

# Disturbance v lesních ekosystémech

Ing. Pavel Šamonil, Ph.D.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

# Datování disturbančních událostí

Pavel Šamonil



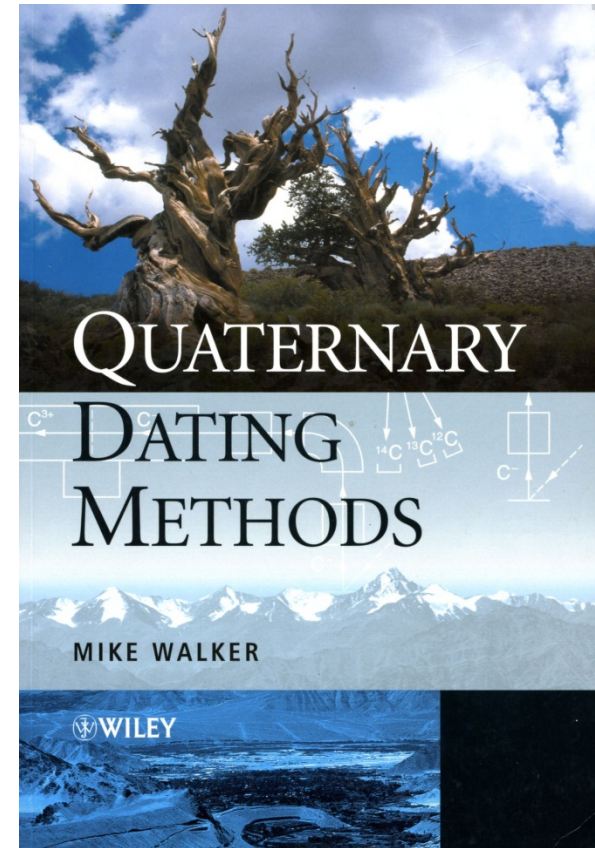
# Datování disturbančních událostí

Metody závisí na:

- 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 aj.)

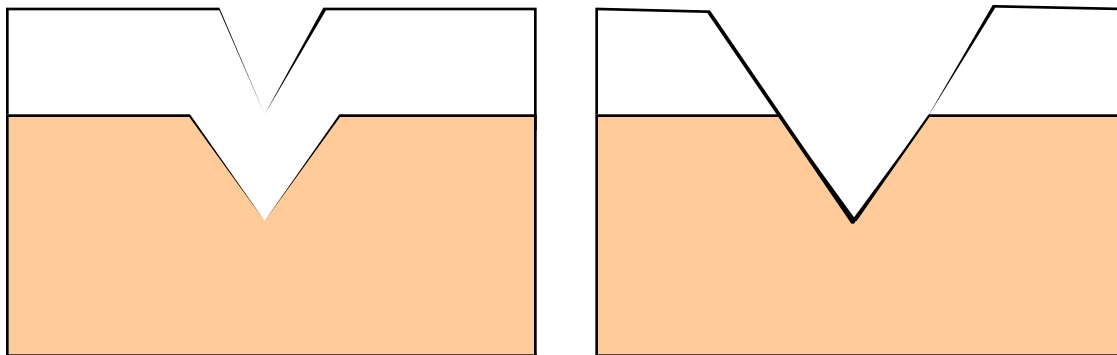
- **Přímé** hledání stop disturbanční události (např. fire scars)

- **Nepřímé** datování (např. rozpad vyvráceného kmene)



# Datování

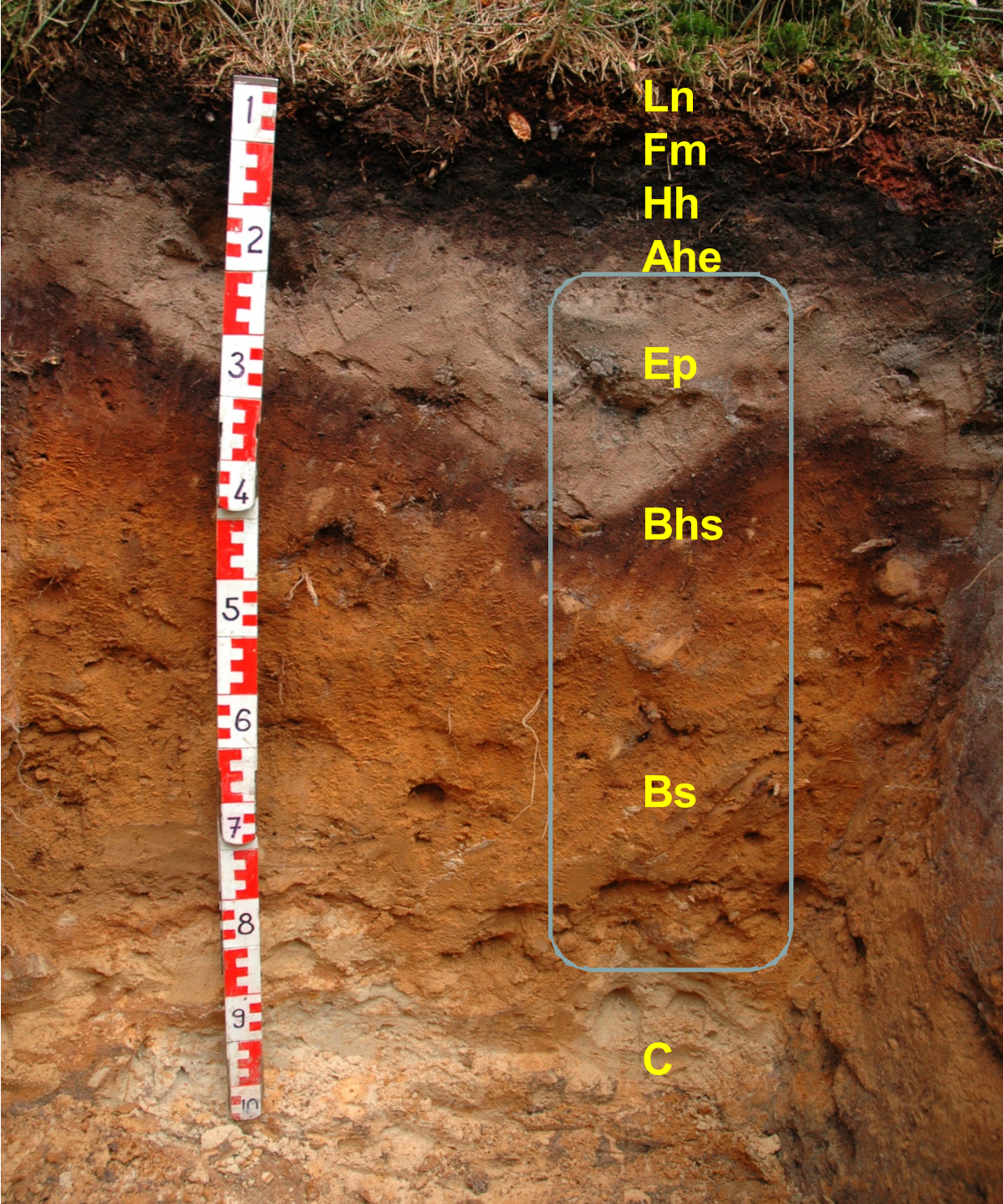
- **relativní**, např. princip superpozice – co je mladší je nahoře, rychlost zvětrávání, pedogeneze



- a) Růžová hornina
- b) Bílá hornina
- c) 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).



Ln  
Fm  
Hh  
Ahe

Ep

Bhs

Bs

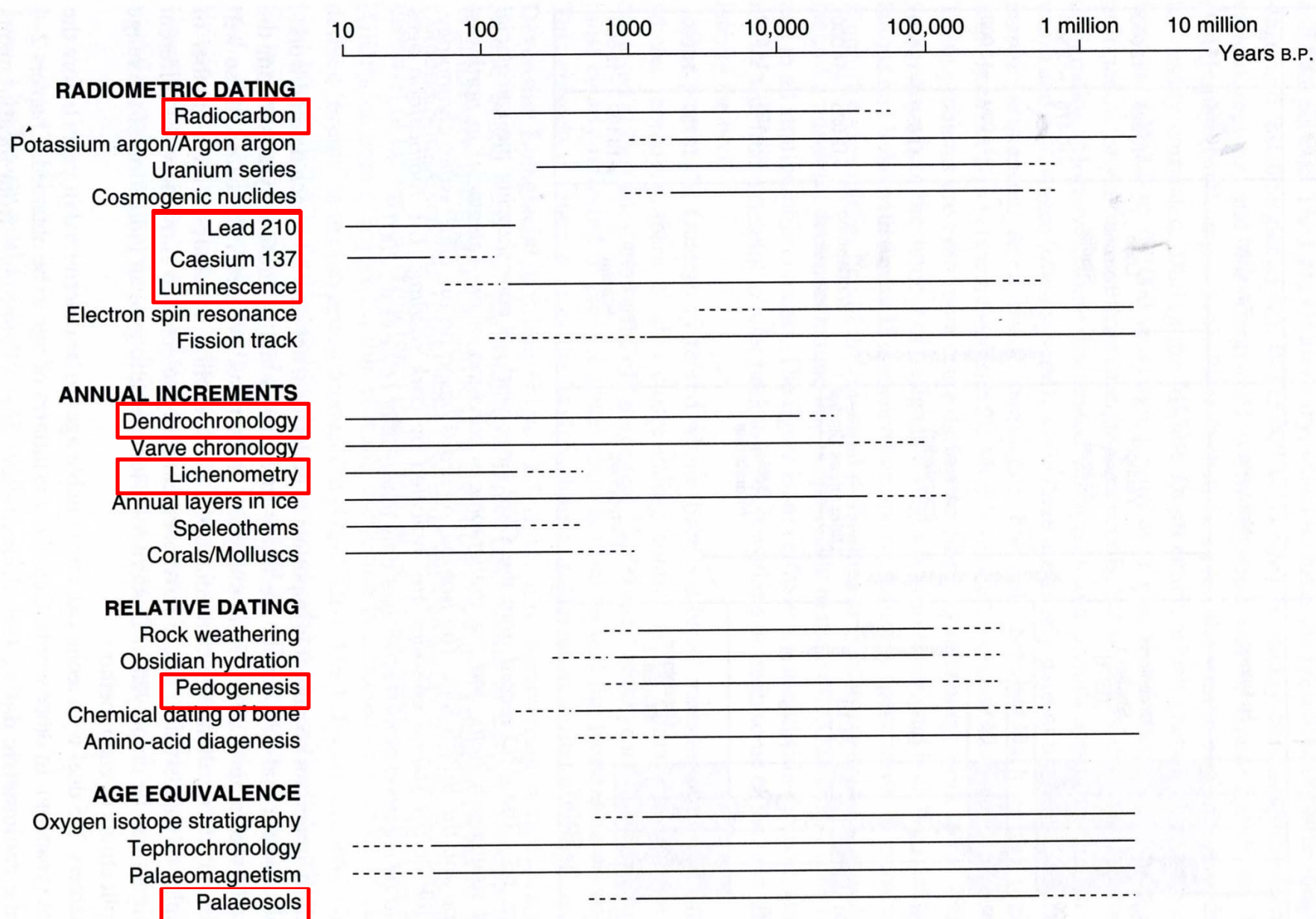
C

Který z půdních  
horizontů je  
starší?

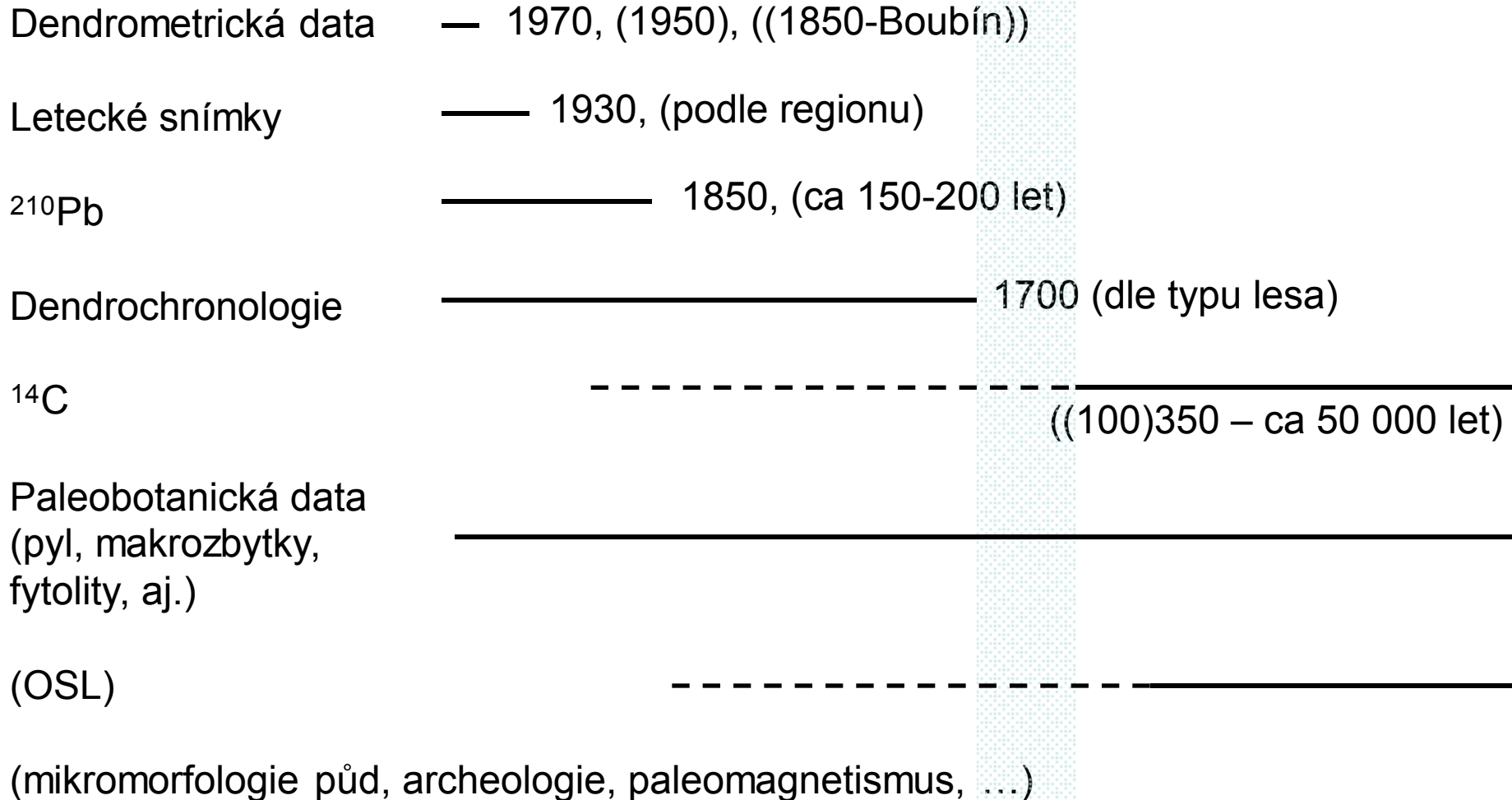
*„Půda paměť, půda moment“*

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

# Metody kvartérního datování

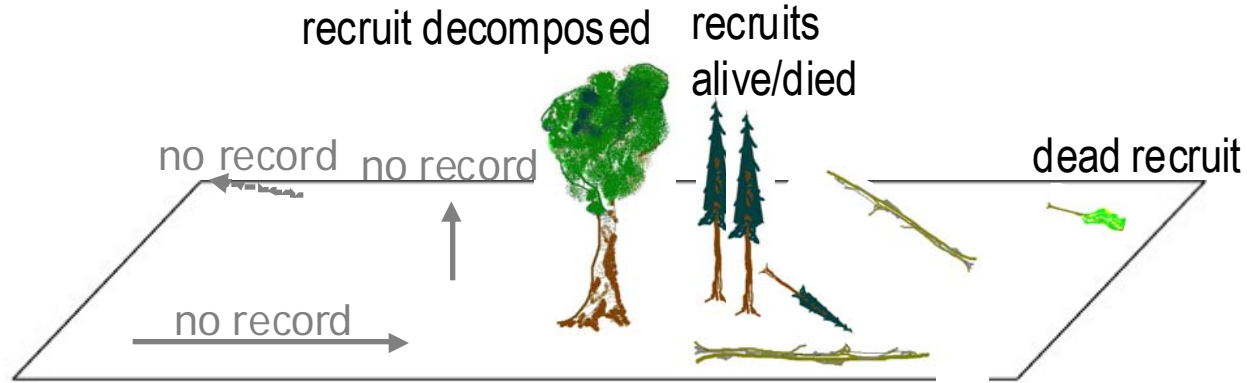


# Metody datování událostí v lesních ekosystémech

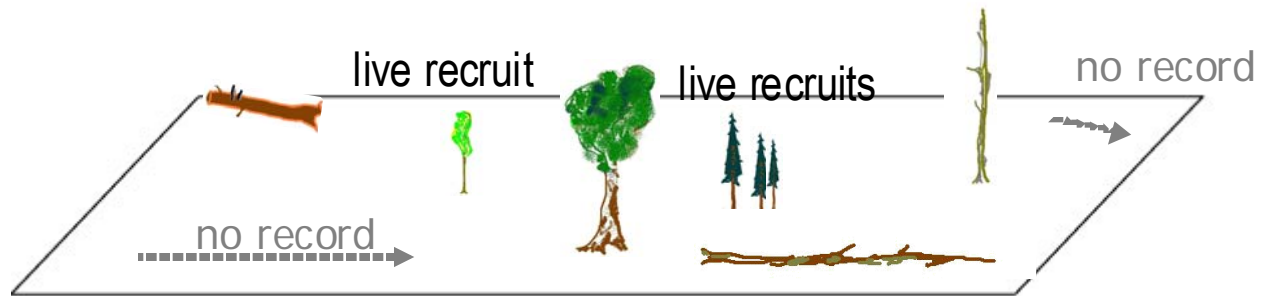


# Dendrometrická data

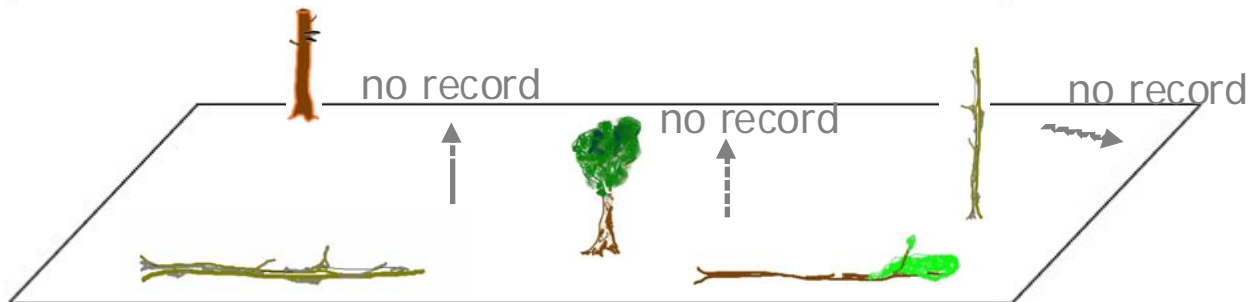
2000s  
Žofín: 2008



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 Ecosystems Research Ltd  
IFER - Monitoring and Mapping Solutions Ltd  
<http://www.field-map.com>

System: Field-Map Project  
Field-Map projects

More Files:  
Liedekkerke\_...  
belge3  
belge2  
Inventory\_project  
Test\_project  
Christina\_MINICO\_FY  
LNEP\_NEP\_sposne  
Pulešník\_CoreArea20  
Pulešník\_Invent2002

Field-Map Inventory Analyst interface showing a map of a forest area with a legend and a data table.

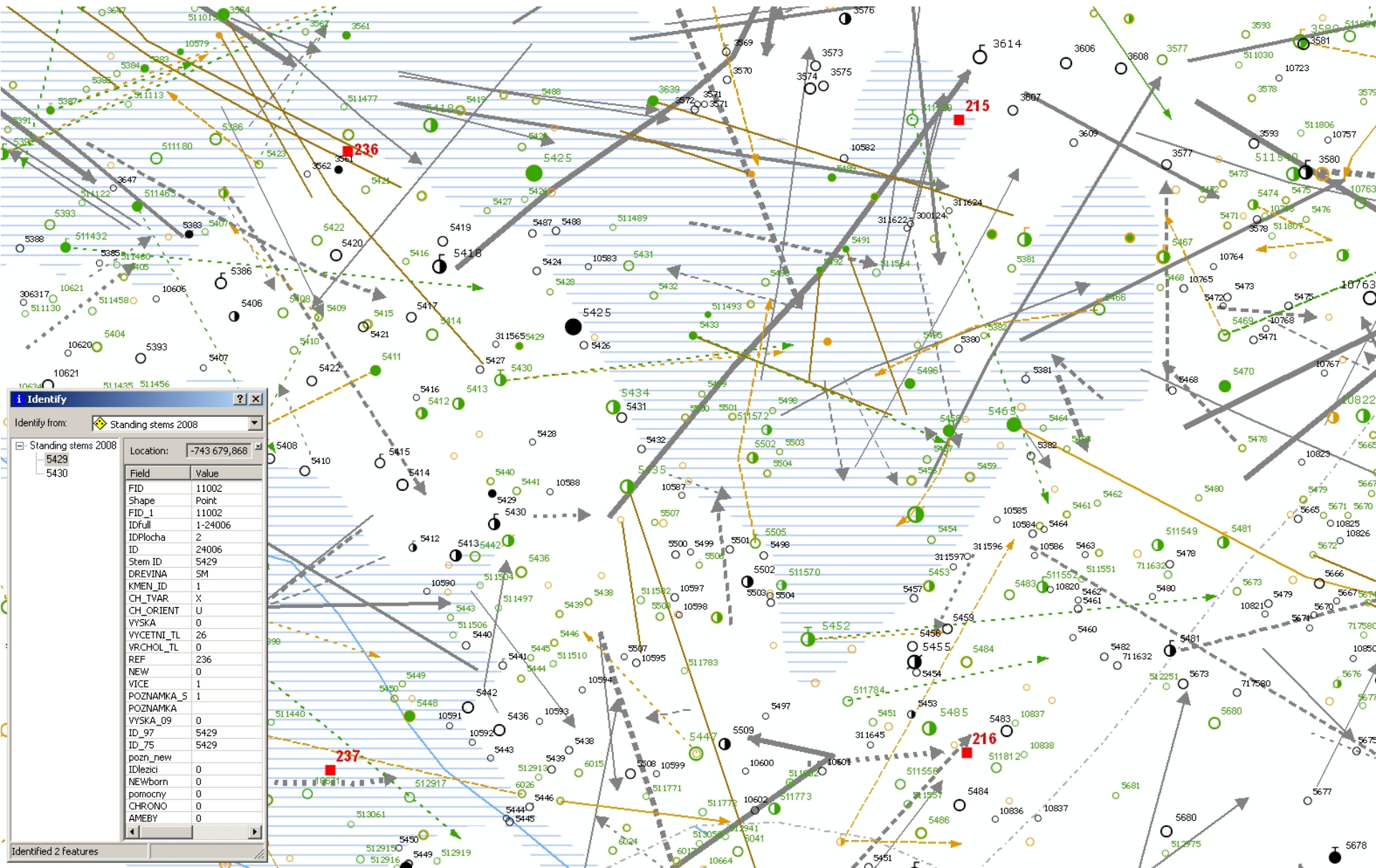
Area	Area (ha)
1	11.001131 ha
2	11.001131 ha
3	11.001131 ha
4	11.001131 ha
5	11.001131 ha
6	11.001131 ha
7	11.001131 ha
8	11.001131 ha
9	11.001131 ha
10	11.001131 ha

Field-Map Inventory Analyst interface showing a data table with columns for Name, Area, and other parameters.

Name	Area	Other
1	11.001131 ha	
2	11.001131 ha	
3	11.001131 ha	
4	11.001131 ha	
5	11.001131 ha	
6	11.001131 ha	
7	11.001131 ha	
8	11.001131 ha	
9	11.001131 ha	
10	11.001131 ha	

+ Pralestat, ...

# Žofín – mapa kmenů (1975-1997-2008)

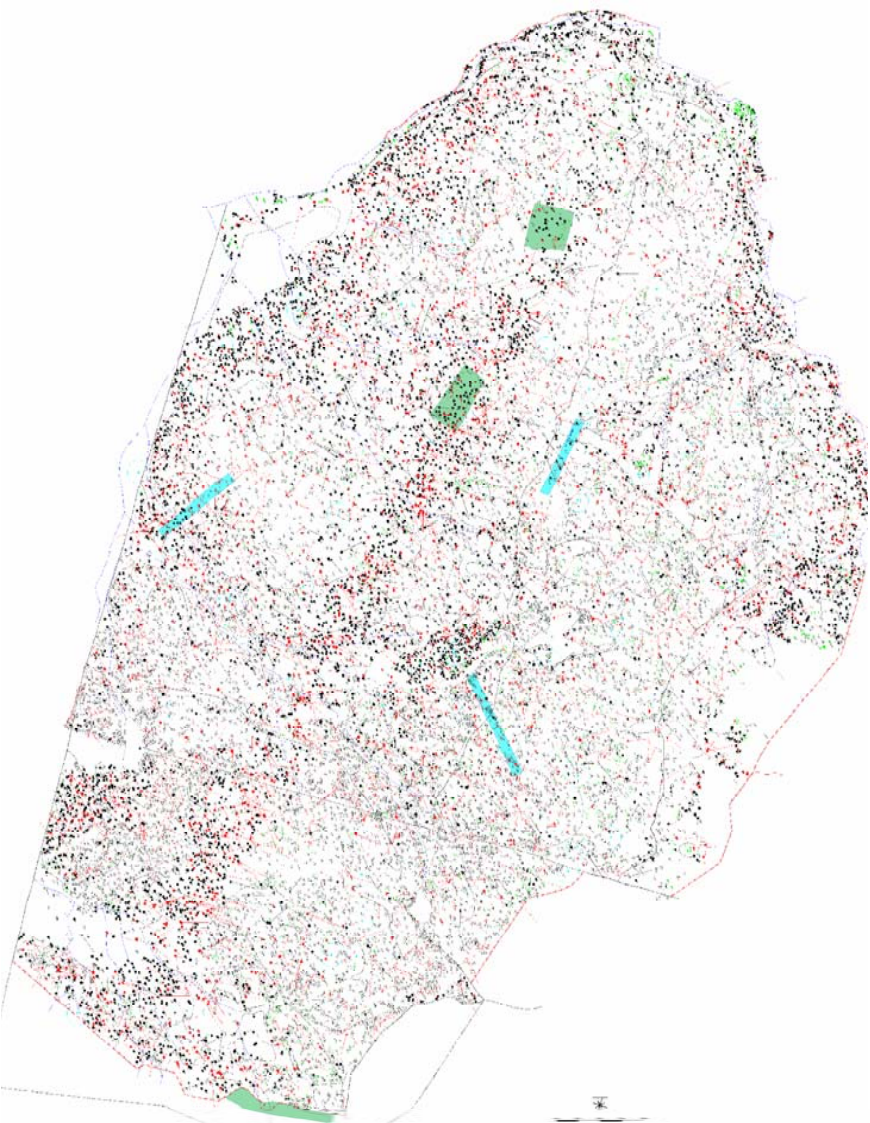


# Žofínský prales 1975-1997

74,2 ha

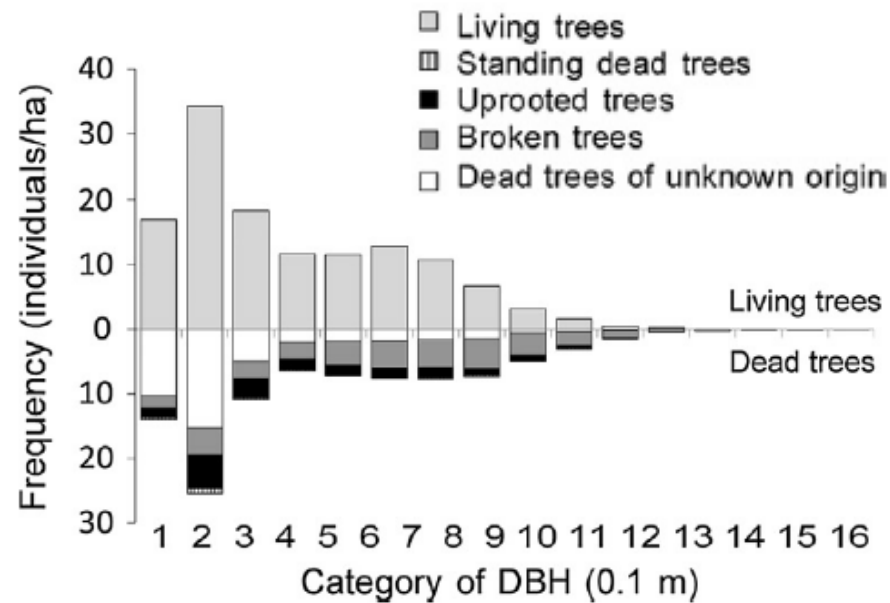
ca 19 tis stojících stromů

ca 3 tis ležících stromů



*Jaké stromy se vyvracejí?  
Jaký je podíl vývrátů vs. zlomů?  
Co to znamená pro hospodářský les?*

## Vývoj mezi roky 1975 a 2008



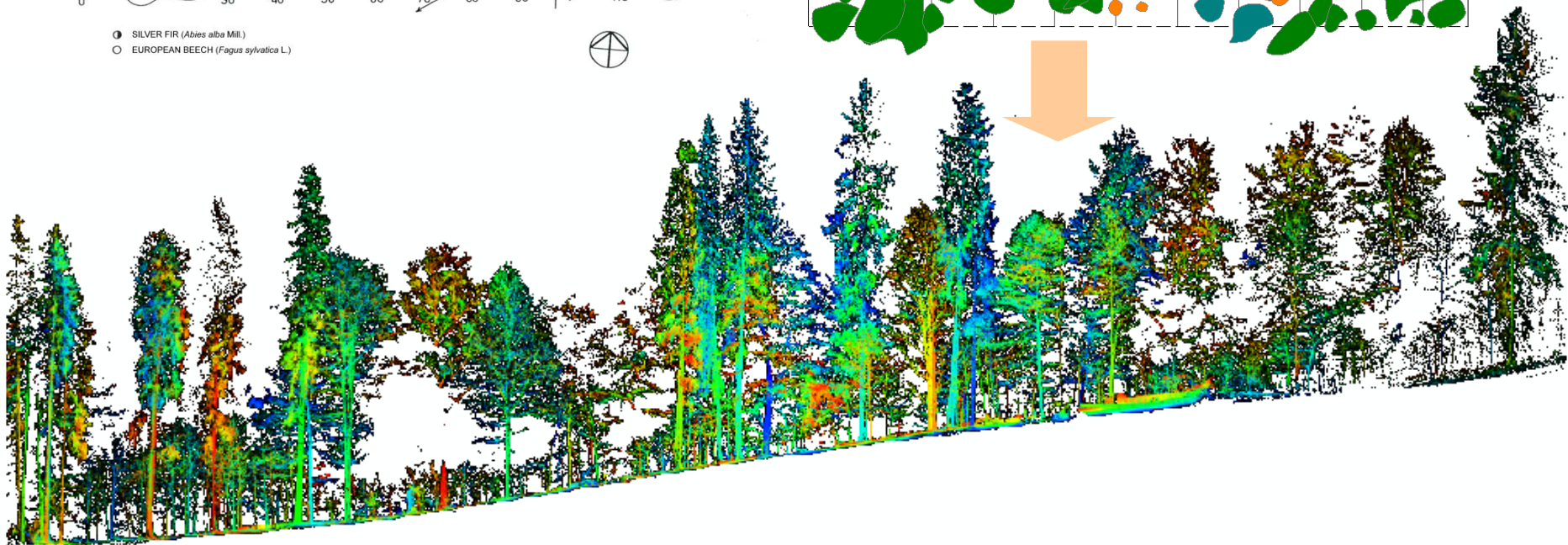
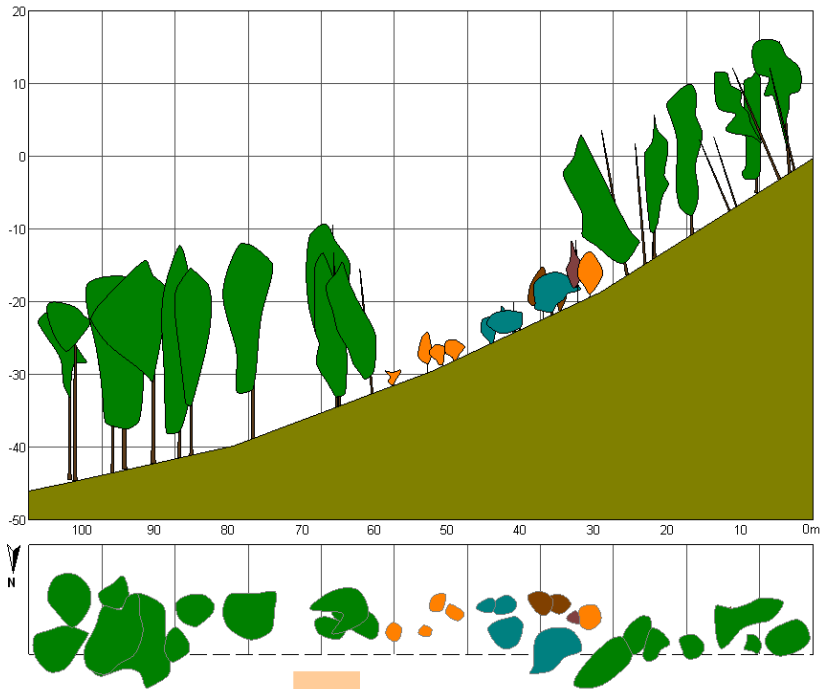
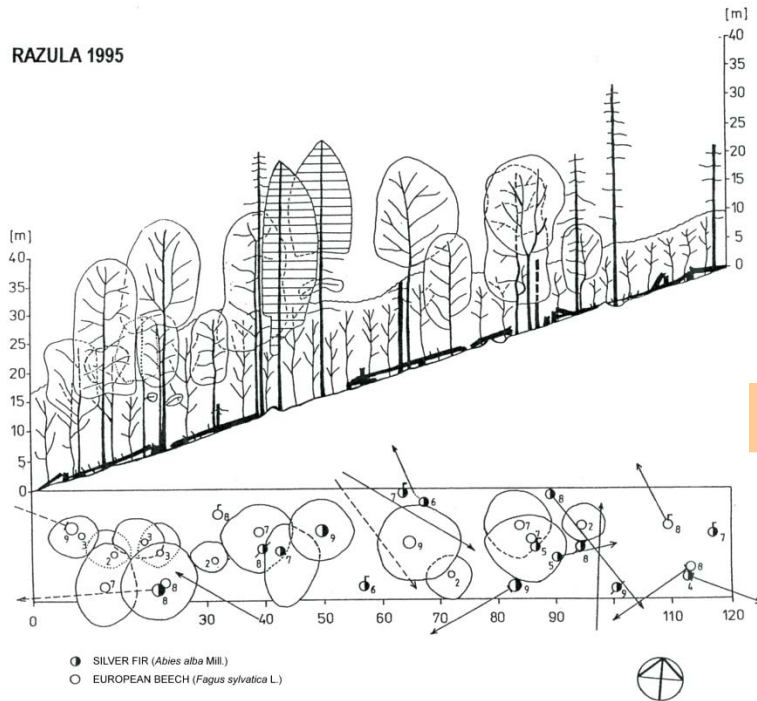
# Omezení dendrometrických dat

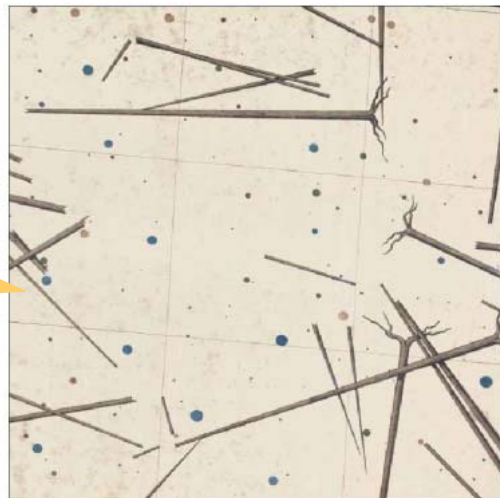
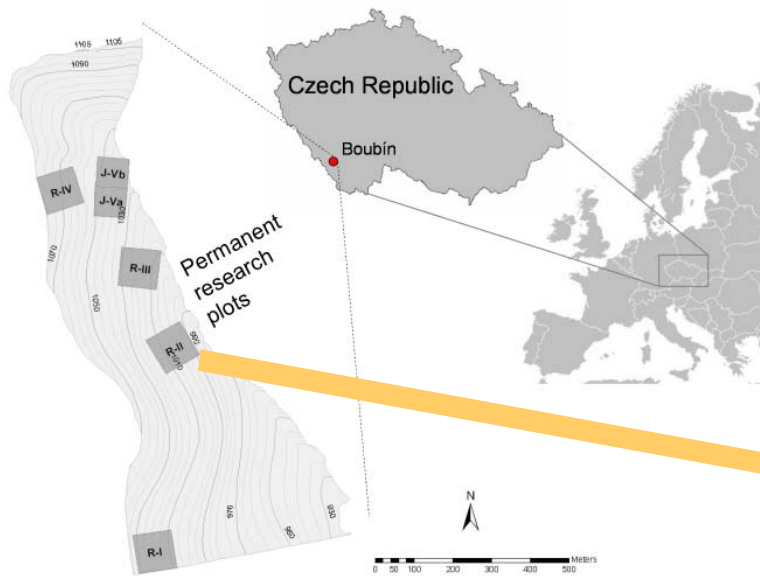


- Registrační hranice DBH = 10 cm (+ přirozené zmlazení), SIGEO od 1cm
- Poloha jedince určena s přesností ca 1 m (stará data = horší přesnost)
- Stadium rozpadu ve 3 kategoriích
- Různá přesnost určení smrti jedince (1 rok → 10 let → >20let)
- Objemy kmenů nikoli objemy stromů
- Výšky jen u 10% stromů

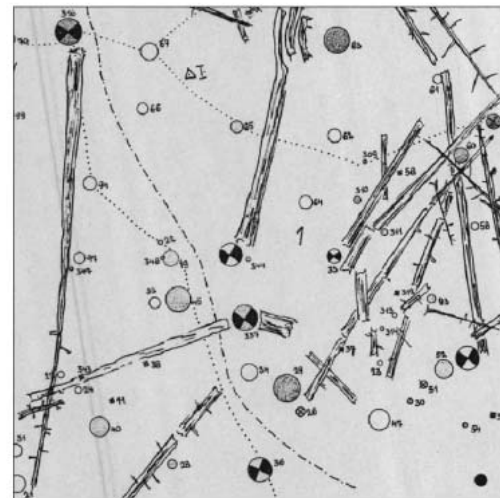
# Technologický postup při sběru dat

RAZULA 1995

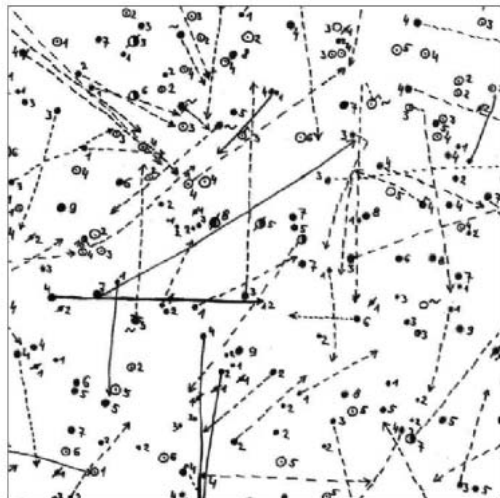




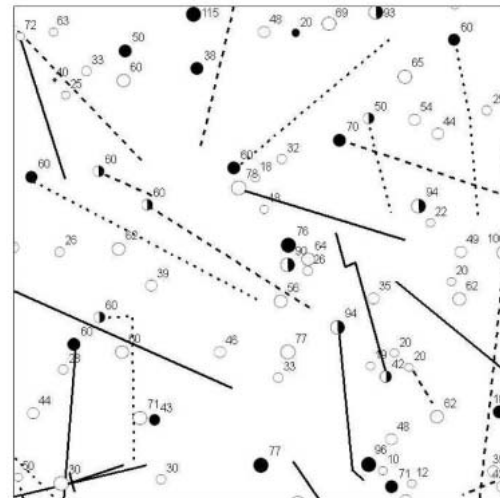
Year of measurement 1851



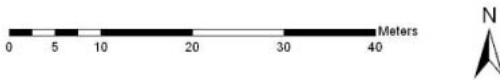
1961/64



1972



1996, 2010



Prostorové vztahy v Boubínském pralese na podkladu opakovaného dendrometrického šetření

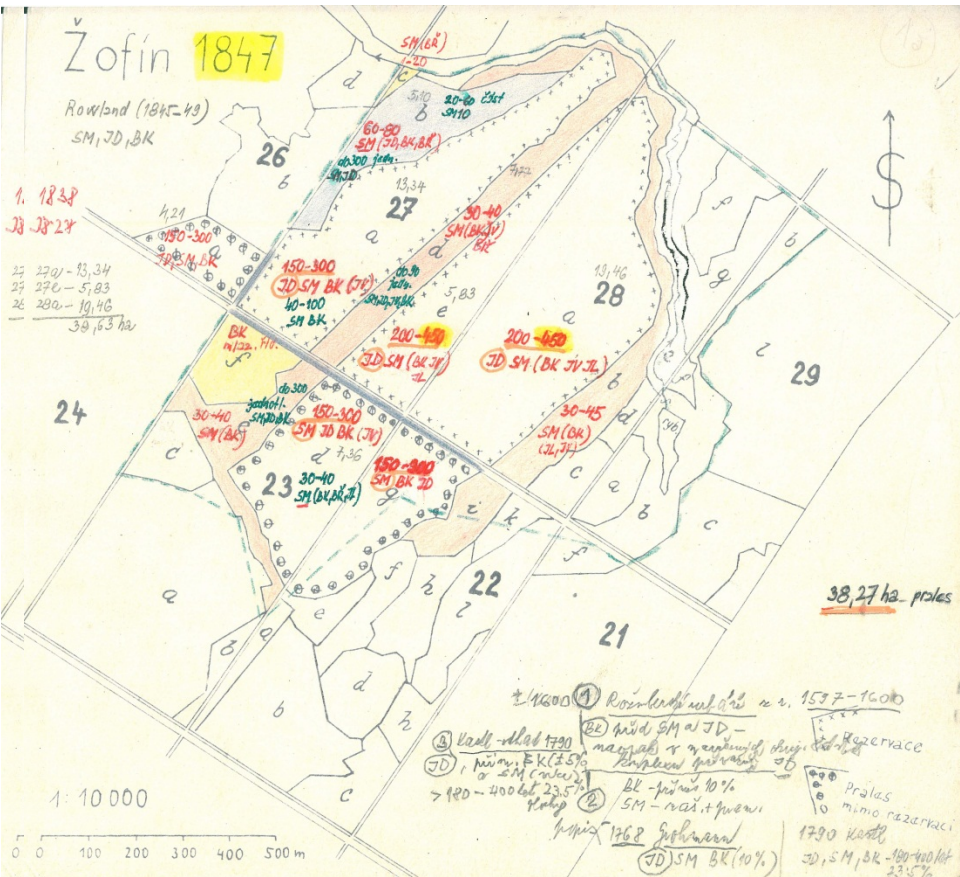
Nejčastější náhodná distribuce (i při postupném odumírání JD) Při rychlém odumírání od 60. let => shlukovitost)

Šebková et al. (2011)

# Letecké snímky, laserové skenování a historické mapy

Žofín 1847

Žofín 2008







# Vývoj gapů v Žofínském pralese

Kendereš et al. (2009)

Velková plocha gapů 9-11%, průměrná velikost 88-99 m<sup>2</sup> během 33 let, dynamika 0,1% zápoje ročně.

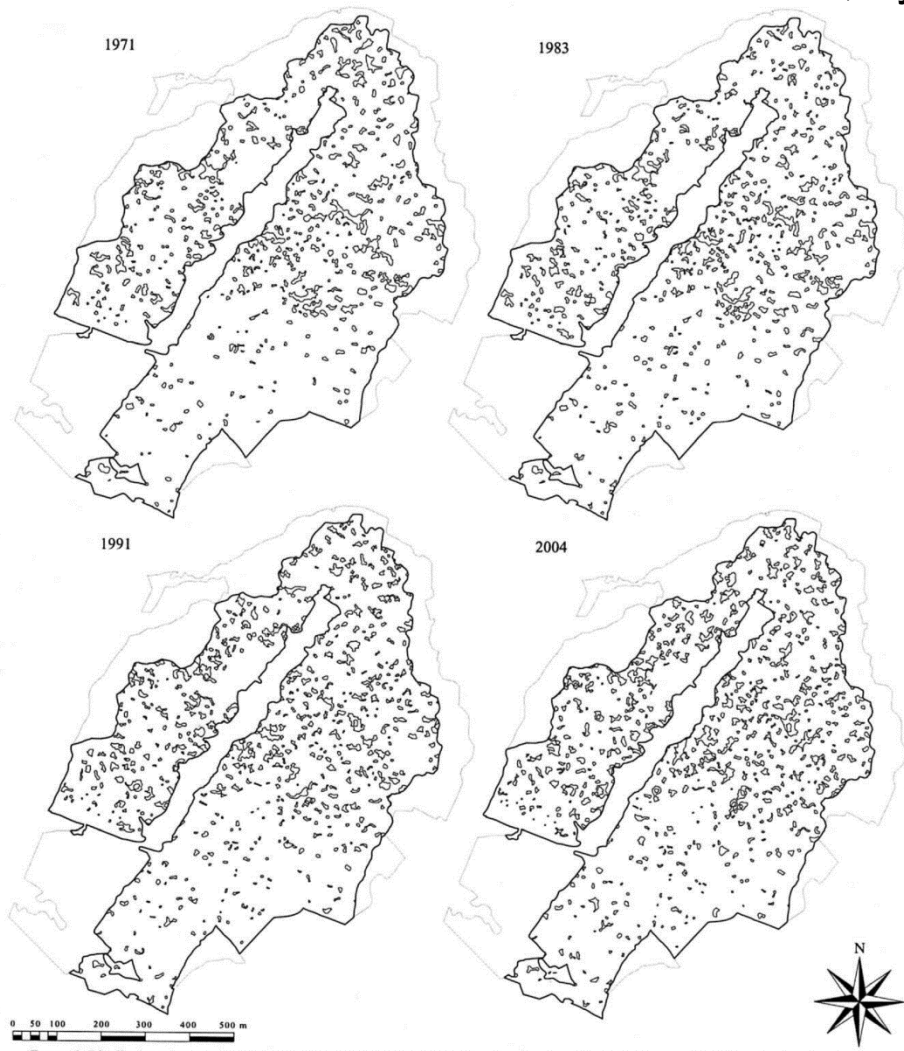


FIGURE 1. Distribution of canopy gaps in the study area from 1971 to 2004. Gray lines: border of the Žofín Reserve; black lines: border of study area.

*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*

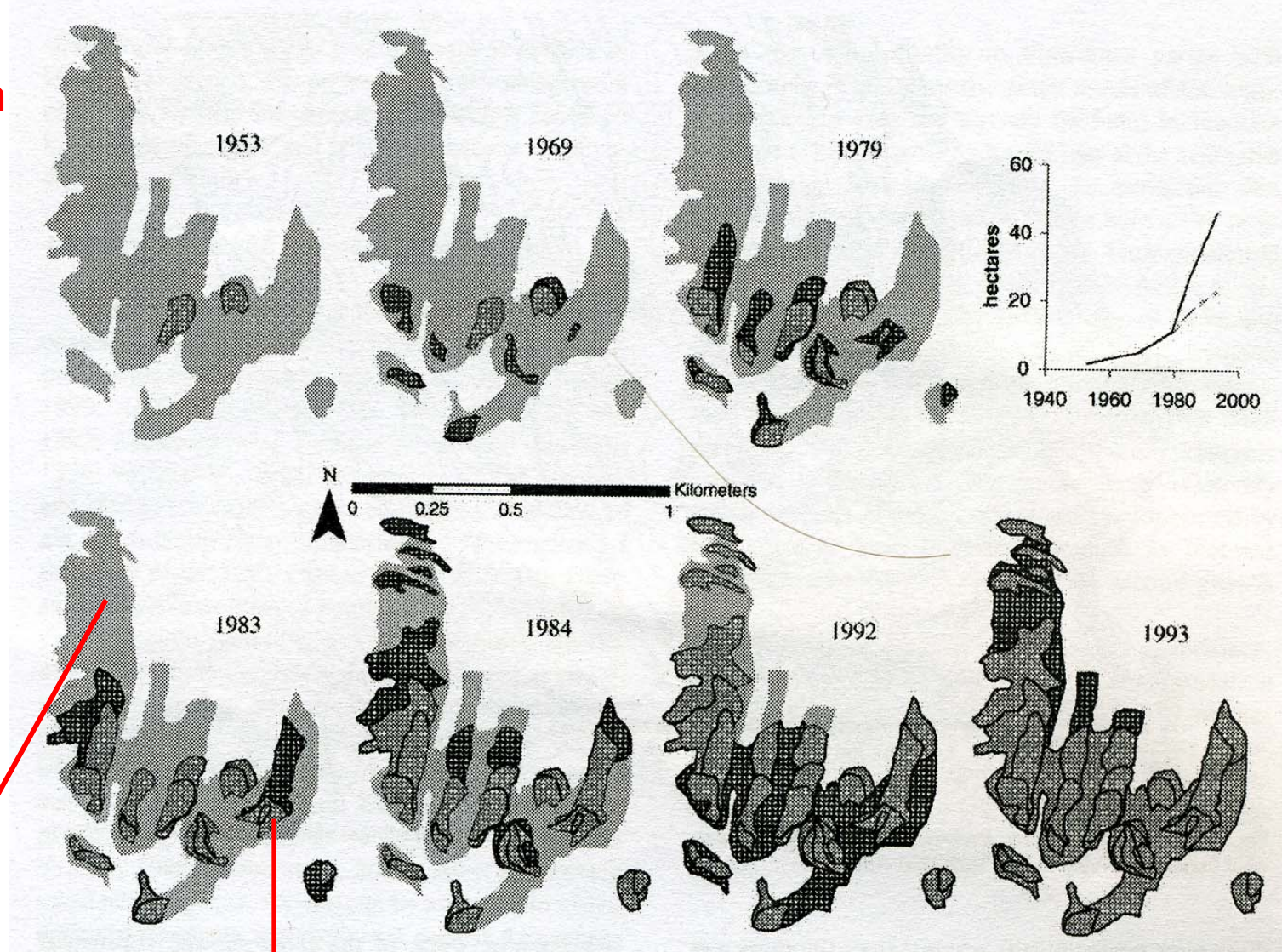
AND

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



Splechna 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 – Žofín

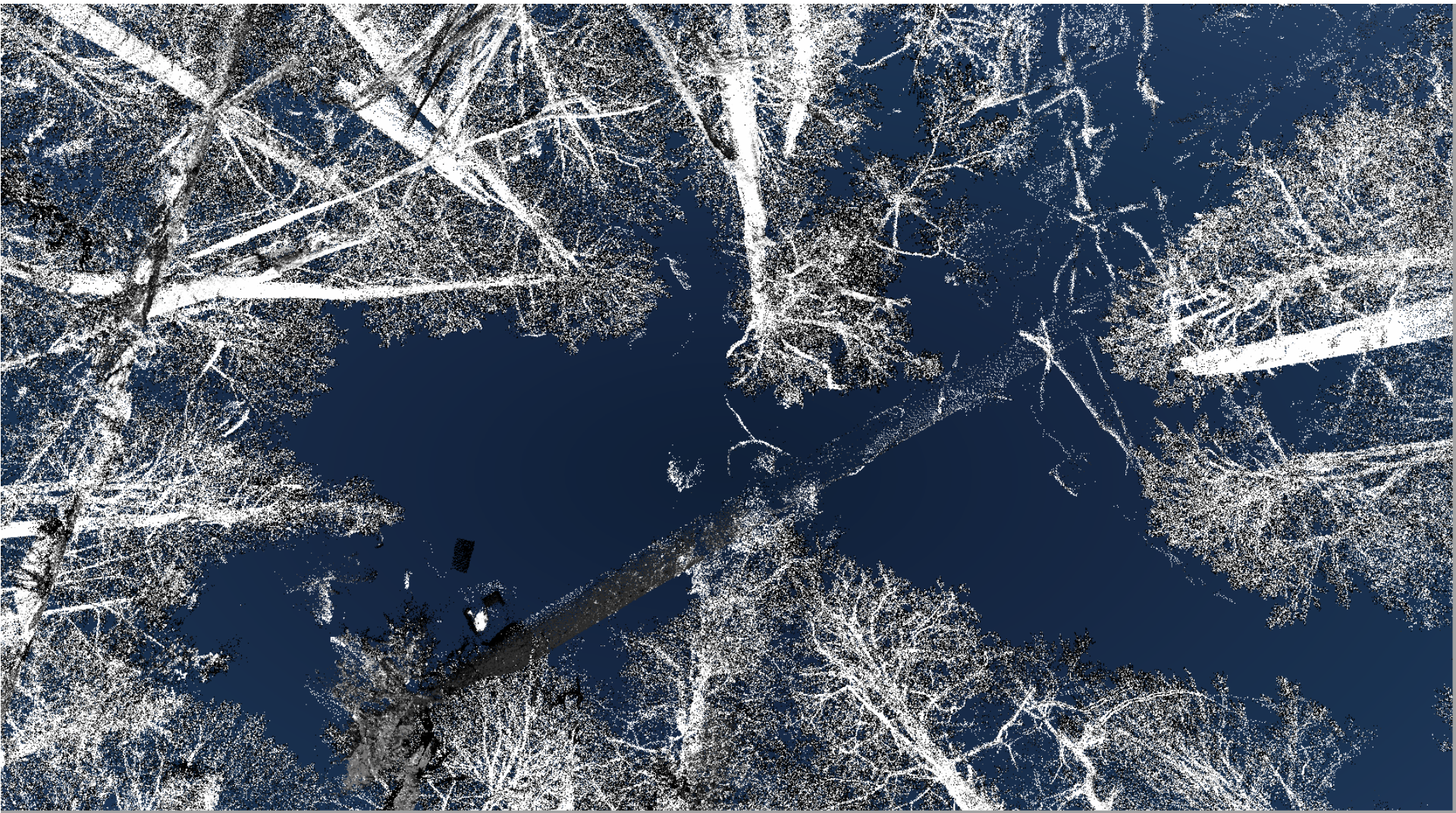
Král et al., LIDAR





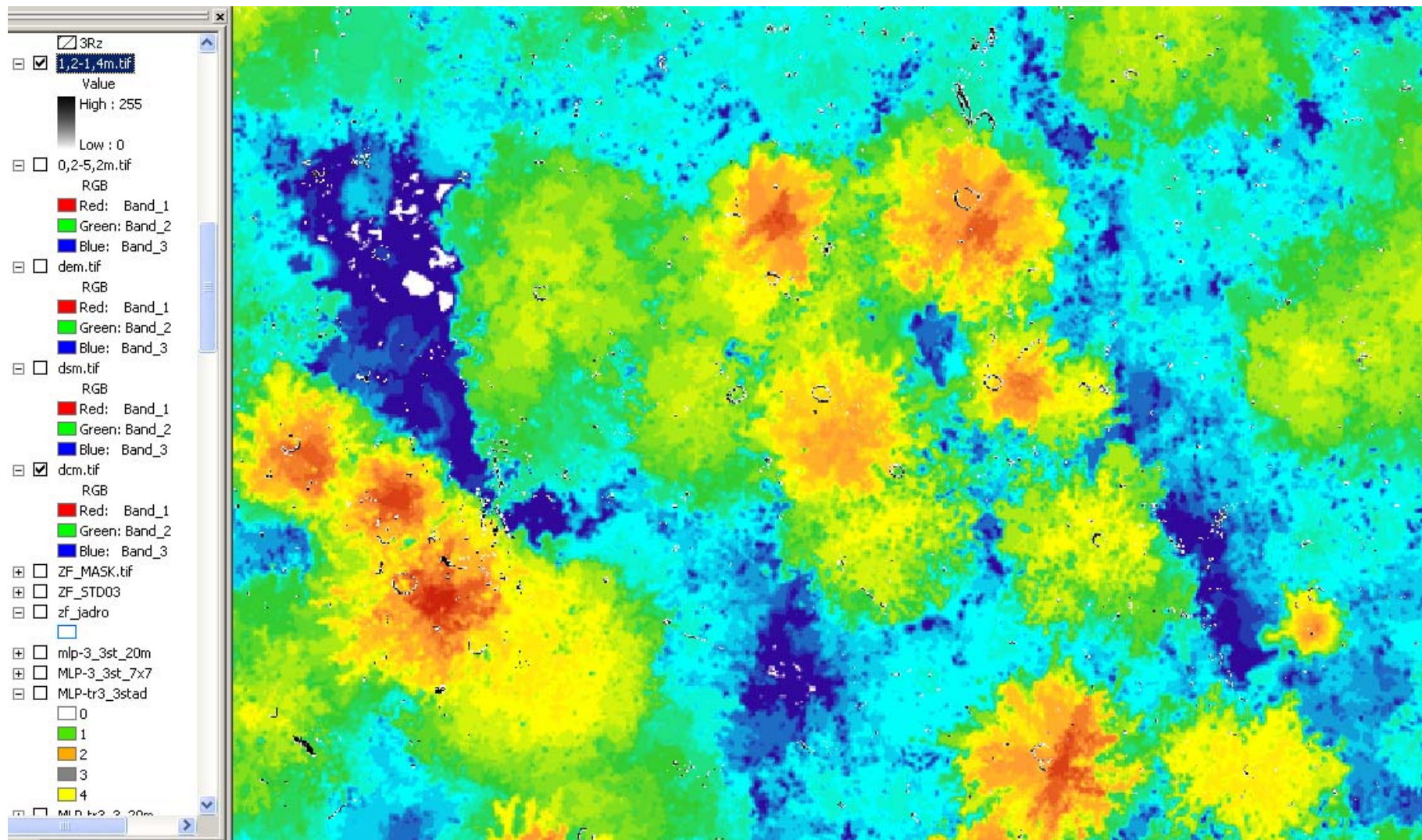
Foto a mračno bodů

# Mračno bodů z pozemního laserového skenování



# Žofín – hodnocení zápoje z pozemního laserového skenování

## Opakované hodnocení gapů na základě mračen bodů?



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



# Princip a použití

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

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

$^{137}\text{Cs}$  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

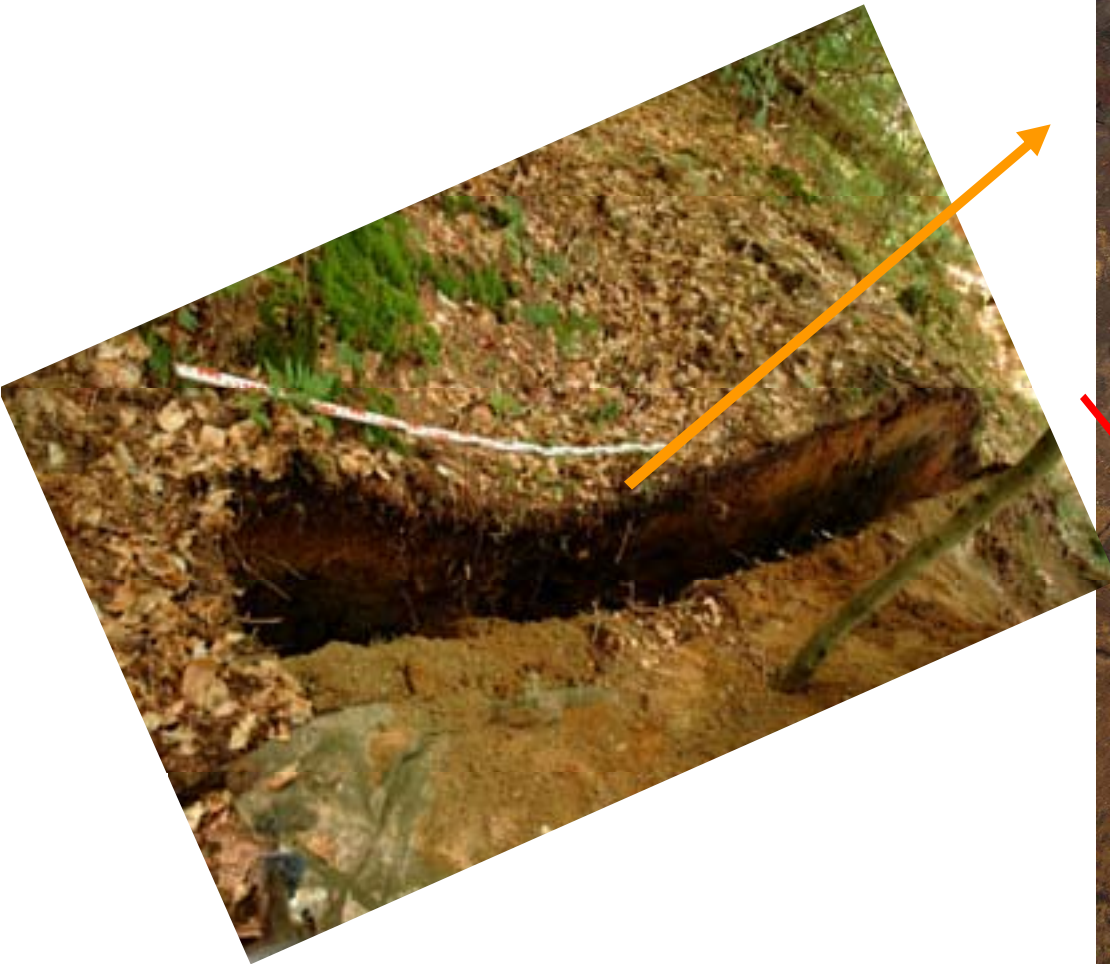
$^{137}\text{Cs}$  = 30,17 let

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



# Žofínský prales

Datování vývrátů pomocí  $^{210}\text{Pb}$

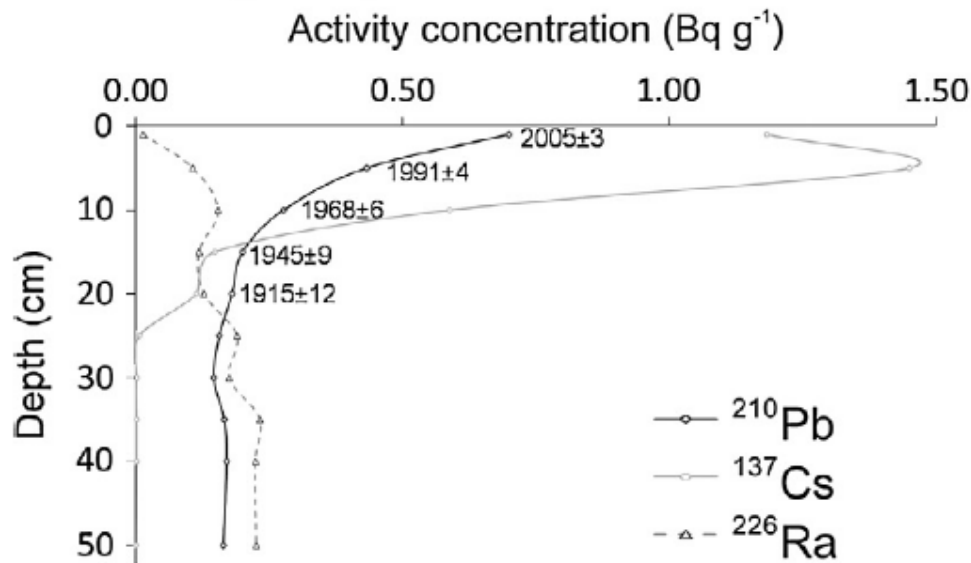


L, F - horizonty

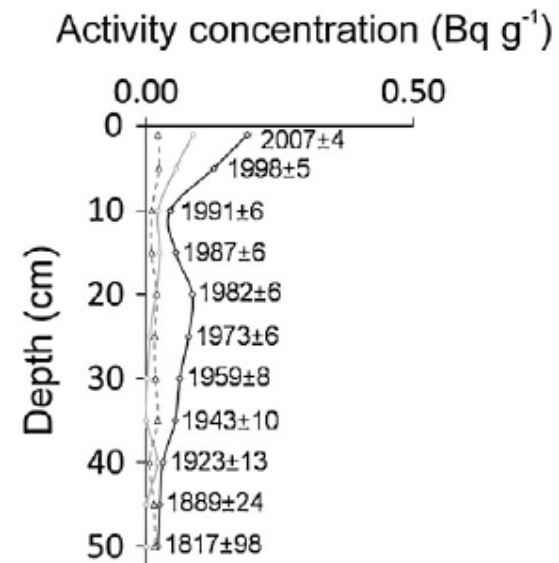


AMS  $^{14}\text{C}$  dating,  
partly decomposed  
wood of clear  
structure,  
deciduous tree, **260**  
 **$\pm 30$  BP**

### Zofin (granite)

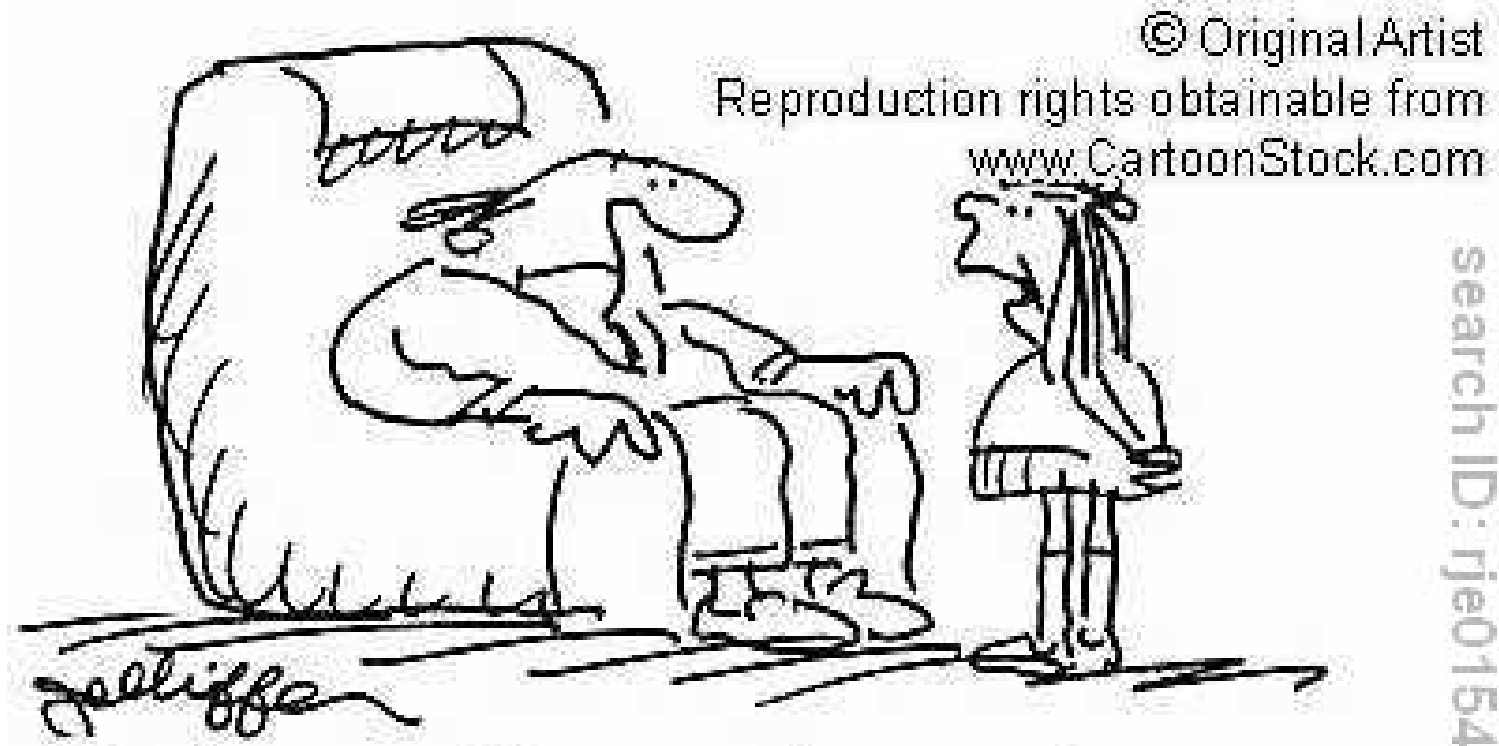


### Upper Peninsula (outwash)



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

# <sup>14</sup>C-datování

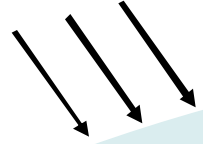


"Don't worry if you can't remember your age grandad, we'll get you carbon dated!"

# Jak vzniká izotop $^{14}\text{C}$ a jak je zabudován do organismů

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

Kosmické záření

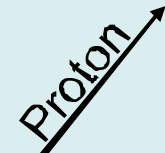


Svrchní atmosféra

Neutrony z  
kosmického záření

Neutron

$^{14}\text{N}$



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

$^{14}\text{C}$

O



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

Těla organismů

*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  $^{14}\text{N}$   $^{14}\text{C}$ .

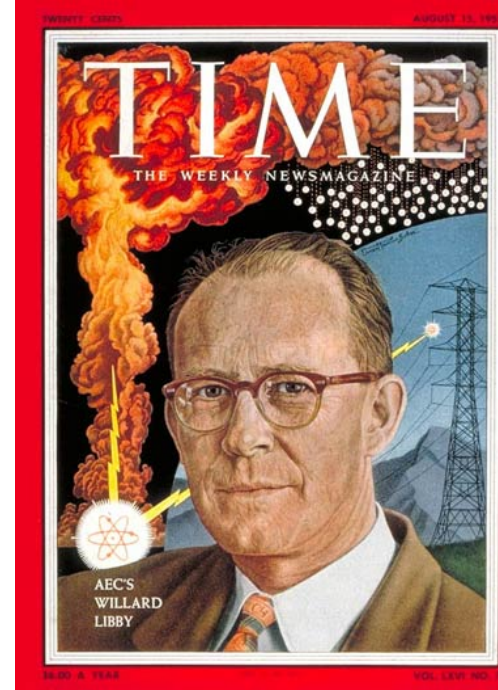
# Willard F. Libby

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

**Willard Libby** učinil a experimentálně ověřil tvrzení: rostliny fotosyntézou zabudovávají do svých těl atomy C přítomné v molekulách atmosférického  $\text{CO}_2$ . Součástí některých molekul je radioaktivní  $^{14}\text{C}$ . Jakmile rostlina odumře, proces fotosyntézy ustane a to spustí „radioaktivní hodiny“. Radioaktivním rozpadem postupně ubývají jádra  $^{14}\text{C}$  zabudovaná v tkáni.

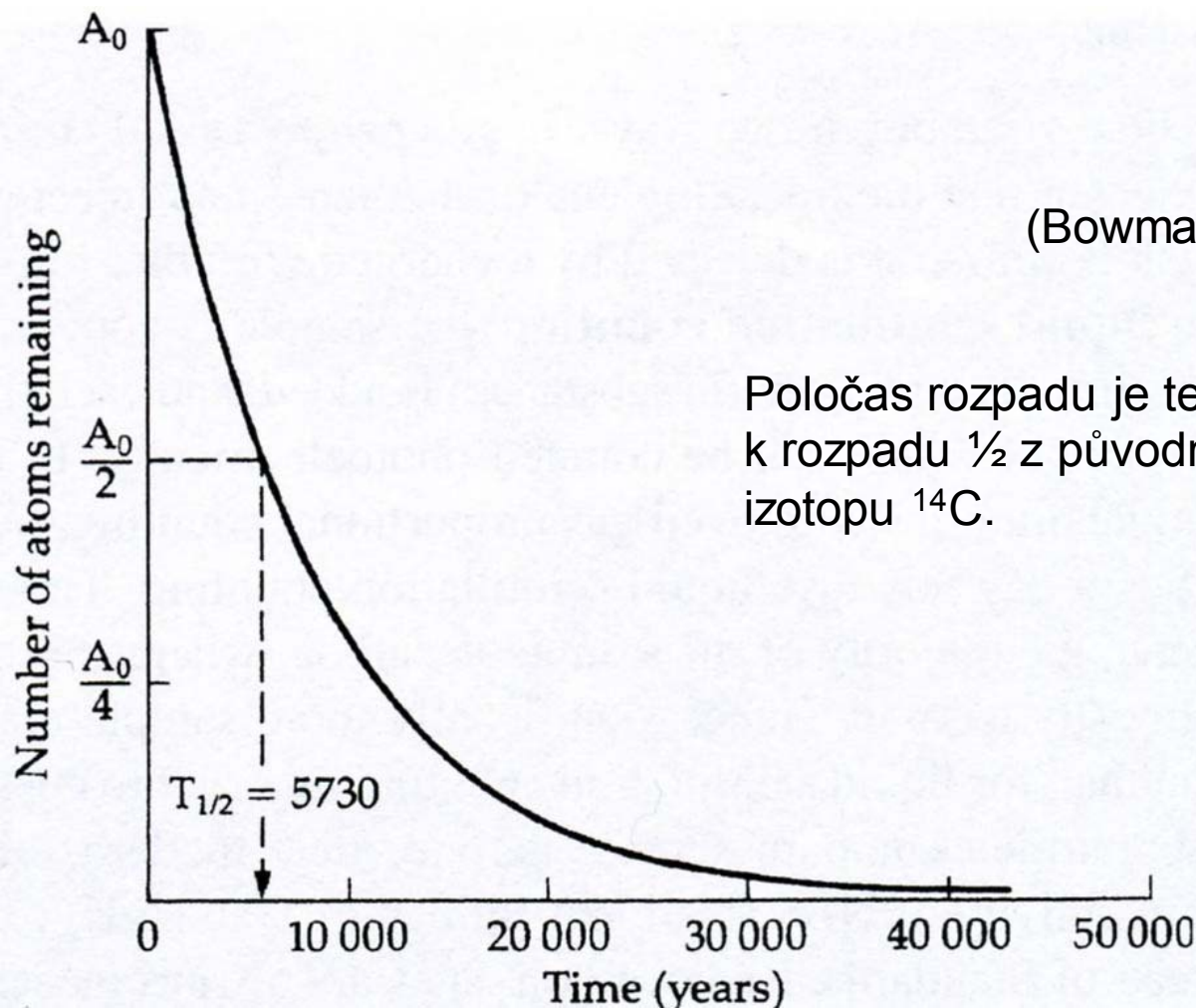
$^{14}\text{C}$  má poločas rozpadu 5730 let  
(dle původní práce Libbyho 5568 let).

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  $^{14}\text{C}$ .

# Výstup $^{14}\text{C}$ datování

1. Laboratoř zjistí aktivitu  $^{14}\text{C}$  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)

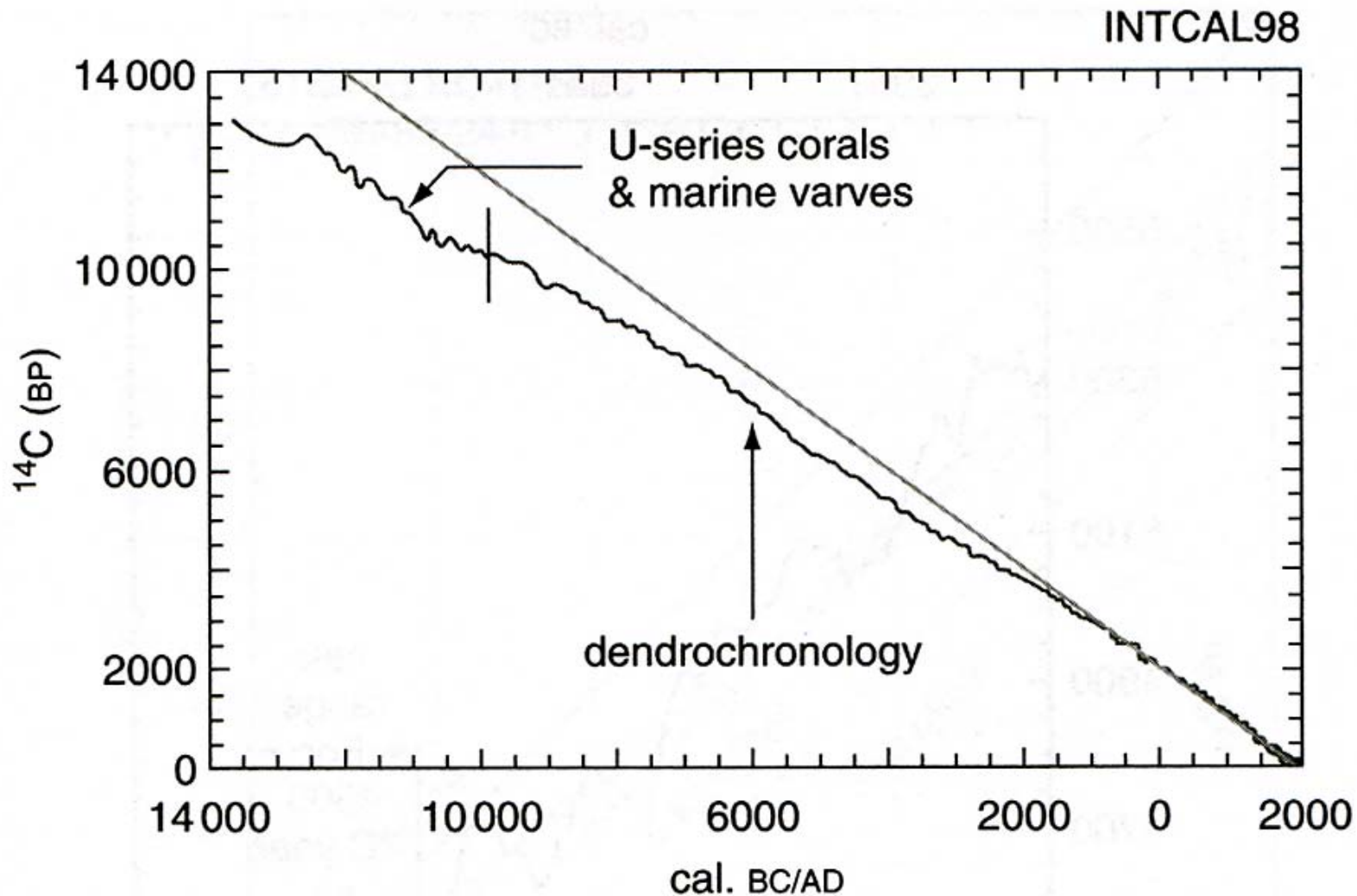
**2583 ± 45 BP (P 1056)**



Laboratoř (P=Philadephia)

- konvenční metoda
- AMS metoda (Accelerator Mass Spectrometry)

# Kalibrace radiokarbonového data



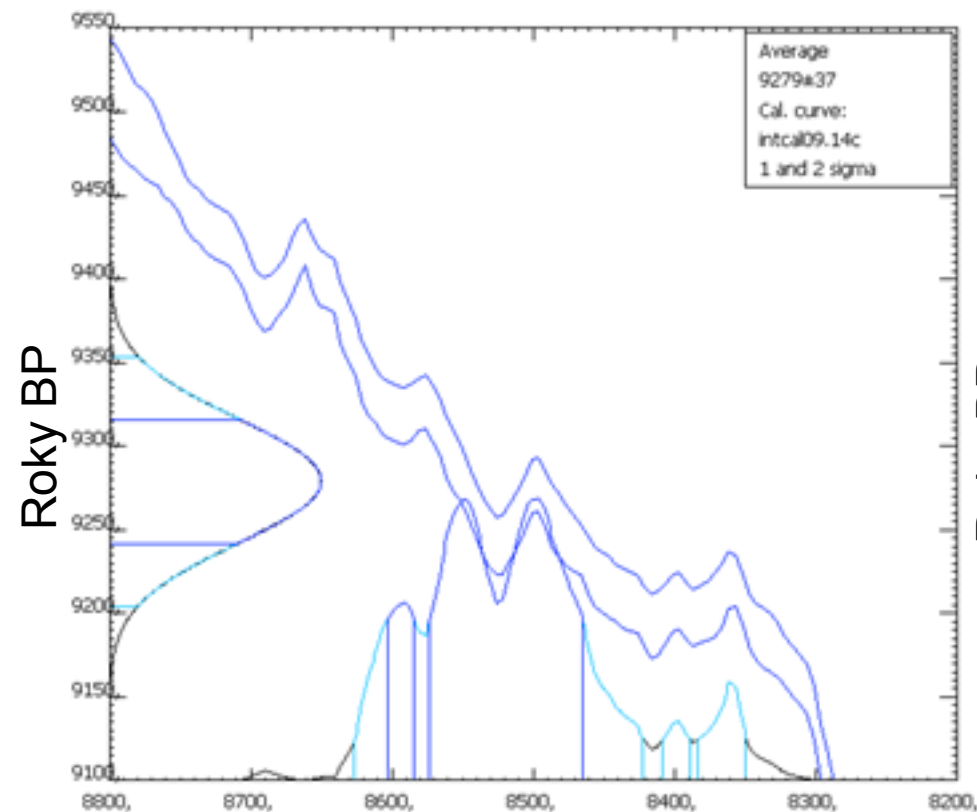
Recentní porovnání  $^{14}\text{C}$  dat a dat z korálových útesů (u Barbadosu) pomohlo k tvorbě kalibrační křivky v rozmezí 9000-40 000 BP.



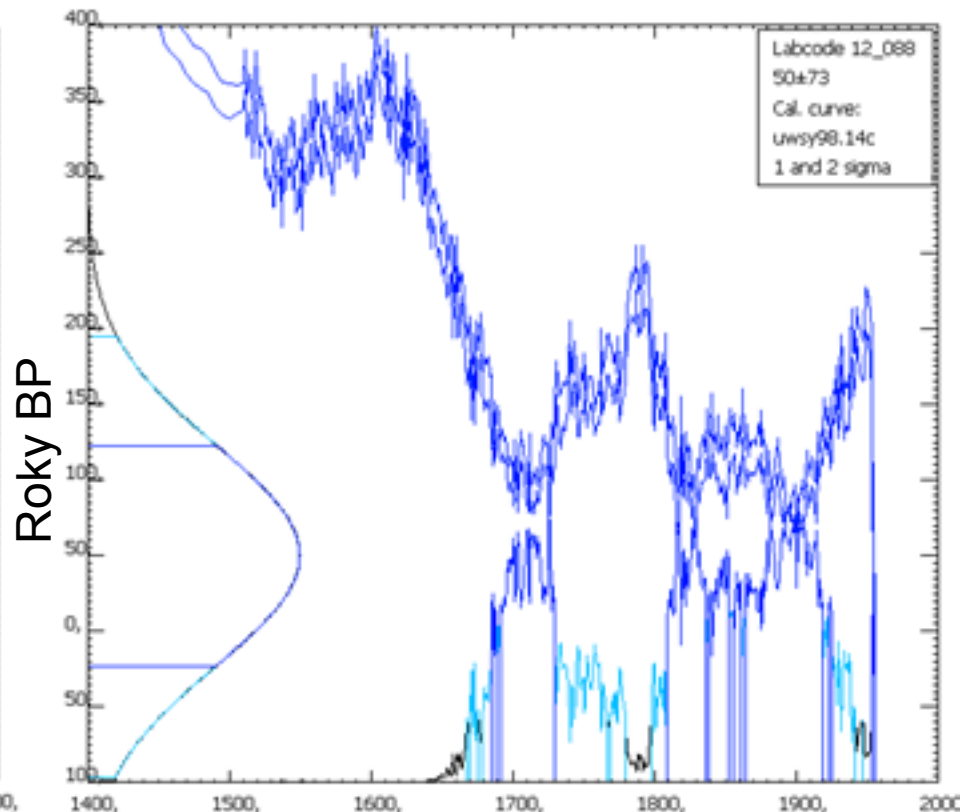
# Radiokarbonové versus kalibrované stáří

9279±37 BP

50±73 BP



Roky př.n.l.



Roky n.l.

# 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  $^{14}\text{C}$  v rezervoárech
- Poměr mezi ostatními izotopy  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  je ve vzorcích neměnný a od smrti organismu se mění pouze  $^{14}\text{C}$ .
- Poločas rozpadu  $^{14}\text{C}$  je přesně znám

Měření aktivity  $^{14}\text{C}$  ve vzorku je postiženo statistickou chybou (zavedena standardní odchylka, např.  $1500 \pm 30$  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.)

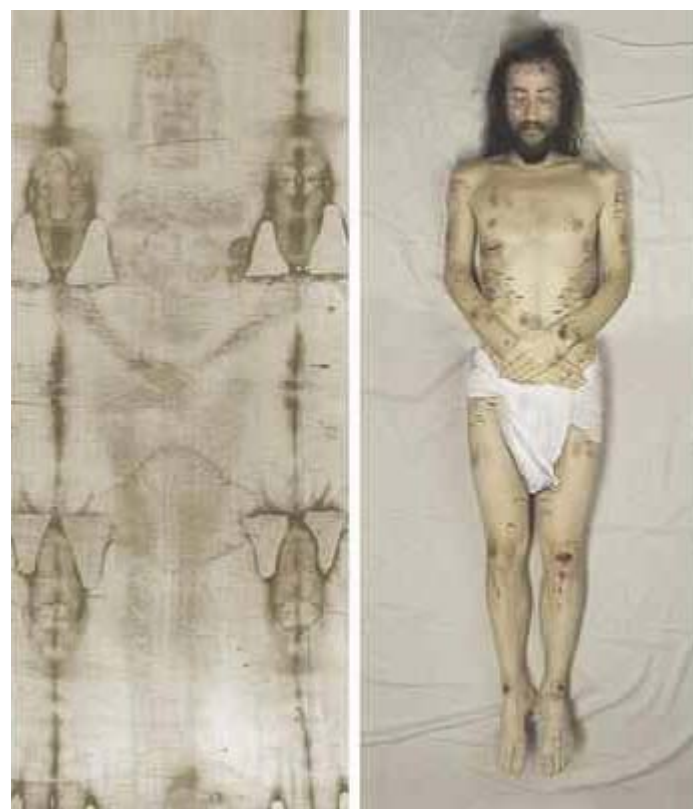
Např. přidání 1% recentního C k 17000 let starému vzorku sníží jeho věk o 600 let, u 34000 let starého vzorku o 4000 let.

*Musím vědět, jaký C datuji!*

# Příklady radiokarbonové datování

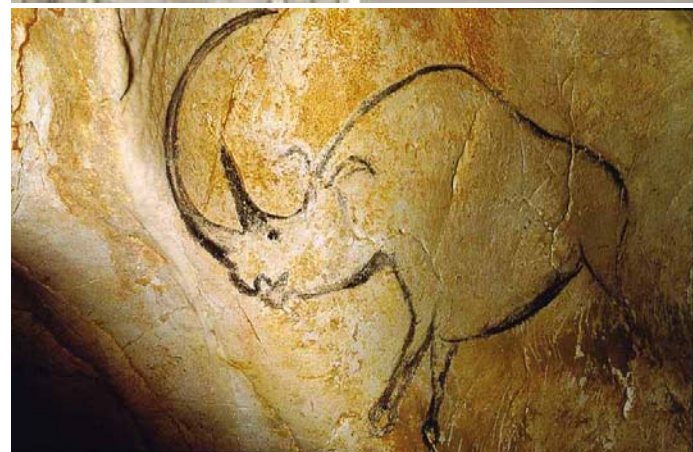
## Turínské plátno

(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“
- ...

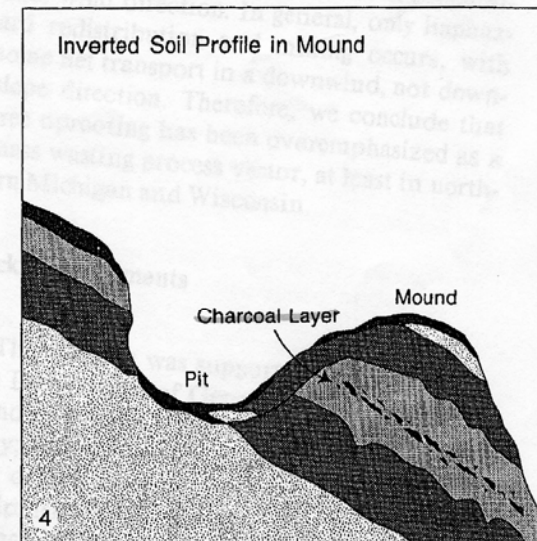
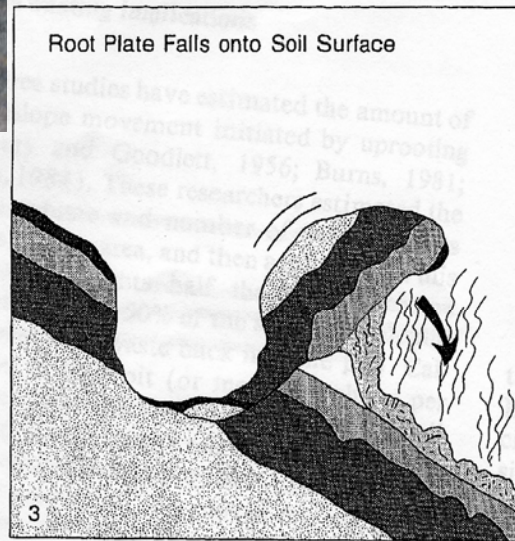
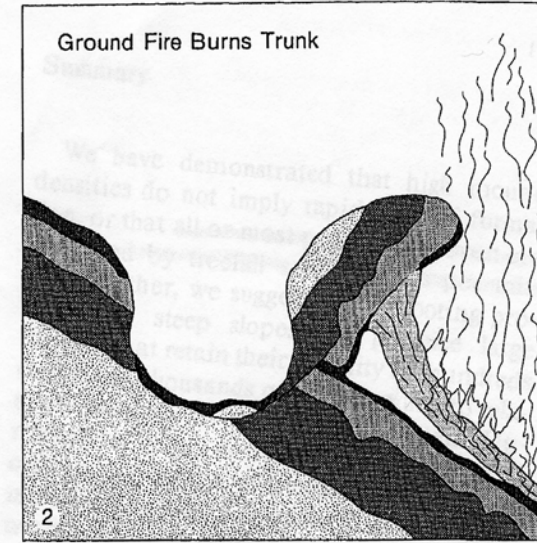
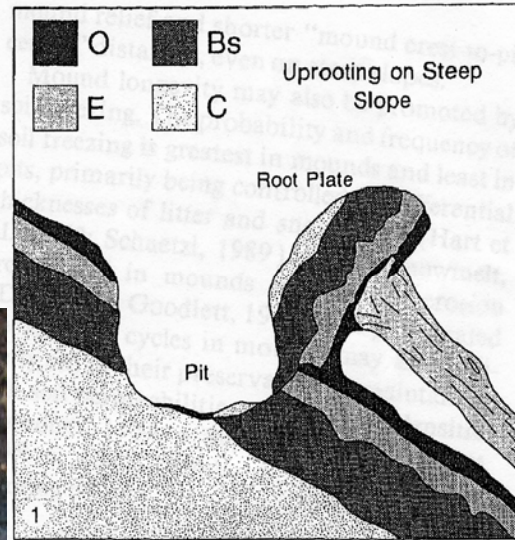
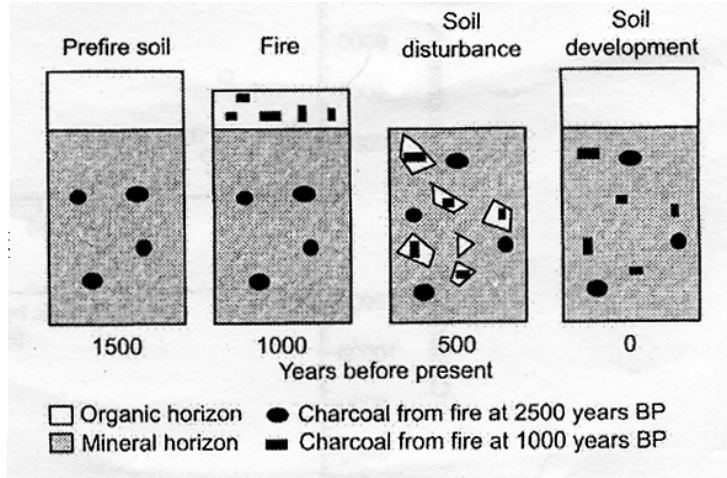


Fig. 4. Diagrammatic representation of uprooting on a steep slope, leading to profile inversion. Fire, subsequent to the uprooting event, is necessary for this process to occur.

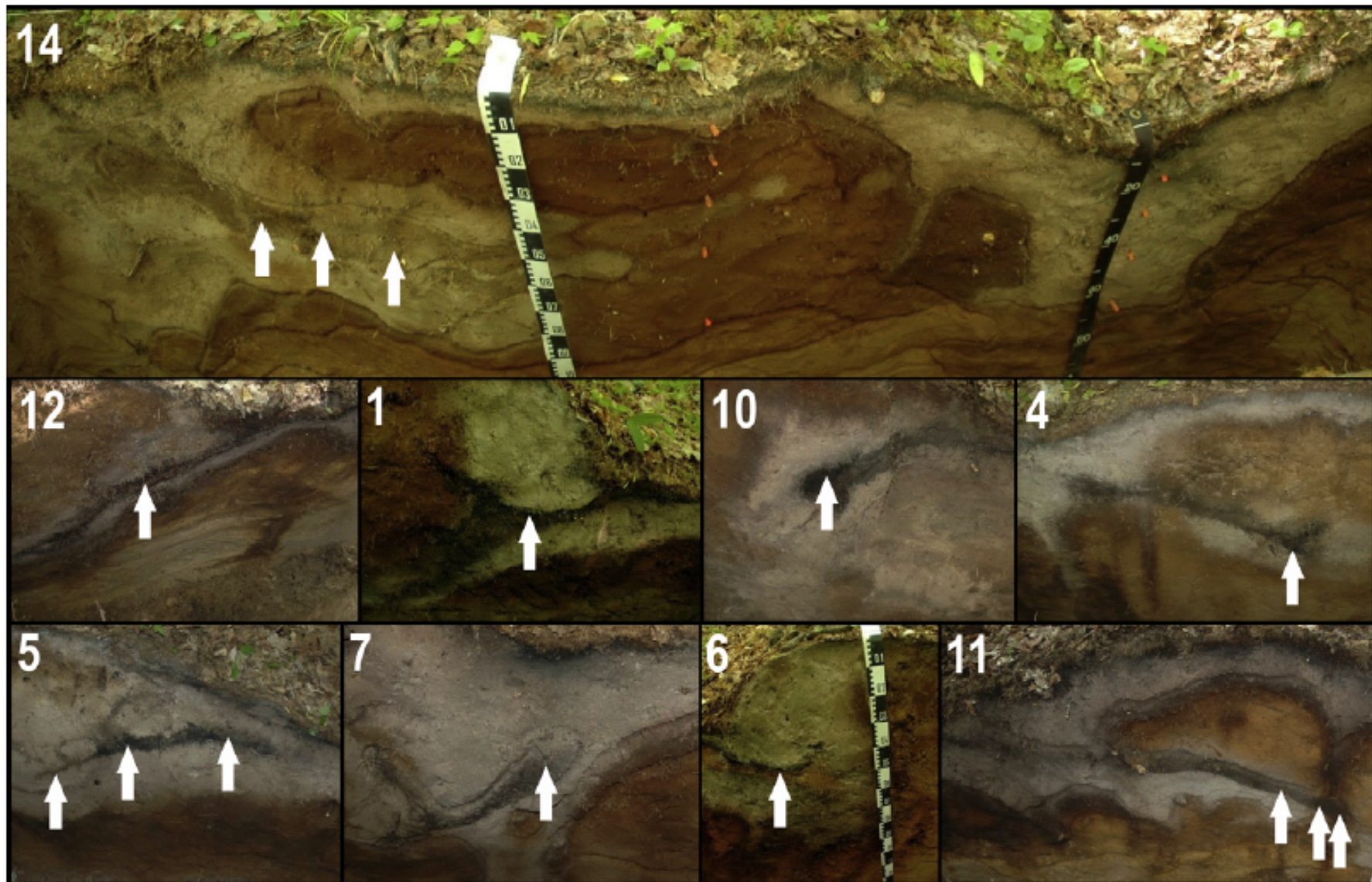


Gavin (2003)

Schaetzl et Folmer (1990)



Čas



**Table 2**

Radiocarbon ages of samples from treethrow pit-mounds in Michigan. Treethrow features are ordered according to age; upper-real or maximum-limiting ages nearby to real ages of disturbance event are accentuated. Dates in bold are the closest to the real age of tree-uprooting event.

Treethrow pit-mound pair	Type of buried material dated	Type of material	Depth (cm)	Age <sup>14</sup> C BP (year)	Calibrated date (95% probability, year)	Median (weighted) of calibration age (year AD/BC)
12	Tree trunk	Wood, deciduous tree, without bark	61	85 ± 30 BP	1688–1730 AD (25.6%), 1809–1927 AD (69.8%)	<b>1844 AD</b>
2	Tree trunk	Wood without bark, coniferous tree	47	90 ± 30 BP	1684–1733 AD (26.5%), 1807–1929 AD (68.9%)	<b>1842 AD</b>
10	Tree trunk	Wood without bark	24	0 ± 73 BP <sup>a</sup>	1680–1766 AD (28.0%), 1799–1939 AD (65.0%)	<b>1840 AD</b>
	Tree trunk	Burnt wood without bark, <i>Abies</i> sp.	30	140 ± 30 BP	1669–1781 AD (43.0%), 1798–1891 AD (36.8%), 1908–1945 AD (15.6%)	1809 AD
1	Tree trunk	Wood without bark	35	50 ± 73 BP <sup>a</sup>	1679–1767 AD (30.0%), 1798–1942 AD (61.0%)	<b>1832 AD</b>
6	Tree trunk	Wood without bark, deciduous tree	28	260 ± 30 BP	1520–1593 AD (27.8%), 1619–1670 AD (52.8%), 1780–1800 AD (12.6%), 1943–1954 AD (2.2%)	<b>1647 AD</b>
8	Tree trunk or A-horizon	Charcoal without bark, coniferous tree	23	930 ± 30 BP	1025–1169 AD (95.4%)	<b>1099 AD</b>
	Tree trunk or A-horizon	Charcoal of bark	35	5310 ± 40 BP	4258–4039 BC (93.4%), 4016–4000 BC (2.0%)	4139 BC
9	A-horizon	Charcoal, amorphous, without bark	40	1095 ± 35 BP	887–1017 AD (95.4%)	<b>948 AD</b>
	A-horizon	Charcoal without bark, coniferous tree	28	3875 ± 35 BP	2468–2278 BC (89.3%), 2251–2229 BC (4.3%), 2221–2210 BC (1.7%)	2365 BC
	A-horizon	Charcoal without bark, <i>Taxus</i> sp.	40	4170 ± 40 BP	2886–2831 BC (20.6%), 2822–2630 BC (74.8%)	2761 BC
5	Tree trunk or A-horizon	Charcoal, amorphous, without bark	35	1755 ± 30 BP	176–190 AD (1.2%), 212–387 AD (94.2%)	<b>291 AD</b>
	Tree trunk or A-horizon	Charcoal, amorphous, without bark	55	6360 ± 50 BP	5470–5289 BC (85.1%), 5271–5225 BC (10.3%)	5349 BC
	Tree trunk or A-horizon	Charcoal of bark	20	6460 ± 40 BP	5485–5339 BC (95.4%)	5421 BC
11	Tree trunk	Charcoal without bark, <i>Populus</i> sp.	62	3600 ± 30 BP	2032–1887 BC (95.4%)	<b>1957 BC</b>
	Tree trunk	Charcoal, amorphous, without bark	45	3820 ± 30 BP	2454–2446 BC (0.6%), 2435–2420 BC (1.5%), 2405–2378 BC (3.8%), 2350–2194 BC (84.0%), 2177–2144 BC (5.5%)	2260 BC
4	Tree trunk	Charcoal of <i>Pinus</i> sp., without bark	60	3750 ± 30 BP	2282–2249 BC (8.2%), 2231–2116 BC (66.0%), 2100–2038 BC (21.2%)	<b>2163 BC</b>
14	Probably tree trunk	Charcoal without bark, coniferous tree	55	4480 ± 35 BP	3342–3086 BC (89.2%), 3062–3029 BC (6.2%)	<b>3217 BC</b>
	Probably tree trunk	Charcoal of bark	45	4660 ± 35 BP	3621–3610 BC (2.0%), 3521–3363 BC (93.4%)	3453 BC
	A-horizon	Charcoal of bark, amorphous	45	7210 ± 40 BP	6210–6136 BC (20.0%), 6121–6006 BC (75.4%)	6067 BC
13	Tree trunk	Charcoal of bark, coniferous tree	50	4550 ± 50 BP	3496–3461 BC (4.3%), 3376–3092 BC (91.1%)	<b>3225 BC</b>
7	Tree trunk	Charcoal without bark	37	4985 ± 35 BP	3936–3873 BC (14.6%), 3809–3691 BC (77.4%), 3686–3661 BC (3.4%)	<b>3759 BC</b>
3	Probably tree trunk	Charcoal, amorphous, without bark	30	5260 ± 30 BP	4229–4198 BC (13.5%), 4172–4089 BC (31.6%), 4084–3984 BC (50.4%)	<b>4077 BC</b>
	Probably tree trunk	Charcoal of <i>Pinus</i> sp., without bark	20	5265 ± 30 BP	4230–4197 BC (15.0%), 4174–3987 BC (80.4%)	4101 BC
	Probably tree trunk	Charcoal, amorphous, without bark	25	5340 ± 40 BP	4322–4292 BC (6.8%), 4266–4047 BC (88.6%)	4171 BC

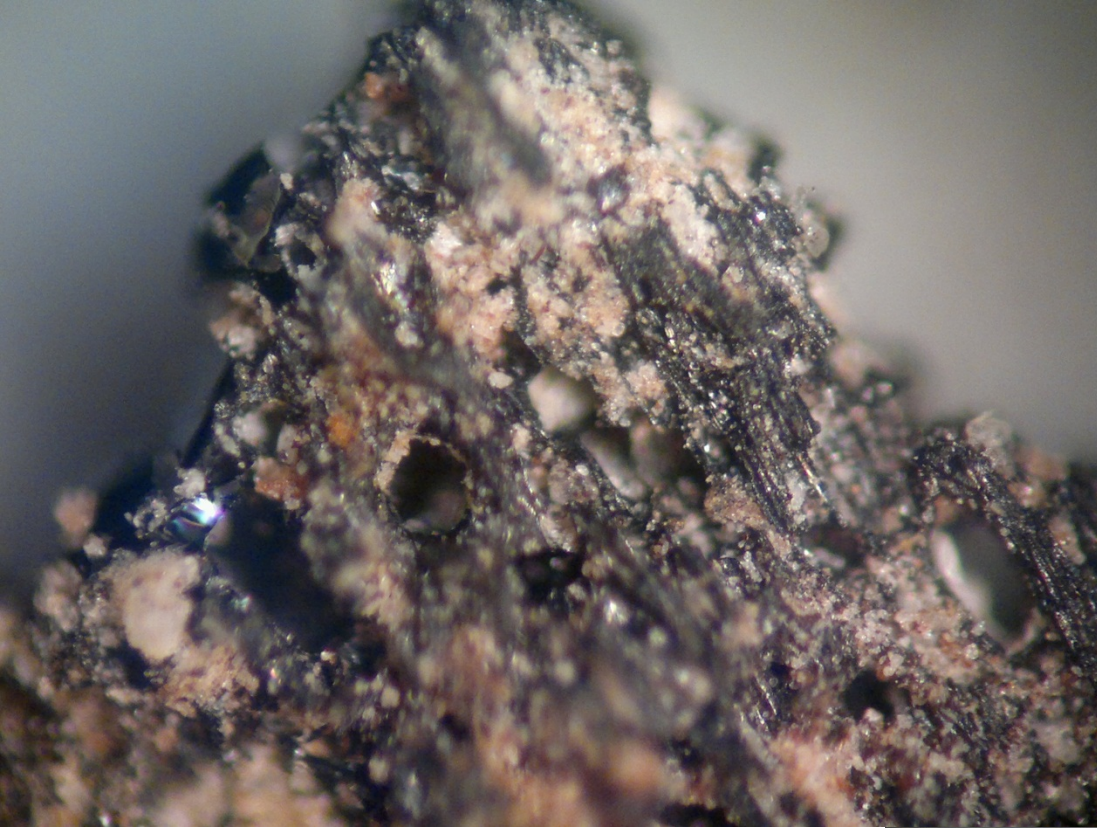
<sup>a</sup> Conventional dating.

## Výstup datování

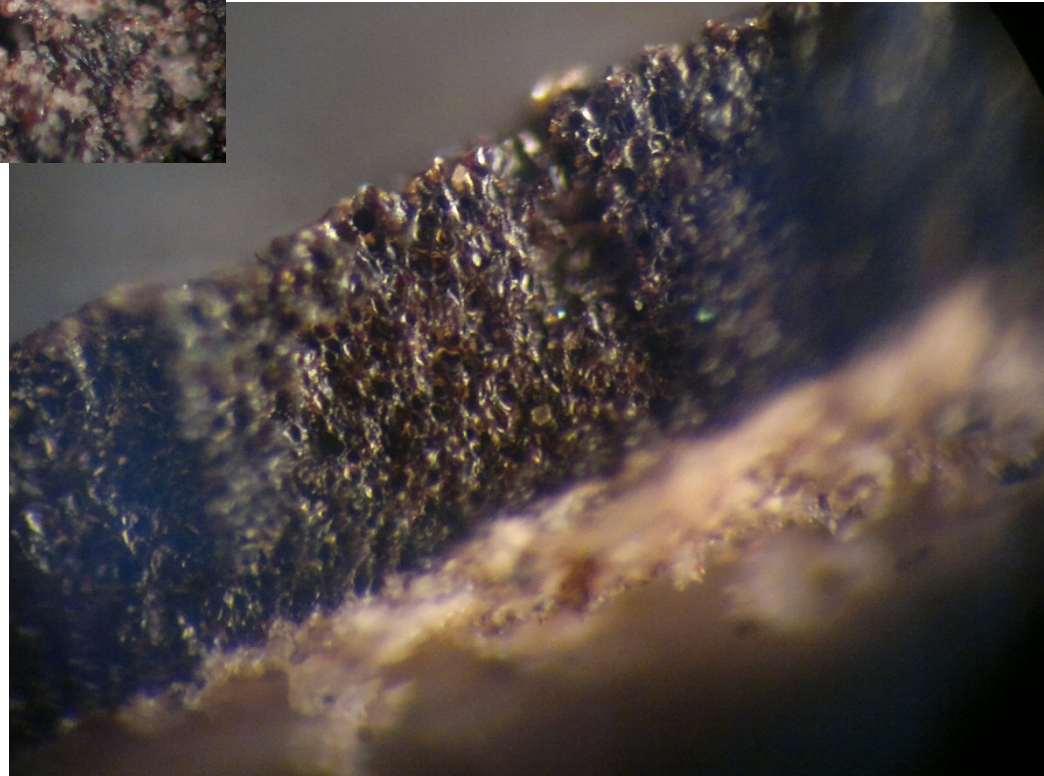
Maximální vs. reálné stáří

Kontaminace

Kmen vs. fA-horizont

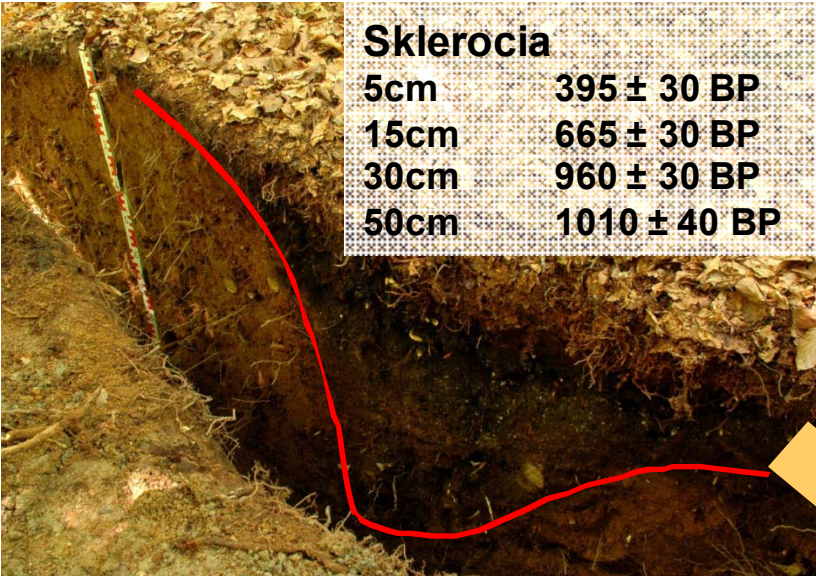


Zuhelnatělá pokožka  
kořenů  
Uhlíky dřeva apod.









## Žofínský prales

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

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



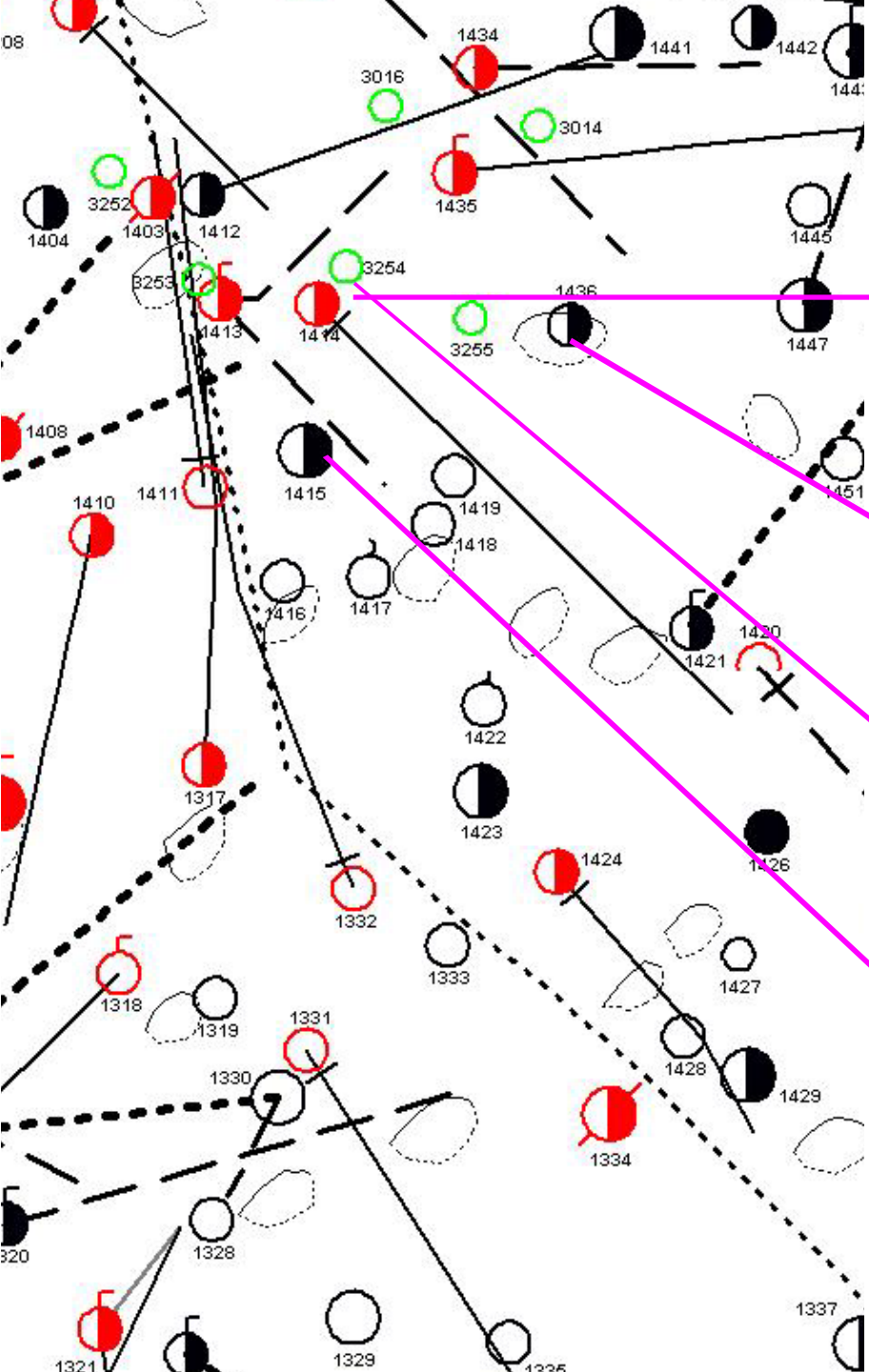
Treethrow pit-mound pair	Minimal age by dendrochronology (year)	Type of material	Depth (cm)	Age <sup>14</sup> C BP (year)	Calibrated date (95% probability, year)	Median (weighted) of calibration age (year AD/BC)
3	370	Fungal sclerotia	5	395 ± 30 BP	1439–1523 AD (73.2%), 1573–1628 (22.2%)	1483 AD
		Fungal 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%)	<b>1021 AD</b>
		Charcoal without bark	80	5620 ± 70 BP	4616–4337 BC (95.0%)	4455 BC

# Dendrochronologické metody

(podrobně viz následující přednáška)



# Typy vrтанých stromů



**Vyvrácený jedinec =  
hledaná disturbanční  
událost**

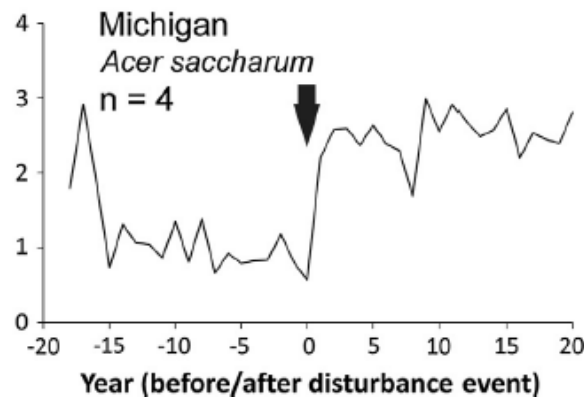
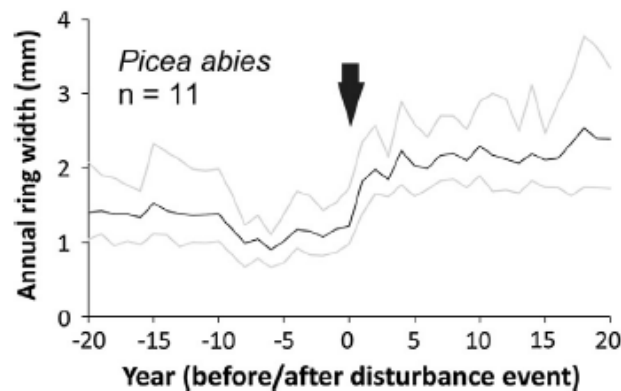
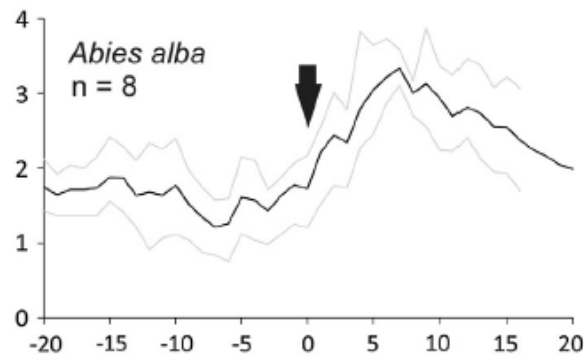
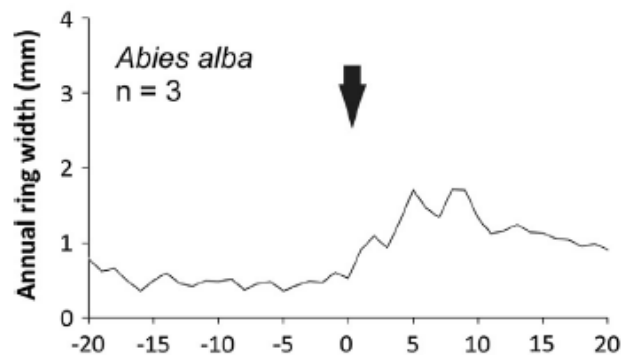
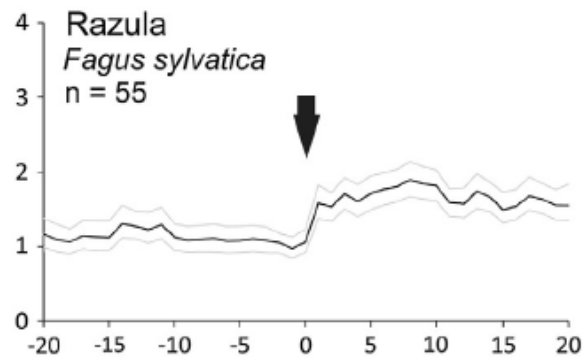
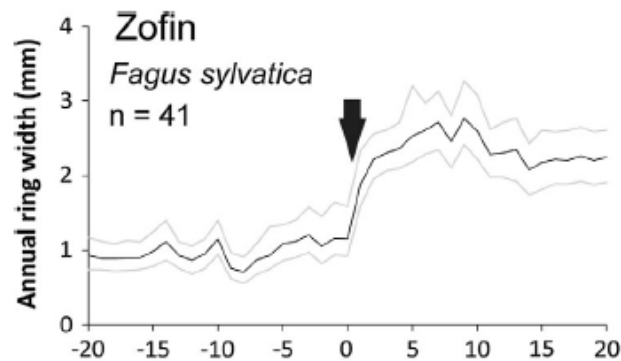
**Jedinec nově rostoucí na  
vývratu = minimální věk**

**Jedinec v gapu =  
minimální věk**

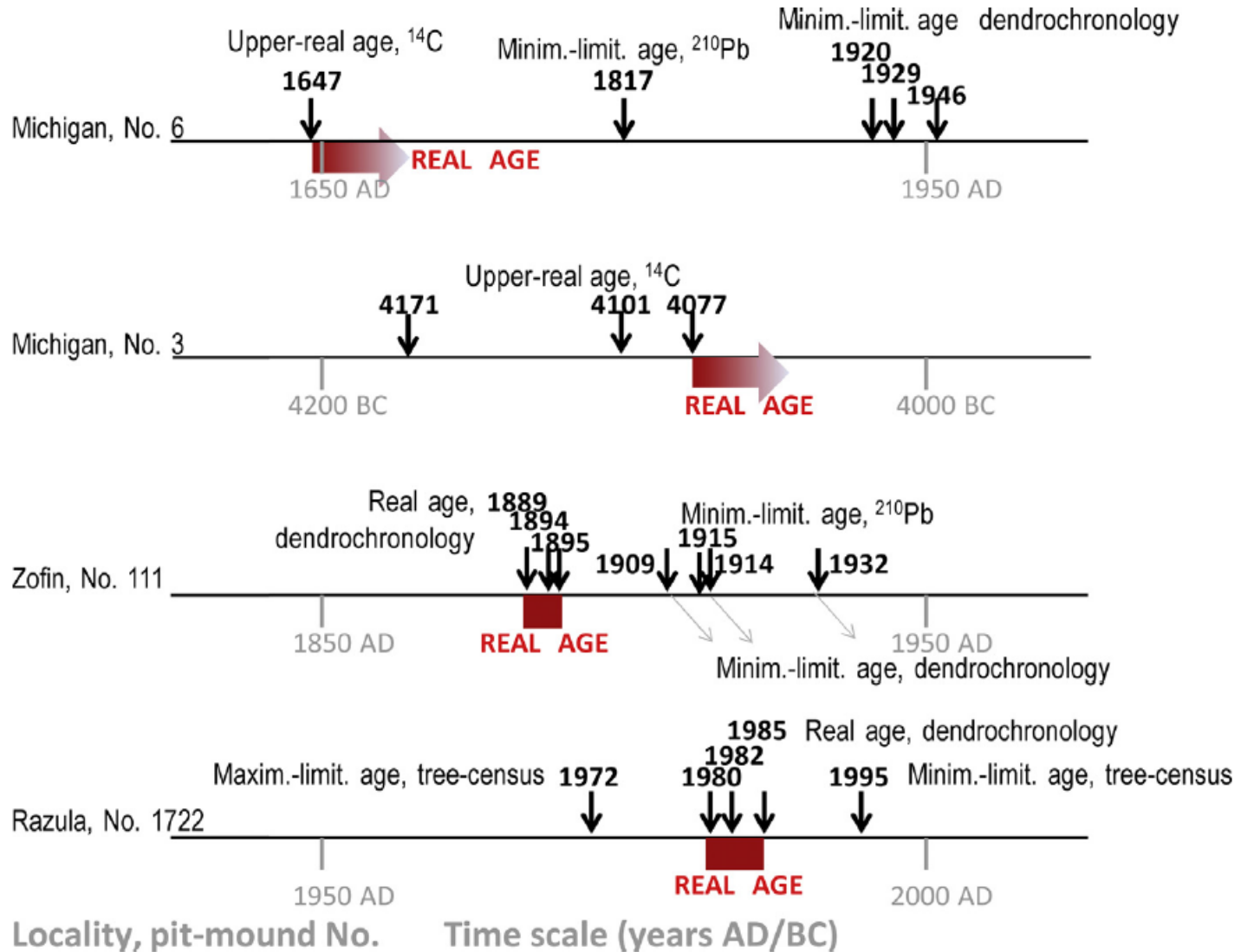
**Jedinec, který bočně  
reagoval na pád stromu =  
datum události**

+ možnost porovnání letokruhové křivky  
vyvráceného stromu s ostatními

# Druhově a lokálně specifická reakce stromů



# Křížové datování



# Nepřímé datování vývratů

Vývoj vlastností vývratů – vývoj  
půdních horizontů,  
dekompozice vyvrácených  
kmenů, vývoj tvaru vývratu

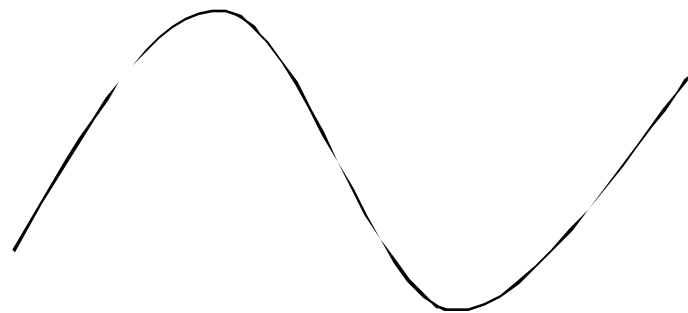
**Obnažení  
chůdových kořenů**



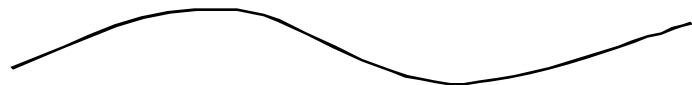
# Vývoj tvaru vývratu



Stáří 22 let



Stáří > 1400 let





# Paleoekologická data

Pyl

Makrozbytky

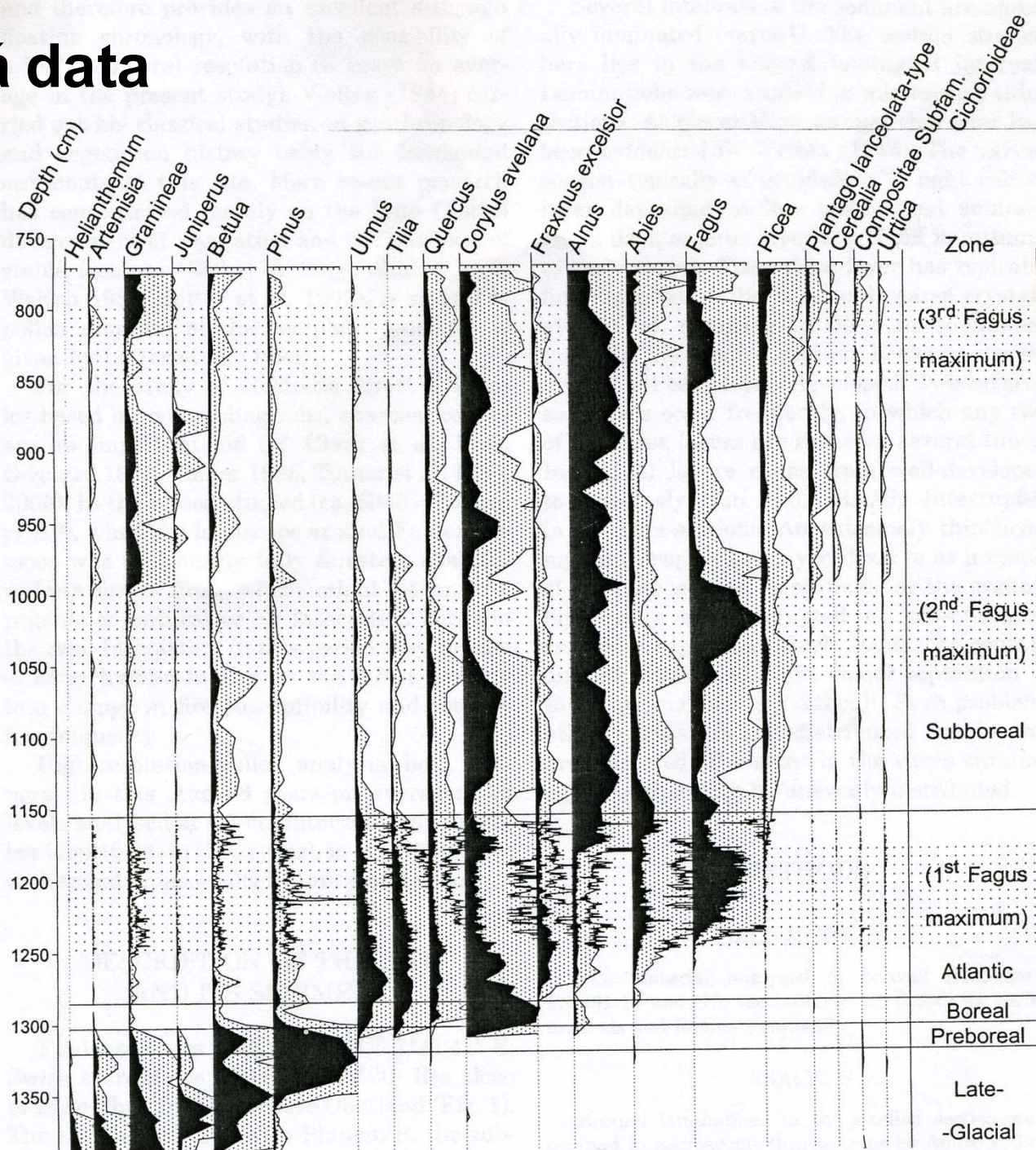
Fytolity

Šneci

Půdy

+  $^{14}\text{C}$

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

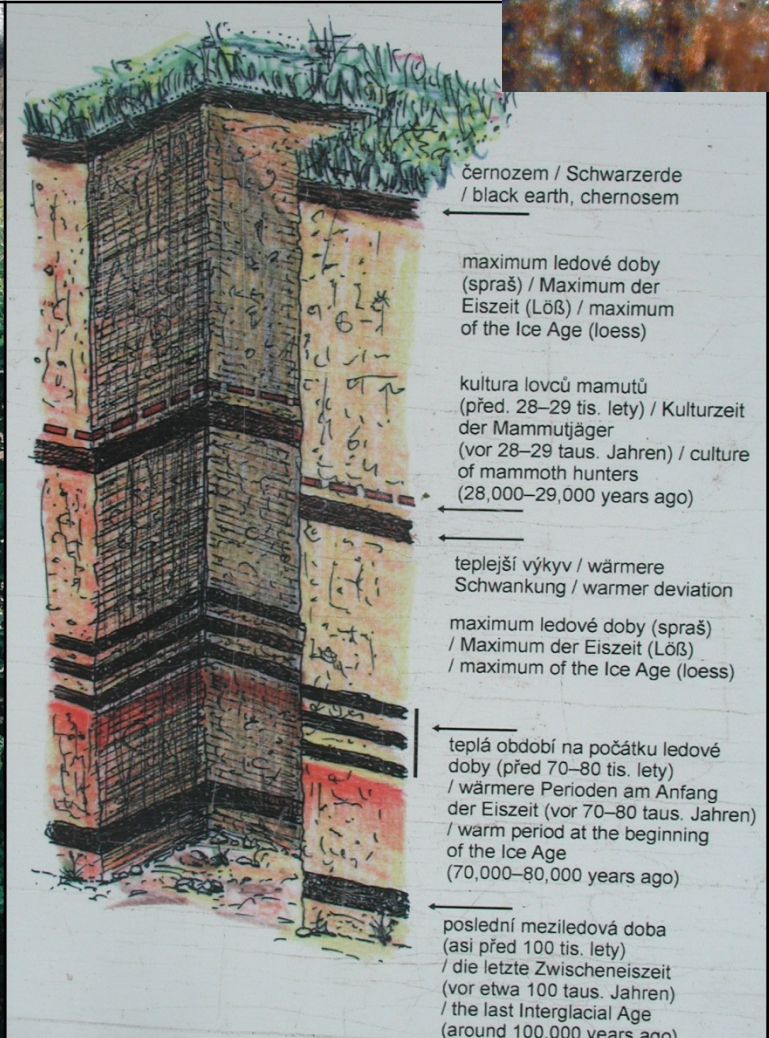
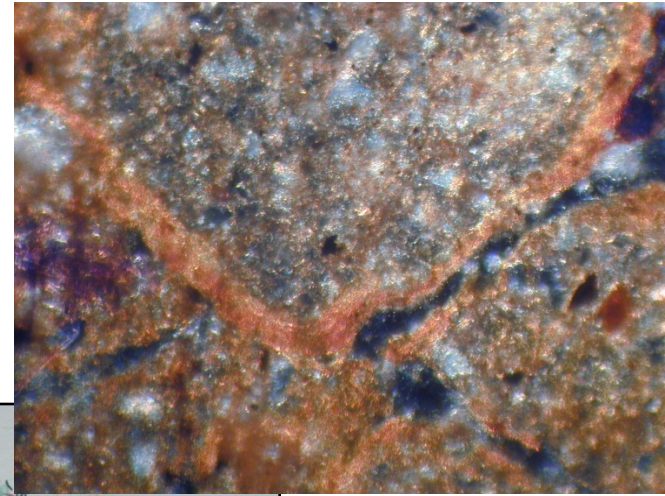


Pozn: přesnost vs. šířka sedimentu

# Pedologie a paleopedologie

Půdní komplexy, mikromorfologie půd

Dolní Věstonice



Mikromorfologie  
půd



# Opticky stimulovaná luminiscence

I staré vzorky (>40000 let)

Odběr po tmě

Datování zrn křemene (běžný vzorek)

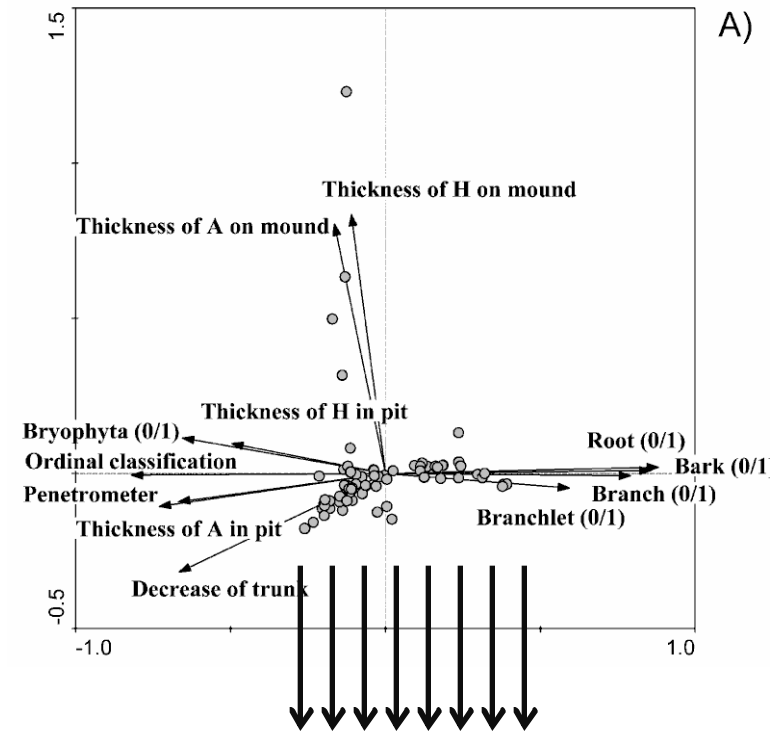
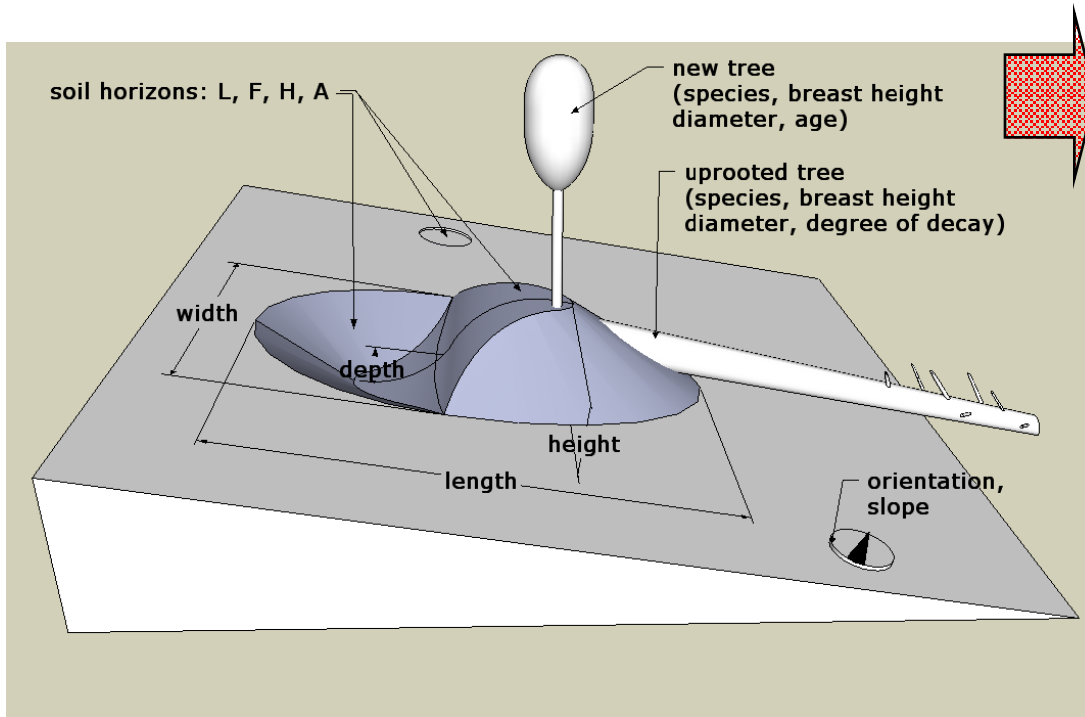
Radioaktivní záření v datovaném materiálu uvolňuje elektrony z jeho struktury, ty se hromadí v místech poruch krystalické mřížky. Ozářením viditelným světlem se elektrony vracejí zpět do elektronových obalů. Přitom se uvolňuje energie ve viditelné oblasti spektra - materiál tedy světélkuje. Čím déle 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".

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

KOnec

# Datování jednotlivých vývrátů v NPR Razula

Randomizovaný výběr vývrátů pro datování na základě jejich vnějších vlastností



Datuji