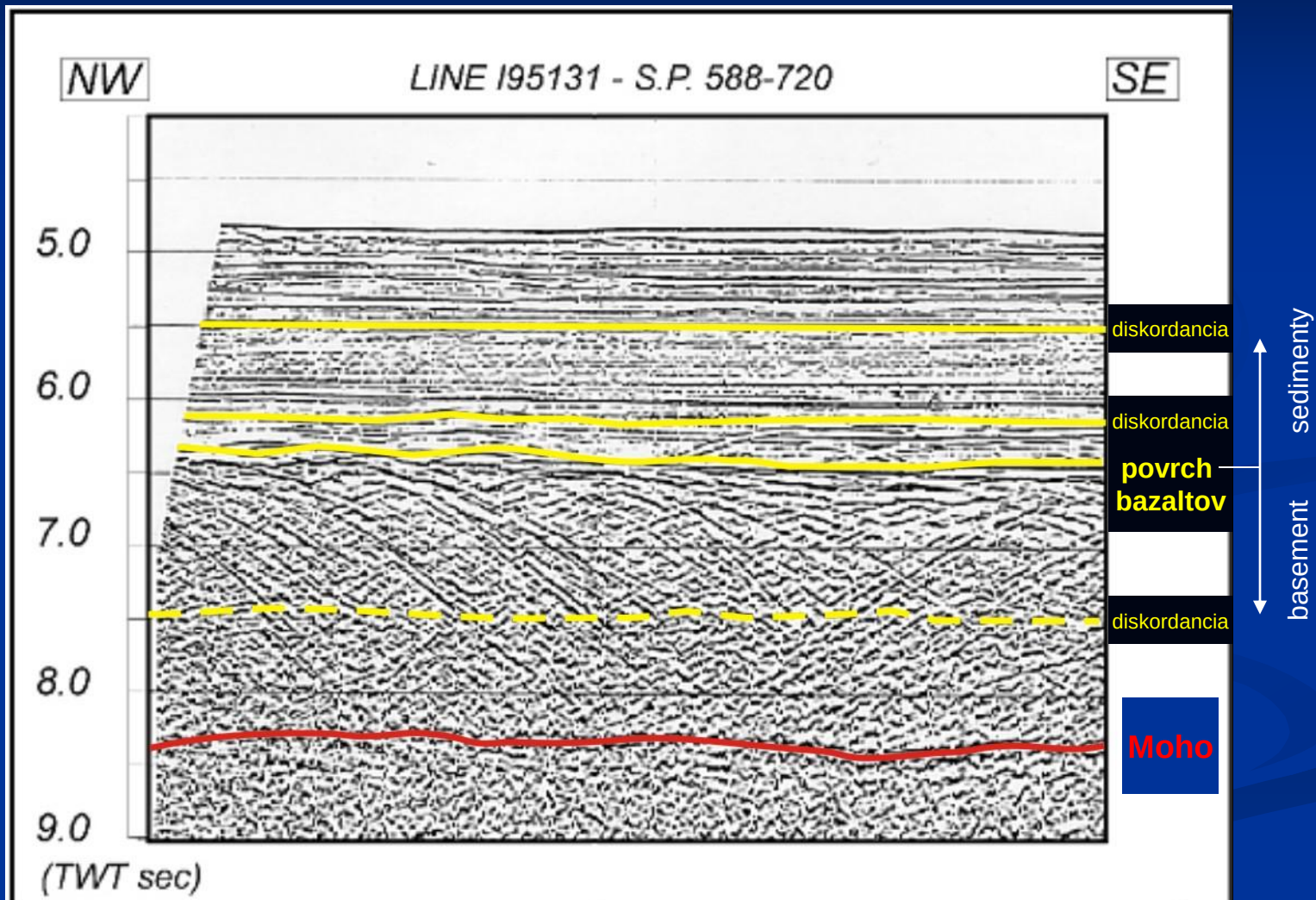
FYZIKÁLNY MODEL PROSTREDIA

geologická interpretácia

GEOLOGICKÝ MODEL PROSTREDIA

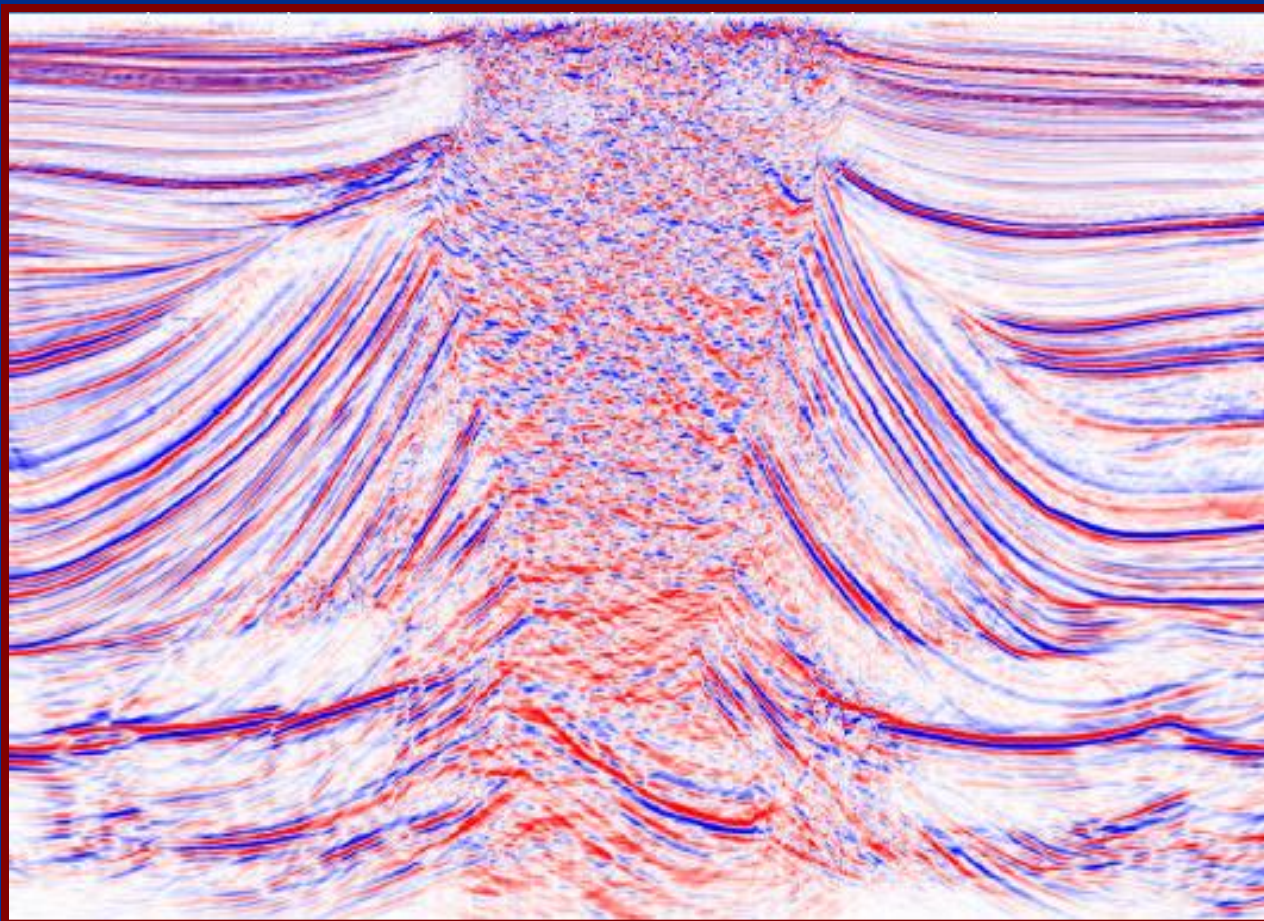
aplikácia hlbínnej reflexnej seizmiky

identifikácia veľmi hlbokých štruktúr zemskej kôry (Moho)



aplikácia hlbínnej reflexnej seizmiky

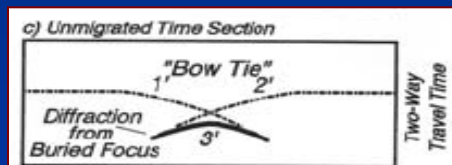
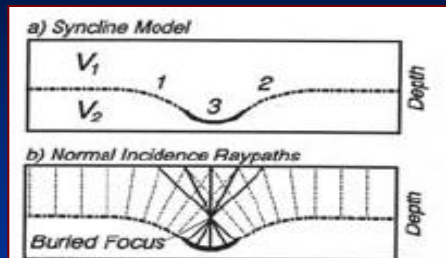
soľný dóm
(diapír)



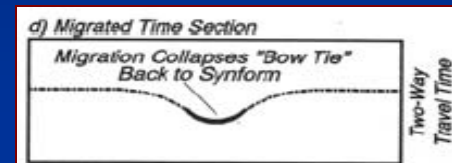
hlbková migrácia

aplikácia hlbínnej reflexnej seizmiky

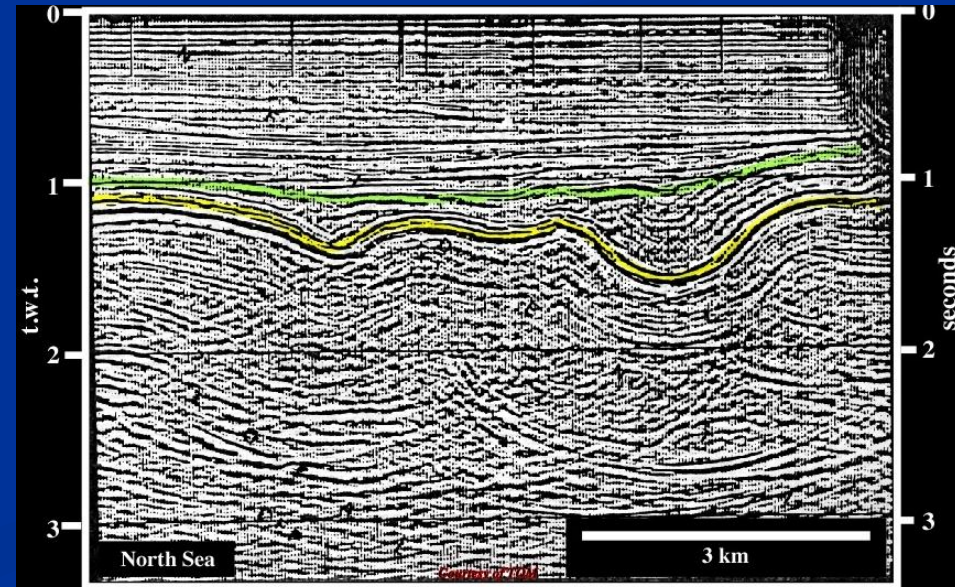
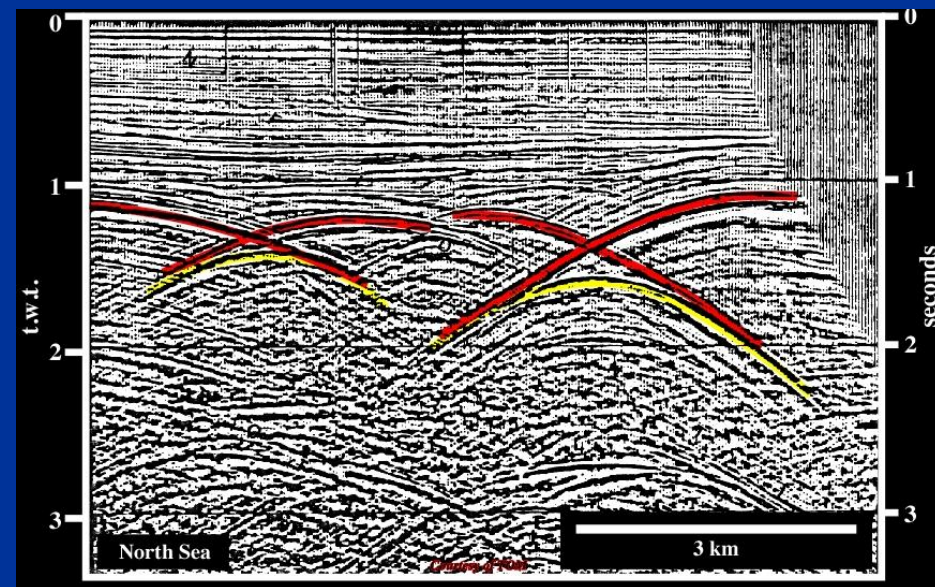
štruktúrne – tektonická stavba



nemigrovaný časový rez
predpokladá horizontálnu polohu rozhraní



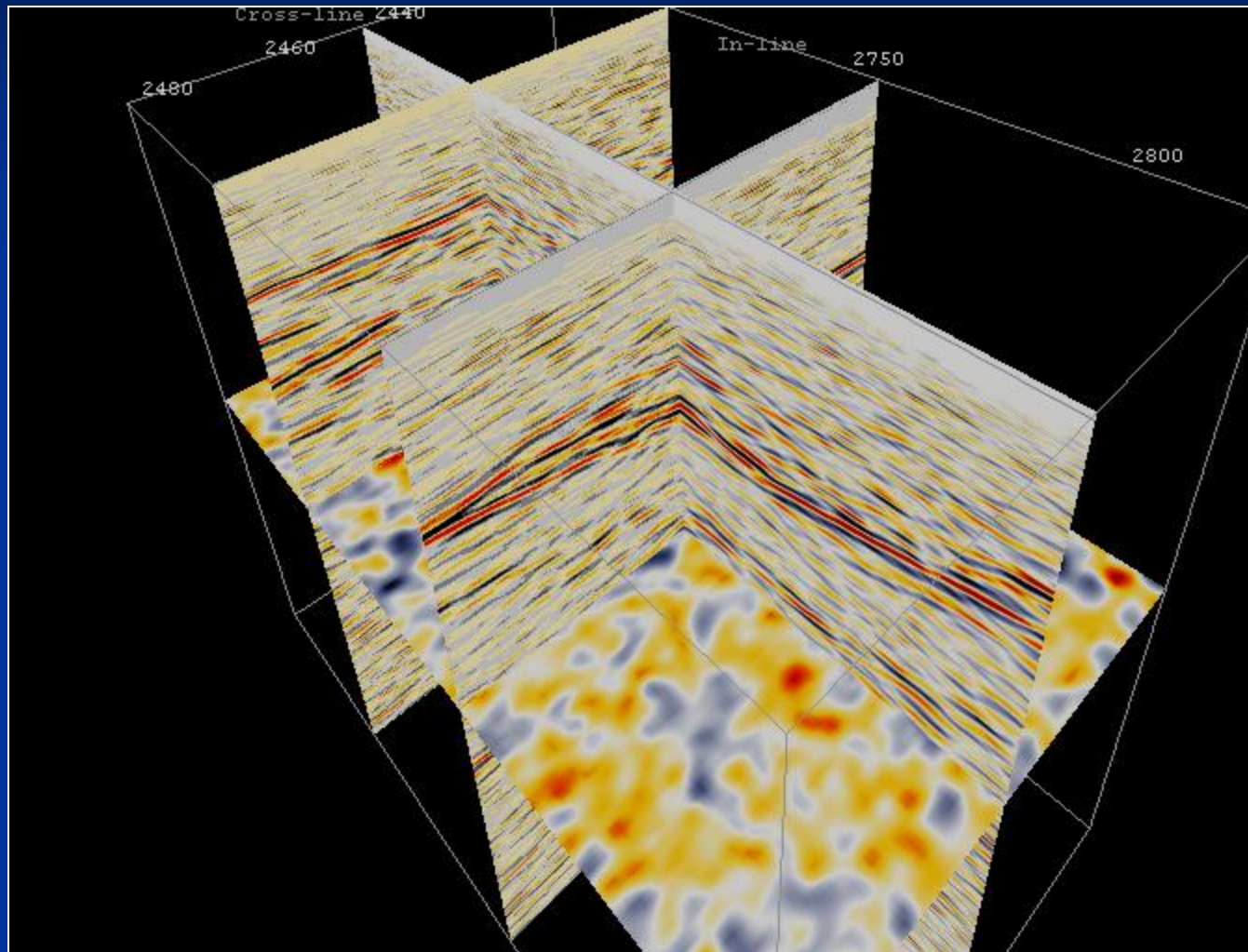
migrovaný časový rez
reálna pozícia uklonených prvkov
eliminácia difrakcií



aplikácia hlbínnej reflexnej seizmiky

štruktúrne – tektonická stavba

3D

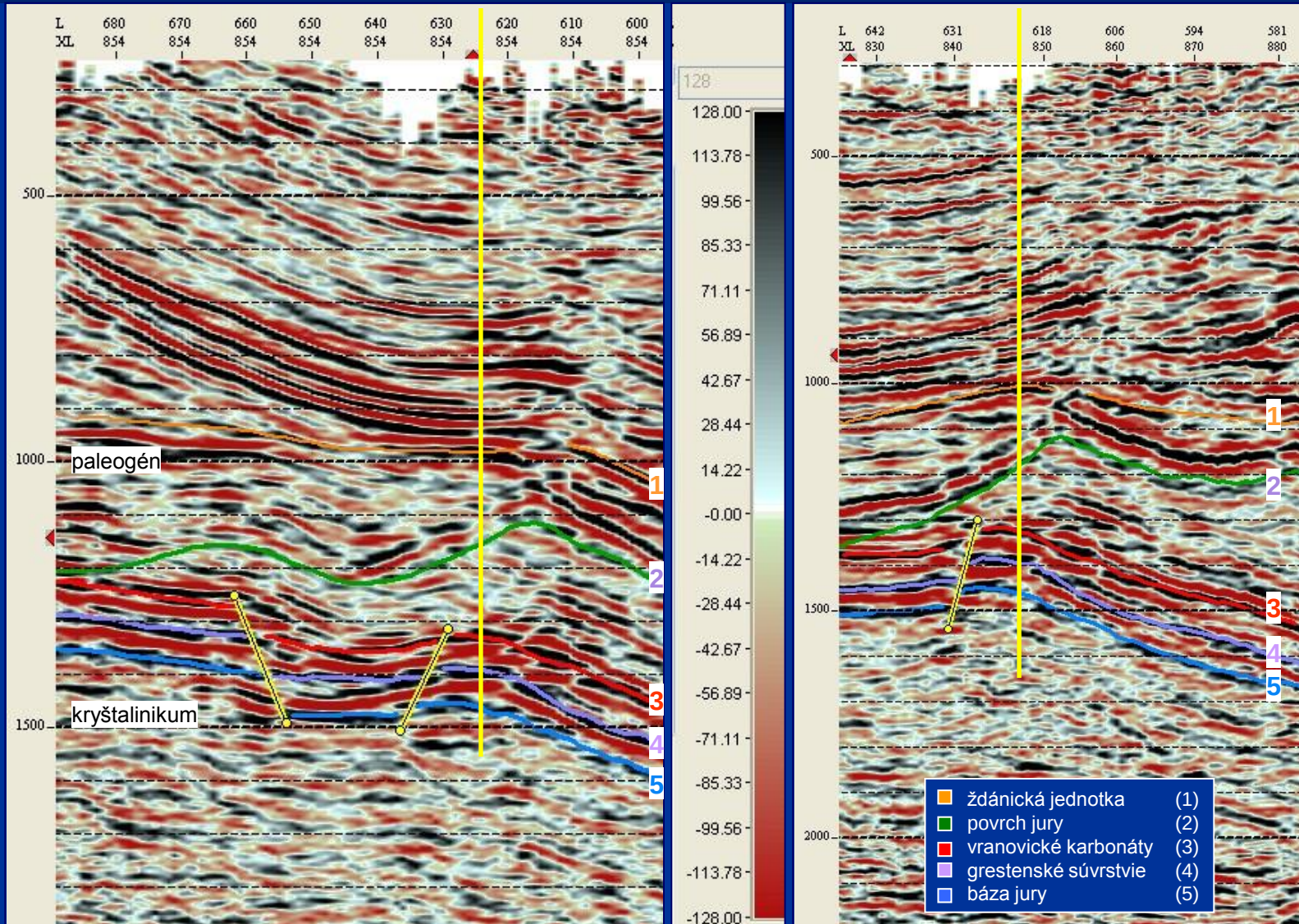


aplikácia hlbinej reflexnej seizmiky

štruktúrne – tektonická stavba

antiklinála
tektonické poruchy

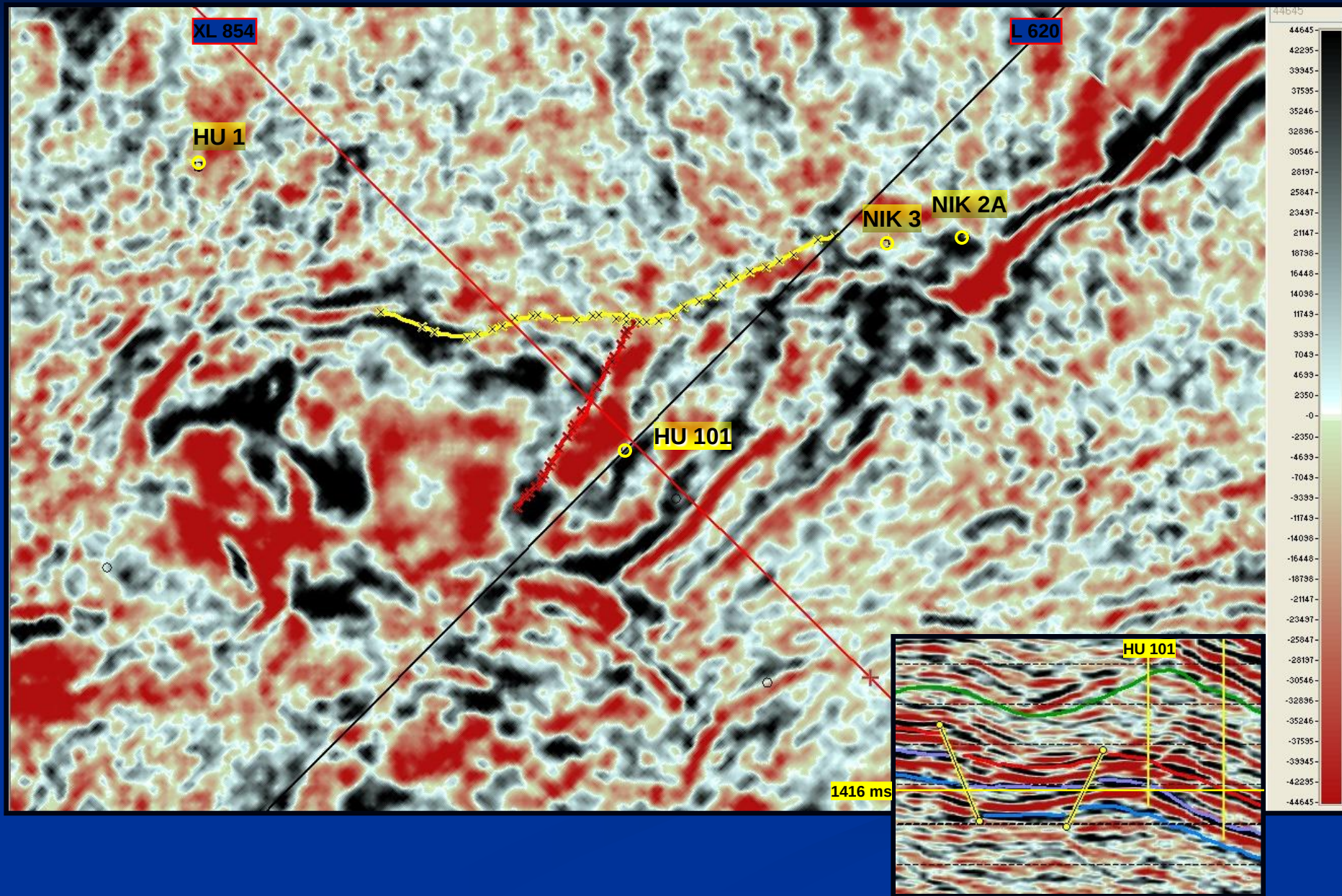
uhľovodíky



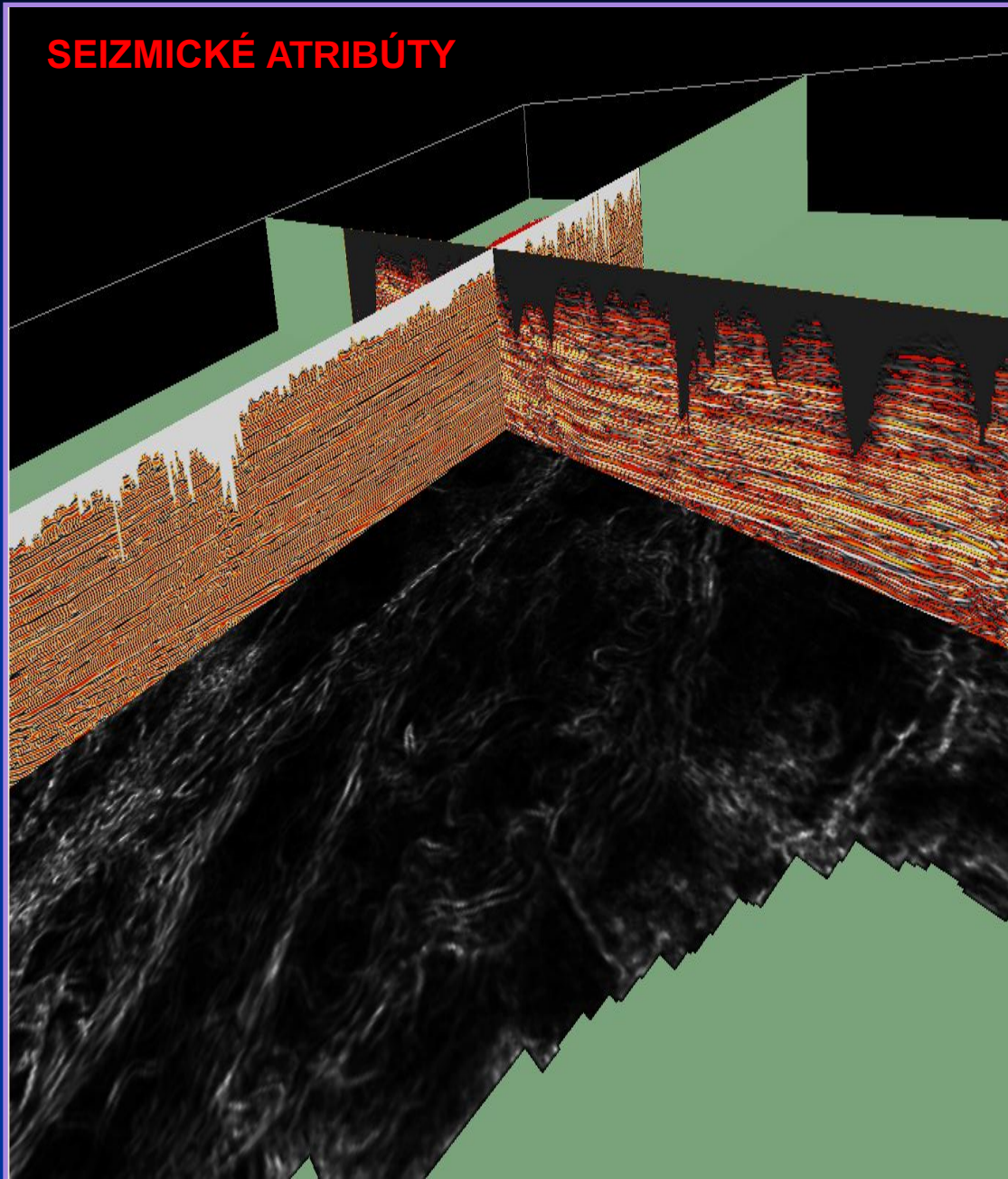
aplikácia hlbínnej reflexnej seizmiky

štruktúrne – tektonická stavba

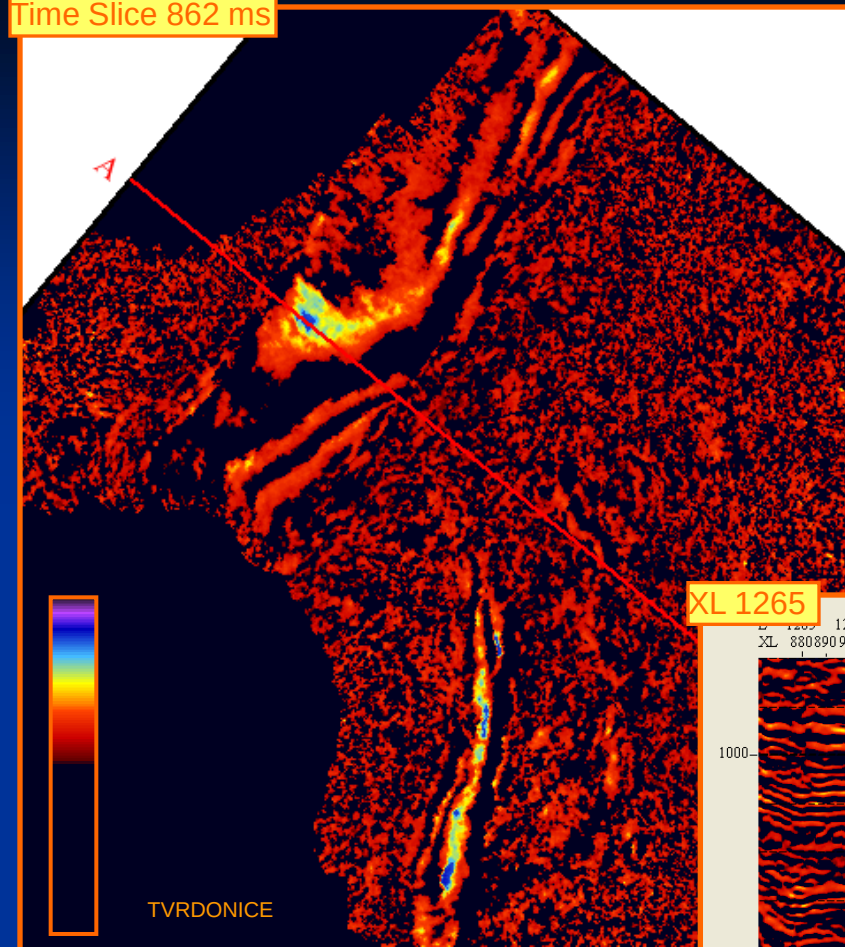
antiklinála, tektonické poruchy



SEIZMICKÉ ATRIBÚTY

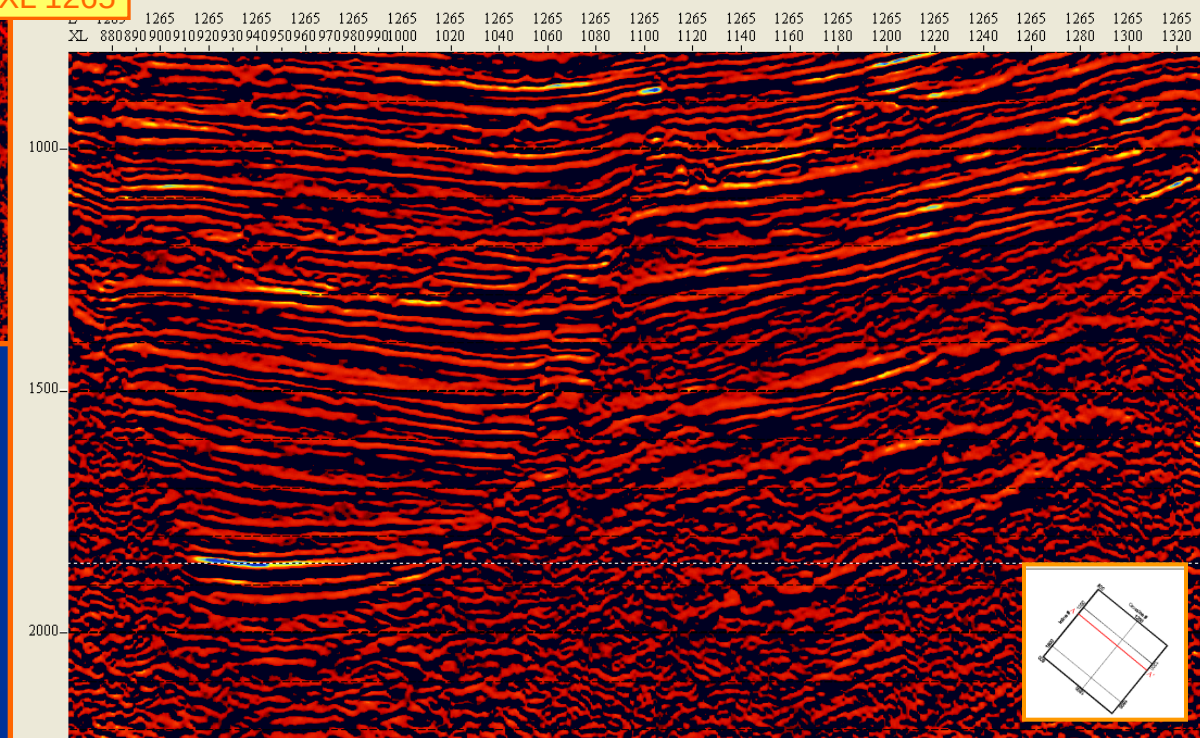


Time Slice 862 ms



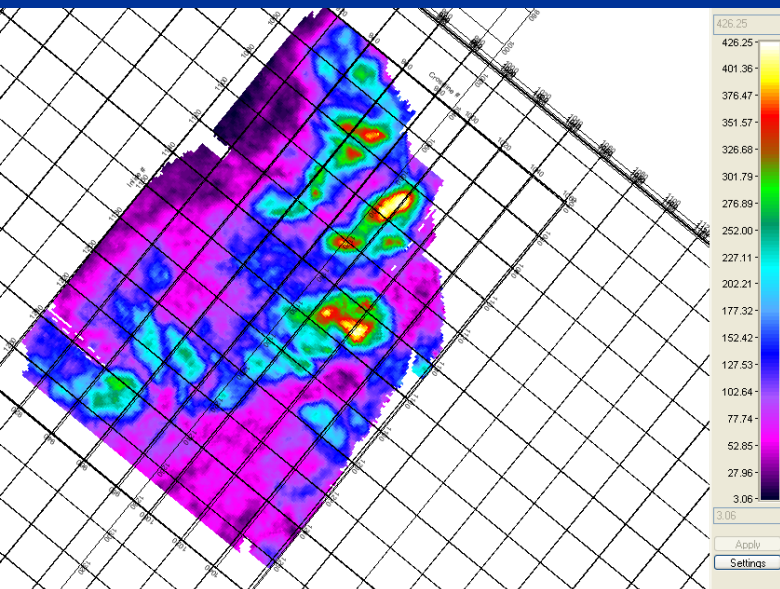
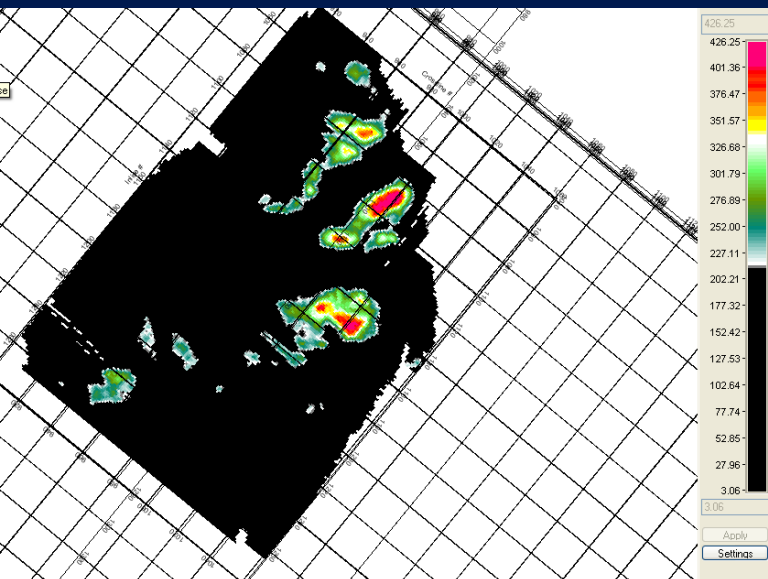
Prvá DERIVÁCIA AMPLITÚDY

XL 1265

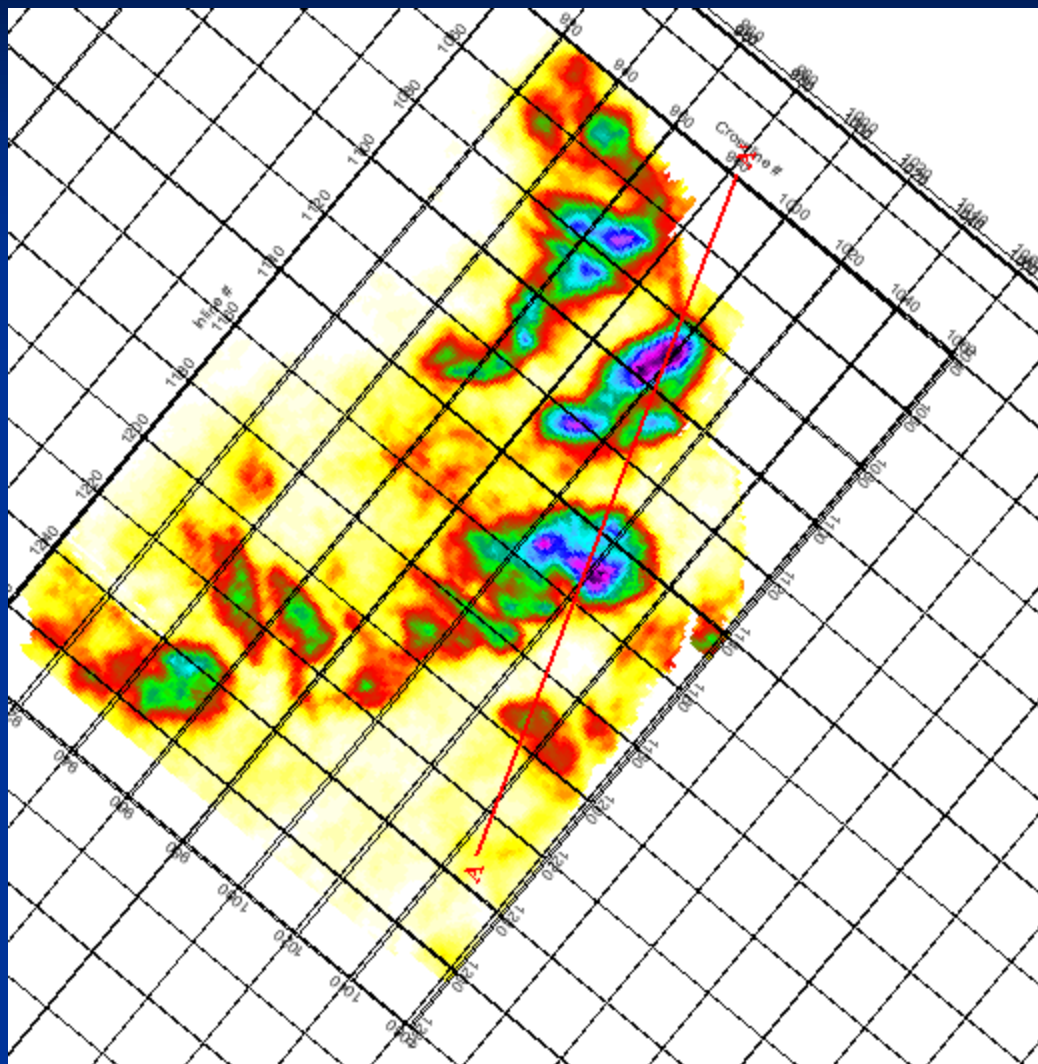


aplikácia hlbínnej reflexnej seizmiky

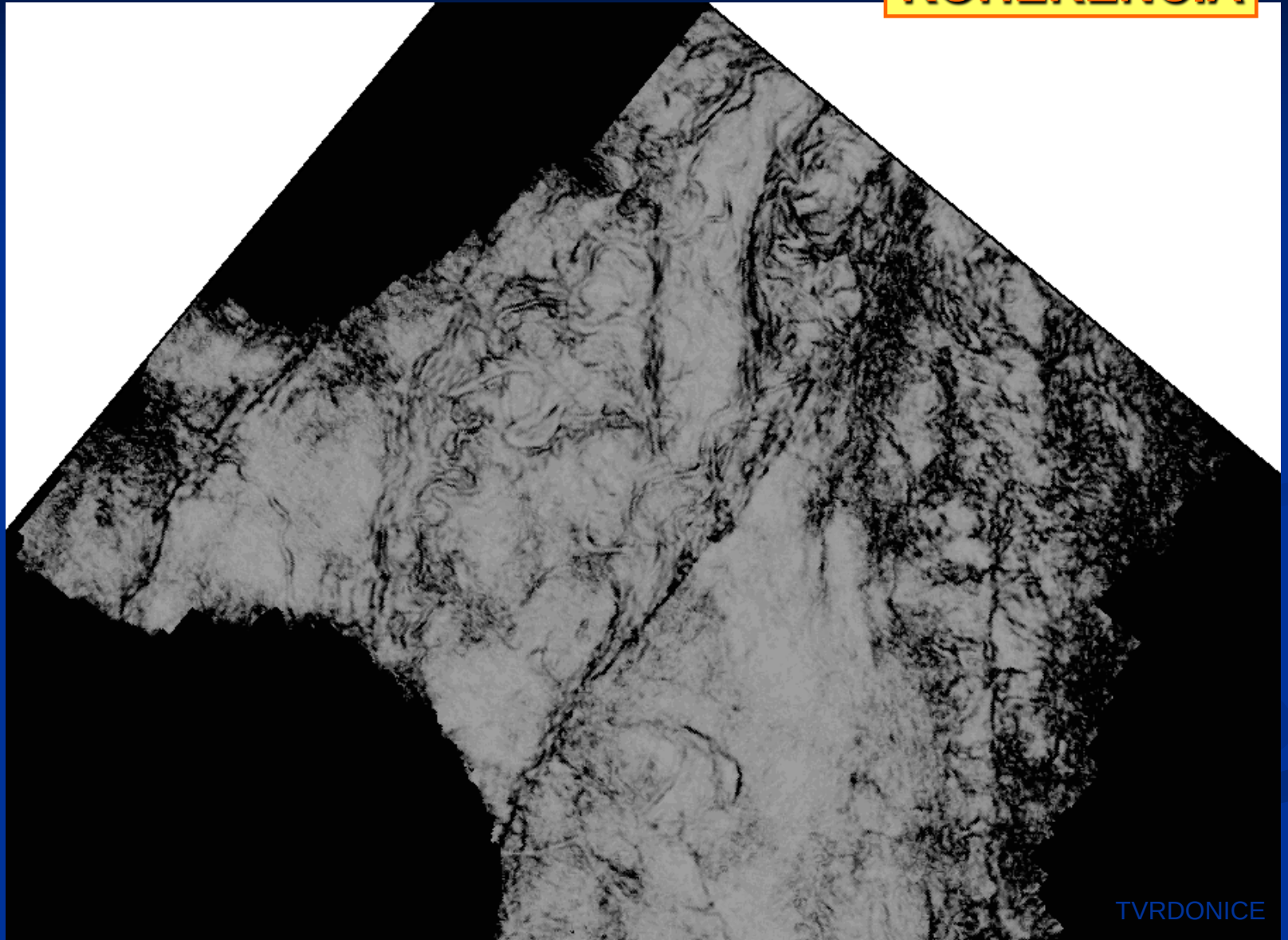
RMS amplitude

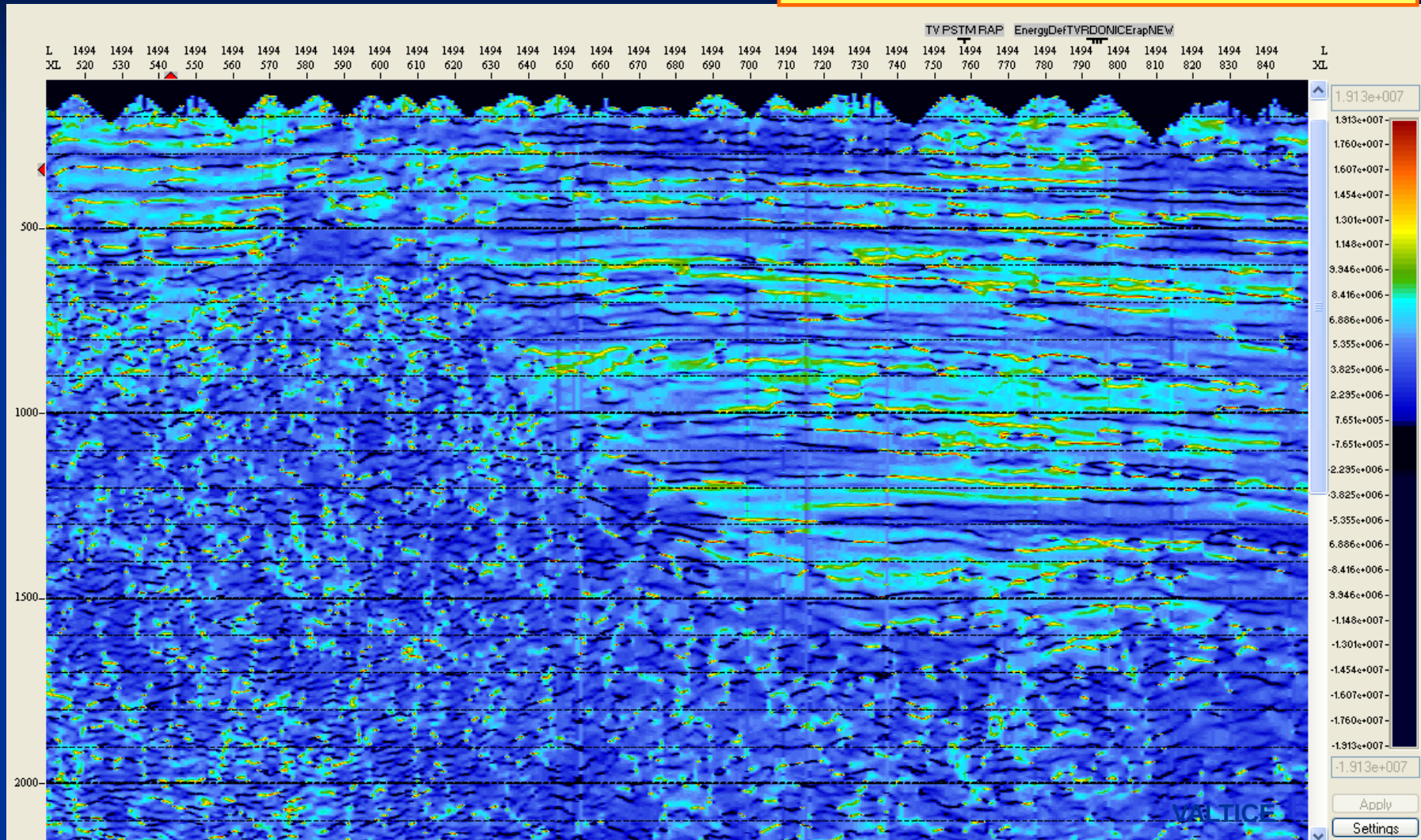


ENERGY



KOHERENCIA





ĎAKUJEM ZA POZORNOST

