

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 ?

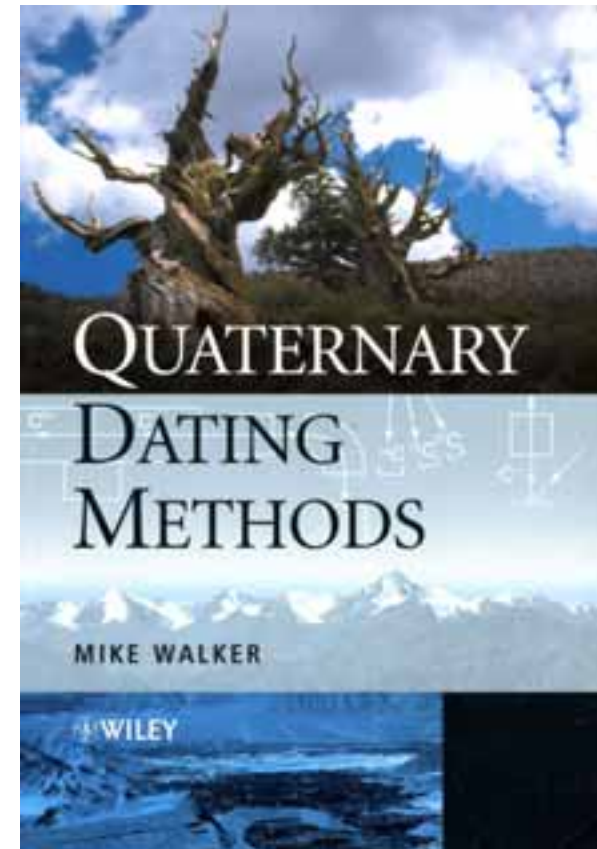


Datování událostí

Metody závisí na:

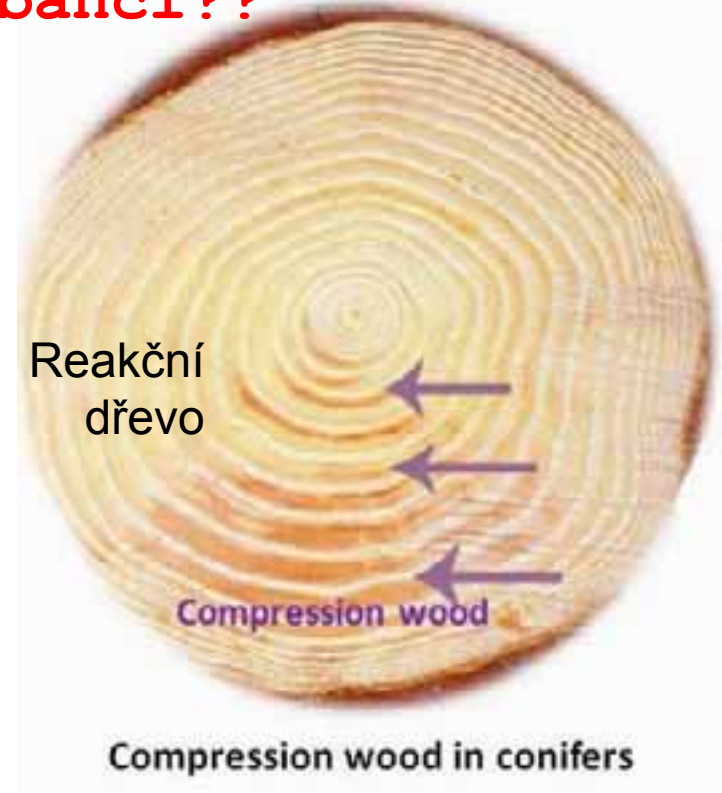
- Očekávaném stáří události (1– >100 000 let)
- Rozsah události (1 strom – krajina)
- Požadovaná prostorová a časová přesnost
- Charakter události a charakter hledaných stop (oheň, vítr)
- Lokalita (znalost minulého vývoje, historické materiály, geologické podloží aj.)

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



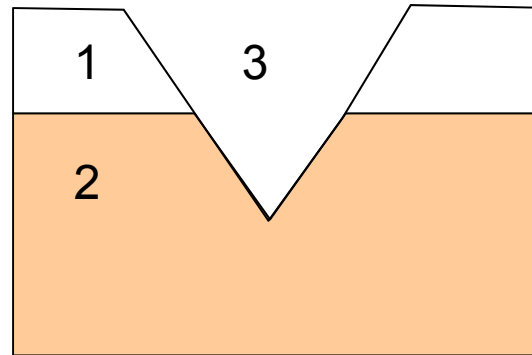
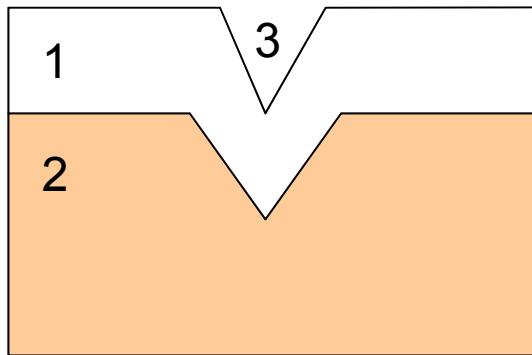


Přímé a nepřímé stopy po disturbanci??



Datování

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



123
132
213
231
321
312

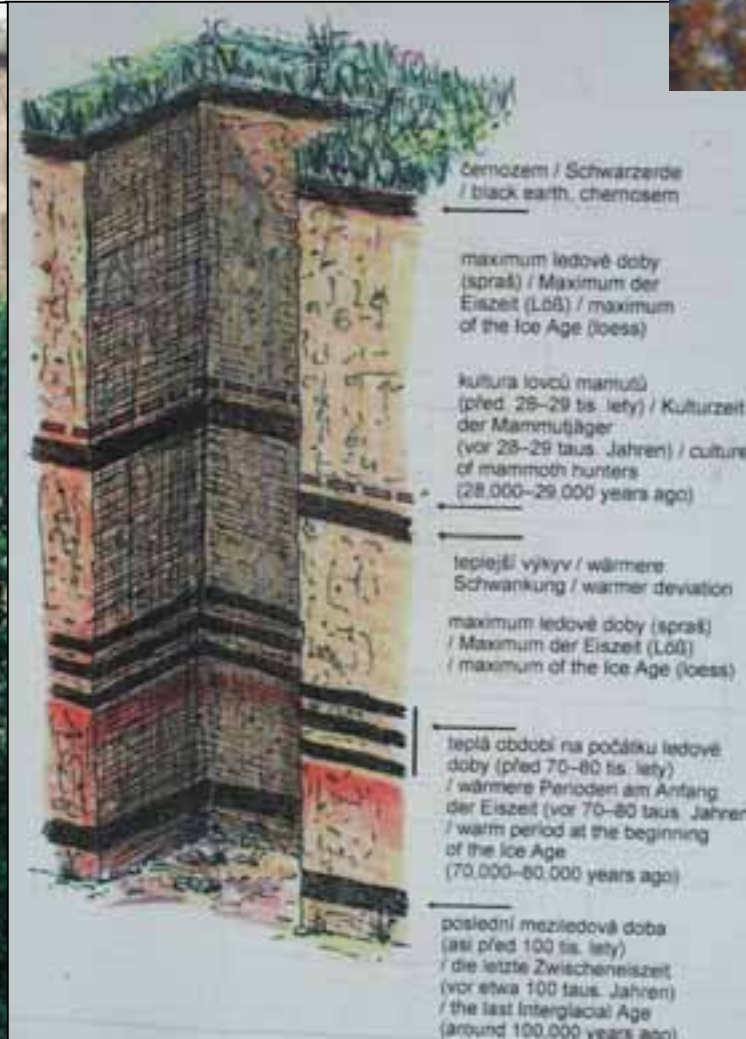
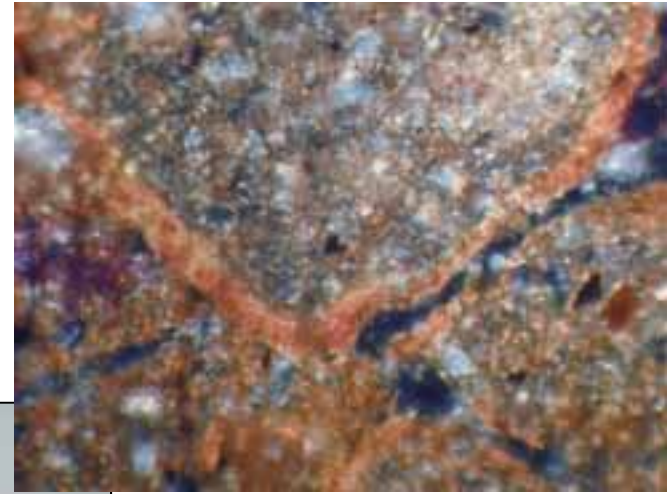
Kdy vznikl zářez?

- **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

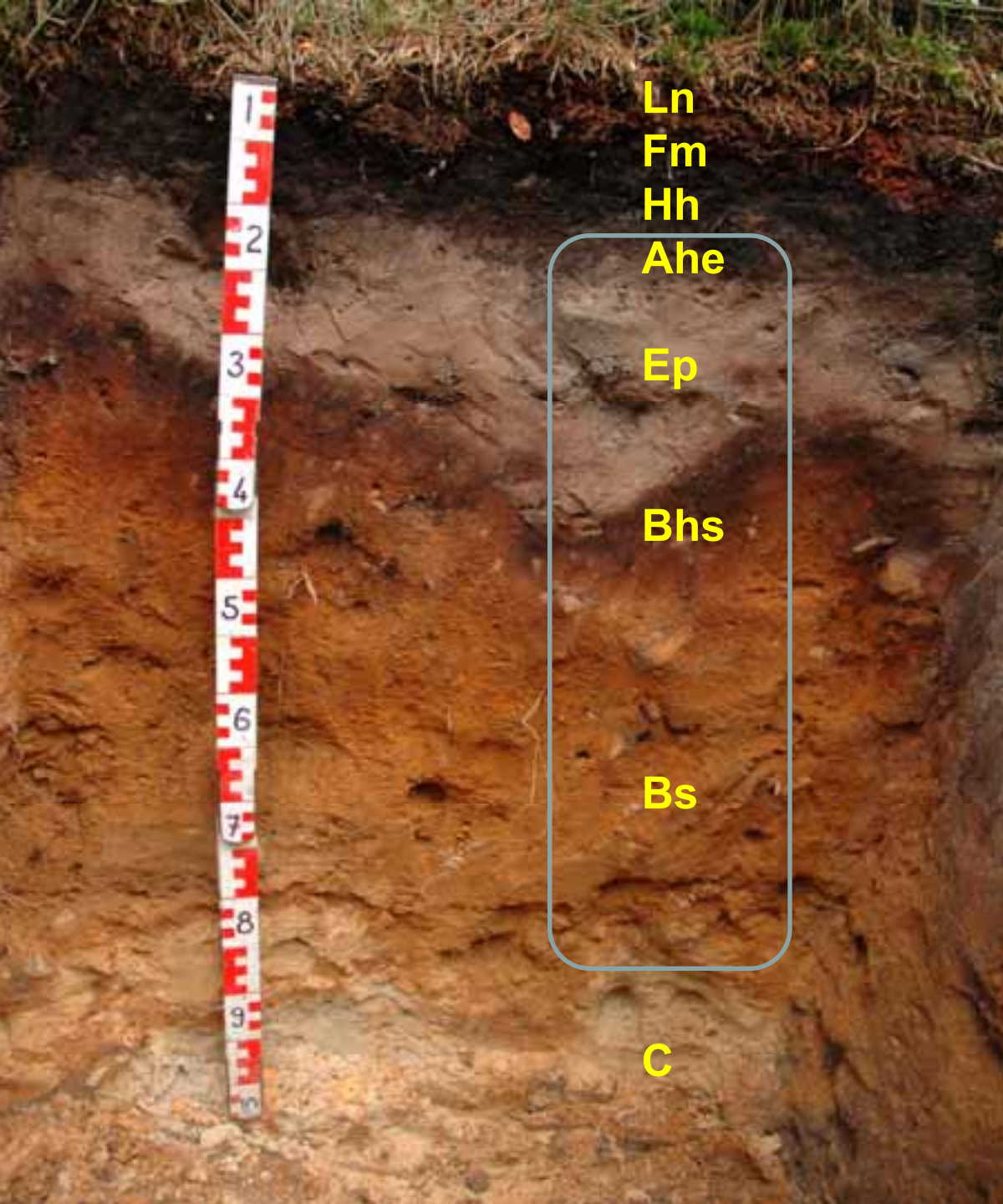
Dolní Věstonice



Mikromorfologie
půd

Odečítání vrstev
vs
mikromorfologie půd

Problematika hyátů



Ln

Fm

Hh

Ahe

Ep

Bhs

Bs

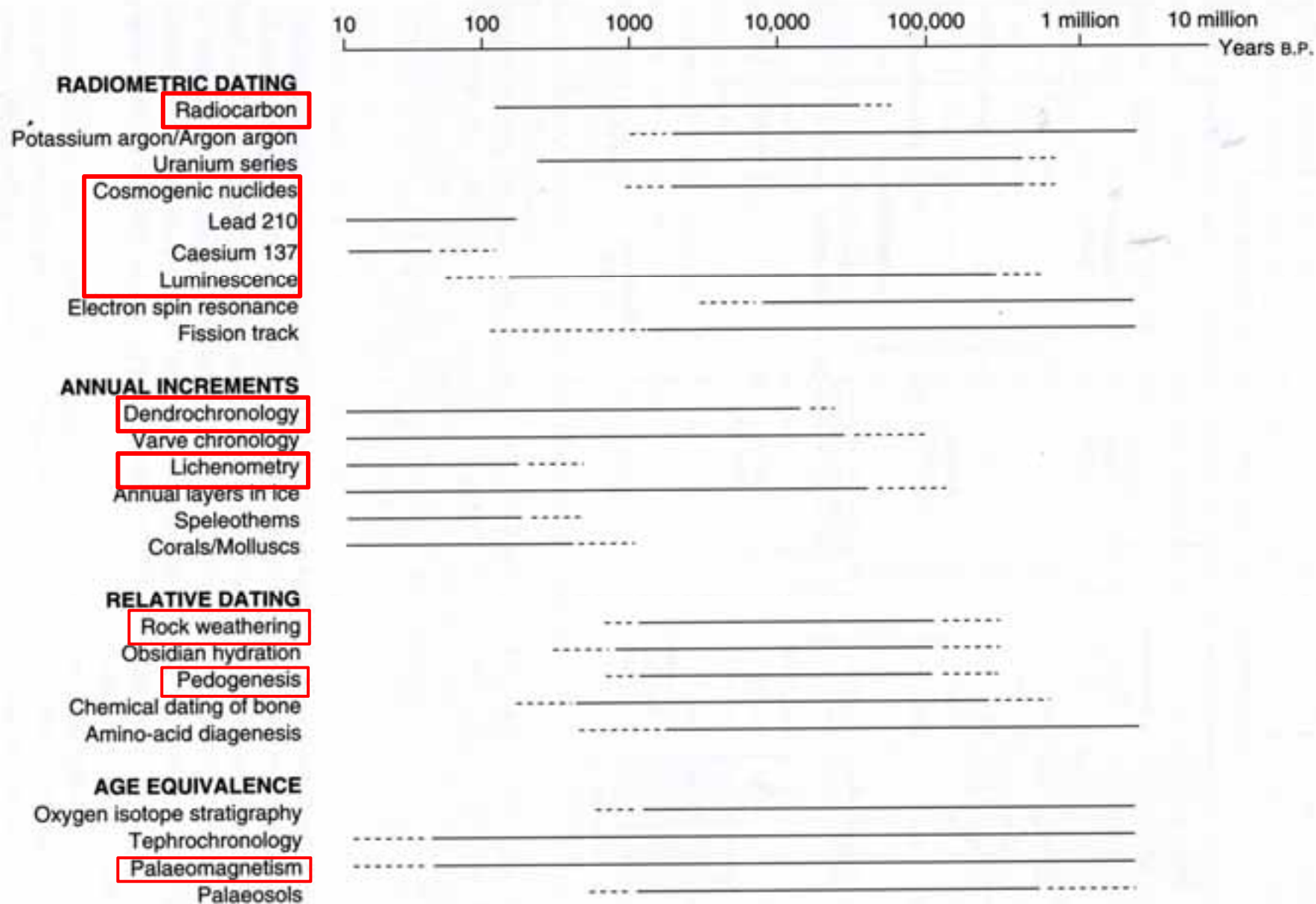
C

Který z půdních
horizontů je
starší?

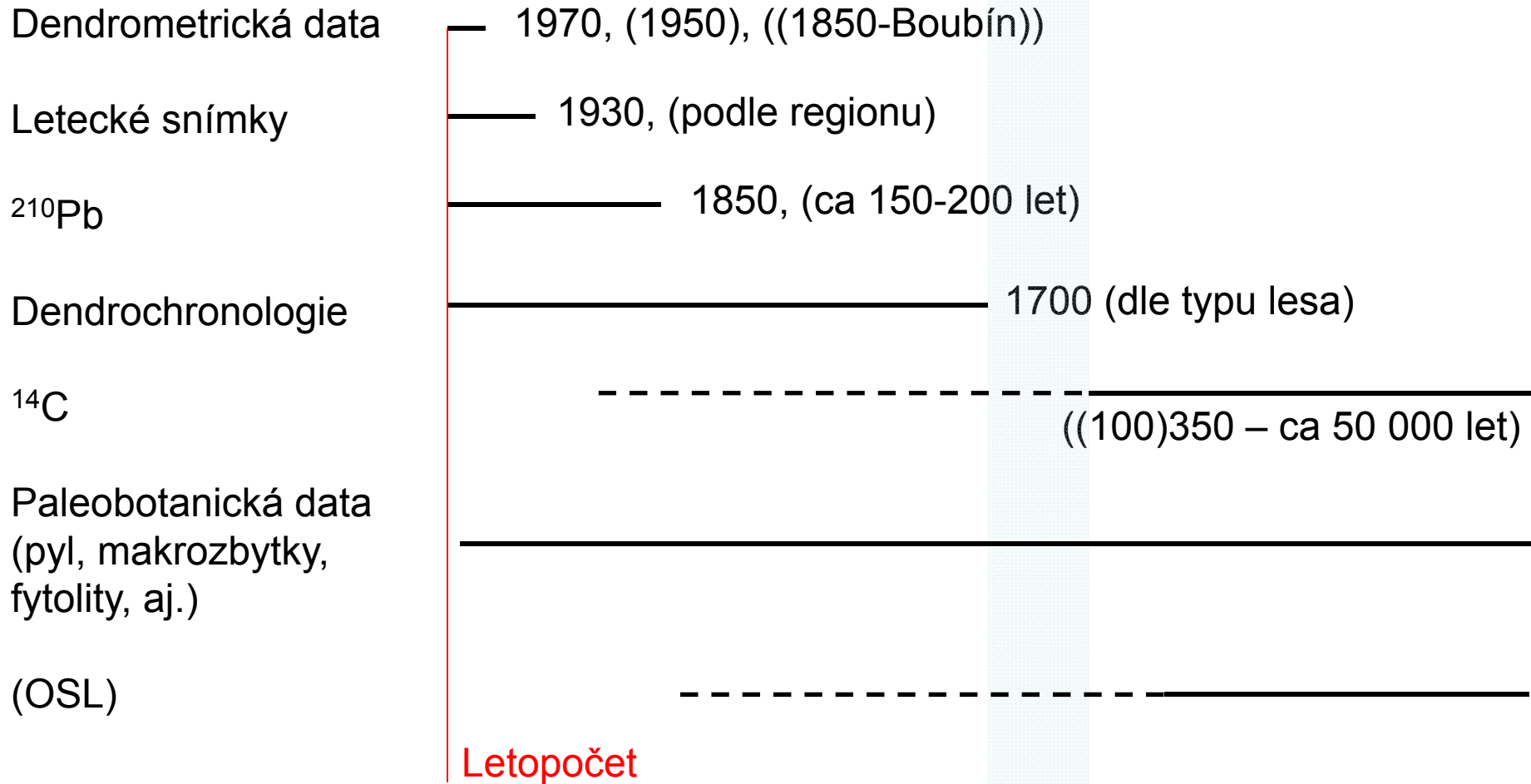
„Půda paměť, půda moment“

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

Metody kvartérního datování



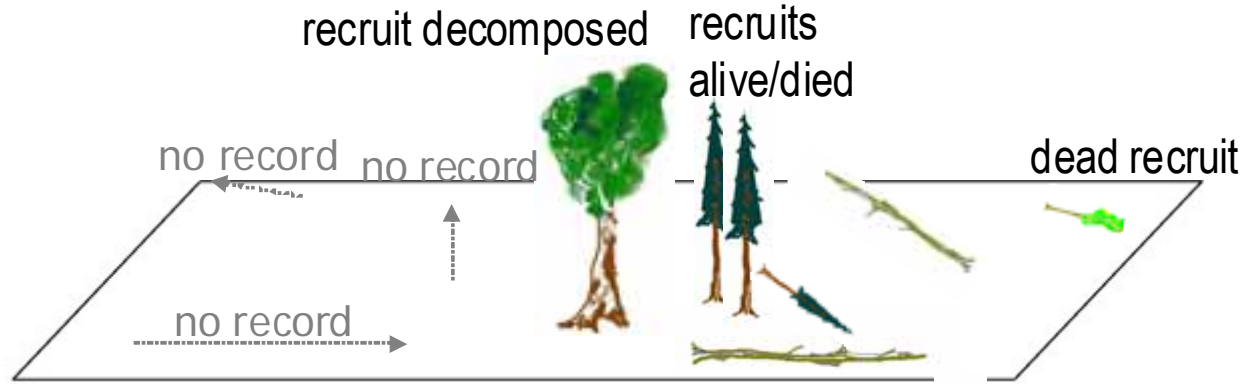
Metody datování událostí v lesních ekosystémech



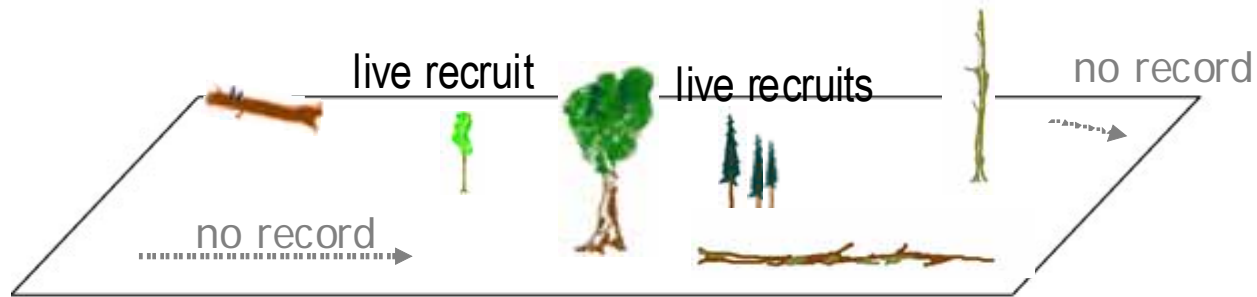
(mikromorfologie půd, archeologie, paleomagnetismus, ...)

Dendrometrická data

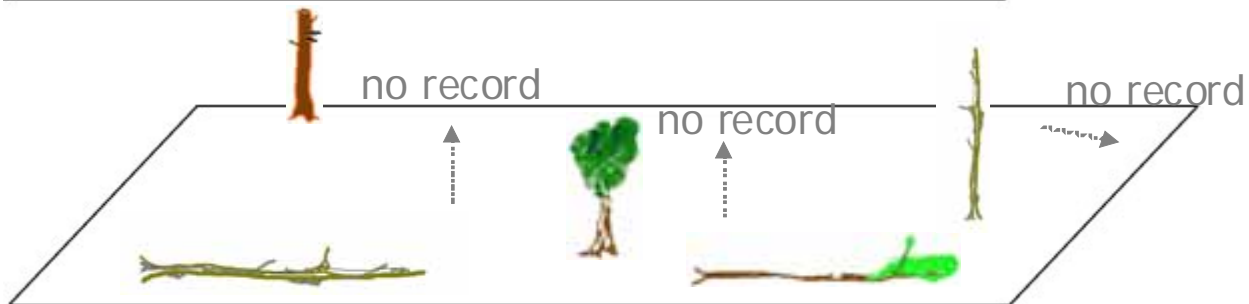
2000s
Žofín: 2008



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

Field-Map Version 2.7
INVENTORY ANALYST

Copyright © 2002 - 2006
 IFER - Institute of Forest Ecology, Research Ltd.
 IFER - Moravino and Maccino Solutions Ltd.
<http://www.field-map.com>

Open Field-Map Project
 Field-Mapa.parcels

More Files
 Fardaska
 Lirotkerke_demomestre
 belgie2
 belgie2
 inventory_project
 Test_project
 Cestina_MINIMO_DE
 LHP_NFP_spojene
 Poleznik_CoreArea20
 Poleznik_invent2002

Classification Tools
 Layer: Area
 Attribute: Lightness (0.0-1.0)
 Color: 193
 Size: 100
 Style: Solid
 Width: 200

Classification Tool Parameters
 Add new polygons for: None
 Add light for internal polygons: 0.50
 Use new attribute: none of them
 Update current polygons: on
 Refresh attribute: 0.00

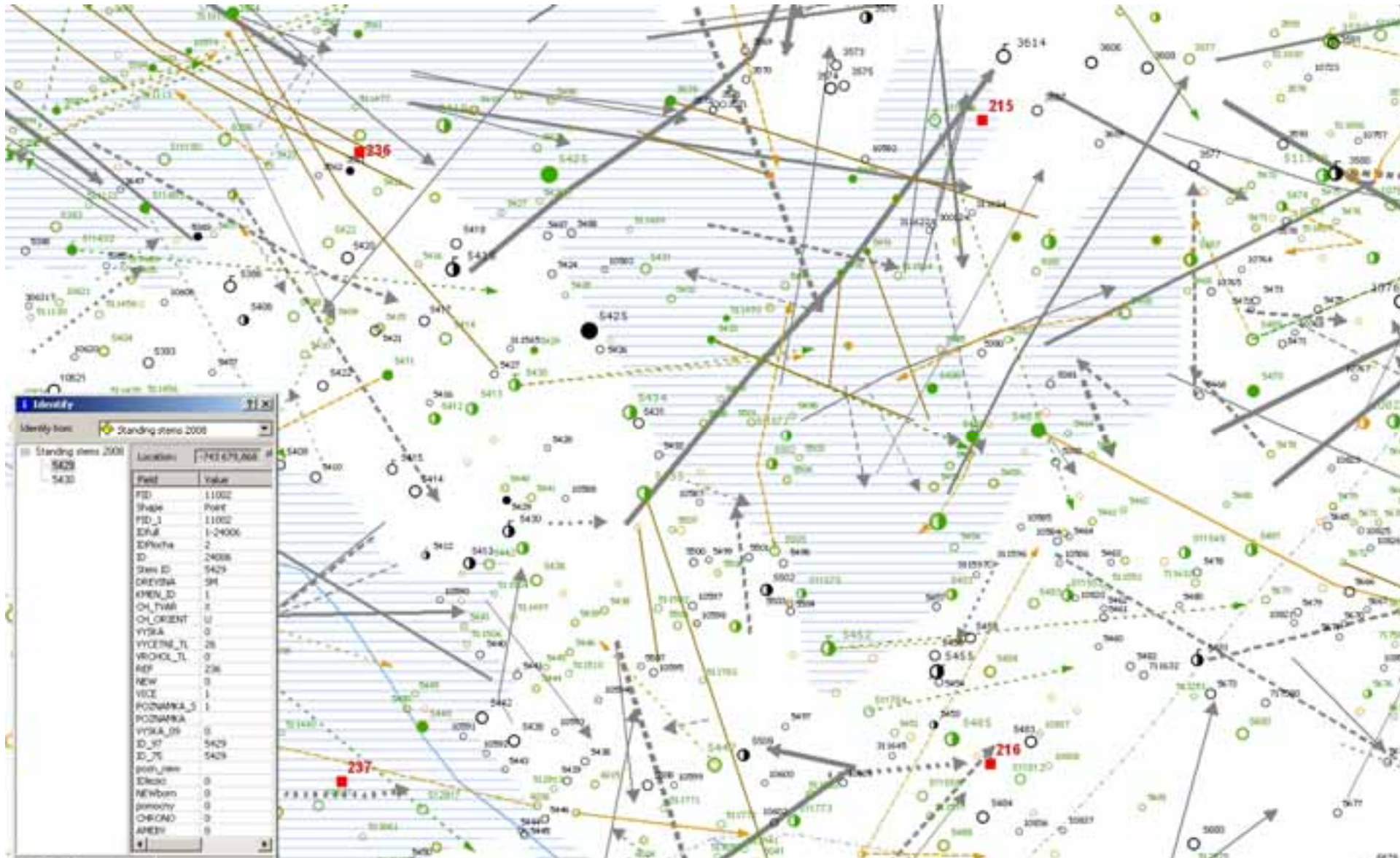
Statistics
 Mean: 0.50
 Std: 0.10
 Min: 0.00
 Max: 1.00

Legend
 0.00 - 0.25
 0.25 - 0.50
 0.50 - 0.75
 0.75 - 1.00

More Attributes
 Name: Area (m²)
 Units: m²
 Color: Green
 Style: Solid

+ Praelestat, ...

Žofín – mapa kmenů (1975-1997-2008)

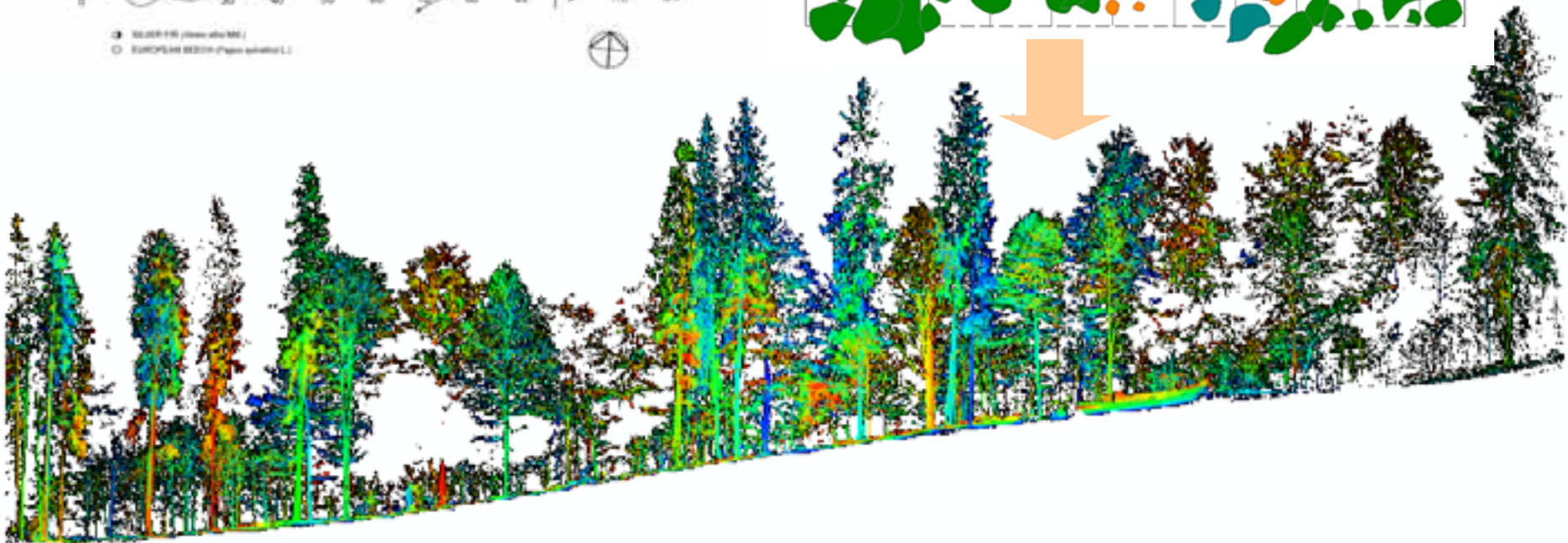
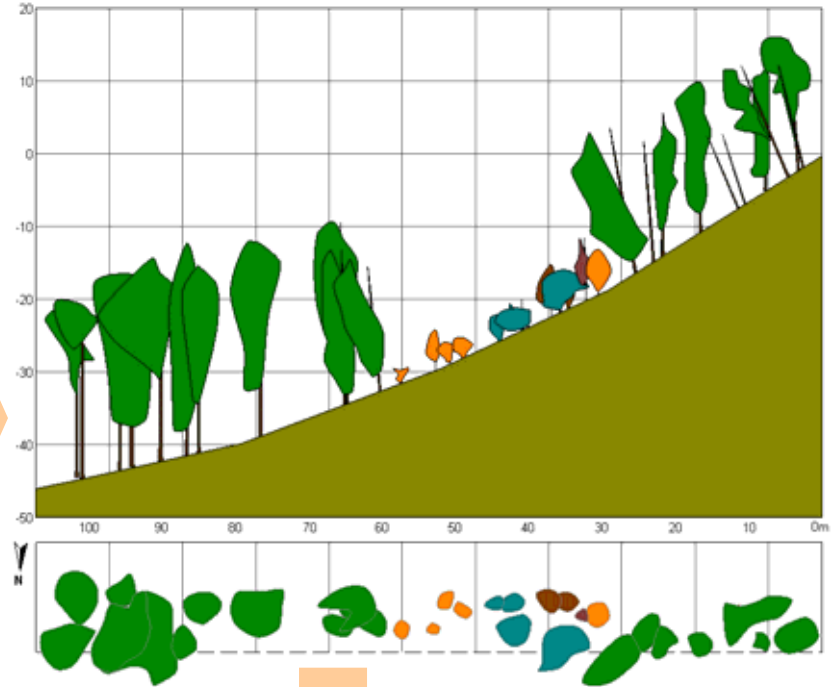
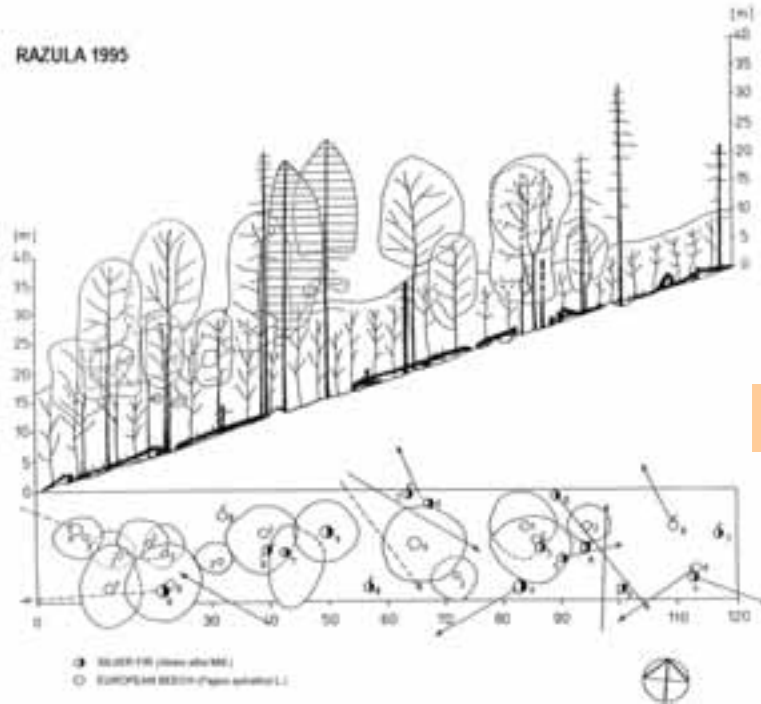


Omezení dendrometrických dat



- 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



Letecké snímky, laserové skenování a historické mapy

Žofín 1847

Žofín 2008

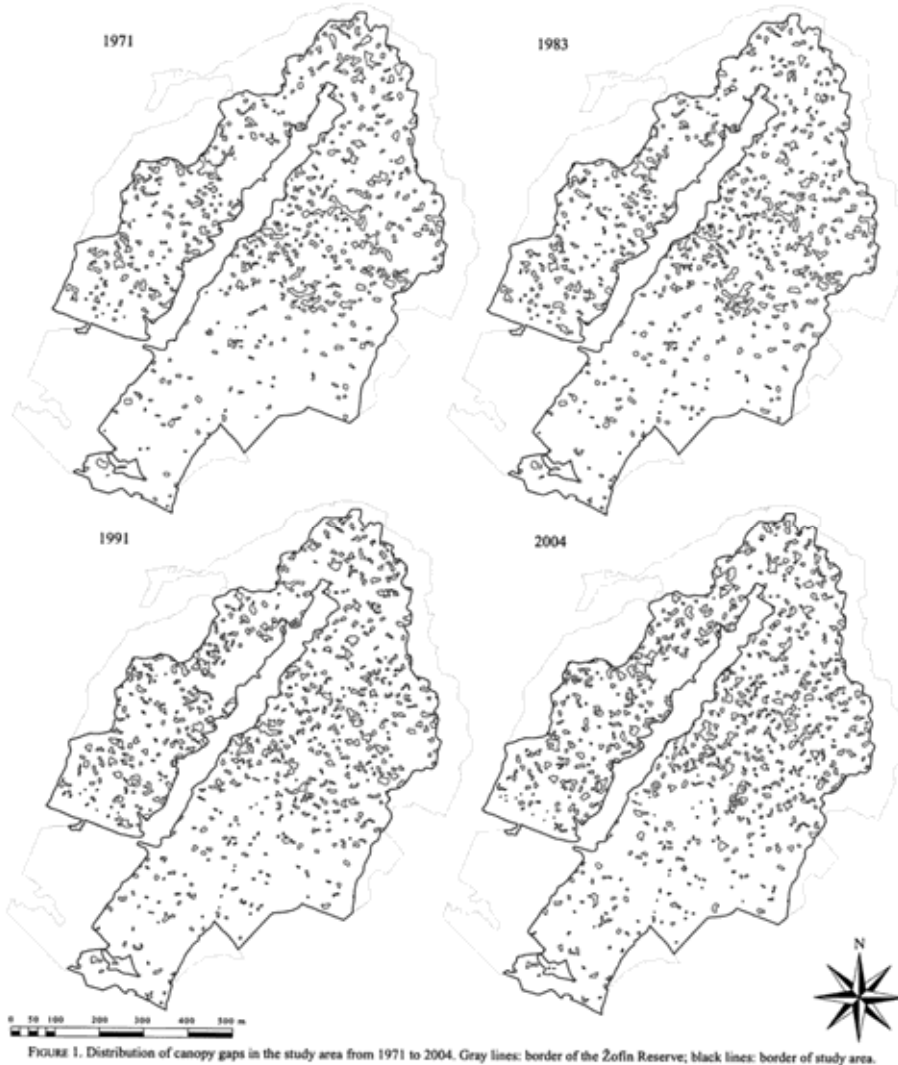




Vývoj gapů v Žofínském pralese

Kendereš et al. (2009)

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



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*

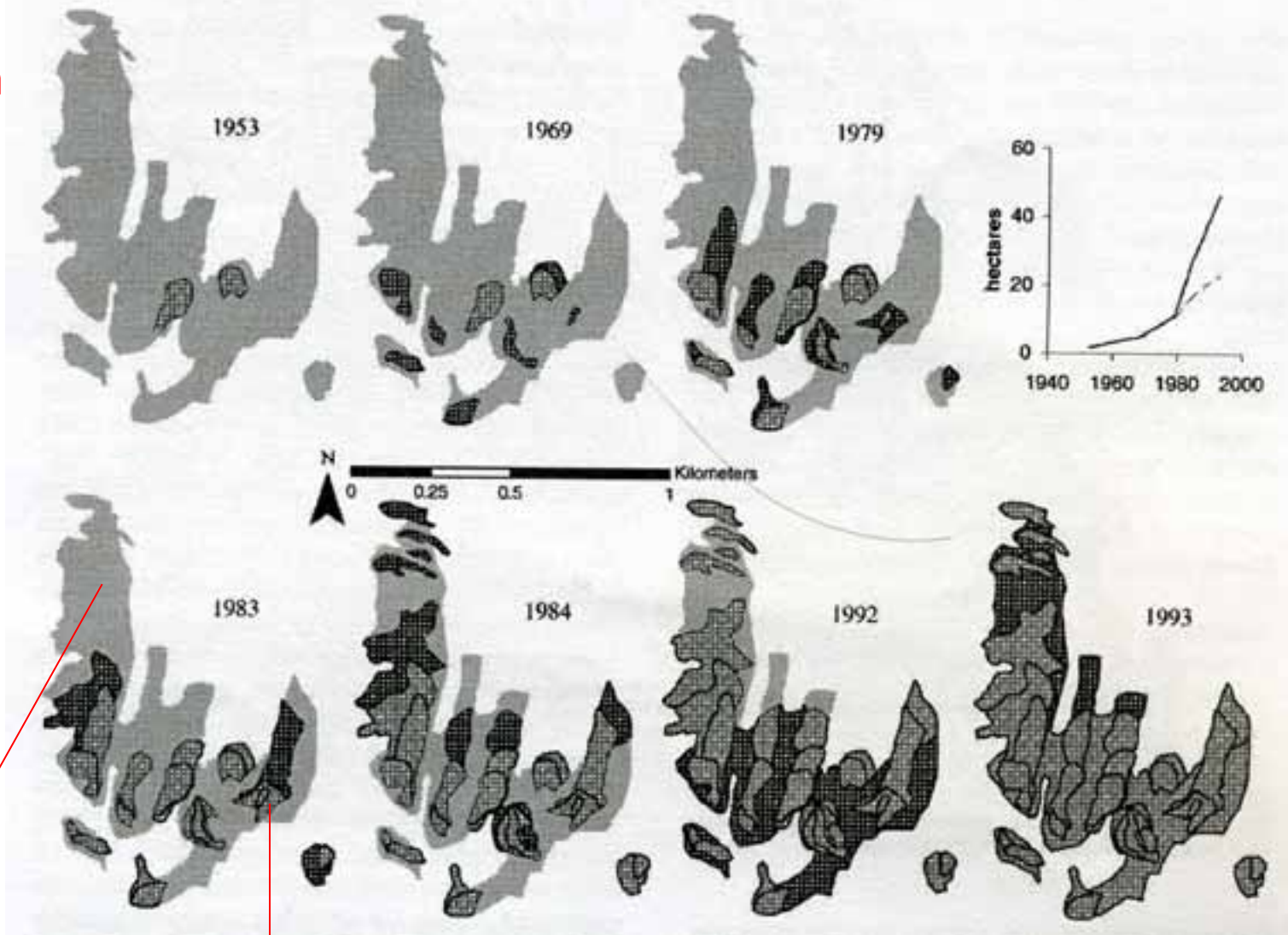
AND

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





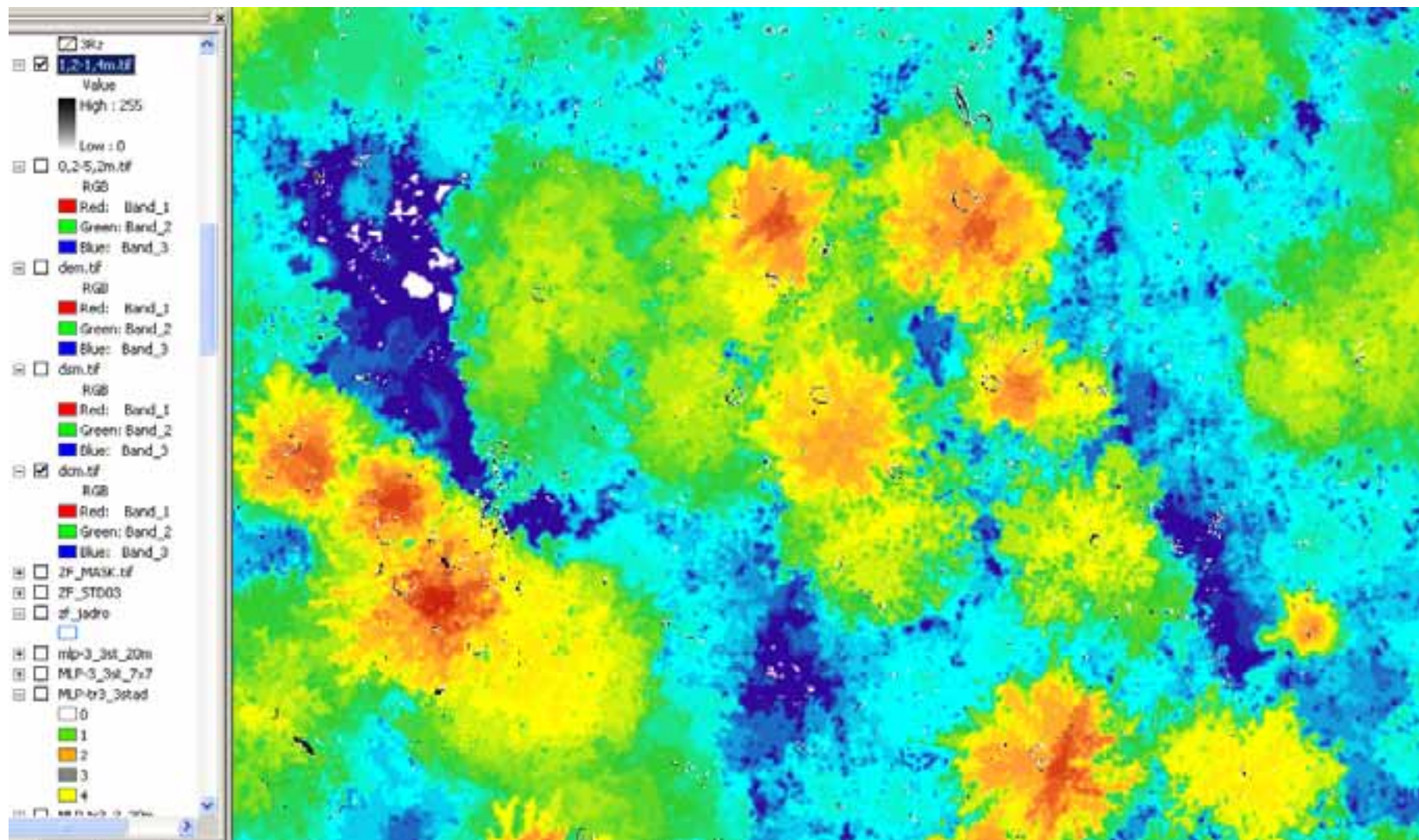
Foto a mračno bodů

Mračno bodů z pozemního laserového skenování



Žofín – hodnocení zápoje z pozemního laserového skenování

Opakované hodnocení gapů na základě mračen bodů?



^{210}Pb -datování (+ ^{137}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}Pb = 22,2 let

^{137}Cs = ?

^{226}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}Pb = 22,2 let

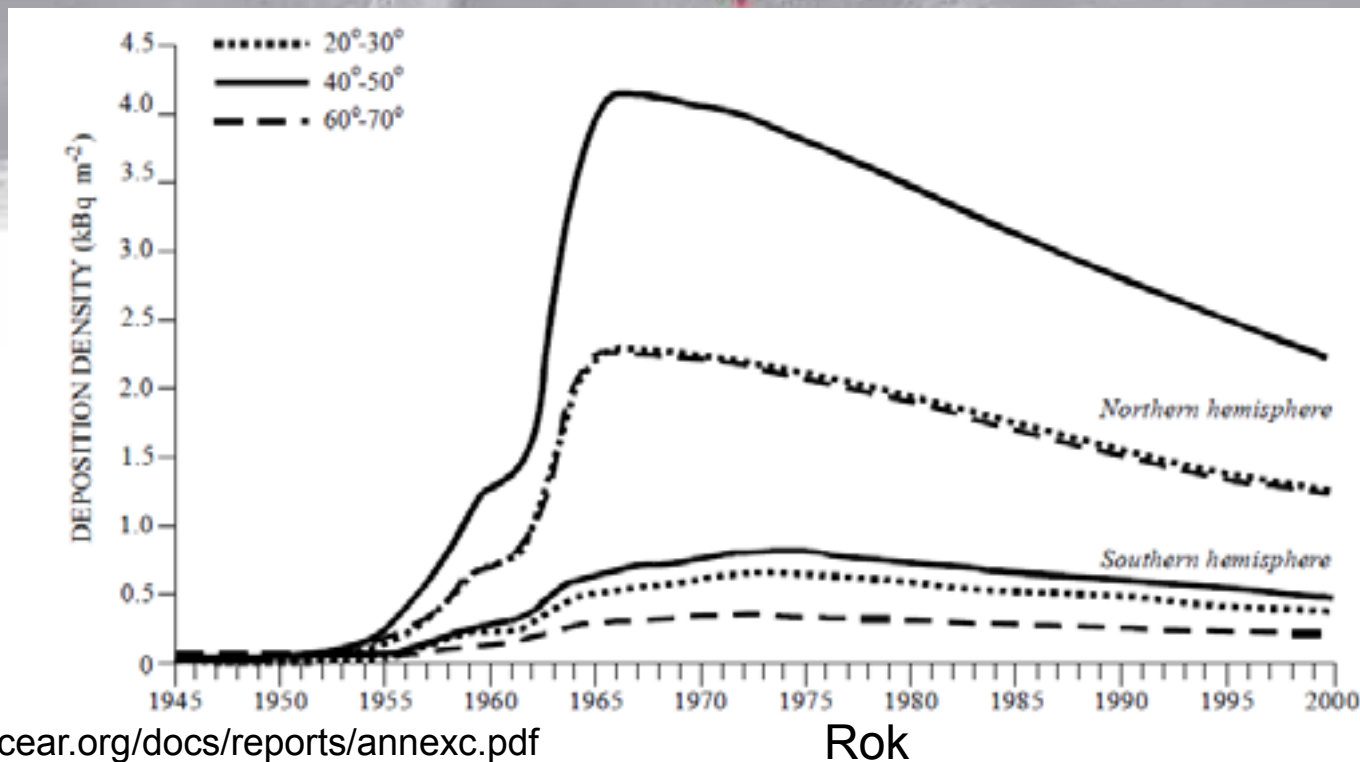
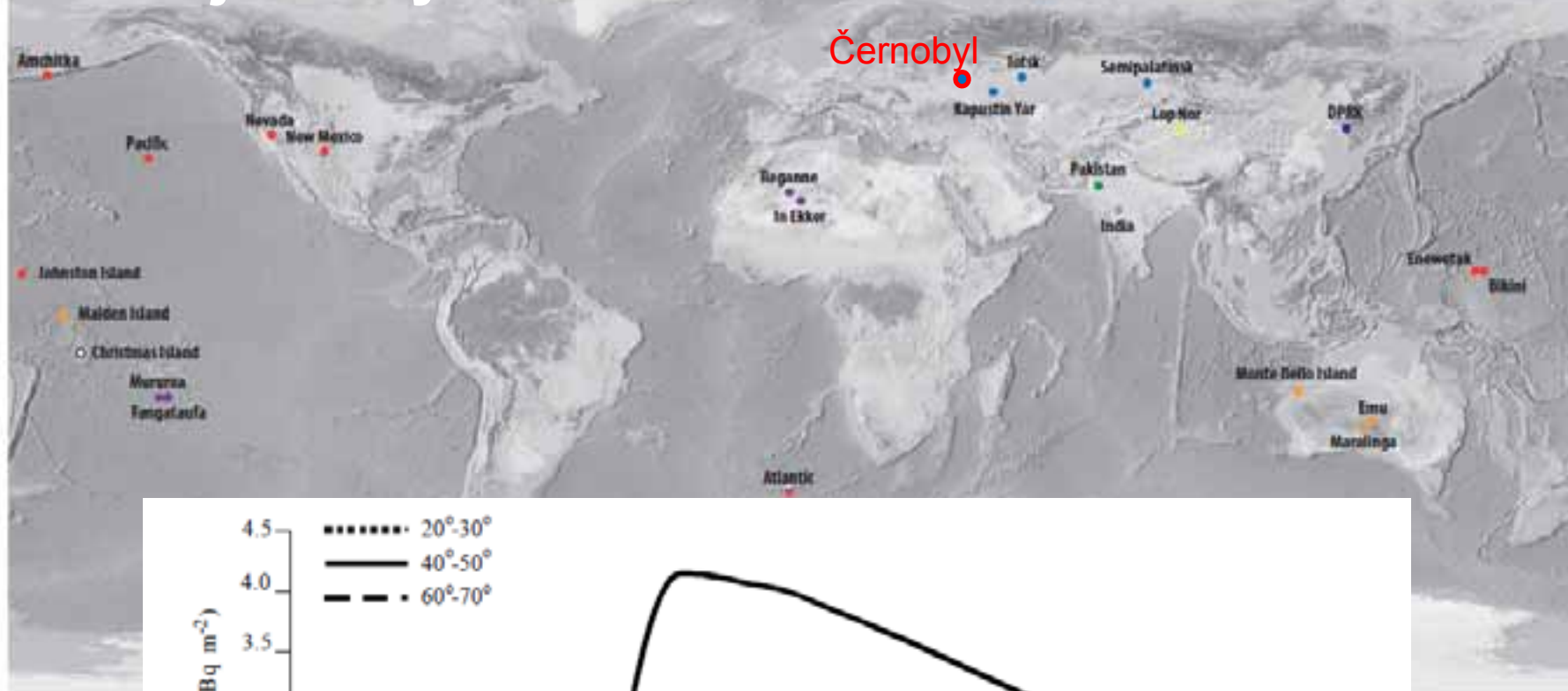
^{137}Cs = 30,17 let

^{226}Ra = 1602-1622 let



Černobyl, 26.4.1986

Místa jaderných testů a nárůst koncentrace ^{137}Cs



Žofínský prales

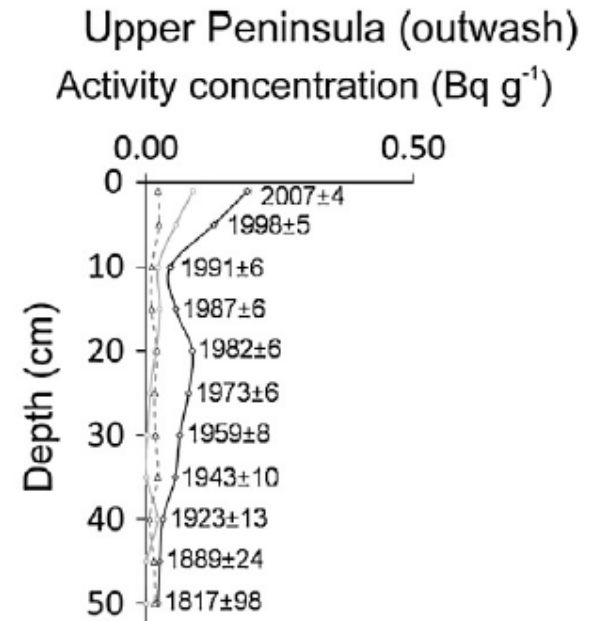
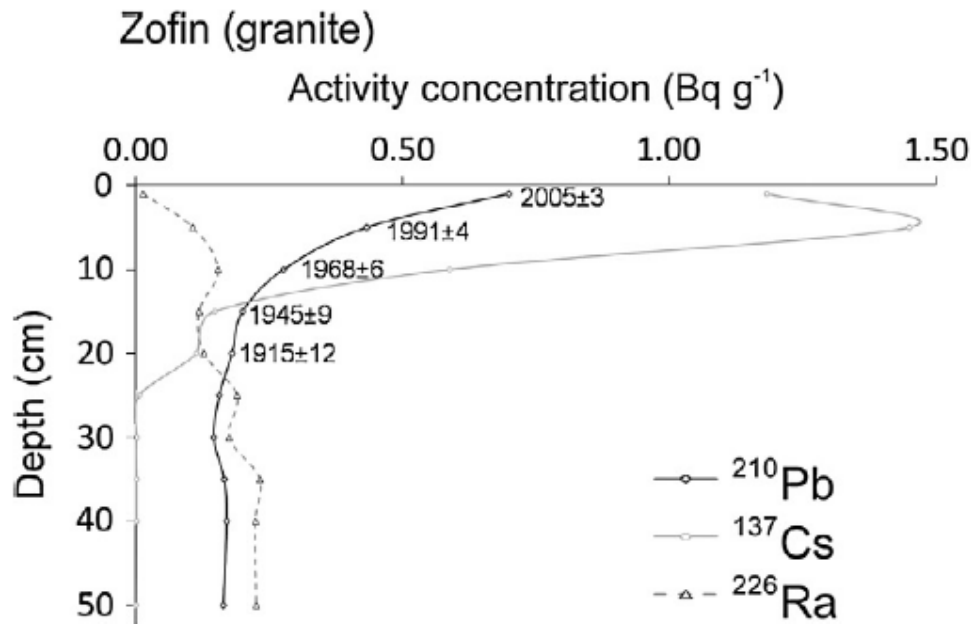
Datování vývratů pomocí ^{210}Pb



L, F - horizonty



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



Pozn: support, Černobyl vs. USA, ^{137}Cs v Žofíně a na Šumavě

^{14}C -datování

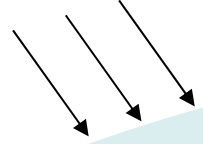


"Don't worry if you can't remember your age grandad, we'll get you carbon dated!"

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

^{12}C se šesti protony a šesti neutrony v jádře – tvoří 98,9%.
 ^{13}C se šesti protony a sedmi neutrony v jádře, 1,1% případů.
 ^{14}C s osmi neutrony v jádře - jeden atom z 10^{12} atomů C

Kosmické záření



Svrchní atmosféra

Neutrony z
kosmického záření

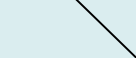
Neutron

^{14}N

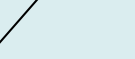
Proton



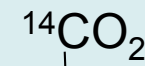
^{14}C



O



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



Těla organismů

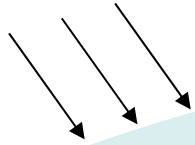
*Kde jsme již hovořili
o izotopech C?*



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

^{12}C se šesti protony a šesti neutrony v jádře – tvoří 98,9%.
 ^{13}C se šesti protony a sedmi neutrony v jádře, 1,1% případů.
 ^{14}C s osmi neutrony v jádře - jeden atom z 10^{12} atomů C

Kosmické záření



Neutrony z
kosmického záření

Svrchní atmosféra



Neutron

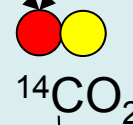
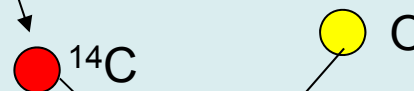
^{14}N

Proton

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

*Kde jsme již hovořili
o izotopech C?*

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 .



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.

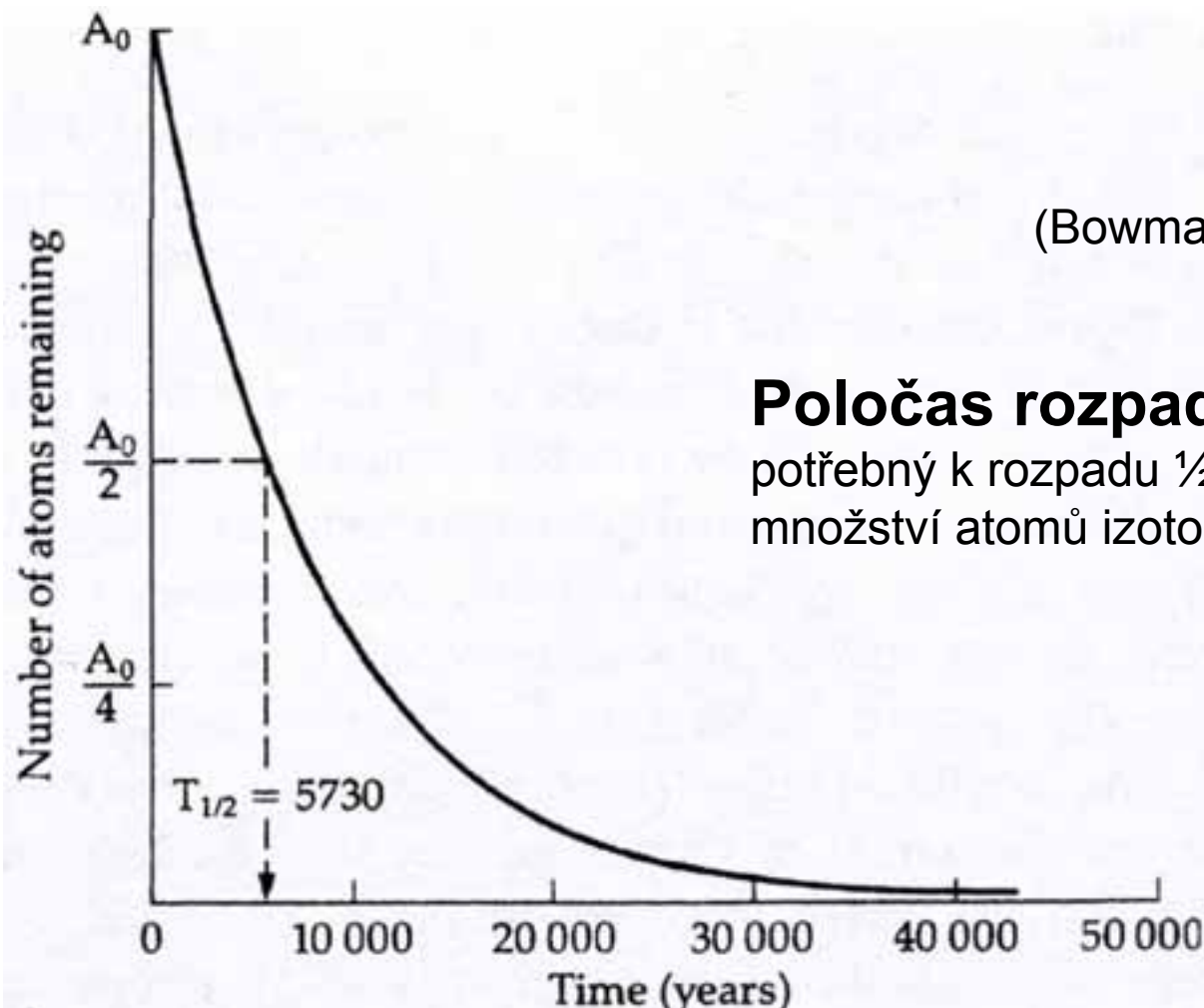
^{14}C má poločas rozpadu 5730 let
(dle původní práce Libbyho 5568 let).

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 poločase 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 velikost 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 \rightarrow BC, AD ?

2583 \pm 45 BP (P 1056)

↓
↓
Číslo analýzy

Laboratoř (P=Philadephia)

- 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)

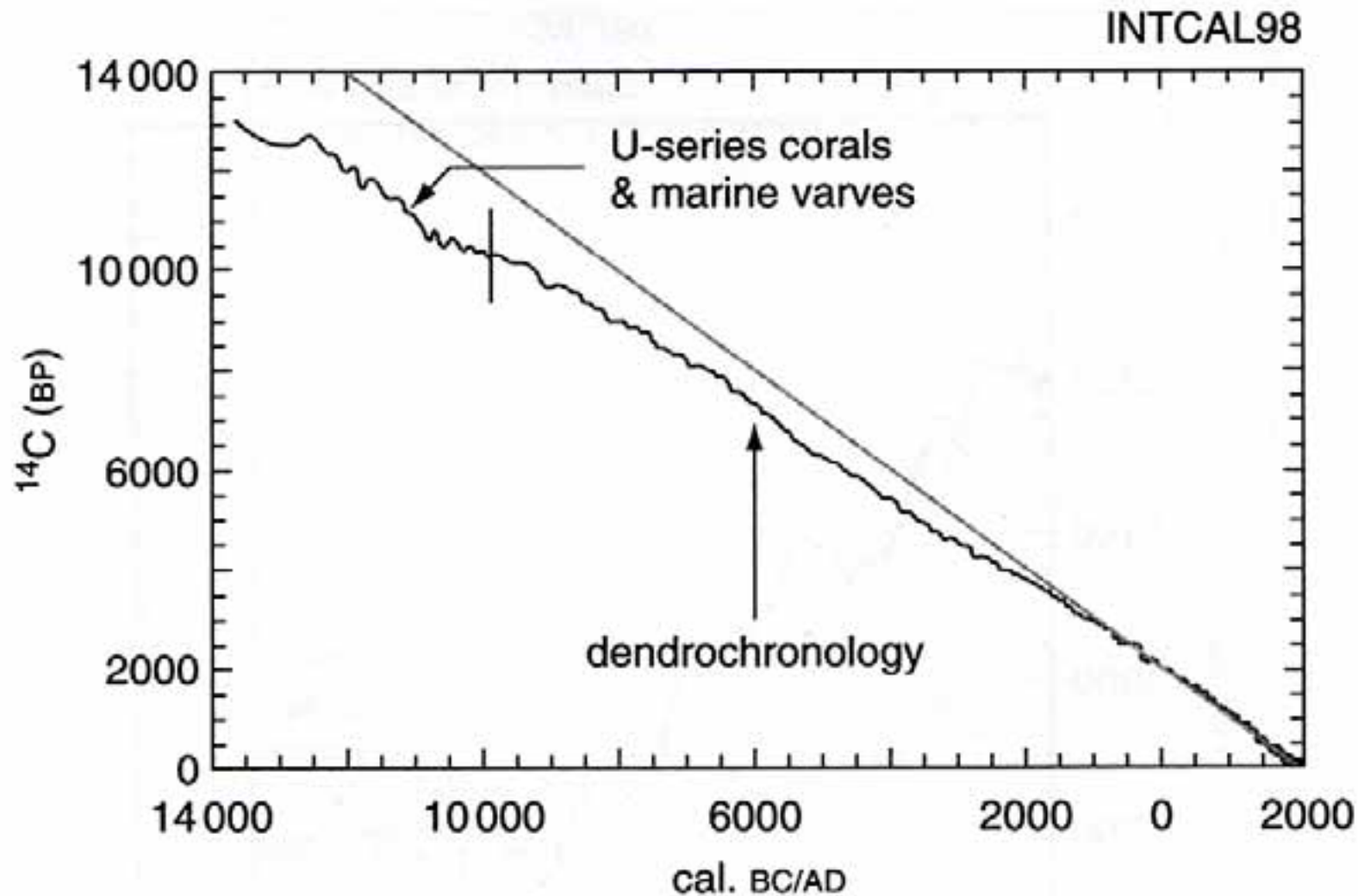
2583 ± 45 BP (P 1056)

↓
↓
Číslo analýzy

Laboratoř (P=Philadephia)

- konvenční metoda
- AMS metoda (Accelerator Mass Spectrometry)

Kalibrace radiokarbonového data

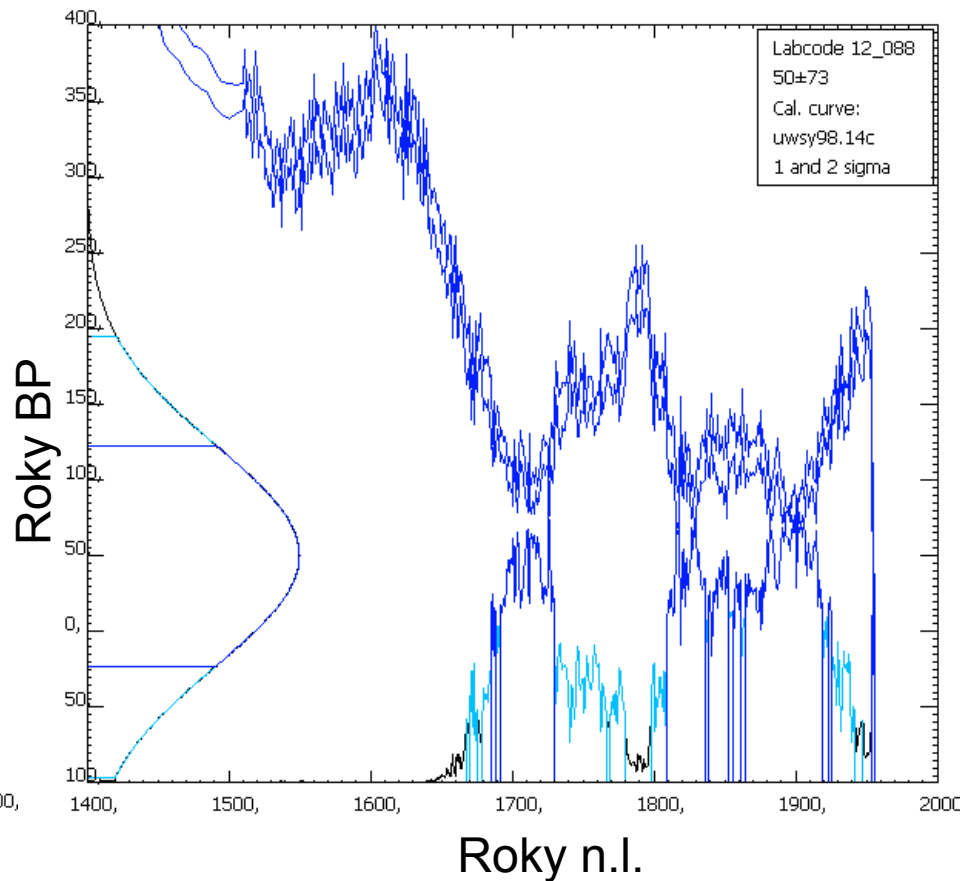
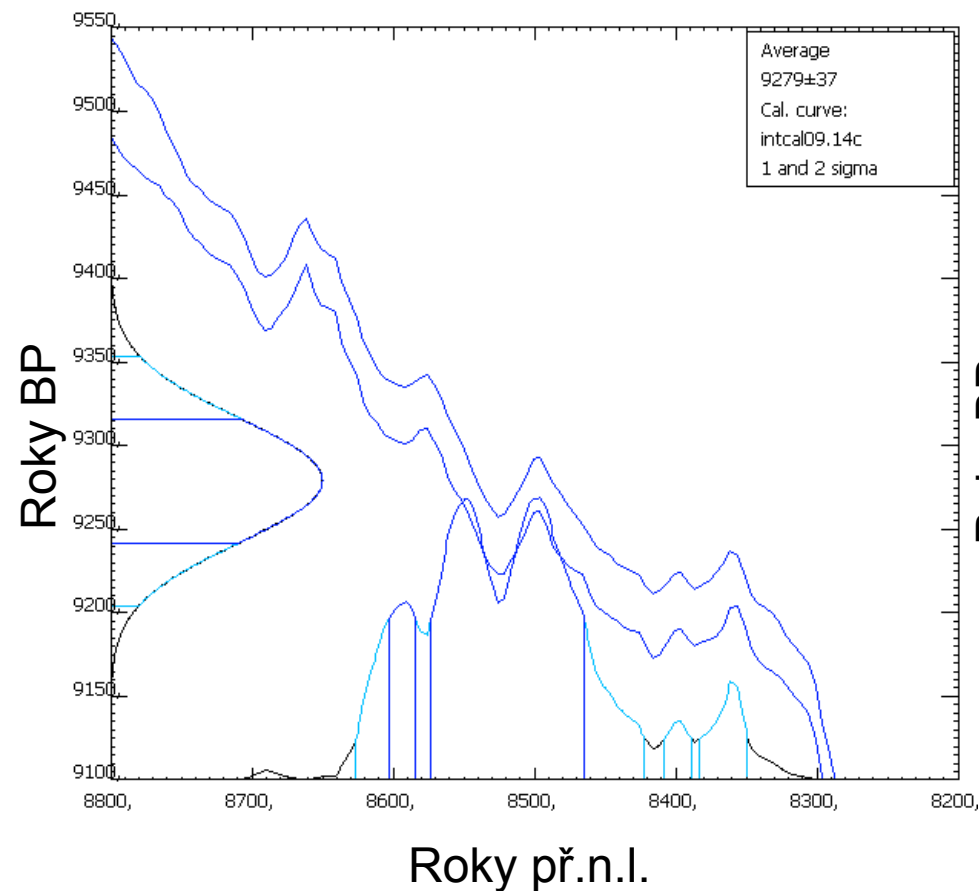


Recentní porovnání ^{14}C dat a dat z korálových útesů (u Barbadosu) pomohlo k tvorbě kalibrační křivky v rozmezí 9000-40 000 BP.

Radiokarbonové versus kalibrované stáří

9279±37 BP

50±73 BP



Pozn. wiggle match, recentní vzorky

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 vývrátů, Michigan

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

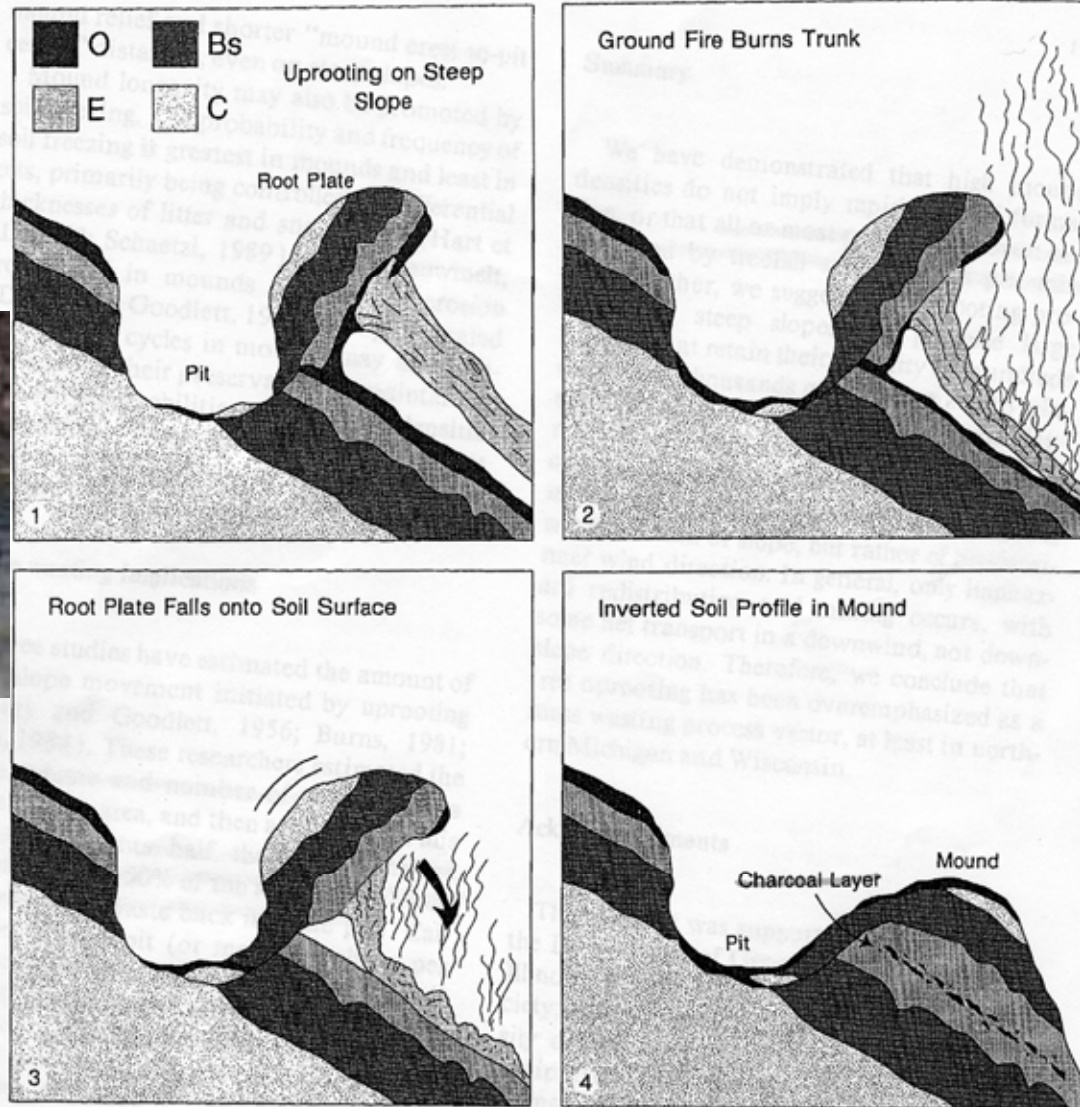
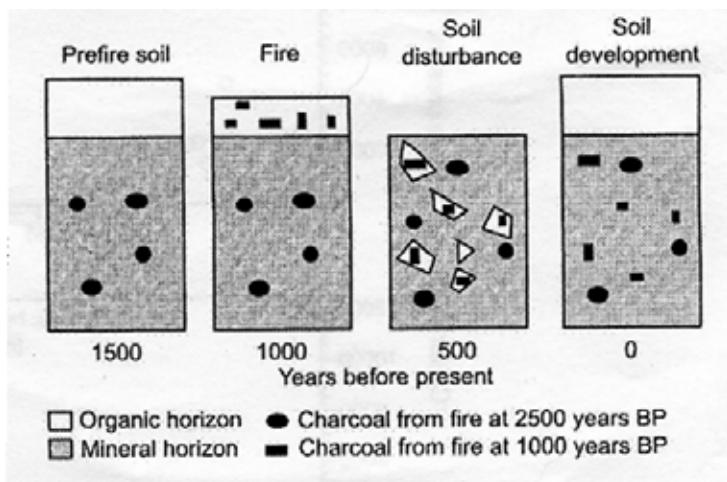


Fig. 4. Diagrammatic representation of uprooting on a steep slope, leading to profile inversion. Fire, subsequent to the uprooting event, is necessary for this process to occur.

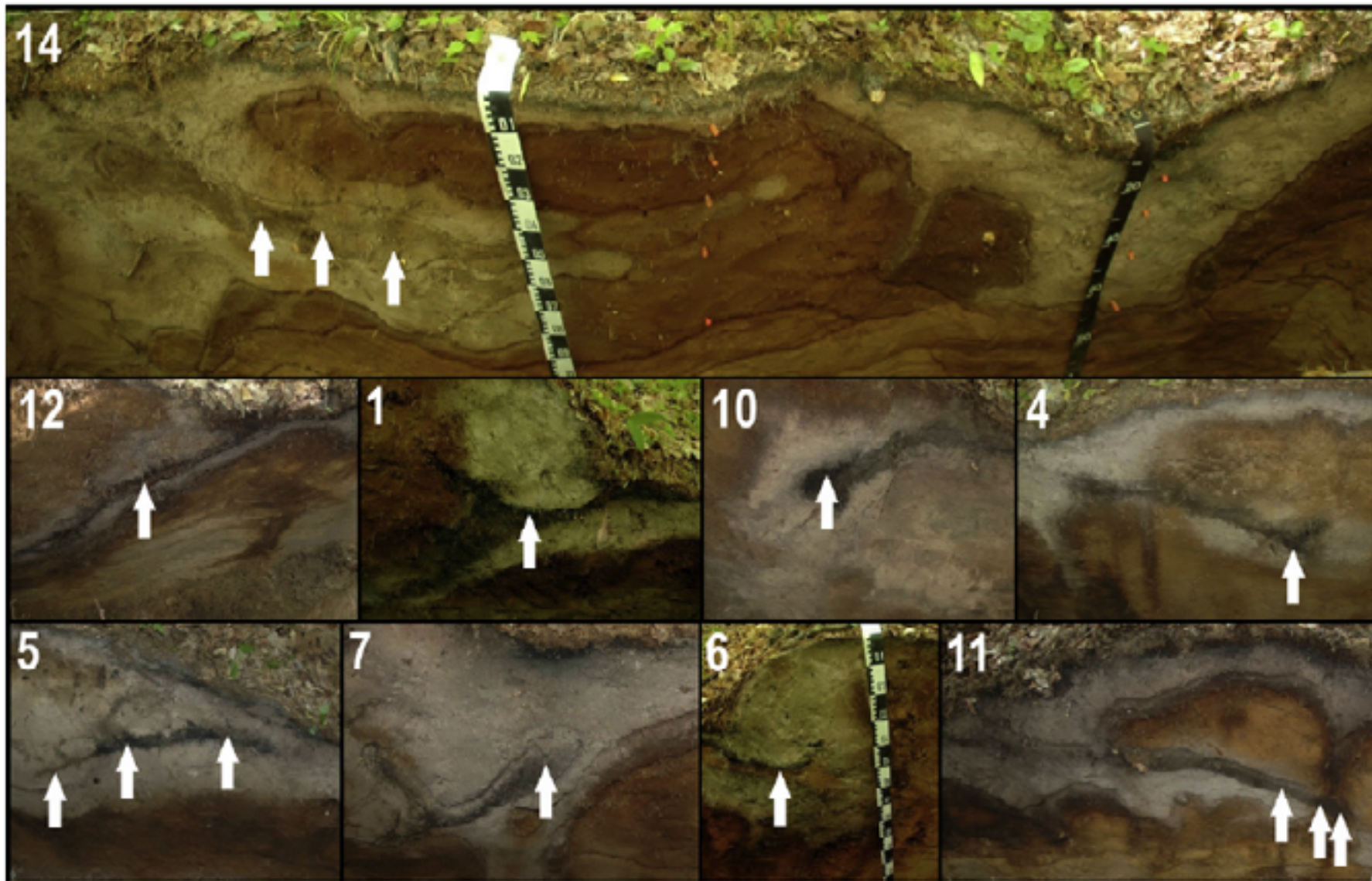


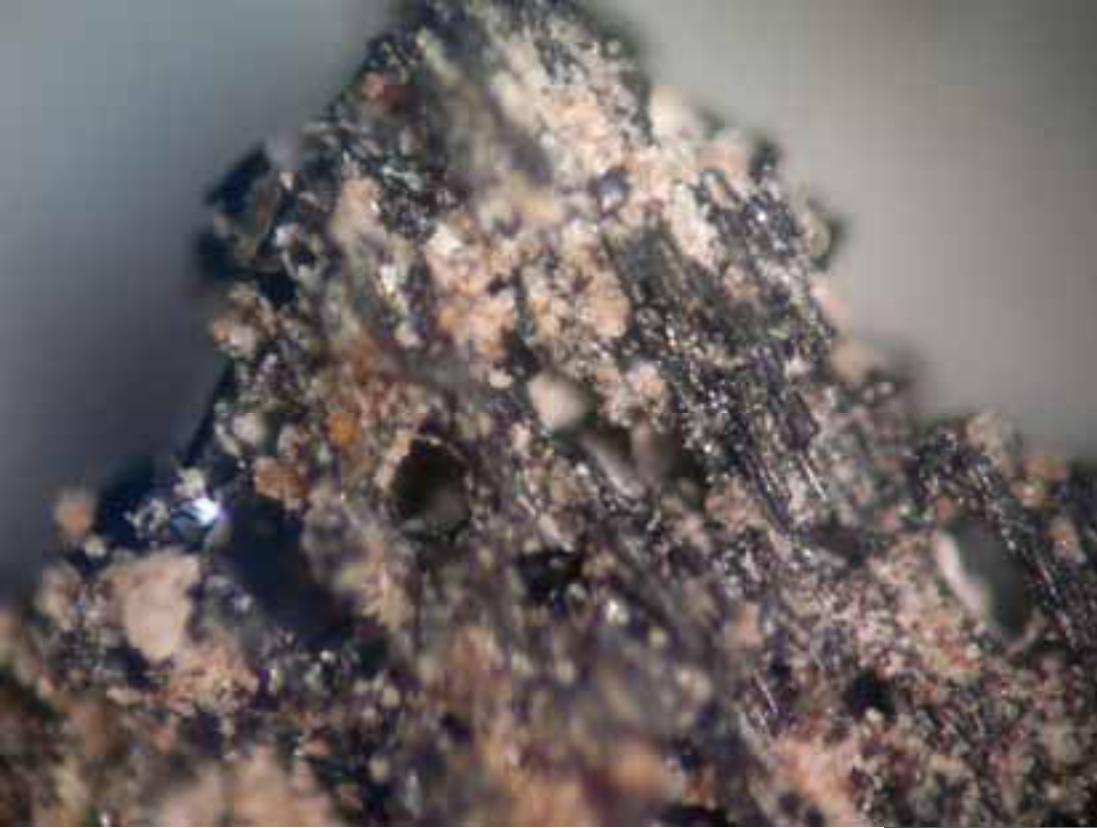
Gavin (2003)

Schaetzl et Folmer (1990)

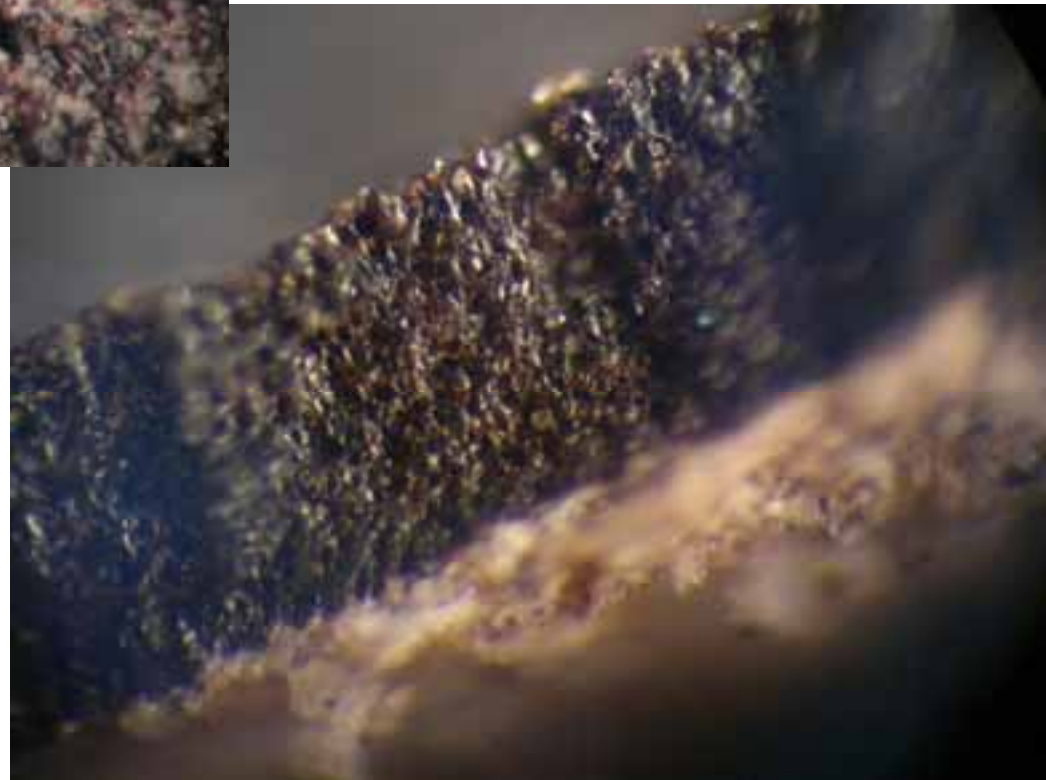


Čas





Zuhelnatělá pokožka
kořenů
Uhlíky dřeva apod.



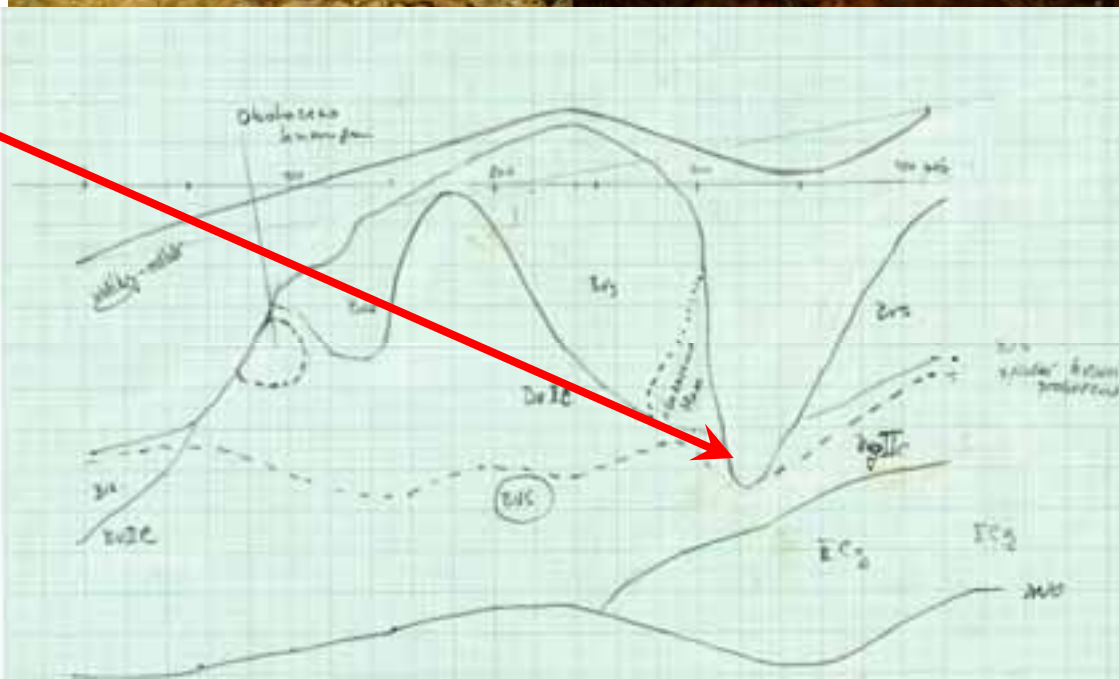
Stáří uhlíků až 6000 let – nejstarší
známé vývraty

Žofínský prales



Vzorky z profilu
vývratové
deprese

„Trychtýř“ ve
vývratové depresi





Žofínský prales

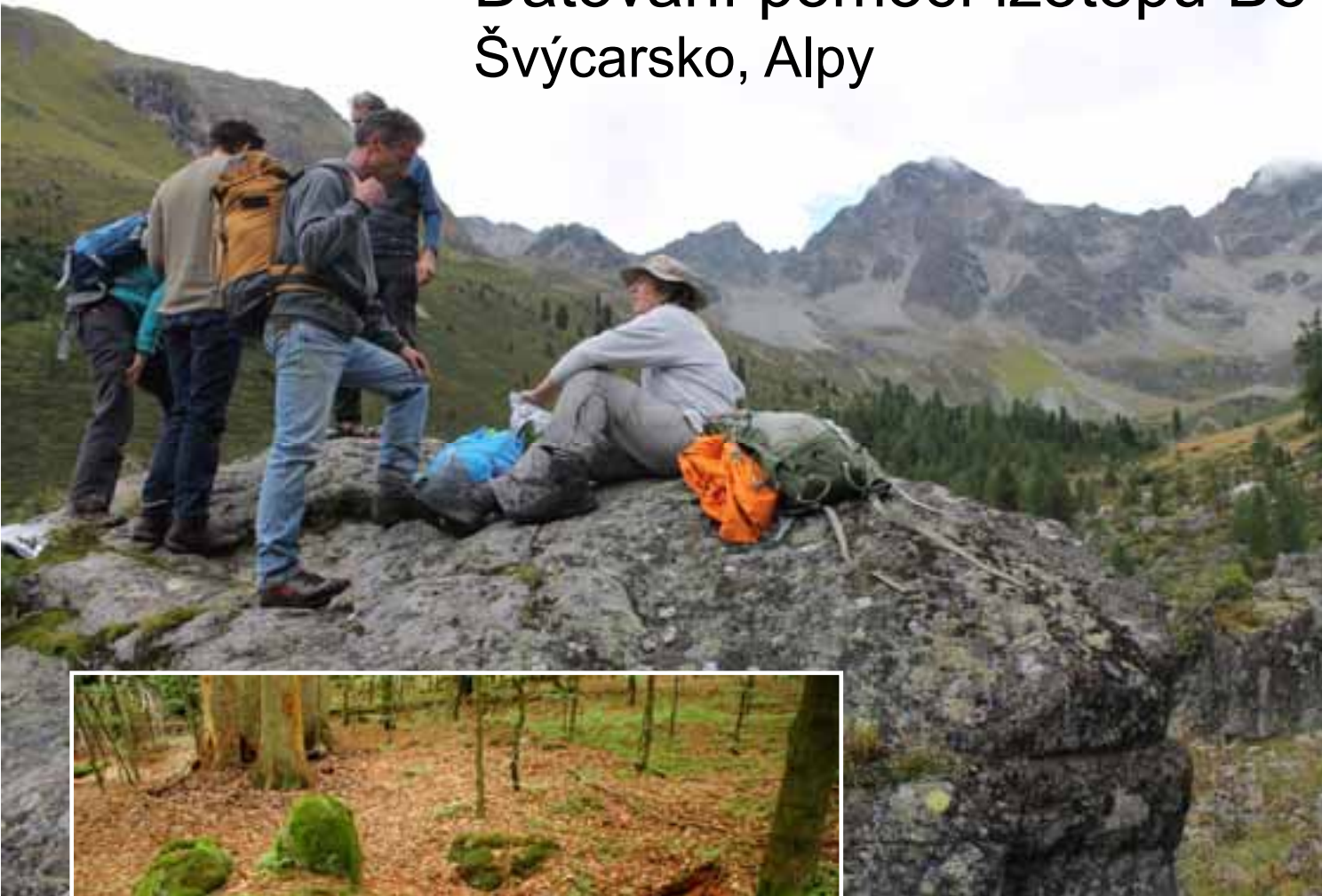
Nelze využít logiku z Michiganu – jiné procesy
 Chybí semena rostlin aj.
 Kontaminace z okolí



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

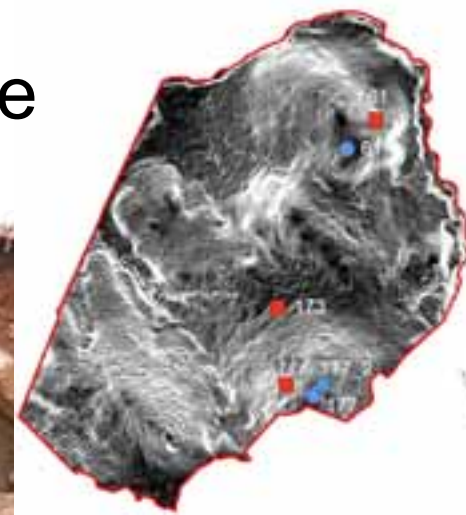
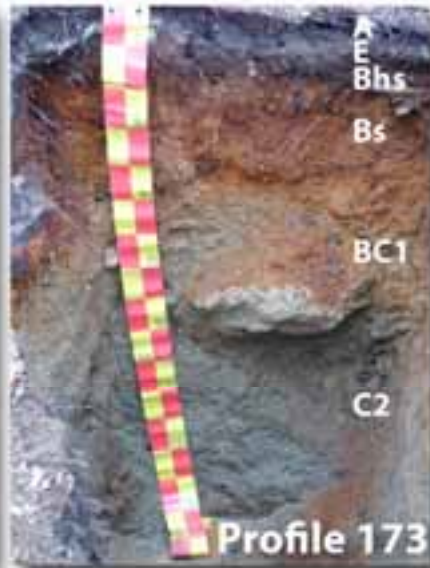
Datování pomocí izotopů Be Švýcarsko, Alpy



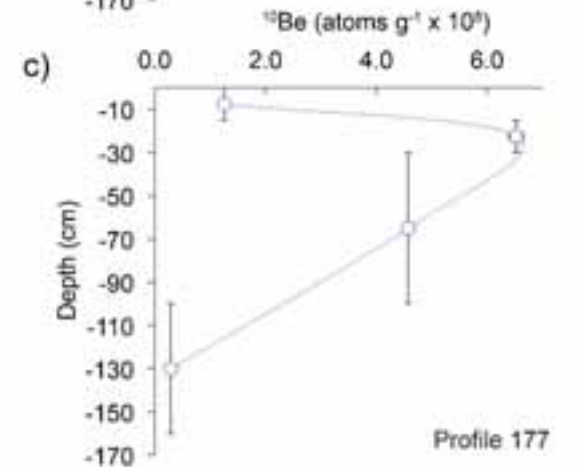
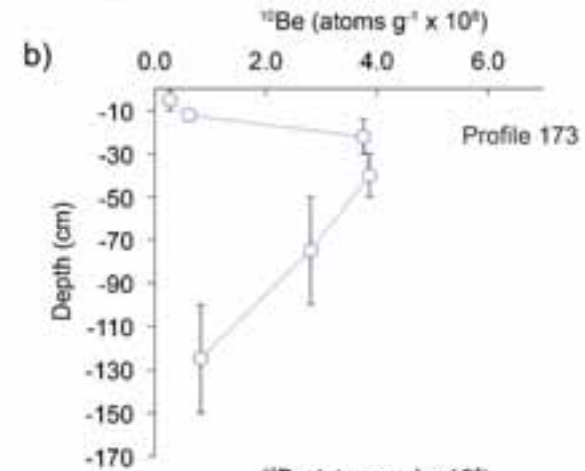
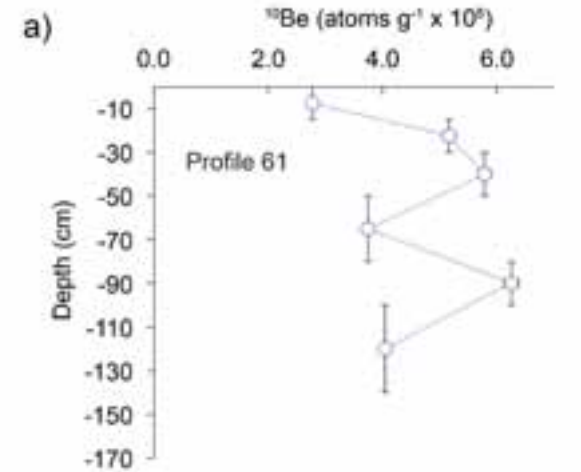
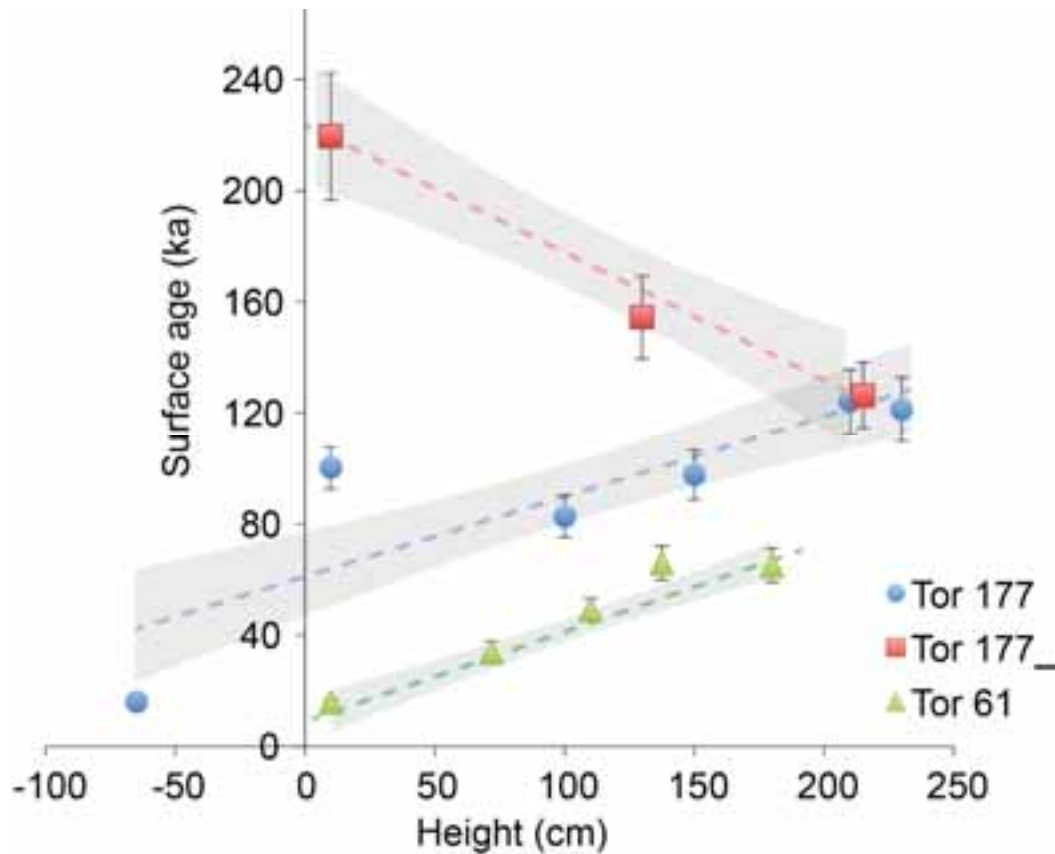
12 izotopů Be a pouze ${}^9\text{Be}$ je stabilní
Poločas rozpadu ${}^{10}\text{Be} = 1.39 \cdot 10^6$ let

Použitelné pro postglaciální dynamiku
lesních půd a datování disturbančních
událostí?

Denudace půd v Žofínském pralese



Koncentrace ^{10}Be a stáří půd



Denudační rychlost

Čas exponování ca 67,000 let

50,000 let

1.1m

1.8m

16,000 let

0.1m

Dlouhodobá eroze: 0.3-0.5 t / ha yr

Současná vývratová dynamika: ca 4.2 t / ha yr

čistá aktuální „denudace“ vývraty 1.8 t / ha yr



Opticky stimulovaná luminiscence

I staré vzorky (>40000 let)

Vzorek nesmí být při odběru osvětlen
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 světélkuje. 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?

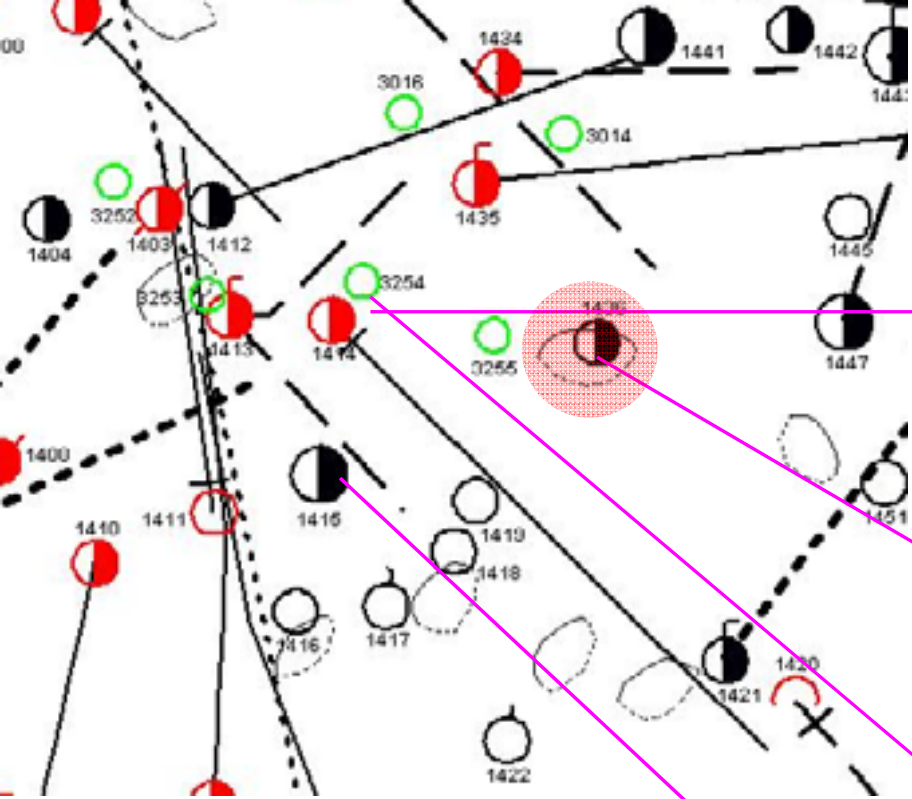
Pozn: termoluminiscence – datování keramiky, rozpálení peci, měření vyzařování a datace času mezi 1. a 2. vypálením.

Dendrochronologické metody

(podrobně viz následující přednáška)



Typy vrтанých stromů



**Vyvrácený jedinec =
hledaná disturbanční
událost**

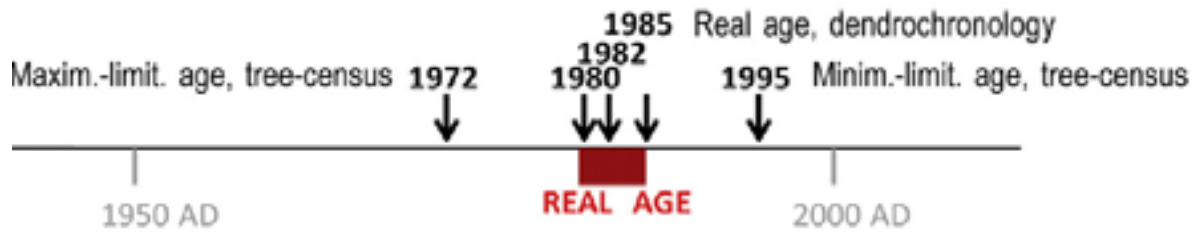
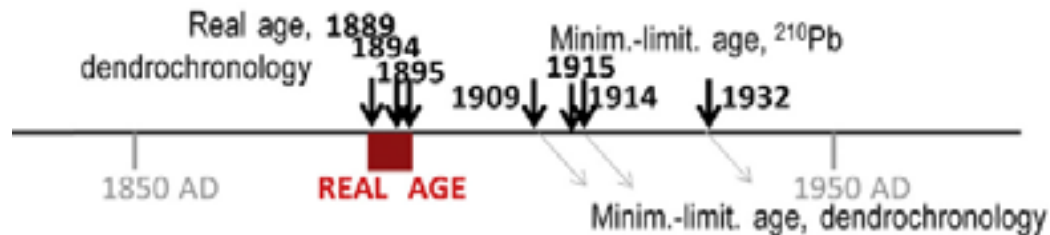
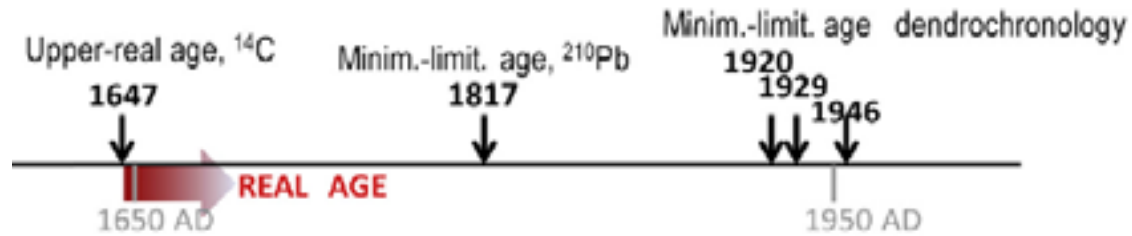
**Jedinec nově rostoucí na
vývratu = minimální věk**

**Jedinec v gapu =
minimální věk**

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

+ možnost porovnání letokruhové křivky
vyvráceného stromu s ostatními

Křížové datování



round No. Time scale (years AD/BC)

Nepřímé datování vývraty

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

Např. Zeide (1981), Šamonil et al. (2009)

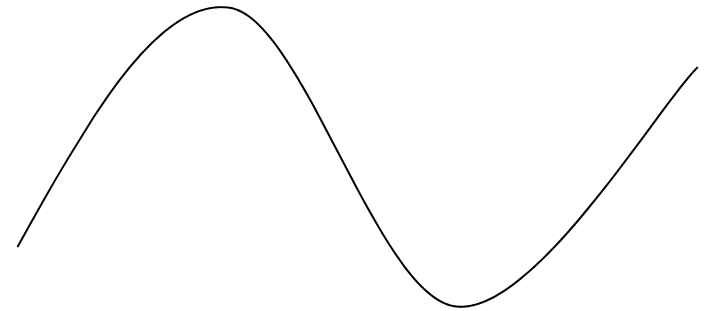
**Obnažení
chůdových kořenů**



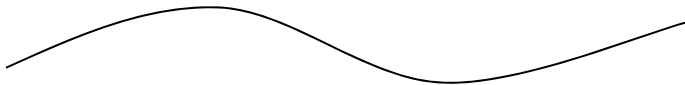
Vývoj tvaru vývratu



Stáří 22 let



Stáří > 1400 let



Rychlost zvětrávání



Rychlost zvětrávání



Přirozený les



Paleoekologická data

Pyl

Makrozbytky

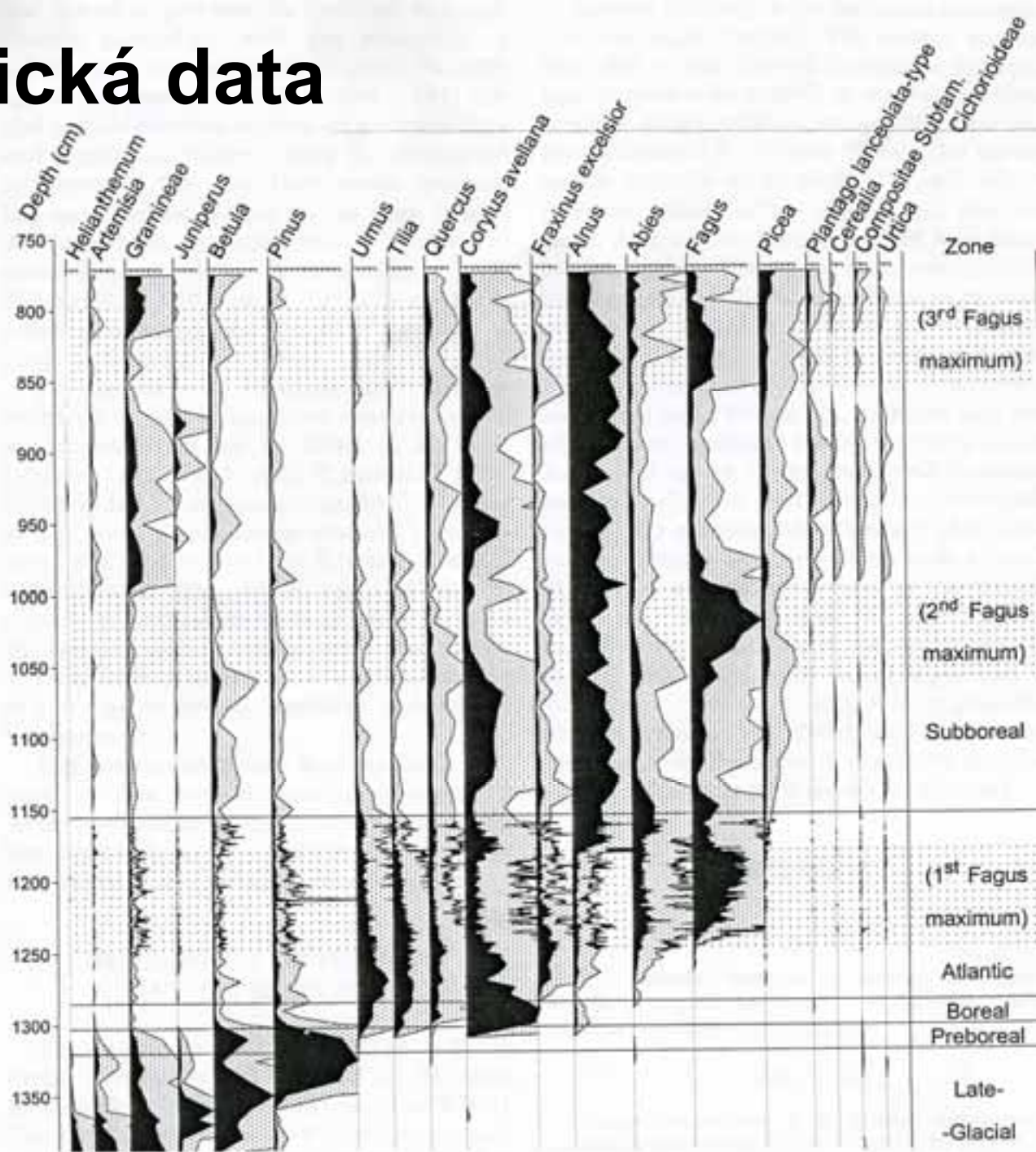
Fytolity

Šneci

Půdy

+ ^{14}C

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



Pozn: přesnost vs. šířka sedimentu

KOnec