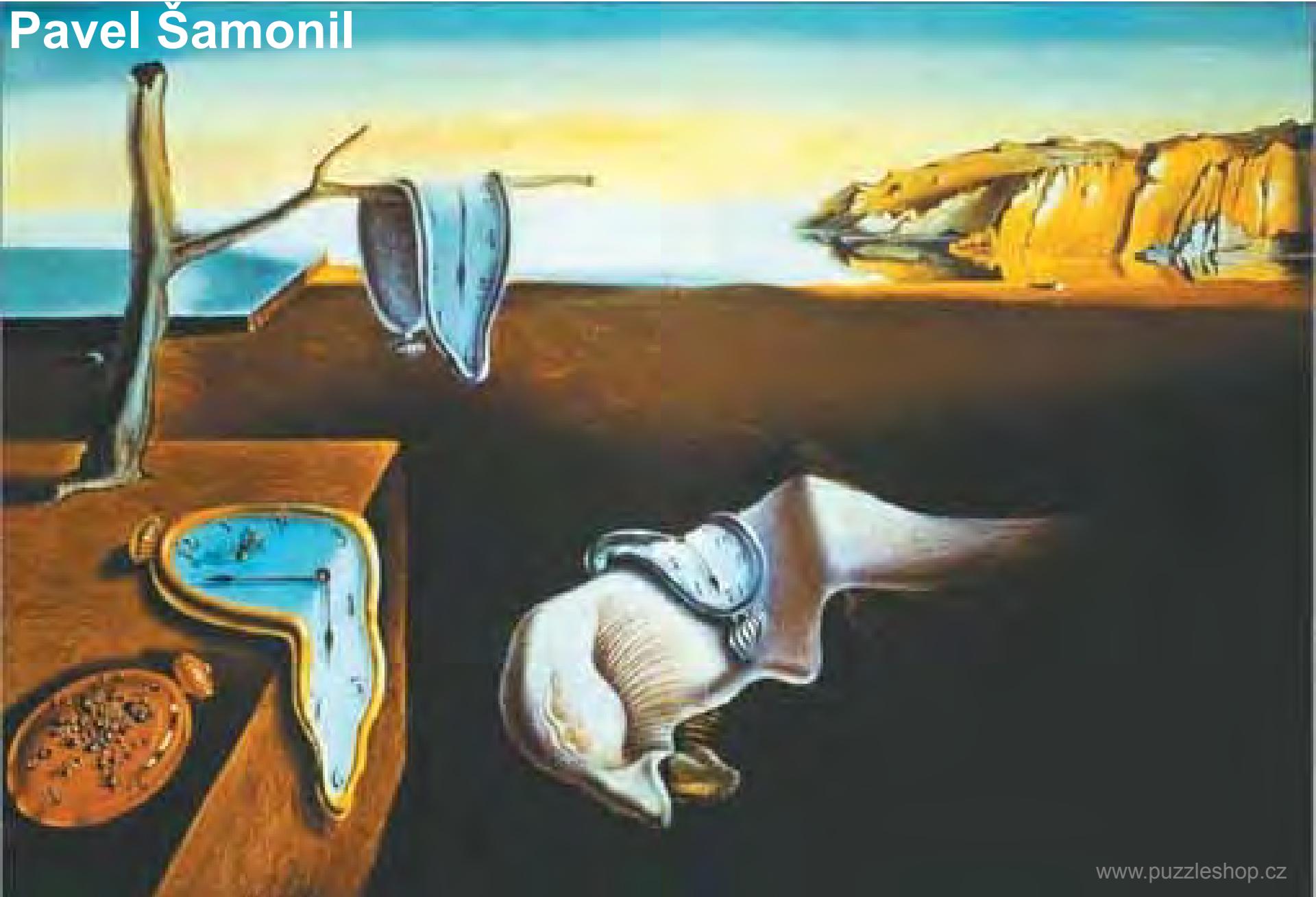


Datování událostí ve vývoji lesa

Pavel Šamonil



Chytrý Honza a chytrá Honzina



d i s t u r b

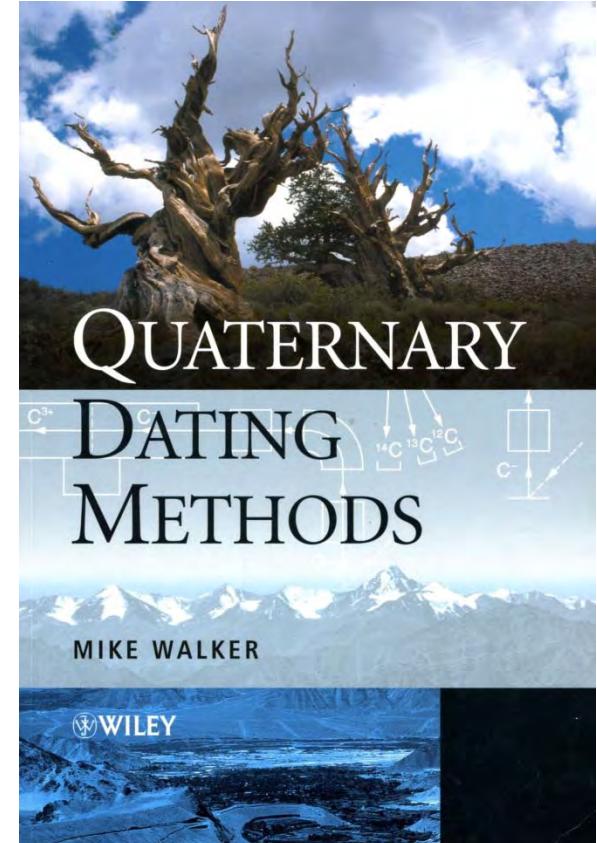


J a k d a t o v a t ?

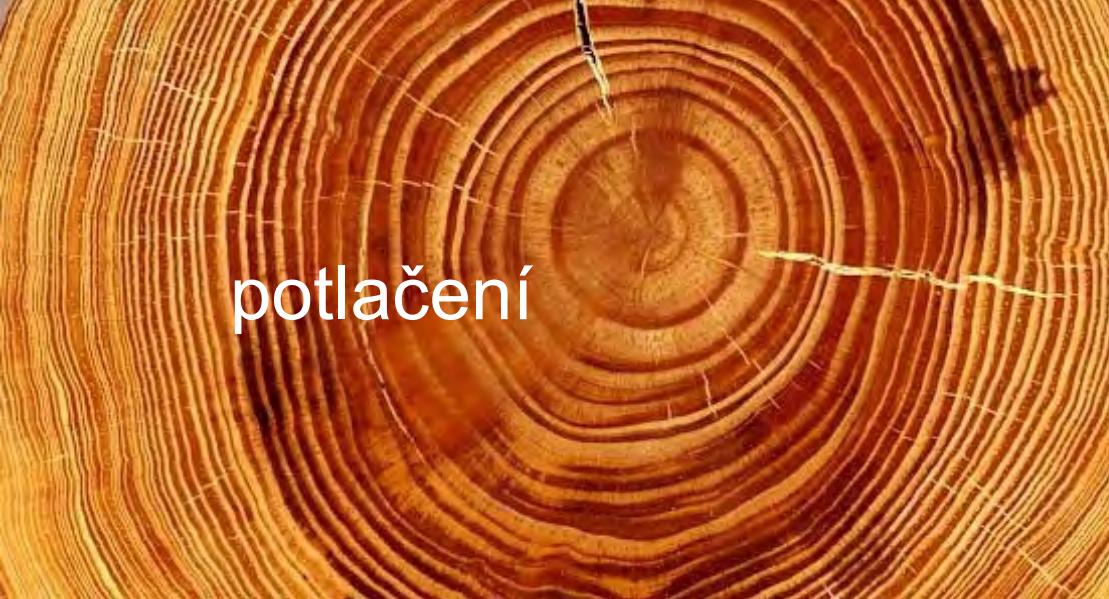
Datování událostí

Metody závisí na:

- Očekávaném stáří události (1– >100 000 let)
- Rozsah události (1 strom – krajina)
- Požadovaná prostorová a časová přesnost
- Charakter události a charakter hledaných stop (oheň, vítr)
- Lokalita (znalost minulého vývoje, historické materiály, geologické podloží aj.)



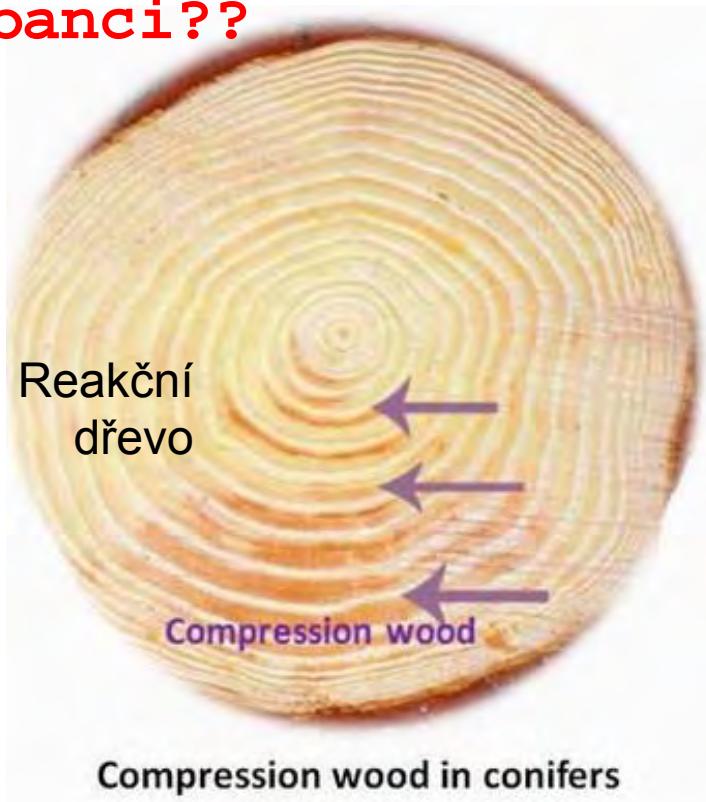
- Přímé** hledání stop události
- Nepřímé** datování (např. rozpad vyvráceného kmene)



Přímé a nepřímé stopy po disturbanci??

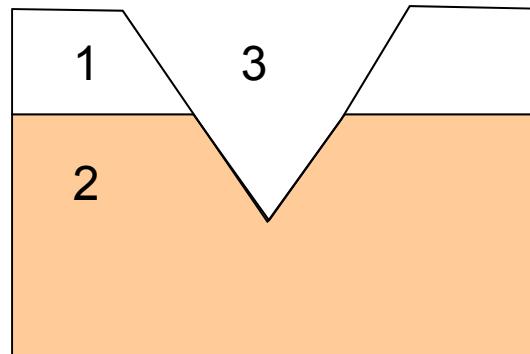
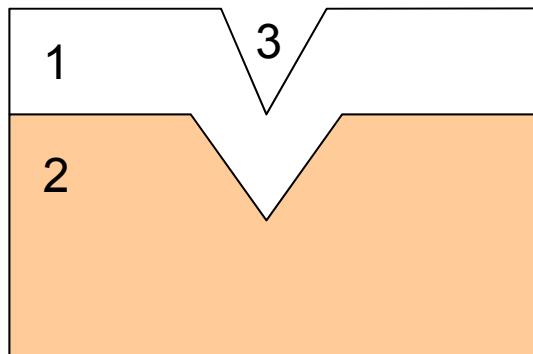


Disturbance půd
Disturbance zápoje



Datování

- **relativní**, např. princip superpozice – co je mladší je nahoře, rychlosť zvětrávání, pedogeneze



123
132
213
231
321
312

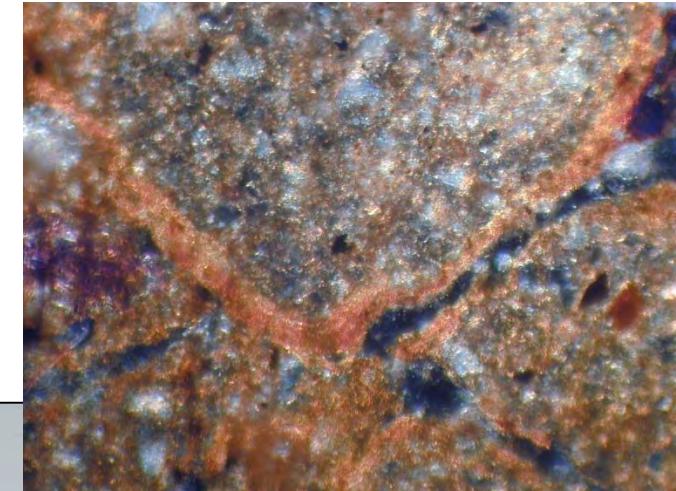
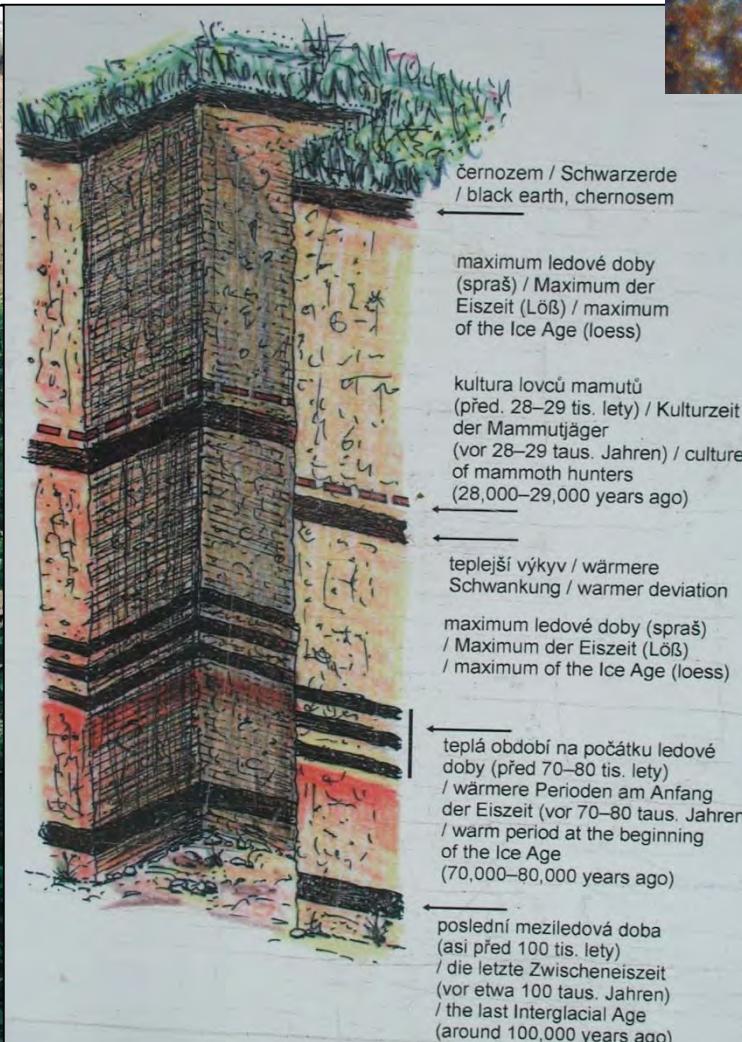
Kdy vznikl zářez?

- **každoroční přírůstky** – např. letokruhy, sedimenty jezer a moří
- „**radioaktivní hodiny**“
- metody **ekvivalentní k času**, izotopy O, paleomagnetismus (proxy data jsou nepřímé údaje, s jejichž pomocí lze usuzovat na dřívější podnebí a na fyzickogeografické podmínky).

Pedologie a paleopedologie

Půdní komplexy, mikromorfologie půd

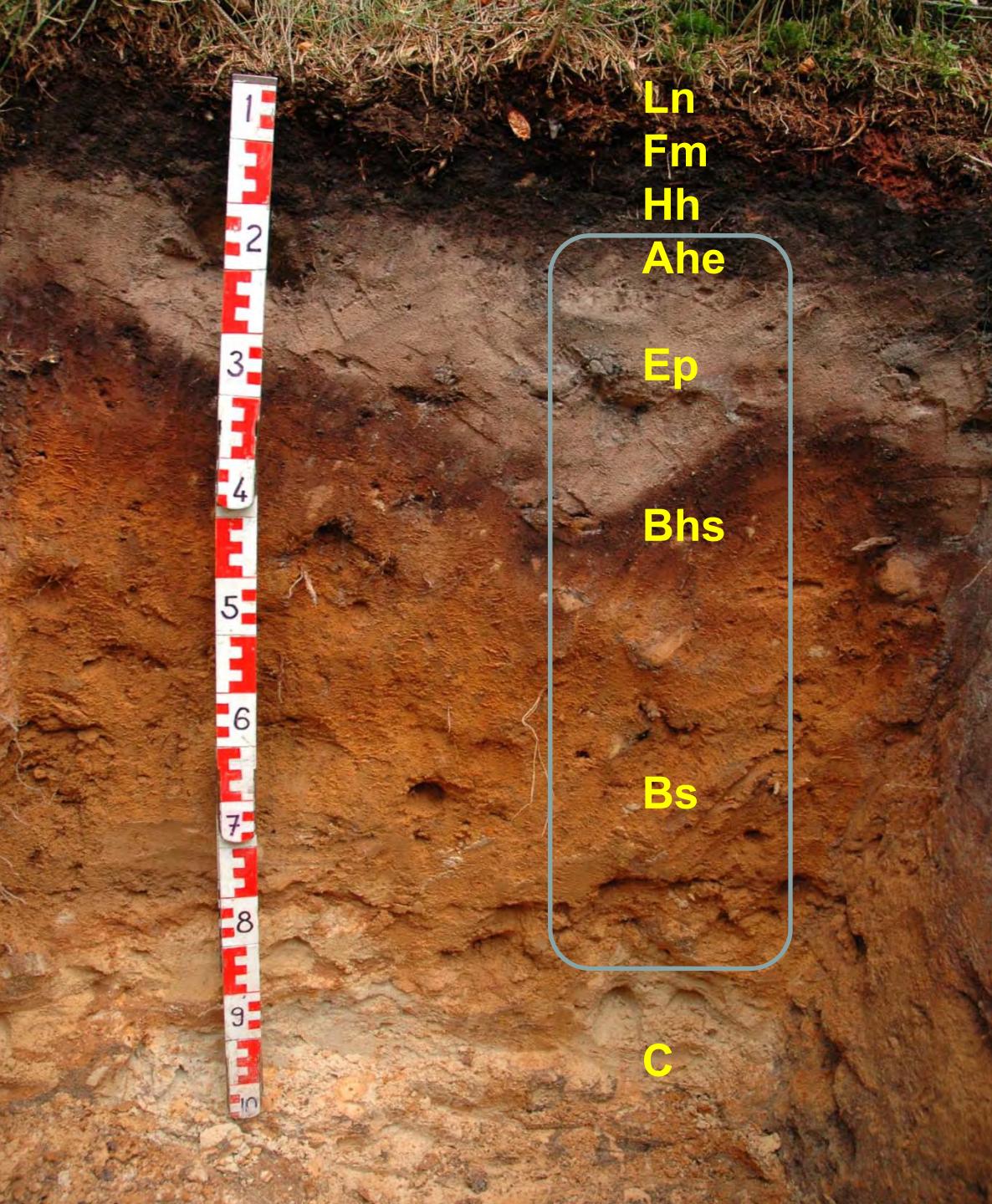
Dolní Věstonice



Mikromorfologie
půd

Odečítání vrstev
vs
mikromorfologie půd

Problematika hyátů

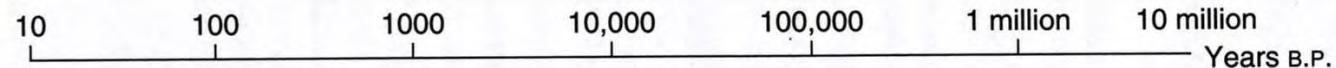


Který z půdních
horizontů je
starší?

„Půda paměť, půda moment“

Pozn: superpozice u půd, reliktní
půdy na vápenci, různé vlastnosti
různých horizontů

Metody kvartérního datování



RADIOMETRIC DATING

- Radiocarbon**
- Potassium argon/Argon argon
- Uranium series
- Cosmogenic nuclides**
- Lead 210
- Caesium 137
- Luminescence
- Electron spin resonance
- Fission track

ANNUAL INCREMENTS

- Dendrochronology
- Varve chronology
- Lichenometry**
- Annual layers in ice
- Speleothems
- Corals/Molluscs

RELATIVE DATING

- Rock weathering**
- Obsidian hydration
- Pedogenesis**
- Chemical dating of bone
- Amino-acid diagenesis

AGE EQUIVALENCE

- Oxygen isotope stratigraphy
- Tephrochronology
- Palaeomagnetism**
- Palaeosols

Metody datování událostí v lesních ekosystémech

Dendrometrická data

— 1970, (1950), ((1850-Boubín))

Letecké snímky

— 1930, (podle regionu)

^{210}Pb

— 1850, (ca 150-200 let)

Dendrochronologie

— 1700 (dle typu lesa)

^{14}C

— ((100)350 – ca 50 000 let)

Paleobotanická data
(pyl, makrozbytky,
fytolity, aj.)

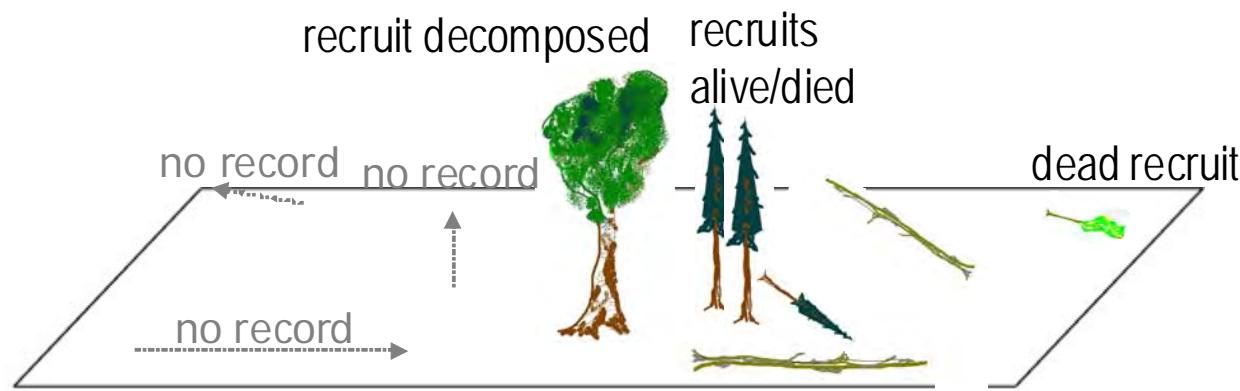
(OSL)

Letopočet

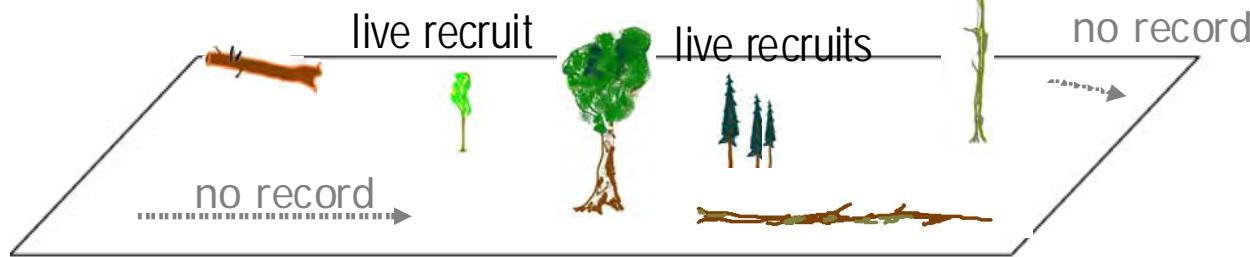
(mikromorfologie půd, archeologie, paleomagnetismus, ...)

Dendrometrická data

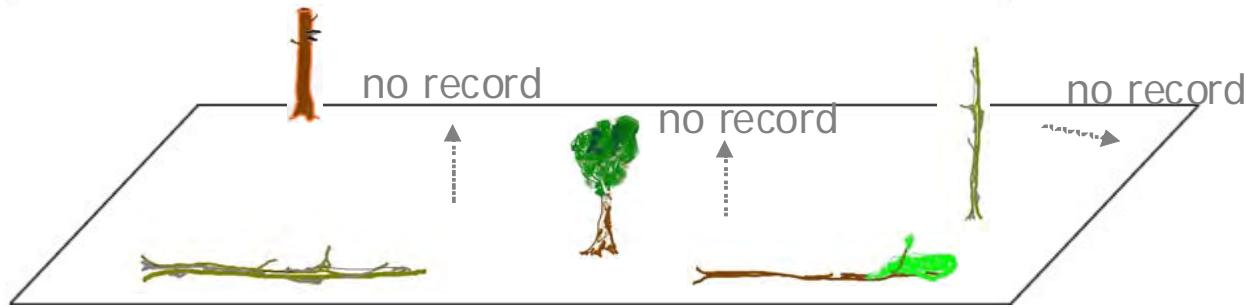
2000s
Žofín: 2008



1990s
Žofín: 1997



1970s
Žofín: 1975



→ no record – stem (still/already) doesn't exist or doesn't reach threshold d.b.h.



- ## Celoplošná data / pravidelná síť
- počítač
 - laserový dálkoměr
 - elektronický kompas
 - příslušenství

Version 2.7

Field-Map INVENTORY Analyst

Copyright © 2002 - 2006
IFER - Institute of Forest Ecosystem Research Ltd.
IFER - Monitoring and Mapping Solutions Ltd.

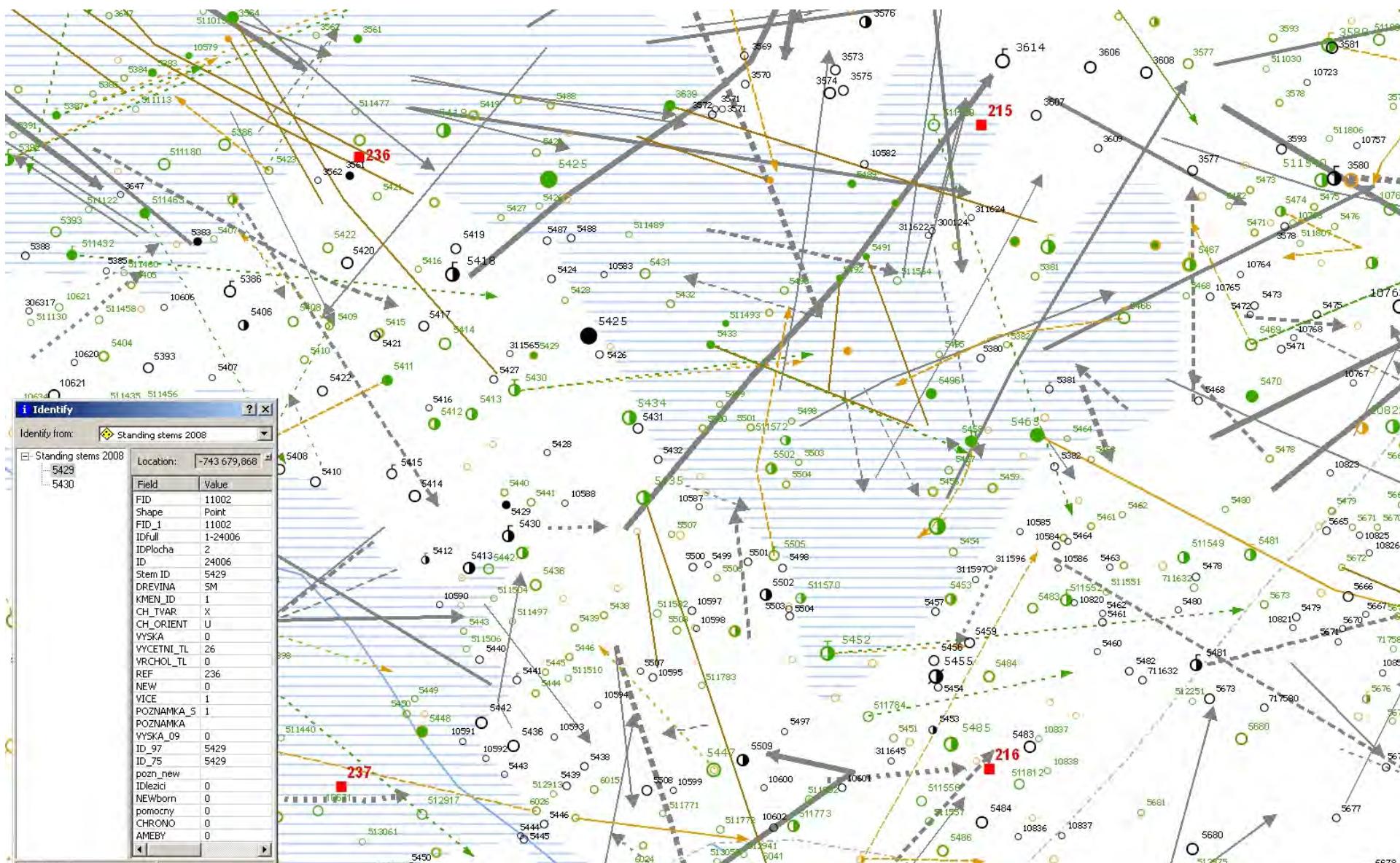
<http://www.field-map.com>

The screenshot displays the Field-Map INVENTORY Analyst software interface. It includes a top-level menu bar with 'File', 'Edit', 'Project', 'Classification', 'Aggregation', 'Classification', 'Reclassification', 'Tools', and 'Help'. Below the menu is a toolbar with icons for opening files, connecting projects, classifying, aggregating, classifying, reclassifying, and viewing histograms. The main workspace is divided into several panes:

- Open Field-Map Project:** Shows a list of available projects: 'Eustaska', 'Lindekerke_dendrometrie', 'bdgje3', 'bdgje2', 'Inventory_project', 'Test_project', 'Cestina_MININCO_PFI', 'LHP_NPP_spojene', 'Palednik_CoreArea2002', and 'Palednik_Invent2002'. A checkbox 'Sort alphabetically' is present.
- Classification tools:** A list of classification methods including 'Decision groups', 'Decision classes (2d)', 'Decision classes from 3 to n', 'Entropy Species', 'Number of species', 'Slenderness', 'NovelKnots', 'NovelKnots shape & 4 cm', and 'Pixel class'.
- Source attribute:** Displays layer information: 'Layer: Trees', 'Attribute: DBHmin (DBH_min)', 'Count: 2007', 'Mean: 303.08756', 'Min: 2', 'Max: 1760', and 'Median: 312'.
- Histogram:** A histogram showing the distribution of data points across various size intervals. The x-axis ranges from 0-200 to 1400-1600 cm, and the y-axis ranges from 0 to 1000. The distribution is skewed towards larger sizes.
- Classification task parameters:** Settings for the current classification task, including 'Add left INT interval (NINT, Minval)' (checkbox checked), 'Add right INT interval (Maxval, +NINT)' (checkbox checked), 'Use zero length interval (min, max)' (checkbox checked), 'Left side closed interval (-<=x)', and 'Right side closed interval (x,<=)' (radio button selected).
- Look up table:** A table for defining look-up values. It has columns for 'ID', 'Look up value', 'Min', 'Step', 'Overlap', and 'Max'. An example row shows ID 100 with a look-up value of 200, min of 0, step of 200, overlap of 1, and max of 1600.
- New attribute:** Fields for naming the new attribute ('Name: inventClass') and labeling it ('Label: Inventive class').
- Show histogram:** A button to show/hide the histogram.
- Perform task:** A button to execute the classification task.

+ Pralestat, ...

Žofín – mapa kmenů (1975-1997-2008)



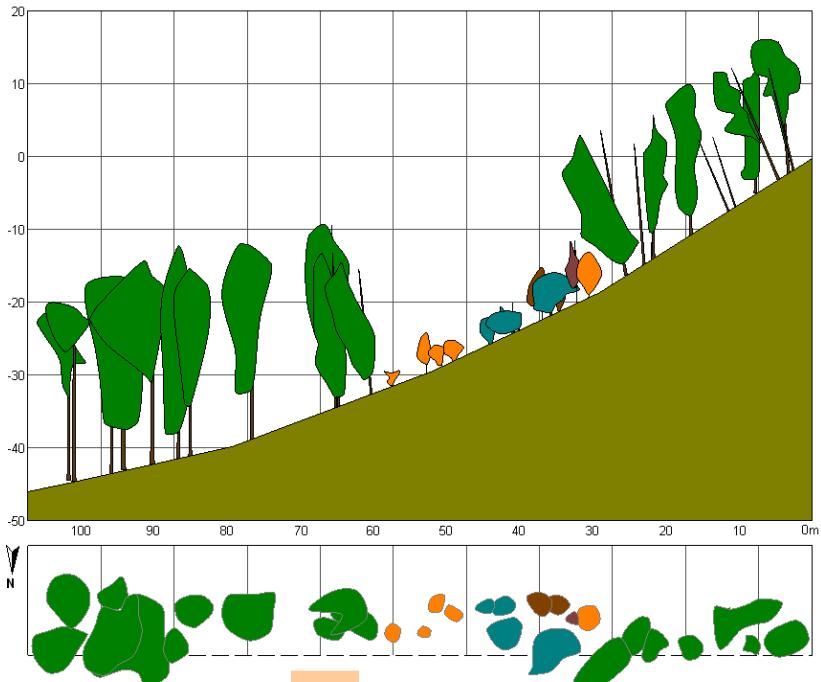
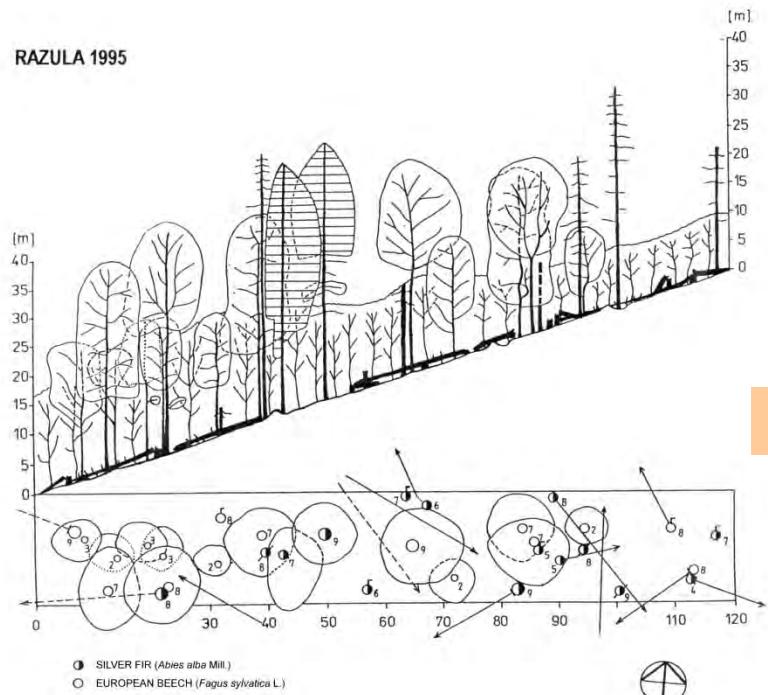
Omezení dendrometrických dat



- Registrační hranice DBH = 10 cm (+ přirozené zmlazení), SIGEO od 1cm
- Poloha jedince určena s přesností ca 1 m (stará data = horší přesnost)
- Stadium rozpadu ve 3 kategoriích
- Různá přesnost určení smrti jedince (1 rok → 10 let → >20let)
- Objemy kmenů nikoli objemy stromů
- Výšky jen u 10% stromů

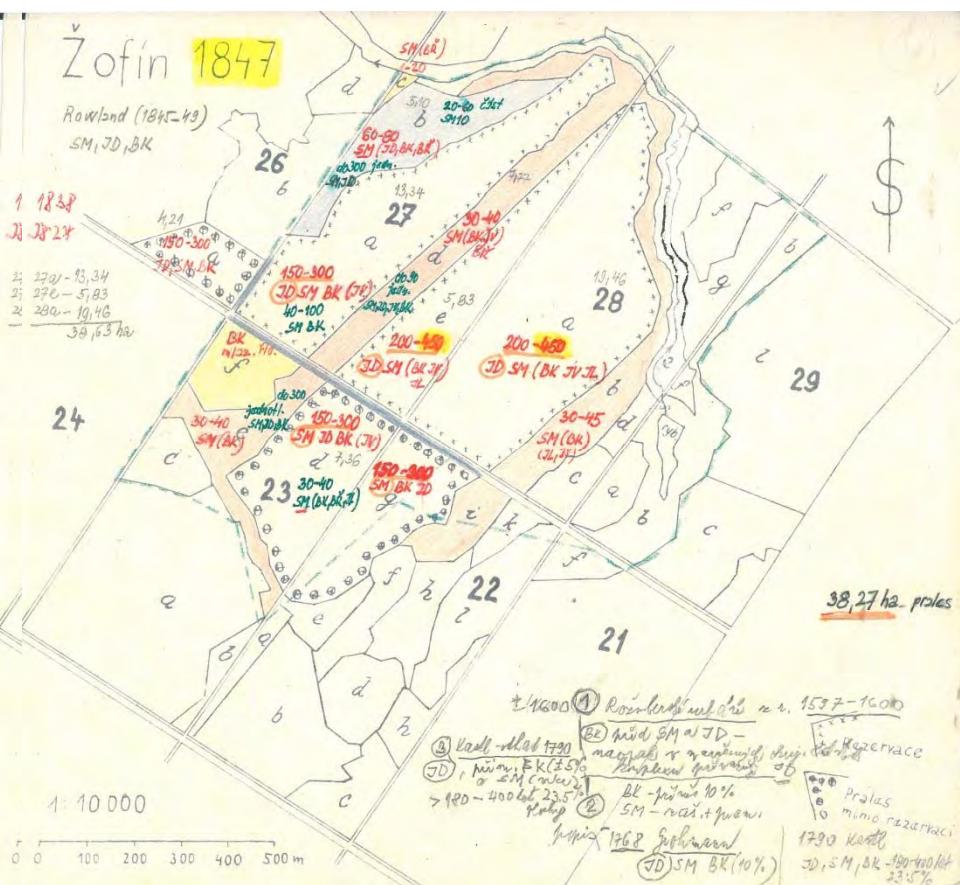
Technologický postup při sběru dat

RAZULA 1995



Letecké snímky, laserové skenování a historické mapy

Žofín 1847



Žofín 2008





Vývoj gapů v Žofínském pralese

Kendereš et al. (2009)

Celková plocha gapů 9-11%, průměrná velikost 88-99 m²
během 33 let, dynamika 0,1% zápoje ročně. ??

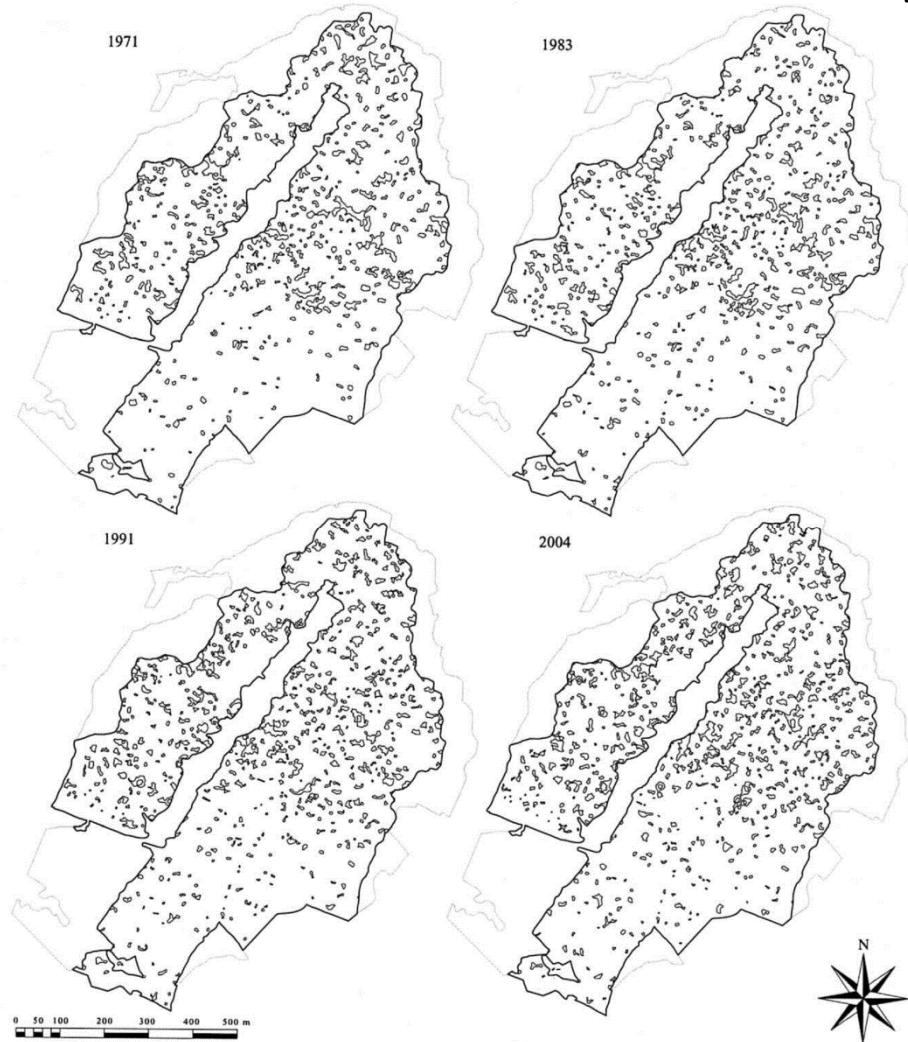


FIGURE 1. Distribution of canopy gaps in the study area from 1971 to 2004. Gray lines: border of the Žofín Reserve; black lines: border of study area.

Ecology, 70(3), 1989, pp. 550-552
© 1989 by the Ecological Society of America

FORESTS ARE NOT JUST SWISS CHEESE:
CANOPY STEREOGEOMETRY OF NON-GAPS IN TROPICAL FORESTS

MILTON LIEBERMAN AND DIANA LIEBERMAN
Department of Biology, University of North Dakota,
Grand Forks, North Dakota 58202 USA

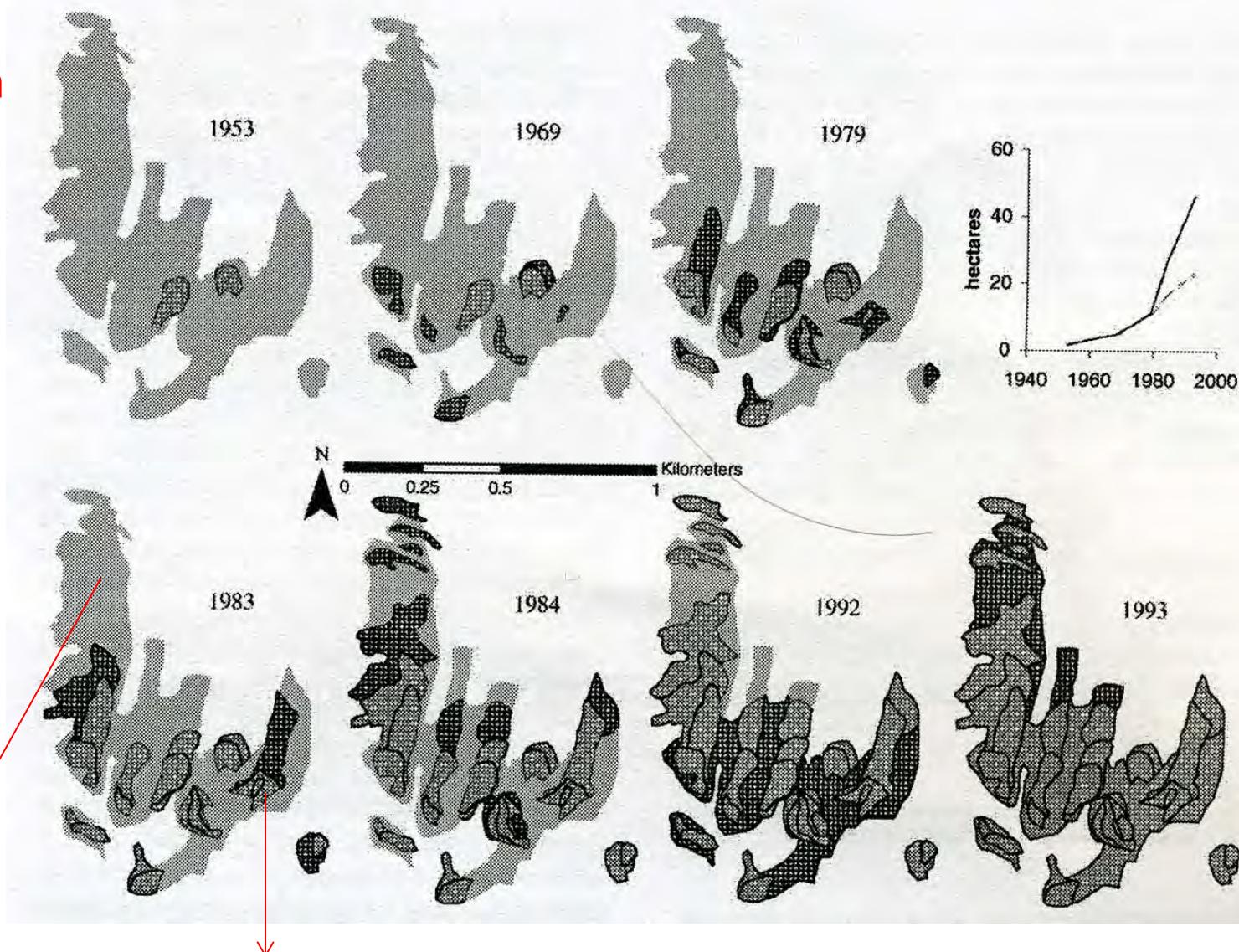
AND

RODOLFO PERALTA
Tropical Science Center, Apartado 8-3870, San José, Costa Rica



Splechtna et al. (2005) - propojení jemné škály
(dendrochronologie) a hrubé škály (letecké snímky)

Stáří leteckých
snímků
max. 50-70 let



Polomová
plocha z 1993

Kumulativní
události

Porušený zápoj po vichřicích v periodě 1953-1993 (Harcombe 2004)

Pozemní laserové skenování

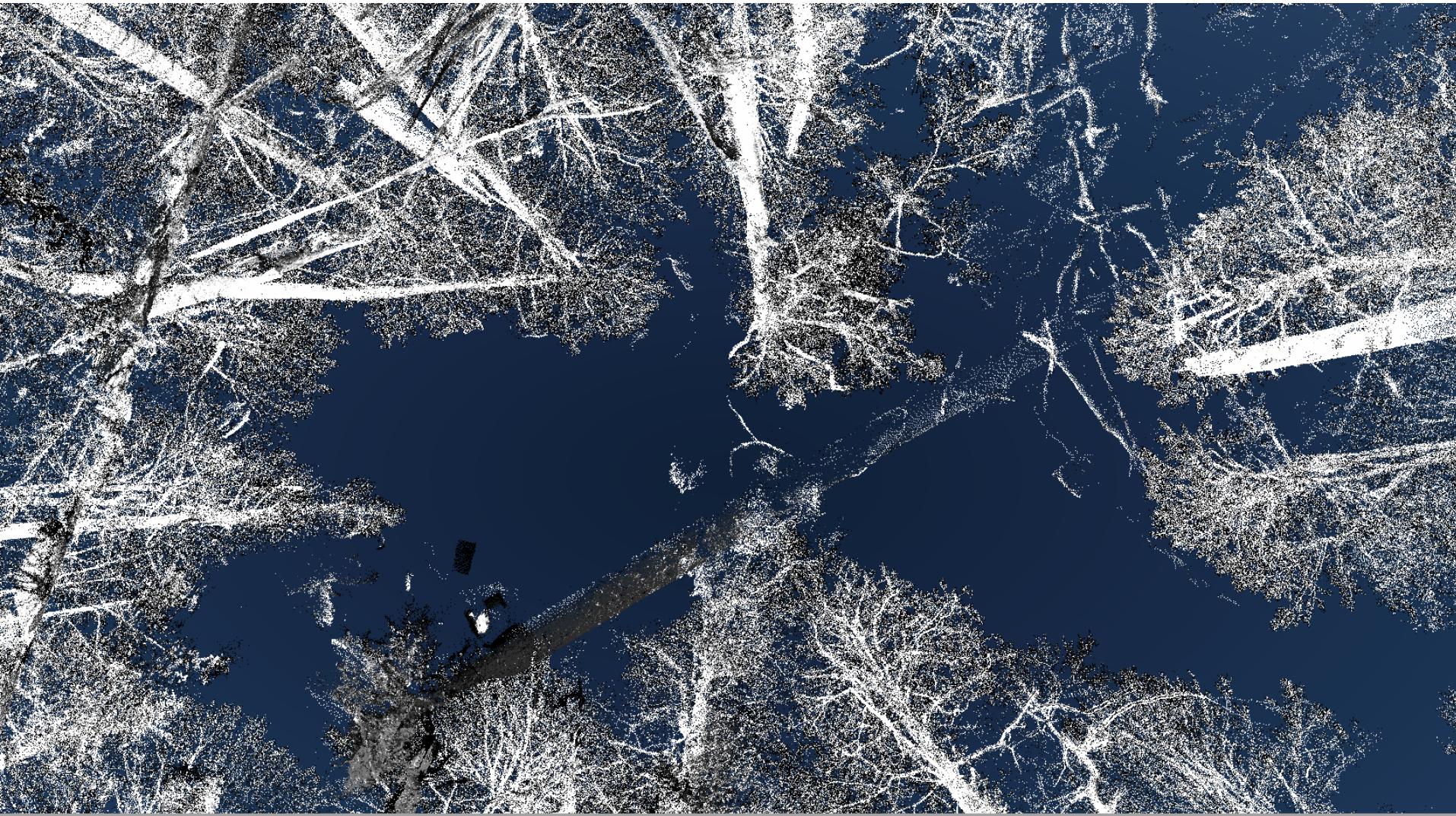
Král et al., LIDAR





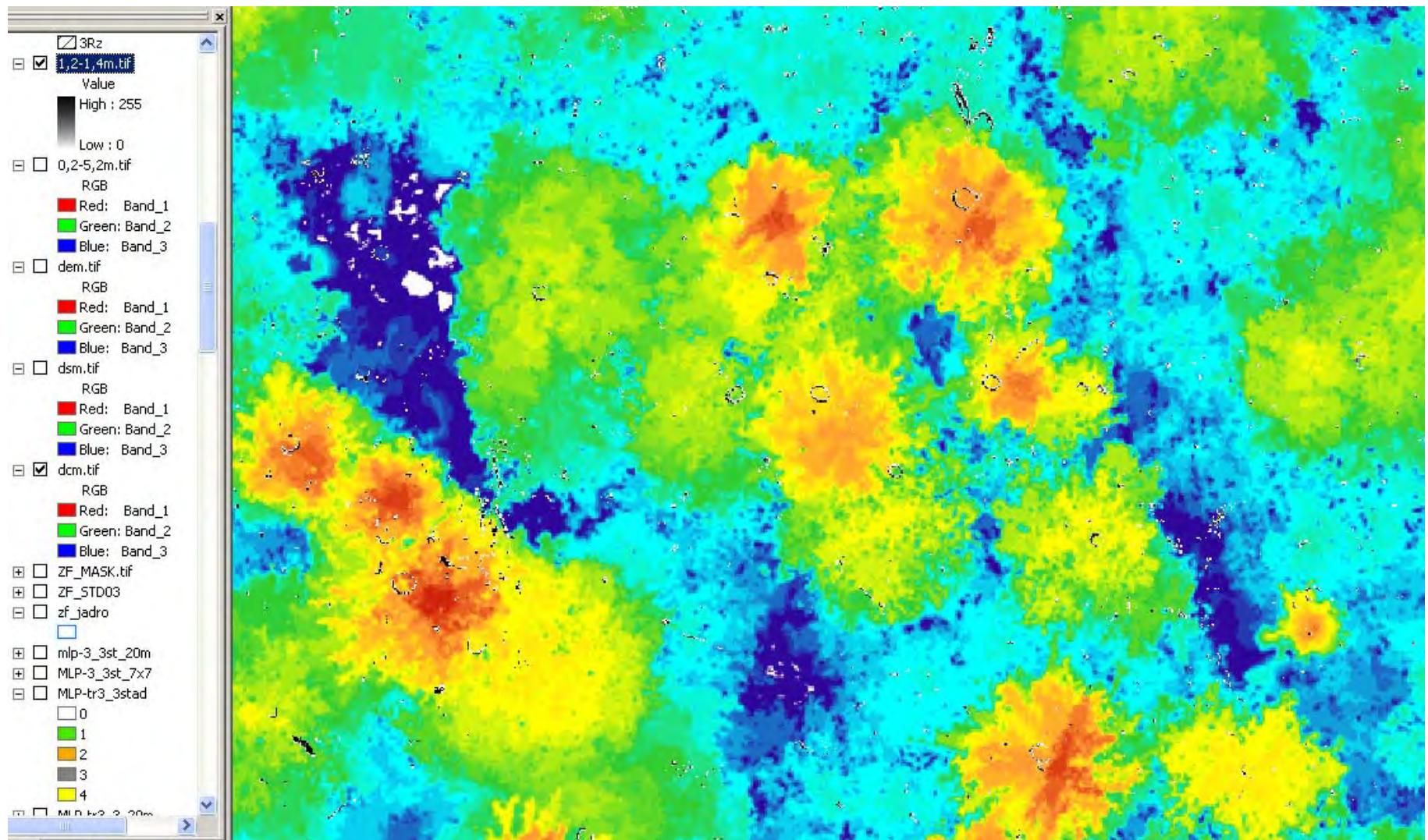
Foto a mračno bodů

Mračno bodů z pozemního laserového skenování



Žofín – hodnocení zápoje z pozemního laserového skenování

Opakování hodnocení gapů na základě mračen bodů?



^{210}Pb -datování ($+^{137}\text{Cs}$)



Princip a použití

Vhodné pro mladší sedimenty a širší spektrum materiálů oproti ^{14}C (do ca 150 let)

^{210}Pb vzniká v atmosféře jako produkt rozpadu radonu unikajícího z podloží (^{222}Rn)

^{137}Cs zejména po havárii v Černobylu a po testech jaderných zbraní.
Mobilita Cs v profilu (dle substrátu, spíše mechanický pohyb než rozpuštěné formy Cs)

Poločasy rozpadu:

$^{210}\text{Pb} = 22,2$ let

$^{137}\text{Cs} = ?$

$^{226}\text{Ra} = 1602-1622$ let



Černobyl, 26.4.1986

Princip a použití

Vhodné pro mladší sedimenty a širší spektrum materiálů oproti ^{14}C (do ca 150 let)

^{210}Pb vzniká v atmosféře jako produkt rozpadu radonu unikajícího z podloží (^{222}Rn)

^{137}Cs zejména po havárii v Černobylu a po testech jaderných zbraní.
Mobilita Cs v profilu (dle substrátu, spíše mechanický pohyb než rozpuštěné formy Cs)

Poločasy rozpadu:

$^{210}\text{Pb} = 22,2$ let

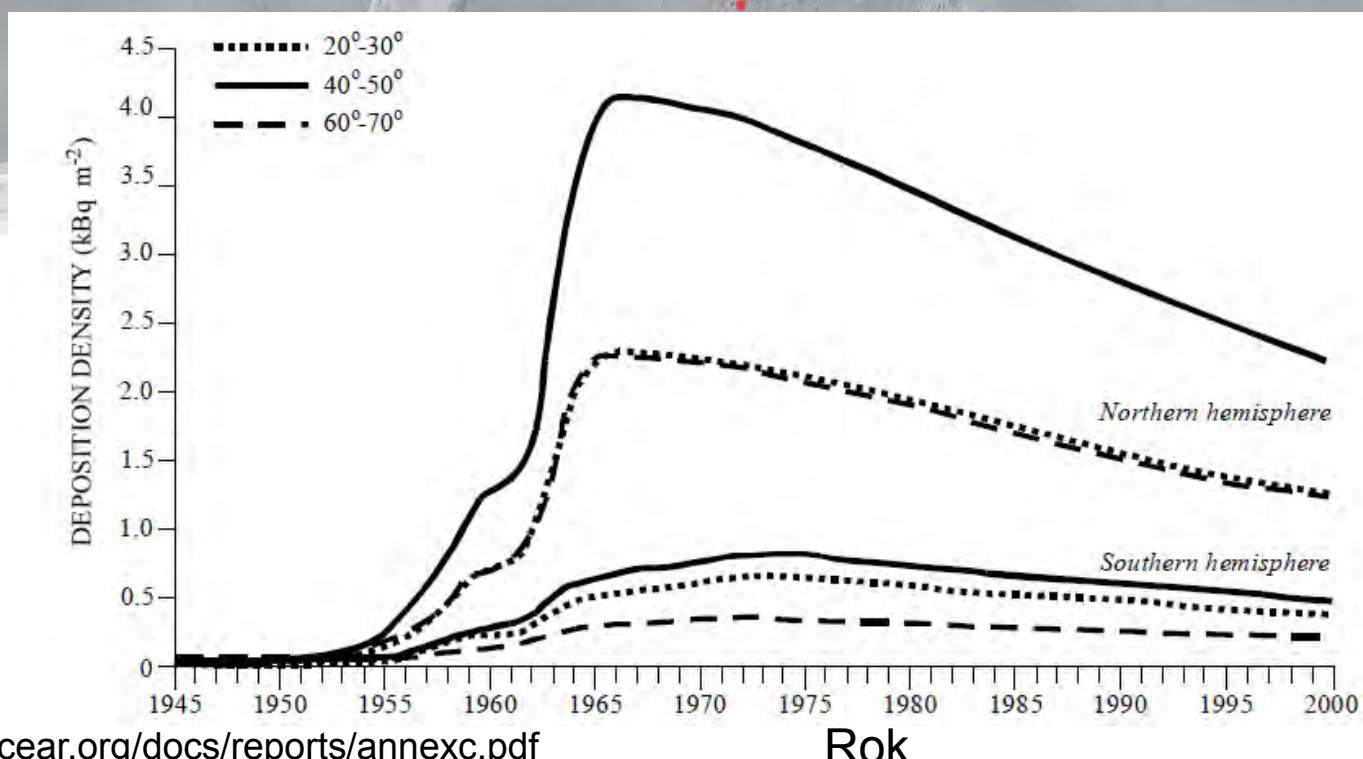
$^{137}\text{Cs} = 30,17$ let

$^{226}\text{Ra} = 1602\text{-}1622$ let



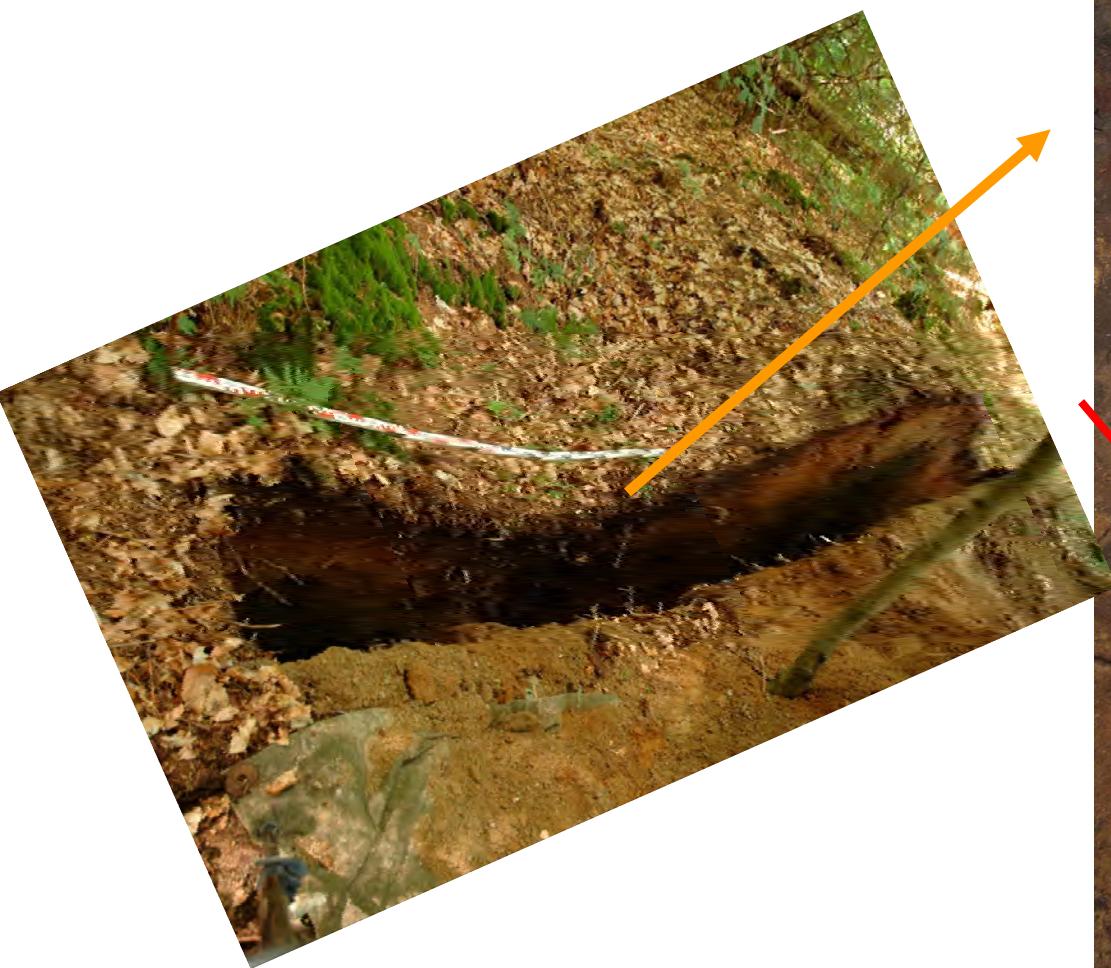
Černobyl, 26.4.1986

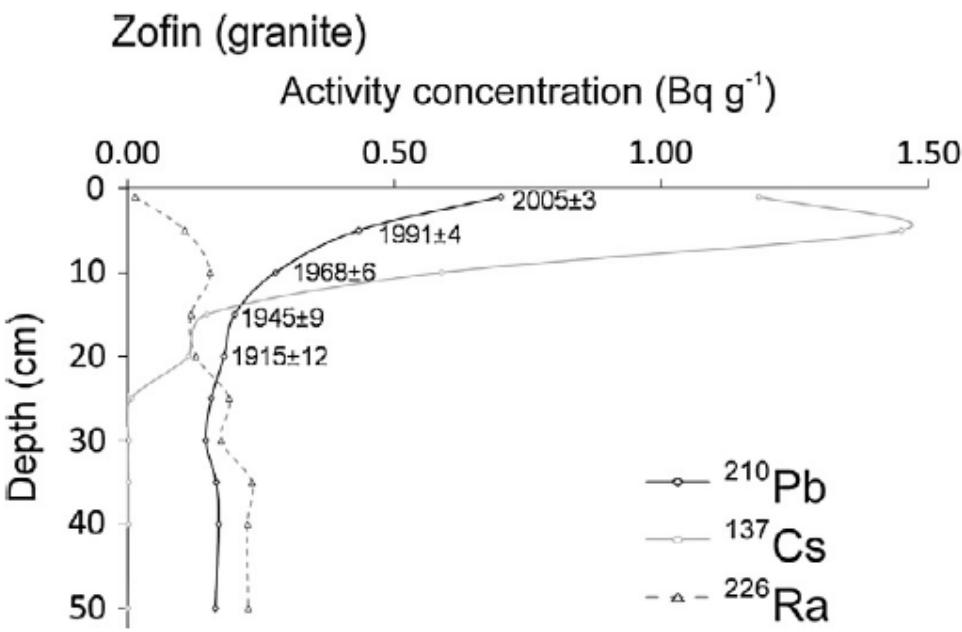
Místa jaderných testů a nárůst koncentrace ^{137}Cs



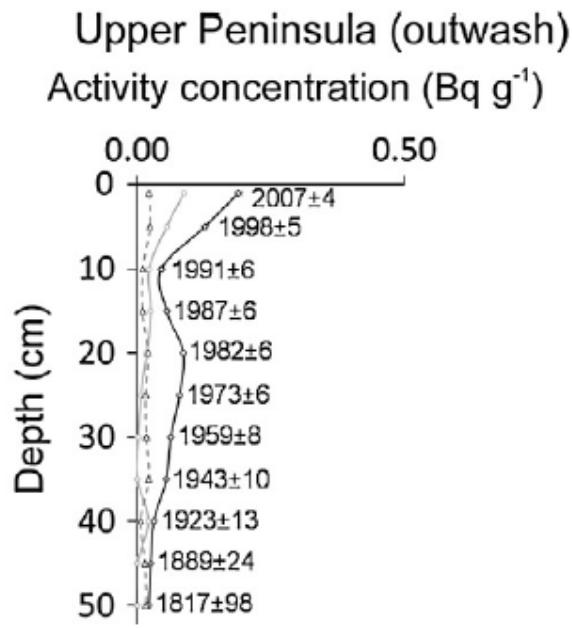
Žofínský prales

Datování vývratů pomocí ^{210}Pb





AMS ^{14}C dating,
partly decomposed
wood of clear
structure,
deciduous tree, **260**
 $\pm 30 \text{ BP}$



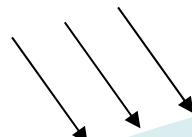
^{14}C -datování



"Don't worry if you can't remember your age
grandad, we'll get you carbon dated!"

Jak vzniká izotop ^{14}C a jak je zabudován do organismů

Kosmické záření



Neutrony z
kosmického záření

Kde jsme již hovořili
o izotopech C?

Svrchní atmosféra

Neutron

Proton

^{14}N

^{14}C

O

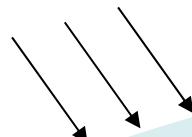
$^{14}\text{CO}_2$

Těla organismů



Jak vzniká izotop ^{14}C a jak je zabudován do organismů

Kosmické záření



Neutrony z
kosmického záření

Kde jsme již hovořili
o izotopech C?

Svrchní atmosféra

Neutron

^{14}N

Proton



Neutron vyrazí jeden proton z jádra ^{14}N a zaujme jeho místo.

^{14}C

O

V jádře atomu se nachází 6 protonů a 8 neutronů a protože právě počet protonů určuje vlastnosti prvků, stává se z ^{14}N ^{14}C .

$^{14}\text{CO}_2$

Těla organismů

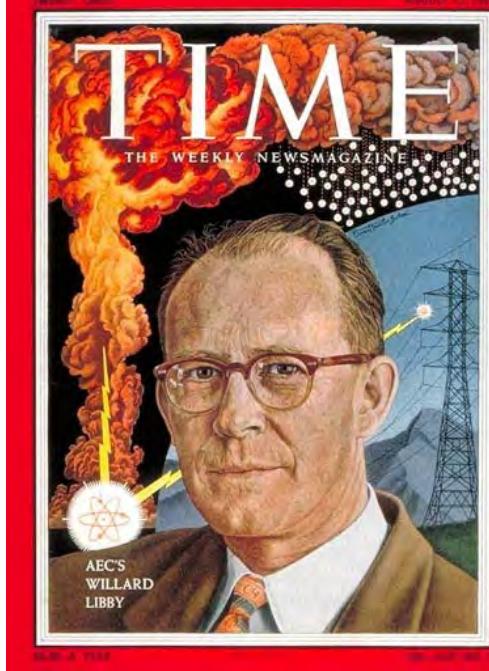
Willard F. Libby

1940 – objeven radioaktivní izotop se 14 nukleony v jádře – ^{14}C . **M. Kamen, S. Ruben**

Willard Libby učinil a experimentálně ověřil tvrzení: rostliny fotosyntézou zabudovávají do svých těl atomy C přítomné v molekulách atmosférického CO_2 . Součástí některých molekul je radioaktivní ^{14}C . Jakmile rostlina odumře, proces fotosyntézy ustane a to spustí „radioaktivní hodiny“. Radioaktivním rozpadem postupně ubývají jádra ^{14}C zabudovaná v tkáni.

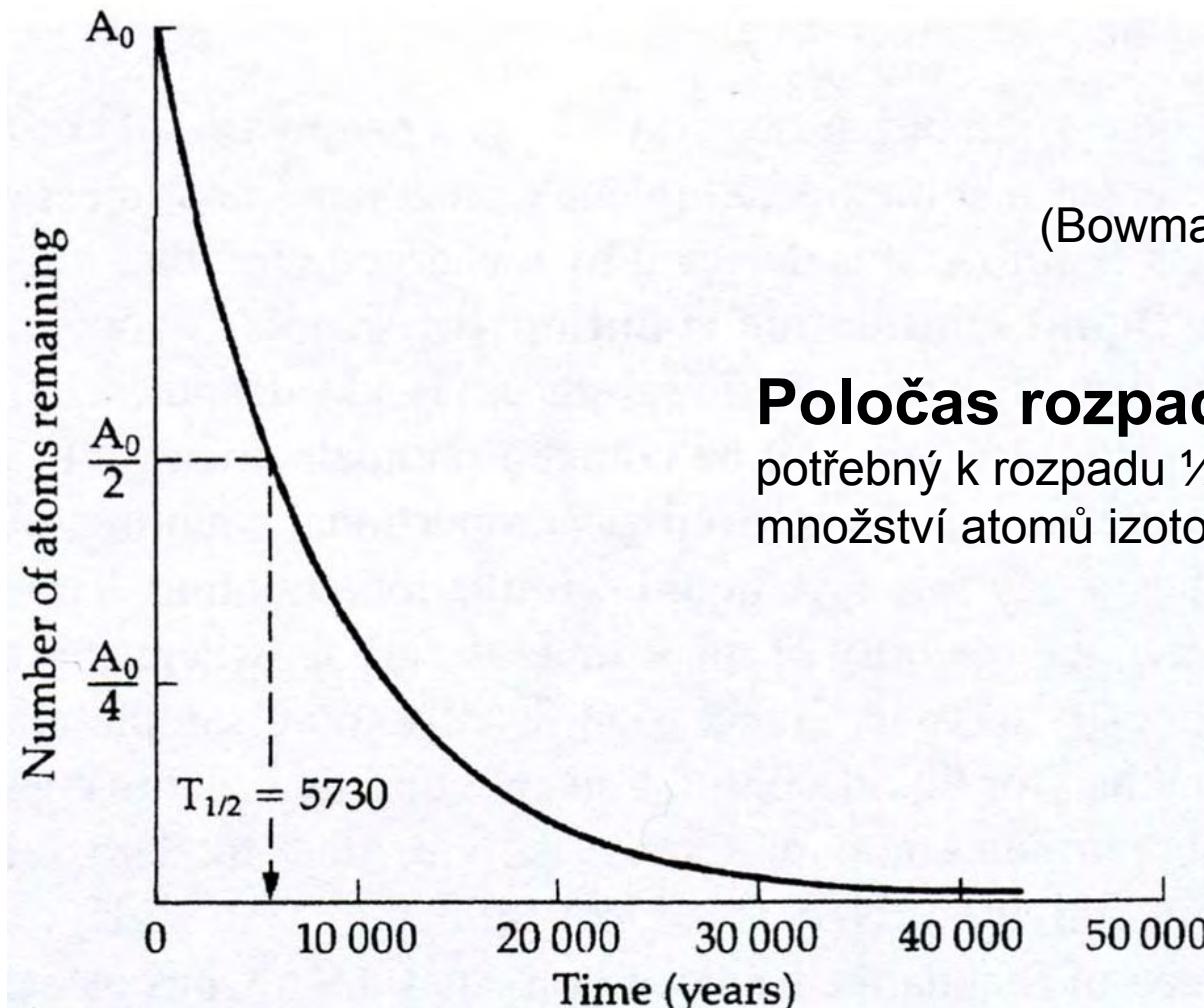
^{14}C má poločas rozpadu 5730 let
(dle původní práce Libbyho 5568 let).

1960 – Nobelova cena



Rozkladová křivka radiokarbonu je exponenciální, ne lineární. To znamená, že procento poklesu počtu atomů v dané jednotce času je konstantní. Proto po každém poločasu rozpadu zůstane $\frac{1}{2}$ atomů.

Pokud je na začátku procesu rozkladu A_0 atomů radiokarbonu, po jednom poločase rozpadu zůstane $A_0/2$ atomů radiokarbonu, po 2 poločasech rozkladu zůstane $A_0/4$, po 3 poločasech $A_0/8$ apod.



(Bowman 1990 in Walker 2005)

Poločas rozpadu je tedy čas potřebný k rozpadu $\frac{1}{2}$ z původního množství atomů izotopu ^{14}C .

Zdroje chyb a limity radiokarbonového datování

Předpoklady metody:

- Poměr $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ v rezervoárech C je v čase konstantní (již Libbyho chybný předpoklad)
- Kompletní a rychlé míšení ^{14}C v rezervoárech
- Poměr mezi ostatními izotopy $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ je ve vzorcích neměnný a od smrti organismu se mění pouze ^{14}C .
- Poločas rozpadu ^{14}C je přesně znám

Měření aktivity ^{14}C ve vzorku je postiženo statistickou chybou (zavedena standardní odchylka, např. 1500 ± 30 let BP)

Minimální velikostí vzorku u konvenční metody (5)-200g C (podle materiálu, nejvíce u kostí), u AMS (Accelerator Mass Spectrometry) v řádu mg C

Kontaminace vzorků - před vzorkováním
 - po vzorkování (při skladování, analyzování aj.)

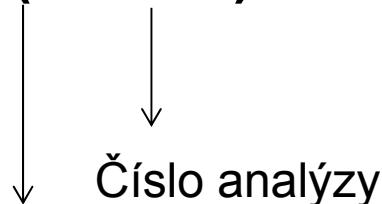
Např. přidání 1% recentního C k 17000 let starému vzorku sníží jeho věk o 600 let, u 34000 let starého vzorku o 4000 let.

Musím vědět, jaký C datuji!

Výstup ^{14}C datování

1. Laboratoř zjistí aktivitu ^{14}C ve vzorku.
2. Konkrétní úroveň aktivity je přepočtena na dobu mezi současností a smrtí organismu.
3. „Současnost“ byla konvenčně stanovena na rok 1950. Hodnoty BP = before present = před rokem 1950
4. Kalibrace dat BP → BC, AD ?

$2583 \pm 45 \text{ BP (P 1056)}$



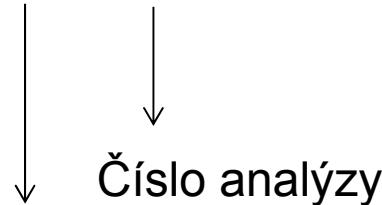
Laboratoř (P=Philadelphia)

- konvenční metoda
- AMS metoda (Accelerator Mass Spectrometry)

Výstup ^{14}C datování

1. Laboratoř zjistí aktivitu ^{14}C ve vzorku.
2. Konkrétní úroveň aktivity je přepočtena na dobu mezi současností a smrtí organismu.
3. „Současnost“ byla konvenčně stanovena na rok 1950. Hodnoty BP = before present = před rokem 1950
4. Kalibrace dat BP → BC, AD (Anno Domini – léta Páně, před Kristem)

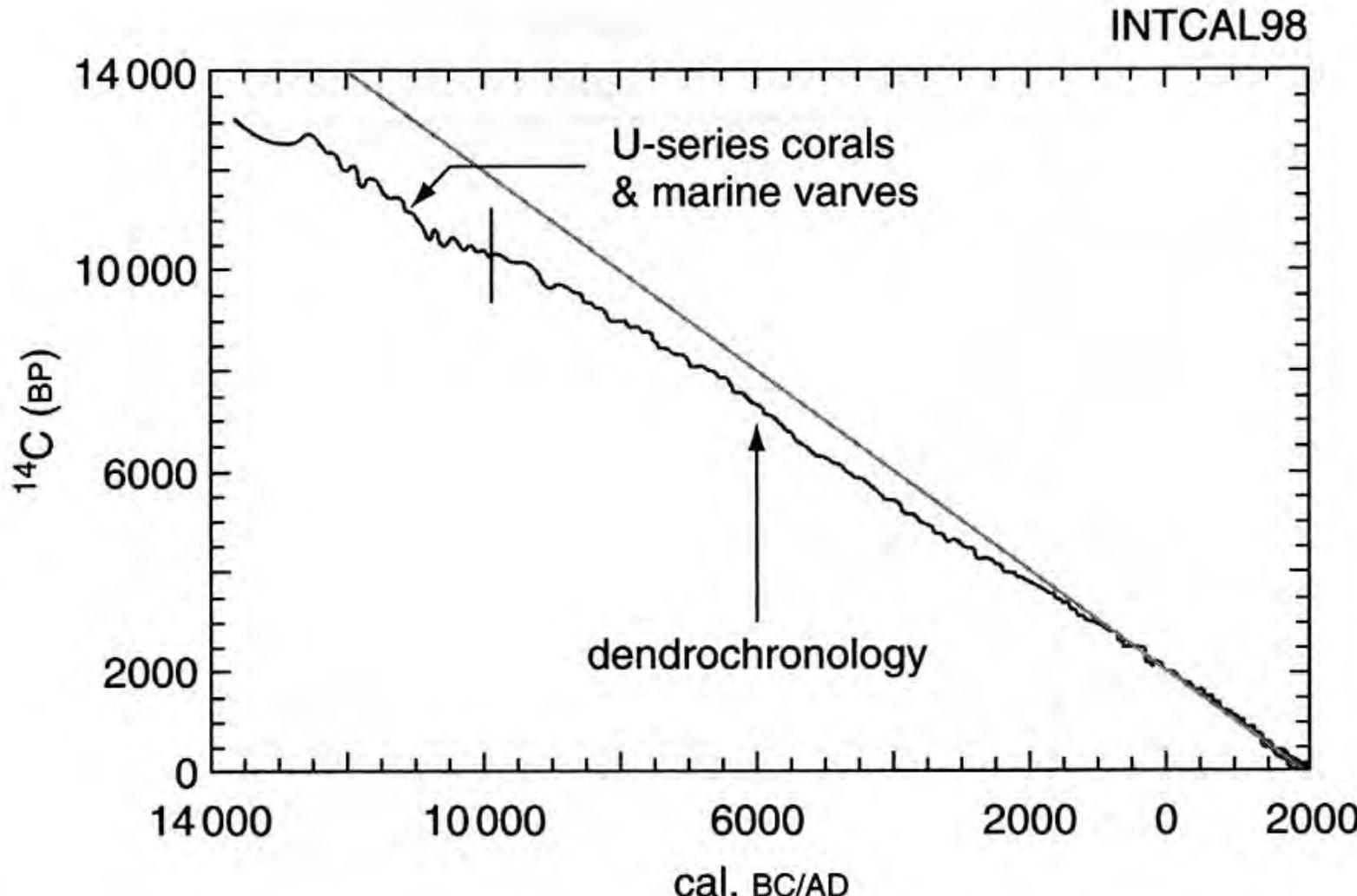
$2583 \pm 45 \text{ BP (P 1056)}$



Laboratoř (P=Philadelphia)

- konvenční metoda
- AMS metoda (Accelerator Mass Spectrometry)

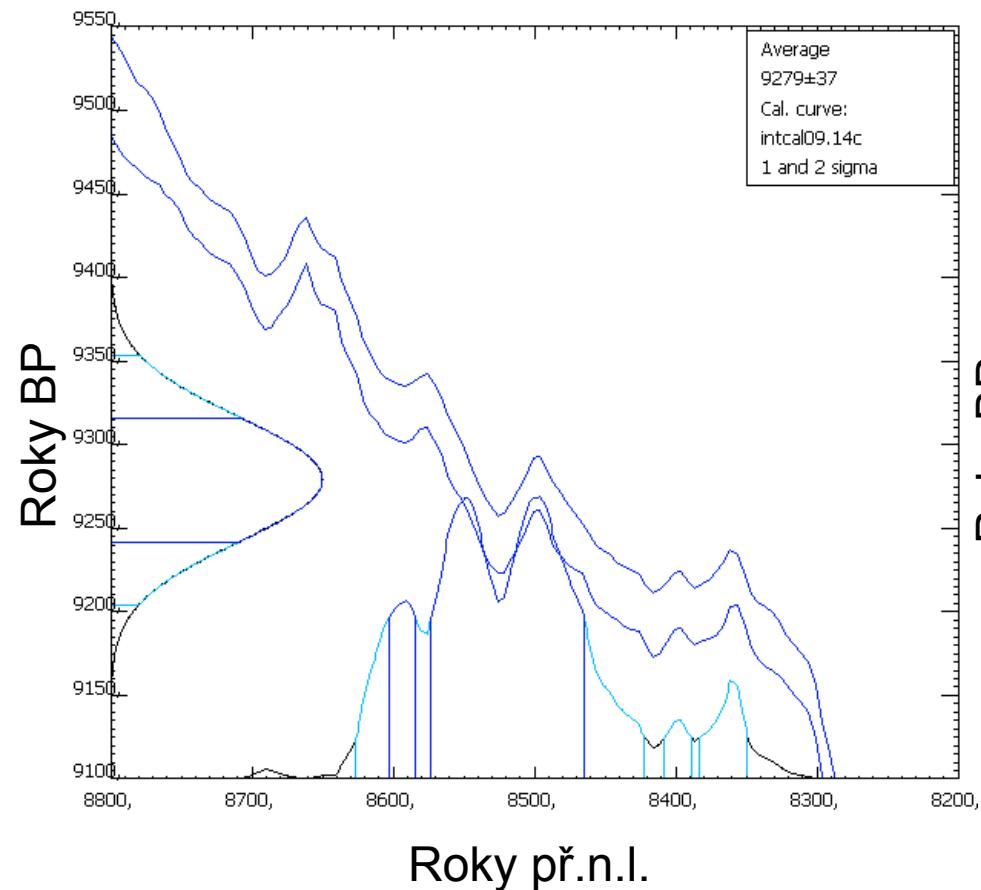
Kalibrace radiokarbonového data



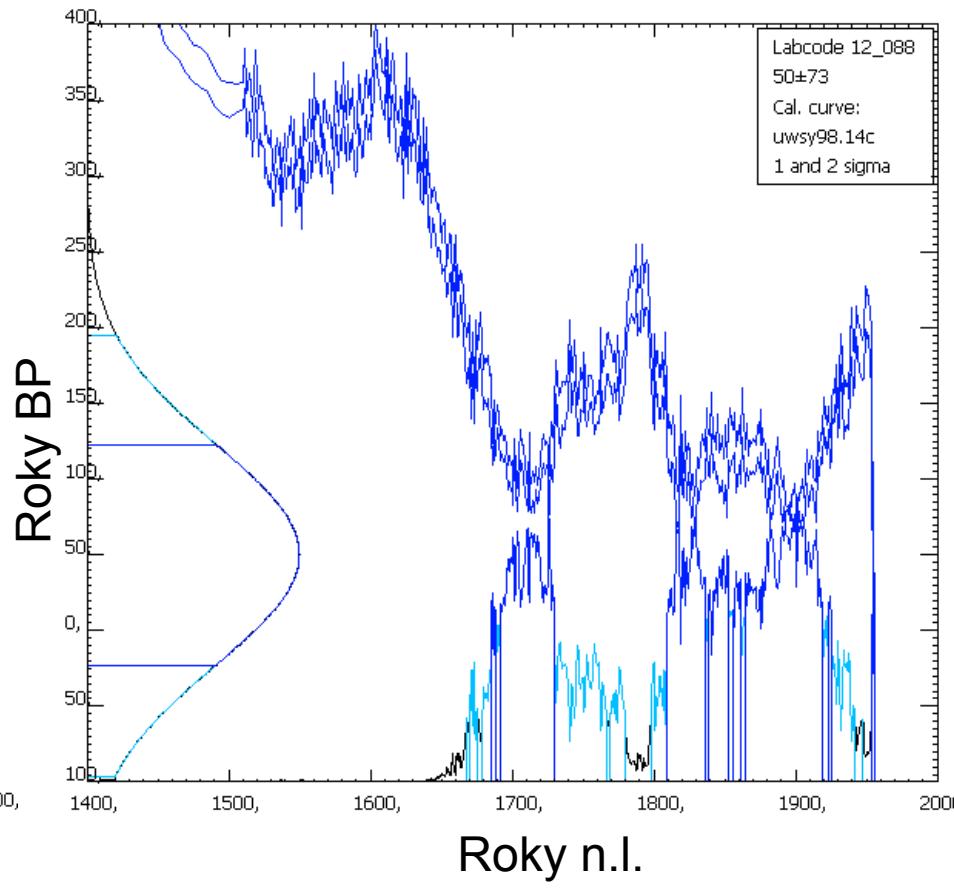
Recentní porovnání ^{14}C dat a dat z korálových útesů (u Barbadosu) pomohlo k tvorbě kalibrační křivky v rozmezí 9000-40 000 BP.

Radiokarbonové versus kalibrované stáří

9279 ± 37 BP



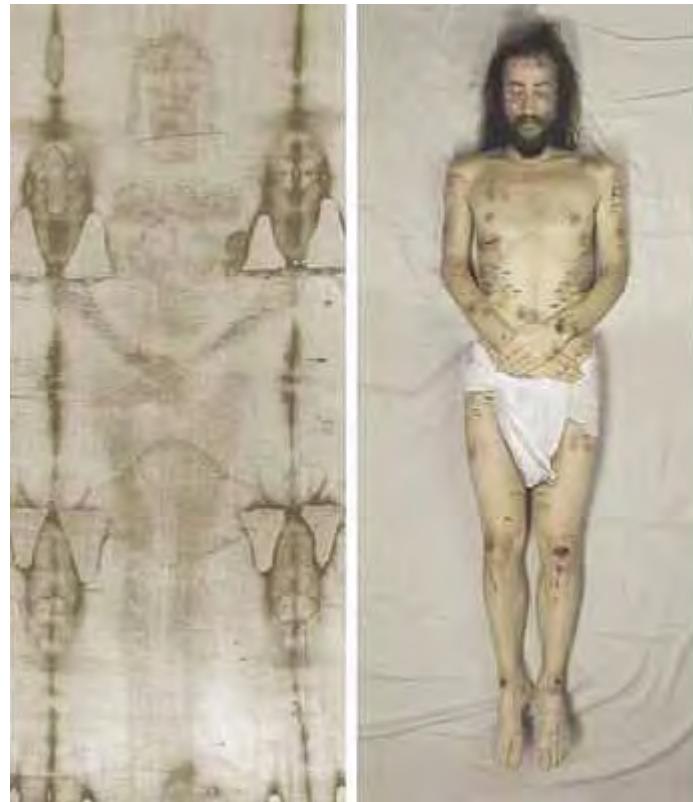
50 ± 73 BP



Příklady radiokarbonové datování

Turínské plátno

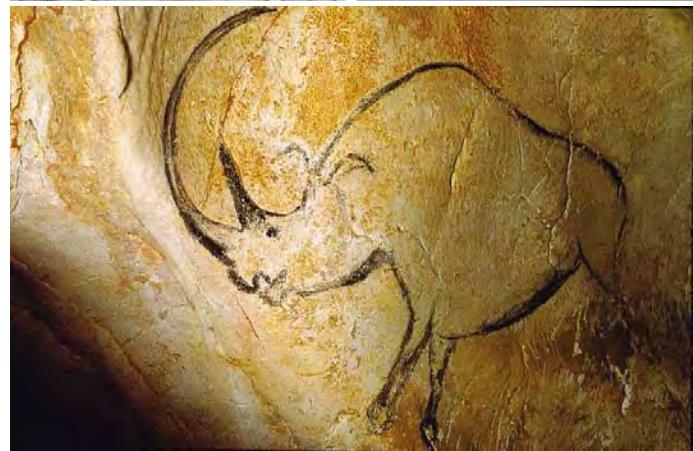
(1988). Laboratoře v Oxfordu, Curychu a arizonském Tucsonu se shodly, že plátno ve skutečnosti nenese otisk Kristovy tváře, ale že je padělkem z doby mezi lety 1260 a 1390. Pak názory, že vzorky nebyly z původního Inu, ale ze středověké záplaty.



Pravěké malby na stěnách

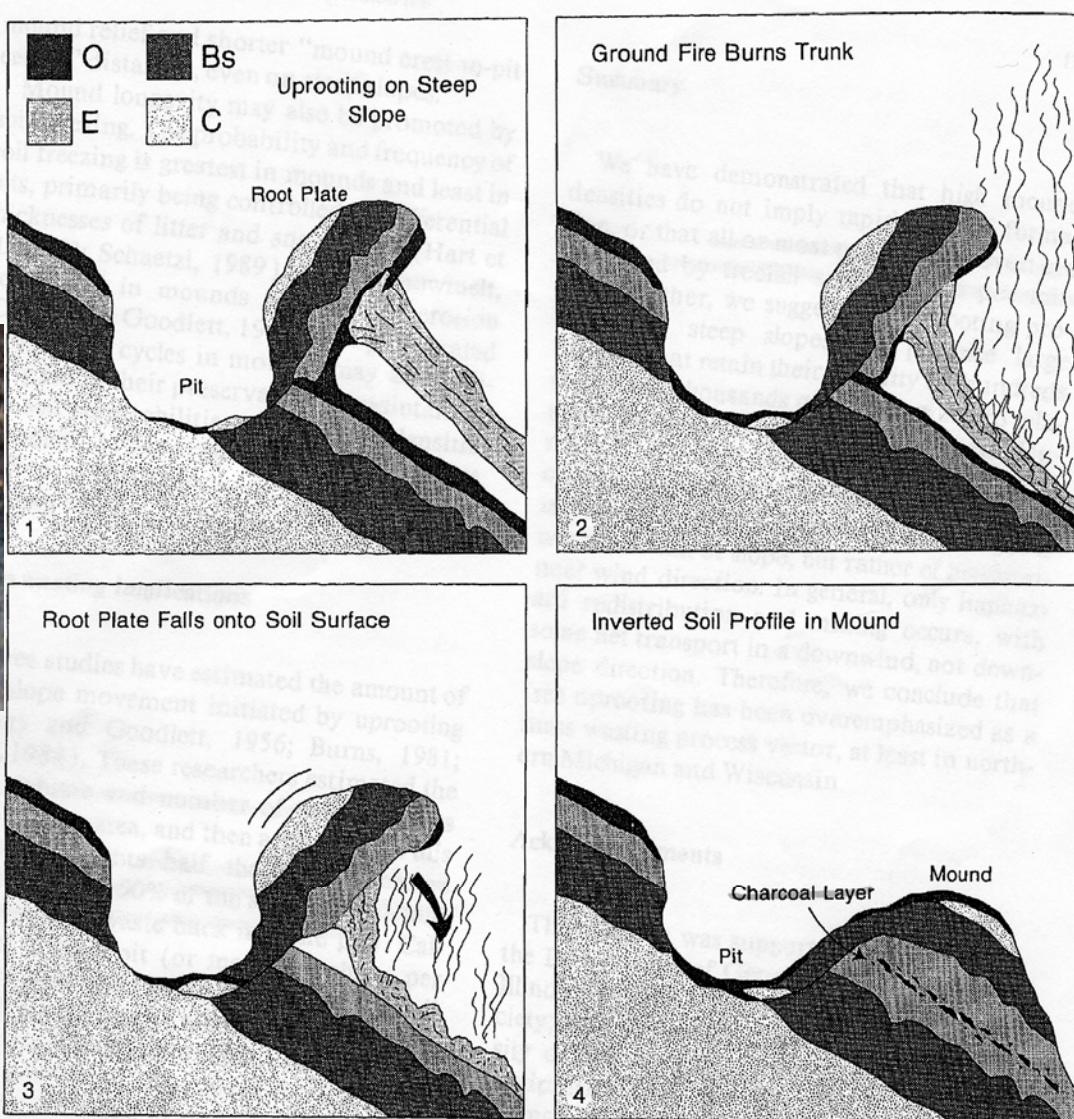
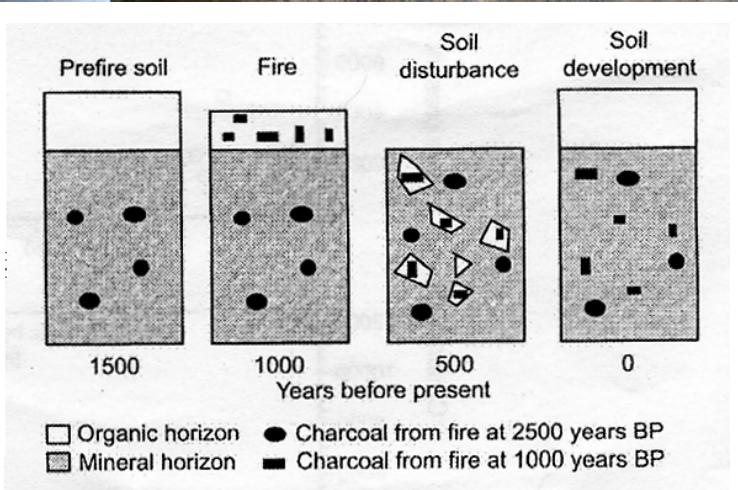
Chauvetova jeskyně (Francie)

Stáří maleb 30-32 tis. let



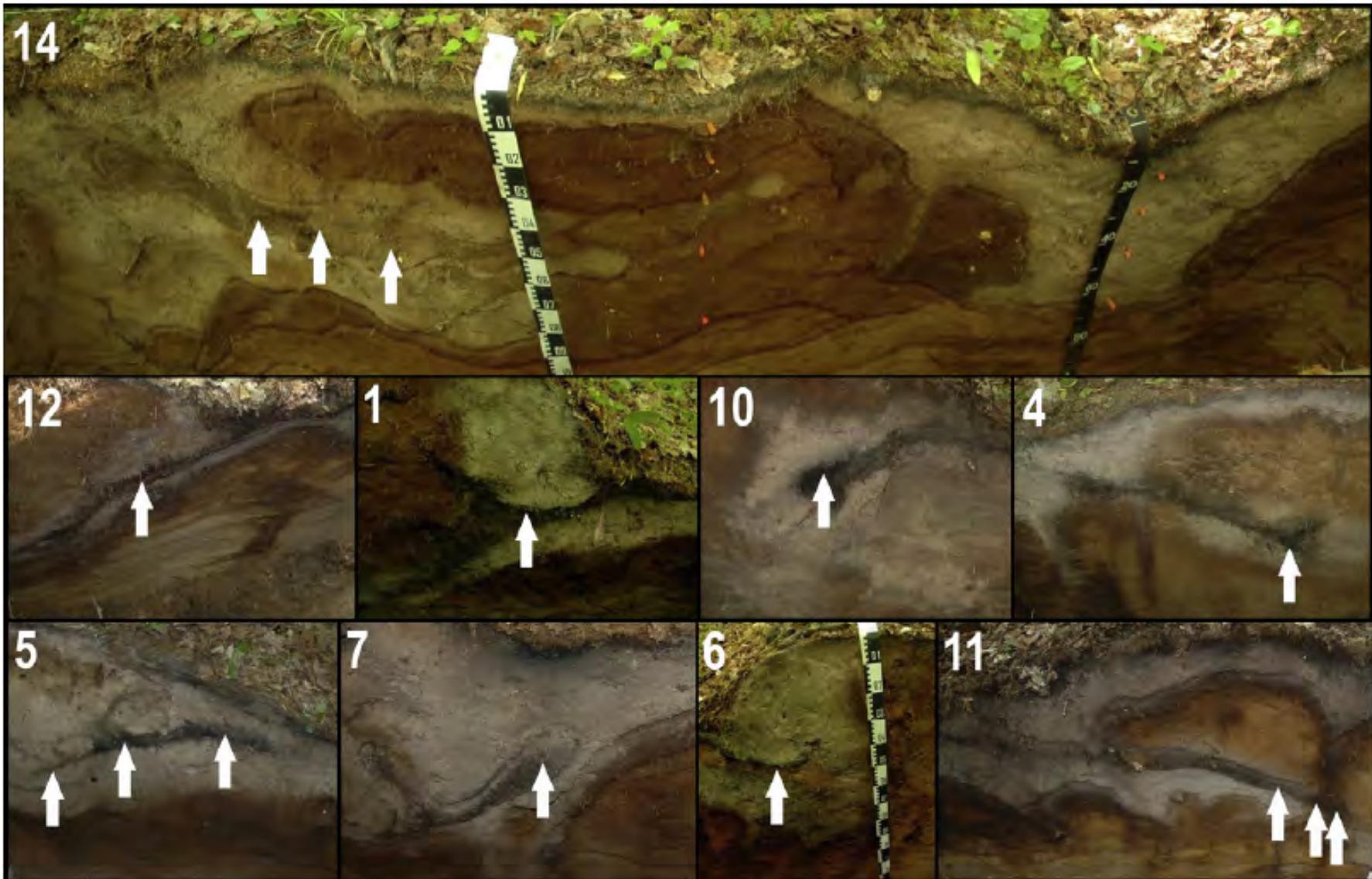
Radiokarbonové datování vývratů, Michigan

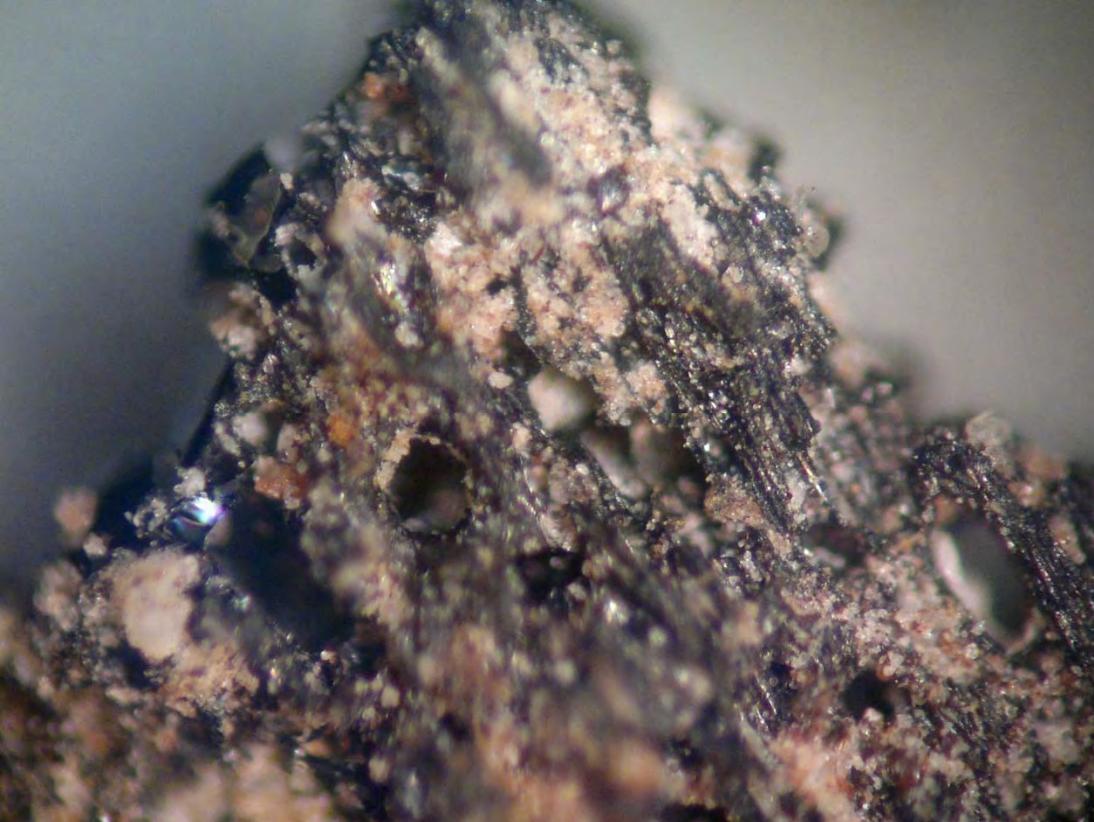
- Vyvrácený strom
- Subfossilní horizonty
- Depresní „trychtyř“
- ...





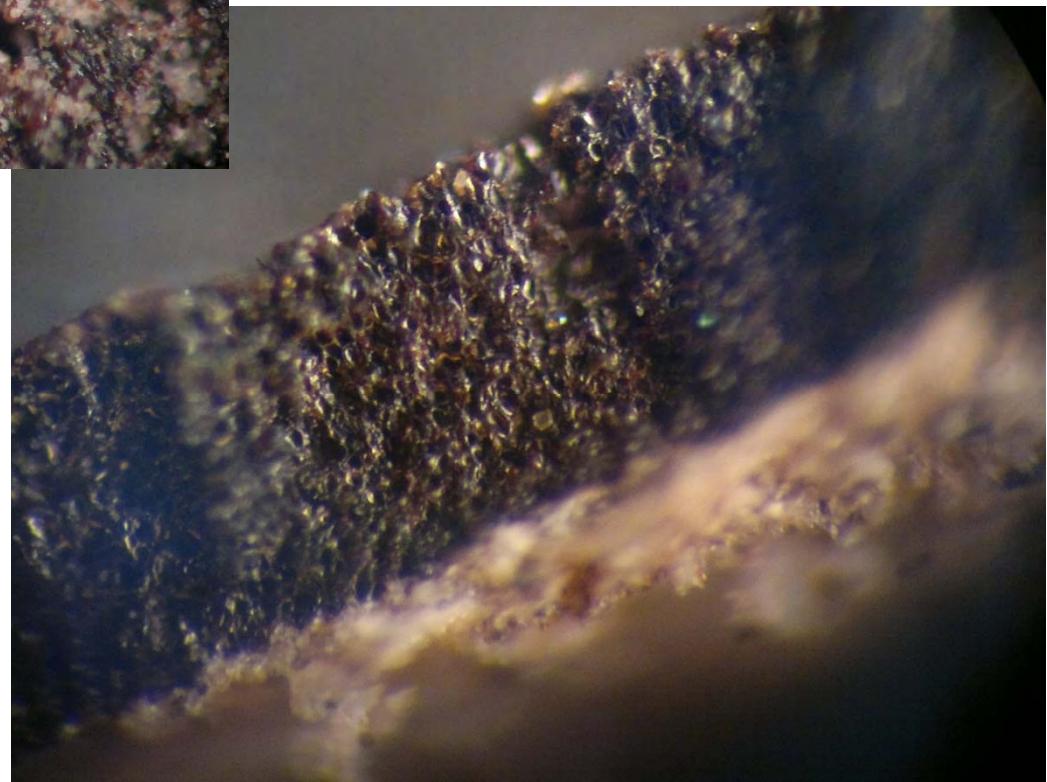
Čas





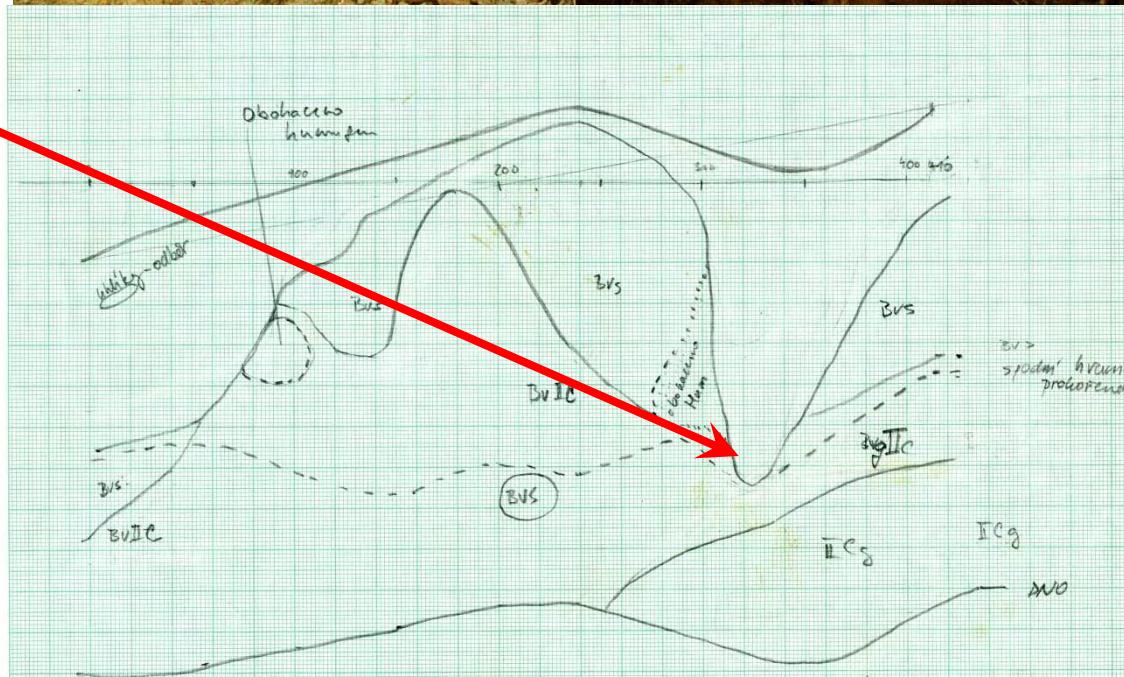
Stáří uhlíků až 6000 let – nejstarší známé vývraty

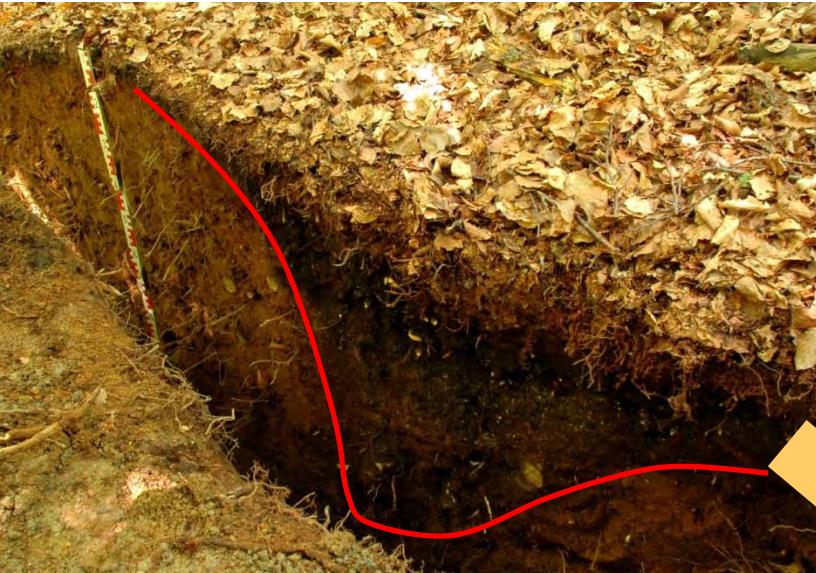
Zuhelnatělá pokožka
kořenů
Uhlíky dřeva apod.



Žofínský prales

„Trychtýř“ ve
vývratové depresi





Žofínský prales

Nelze využít logiku z Michiganu – jiné procesy
Chybí semena rostlin aj.
Kontaminace z okolí



Uhlíky – maximální stáří události
Sklerócia – minimální stáří události
Kontaminace, pedoturbace

Treethrow pit-mound pair	Minimal age by dendrochronology (year)	Type of material	Depth (cm)	Age ^{14}C BP (year)	Calibrated date (95% probability, year)	Median (weighted) of calibration age (year AD/BC)
3	370	Fungal sclerotia	5	395 ± 30 BP	1439–1523 AD (73.2%), 1573–1628 (22.2%)	1483 AD
		Fungal sclerotia	15	665 ± 30 BP	1276–1321 AD (49.9), 1350–1392 AD (45.5)	1318 AD
		Fungal sclerotia	30	960 ± 30 BP	1021–1155 AD (95.4%)	1095 AD
		Fungal sclerotia	50	1010 ± 40 BP	900–918 AD (2.7%), 966–1155 AD (92.7%)	1021 AD
		Charcoal without bark	80	5620 ± 70 BP	4616–4337 BC (95.0%)	4455 BC

Datování pomocí izotopů Be Švýcarsko, Alpy



12 izotopů Be a pouze ${}^9\text{Be}$ je stabilní
Poločas rozpadu ${}^{10}\text{Be} = 1.39 \times 10^6$ let

Použitelné pro postglaciální dynamiku
lesních půd a datování disturbančních
událostí?



Opticky stimulovaná luminiscence

I staré vzorky (>40000 let)

Vzorek nesmí být při odběru osvícen
Datování zrn křemene (běžný vzorek)

Radioaktivní záření v datovaném materiálu uvolňuje elektrony z jeho struktury, ty se hromadí v místech poruch krystalické mřížky. Ozářením viditelným světlem se elektrony vracejí zpět do elektronových obalů. Přitom se uvolňuje energie ve viditelné oblasti spektra - materiál tedy svítí. Čím déle je zkoumaný materiál vystaven radioaktivnímu záření, tím více elektronů se stačí uvolnit a tím mohutnější je pak efekt luminiscence. Jednoduše řečeno, čím je materiál starší (čím delší čas uplynul od posledního zahřátí či ozáření), tím více se mezitím stačil "nabít".

Použitelné u vývratů?

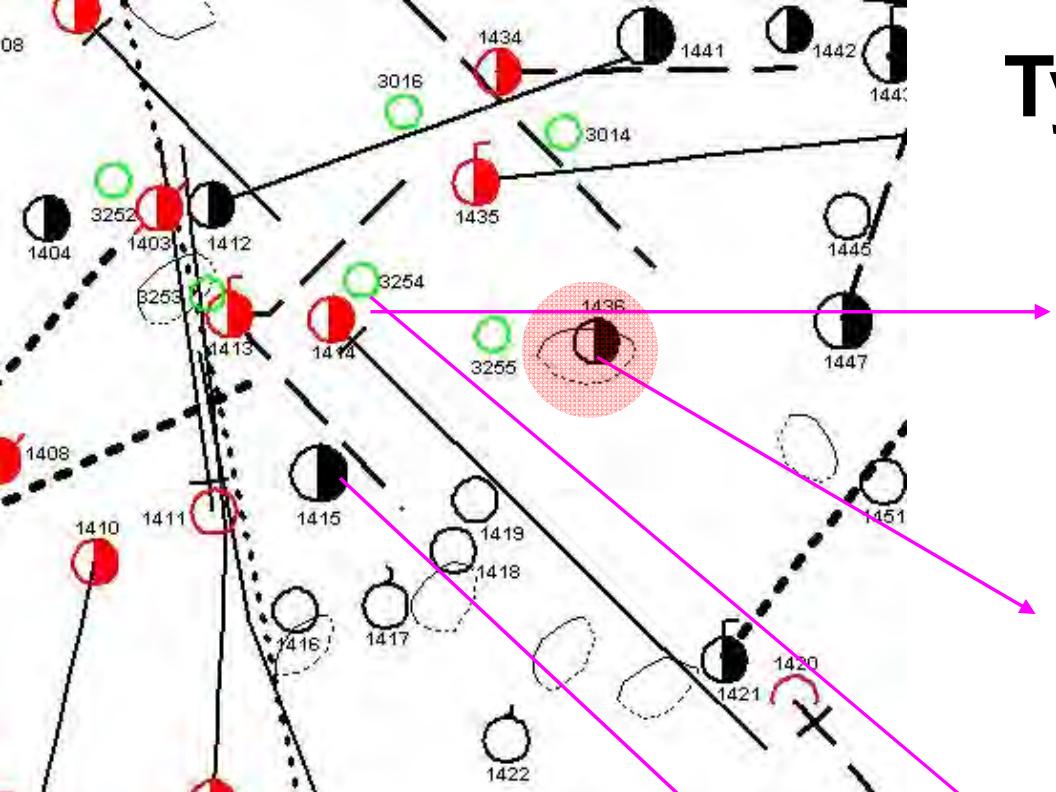
Pozn: termoluminiscence – datování keramiky, rozpálení peci, měření vyzařování a datace času mezi 1. a 2. vypálením.

Dendrochronologické metody

(podrobně viz následující přednáška)



Typy vrtaných stromů



**Vyvrácený jedinec =
hledaná disturbanční
událost**

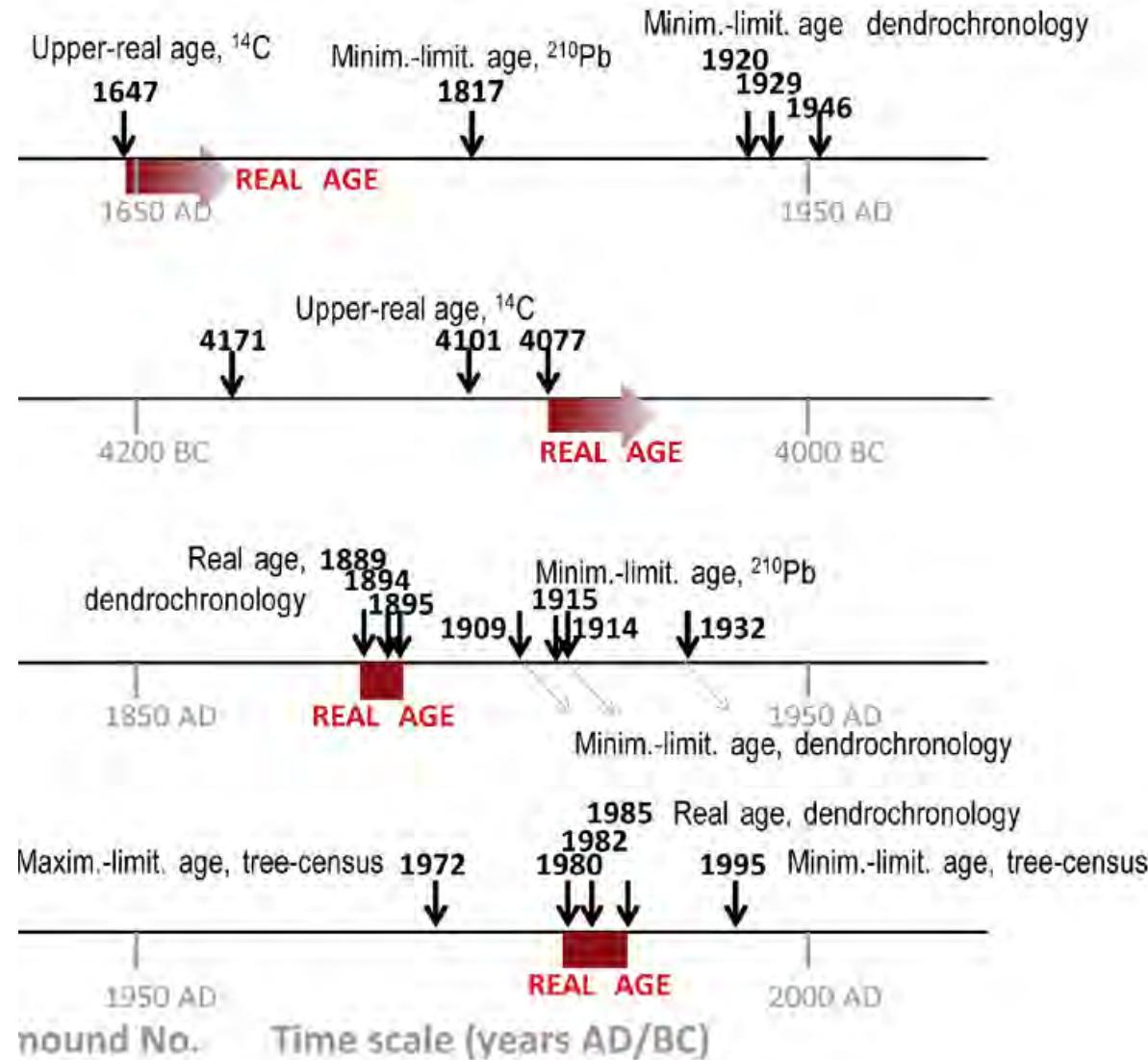
**Jedinec nově rostoucí na
vývratu = minimální věk**

**Jedinec v gapu =
minimální věk**

**Jedinec, který bočně
reagoval na pád stromu =
datum události**

+ možnost porovnání letokruhové křivky
vyvráceného stromu s ostatními

Křížové datování



Nepřímé datování vývraty

- Chůdové kořeny
- Vývoj půdních horizontů
- Tvar vývratu
- Dekompozice kmene
- Stáří nově rostoucích stromů

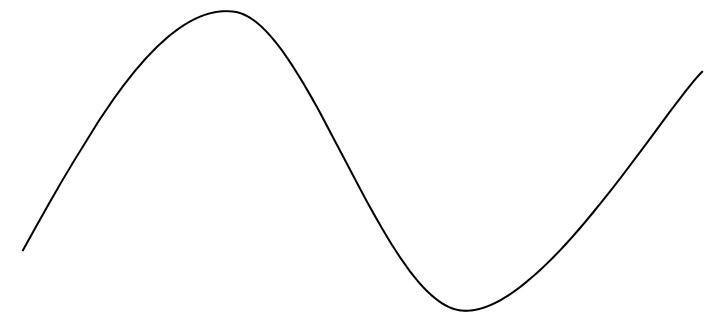


Obnažení
chůdových kořenů

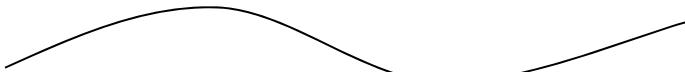
Vývoj tvaru vývratu



Stáří 22 let



Stáří > 1400 let



Rychlosť zvětrávání



Rychlosť zvětrávání



Přirozený les



Paleoekologická data

Pyl

Makrozbytky

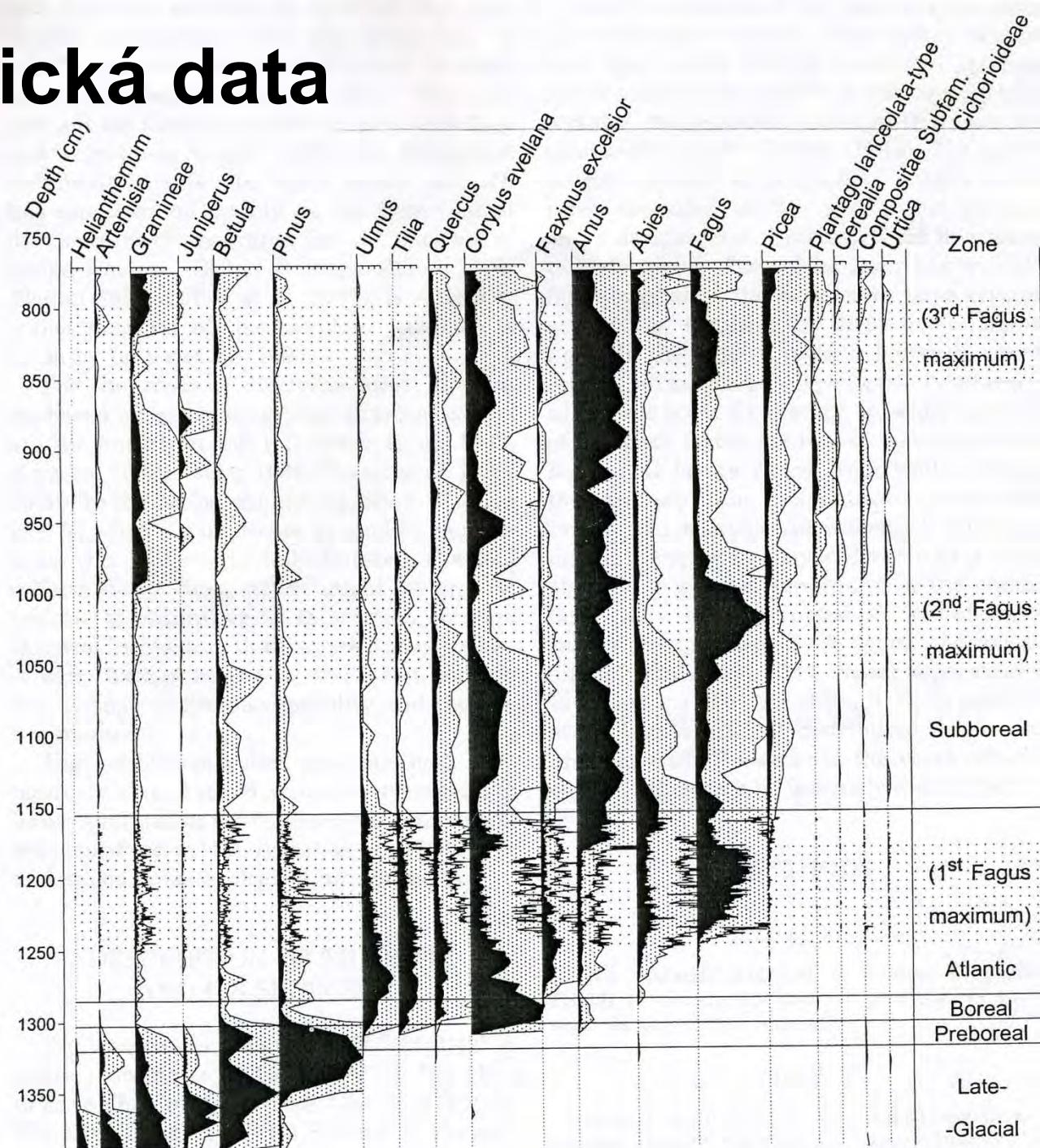
Fytolity

Šneci

Půdy

+ ^{14}C

Disturbanční režim
jedlobukových porostů –
Alpy
Knaap et. al. (2004)



Pozn: přesnost vs. šířka sedimentu

KOnec