

Terénní exkurze: Svahové deformace na Vsetínsku

Termín: 13.-15. květen 2006, Hutisko-Solanec

Doprava na lokalitách: automobily ČGS (+ soukromé)

Ubytování: Terénní základna ČGS, Hutisko-Solanec, spacáky s sebou, sprcha, pokoje po 5 a 3 lidech

Strava: individuální, možnost vaření večerí - kuchyňka;

Výzbroj: terén. oblečení, pláštěna, pevná obuv - starší (možnost poškození), montérky/overall do jeskyní, helma, baterka - nejlíp čelovka, prac. rukavice, zápisník, mapovací desky, tužka, propiska, guma, mm-papír, busola/geol.kompas - kdo může

Mapa: 1:50 tis. Javorníky západ, MSl. Beskydy

Svahové deformace: blok 3
Metody průzkumu, stabilizace a monitoringu S.D.

přímé a nepřímé metody průzkumu:

- kopané sondy, vrtné práce
- geofyzikální metody
- geomorfologické metody
- bioindikační metody
- datovací a paleoenvironmentální metody

stabilizace svahových deformací

metody měření pohybů

přímé metody průzkumu:
kopané sondy, vrtné práce

kopané sondy - příliš pracné,
nejlepší obraz, odběr nepor.
vzorků ze sm. ploch



vrtné práce - poměrně drahé a problematické,
na S.D. pouze jádrové vrtání (wire-line:
diamantová korunka), odběr část. por. vzorků
hornin, někdy nelze přímo potvrdit sm. plochy-
ztráta jádra



Geofyzikální metody průzkumu S.D.

cíl: vymežit základní ohraničení S.D. (smykové plochy) a jejich stavbu zjištěním rozhraní v materiálech o různých fyzikálních vlastnostech (obj. hmotnost, porozita, nasycení vodou, el. a mag. vodivost, radioaktivita atp.)

Povrchová geofyzika:

- elektrické a odporové metody
- seizmické
- gravimetrické
- georadar

Karotážní metody:

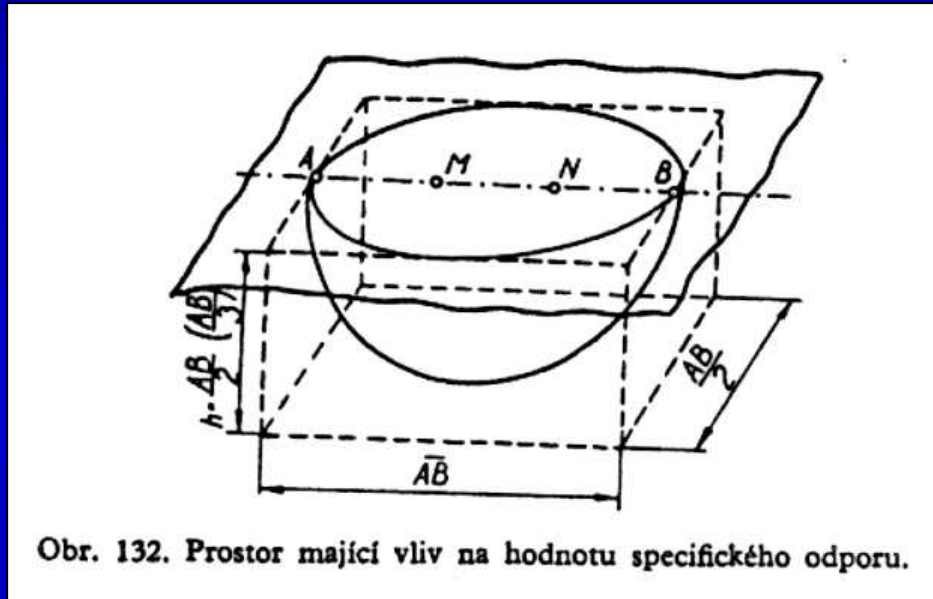
- elektrická
- akustická
- gamma
- gamma-gamma
- televizní

Další metody určení sm. ploch ve vrtech:

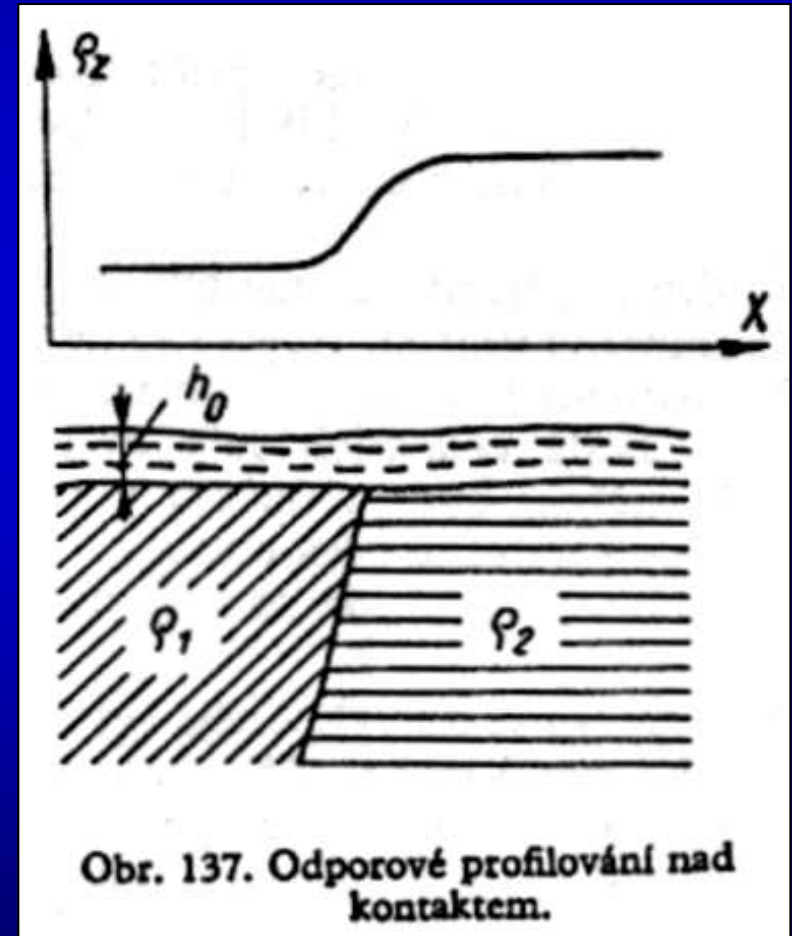
- geoakustika
- přesná inklinometrie

Povrchová geofyzika: elektrické odporové metody

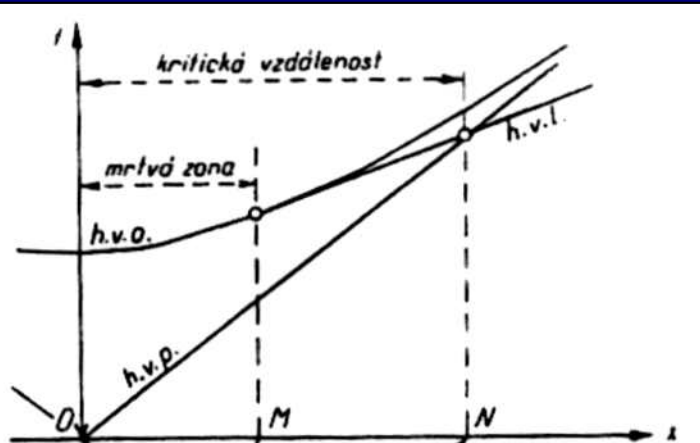
založeny na registraci změn el. odporu hornin
mezi elektrodami (A,B) do hloubky $AB/2$



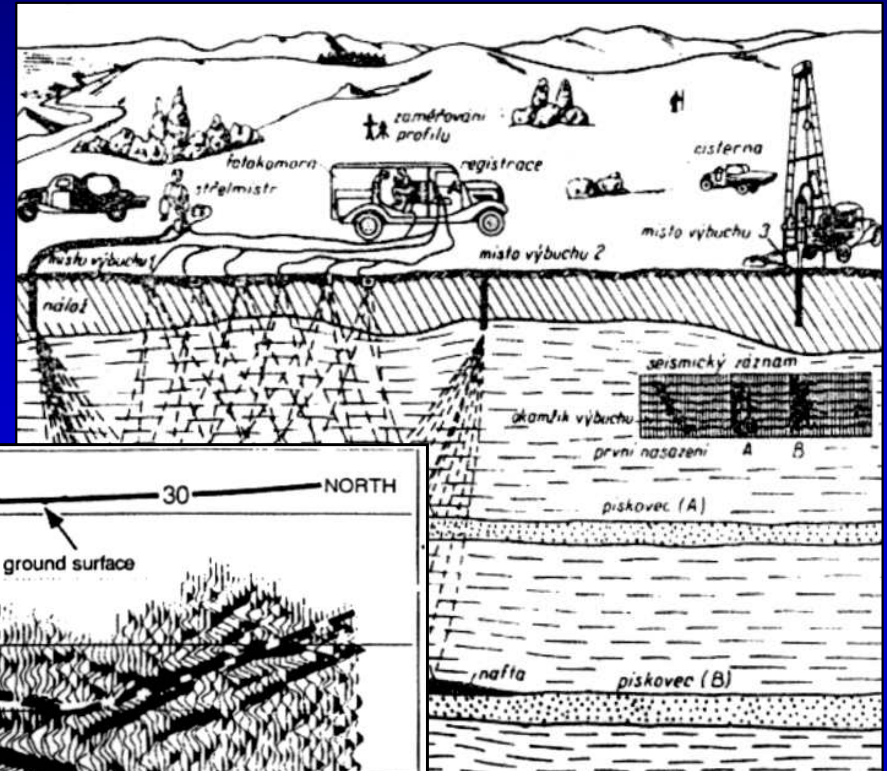
- VES - vertikální elektrické sondování
(oddalováním elektrod na 1 bodě se sleduje změna odporu v hloubce)
- SOP - symetrické odporové profilování
(přesunováním elektrod o konst. vzdál. zjistíme změnu el. odporu na profilu, 2 paralel. řady = náznak 3-D)



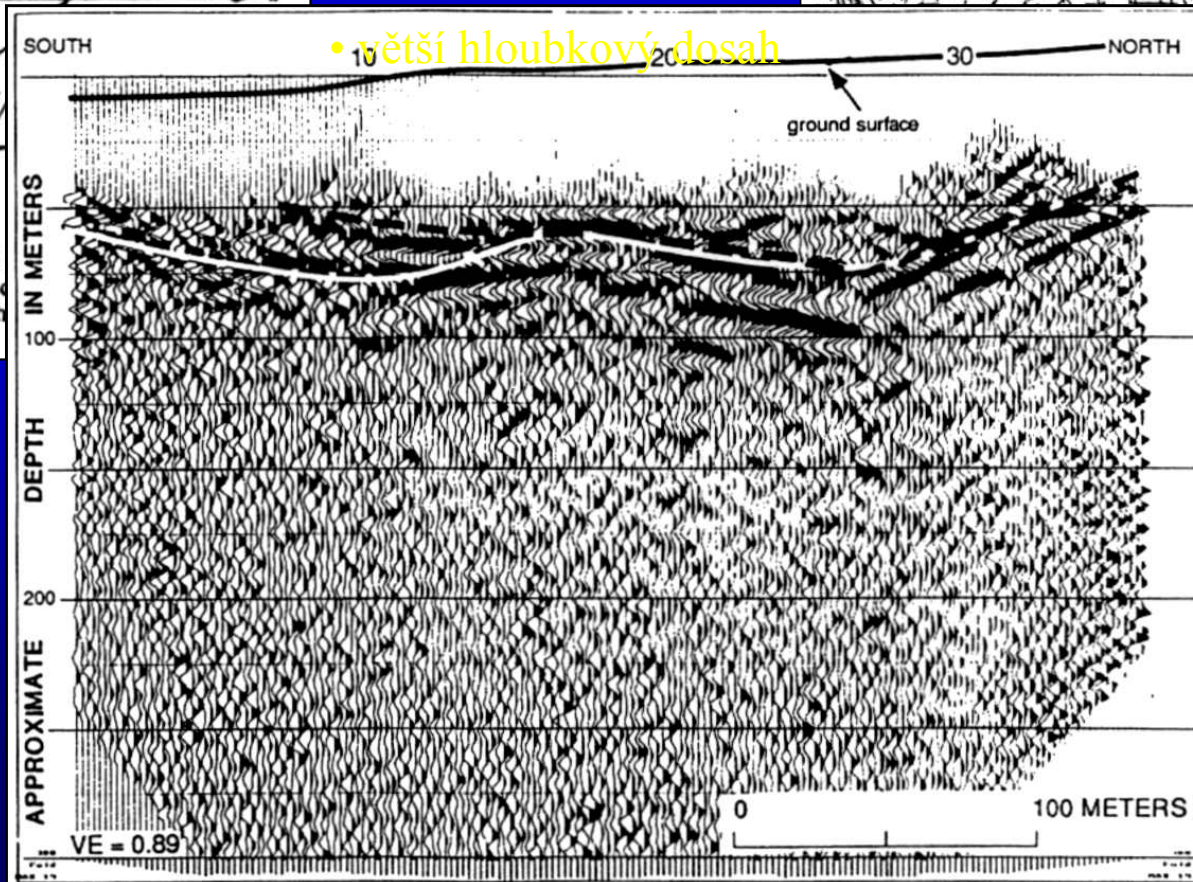
Povrchová geofyzika: seizmické metody



- vysílání, lom/odraz a příjem seizm. vln (podélné)
- refrakční X reflexní
- odstřely X údery palice

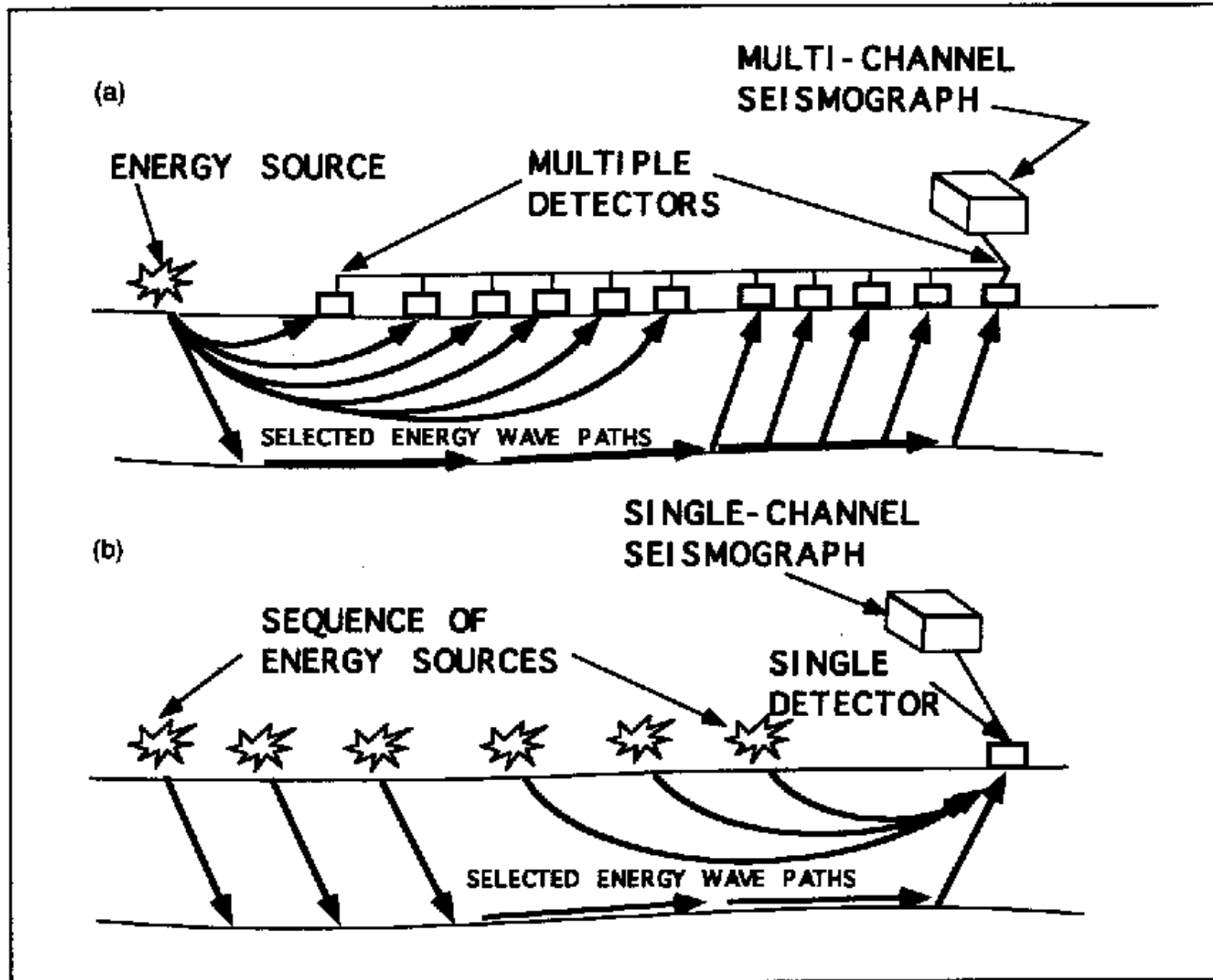


Obr. 186. Hodochrona vlny přímé (h.v.o) a lomené (h.v.l) v případě seismického rozhraní



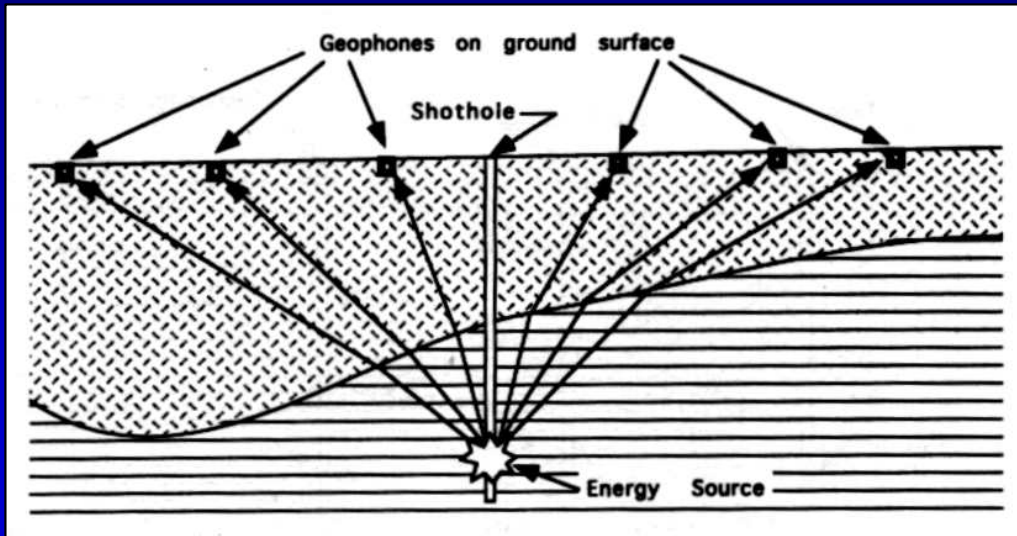
• větší hloubkový dosah

Povrchová geofyzika: seizmické metody

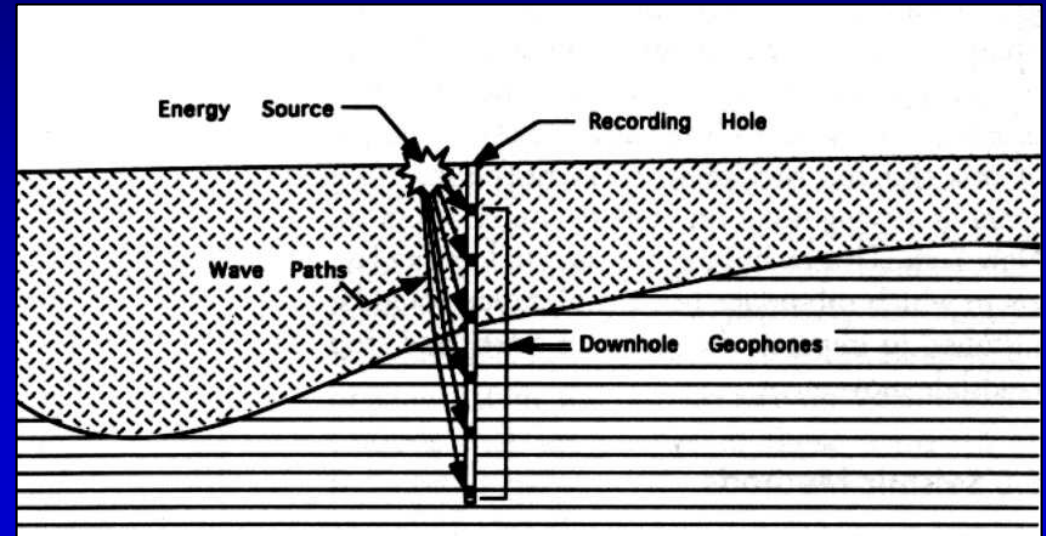


akustická karotáž

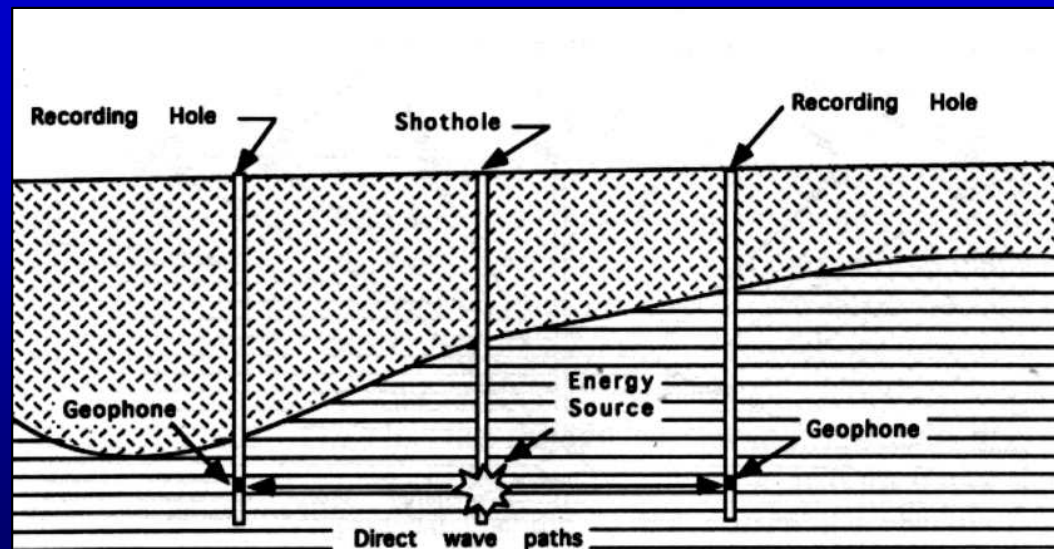
„uphole“



„downhole“

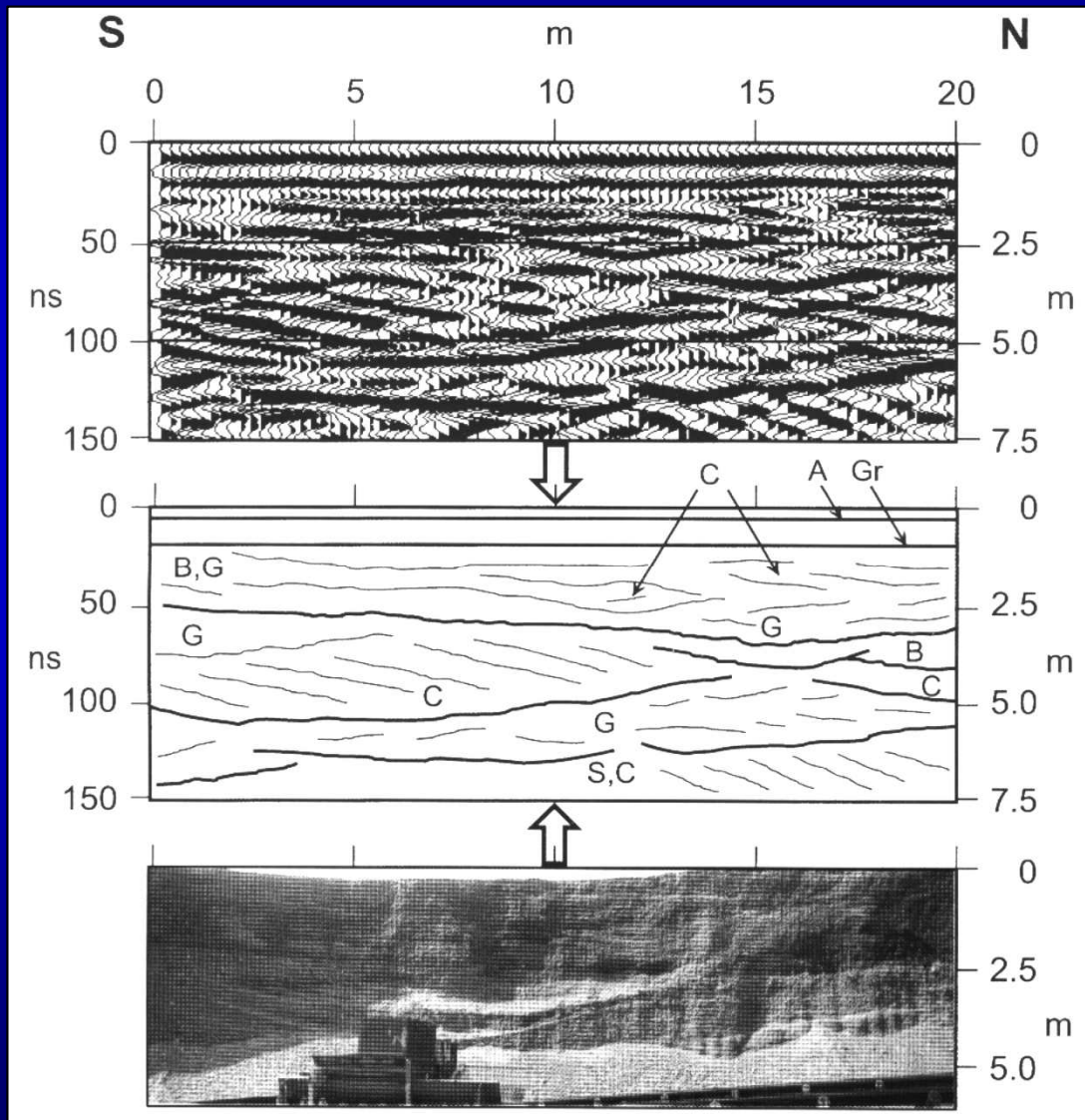


„crosshole“

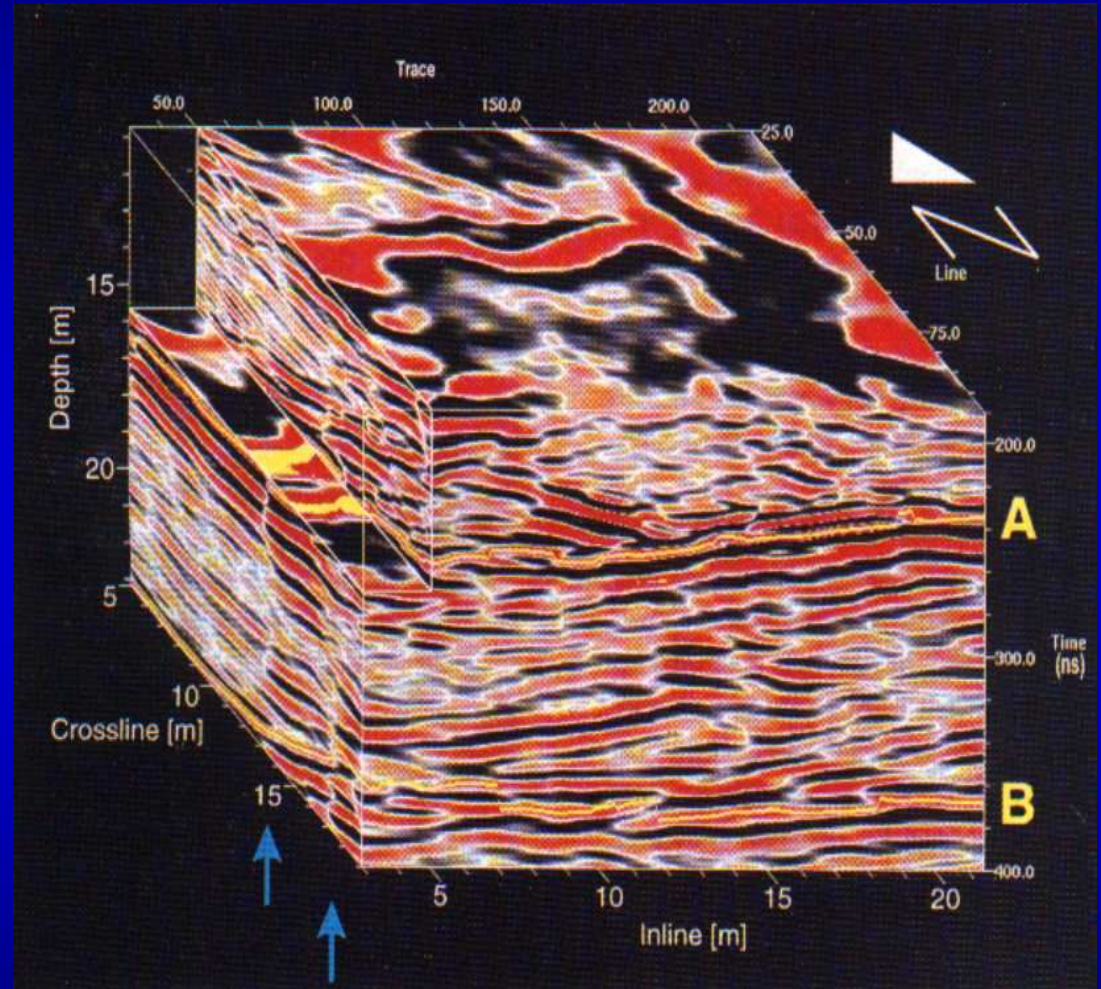
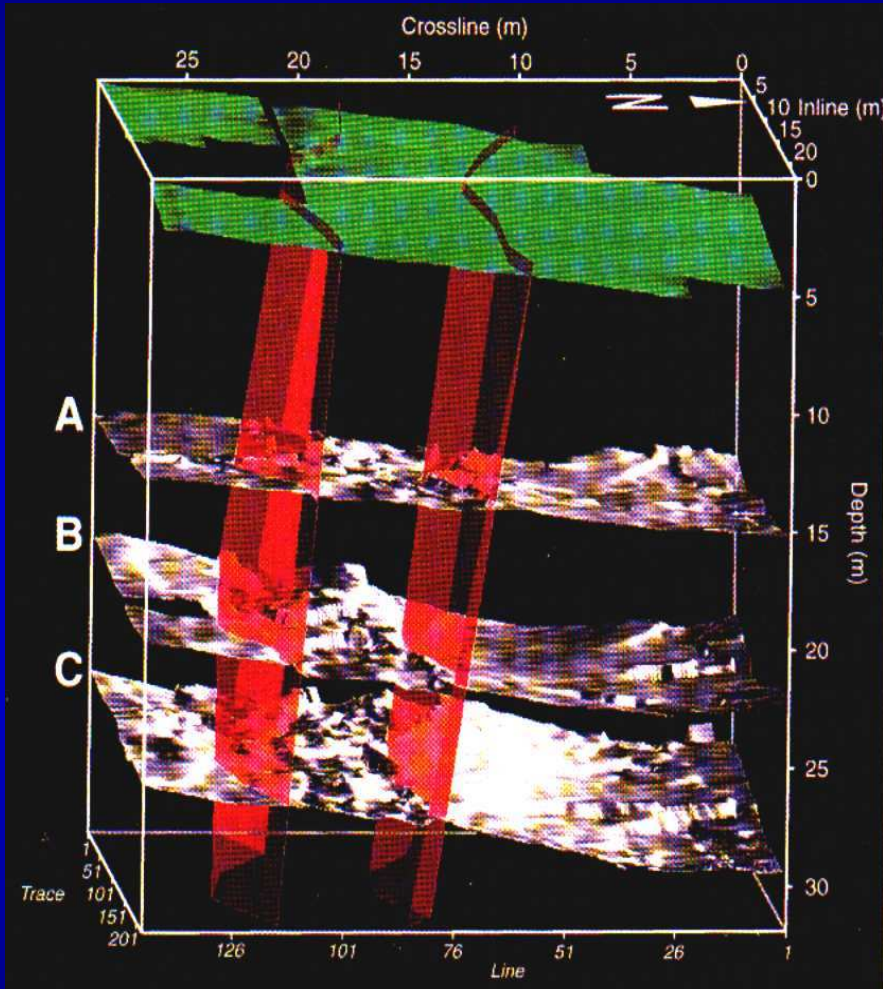


Povrchová geofyzika: georadar (ground penetrating radar - GPR)

- vysílání, odraz a příjem elmag. radarových vln
- geofyzikální rozhraní materiálů o různé RDP, elmag, vodivosti, nasycení vodou, spec. obj. hm.....
- spíše mělké struktury (do 20 - 40 m)



Povrchová geofyzika: 3-D georadar

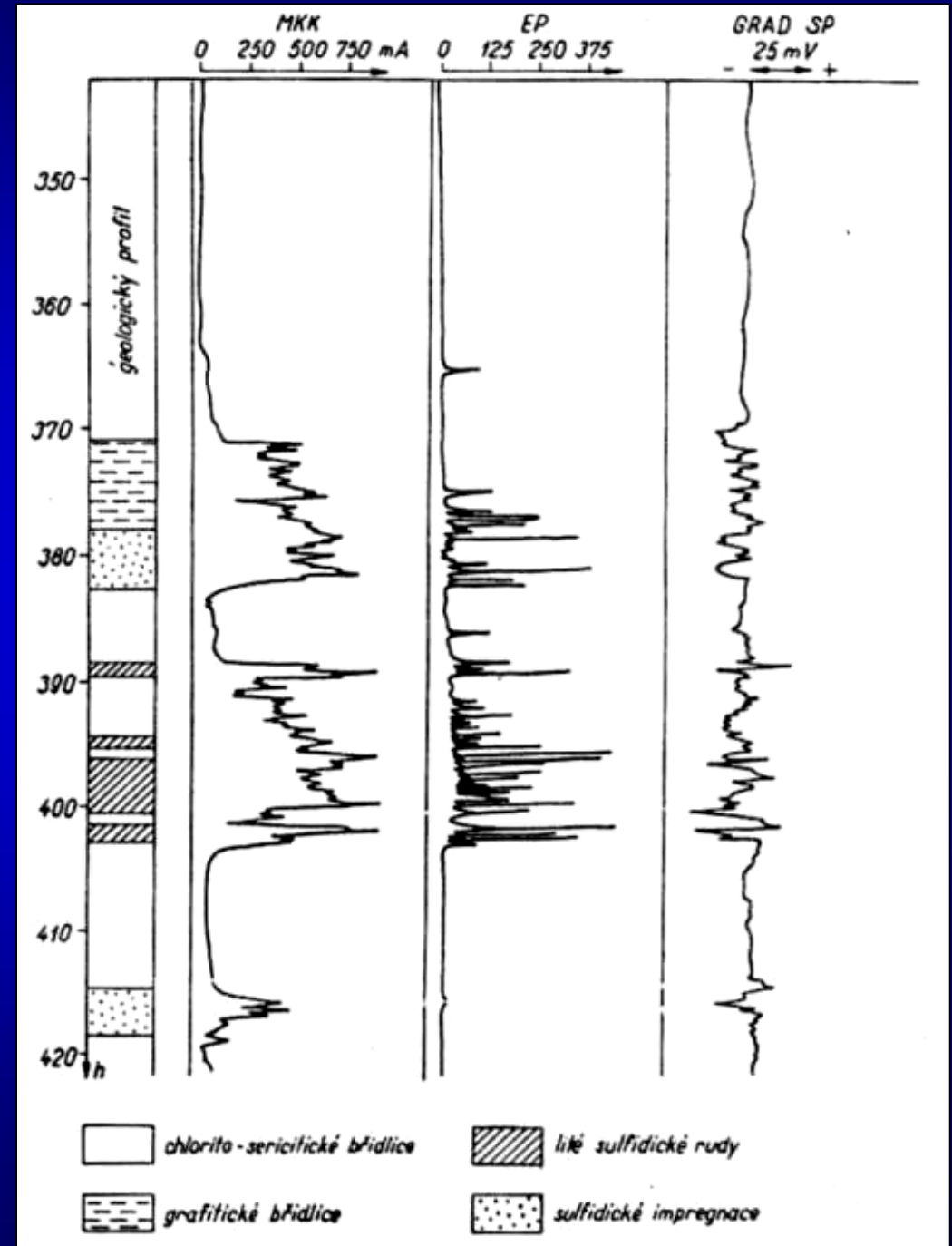


Povrchová geofyzika: gravimetrie

- přesná detailní metoda registrace změn tíhového pole nad materiály o různé obj. hmotnosti
- aplikovatelná na rel. rozsáhlé sesuvy
- přístroj: GRAVIMETR
- nákladná, zdlouhavá a nepraktická metoda

Karotážní metody (geofyzika ve vrtu):

- elektrická k.: odporová, EP, MKK
(měření změny el. odporu nebo elektrických potenciálů horniny v profilu vrtu)
- gamma k. (registrace přir.rad., rozl. jílu a jílovců od psamitů a psefitů)
- gamma-gamma k. (hustotní; vysílání γ -záření, v materiálech s atomy o at.čísle <30 dochází k rozptylu => registrovaná int. γ -záření nepřímo úměrná hustotě hornin)
- televizní k. („vizuální“/ ultrazvukové ověření rozhraní ve vrtu)
- akustická k. (seizmická metoda přímých vln, zdroj seizm/akustických vln ve vrtu pod rozhraním)
- geoakustika (SARN- subaudible rock noise) snímá ve vrtu „neslyšitelné“ zvuky vydávané horninou při jejím deformování

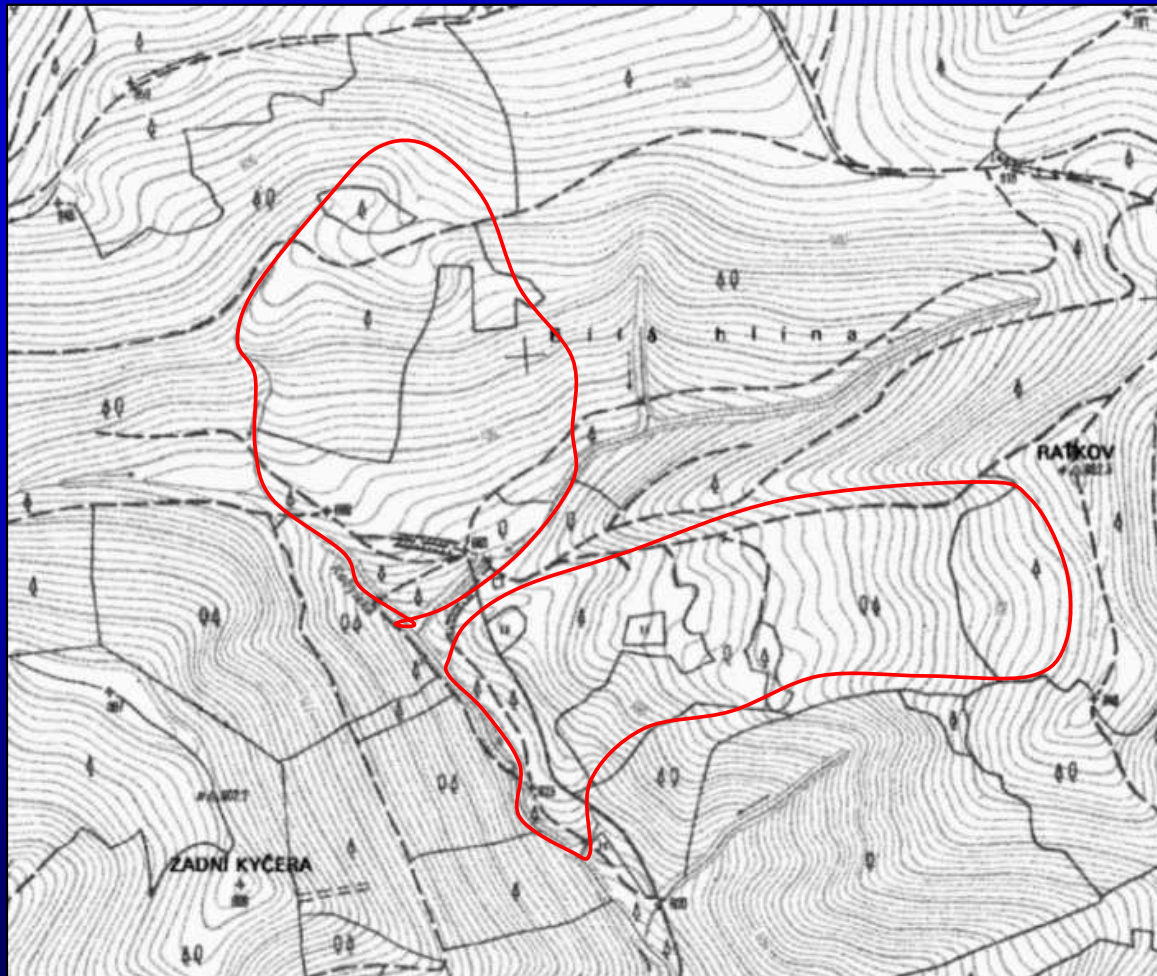


Přehled metod povrchové geofyziky aplikovatelných na S.D.

TYPE OF SURVEY	APPLICATIONS	LIMITATIONS
Electrical and electromagnetic Electrical resistivity	Locates boundaries between clean granular and clay strata, groundwater table, and soil-rock interface	Difficult to interpret and subject to correctness of the hypothesized subsurface conditions; does not provide engineering strength properties
Electromagnetic conductivity profiling	Locates boundaries between clean granular and clay strata; groundwater table, and rock-mass quality; offers even more rapid reconnaissance than electrical resistivity	Difficult to interpret and subject to correctness of hypothesized subsurface conditions; does not provide engineering strength properties
Seismic		
Seismic refraction profiling	Determines depths to strata and their characteristic seismic velocities	May be unreliable unless strata are thicker than a minimum thickness, velocities increase with depth, and boundaries are regular. Information is indirect and represents average values
Direct seismic (uphole, downhole, and crosshole surveys)	Obtains velocities for particular strata, their dynamic properties, and rock-mass quality	Data are indirect and represent averages; may be affected by mass characteristics
Microgravity	Extremely precise; locates small volumes of low-density materials utilizing very sensitive instruments	Use of expensive and sensitive instruments in rugged terrain typical of many landslides may be impractical; requires precise leveling and elevation data; results must be corrected for local topographic features; requires detailed information on topography and material variations; not recommended for most landslide investigations
Ground-penetrating radar	Provides a subsurface profile; locates buried objects (such as utility lines), boulders, and soil-bedrock interface	Has limited penetration in clay materials

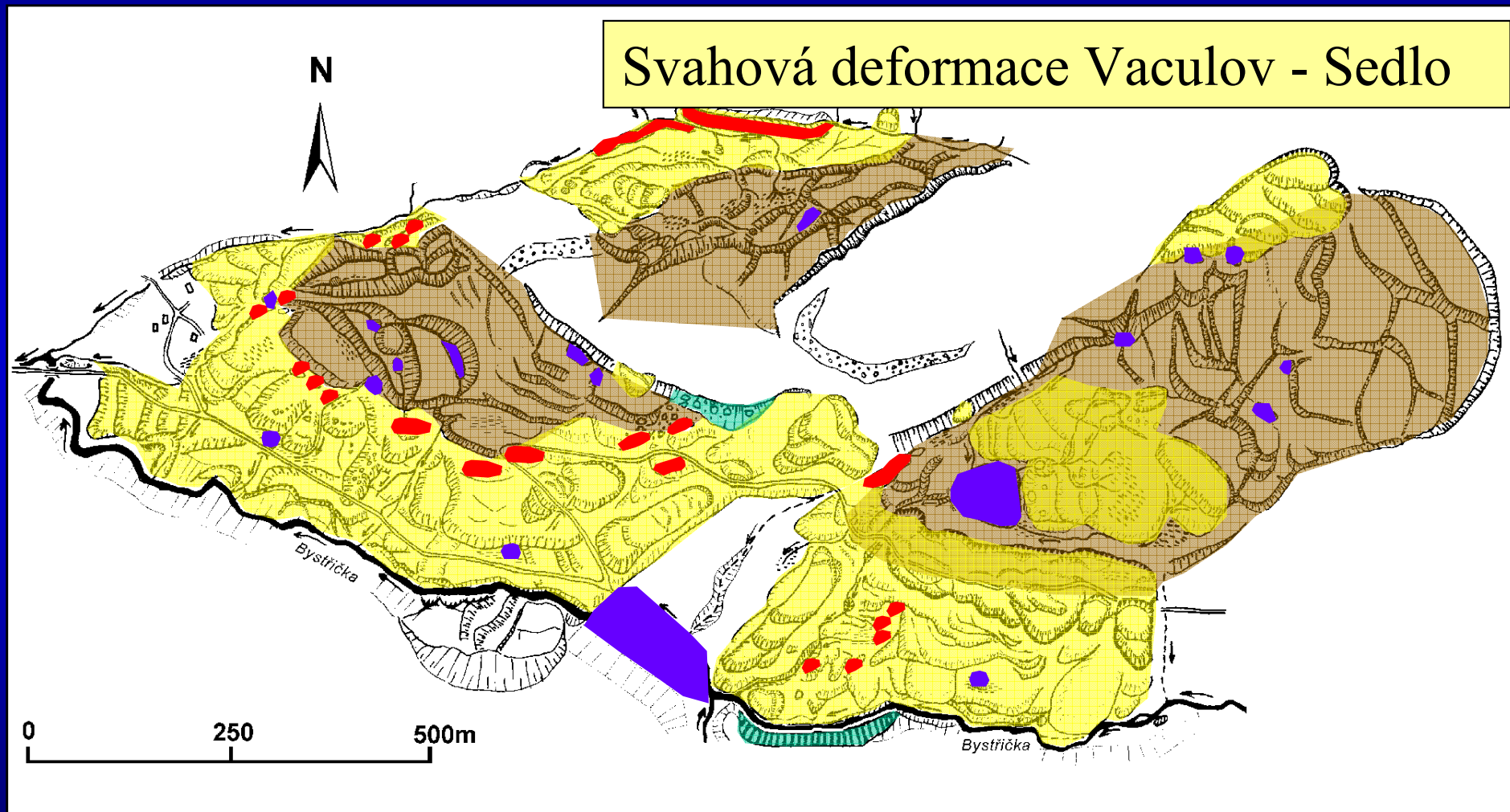
přímé a nepřímé metody průzkumu:
geomorfologické metody

- analýza kolmých leteckých snímků (stereoskopie, 3-D vnímání, vhodné pro přehledný ale neschůdný a plošně rozsáhlý např. vysokohorský terén: Alpy, Apeniny, Andy...)
- analýza vrstevnic na topografických mapách velkého měřítka



přímé a nepřímé metody průzkumu:
geomorfologické metody

- geomorfologická rekognoskace a inventarizace;
- účelové geomorfologické mapování (tachymetrie, skicování, interpolace);



block-type movement



pressure ridges



former and present
lakes, swamps

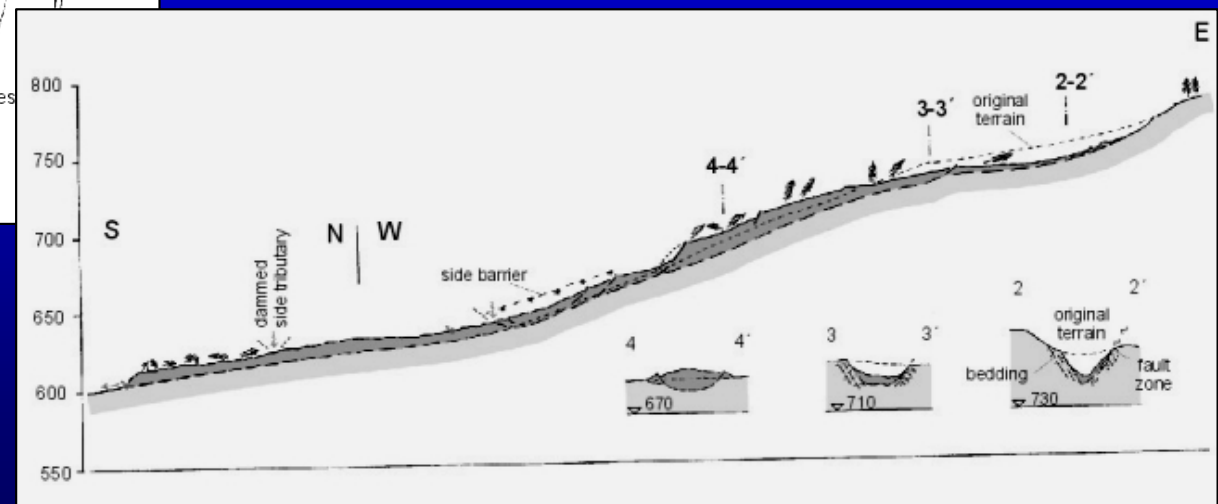
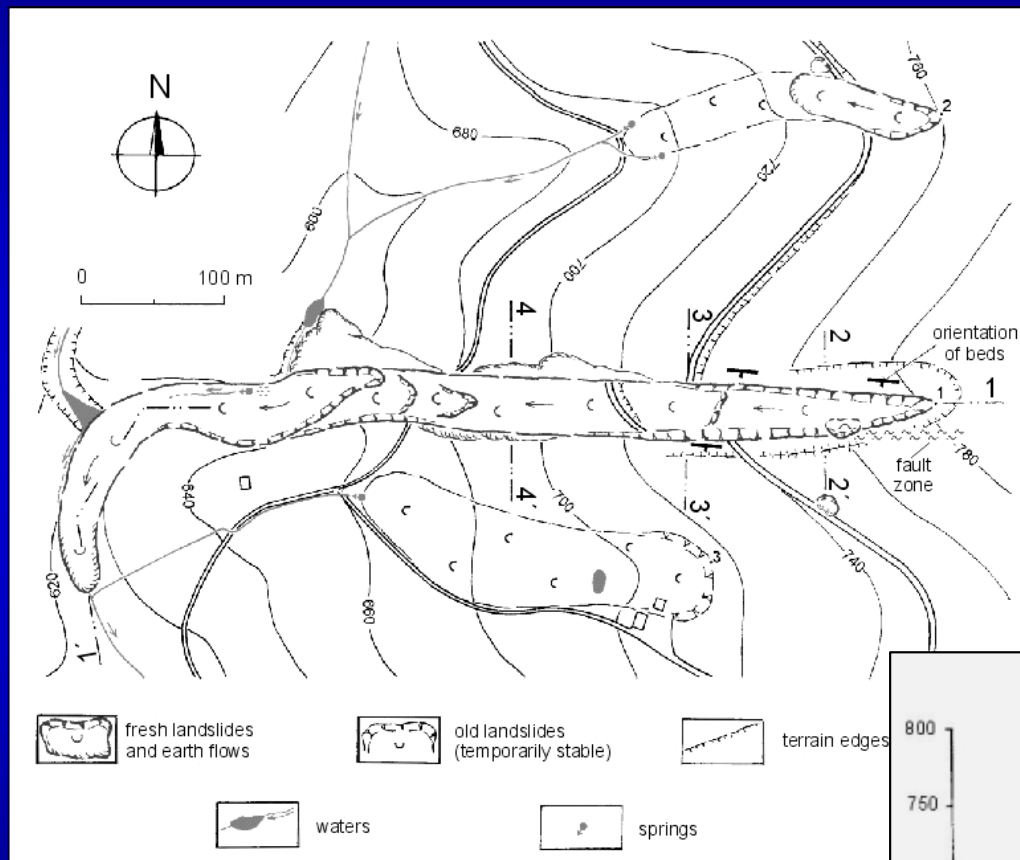


mixed-colluvium
movement



rock-fall scarps

přímé a nepřímé metody průzkumu:
geomorfologická mapa a řezy
(Malá Brodská - *Rybář et al. 2001*)



přímé a nepřímé metody průzkumu: **bioindikační metody**

- dendrologické metody
(dendrogeomorfologie, lépe dendroinklinometrie)
- typické druhy rostlin
(mokřadní byliny, přesličky)



Výtlačné vrásky (Vaculov-Sedlo)



Výtlačné vrásky (Vaculov-Sedlo)



Metody datování a paleoenvironmentálních studií S.D.

Úvod

- pro předpovědi aktivace sesuvů v budoucnu je třeba porozumět klimatickým cyklům v minulosti;
- pokud se nám podaří datovat dobu vzniku sesuvů, jsme schopni rozpoznat období zvýšených až extrémních srážkových výkyvů;
- sesuvy mohou tedy vypovídat o změnách klimatu a prostředí v minulosti;

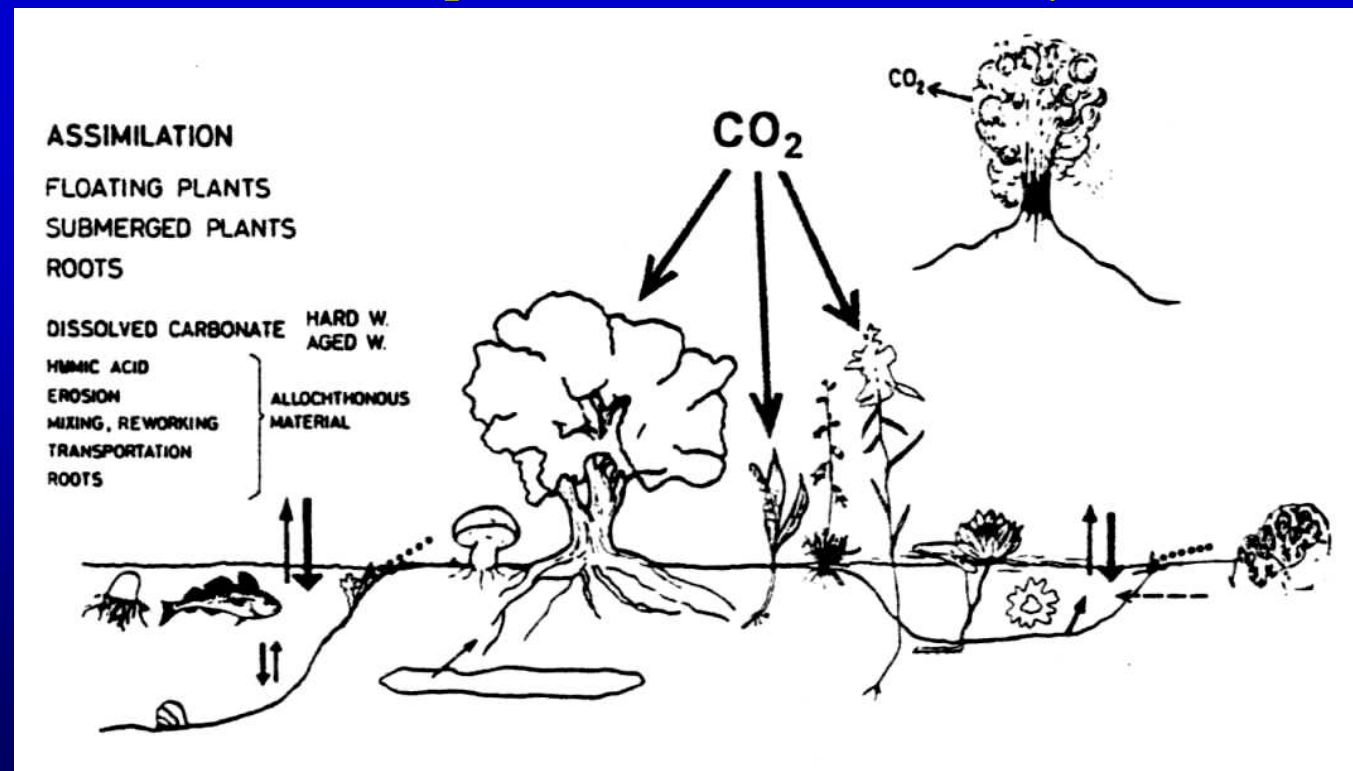
Hlavní metody datování sesuvných událostí

1. radiokarbonové datování organické hmoty
2. pylová analýza
3. malakozoologická analýza
4. metoda superpozice (spraší překryté sesuvy)
5. tefrostratigrafie

Metody datování sesuvných událostí

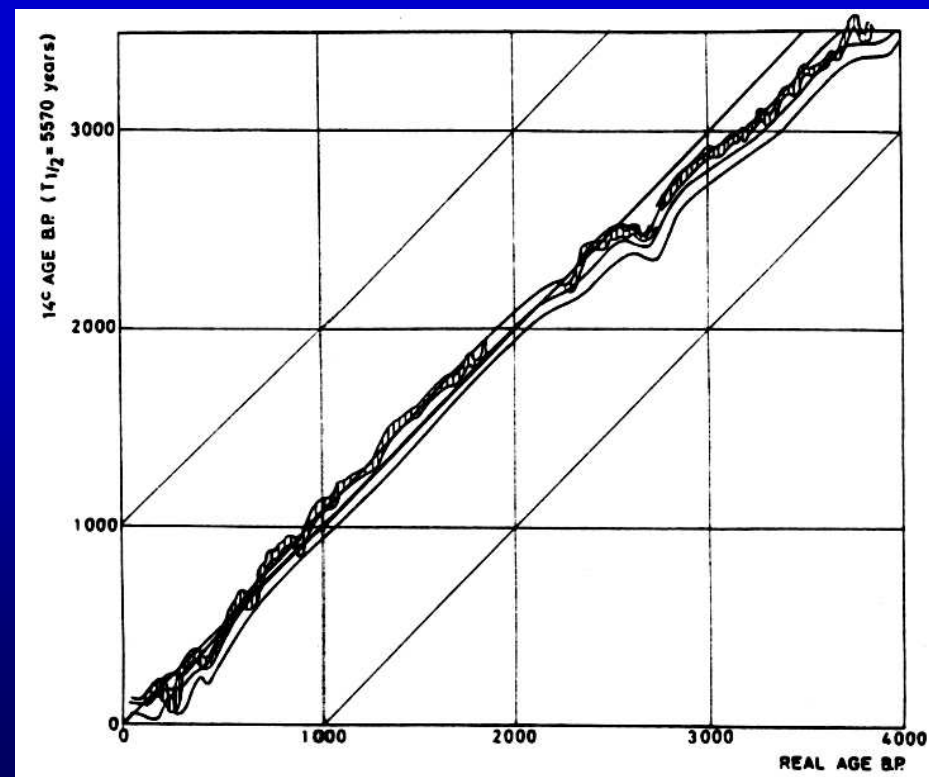
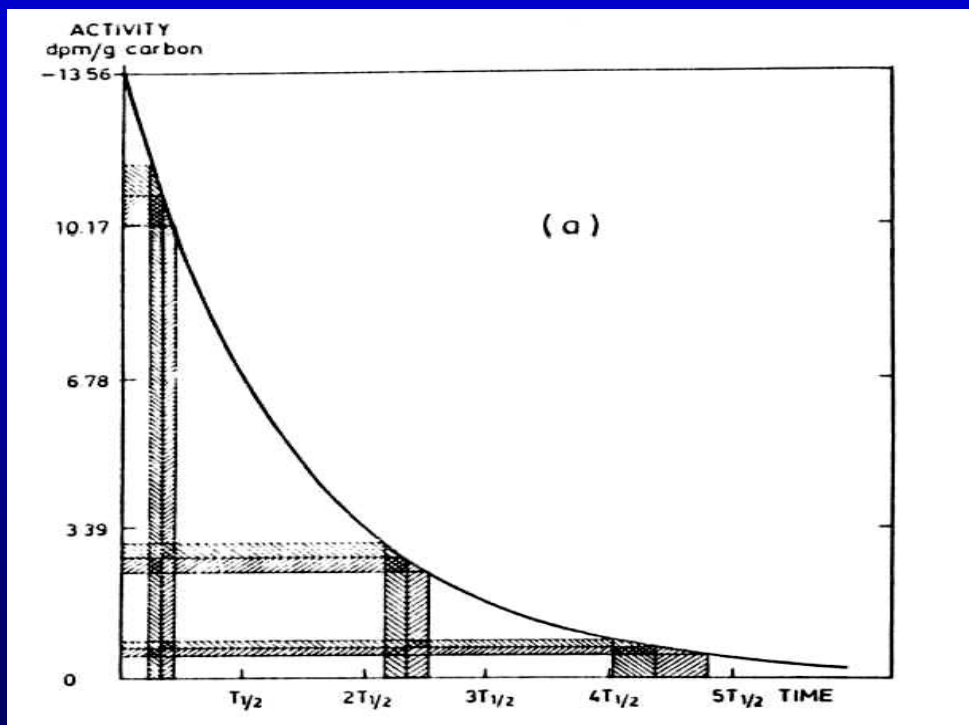
1. radiokarbonové datování organické hmoty

- materiál: kmeny stromů, rozptýlená organická hmota (rašelina, ostřice, řasy.....)
- založeno na úbytku izotopu uhlíku ^{14}C jeho radioaktivním rozpadem;
- kosmogenní izotop ^{14}C se asimilací nebo potravou váže na datovaný biologický materiál;



Metody datování sesuvných událostí

- po odumření organismu se obsah izotopu ^{14}C v jeho těle stabilizuje a poté postupně klesá v určitém množství za jednotku času = poločas rozpadu (5570 let) ve prospěch stabilního izotopu ^{12}C ;
- přesným změřením zbývající radioaktivity izotopu ^{14}C lze přibližně zjistit dobu od jeho zakomponování do organismu (nutno kalibrovat na změny poměru $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ v minulosti);



Metody datování sesuvných událostí

2. pylová analýza

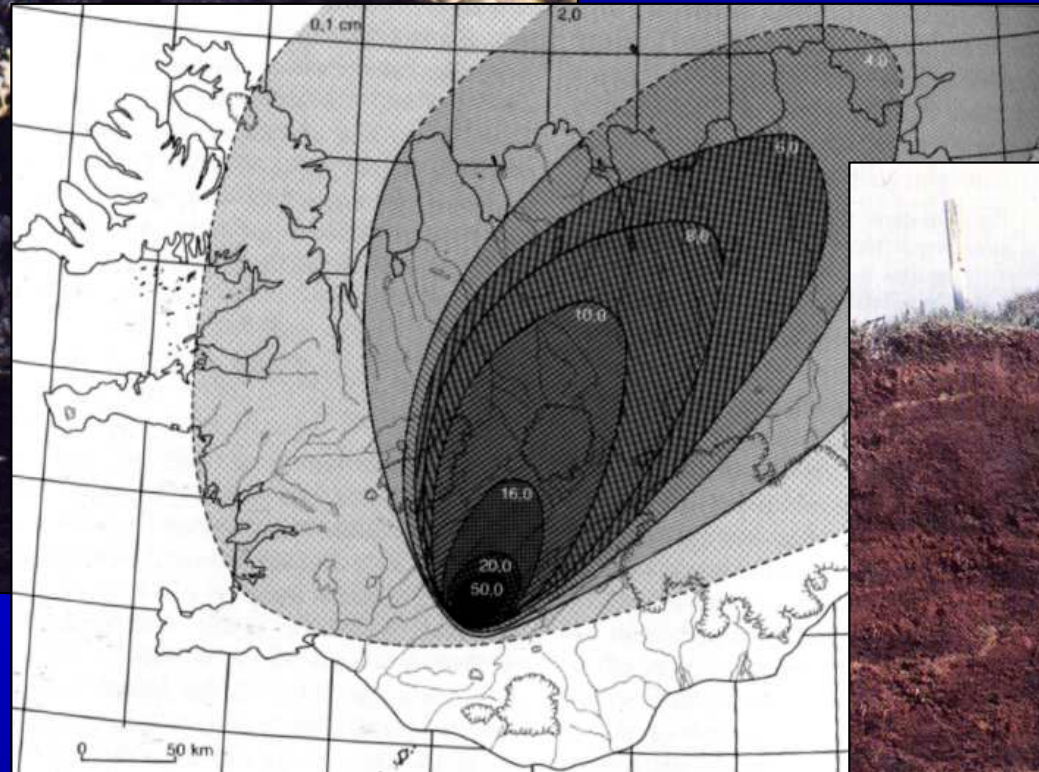
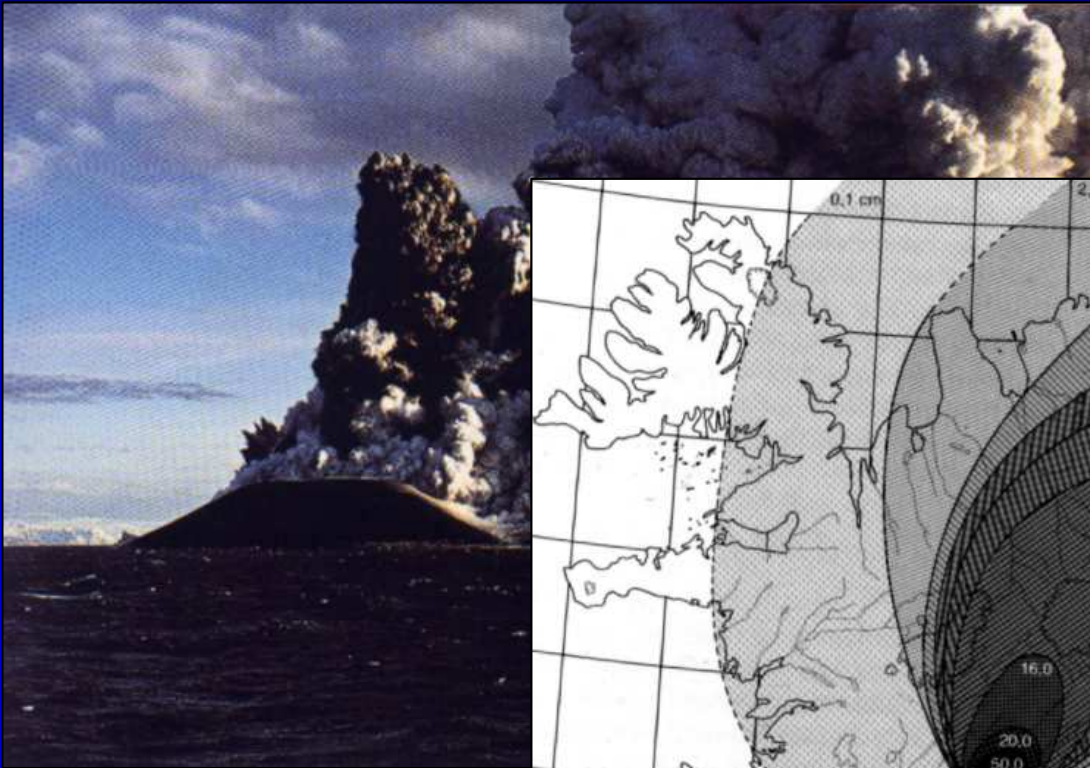
- nepřímá metoda
- rostliny, žijící v určitém prostředí, produkují pyl. zrna, která se uloží v sedimentu;
- stěna zrn je velmi odolná;
- po preparaci vypovídají zrna o společenstvu rostlin v době usazení;

Metody datování sesuvných událostí

4. Malakozoologická analýza:

- ve vápnitém prostředí (např. pramenné vápence – pěnovce) jsou uchovány schránky měkkýšů;
- určité druhy poměrně citlivě vypovídají o charakteru okolí i době vzniku sedimentu;

5. tefrostratigrafie



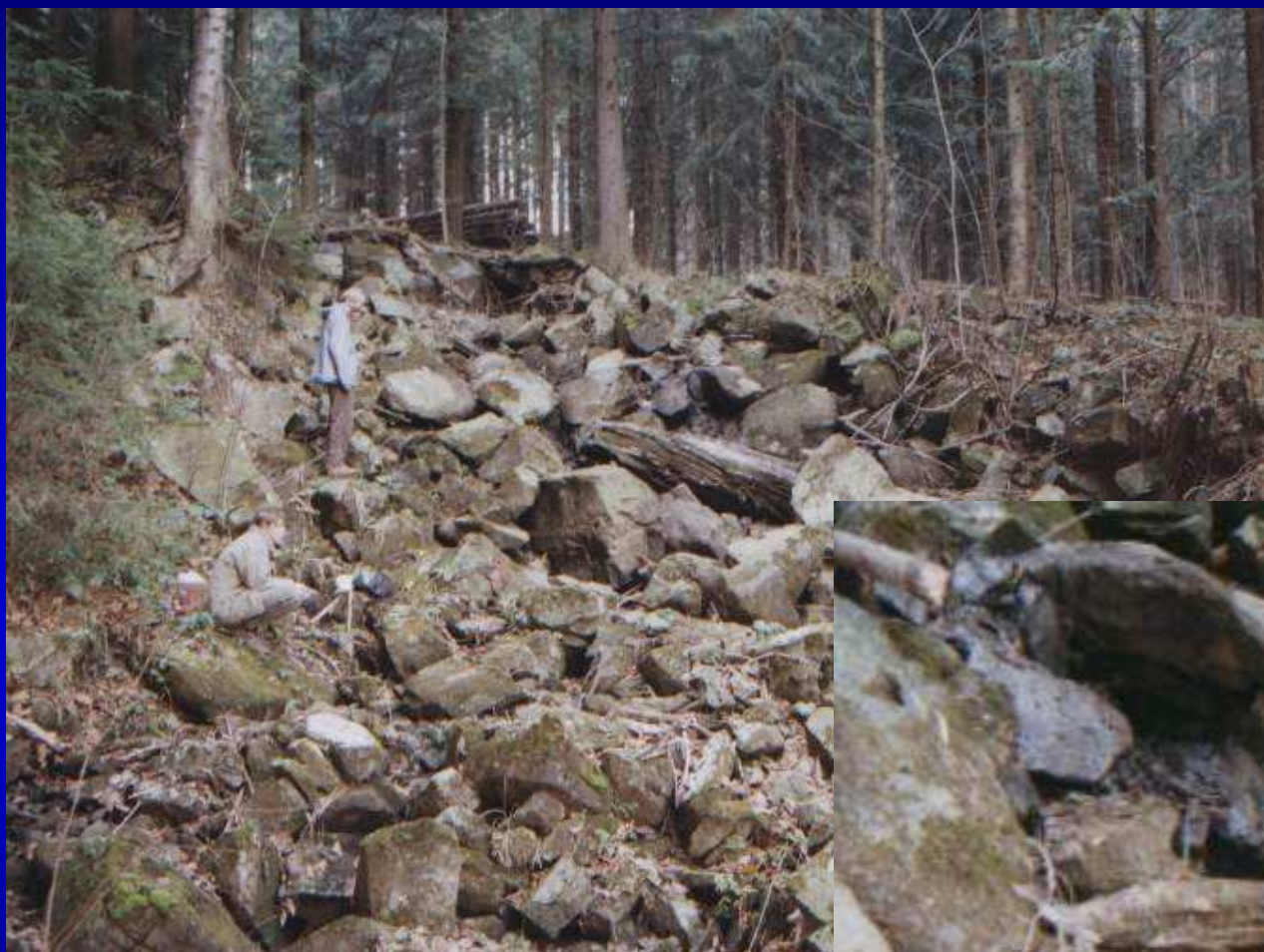
Typy sedimentačních prostorů – „pramenné vápence“

- pěnovce vznikají vyluhováním CaCO_3 z podložní horniny a jeho opětným vysrážením na povrchu;
- vznikají nejružnější tělesa (kupy, kaskády atp.), která lze často korelovat s tělesy sesuvů;
- datování: malakozoologické, radiokarbonové;

Problém !! Nedostatek pěnovců v sesuvných územích na Vsetínsku.



Typy sedimentačních prostorů – akumulace sesuvů



- spodní část s. deformací;
- promísený balvanito - kamenitý materiál s jílovitou matrix;
- možnosti: radiokarbonové datování pohřbených kmenů



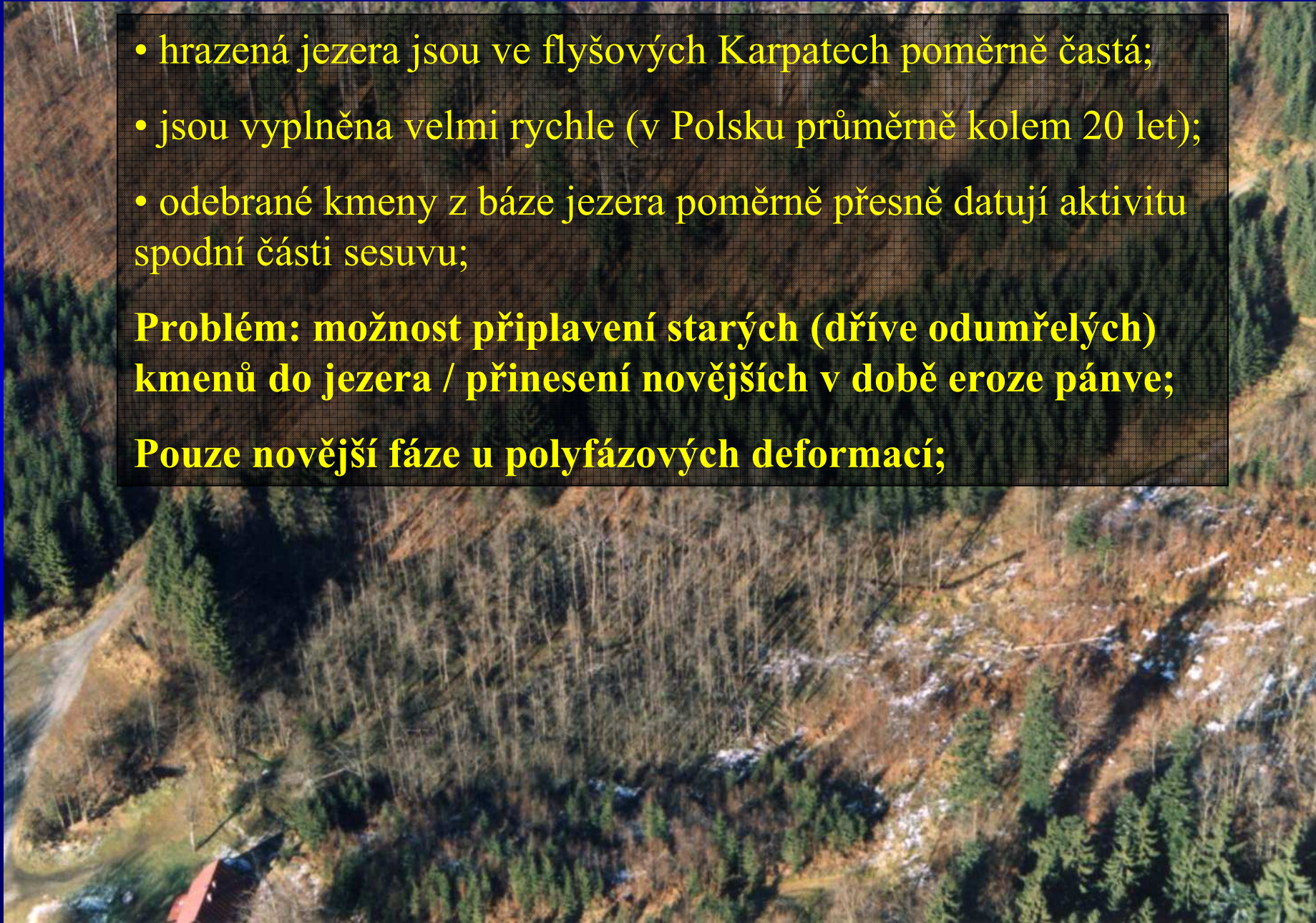
problém: možnost
několikanásobného přemístování
a pohřbení kmenů;

Typy sedimentačních pánví – hrazená jezera

- hrazená jezera jsou ve flyšových Karpatech poměrně častá;
- jsou vyplněna velmi rychle (v Polsku průměrně kolem 20 let);
- odebrané kmeny z báze jezera poměrně přesně datují aktivitu spodní části sesuvu;

Problém: možnost připlavení starých (dříve odumřelých) kmenů do jezera / přinesení novějších v době eroze pánve;

Pouze novější fáze u polyfázových deformací;



Typy sedimentačních pánví – „čelní jezera“

- poměrně vzácnější, výskyt před akumulacími čely a na akumulacích;
- datují nepříliš dobře definovatelný úsek aktivity;
- možnosti datování: pylová analýza;
- jsou pouze krátkodobá, mělká a nevýznamná;

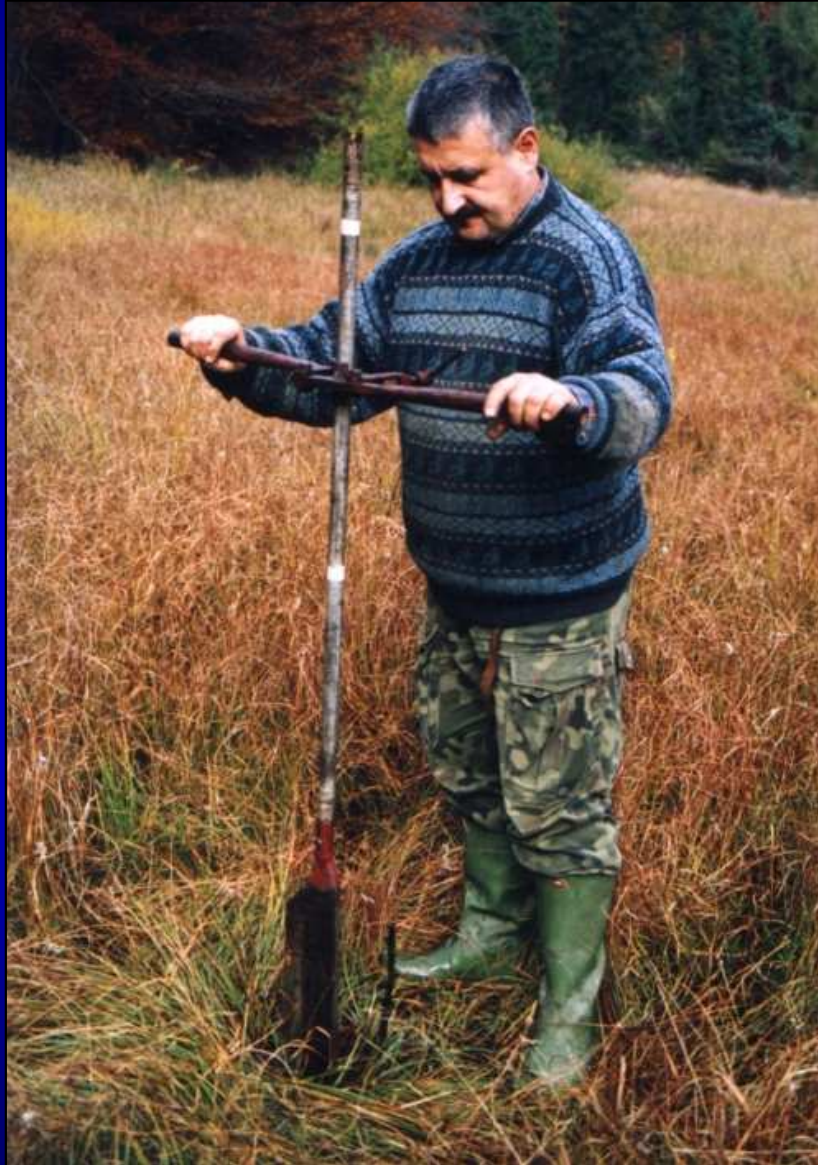


Typy sedimentačních pánví – týlní jezera a deprese



- poměrně častá;
- vznik v blízkosti odl. srázů v blokových částech deformace;
- možnosti datování: radiokarbonové, pylová analýza;
- **Problém: získaná data jsou o něco mladší než vznik sesuvu;**
- paleoklimatický výzkum: poměr organické a minerální sedimentace

Odběr vzorků: ruční vrtná souprava „INSTORF“

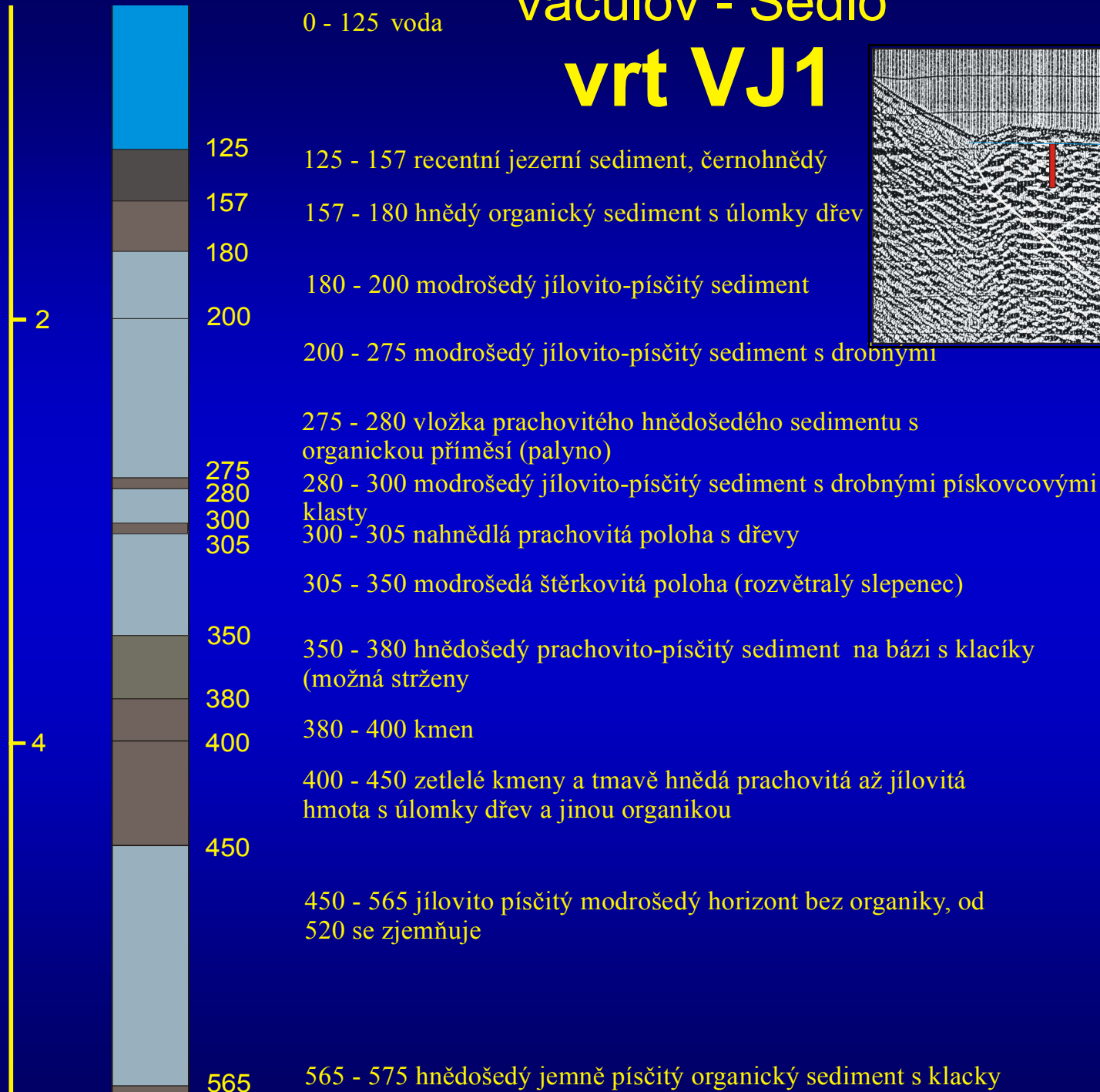
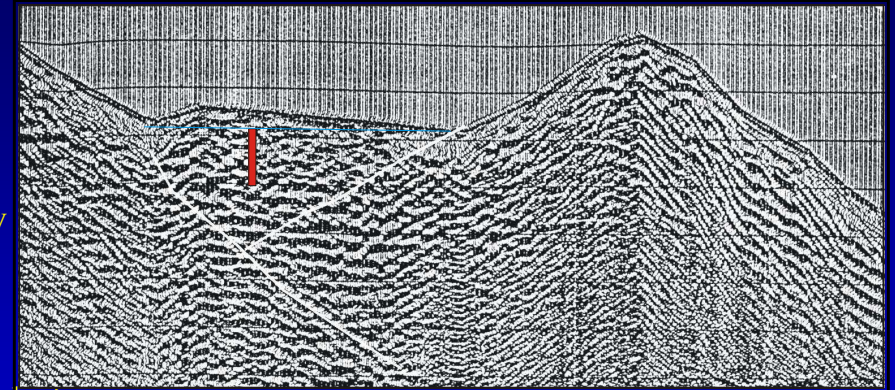


Odběr vzorků: týlní deprese na Vaculově a Kobylské

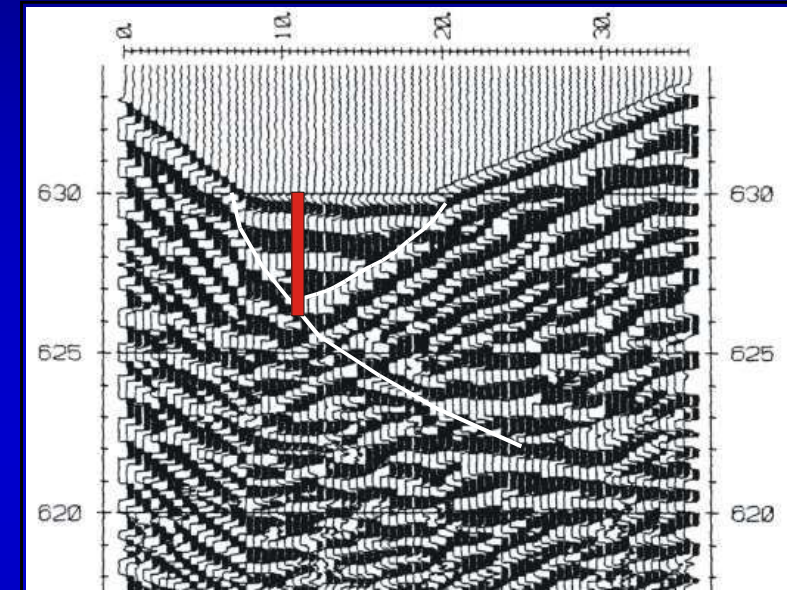
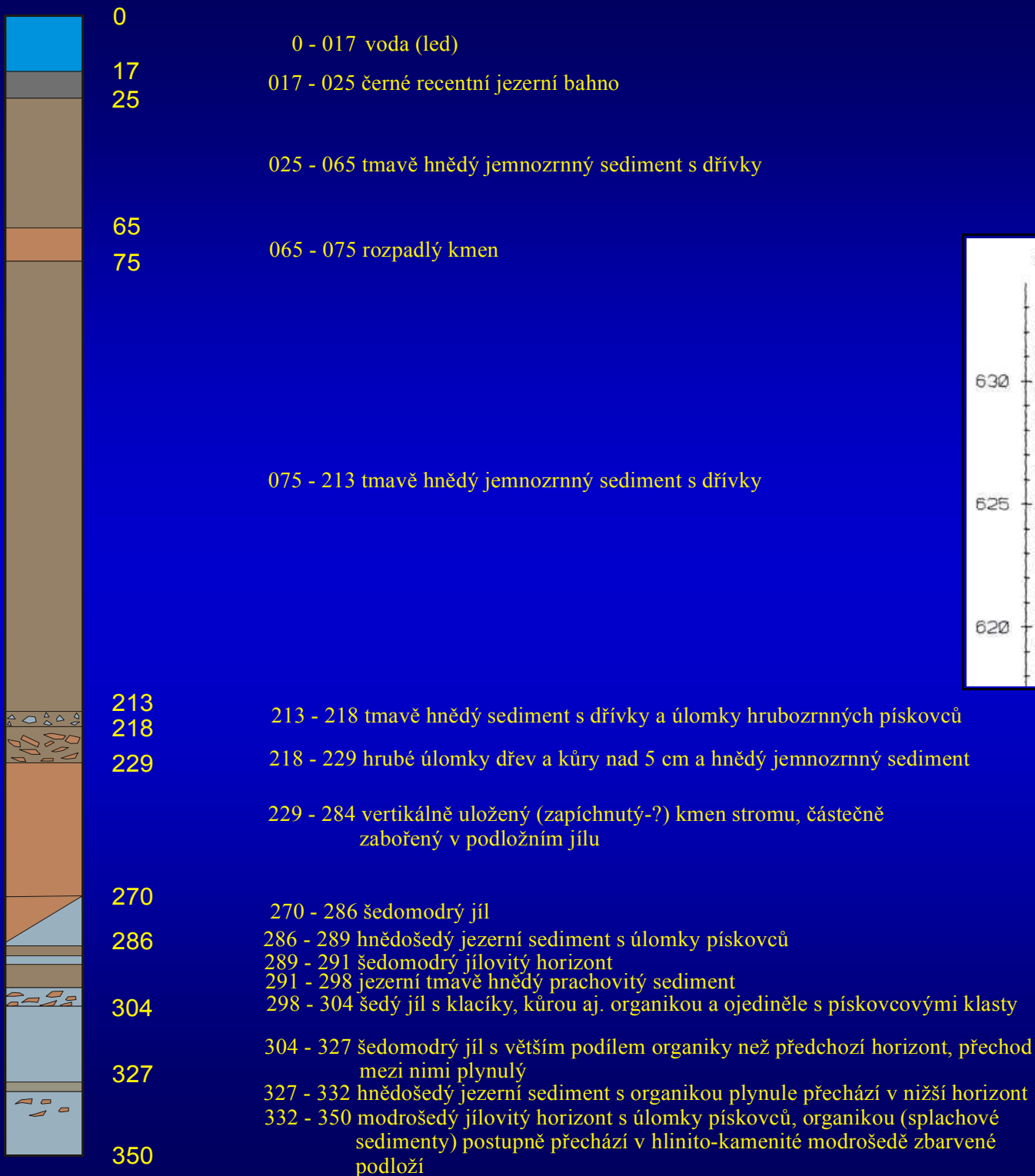


Vaculov - Sedlo vrt VJ1

0 - 125 voda



Vaculov - Sedlo vrt VJ2/2

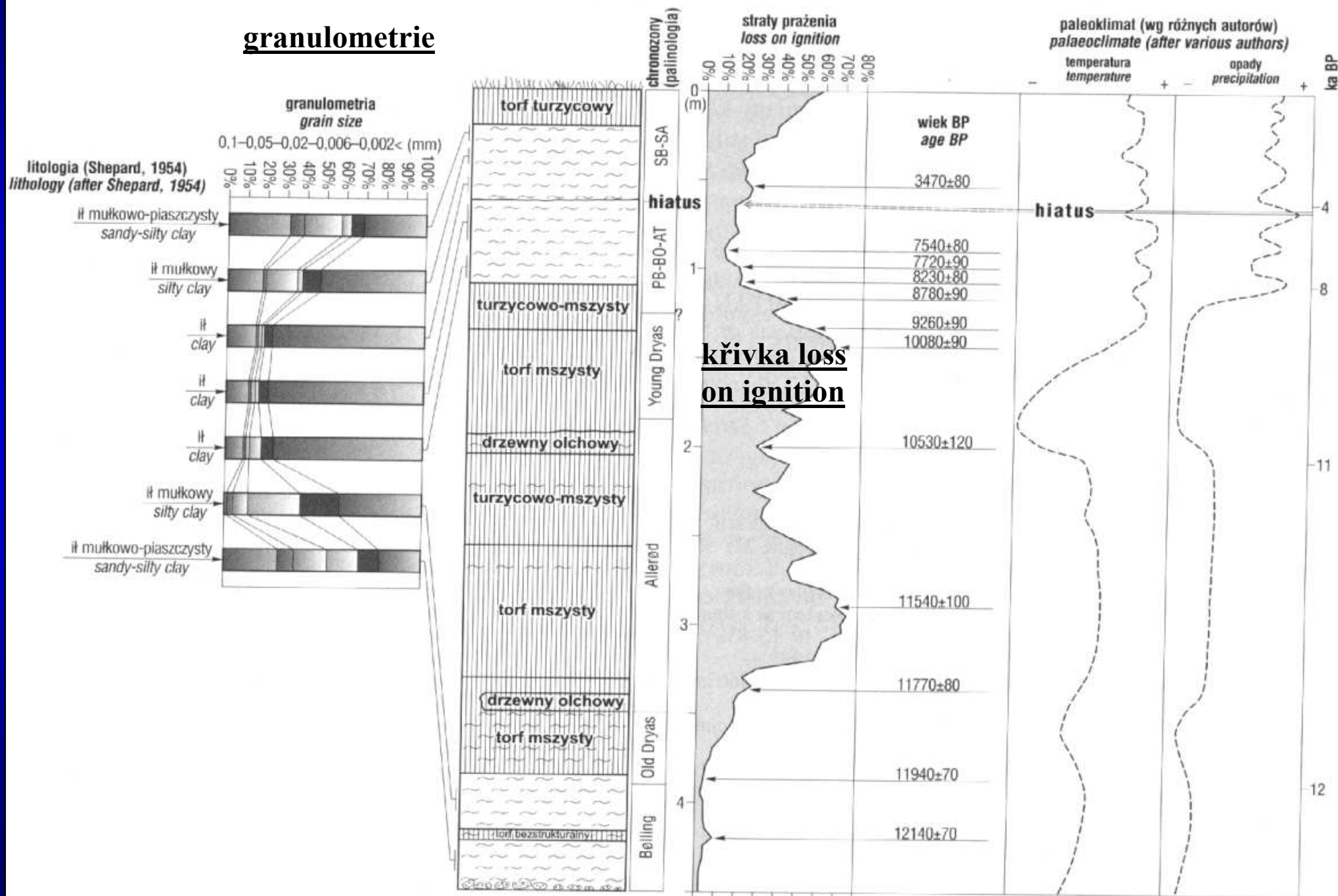


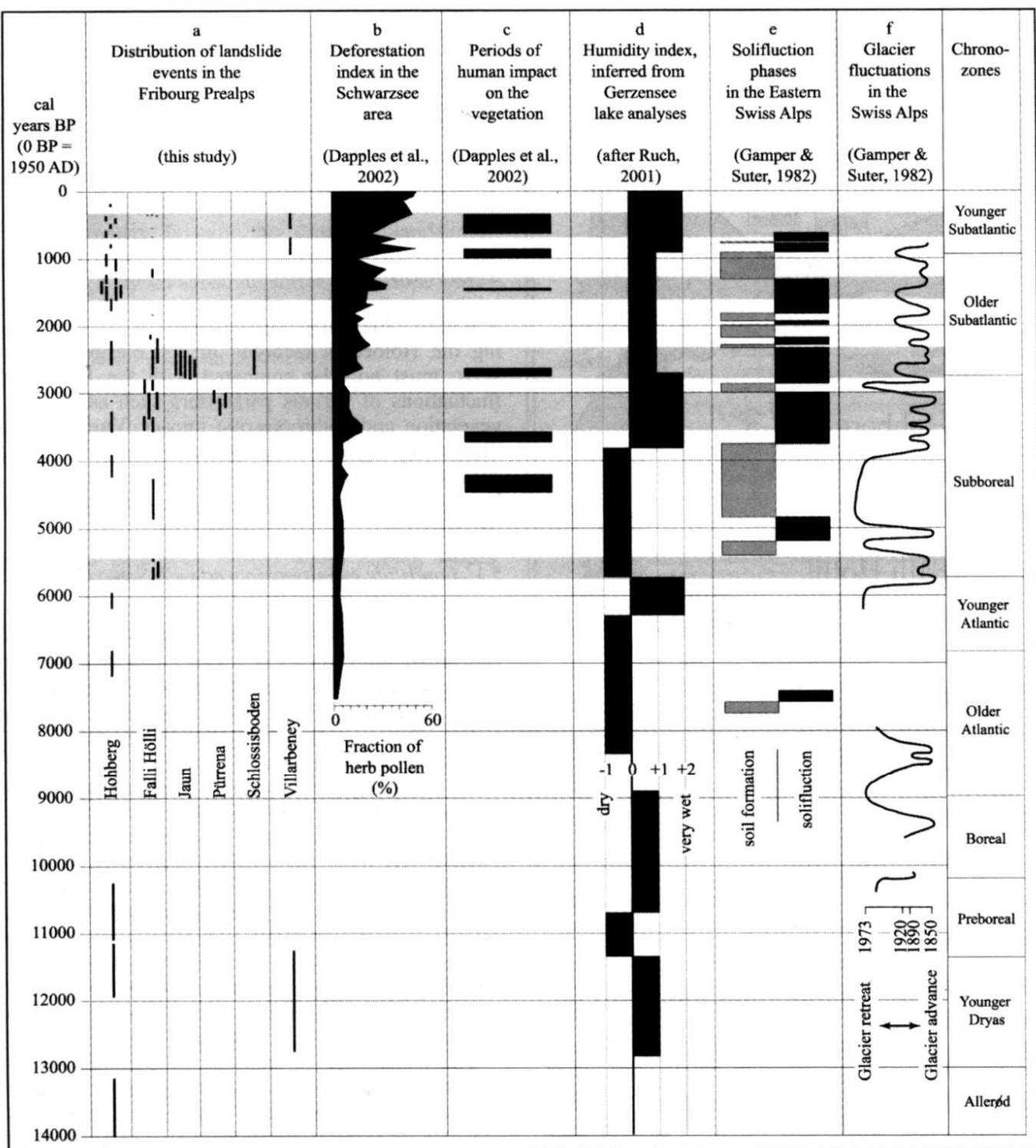
Charakter sedimentů v týlních depresích



Další metody paleoklimatického výzkumu týlních depresí (Margielewski 2001)

granulometrie



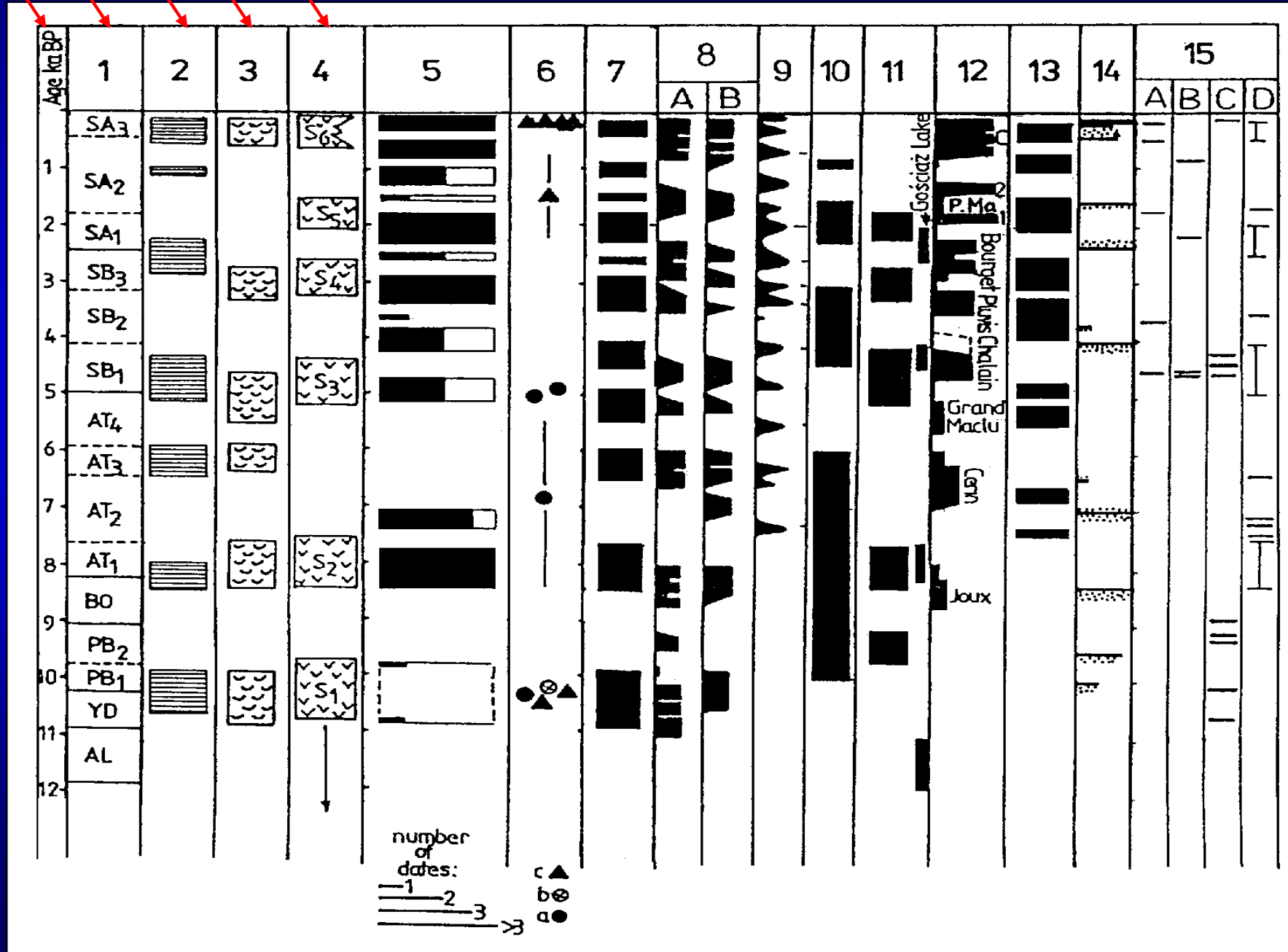


**Sesuvné fáze
pozdního glaciálu a
holocénu ve
Švýcarských Alpách
(Dapples et al. 2002)**

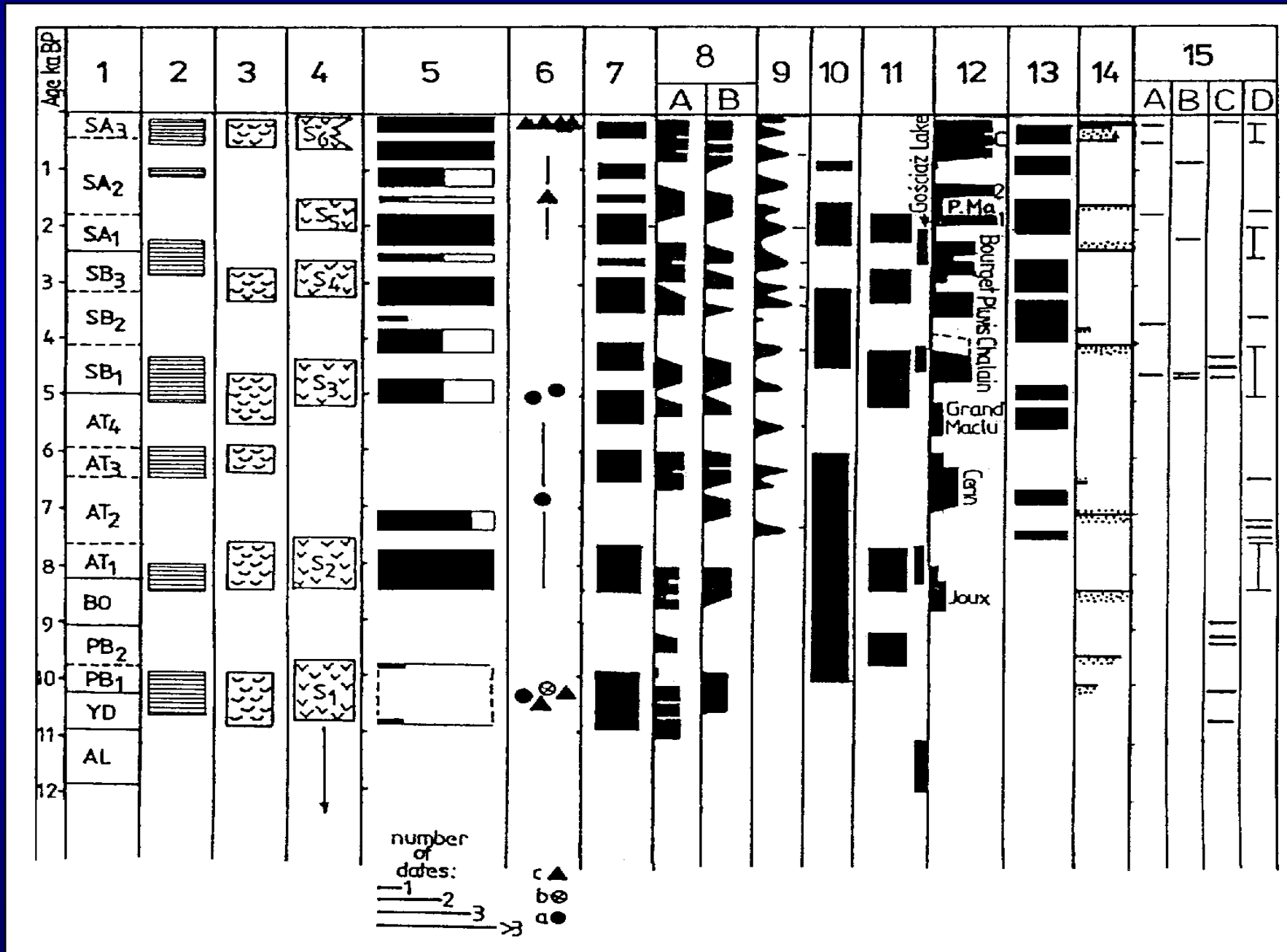
Sesuvné fáze pozdního glaciálu a holocénu v Evropě

(Margielewski 1998)

věk (1000 let) DrobokajpaKarpaty



Sesuvné fáze pozdního glaciálu a holocénu v Evropě (Margielewski 1998)



stabilizace svahových deformací

- **okamžitá opatření** (odvedení přítoku povrch. vod, vyčerpání studní, zaplnění a zadusání trhlin)
- **terénní úpravy** (odlehčení odlučné oblasti, přetížení paty svahu porézním materiálem, shlazení terénních nerovností / depresí)
- **odvodnění:**
 - a) **povrchové** (samo o sobě nestačí, je však důležité)- příkopy, rýhy
 - b) **podpovrchové** - subhorizontální vrty, „vrtná hnízda“, čerpací vertikální studny, trativodní rýhy (žebra);

důležitá provázanost odvodňovacích systémů

- **sanace rostlinným porostem:** travní a dřevinný porost mechanicky zpevňuje, aktivně vysušuje svah (evapotranspirace) - tráva až do hl. 2,5 m a pasivně vypařuje dešťovou vodu na listech (velký povrch)
- **geotechnické konstrukce:** zárubní, opěrné, kotvené a pilotové zdi, kotvené svahy přemostění sesuvu či infrastruktury.....



Veselá - Zašová (*Maršálek 2003*)



Zárubní zed' - Ústí u Vsetína (Maršálek 2003)



Gabionová opěrná zeď - Vsetín Jasénka (Maršálek 2003)

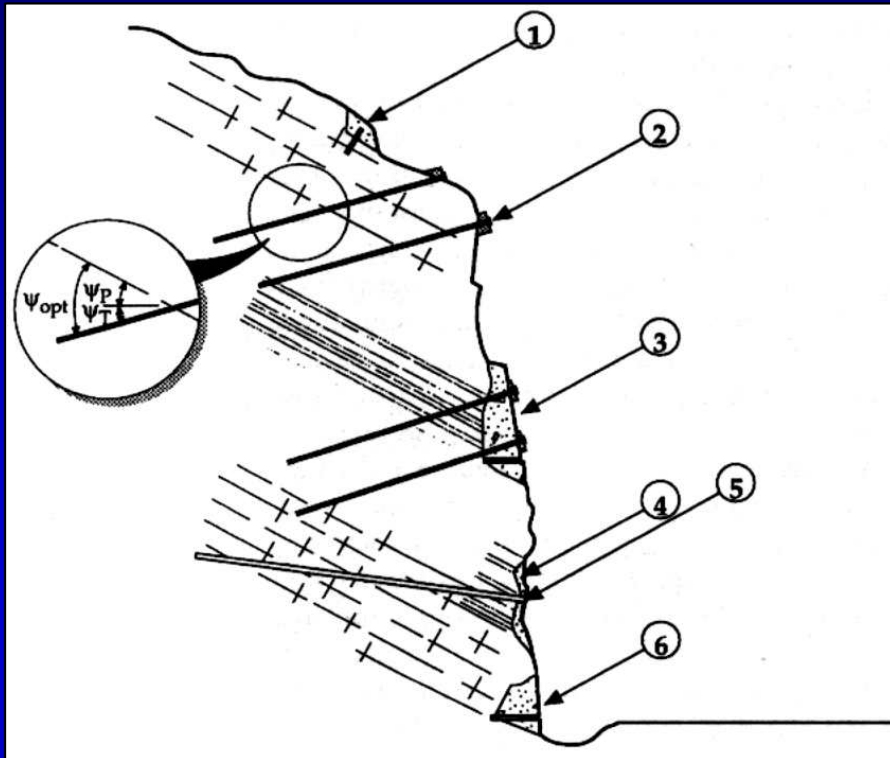


Gabionová opěrná zed' - Vsetín Jasénka (Maršálek 2003)



Gabionová opěrná zeď - Lidečko Račné (Maršálek 2003)

kotvený svah



přemostění mělkého sesuvu



přemostění žel. trati



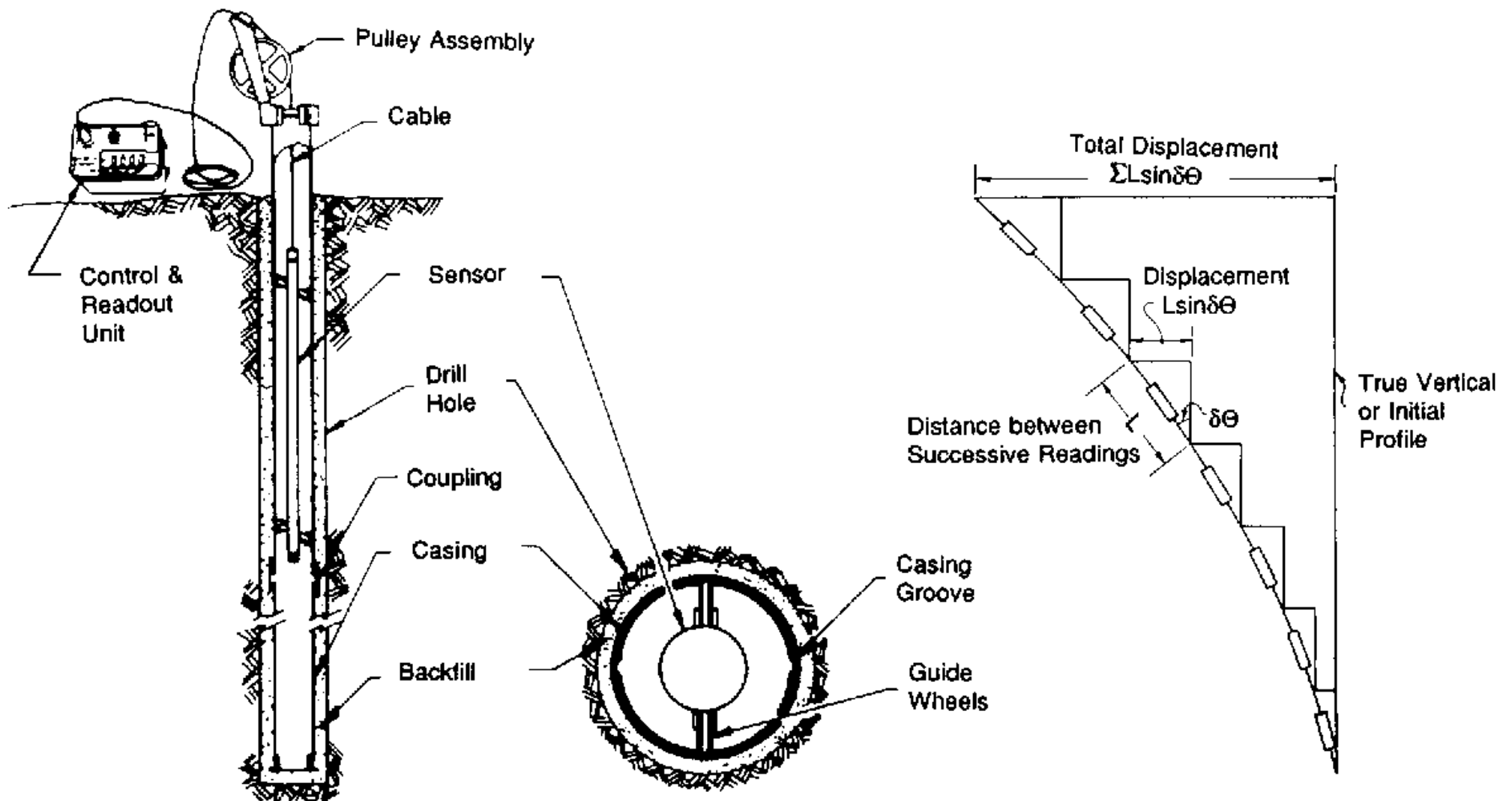
metody měření pohybů

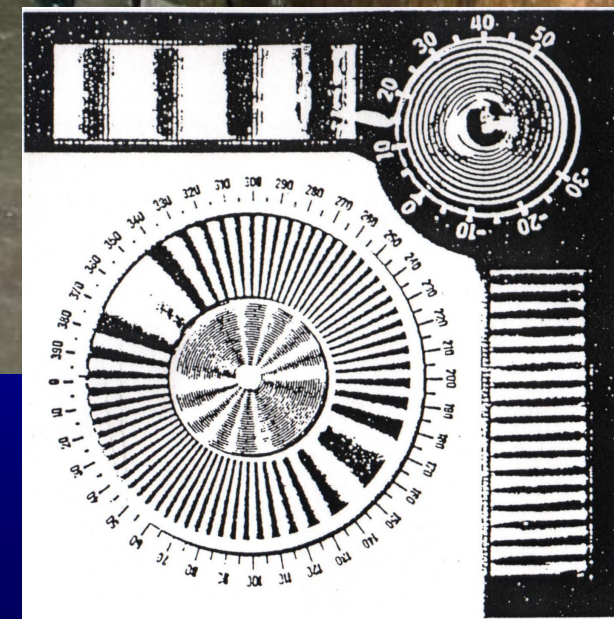
povrchové X ve vrtu (zejm. „přesná inklinometrie“, vrtné dilatometry)

Povrchové: manuální X automatizované (výstražné systémy, lasery, radar)

Povrchové: optické (laser, geodetické/theodolit - nepřes.) X opticko-mechanické (TM 71) X mechanické (pásmové extenzometry, tyčové příložné dilatometry, fixní extezometry, kolíková metoda) X radarové X indukční

měření pohybů ve vrtu: metoda přesné inklinometrie (PIM)





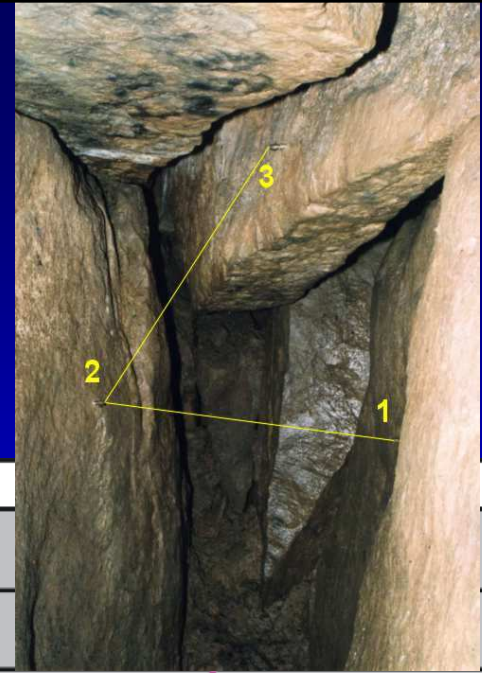
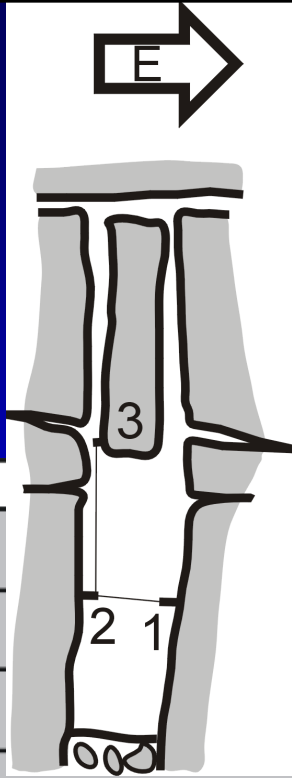
Přístroj TM 71
pracuje na mechanicko-optickém principu
(Jánoš 2003)

Methods of displacement measuring:

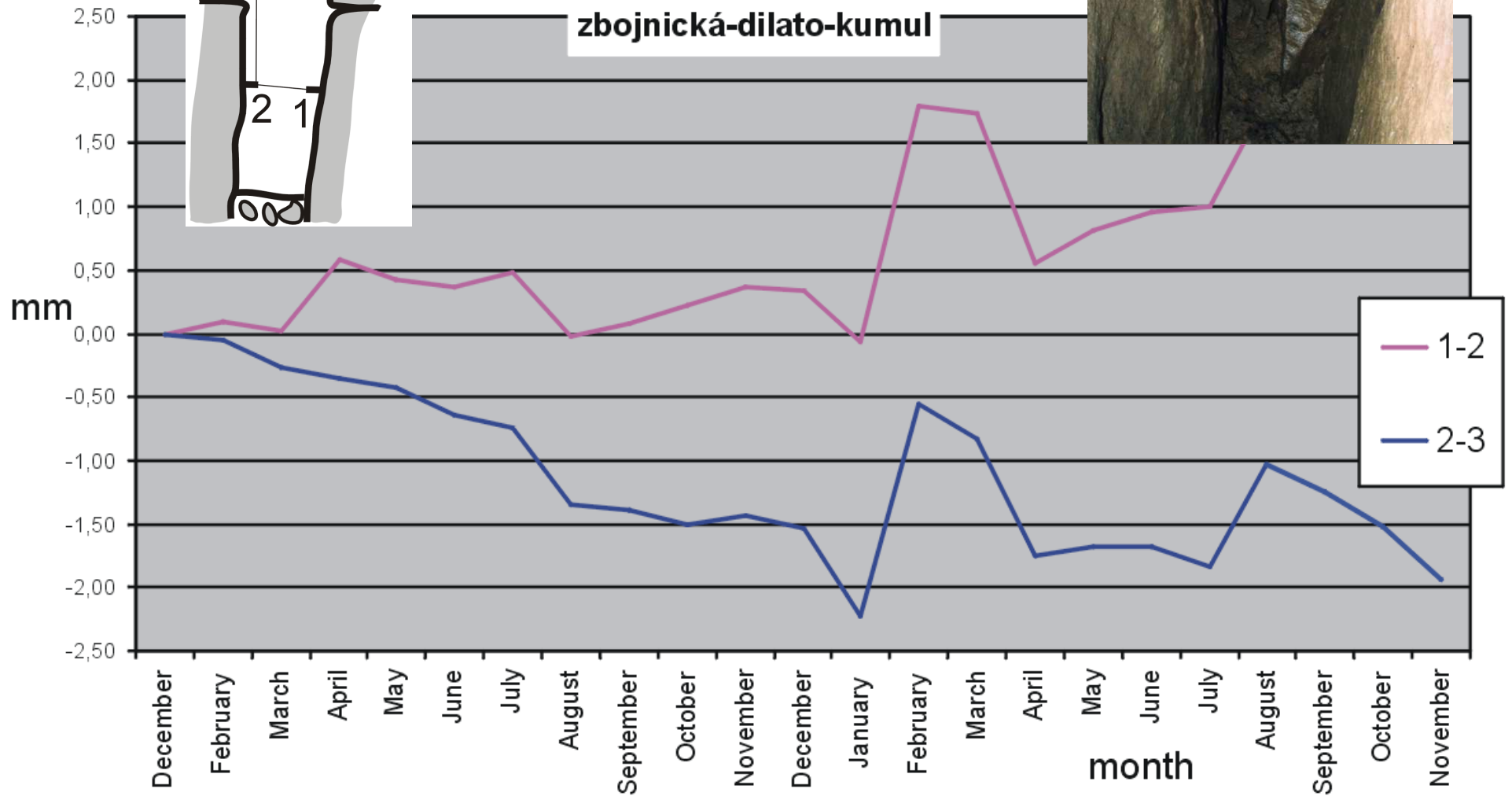
1. Rod dilatometer Hölle (accuracy 10^{-2} mm)



Dynamika pohybů



zbojnická-dilato-kumul



Skalní praskliny



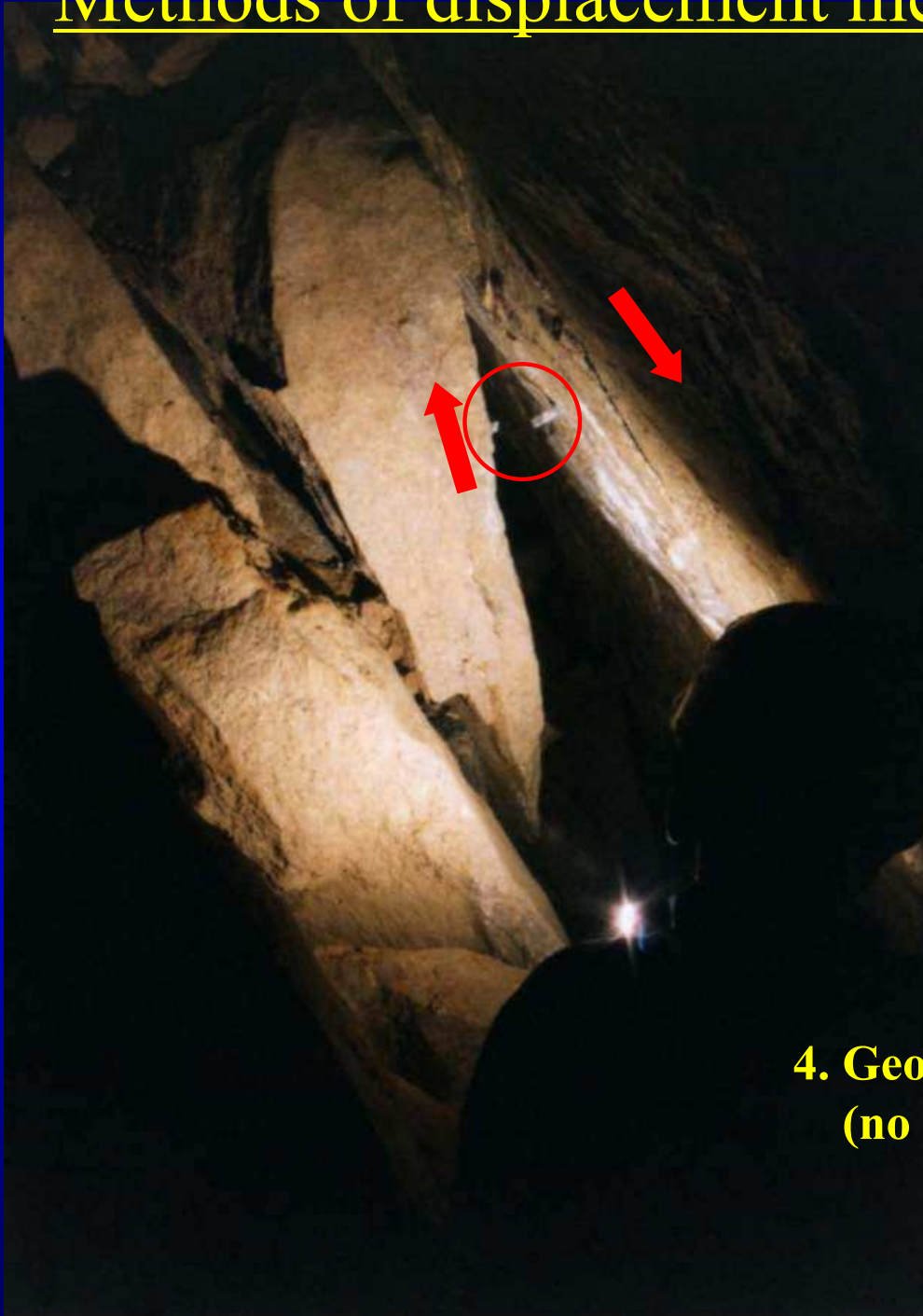
Methods of displacement measuring:

2. Tape extensometer Kobra

(accuracy $0,5 \cdot 10^{-1}$ mm)



Methods of displacement measuring:



3. Glass indicators

(no accuracy - general only!)

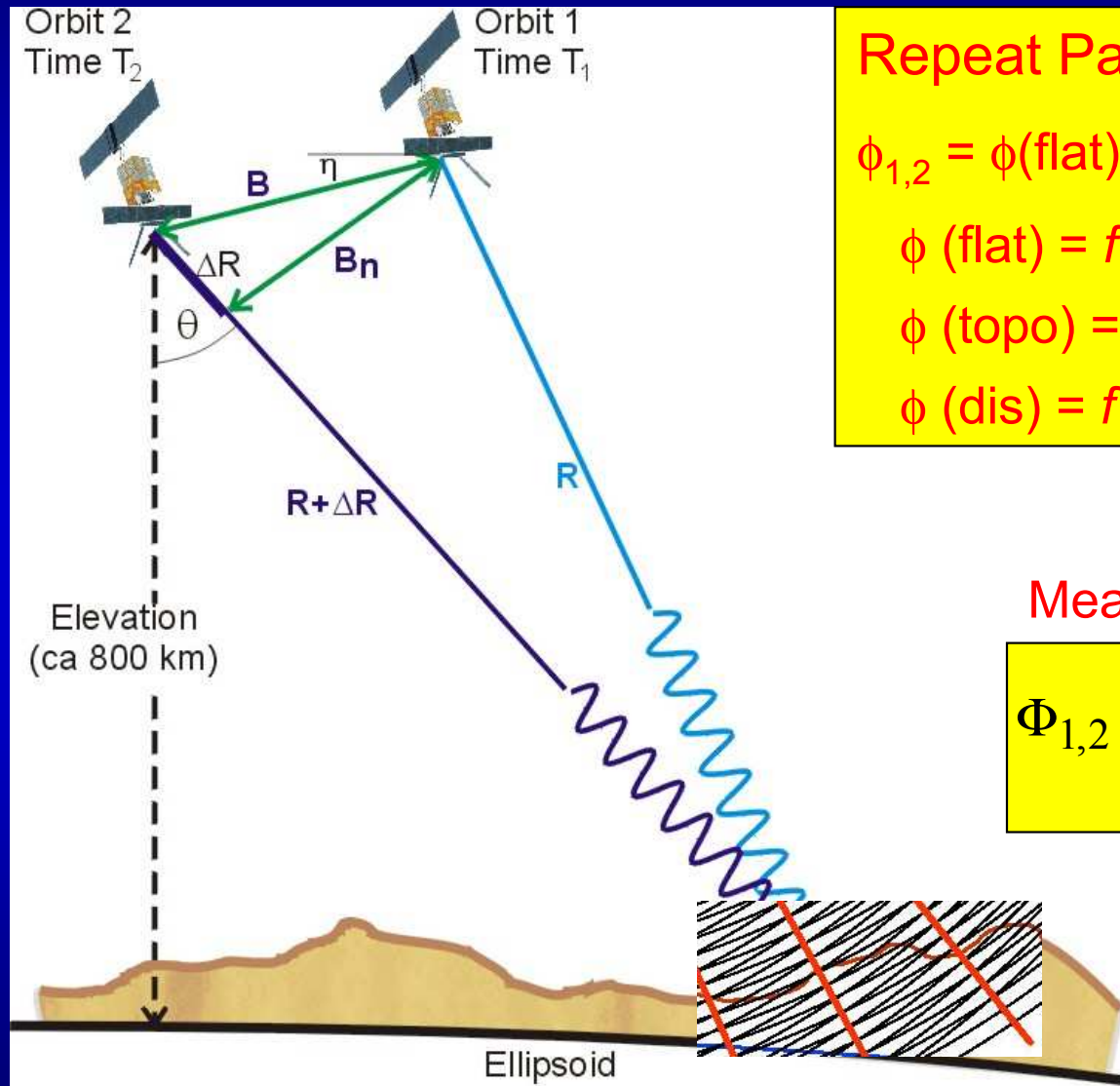
4. Geological structures measurement **(no time accuracy - general only!)**

Landslide Monitoring Requirements and INSAR Applicability

INSAR: AE – Area extended; PS – Permanent Scatterer; GB – Ground-Based

Landslide Motion Monitoring Requirements				INSAR Tools
Resolution	Motion range	Accuracy	Repeat interval	
Rapid slides				
ca. 50 m	> 1 m/d	10 % of velocity	10 min – 2 h	GB
Moderate motion				
ca. 50 m	0.5 m/a – 1 m/d	0.1 m/a – 0.1 m/d	1 – 20 d	AE , GB
Slow slides				
50 m – 100 m	0.01 – 0.5 m/a	0.002 – 0.05 m/a	0.1 - 1 a	PS, AE, GB

InSAR Across Track Geometry



Repeat Pass Interferometry:

$$\phi_{1,2} = \phi(\text{flat}) + \phi(\text{topo}) + \phi(\text{dis}) + \phi(\text{atmos})$$

$$\phi(\text{flat}) = f(\text{baseline; from satellite orbits})$$

$$\phi(\text{topo}) = f(\text{baseline, elevation})$$

$$\phi(\text{dis}) = f(\text{surface displacement})$$

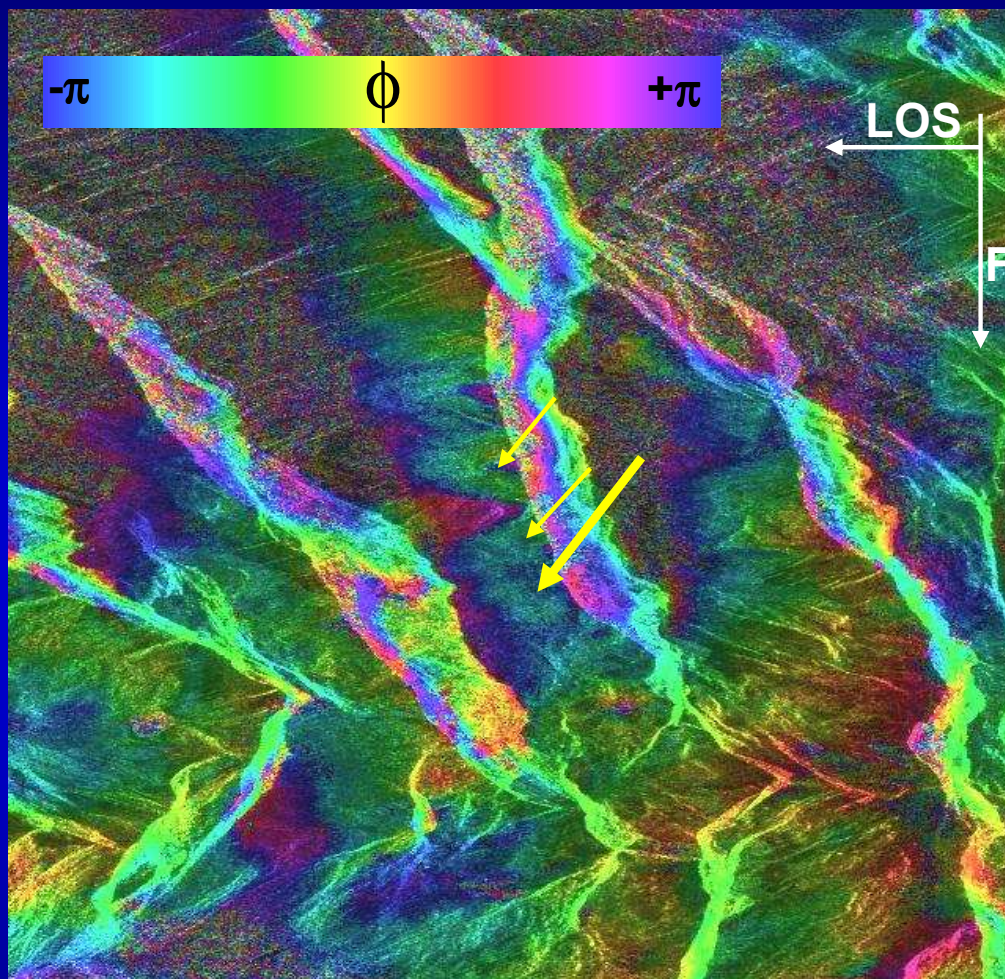
Measured Phase Difference:

$$\Phi_{1,2} = \frac{4\pi B}{\lambda} \sin(\theta - \eta) + \phi(\text{dis}) + \phi(\text{atmos})$$

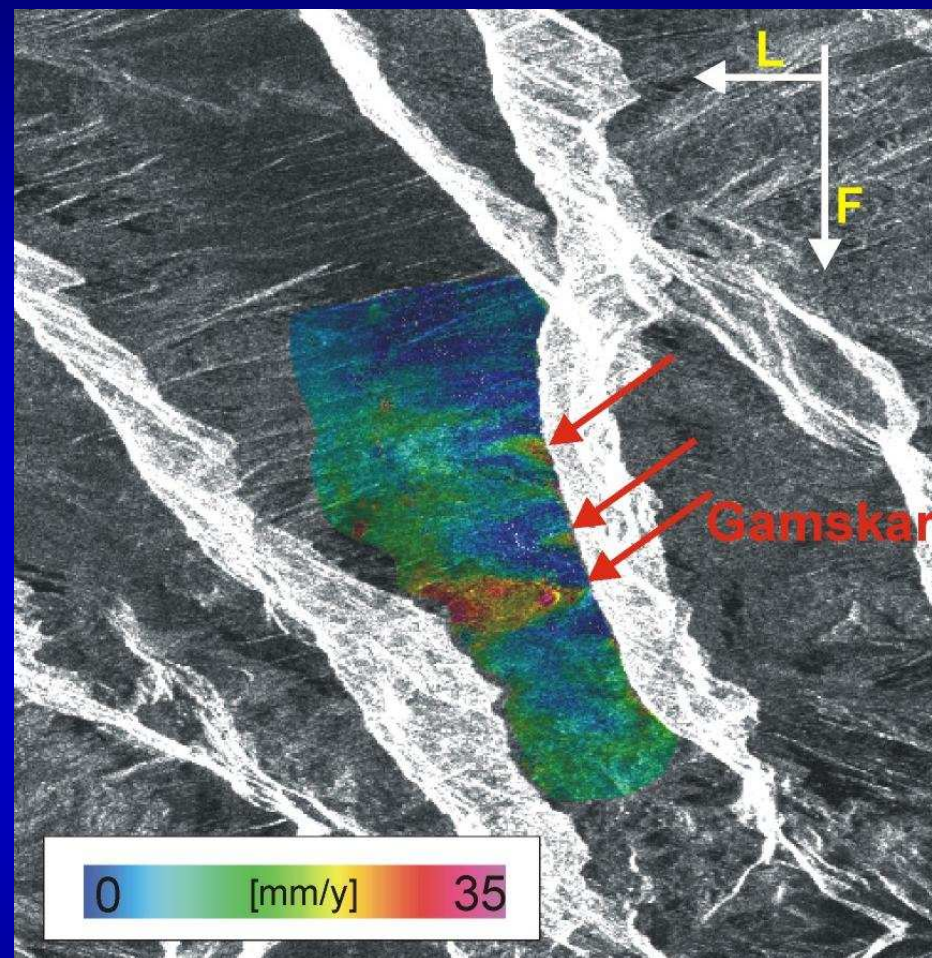
Path Difference:

$$\Delta R = \frac{\lambda}{4\pi} (\Phi_1 - \Phi_2) = \frac{\lambda}{4\pi} \Phi_{1,2}$$

DINSAR Analysis of Slope Motion – Felbertauern



Interferogram $B_n = 4m$
ERS SAR 29 Sep 1997 – 10 Aug 1998



Surface motion after
differential processing