

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Metody paleolitického výzkumu

Ondřej Mlejnek  
6.3.2013

# Fáze archeologického výzkumu

- 1.) Prospekce
- 2.) Exkavace
- 3.) Zpracování

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

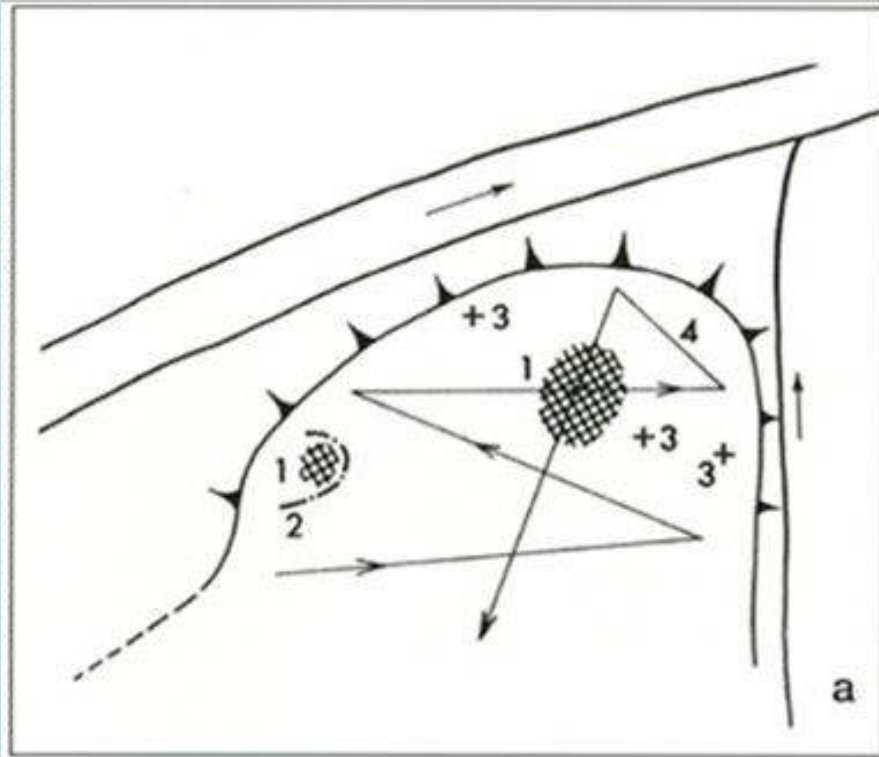
# Prospekční metody

- Povrchový sběr
- Užití pedologické tyče
- Sondáže
- Archeologický dohled u stavebních prací
- Studium sprašových profilů

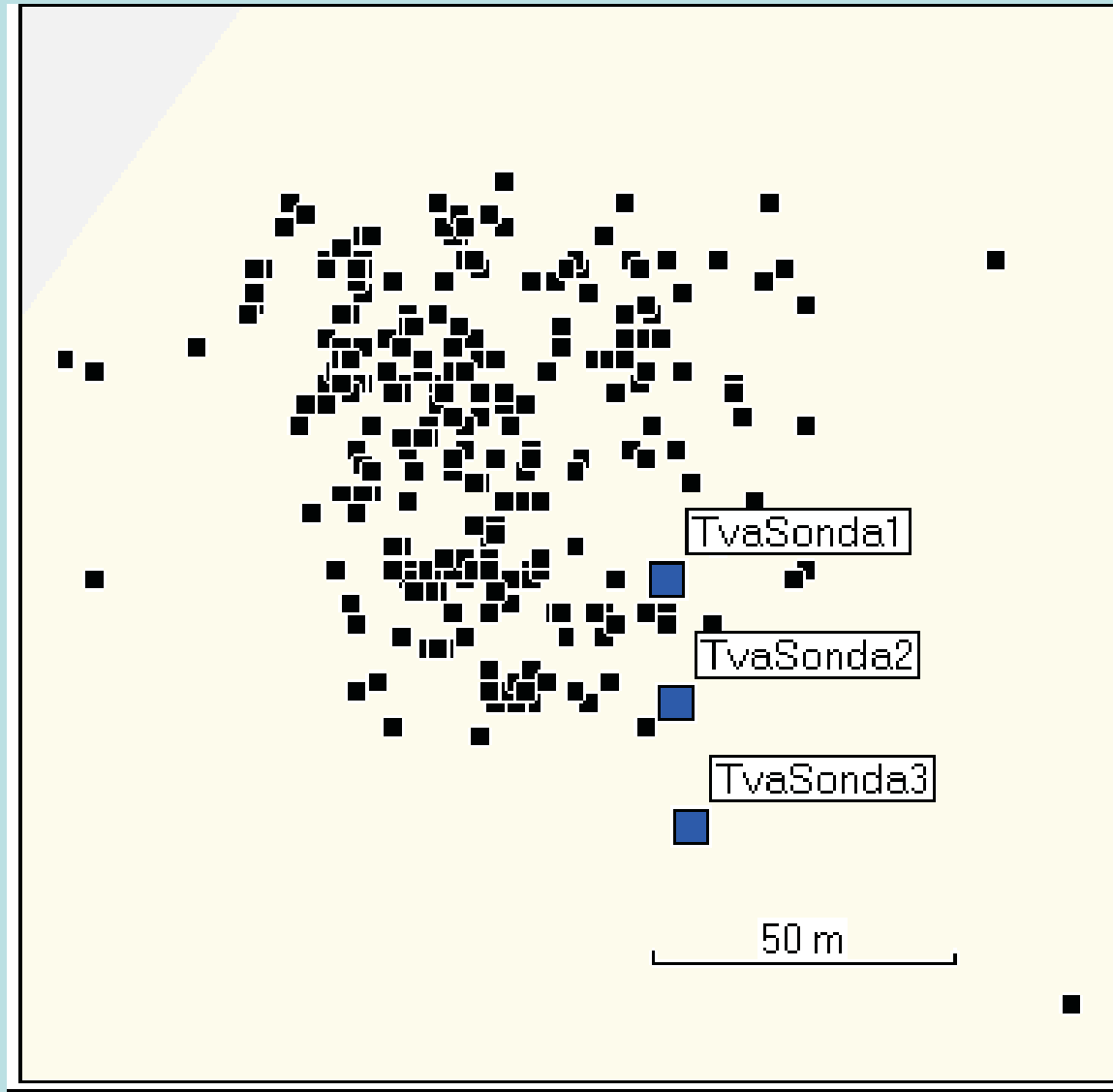
# Povrchový sběr

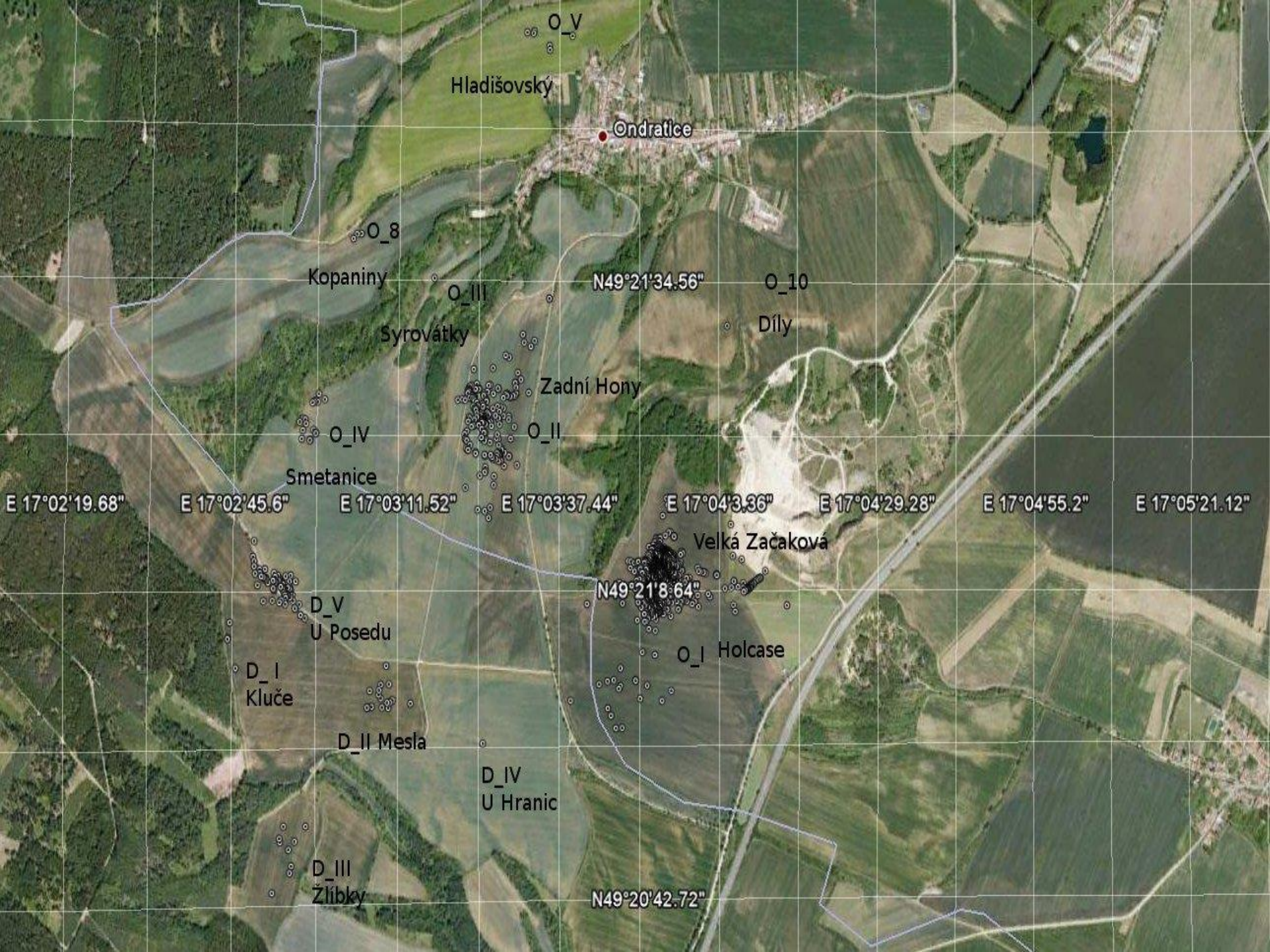
- - základní metoda paleolitické prospekce
- - omezen jen na přístupné plochy (zoraná pole)
- - existuje metodologie sběrů (M. Kuna, D. Kolbinger)
- - využití závěru krajinné archeologie (M. Gojda)
- - sídelní archeologie (Svoboda, Škrdla, Mlejnek)
- - definování krajinných typů (Svoboda, A-D)
- - využití moderních GIS (Surfer, Grass, QGIS, Google Earth, MapSource...)
- - vytváření predikčních modelů
- - objevování nových lokalit na tomto základě

# Povrchové sběry



# Povrchový sběr





# Sondáže

- - vrty pedologickou sondážní tyčí
- - sondy rýčem
- - sondy pomocí těžké techniky
  
- jedná se o destruktivní výzkum – jen oprávněné organizace v odůvodněných případech





LC02

LC01

LC03

Palava

# Sondáž těžkou technikou





# Archeologický dohled

- běžně u postpaleolitu
- u paleolitu vzácně
- spíše u známých lokalit
- obvykle dohled jen po hranici spraše
- perspektivní do budoucna
- viz památková péče, metodika ve vývoji





# Studium sprašových profilů

- souvisí s archeologickým dohledem
- studium stratigrafie
- hl. cihelny a pískovny
- Dolní Věstonice (Kalendář věků), Červený kopec, Dědice atd.



# Exkavace



# Před výzkumem

- - před započítím výzkumu zajistit technické zajištění (souhlas nájemce, souhlas majitele pozemku, voda na plavení sedimentu, ubytování brigádníků, transport, pitná voda, jídlo, WC, nástroje – lopaty, rýče, kbelíky, síta, špachtle, štětce, technika – totální stanice, počítač, tiskárna, fotoaparát, připravené formuláře nebo čárové kódy, jiné vybavení – sáčky, papíry, samolepky, fixy, HCl ...)
- - finanční zajištění výzkumu (grant, investor, finanční prostředky instituce, sponzoři)
- - připravit metodologii výzkumu (viz Dibble, Marean, McPherron)



# Zázemí výzkumu



# Zázemí výzkumu



# Metodika výzkumu

- Skrývka ornice rýči a lopatami
- Výzkum v sektorech 0,5 x 0,5 m, vrstvy špachtlovány po cca 4 cm (asi 1 kbelík – 10 l)
- Zaměřování všech kbelíků, větších artefaktů (nad 2 cm), kousků barviva, kostí a uhlíků pomocí totální stanice, čepele zaměřovány dvěma body
- Systém náhodně vybírá kbelíky, ze kterých se odebírá sediment na vzorky
- Zaměření stratigrafických hranic pomocí totální stanice
- Odebírání vzorků na datování a na přírodovědné analýzy (viz později)

# Metodika výzkumu

- Ke každému zaměřenému předmětu byl přidělen štítek s čárovým kódem a náhodnou kombinací 5 písmen (vygeneroval počítač) – viz [www.oldstoneage.com](http://www.oldstoneage.com)
- V čárovém kódu zakódovány všechny potřebné informace (druh předmětu, geologická a kulturní vrstva, 3D zaměření, datum)
- Fotografická dokumentace výzkumu, koncentrací nálezů a průběhu vrstev
- Všechny kbelíky prosívány na sucho a následně plaveny na sítích 3x3 mm pro EUP. 2x2 mm pro MUP a LUP
- Preparace vrstev pomocí špachtlí, nožů a štětců
- Zvláštní pravidla pro výzkum v jeskyni

# Metodika výzkumu

- V případě absence totální stanice lze použít i nivelační přístroj a souřadnice na osách x a y měřit metrem od jednoho zaměřeného bodu.
- Podobně lze při absenci nivelačního přístroje odečítat s pomocí olovničky, provázku a metru i relativní výšku.
- Při absenci čtečky čárových kódů lze použít formulářovou metodu. V případě, kdy jsme všechny formuláře vyplňovali podvojně, bylo méně chyb než při použití metody čárových kódů.
- Je nutné předem připravit formuláře pro každý typ nálezů a odebíraných vzorků.













Lišen Podoli 2010



M12-61

Square-ID: M11-29

Lišen-Podoli

(August 2010)

Lithic:

- Analyzed     Scanned     Burnt (do NOT scan)  
 Not washed in HCl     In Refit

Raw Material:

- SS     KL     SS/KL     Spongolite  
 Radiolarite     Other

Request Illustration







Želeč 2012 SONDA 12a  
0 10

A photograph of a soil profile, likely from a field or laboratory setting. A vertical measuring rod is placed against the soil face. The soil is light brown and shows distinct horizontal layering. The top layer is a thin, dark brown layer. Below it is a thicker, light brown layer. At the bottom, there is a thin, dark brown layer. The soil surface is uneven, with some small plants and debris. In the background, there are blue plastic containers and green grass. The text labels are in black and point to the different layers.

střední vrstva  
mezivrstva  
spodní vrstva



Vrstva B  
spraš

Vrstva C  
tmavě hnědá půda

Vrstva D  
okrová půda

Vrstva E  
miocénní písek

30cm

20cm

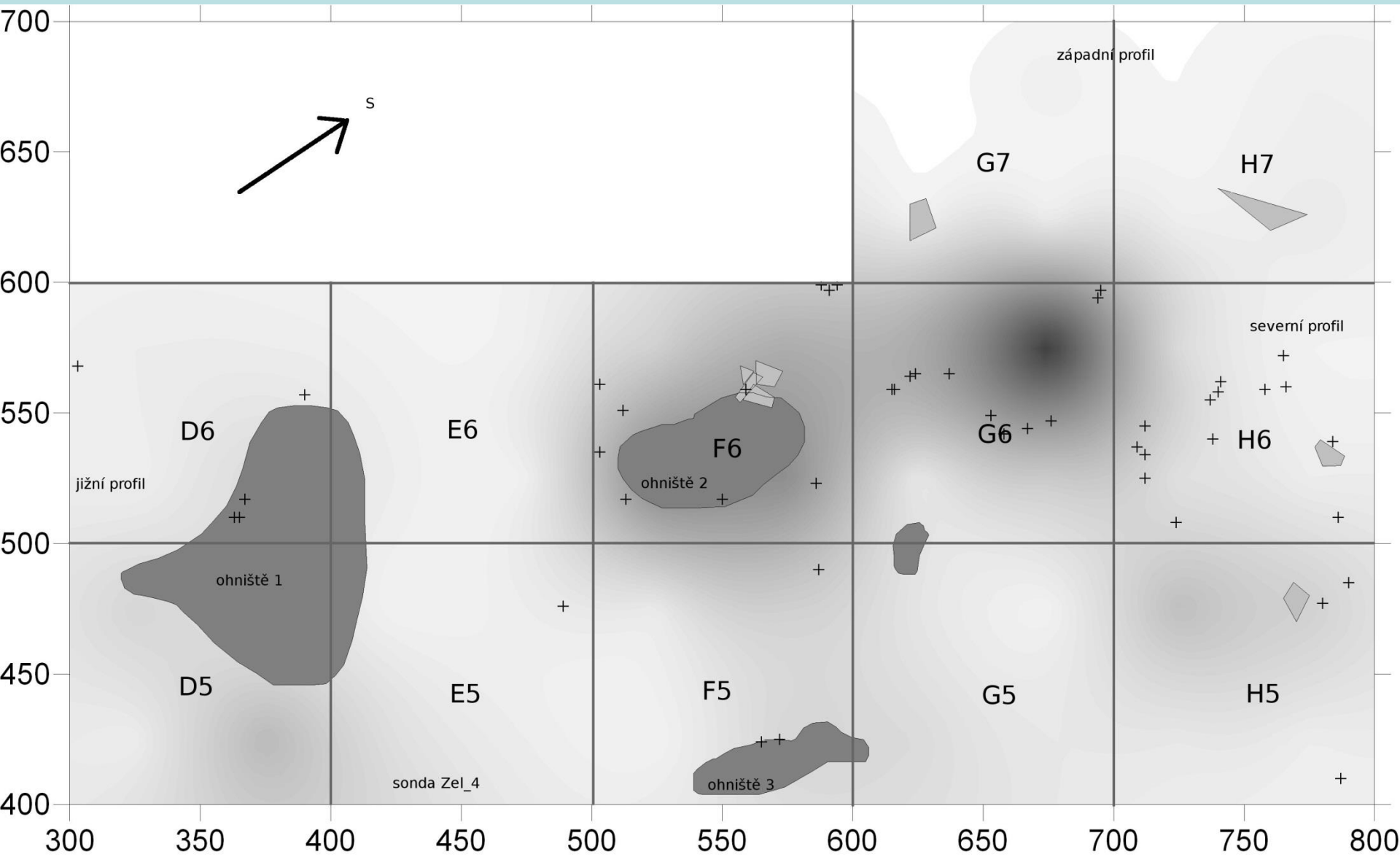
10cm

0cm



# Zpracování výzkumu

- - analýza štípané industrie (suroviny- A. Přichystal, technologie – P. Škrdla, typologie – M. Oliva, traseologie – S. Krásná, A. Dušková)
- - prostorové analýzy (horizontální a vertikální distribuce, skládačky – *refits*)
- - laboratorní přírodovědné analýzy – určení kostí zvířat, případně lidí (paleoantropologie), zooarcheologie (M. Rašková, G. Dreslerová). mikrofauna, malakofauna, paleobotanika, palynologie, mikromorfologie, datování

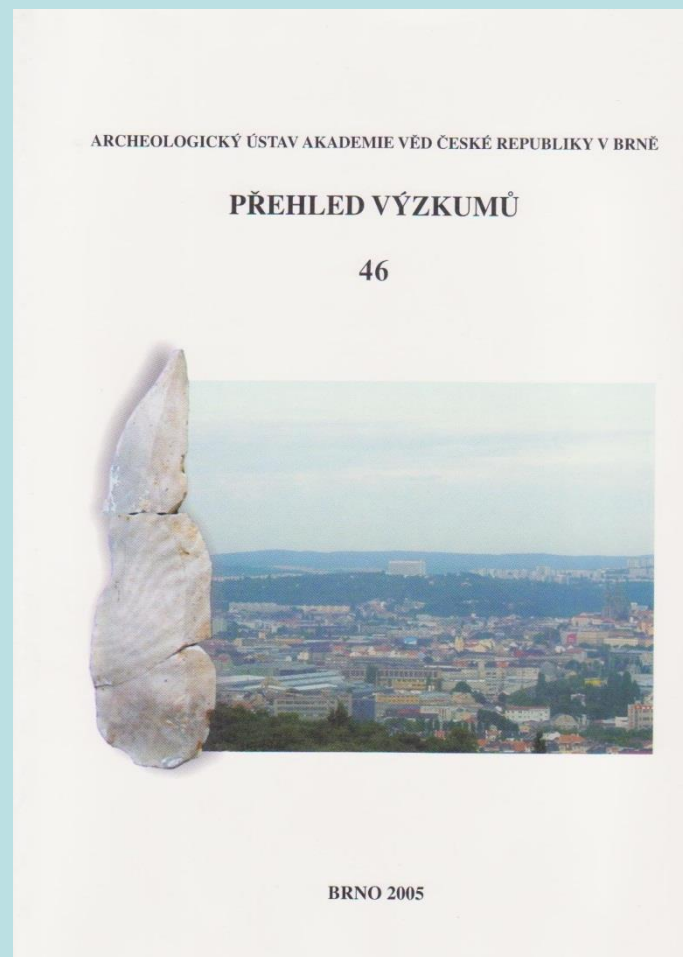
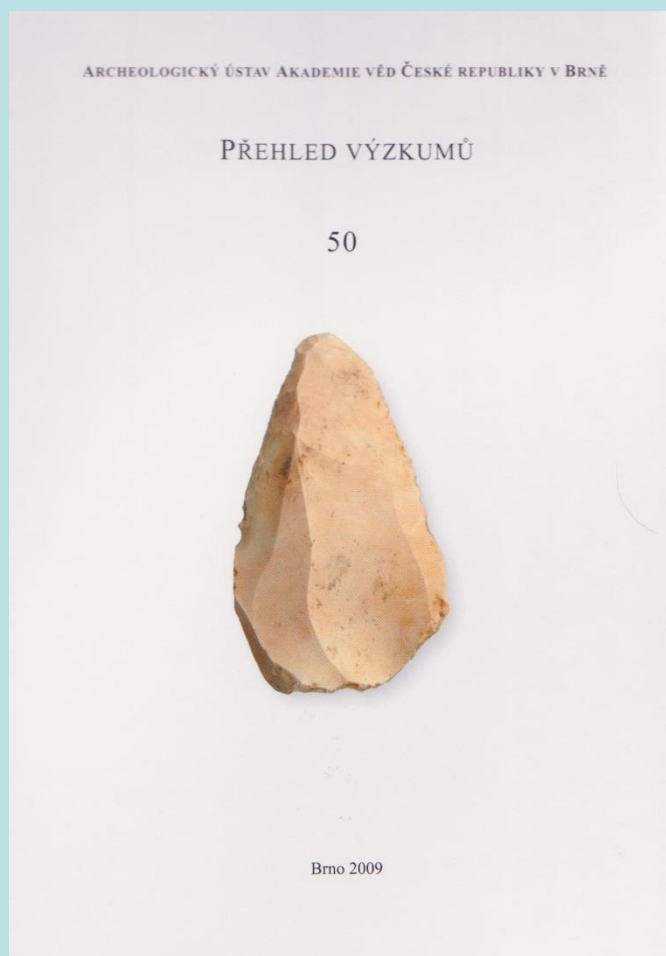




# Publikace výsledků

- nálezová zpráva (uloženo na AÚ AV ČR)
- předběžná stručná zpráva o výzkumu (Přehled výzkumů)
- článek o předběžném zpracování části výzkumu (odborná periodika – AMM, PV, AR, PA, Anthropologie, IANSA)
- souhrnné zpracování výzkumu – studie v odborném periodiku (JAS, JHE, PNAS, Nature, Science), příp. monografie

# Publikace výsledků



# Přírodovědné metody v pleistocénní archeologii

- **Datovací metody** (archeologické, geologické, fyzikálně-chemické, chemické)
- **Paleobotanika** (palynologie, analýza makrozbytků, antrakologie, analýza fytolitů)
- **Paleontologie** (makrofauna, mikrofauna, malakozoologie, studování sezonality, analýza stopových prvků v kostech)
- **Antropologie** (fyzická, kulturní, etnologie)
- **Geologie** (mikromorfologie, chemické analýzy půdy, stratigrafické metody)

# Datovací metody

- **Archeologické** (typologie, technologie)
- **Geologické** (stratigrafie, terasové systémy, paleontologie, paleobotanika, teplotní křivky, varvy, paleomagnetika)
- **Fyzikálně-chemické** (radiometrické, na základě poškození zářením, na základě poměru izotopů kyslíku)
- **Chemické** (racemizace, obsah prvků v kostech, hydratace obsidiánu)

# Stratigrafie

- 1699 Niels Stensen – zákon o ukládání
- Studium vrstev - čím níže, tím starší a naopak – stratigrafické systémy na základě sprašových profilů
- Pokusy o korelaci sprašových profilů (systém pedokomplexů)
- Paleopedologie a mikromorfologie – studium fosilních půd
- Systémy říčních teras – čím vyšší, tím starší
- Systémy mořských teras (eustatické kolísání hladiny)
- Varvy – vrstvičky v jezerních sedimentech, podobně solná chronologie

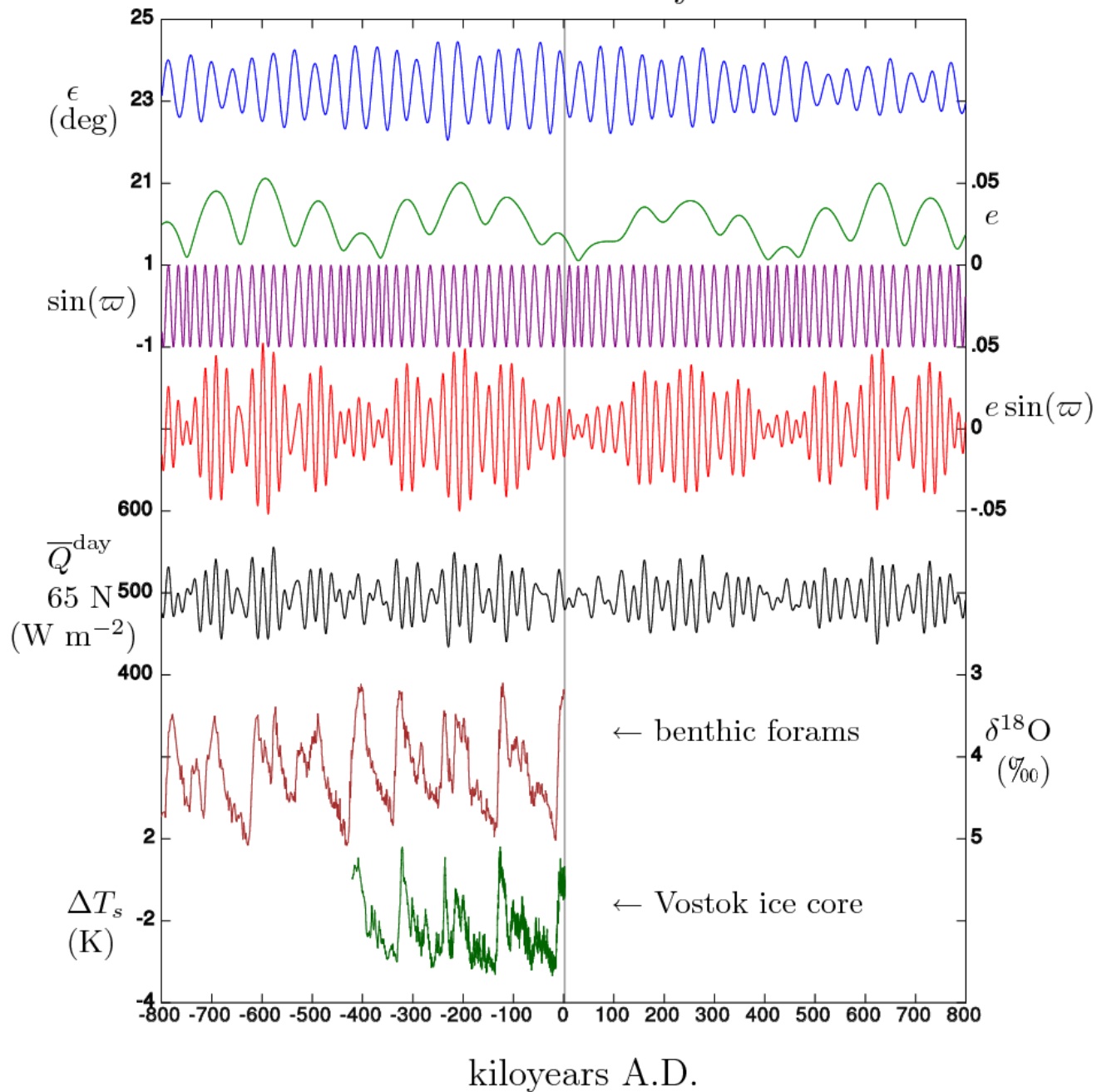




# Teplotní křivky

- Teplotní křivky sestavené podle množství slunečního svitu
- **Milankovičova teplotní křivka (1920)** – astronomicky vypočítaná křivka klimatických cyklů
- **Woerkomova teplotní křivka (1953)** – zdokonalení astronomických výpočtů
- **Emilianiho teplotní křivka (1966)** – teplotní křivka sestavená na základě sedimentů z Karibského moře podle poměru izotopů kyslíku u dírkovců

# Milankovitch Cycles



# Paleomagnetika

- Přepólování magnetických pólů před 780 tisíci lety (Brunhes x Matuyama), kratší epizody přepólování i jindy (Jaramillo, Olduvay)
- Drobné odchylky magnetických pólu v čase je možné studovat v sedimentech na orientaci hematitových a magnetitových částic (paleomagnetické datování)

# Radiometrické datování – $^{14}\text{C}$ & AMS

AMS - Accelerator mass spectrometry – měří se poměr  $^{14}\text{C}$  a  $^{12}\text{C}$  a stanovuje se stáří v radiokarbonových letech (BP), tj. vztažené k roku 1950 AD (nebo 2000 AD)

Poločas rozpadu izotopu  $^{14}\text{C}$  je 5730 let, závisí ale na obsahu plynů v atmosféře, variacích geomagnetického pole atd., proto se kalibruje (vrtná jádra z ledovců, hlubokomořských a jezerních sedimentů)

Vzorky – uhlíky po spáleném dřevu, dřevo, spálené kosti, kostní kolagen, tj. jakékoli zdroje uhlíku

Odběr vzorků – zamezit kontaminaci recentním uhlíkem, odběr pomocí čistého nástroje, do alobalu, vysušit

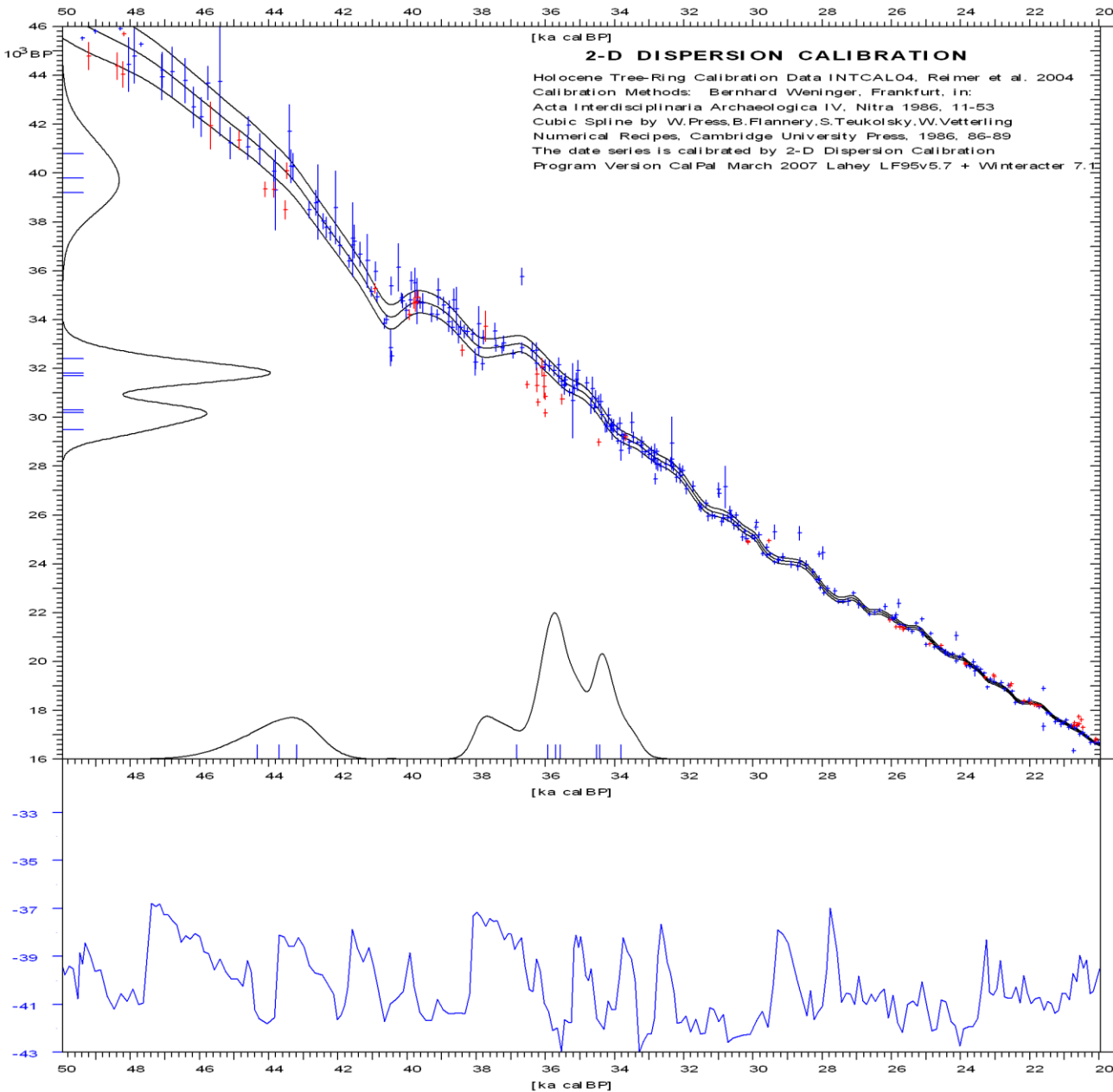
Filtrace, ultrafiltrace vzorků (ABOX – Oxford)

Datace  $^{14}\text{C}$  (konvenční): je třeba 3-5 g čistého uhlíku; naproti tomu pro AMS stačí mikrogramy

Limit metody dnes udáván 50-60 000 let, po roce 30 000 již ale není zcela spolehlivá, problematika radiokarbonových plateau

Výsledek je v radiokarbonových rocích, BP nebo BC; BP dříve konvenčně stanoveno od roku 1950, dnes 2000 (b2k)

Potřeba kalibrace dat: Kalibrační programy (CaPal, OxCal), kalibrační sety (INTCAL09, HULU), výsledky cal BP

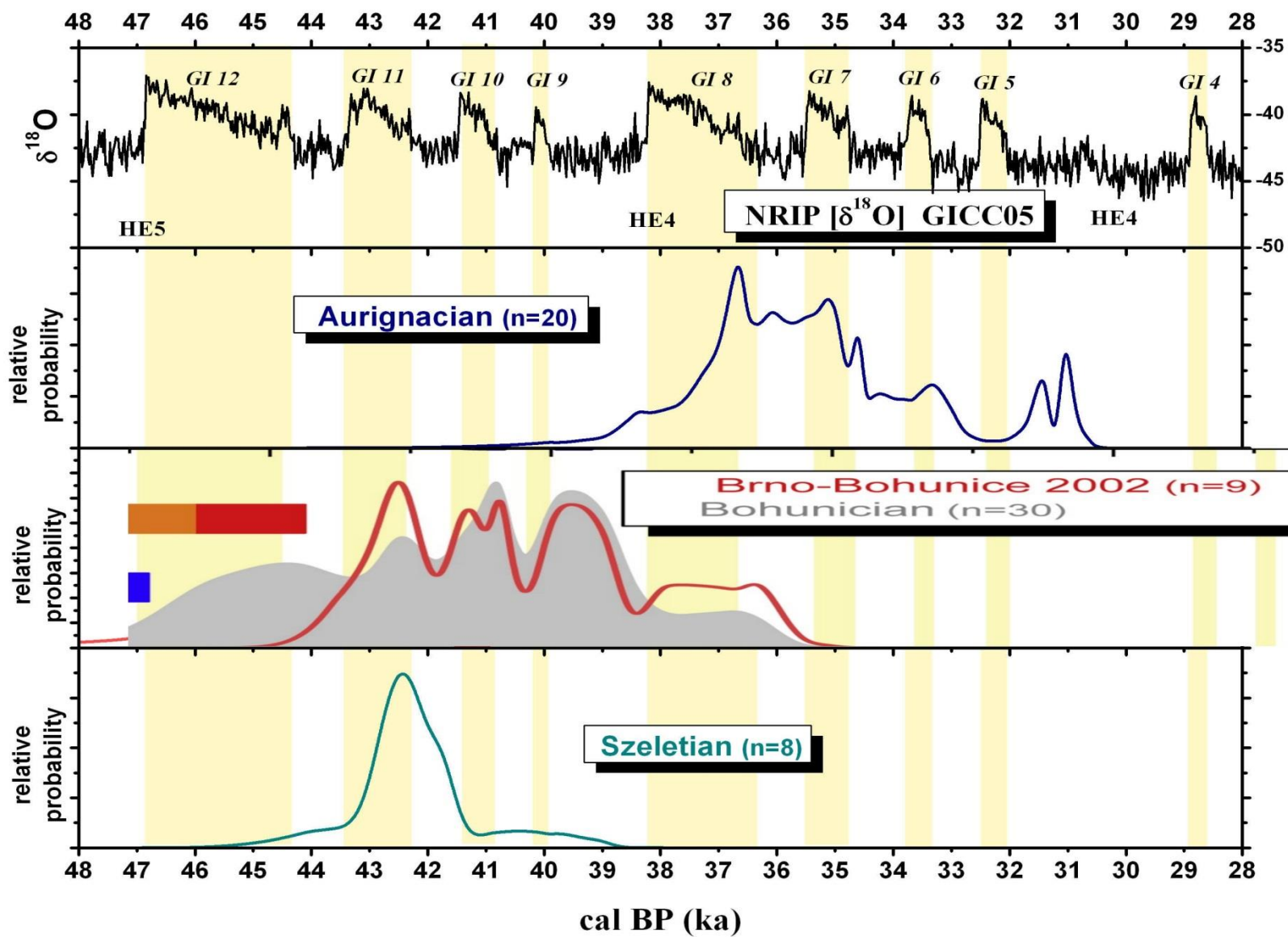


**2-D DISPERSION CALIBRATION**  
 Holocene Tree-Ring Calibration Data INTCAL04, Reimer et al. 2004  
 Calibration Methods: Bernhard Weninger, Frankfurt, in:  
 Acta Interdisciplinaria Archaeologica IV, Nitra 1986, 11-53  
 Cubic Spline by W.Press,B.Flannery,S.Teukolsky,W.Vetterling  
 Numerical Recipes, Cambridge University Press, 1986, 86-89  
 The date series is calibrated by 2-D Dispersion Calibration  
 Program Version CalPal March 2007 Lahey LF95v5.7 + Winteracter 7.

**DATE LIST**

Lab.Number	Date(BP)STD	cal BP
Poz-51808	40800± 1200	44330± 1010
Poz-51809	31800± 500	35930± 760
Poz-51811	32400± 500	36830± 940
Poz-51812	31700± 400	35580± 460
Poz-51813	30200± 400	34430± 310
Poz-51814	30300± 400	34520± 320
Poz-51815	39200± 1000	43200± 730
Poz-33108	39800± 1400	43710± 1040
Poz-37347	31800± 400	35710± 490
Poz-45555	29500± 400	33810± 390

d18O MEASUREMENTS  
 Core: GISP2 Hulu age model  
 Tuned to Hulu Truncated at 75 ka  
 Grootes et al. 1993  
 Stuiver et al. 1993  
 Meese et al. 1994  
 Sowers et al. 1993  
 File <GISP2.18O>



# Ostatní radiometrické metody

- Kalcium  $^{41}\text{Ca}$  – pouze metoda AMS, poločas 130,000 let, až do 1 mil, méně přesné, např. u kostí
- Berilium  $^{10}\text{Be}$  – AMS, poločas rozpadu 1,500,000 let, až do 15 mil, sedimenty a led, nepřesné
- Využití radioaktivní nerovnováhy – rozpadové řady – např. Uran-thorium, Draslík(potaš)-argon, fluor - fosfor atd. – např. na datování sopečných sedimentů, datování sintrů atd. Až do 10 mil let



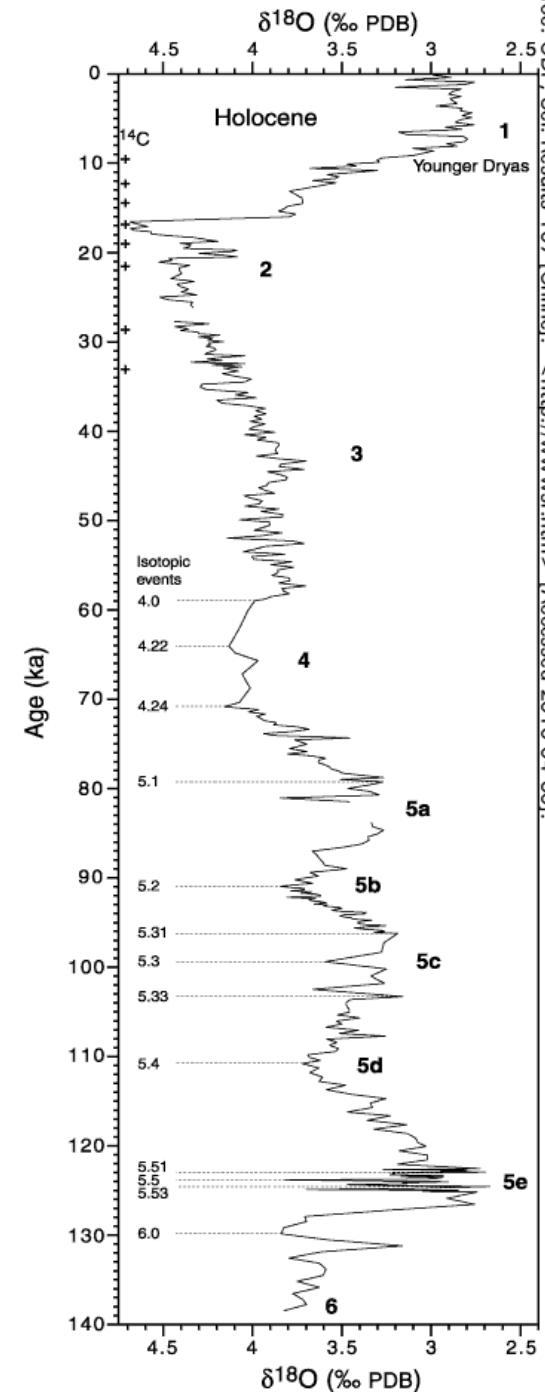
# ESR, OSL, TL

- **ESL** - Electron Spin Resonance - měří se množství uranu, který se akumuluje po uložení zubu v sedimentu
- **OSL** - Optically stimulated luminescence - měří se dávka vyzářeného záření, po zakrytí před sluncem se v krystalické strukture křemene zachycují elektrony, po osvětlení se elektrony uvolní a změří se signál, Může být ovlivněna redepozicí sedimentů, což částečně eliminuje metoda „single grain“, odběr za tmy do kovových trubek.
- **TL** - spálené artefakty ( $\text{SiO}_2$ ), zahřejeme a měříme emisi záření, stejný princip jako u OSL, je třeba vyříznout krychli o hraně 0,5 cm, nutné znát radioaktivitu pozadí a vlhkost sedimentu



# $\Delta^{18}\text{O}$ stage

- poměr  $^{18}\text{O}$  a  $^{16}\text{O}$  v atmosféře kolísá vlivem teploty
- OIS stupně – oxygen isotopic stage – na základě vzorků z grónského ledovce
- MIS stupně – marine isotopic stage - na základě sedimentů z hlubokomořských vrtů





# Chemické datovací metody

- Méně přesné - příliš se nepoužívají – je třeba kalibrovat
- Racemizace aminokyselin (hl. kyseliny asparagové), poměr D a L izomerů určuje stáří vzorků (změny v asymetrických osách molekul), až do 100,000 let, určováno chromatograficky
- Na základě obsahu fluoru, uranu a dusíku – nepřesné, dusík nahrazuje kolagen, až od 100.000 let
- Hydratace obsidiánu – měří se tloušťka perlitové vrstvy na obsidiánu, až do 800.000 let

# Paleobotanika

- **Palynologie:** studuje množství pylových zrněk jednotlivých druhů v sedimentu, sestavuje pylová spektra, důležitá je interpretace, pyly ukazují na regionální vegetaci (V. Jankovská)
- Nejvíce pylů je v rašelině, naopak ve spraši se pyly dochovávají málo
- Pro mladý pleistocén pylové diagramy např. z Bulhar, Jablůnky, Šafárky, nebo Prahy - Podbaby



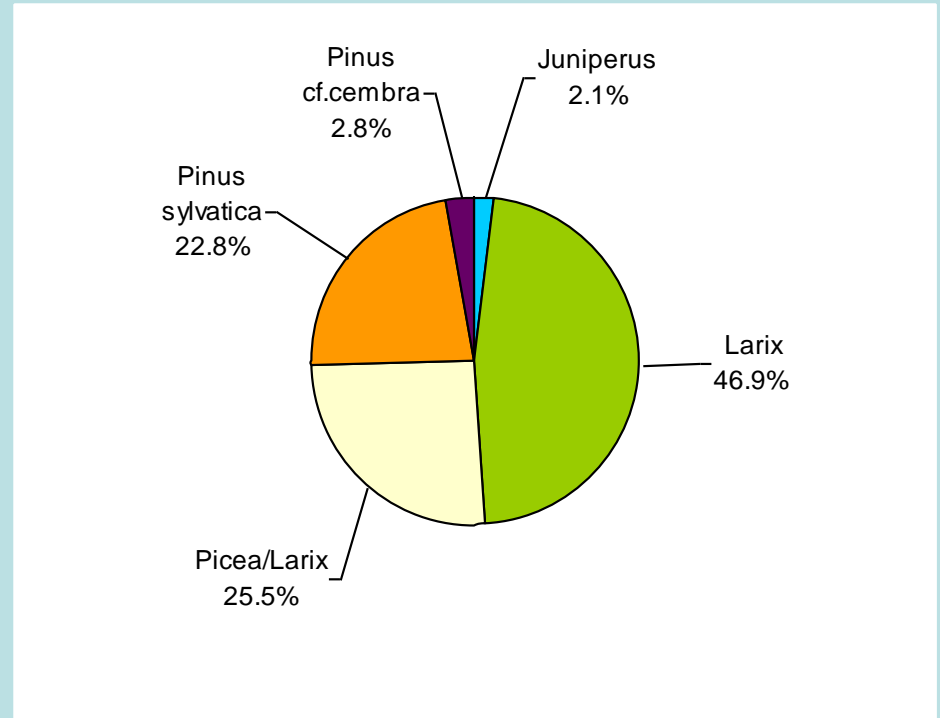
# Paleobotanika

- **Analýza makrozbytků:** pozůstatky semen, skořápek oříšků. Rostlinných vláken..., nutné proplavování sedimentu na jemných sítích
- **Antrakologie:** určování druhů dřevin na základě uhlíků např. z ohnišť, určíme tak dřeviny rostoucí v blízkém okolí (J. Novák)
- **Analýza fytolitů:** fytolity – anorganické částičky z těl rostlin, podle některých z nich lze určit i druh rostliny (L. Petr)



# Analýza uhlíků z Želče

- Želeč – lokalita z počátku mladého paleolitu, výzkum v roce 2010, ohniště
- Výsledky: modřín, borovice lesní, snad smrk, borovice limba, jalovec, vrba
- Interpretace: lesostep až lesotundra s ostrůvky modřínových lesů v chráněných místech





# Paleontologie

- **Makrofauna** – určení přítomných druhů a kostí, MNI, patologie, tafonomie, interpretace (M. Nývltová Fišáková, R. Musil)
- **Mikrofauna** – hlodavci, obojživelníci, plazi, možnost datování vrstvy (biostratigrafie), nutné používat jemná síta – např. jeskyně (M. Ivanov)
- **Malakozoologie** – určuje schránky měkkýšů (šnekologie) – měkkýši jsou dobrými indikátory mikroklimatu (V. Ložek, Š. Hladilová)

# Analýzy poměrů stabilních izotopů

- **Izotopy stroncia**

- Izotopy stroncia se dostávají do biosféry a do potravního řetězce zvětráváním podložních (krystalických a vyvřelých) hornin. Z vody jsou izotopy transportovány kořenovým systémem do listů rostlin a následně do krevního systému býložravců a následně masožravců. Sr v kostech se váže na  $\text{PO}_4^-$  místo vápníku ( $\text{Ca}^{2+}$ ).
- Poměr  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  závisí na geologickém podloží. Podle izotopového složení v kostech sledovaných zvířat a lidí lze rekonstruovat migraci daného zvířete či člověka během jeho života.
- Z poměru Zn a Sr lze zjistit výživu zvířete či člověka. Více stroncia a méně zinku je u býložravců. U masožravců je poměr obrácený.

- **Izotopy kyslíku**

- Poměr izotopů kyslíku  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  vypovídá o klimatu během života zvířete a vodě kterou dané zvíře či člověk pil. Izotop  $^{18}\text{O}$  se velmi snadno váže do fosforečnanu vápenatého (tvořícího kost) a do fluoroapatitu (tvoří sklovinu zubu). Podle izotopového složení lze zjistit nejen klima v době života zvířete či člověka, tak rovněž lze zjistit migrace v raném věku.

- **Izotopy dusíku**

- Podle poměru izotopů dusíku  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  lze říct zdali zvíře či člověk hladověl či ne.
- Nejvíce izotopu dusíku  $^{15}\text{N}$  má maso a nejméně obiloviny. Z rostlin mají největší obsah dusíku luštěniny.

- 

- **Izotopy uhlíku**

- Poměr izotopů uhlíku vypovídá o složení potravy. Rozlišuje tzv. C4 a C3 rostliny, tzn. rostliny, které zabudovávají během fotosyntézy izotopy uhlíku  $^{13}\text{C}$  a  $^{12}\text{C}$  v různém poměru do složitých cukrů. U C3 rostlin izotop uhlíku  $^{13}\text{C}$  tvoří  $-22$  až  $-30$  ‰, u C4 je  $-9$  ‰ až  $-16$  ‰. C3 rostliny jsou u nás rostoucí stromy, ovocné stromy či rýže, C4 rostliny jsou všechny obiloviny a traviny. Podle zjištěného izotopového poměru lze zjistit čím se daný jedinec (zvíře a člověk) živil.

- 

- **Izotopy síry**

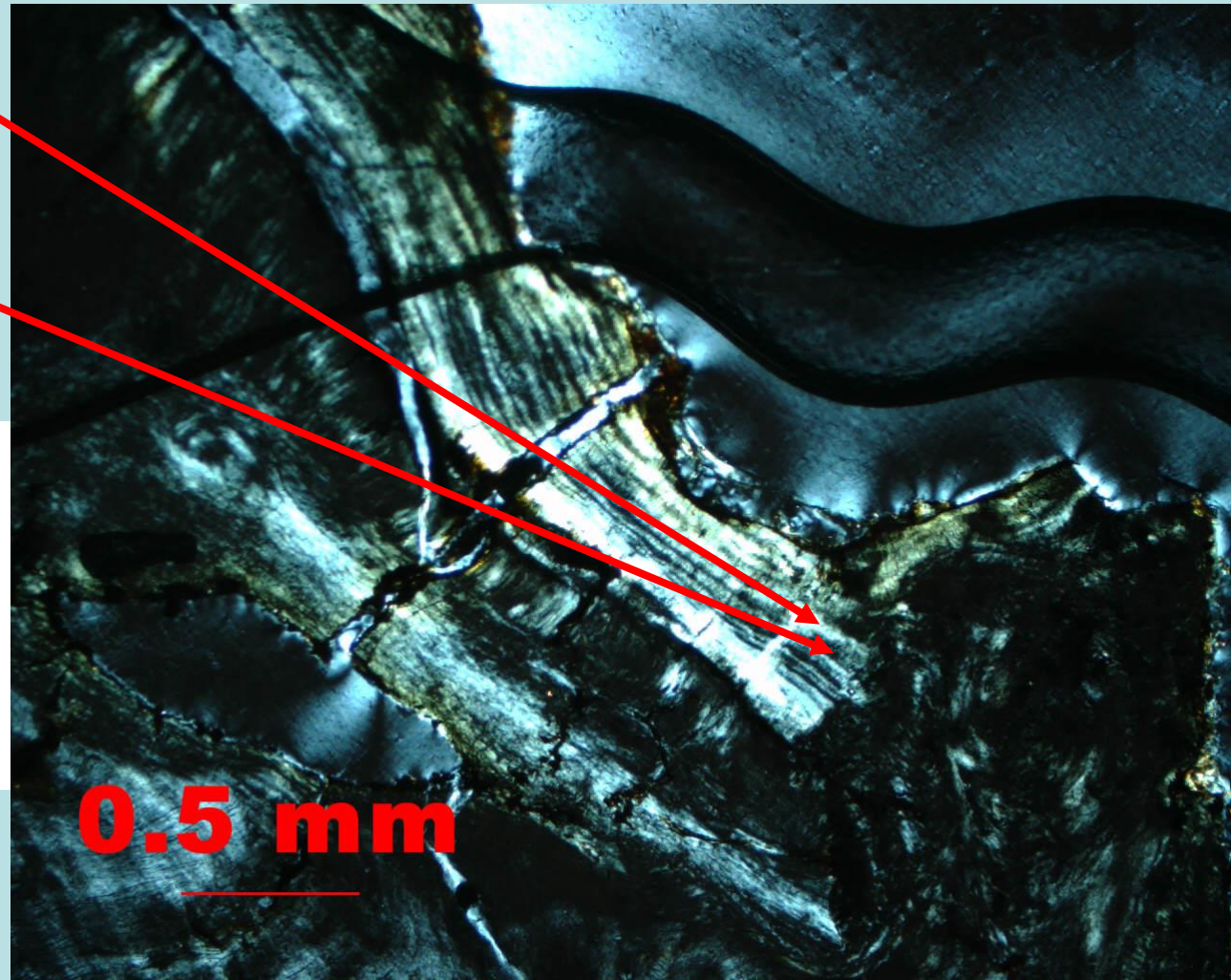
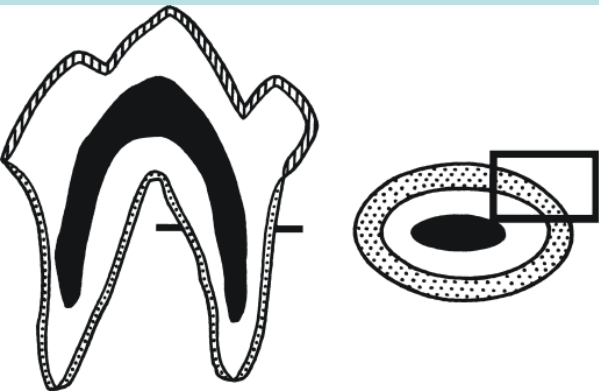
- Podle poměru izotopů  $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$  lze zjistit nejen výživu daného jedince ale i migraci. Specifický poměr těchto dvou izotopů je odrazem geologického podloží a mikrobiologické aktivity v půdě a vodě. Velký obsah  $^{34}\text{S}$  ukazuje na potravu bohatou na mořské živočichy.

# Studium sezonality na řezech zubů

- Studuje např. M. Nývltová Fišáková, v Lipsku i na zubech lidí – nestruktivní i nedestruktivní metody
- Kořeny zubů se nařežou na tenké plátky a ty se analyzují pod polarizačním mikroskopem, lze studovat i nedestruktivně
- Podobně jako u stromů jsou letokruhy, na kořenech zubů lze rozeznat letní a zimní přírůstek, zjistíme tak dobu smrti jedince

# Studium sezonality na řezech zubů

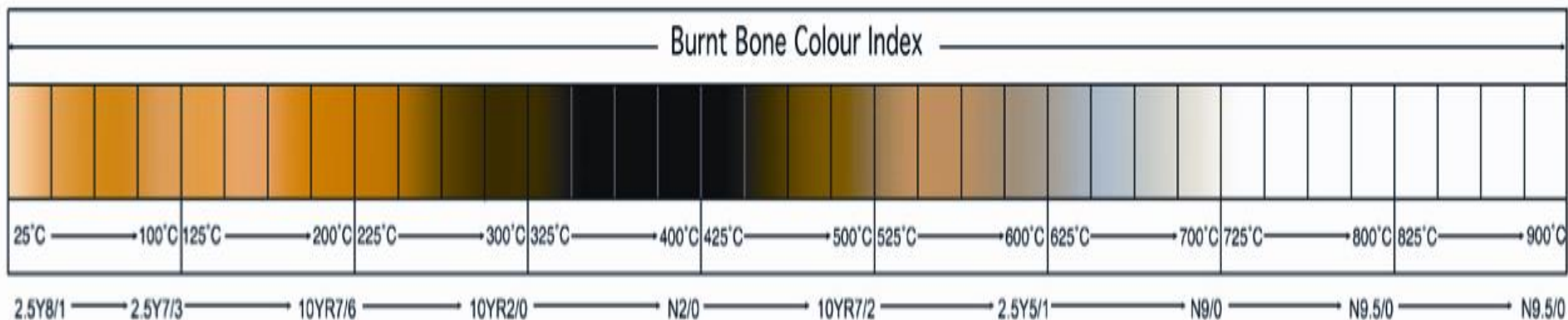
- Letní přírůstek
- Zimní přírůstek



**0.5 mm**

# Další vybrané analýzy

- **Teplota spálení kostí** – podle barvy, IR spektroskopie, DTA křivek
- **Genetické analýzy** – příbuzenství, určení pohlaví, evoluce, domestikace, migrace...





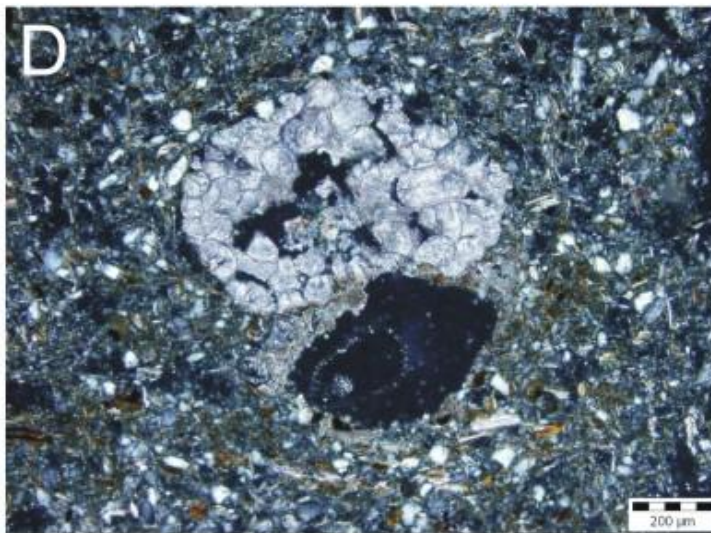
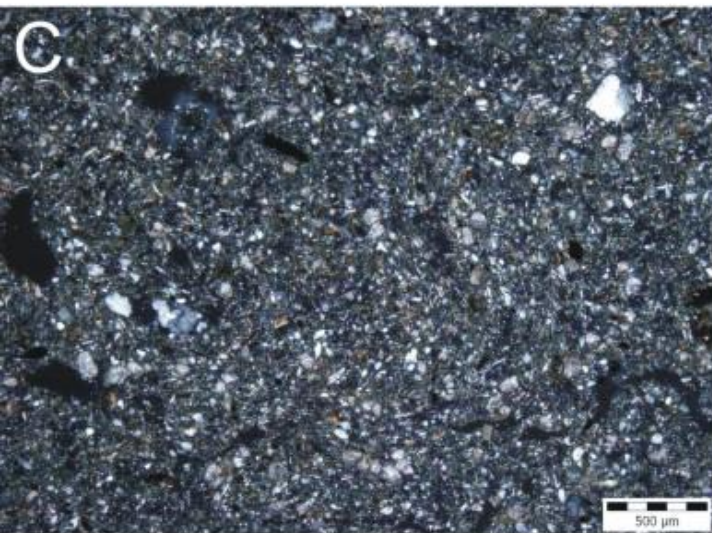
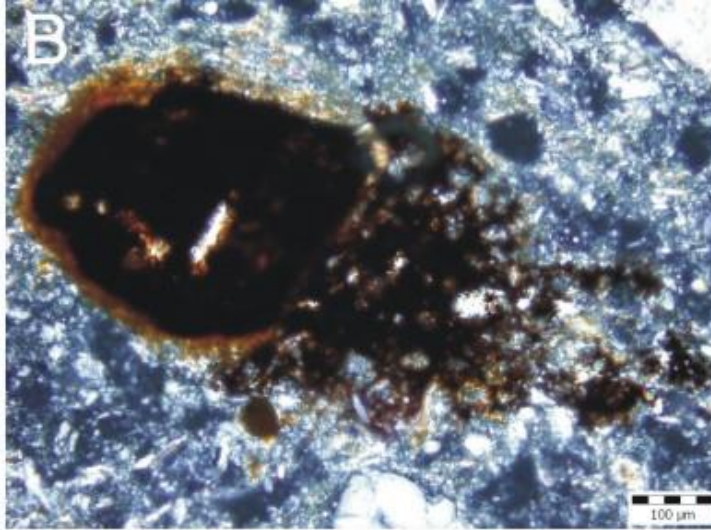
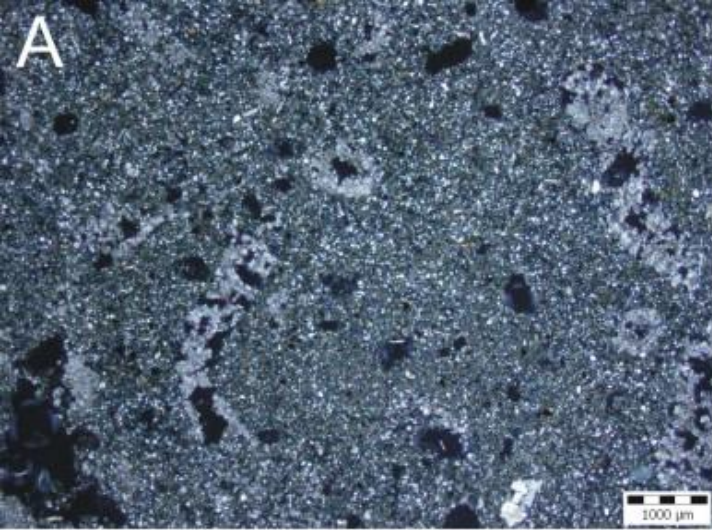
# Antropologie

- Fyzická antropologie – popis a analýza lidských pozůstatků – pohlaví, rasa, tafonomie ... (M. Králík)
- Kulturní antropologie – v anglosaském světě je archeologie součástí kulturní antropologie, trochu jiná teoretická východiska a metody (M. Wilding)
- Etnologie – etnografické analogie

# Geologie

- Makroskopické studium stratigrafie





- A - channel microstructure (TVA-2)
- B - redeposited and in situ pedofeature (TVA-3)
- C - bioturbation (TVA-1)
- D - two root channel infillings of different age (TVA-3)

# Literatura

- **Prospekce:**

- **Gojda, M. 2000:** *Archeologie krajiny. Vývoj archetypů kulturní krajiny.* Praha.
- **Kuna, M. 2000:** Surfaře artifact studies in the Czech Republic. In: J. L. Bintliff – M. Kuna – N. Venclová (eds.): *The future of surfaře artifact survey in Europe*, 29-44, Sheffield.

- **Exkavace:**

- **Aitken, M. J. 1998:** *An Introduction to Optical Dating*, Oxford.
- **Dibble, H. L. – Marean, C. W. – Pherron, S. P. 2007:** The Use of Barcodes in Excavation Projects. Examples from Mossel Bay (South Africa) and Roc de Marsal (France), *The SAA archaeological record*, 7/1, 33-38.
- **McPherron, S. P. – Dibble, H. L. 2002:** *Using Computers in Archaeology: A Practical Guide*, New York.
- **Škrdla, P. – Tostevin, G. – Nývlt, D. – Lisá, L. – Mlejnek, O. – Přichystal, A – Richter, D. 2009:** Tvarožná – Za školou. The Results of 2008 Excavation. *Přehled výzkumů* 50, 13-26.

- **Zpracování výzkumu:**

- **Neruda, P.-Nerodová, Z. (eds) 2009:** *Moravský Krumlov IV. Vícevrstevná lokalita ze středního a počátku mladého paleolitu na Moravě.* Brno.
- **Oliva, M. a kol. 2009:** *Sídliště mamutího lidu u Milovic pod Pálavou.* Brno.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Děkuji za pozornost

