



Analytická chemie a její aplikace (nejen) v archeologii

Lubomír Prokeš

Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání, PdF MU

Ústav fyzikální elektroniky, PŘF MU

Ústav chemie, PŘF MU

Chemie

Anorganická chemie

Organická chemie

Biochemie

Fyzikální chemie



Analytická chemie



Fyzika

Matematika

Analytické metody

„bulk“ analýza (průměrná složení)

vs

lokální analýza



mikroskopie

Destruktivní

Semidestruktivní

Nedestruktivní

Anorganická analýza

Organická analýza

Kvalitativní

Semikvantitativní

Kvantitativní

Atomová spektrometrie

Molekulová spektrometrie

Metody (= způsob práce) kvalitativní i kvantitativní analýzy lze rozdělit podle různých kritérií:

1. Podle způsobu práce se zkoumanou látkou (= vzorkem):

a) metody chemické – jsou založené na chemických reakcích zkoumané látky;

b) metody instrumentální – jsou založené na využití přístrojové a výpočetní techniky.

2. Podle hmotnosti zkoumané látky (= vzorku):

a) metody makroanalytické – hmotnost zkoumané látky je větší než 10^{-1} gramu, popř. více než 10 ml látky nebo jejího roztoku;

b) metody semimikroanalytické – hmotnost zkoumané látky je 10^{-1} až 10^{-2} gramu (100 – 10 mg), popř. 3 až 0,1 ml látky nebo jejího roztoku;

c) metody mikroanalytické – hmotnost zkoumané látky je 10^{-2} až 10^{-3} gramu (10 – 1 mg), popř. 0,1 až 0,01 ml látky nebo jejího roztoku.

Aplikace analytické chemie v archeologii

Terénní prospekce

Charakterizace dávných technologických postupů a výrob (metalurgie, výroba vápna, kolomazi, keramiky, apod.).

Odhad provenience některých typů artefaktů (obsidián, kovy, keramika, ...)

Sledování degradace archeologických nálezů (kovy, kosti, organické materiály) pro diagnostiku poškození a východisko pro návrh optimálního postupu konzervace.

Interpretace konkrétních archeologických nálezů či situací.

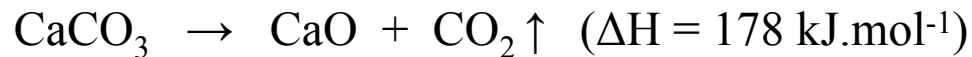
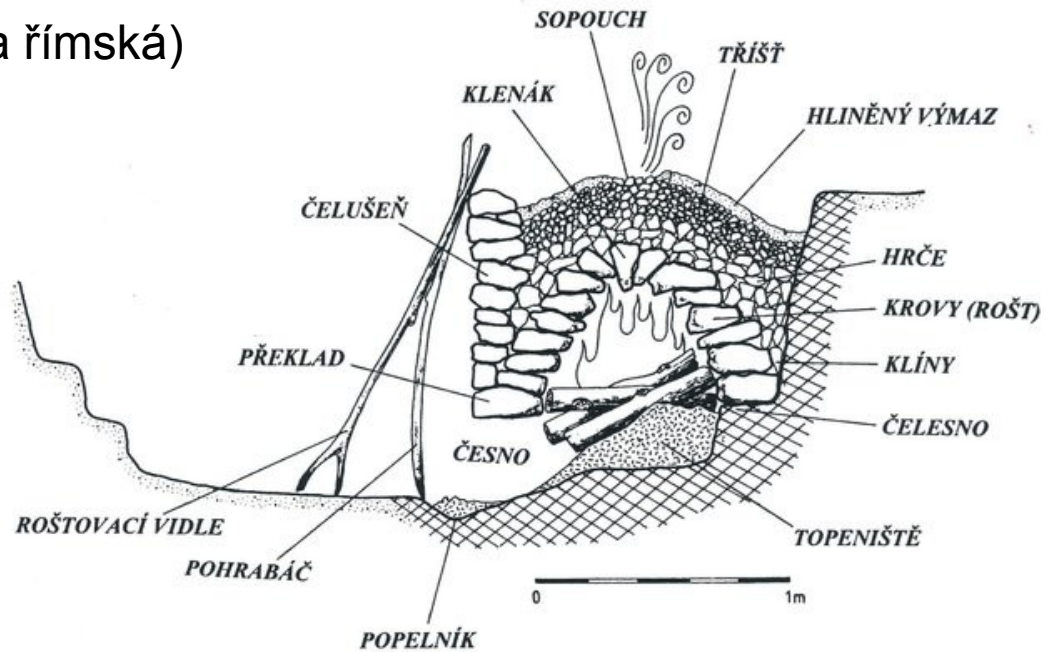
Studium výrobních technologií



Výroba vápna

Hrubá Vrbka ("Za Bařinou,,"), (doba římská)

Kanálová pec pracuje na principu žíhání vápence (CaCO_3) dlouhým plamenem (750 - 1000 C), který pozvolna prostupuje samonosnou kamennou klenbou, zbudovanou rovněž z vápence. Vysoká teplota způsobuje únik CO_2 za vzniku CaO . K výpalu jednokanálové pece o výrobním objemu cca 0,8 - 1,0 m³ vápence bylo spotřebováno cca 2 - 4 m³ dřeva.



Suroviny pro výrobu vápna

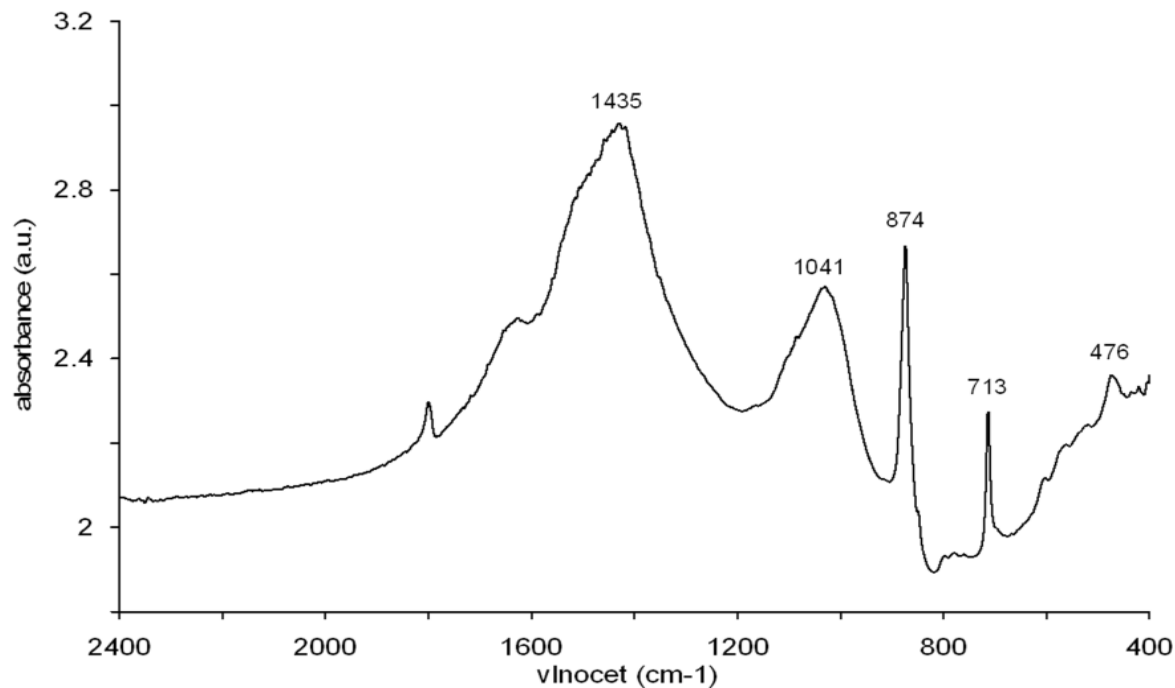
Vápenec je jemnozrnná až celistvá sedimentární hornina. V převážné míře (nad 80 %) je složena z uhličitanu vápenatého (CaCO_3) ať už ve formě kalcitu, nebo aragonitu. Jako příměsi se vyskytují dolomit, siderit, křemen, jílové minerály a úlomky zkamenělin. Vápence se používají se k výrobě páleného vápna, cementu, drceného kameniva i pro ušlechtilou kamenickou výrobu, v metalurgii, chemickém průmyslu, papírenství a v mnoha dalších oborech. Jemnozrnný vápenec se používá pro tiskovou techniku zvanou litografie.

Dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (uhličitan vápenato-hořečnatý), používá se na výrobu speciálních druhů cementu ve stavebnictví, ohnivzdorných materiálů a jako hnojivo.

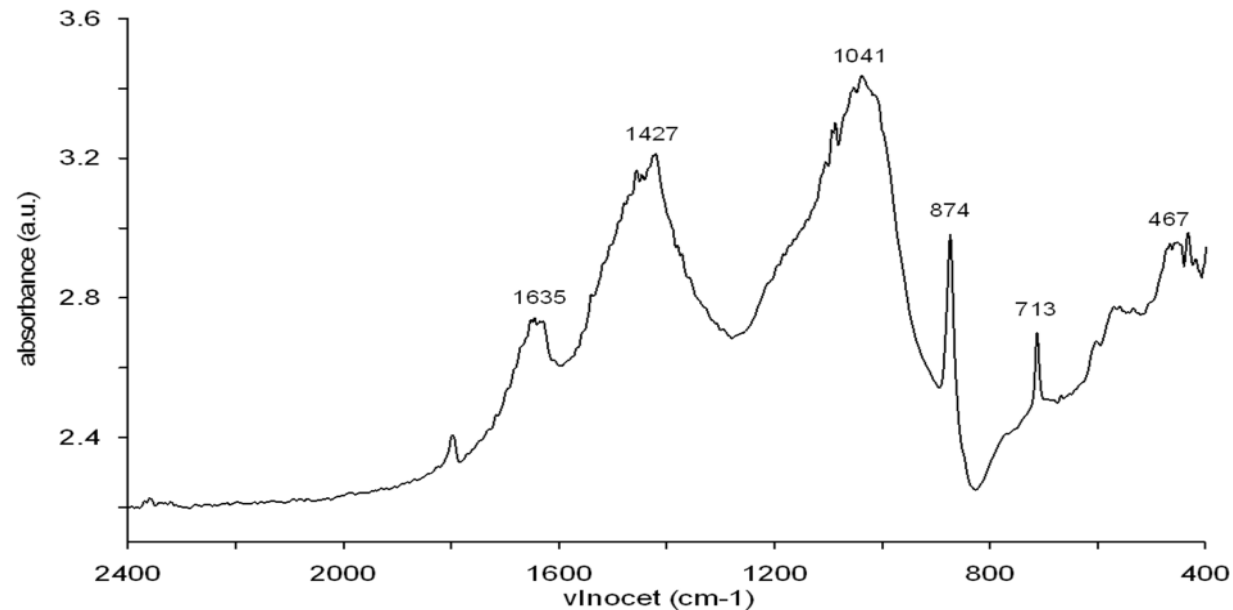


Hrubá Vrbka

(doba římská)

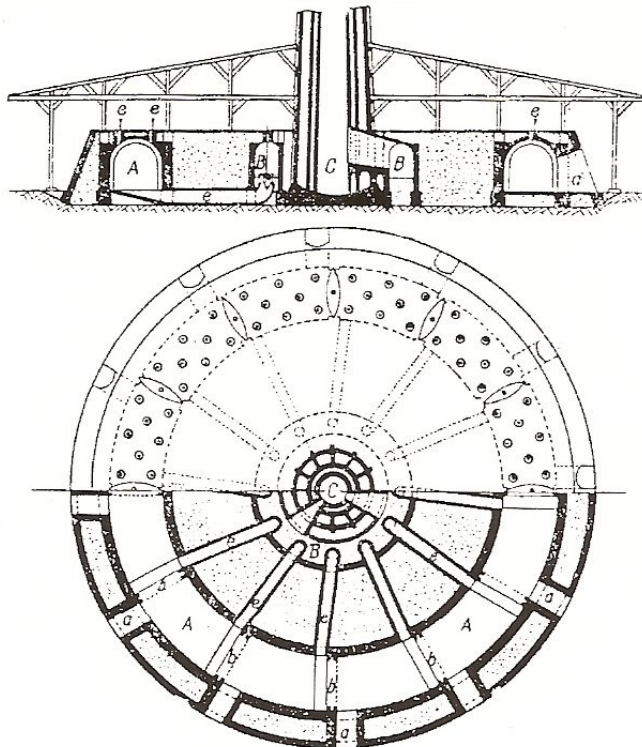


Pásky uhličitanu a křemičitanu indikují vysoký obsah křemene ve vzorku. Jde patrně o **výrobní odpad**.



Kruhová pec

Teplo z vypáleného vápna se využívalo k předehřátí spalovacího vzduchu a tepla zplodin hoření se využívalo k předehřátí vápence. Peciště tvořil souvislý kanál, který umožňoval stálý a nepřetržitý postup ohně. Zdivo pece mělo v určitých místech navážecí a vyvážecí otvory, které pec rozdělovaly na určitý počet komor. Každá komora měla otvor pro odvádění spalin z pece. Palivo se přikládalo otvory v klenbě tzv. sypáky, které se uzavíraly litinovými poklopy. Pod sypáky se z vápence skládaly topné šachtice, ve kterých se přikládané palivo spalovalo. Jako palivo se používal uhelný prach.



←
Obr. 1. Původní Hoffmannova kruhovka: *a* – dveře kruhového peciště, *A* – kruhové peciště, *b* – přepážky, *B* – sběrač kouře, *C* – komín, *e* – podzemní odtah do sběrače kouře, *f* – sypáky paliva.

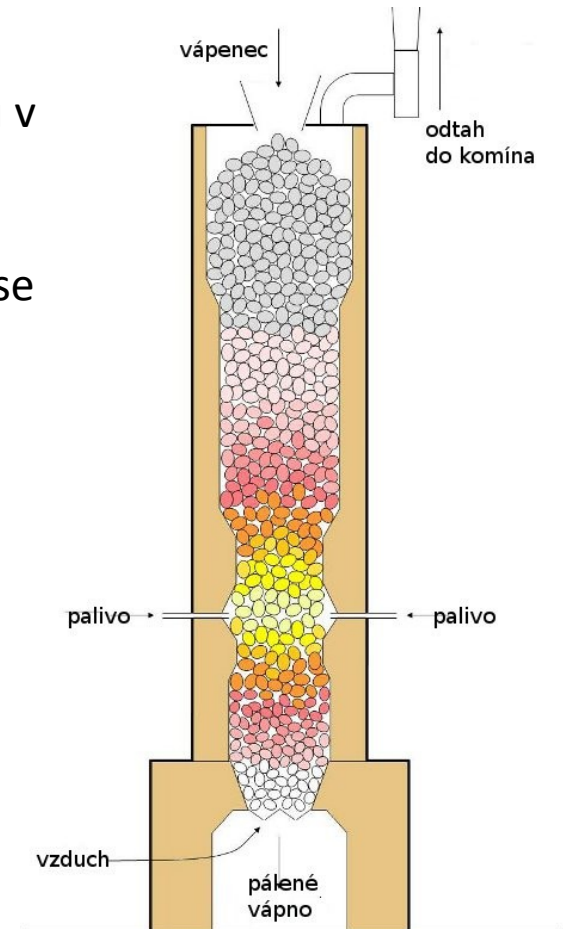
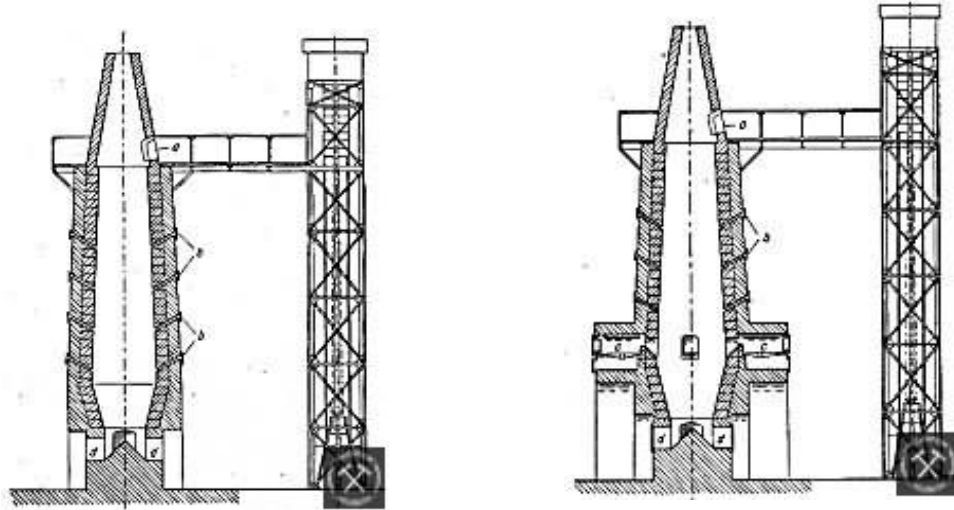
Poslední kruhové vápenky ukončily provoz v 60. letech 20. století.

Šachtová pec

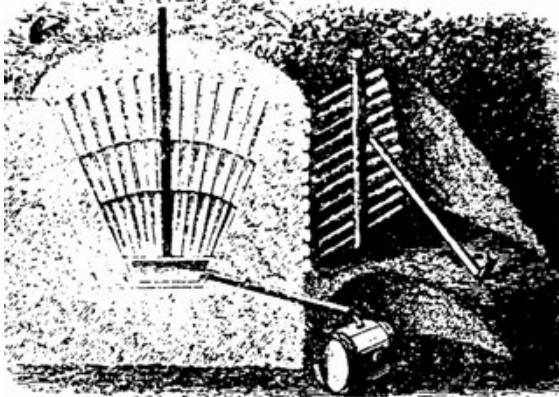
Používá se ve dvou provedeních.

První variantou je **pec s vnějším topením**, kdy je jako palivo použit plyn a jeho spalování probíhá v několika řadách hořáků v různé výšce.

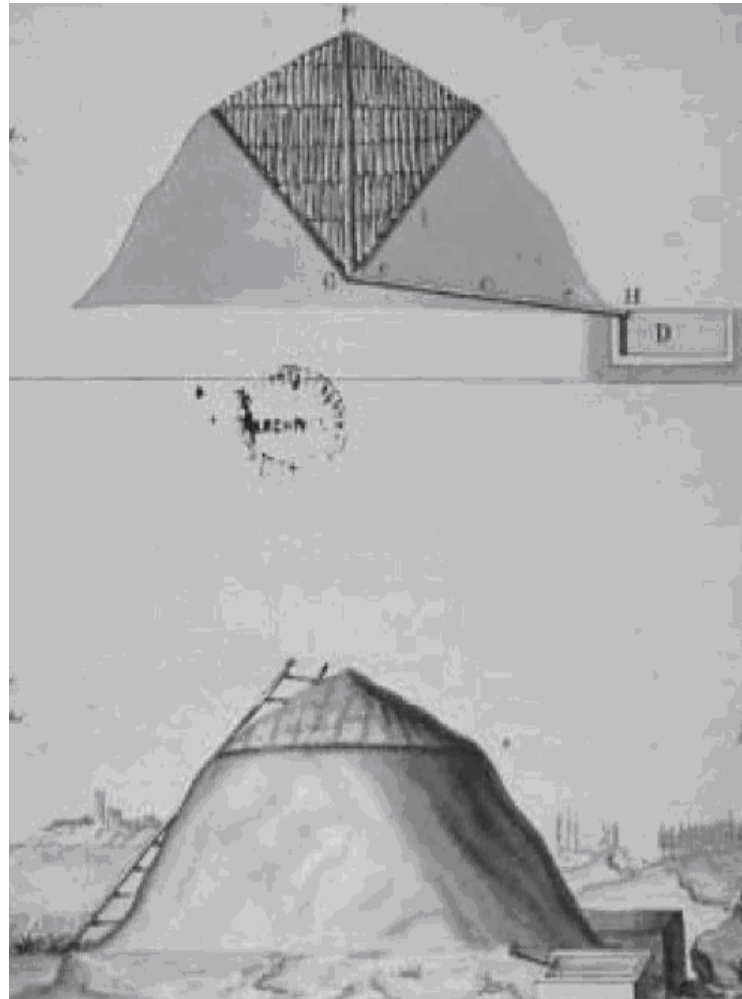
Druhou je pak **pec s vnitřním vytápěním**. Při použití tohoto způsobu se pec střídavě plní vrstvou koksu a vápence a nebo se plní jejich směsí.



Výroba dřevního dehtu a kolomazi



Varianty zahloubených milířů



Výroba dřevního dehtu a kolomazi

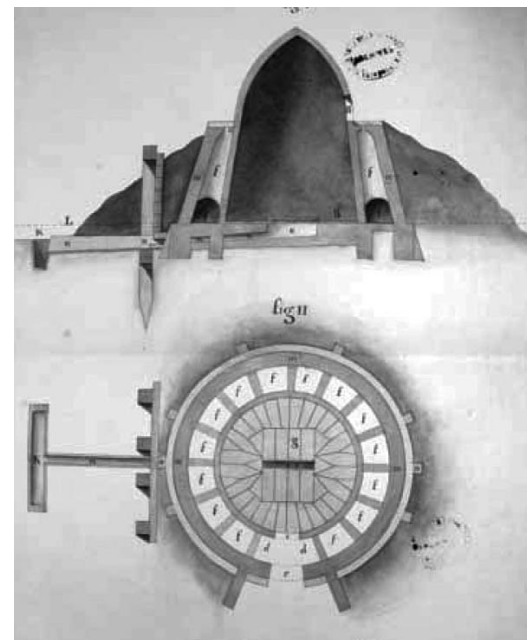
Kolomazné kameny



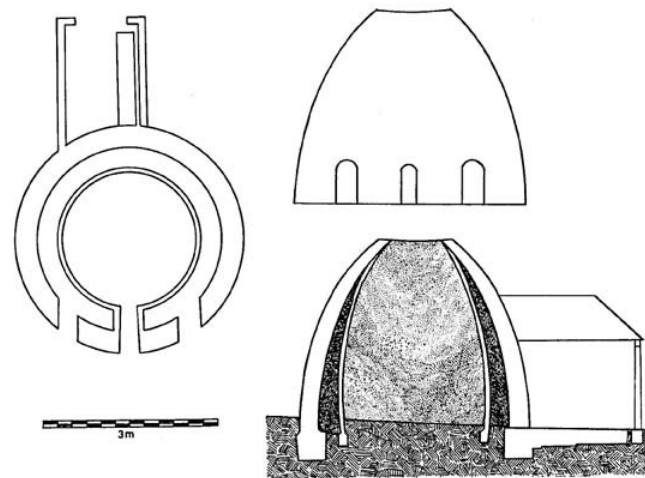
Trnava (okr. Třebíč)

Výroba dřevního dehtu a kolomazi

Dvouplášťové komorové pece



Plzeň-Bolevec



Výroba dřevního dehtu a kolomazi

Dehtařské pracoviště

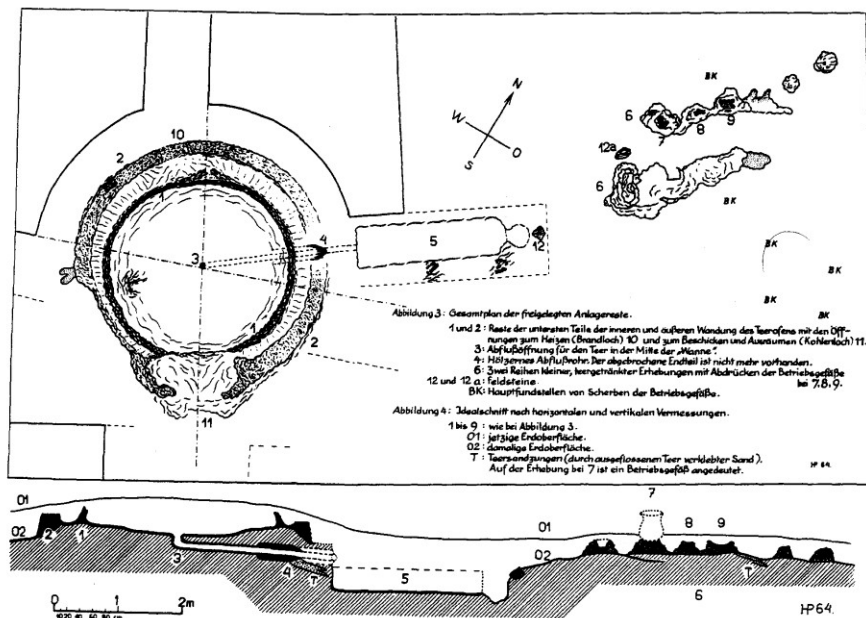


Abb. 5: J. W. Meil: Der Theerbrenner (1765). Dorn 160, SMPK.

Suchá destilace diterpenoidních pryskyřic

Kolomaz

= mazivo vyráběné z dřevního dehtu, používané v minulosti pro mazání kol dopravních prostředků. Během 19. století byla vytlačena oleji a plastickými mazivy, které mají výrazně lepší mazací vlastnosti.



Abb. 15. Abschmieren eines Reisewagens im 15. Jahrhundert.
Nach S. Brant, *Das Narrenschiff* (1494). Photo: Deutsches Museum, München



Příměsi

Terpentýn

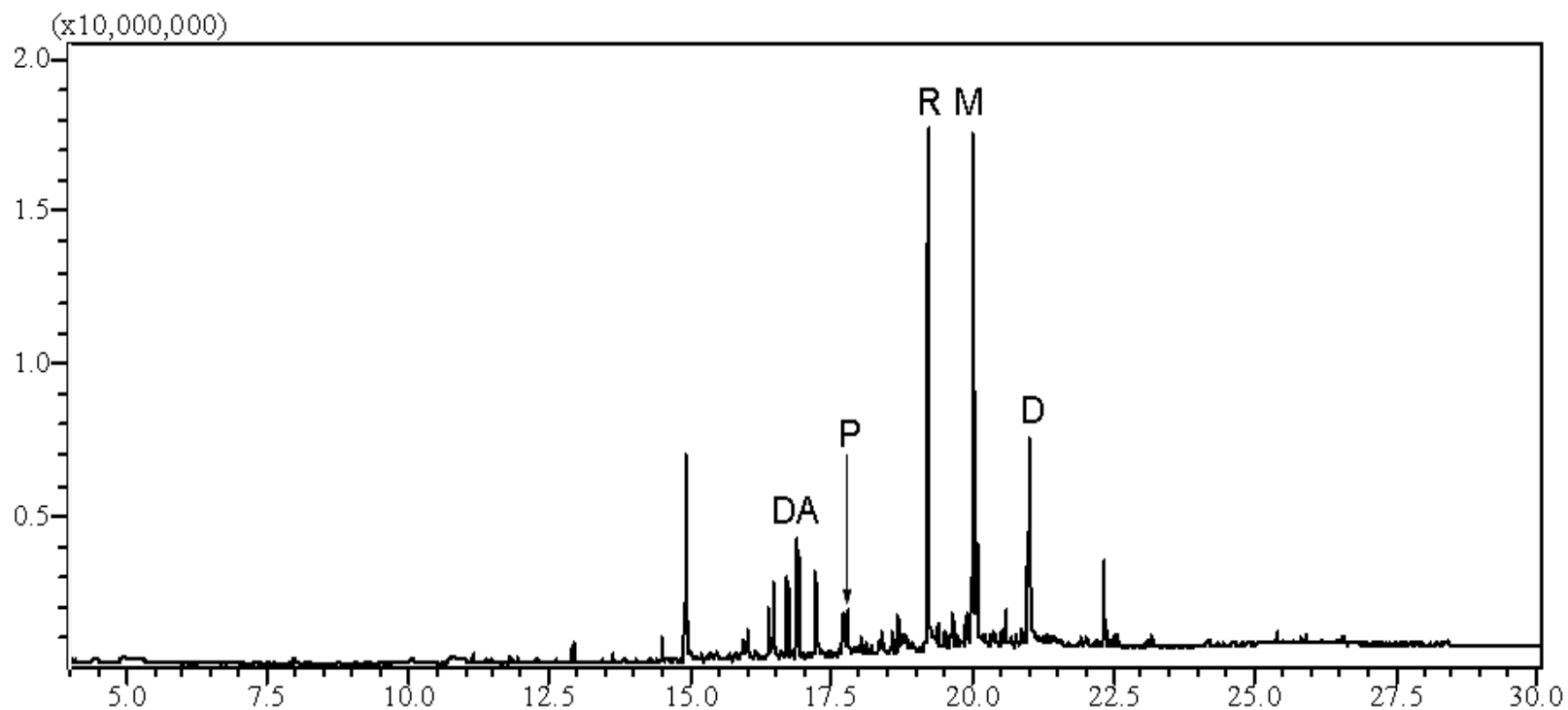
Lněný olej

Lůj

Síra

Rynartice (SZ Čechy)

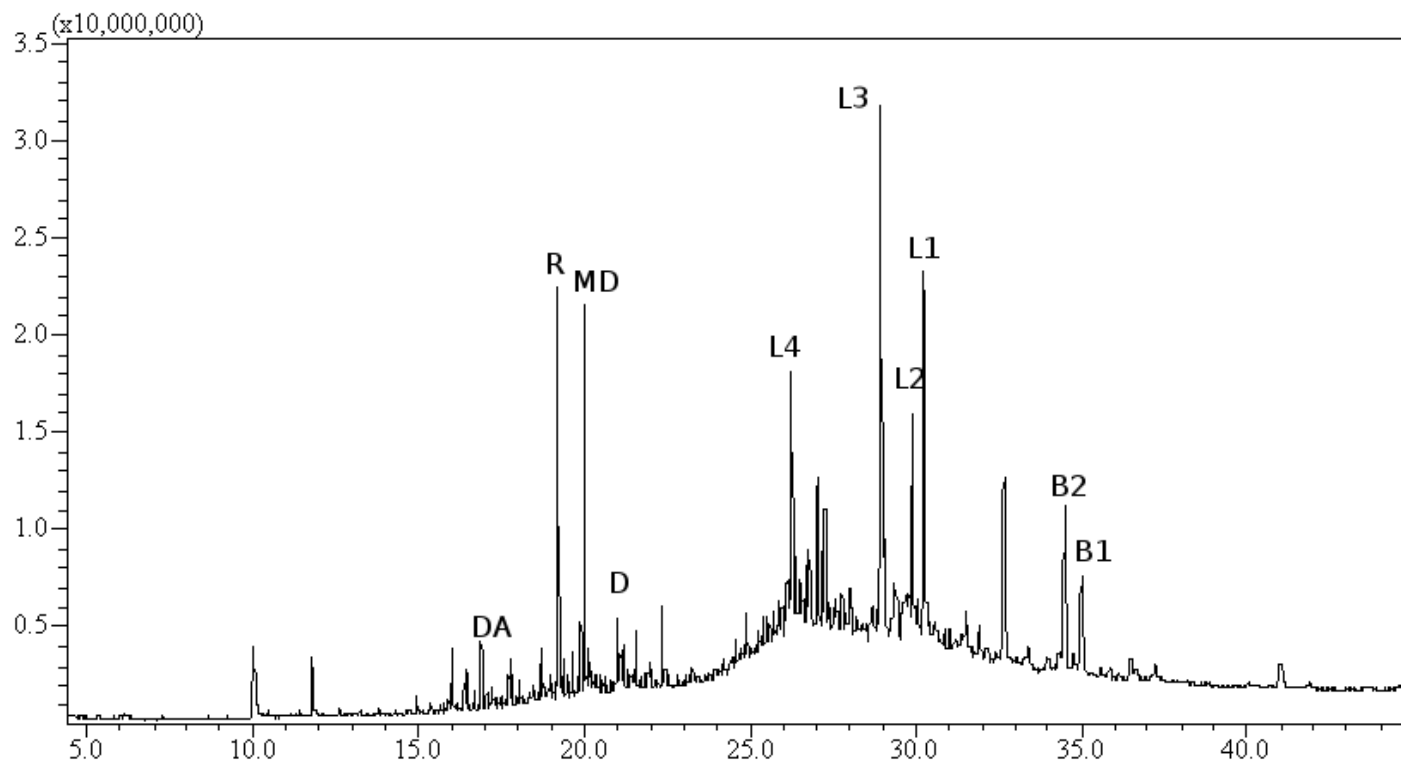
Vzorek hmoty ze dna rozkladné komory dehtářské pece (1. polovina 15. století)



Chromatogram (Scan mod) chloroformového extraktu vzorku z Rynartice (DA dehydroabietin, R reten, MD methyl dehydroabietát, D kyselina dehydroabietová).

Mostek (V Čechy)

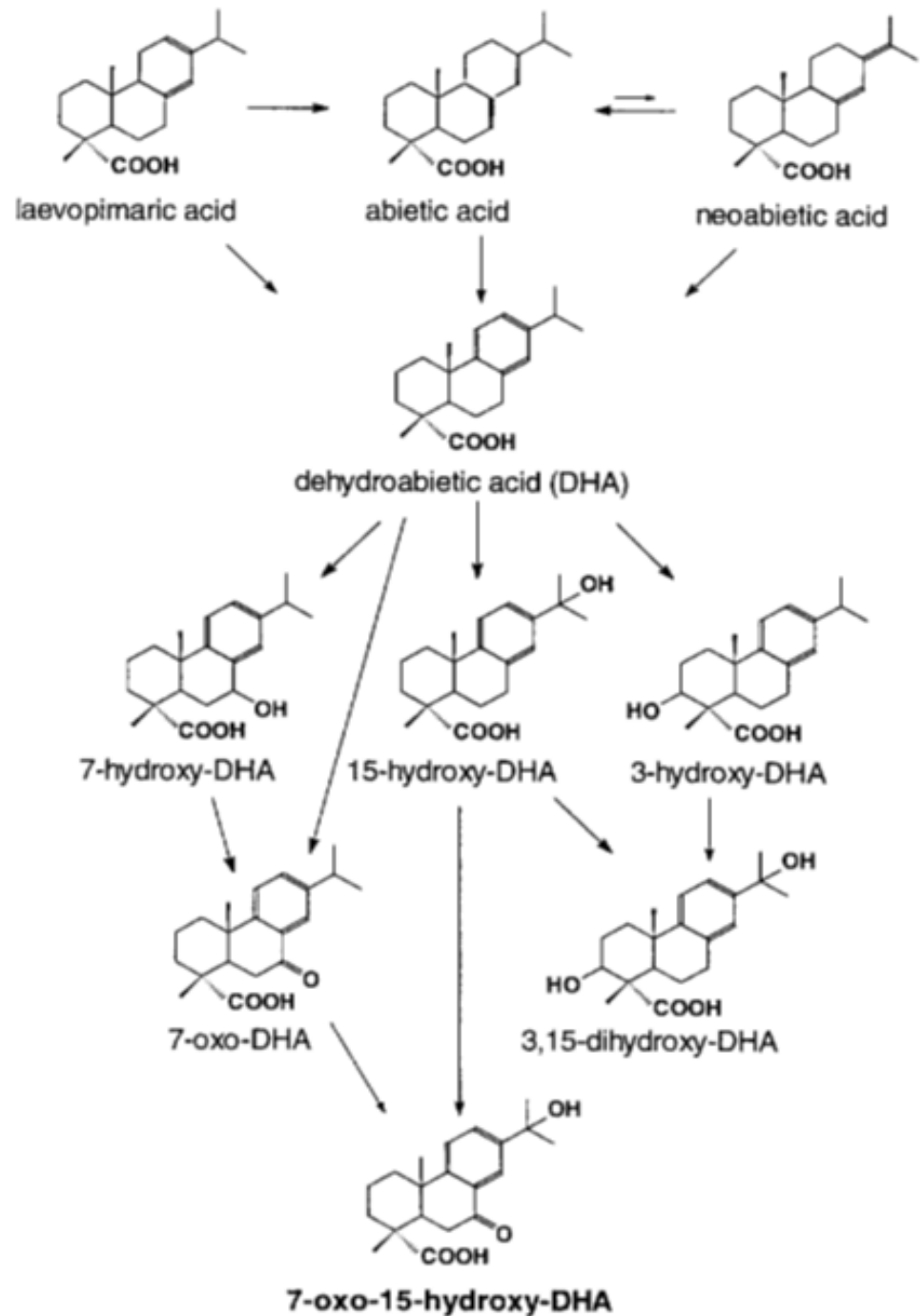
Vzorek z vnějšího povrchu keramického fragmentu z blízkosti dehtařské pece (14. stol.)



Chromatogram (Scan mod) chloroformového extraktu vzorku z Mostku (DA dehydroabietin, R reten, MD methyl dehydroabietát, D kyselina dehydroabietová, L4 lupa-2,20(29)-dien, L3 lupa-2,20(29)-dien-28-ol, L2 lupenon, L1 lupeol, B2 betulon, B1 betulin).

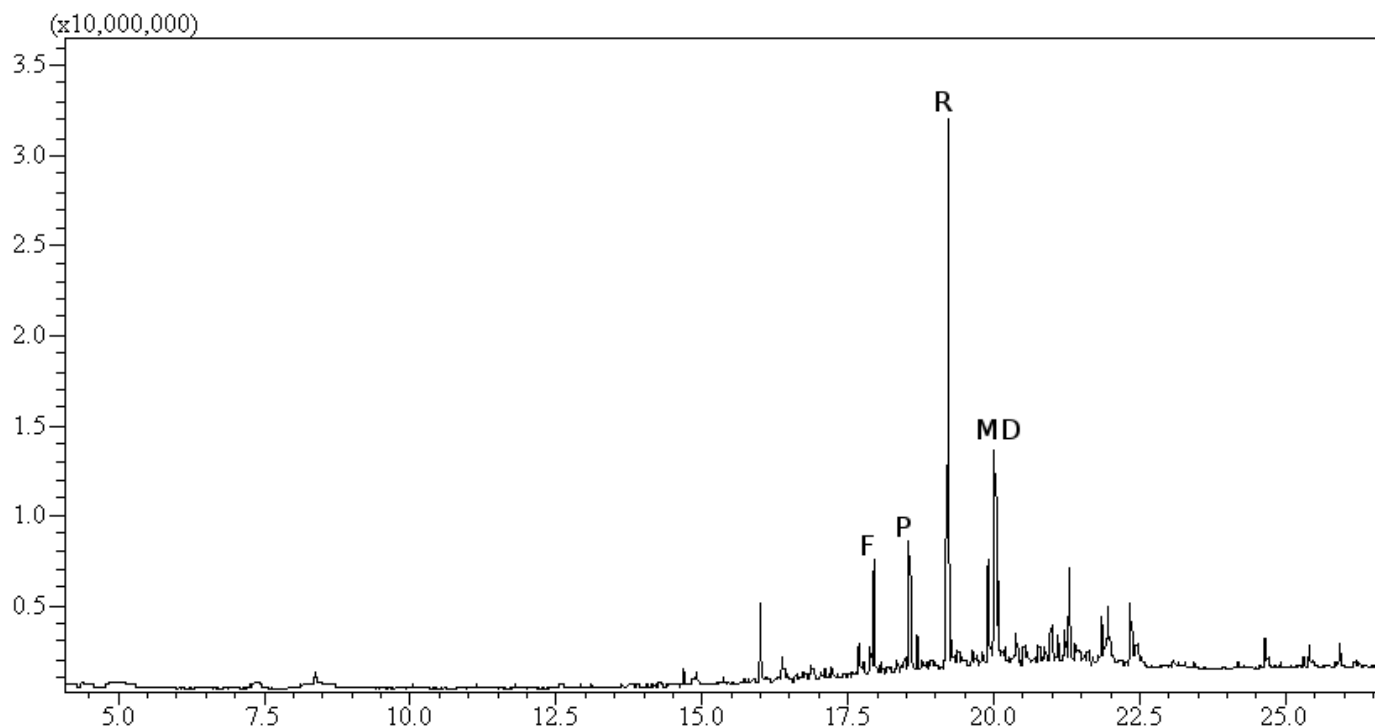


Změny diterpenoidních pryskyřic za přístupu kyslíku



Tábor, dům čp. 308

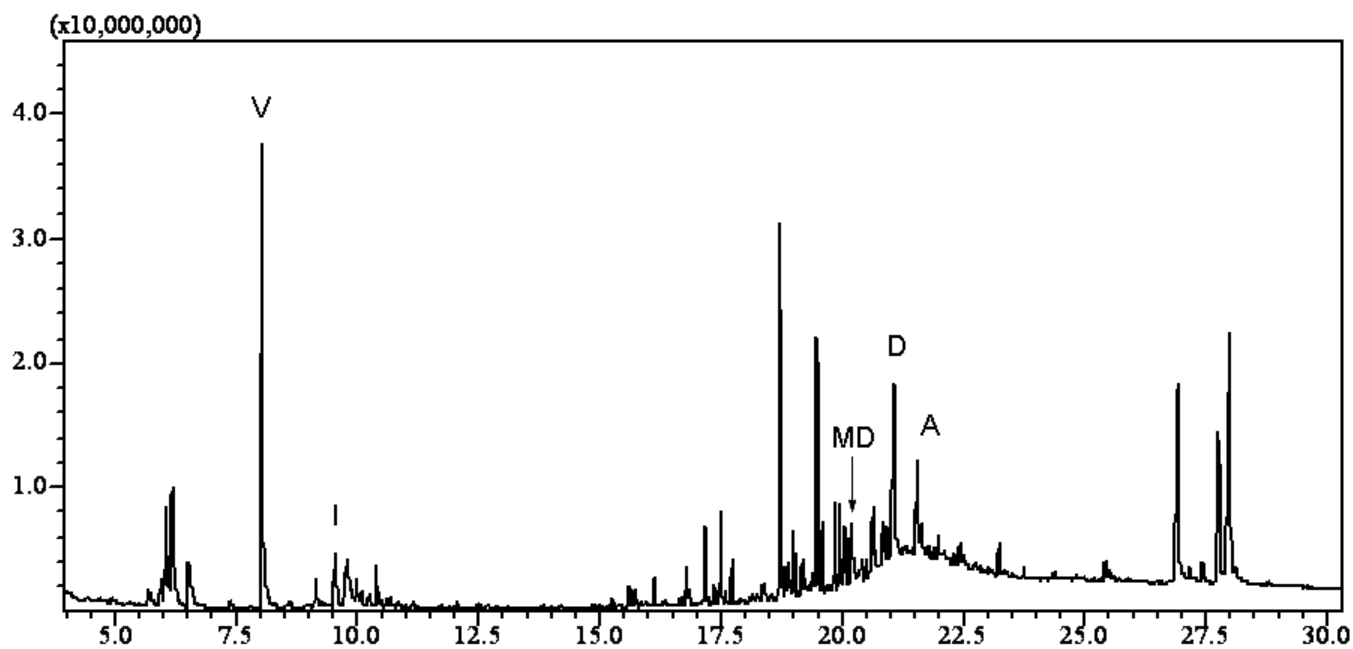
Zbytky kachlových kamen z 15. století.



Chromatogram (Scan mod) chloroformového extraktu vzorku z komorového kachle z Tábora (F fluoranthen, P pyren, R reten, MD methyl dehydroabietát).

Veletiny

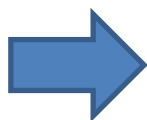
šipka typu Štramberk-Krnov, střední eneolit, povrchový sběr.



Chromatogram chloroformového extraktu vzorku nativní pryskyřice (A kyselina abietová, PA kyselina pimarová, MD methyl dehydroabietát, D kyselina dehydroabietová, R reten, V vinylguajakol, I isovanilin).

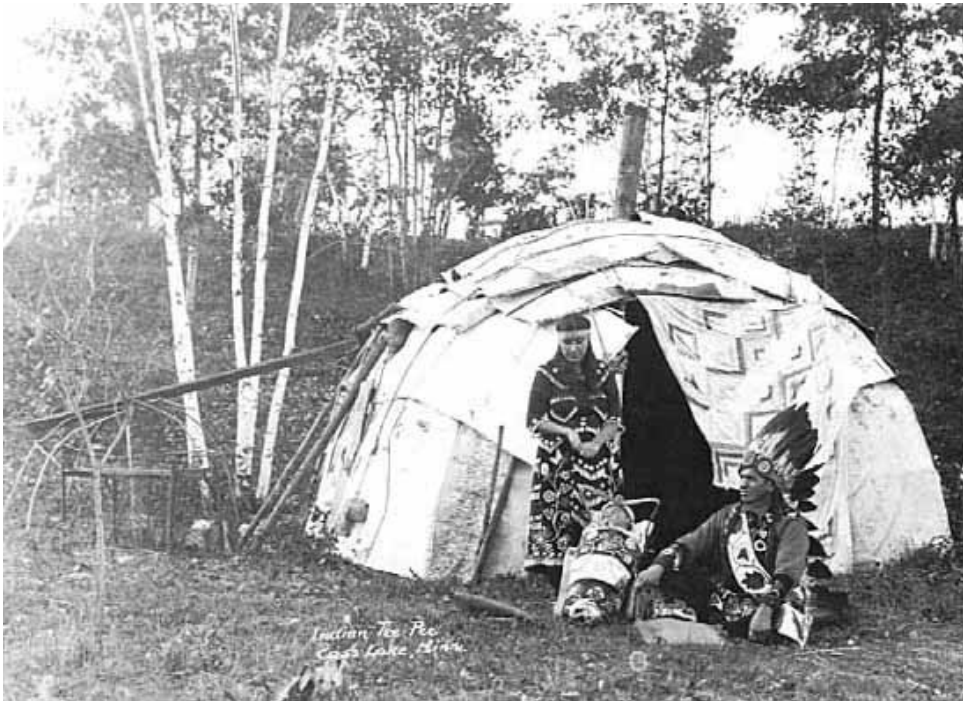
Borová pryskyřice

Borová pryskyřice je výchozí surovinou pro výrobu terpentýnu (spolu s Iněným olejem ho používají výtvarníci při olejomalbě), destilační zbytek je kalafuna, která se používala při zabíjačkách nebo v bednářství.



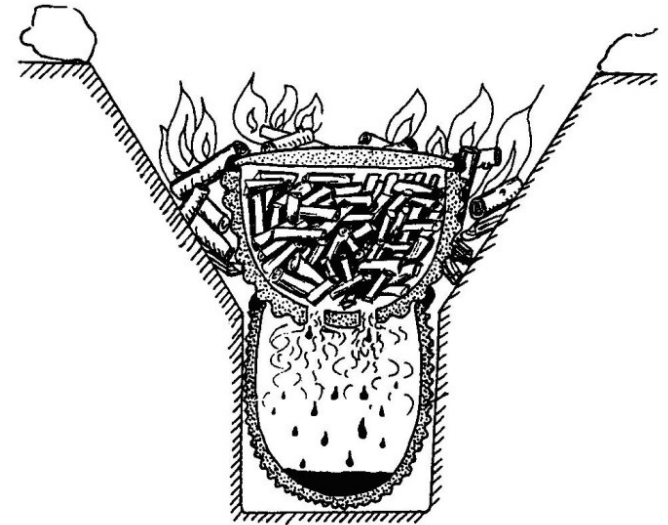
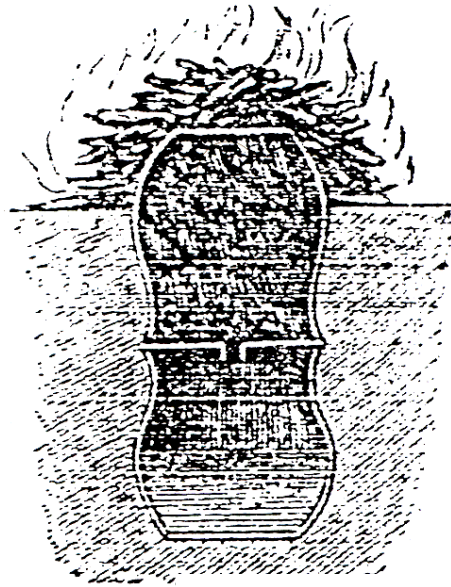
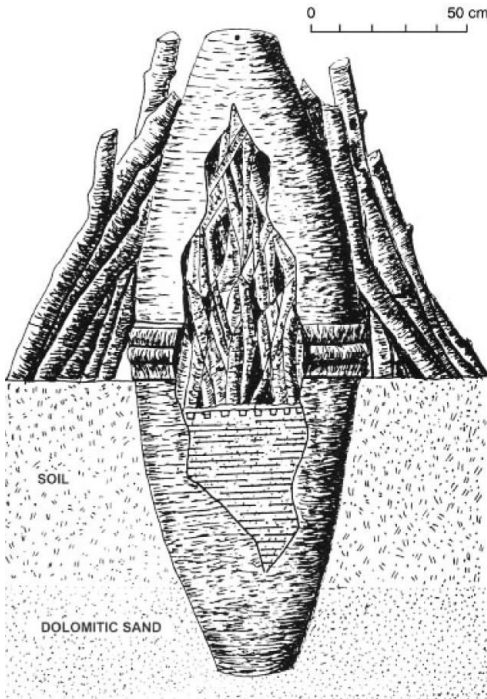
Dehet z březové kůry

Aplikace březové kůry

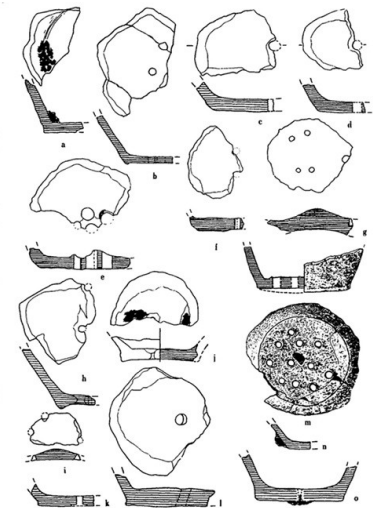
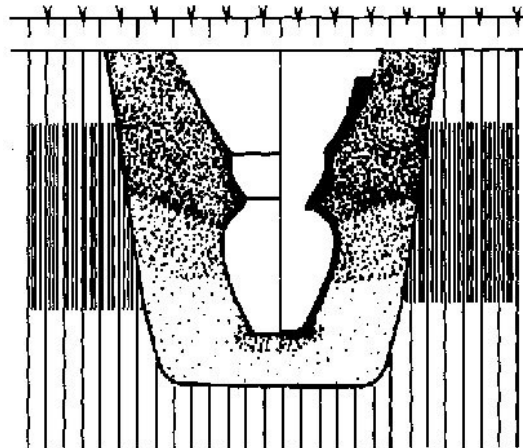


Výroba dehtu z březové kůry

Různé varianty „metody dvou nádob“

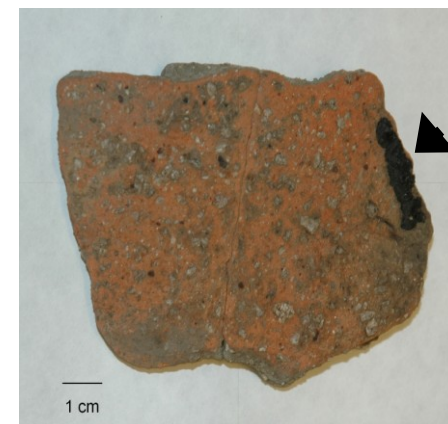
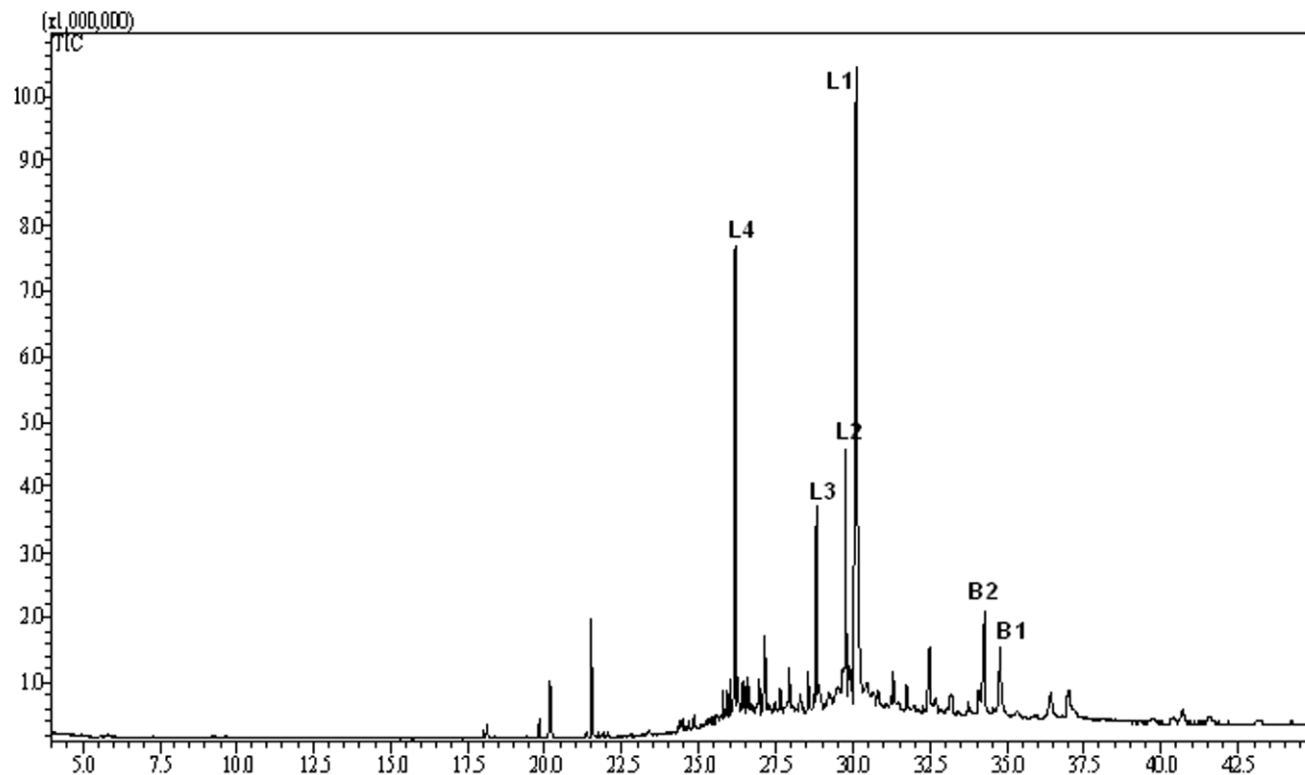


Archeologický doklad technologie a pozůstatky nádob s perforovaným dnem (Meklenbursko).



Krhov

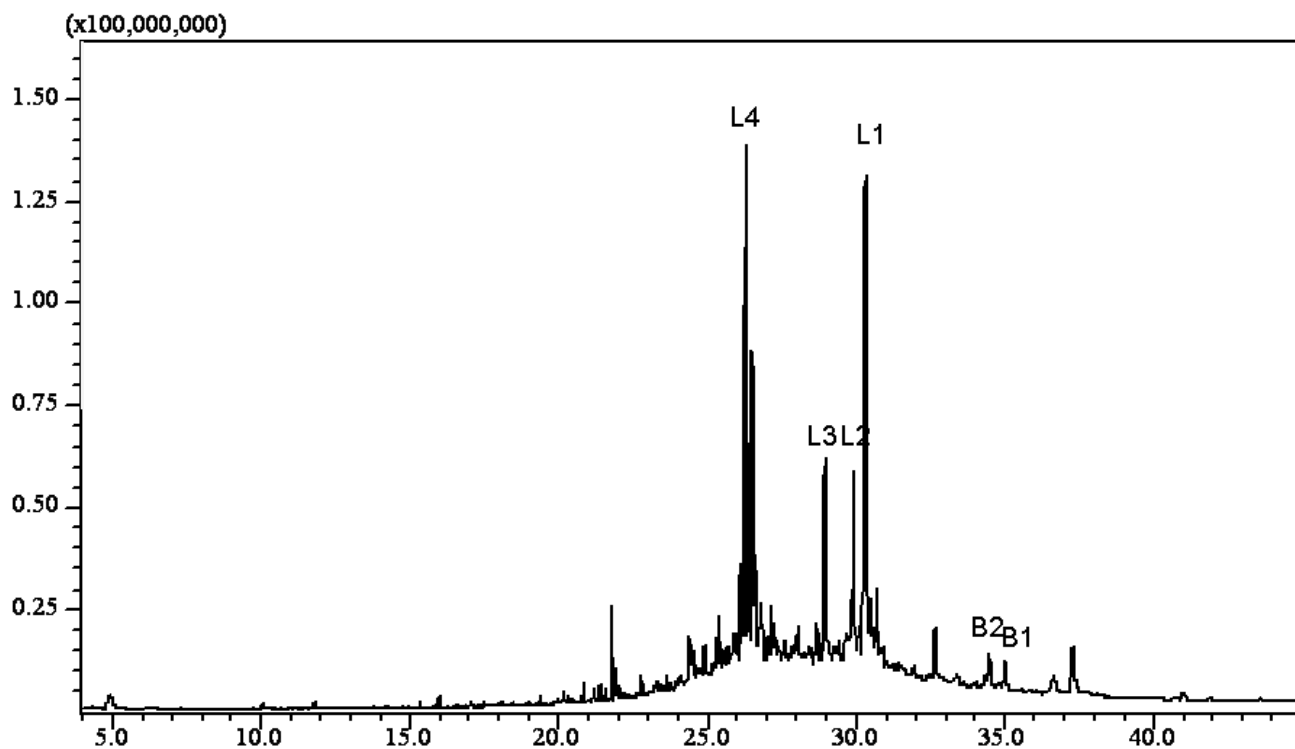
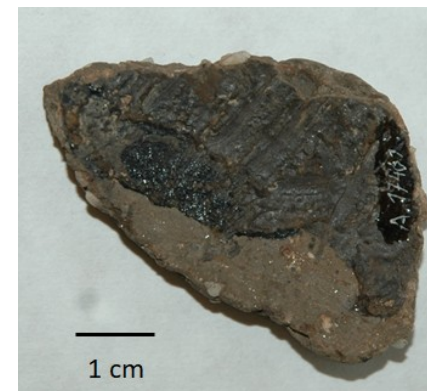
V průběhu prací spojených s revitalizací rybníka Utopenec bylo lokalizováno sídliště šáreckého stupně kultury s lineární keramikou (střední neolit).



Chromatogram (Scan mod) chloroformového extraktu vzorku z Krhova (L4 lupenon, L3 lupenon-28-ol, L2 lupenon, L1 lupeol, B2 betulon, B1 betulon).

Ivanovice na Hané

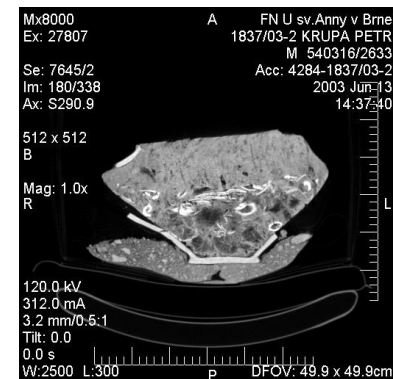
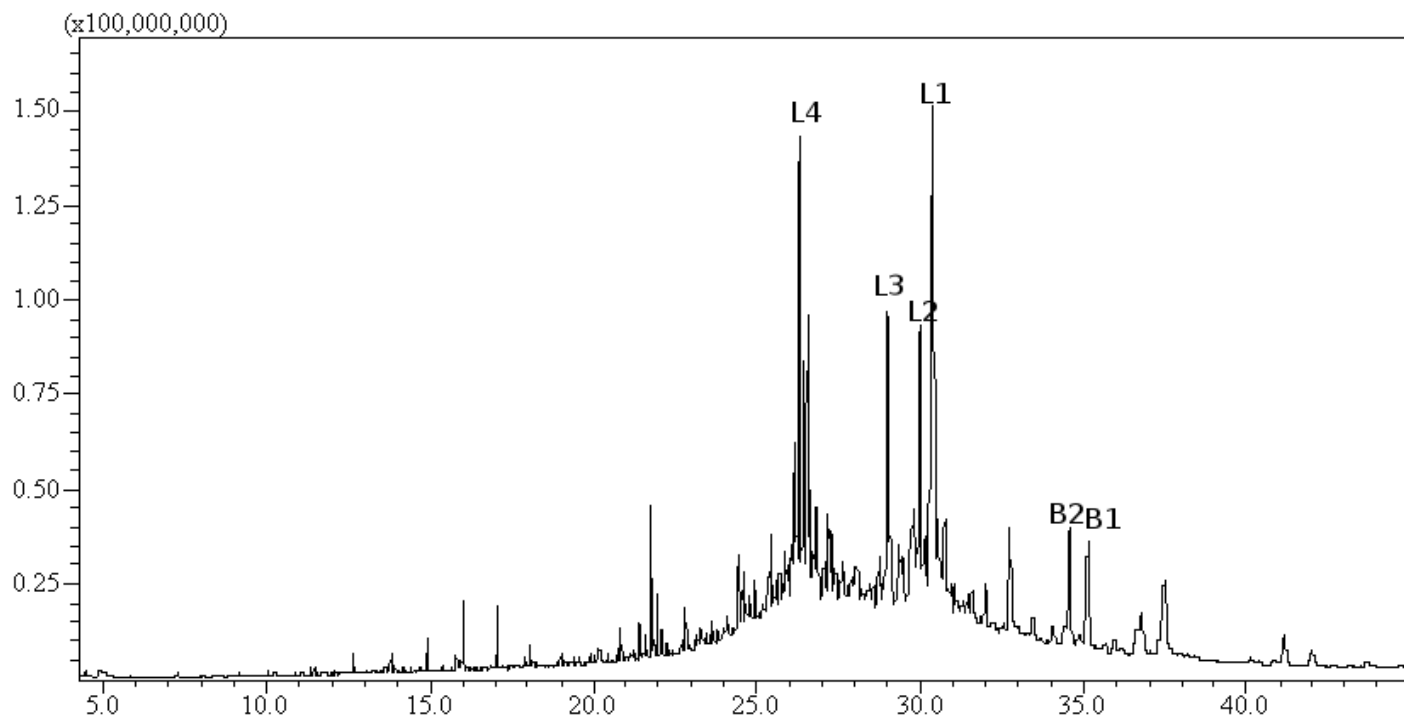
- výzkum eneolitického sídliště



Chromatogram (Scan mod) chloroformového extraktu vzorku z Ivanovic na Hané (L4 lupa-2,20(29)-dien, L3 lupa-2,20(29)-dien-28-ol, L2 lupenon, L1 lupeol, B2 betulon, B1 betulin).

Brno–Modřice

- v žárovém hrobě ze starší doby římské byla mezi kostmi nalezena hrudka tmavé organické hmoty.



Chromatogram (Scan mod) chloroformového extraktu vzorku z Brna-Modřic (L4 lupan-2,20(29)-dien, L3 lupan-2,20(29)-dien-28-ol, L2 lupenon, L1 lupeol, B2 betulon, B1 betulin).



1 cm



2 cm

Lešany u Prostějova



0,5 cm

Těšetice-Kyjovice



0,5 cm

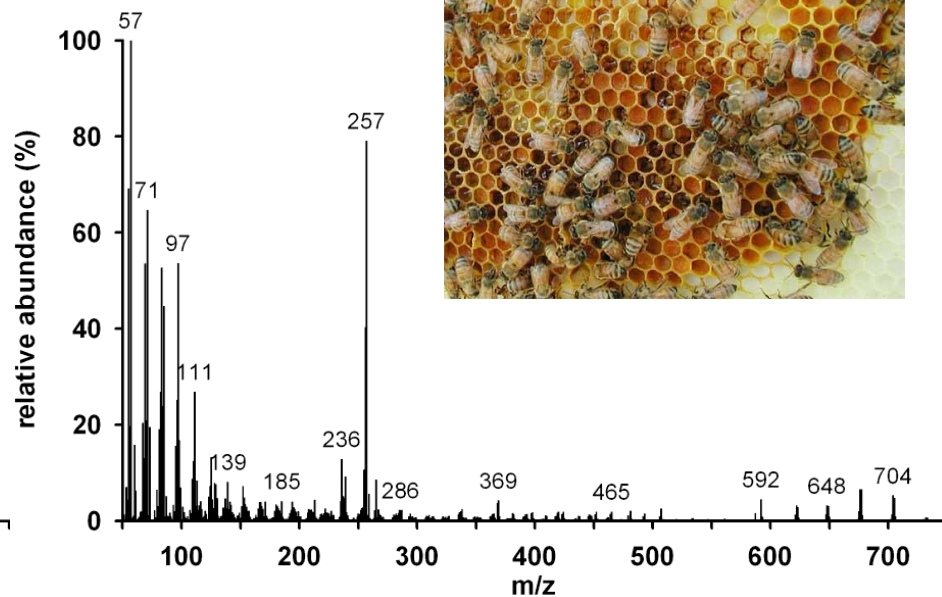
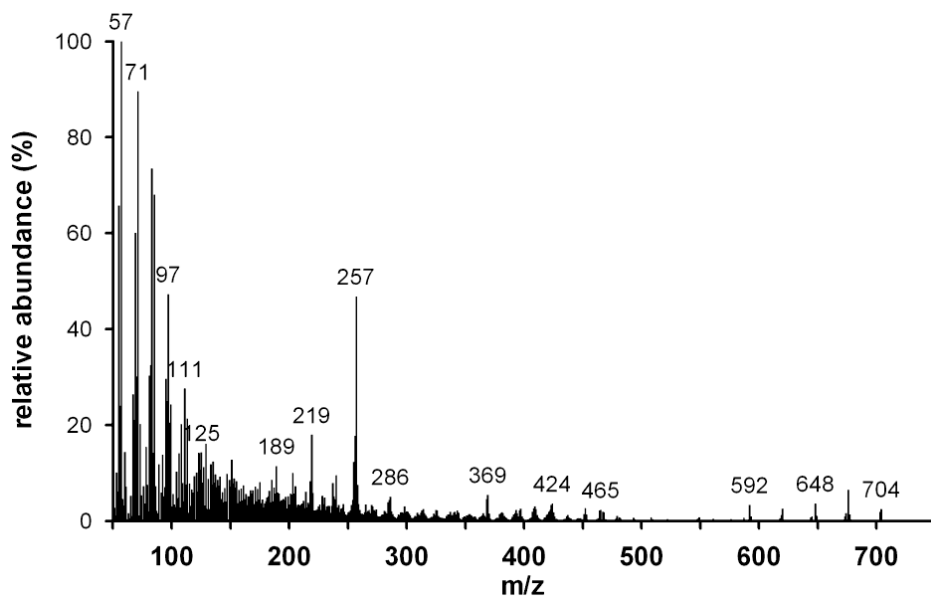
Hulín

Dolní Sukolom

Silicitový nožík s nánosem organické hmoty (pozdní eneolit).



1 cm



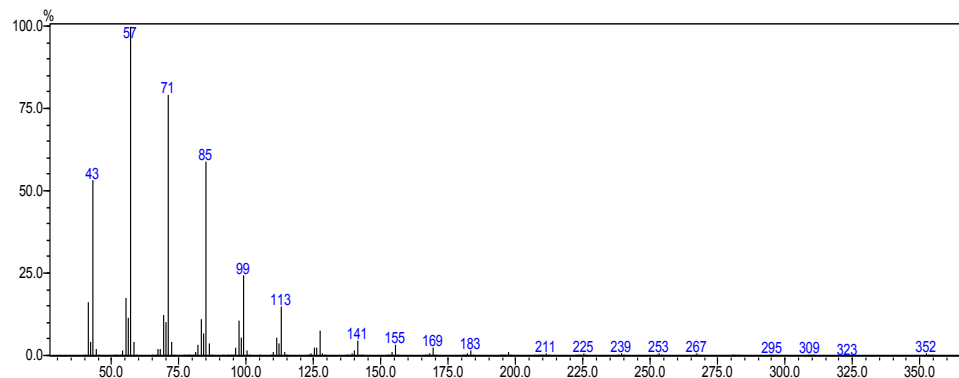
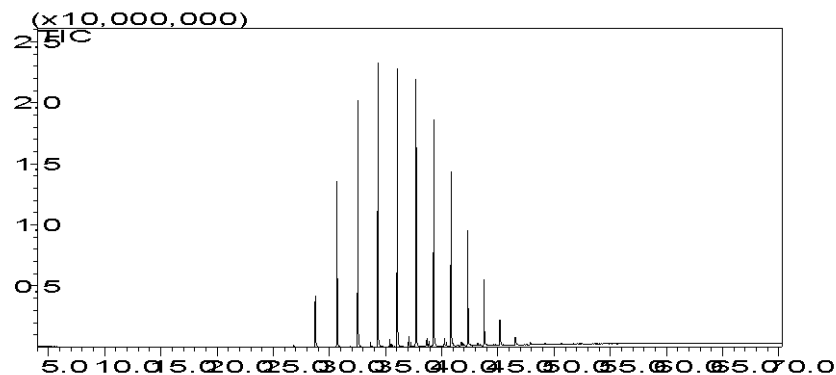
Hmotnostní spektrum (DIP-MS) vzorku organické hmoty z Dolní Sukolomi (A) a recentního vosku (B) pro energii ionizace 70 eV.

Boskovice, kostel sv. Jakuba

(krypta Morkovských ze Zástřizl)



Parafin patrně z doby
otevření krypty r. 1912



MS spektrum n-pentakosanu ($C_{25}H_{52}$, 5. pík zepředu) ze vzorku z helmice

Kamenouhelný dehet

Aromatic Hydrocarbons

BTEX



Benzene



Toluene



Ethylbenzene

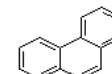


Xylene

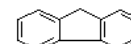
Non-heterocyclic PAHs



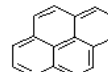
Naphthalene



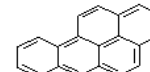
Phenanthrene



Fluorene



Pyrene



Benzo[a]pyrene

Tar Acids / Phenolics



Phenol



o-Cresol

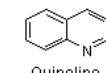


2,4-Dimethylphenol

Tar Bases / Nitrogen-containing Heterocycles



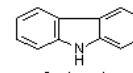
Indole



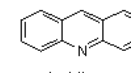
Quinoline



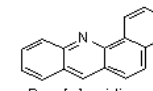
Isoquinoline



Carbazole

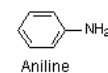


Acridine

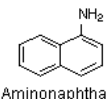


Benzo[a]acridine

Aromatic Amines



Aniline

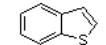


Aminonaphthalene

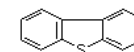
Sulfur-containing Heterocycles



Thiophene



Benzo[b]thiophene

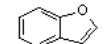


Dibenzothiophene

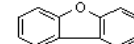
Oxygen-containing Heterocycles



Furan



Benzofuran



Dibenzofuran

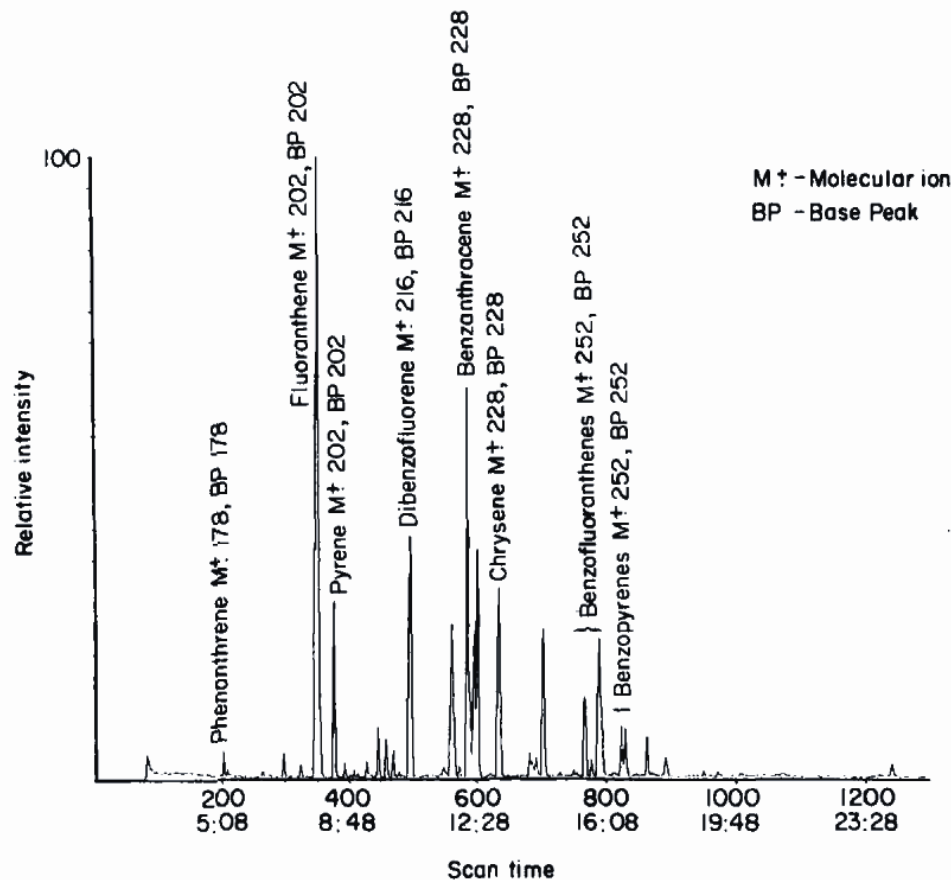


Figure 1. Total ion current (TIC) chromatogram given by the solvent washing of caulking material from the Tredunnoc boat.

Analýza spálených kosterních pozůstatků



Průběh spalování

- Spalování paliva
- Odpaření vody
- Spalování měkkých tkání
- Spalování kostí

Teplotní (vlhkostní) gradient

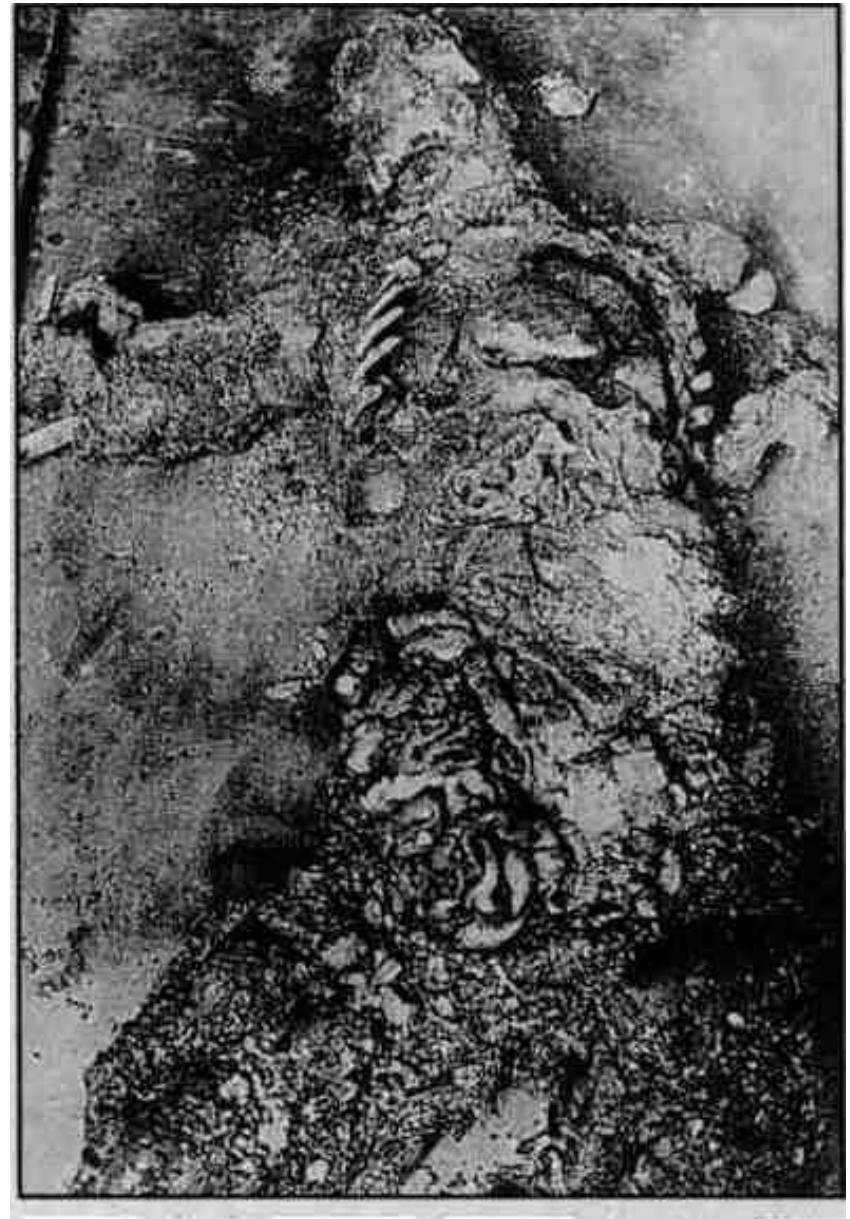
Knotový efekt



Obsah vody v těle a teplotní gradient

Zpomalené hoření tkání s vysokým obsahem vody.

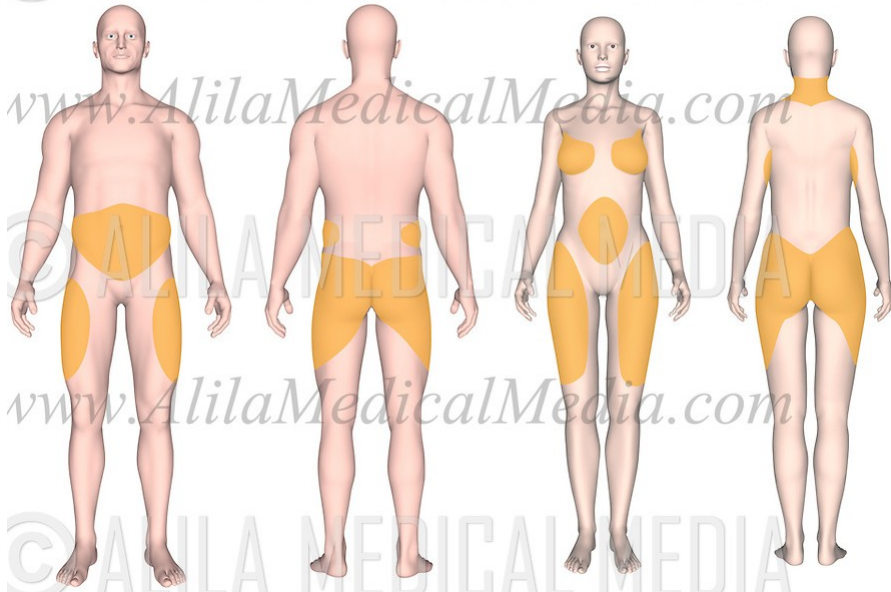
<i>Tkáň</i>	<i>Obsah vody (%)</i>
kostra	22
tuková tkáň	30
kůže	70
svalstvo	75
mícha	70
bílá hmota mozková	70
šedá hmota mozková	86
krev	80
játra	70
ledviny	83
plíce	79
srdce	79



Knotový efekt

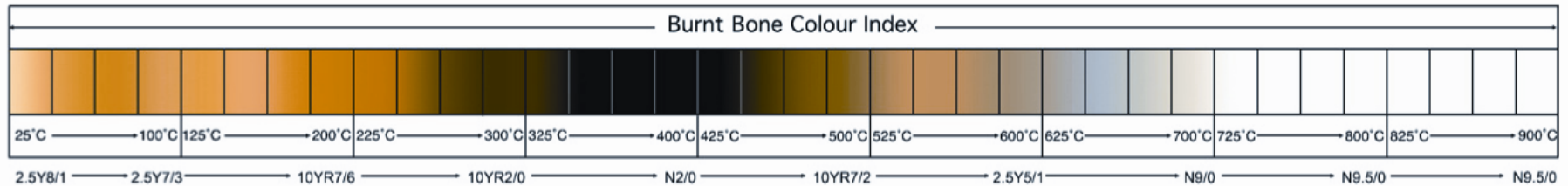
Během hoření knotu se svíčka se taví a vzniklá kapalina je nasávána do knotu, kde hoří. Lidské tělo obsahuje velké množství tuku, který se začne tavit, je nasáván oblečením, které tak funguje jako knot, a udržuje hoření.

Distribution of Subcutaneous Fat in Males and Females



Zbarvení kosti

Temperature (°C)	Color Effects
300	Black color of cortical bone
200–400	Ultrastructural orientation of collagen fibers is well preserved
600	Gray color indicates a leaching out of the organic portion
800	White color of bone



Bone Color (temp. °C)	Cortical Position	Crystal Morphology	Size Range	Lamellar Pattern	Collagen Fibers in Haversian Canal
White (800–1400)	Outer	Spherical and Hexagonal	$0.25 \pm 0.07 \mu\text{m}$ to $0.41 \pm 0.09 \mu\text{m}$	Not observable	Indistinguishable
Gray (~600)	Mid-cortex	Spherical	$\sim 0.060 \pm 0.007 \mu\text{m}$	Not observable	Fraying
Black (200–600)	Inner	No crystals	–	Observable	No Fraying

Metoda FTIR

Přítomnost vody (fyzikálně i chemicky vázaná)

Přítomnost organické složky (rezidua kolagenu)

Změny krystalické mřížky kostního minerálu (uhličitan, β -trikalciium fosfát, aj.)

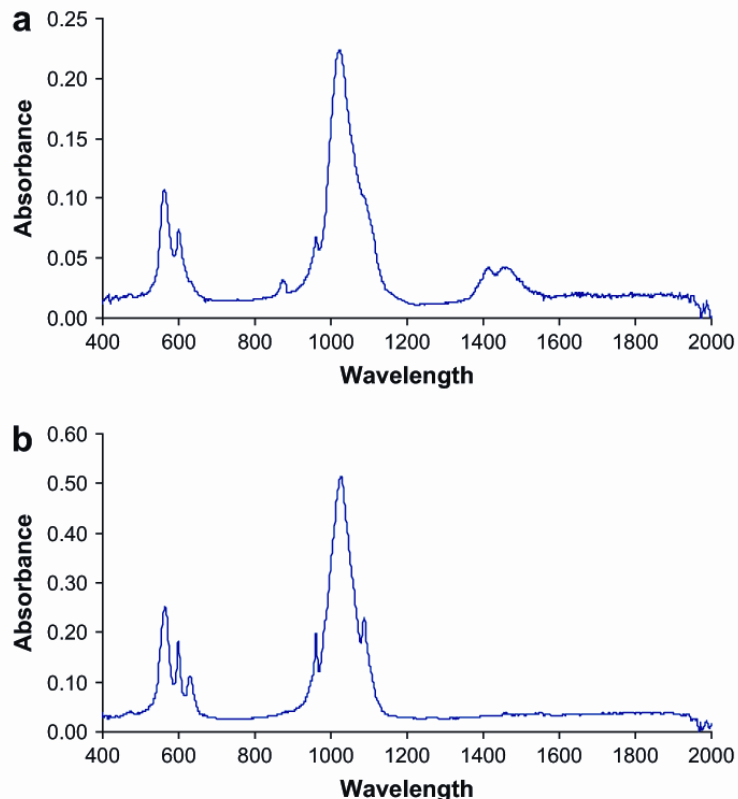
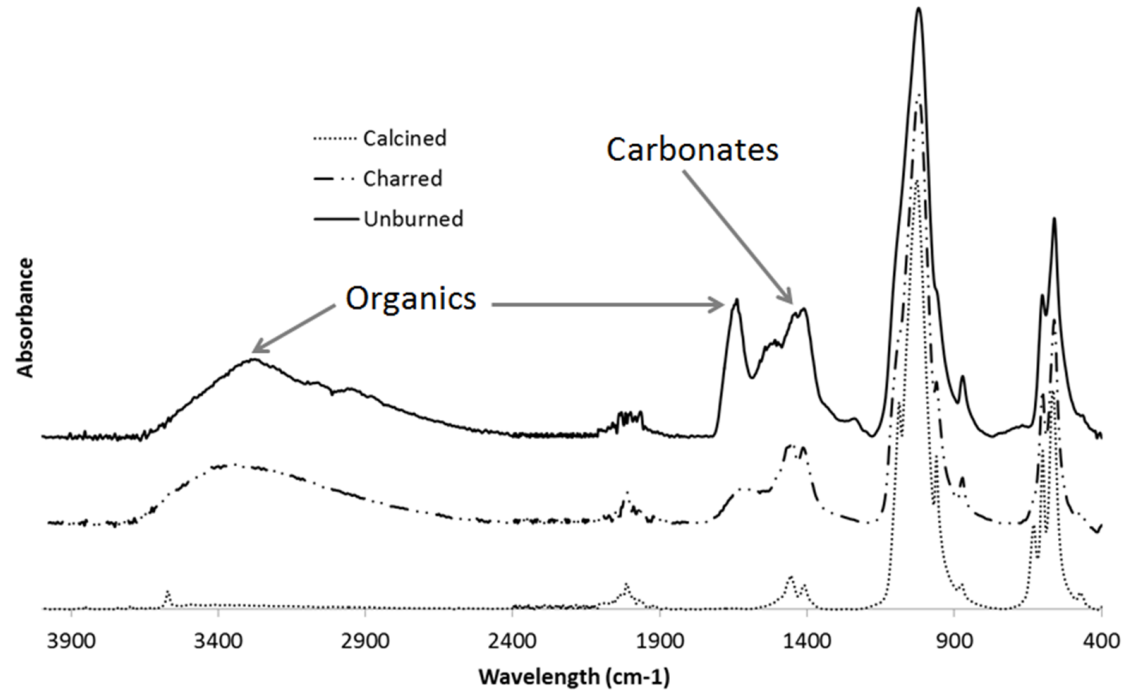
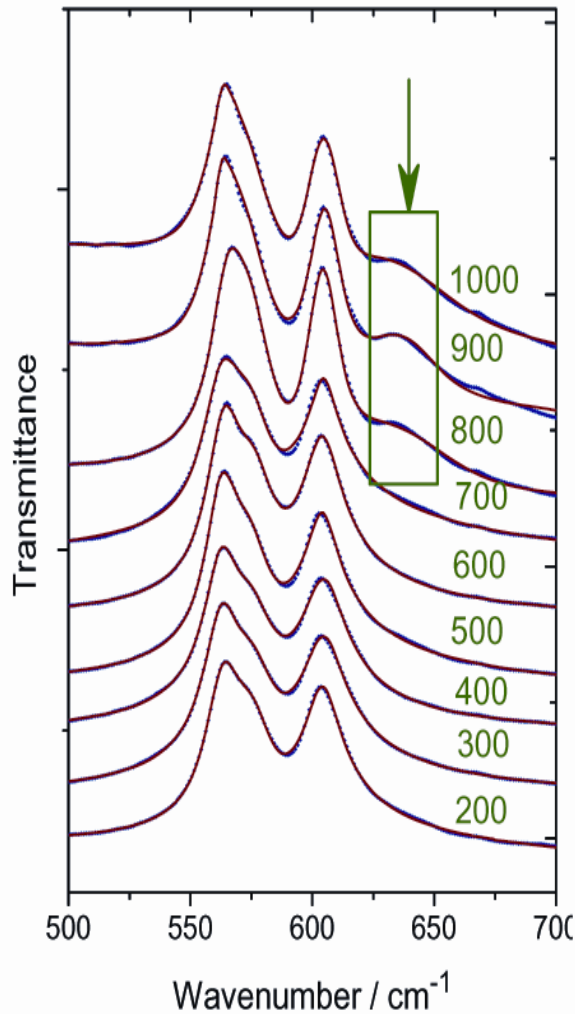


Fig. 2. Comparison of (a) low intensity (500 °C) burning and (b) high intensity (900 °C) burning FTIR-ATR spectra.

Stage of Transformation	Evidence	Revised Temperature Range (°C)
Dehydration	Fracture patterns; weight loss	100–600
Decomposition	Color change; weight loss; reduction in mechanical strength; changes in porosity	300–800
Inversion	Increase in crystal size	500–1100
Fusion	Increase in mechanical strength; reduction in dimensions; increase in crystal size; changes in porosity	700+

Metoda FTIR



Temperature ($^{\circ}\text{C}$)

Effect

300–500

H_2O removed from nonmineralized portion.

600–700

Organic carbon burnt to CO_2 and eliminated from bone.

>700

H_2O removed from apatite crystals; CO_2 formation.

>800

Physiological hydroxyapatite changes to β -tricalcium phosphate;

Shrinking 30% due to recrystallization and crystal fusion.

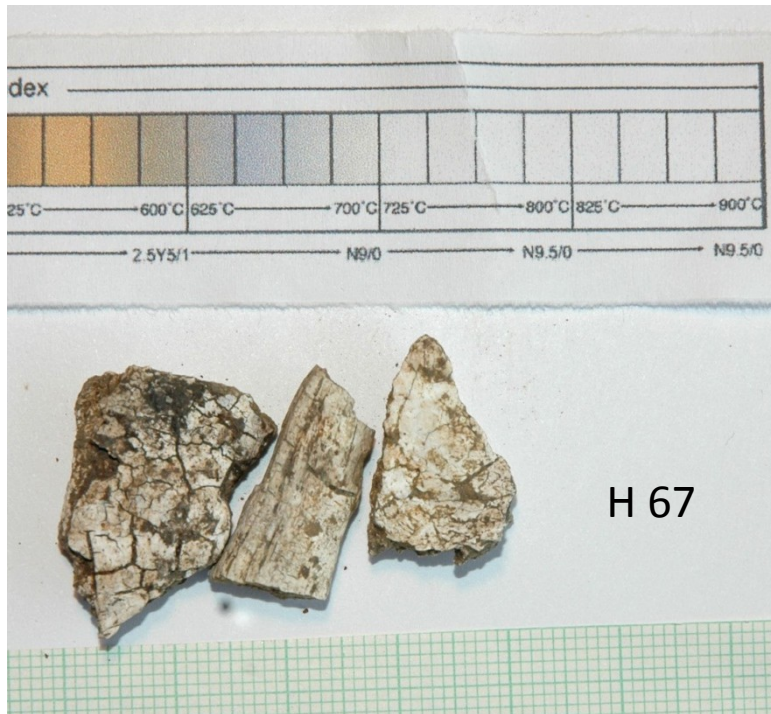


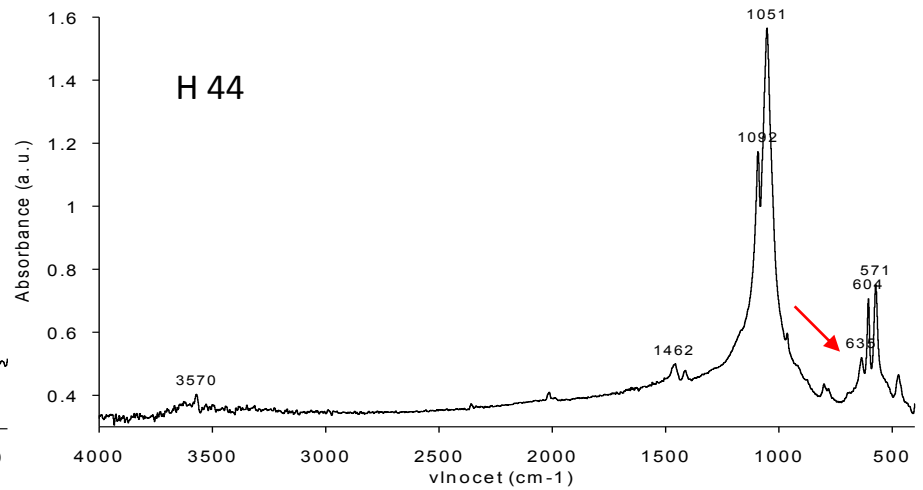
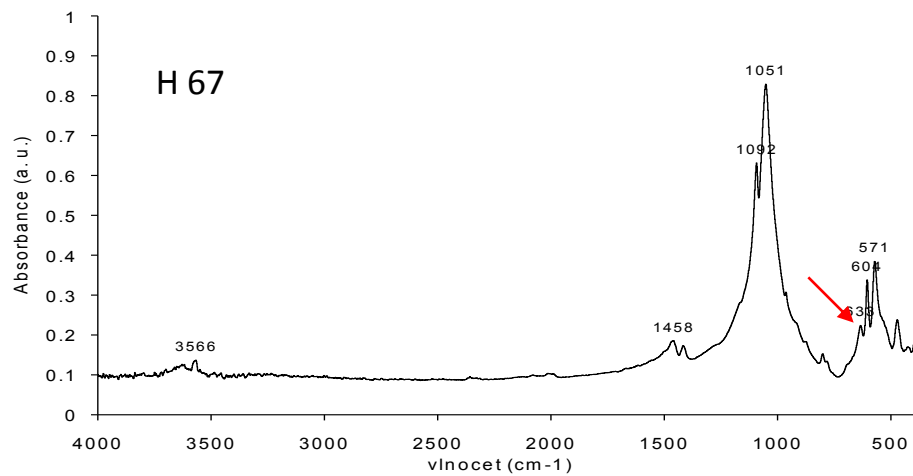
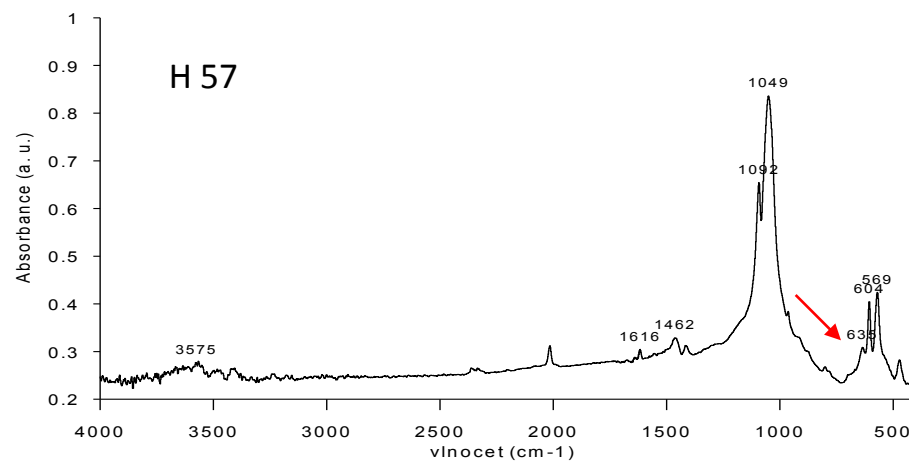
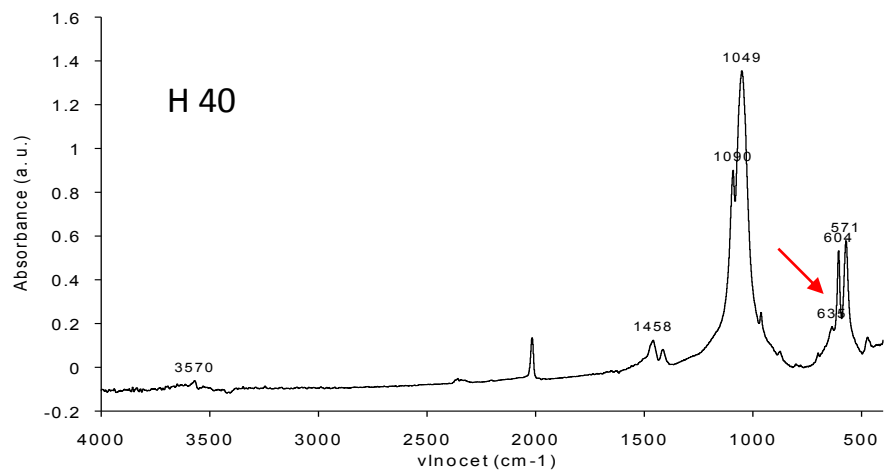
Žárové pohřebiště lužické kultury v Příboře

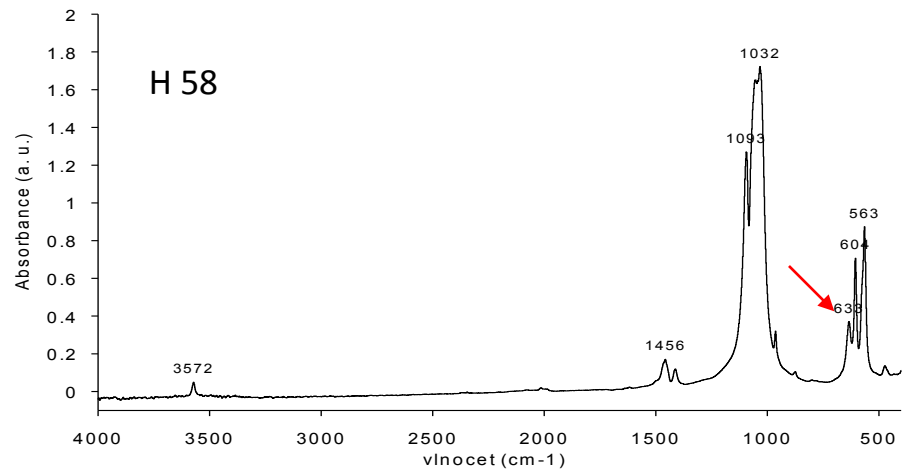
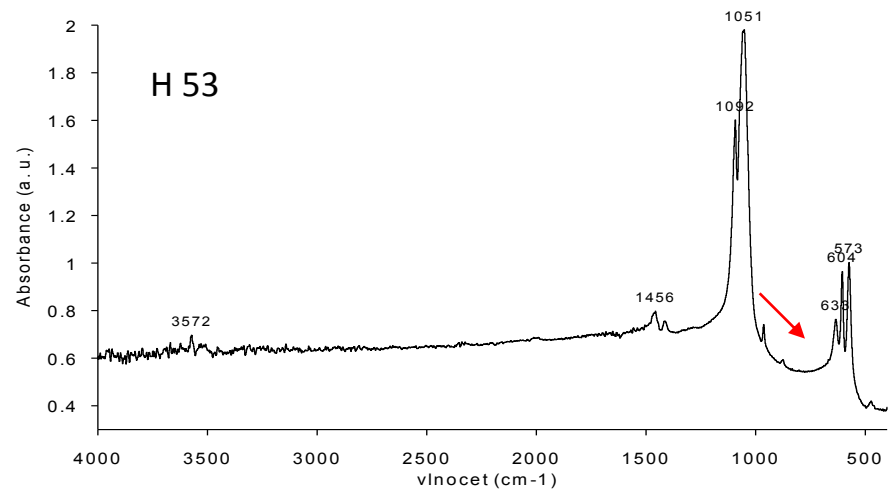
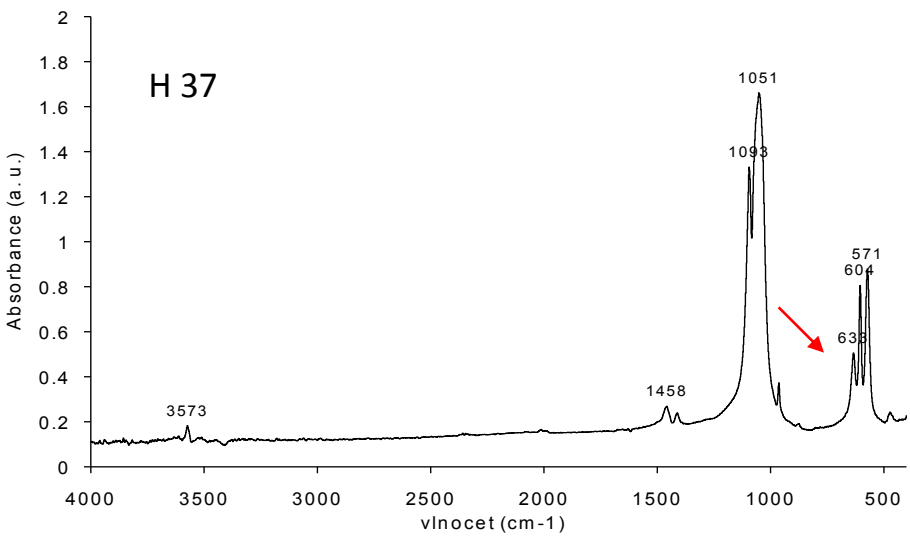




Spálené kosterní pozůstatky







Pohřební ritus lužické kultury

Lužická kultura: dobře organizovaná technická stránka kremace (snad spodní přívod vzduchu, omezení ztrát tepla do okolí), případně použití značného množství paliva (Chochol 1961).

a = křídovité
b = křídovité – dokonalé
c = dokonalé
d = téměř dokonalé
e = nedokonalé

Charakteristika pohřebního ritu na pohřebišti v Příboře:

Ustálená technologie kremace

Teplota kremace okolo 800 - 900 C s dobrým přístupem vzdušného kyslíku.



Experimentální hranice (McKinley1997),
Lokálně teplota dosáhla až 1000 C.



Etnografická analogie: kremace v Tibetu

Hradisko Chotěbuz-Podobora



Zbytky stáje



CH-P/09
SONDA 50
CTV.C.1-2/15

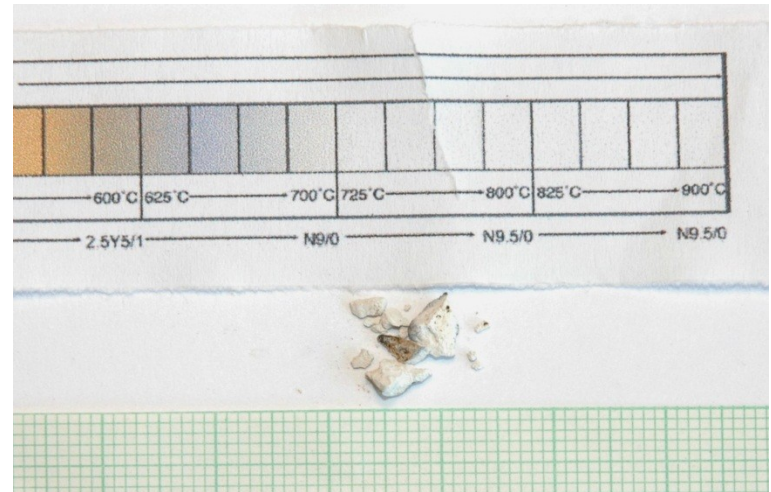
Kráva v červené elipse, **ovce/koza** v oranžové elipse, **prase** ve žluté elipse a **pes** v modré elipse.

Spálené kosti

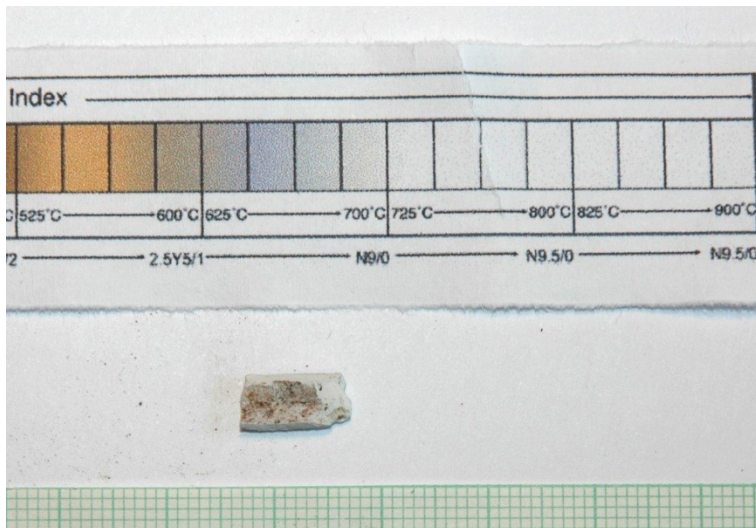
Kráva (hnědá kost)



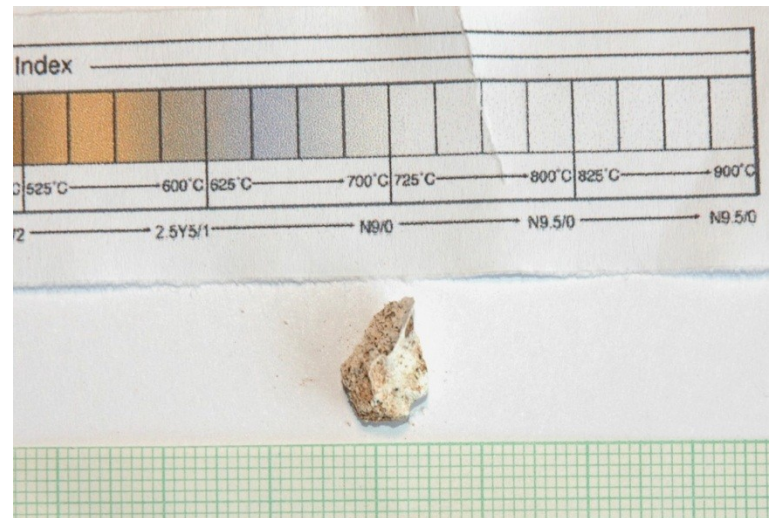
Kráva (bílá kost)



Prase



Ovce/koza



Stupeň spálení

	Dokládal 1999	Holck 1997
Kráva (hnědá kost)	Stupeň II (± 300°C)	Stupeň 1 (cca 300°C)
Kráva (černá kost)	Stupeň II (± 400°C)	Stupeň 2 (cca 400°C)
Kráva (bílá kost), prase, ovce/koza	Stupeň V (up to 750°C)	Stupeň 3 resp. 4 (up to 800°C)

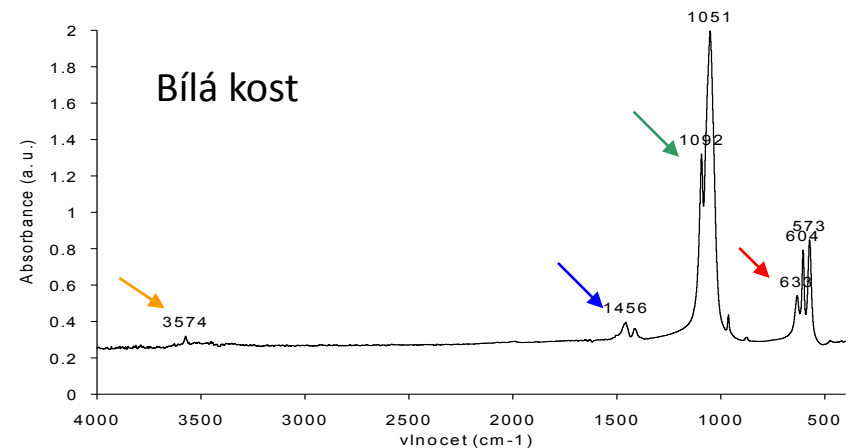
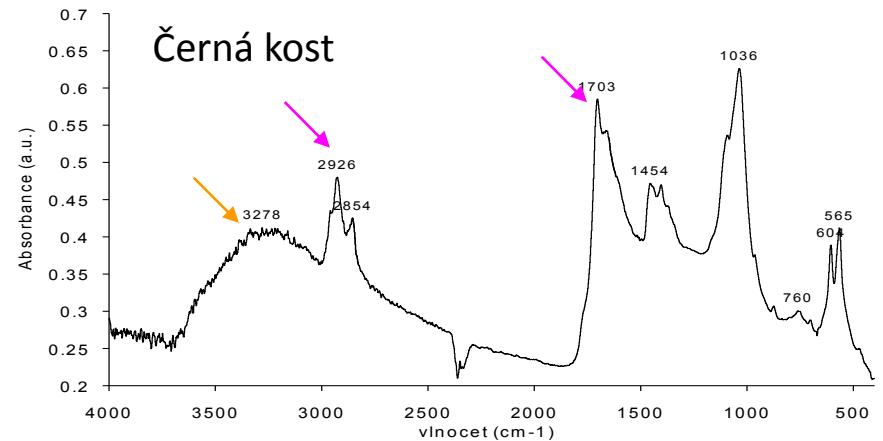
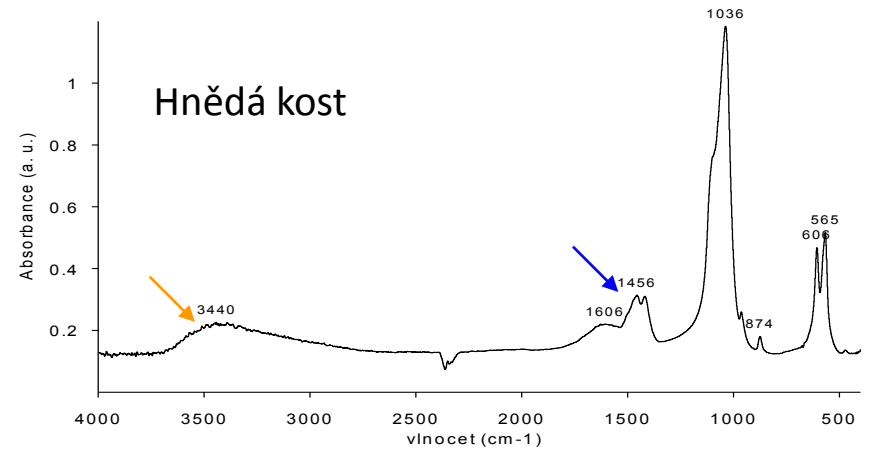
Zbarvení

	Munro et al. 2007	Walker et al. 2007
Kráva (hnědá kost)	250 – 300 °C	cca 250 °C
Kráva (černá kost)	cca 350 °C	350 – 400 °C
Kráva (bílá kost), prase, ovce/koza	> 700°C	cca 900°C

Kráva

Vliv vysoké teploty

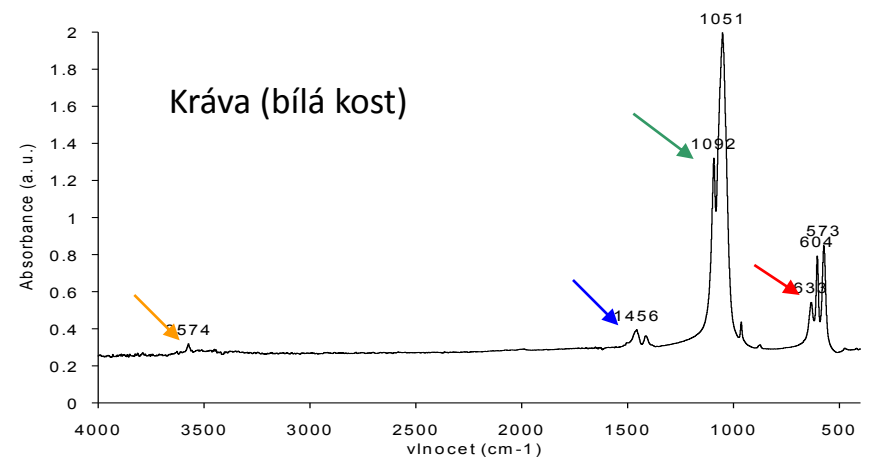
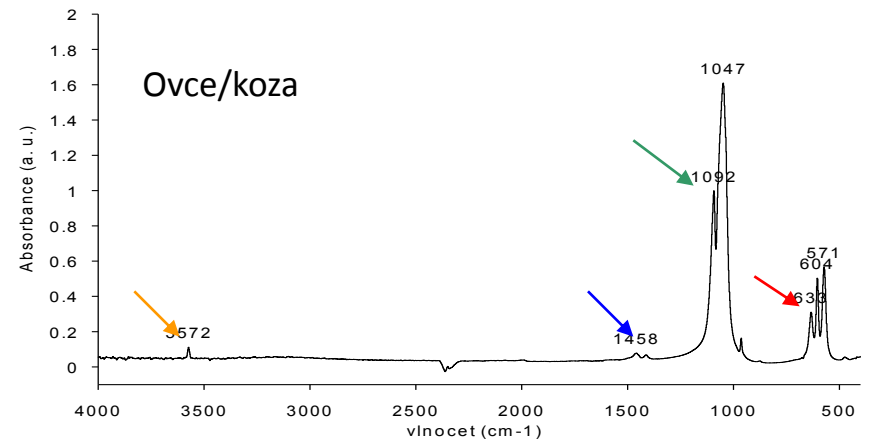
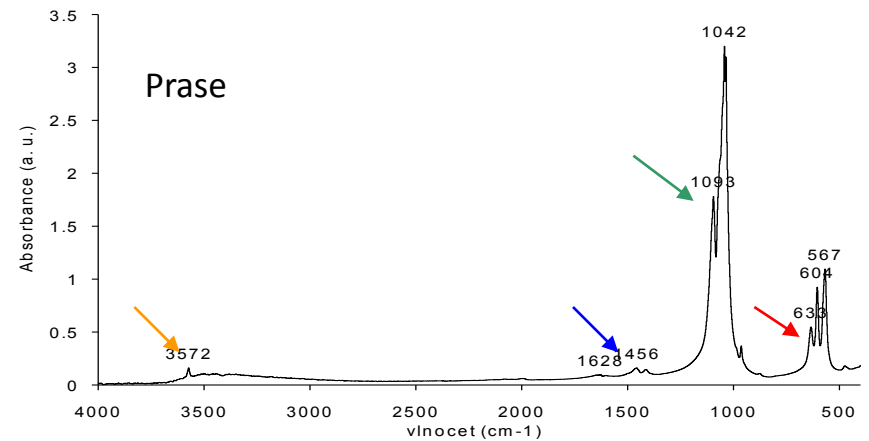
- ➔ Redukce OH pásu mezi 3600 -2600 cm^{-1}
- ➔ Redukce uhličitanového pásu (1459-1410 cm^{-1})
- ➔ Nový pás β -trikalcium fosfátu cca 1090 cm^{-1}
- ➔ Nový pás β -trikalcium fosfátu cca 655 cm^{-1}
- ➔ Pásky odpovídající organické složce kosti: C-H (2920-2950 cm^{-1}) a C=O (1700 cm^{-1}), resp. pásky N-H a O-H (3600 -2600 cm^{-1}) a C-O (1459-1410 cm^{-1} ; superpozice s pásky uhličitanu).





Teploty odhadnuté z infračervené spektrometrie odpovídají teplotám odhadnutým ze zbarvení a stupně spálení.

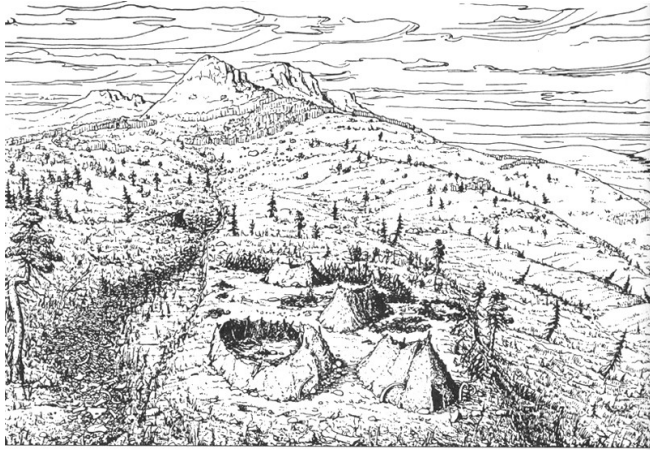
Kráva: **800 - 900 C**
 Prase a ovce/koza: **900 – 1000 C.**



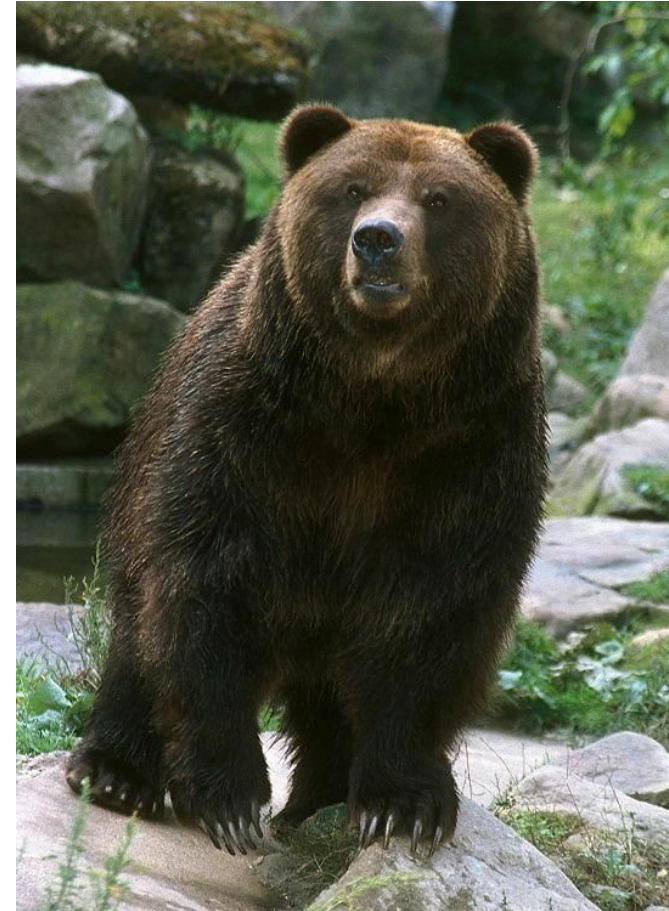
Prvková analýza kosterních pozůstatků



Dolní Věstonice II



Dolní Věstonice: pokus B. Klímy o rekonstrukci vzhledu sídliště „lovců mamutů“ pod Pavlovskými vrchy



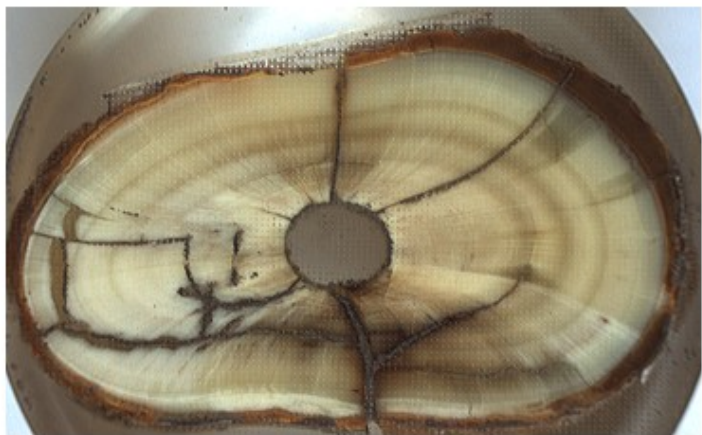
Špičák (C₁) fosilního medvěda hnědého (*Ursus arctos*), gravettien, 26 640 ± 110 BP (nekalibovaná ¹⁴C data).



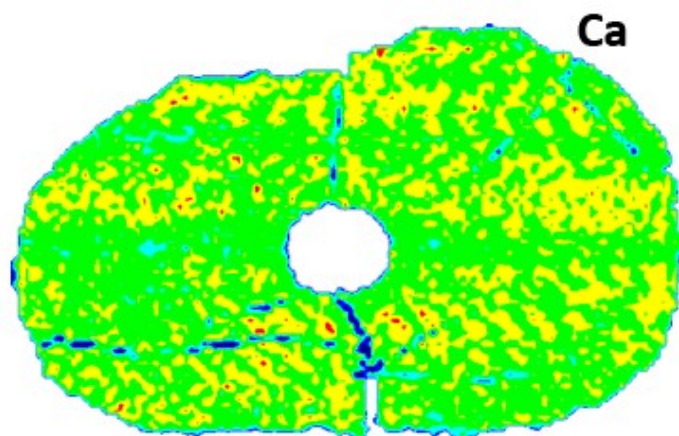
Prvek	obsah prvku ($\mu\text{g/g}$)	RSD
Ba	101	12
Zn	184	14
Sr	374	6

obsah Zn [mg/kg] : býložravci → **všežravci** → **masožravci**
 90-150 → **120-220** → **175-250**

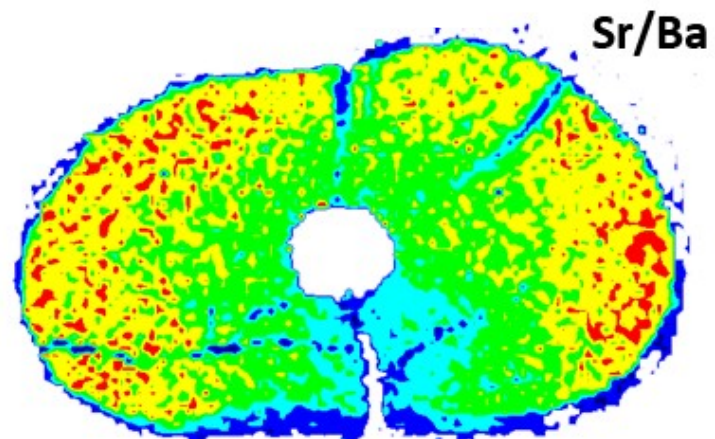
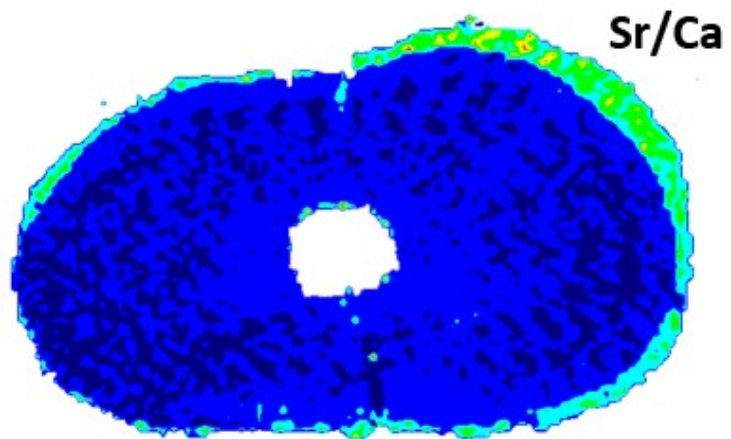
Content Sr[mg/kg]: **masožravci** → **všežravci** → býložravci
 100-300 → **150-400** → 400-500

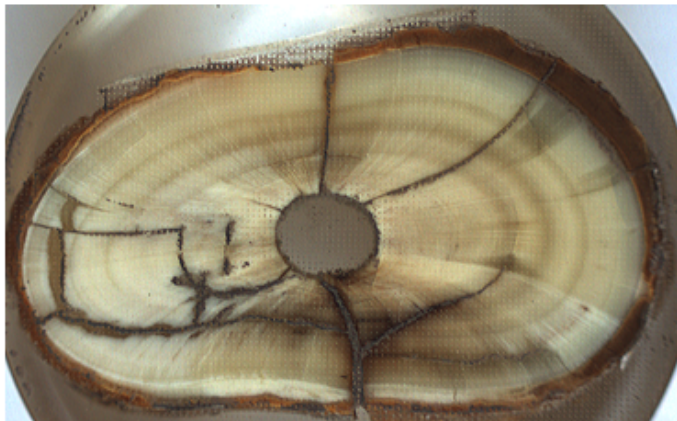


5 mm

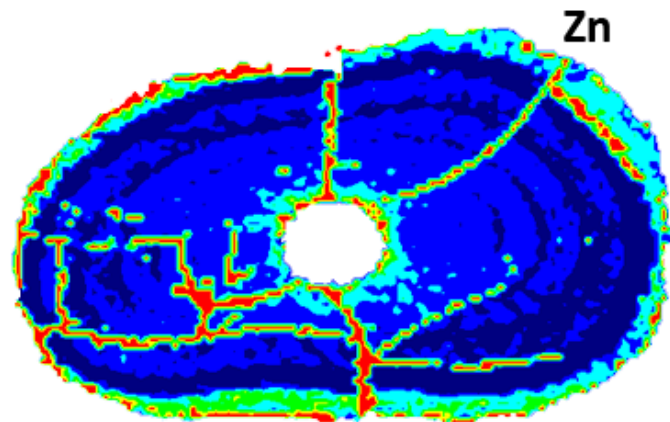


Relative abun.

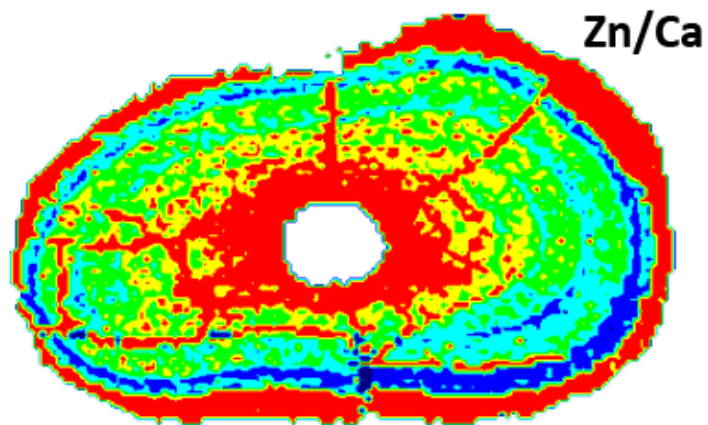
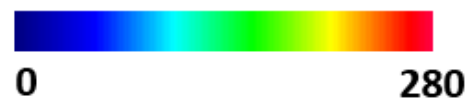




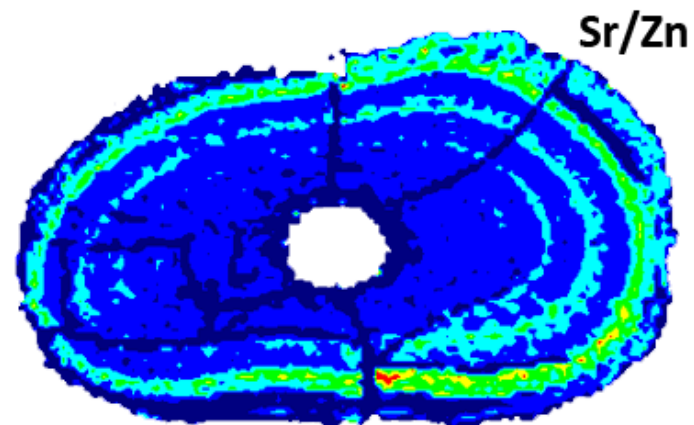
a)



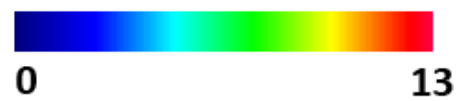
b)



c)



d)



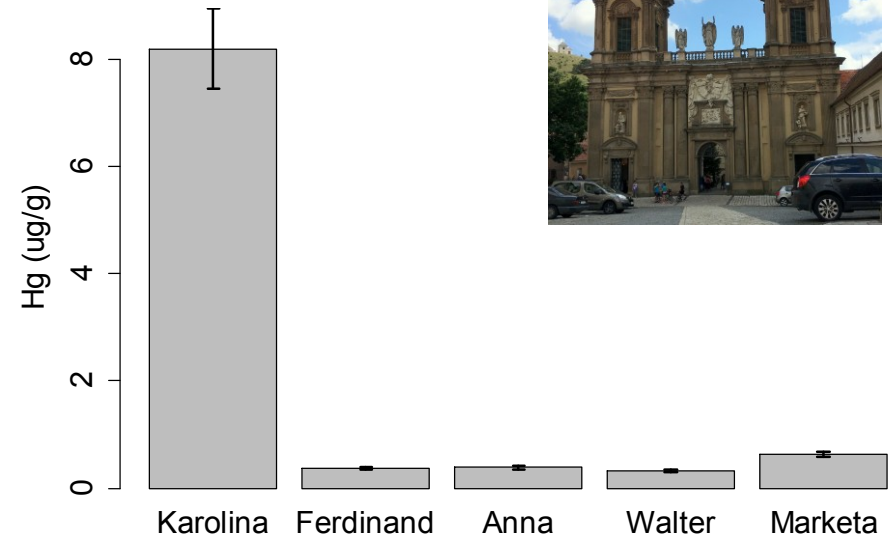
Mikulov

Výzkum rodinné hrobky Dietrichsteinů.

Kněžna Karolina Maxmiliána (†1734) trpěla nějakou blíže neurčenou, a na kosterních pozůstatcích nezjistitelnou, chorobou (uvažuje se o tzv. „rychlých souchotinách“).



Jméno	Rok úmrtí	Hg ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
Karolina Maxmiliána Dietrichsteinová	1734	$8,20 \pm 0,23$
Robert Burns	1844	8,02
Andrew Jackson	1845	6,0 5,6
Napoleon Bonaparte	1821	$3,98 \pm 0,29$ 3,3 4,7



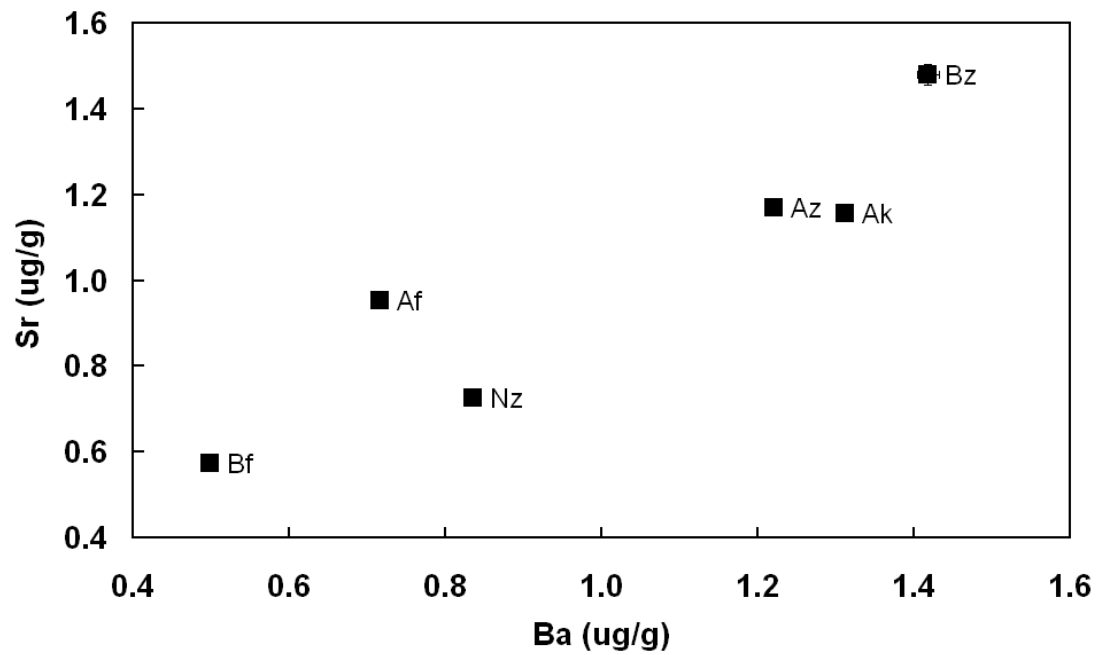
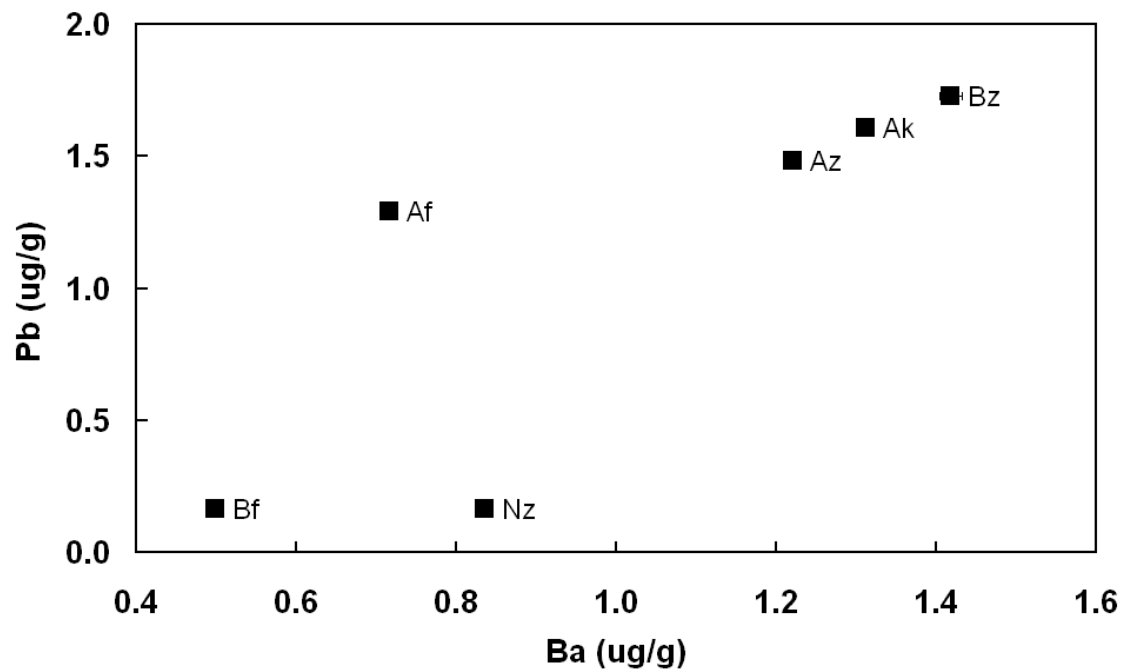
Uherské Hradiště

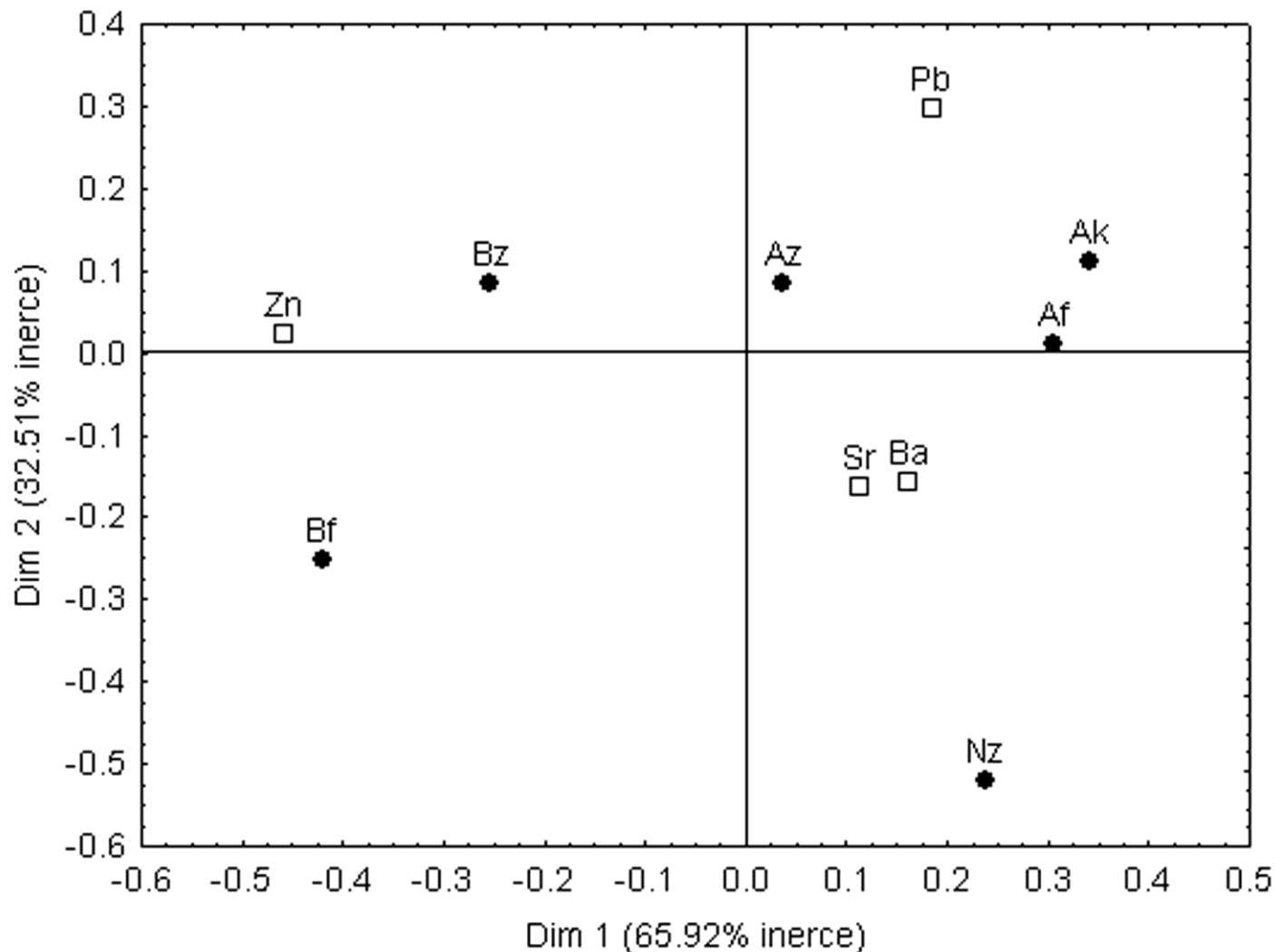
při záchranném archeologickém výzkumu klášterního kostela vyzvednuty na Rajském dvoře kláštera kosterní pozůstatky. Podle názoru autora výzkumu, archeologa R. Snášila, mohly pozůstatky patřit zakladateli kláštera biskupu Janu Filipcovi. Ten měl být původně pohřben před hlavním oltářem, jeho pozůstatky se zde však nenašly (biskupův náhrobek je vsazen do severní stěny presbyteria).

Jan Filipec (†1509) biskup velkvaradínský a správce olomouckého biskupství, diplomat ve službách uherského krále Matyáše Korvína a poté českého a uherského krále Vladislava Jagellonského.

Mauzoleum, kde byl biskup původně pohřben, bylo patrně vykradeno a jeho hrob vypleněn. Pokud se tedy jedná o pozůstatky biskupa, musel být na Rajském dvoře pohřben sekundárně. V hrobě byly nalezeny fragmenty dřevěné rakve s hřebíky, nedovřený zlatý kroužek (snad součást biskupského řetězu) a zvířecí kosti.





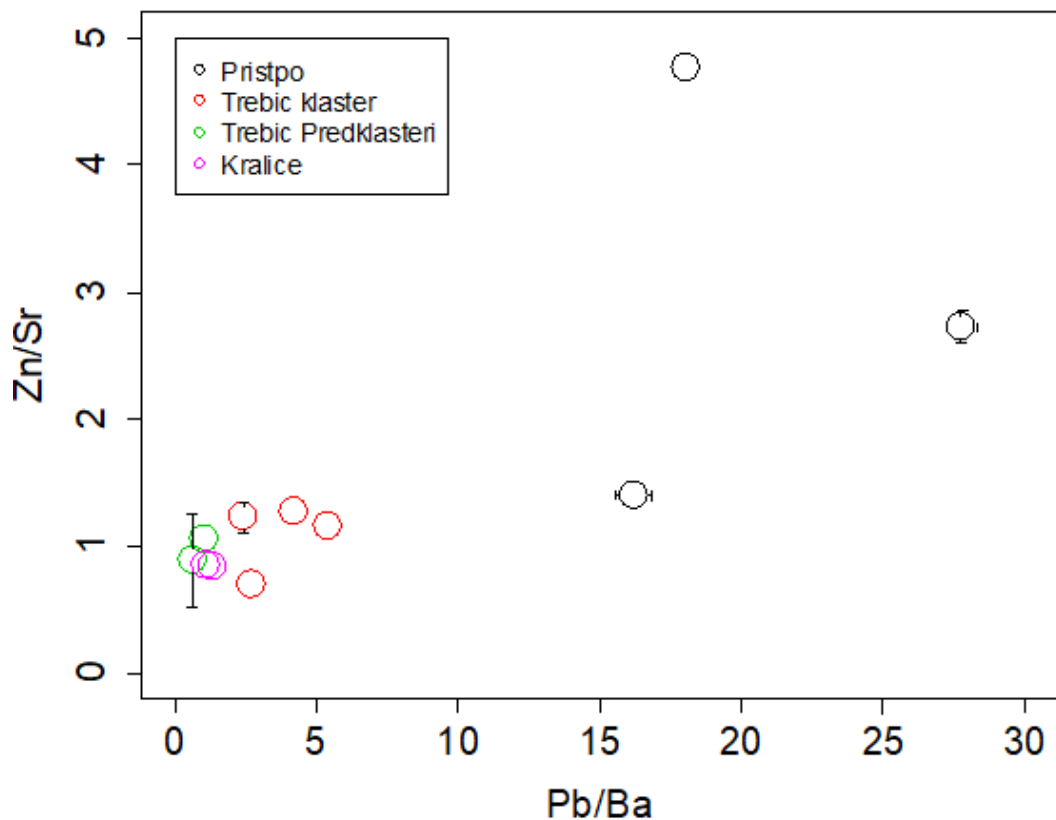


Vysoký obsah Pb v kostech jedince A může být jedním z podpůrných argumentů pro jeho ztotožnění s biskupem Janem Filipcem, který byl velkým milovníkem vína. Z tohoto hlediska je zajímavá historická zpráva o onemocnění biskupa Jana Filipce dnou: toto onemocnění, pokud ovšem nešlo o jinou chorobu, bývá totiž častým symptomem subchronické otravy olovem.

Příštpo

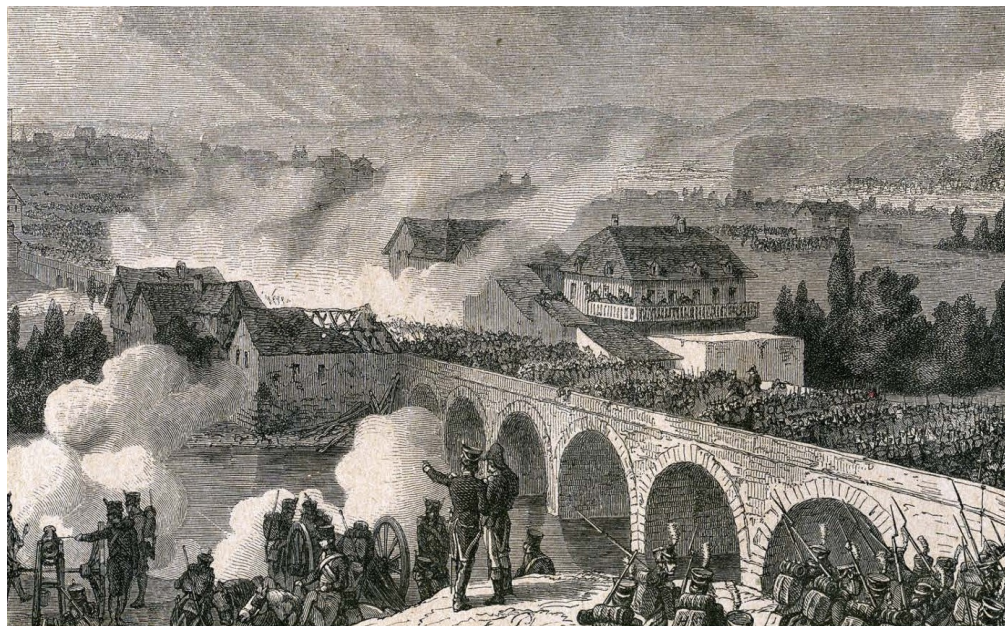
Příštpo je obec ležící cca 3 km jihovýchodně od Jaroměřic nad Rokytnou.

Při kopání sklepa domu č.p. 54 byly nalezeny neúplné kosterní pozůstatky minimálně pěti jedinců mužského pohlaví. Až na jednoho dospělého jedince byli ostatní staří cca 18–20 let.



Vzorek	Kost	Pb ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
Třebíč - klášter	žebro	9.83 ± 1.56
Třebíč - klášter	žebro	22.90 ± 0.88
Třebíč - klášter	žebro	16.32 ± 1.02
Třebíč - klášter	lebka	17.43 ± 0.22
Třebíč - Podklášterí	žebro	7.03 ± 2.74
Třebíč - Podklášterí	lebka	6.96 ± 1.56
Příštpo	žebro	43.79 ± 3.12
Příštpo	žebro	67.39 ± 1.88
Příštpo	žebro	50.07 ± 6.88
Kralice nad Oslavou	žebro	5.00 ± 3.94

Průzkumem kosterních pozůstatků z hromadného hrobu napoleonských vojáků nalezeného ve Znojmě byl zjištěn nízký věk pohřbených jedinců.



Nález z Příštpa je hromadný hrob francouzských (?) vojáků po bitvě u Znojma roku 1809, kteří zemřeli cestou do lazaretu v Jaroměřicích nad Rokytnou.



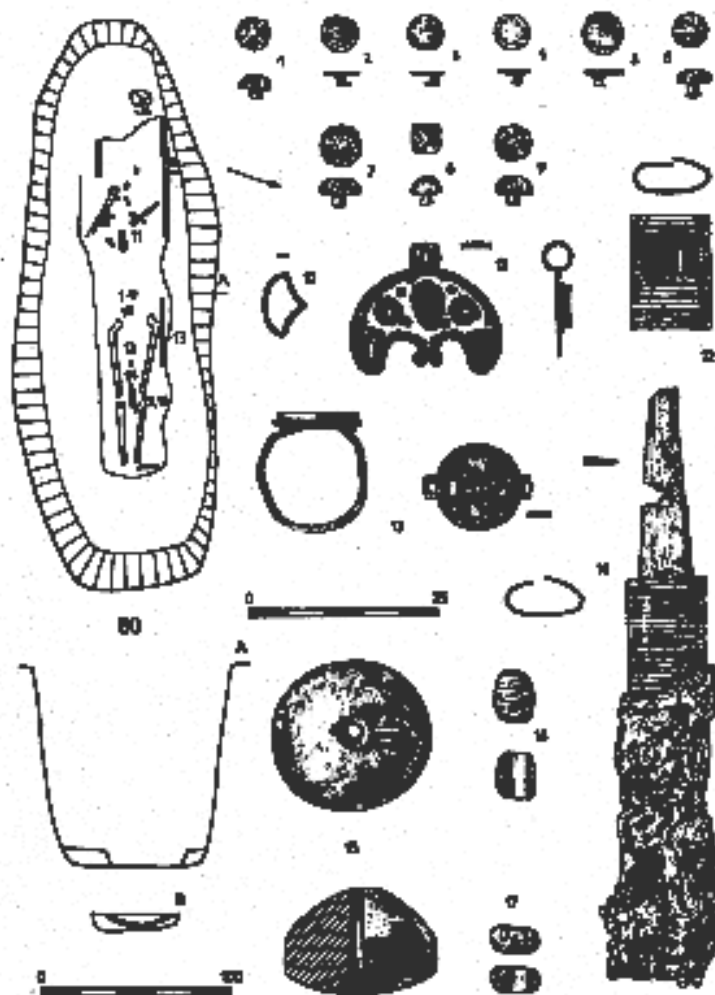
Hrob obětí napoleonských válek.
Jaroměřice nad Rokytnou.



Strachotín

výzkum pohřebiště z doby stěhování národů (kmen Langobardů)

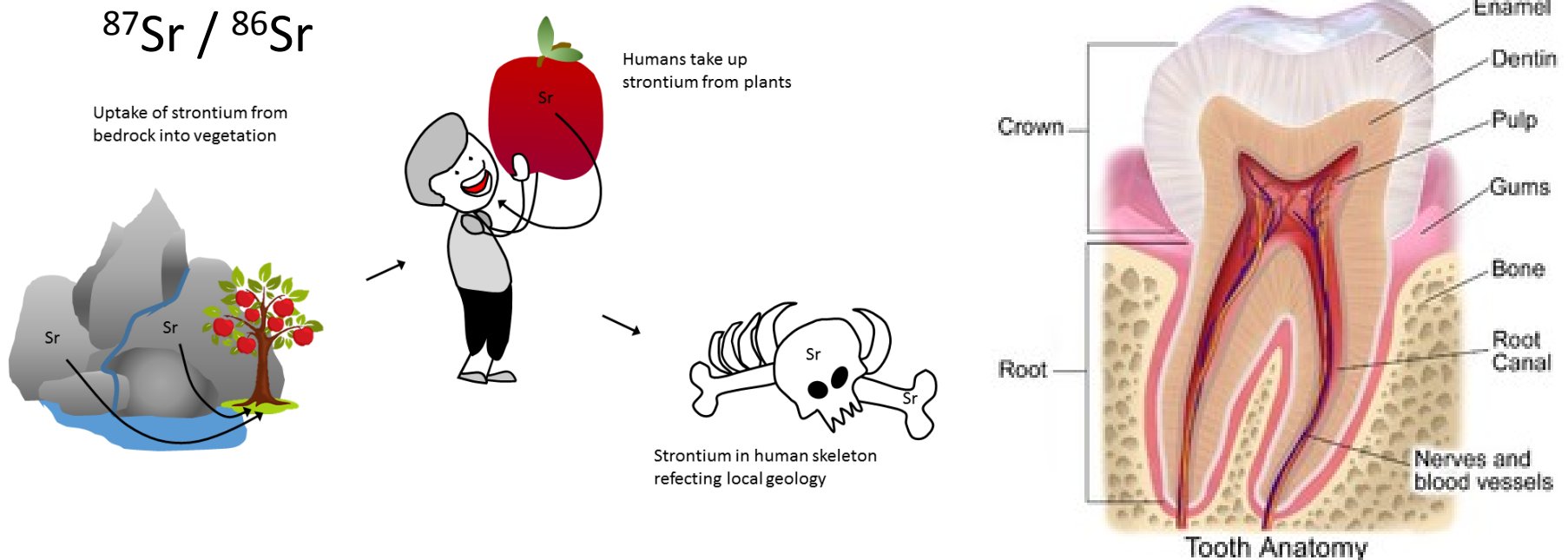
Vyloupený hrob č. 80



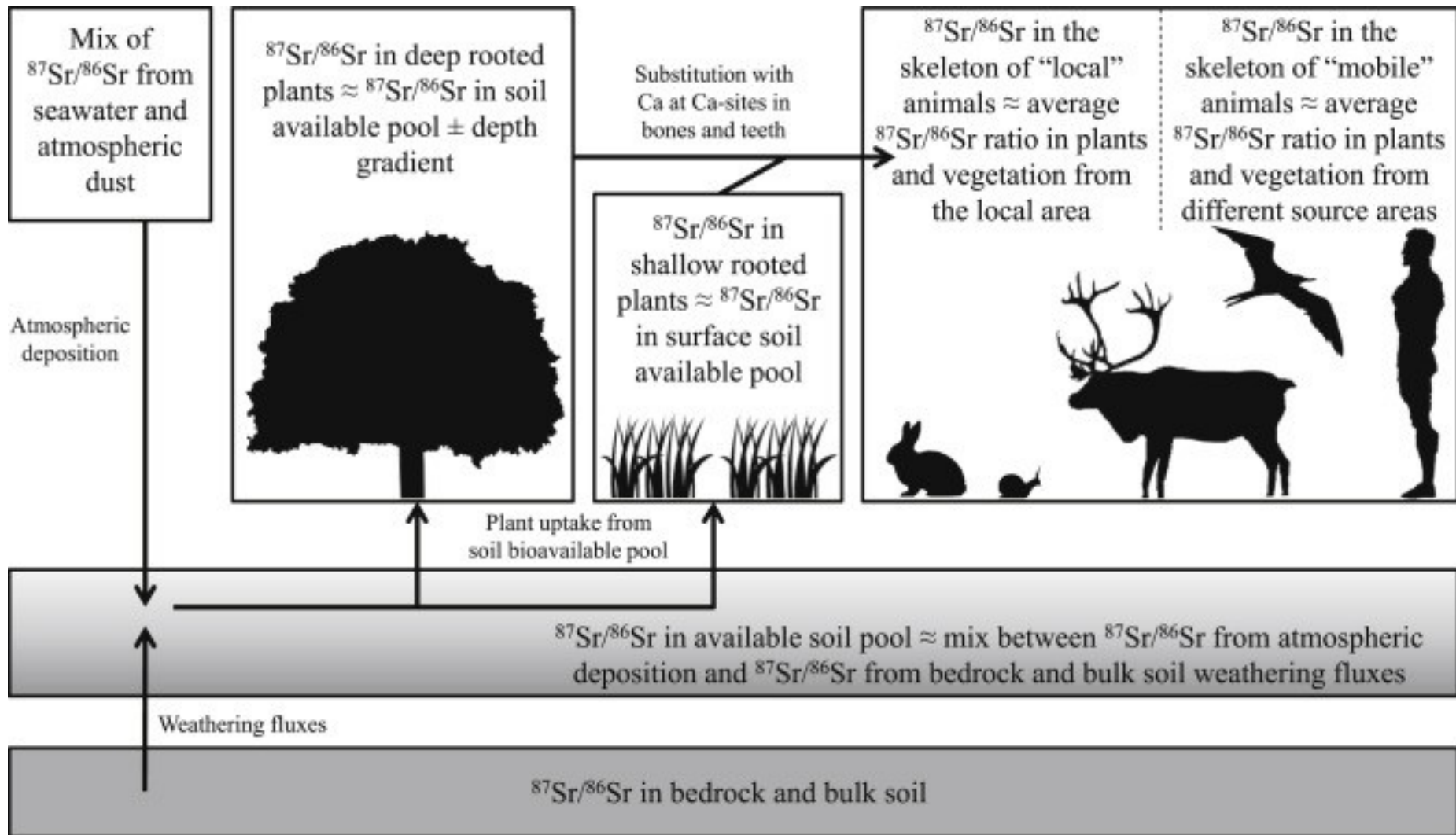
Obz. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22.

Poměr izotopů stroncia ($^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$)

Poměr stabilních izotopů stroncia ($^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$) primárně závisí na geologickém stáří a následných geochemických procesech (např. přeměna hornin, smísení hornin různého stáří, apod.). To vede ke vzniku lokálních rozdílů v poměru $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$.



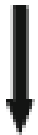
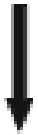
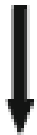
Poměr izotopů stroncia ($^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$)



Interpretace

Outcome A:

Enamel $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = \text{Bone } ^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$



Option 1: Individual was born and lived locally during entire lifetime.

Option 2: Individual moved from one locale to another with identical $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios.

Option 3: Individual moved from one locale to another but continued to eat foods from former place of residence.

Outcome B:

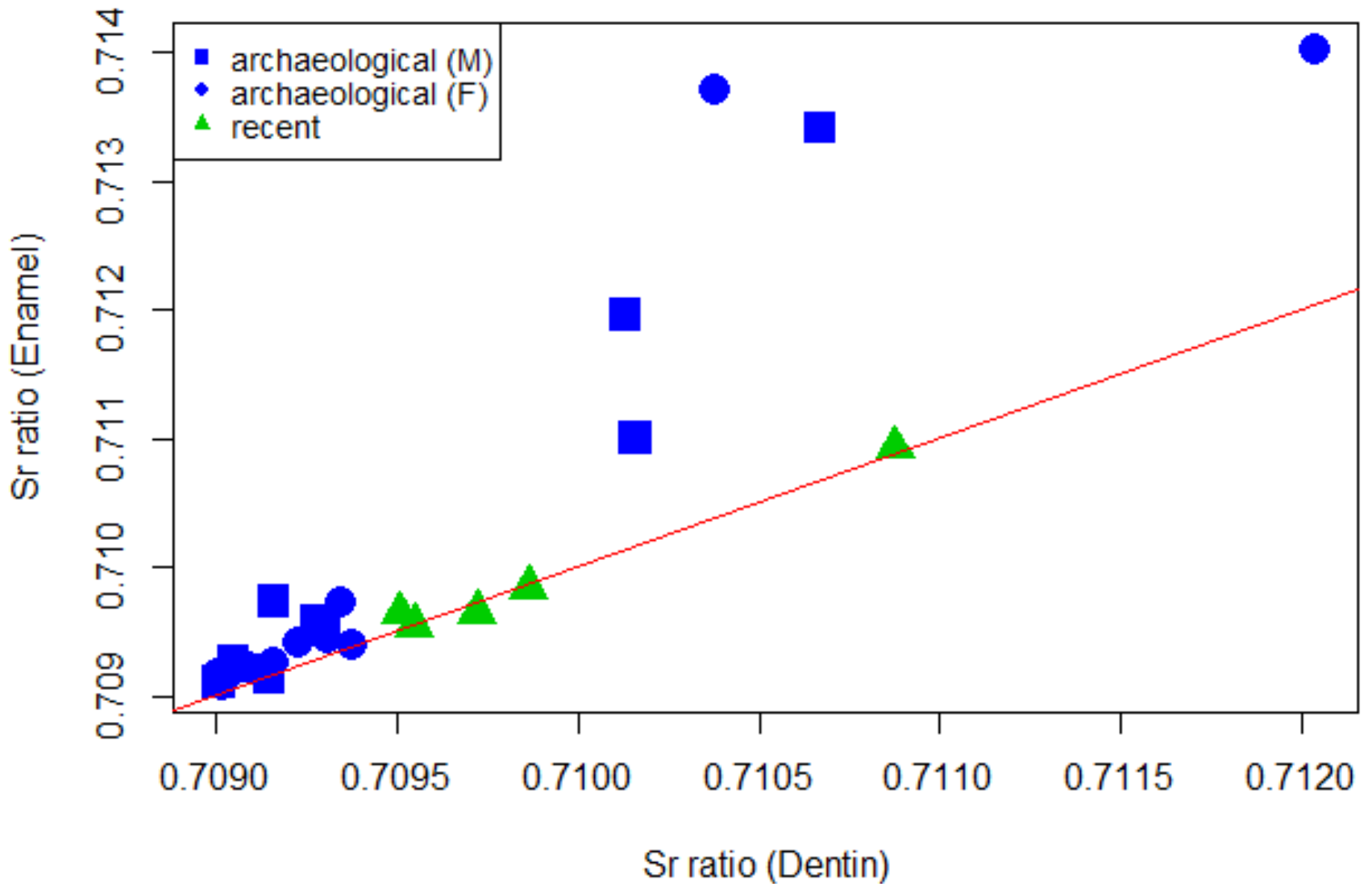
Enamel $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} \neq \text{Bone } ^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$



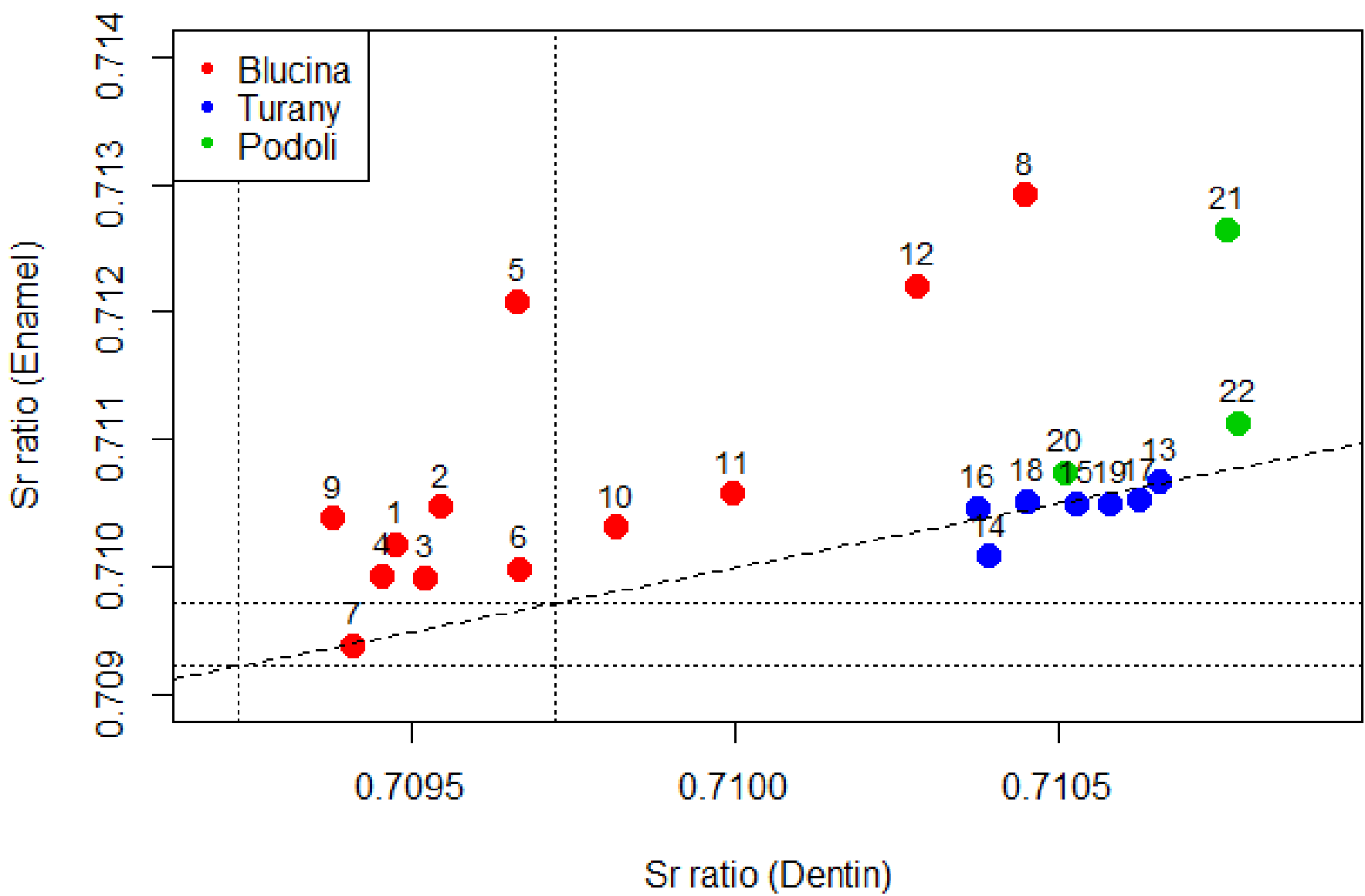
Option 1: Individual spent childhood in one locale and adulthood in another locale.

Option 2: Individual lived locally during entire lifetime but consumed imported foods during childhood or adulthood

De Heul (Wijk bij Duurstede), raný středověk



Blučina, Tuřany a Podolí (mladší doba bronzová)



Výrazný rozdíl v izotopových poměrech ve sklovině a dentinu jedince 12 z Blučiny a jedince 14 z Tuřan může souviset s jejich **ženským pohlavím** (u juvenilních jedinců 8 a 21 nebylo pohlaví možno určit).

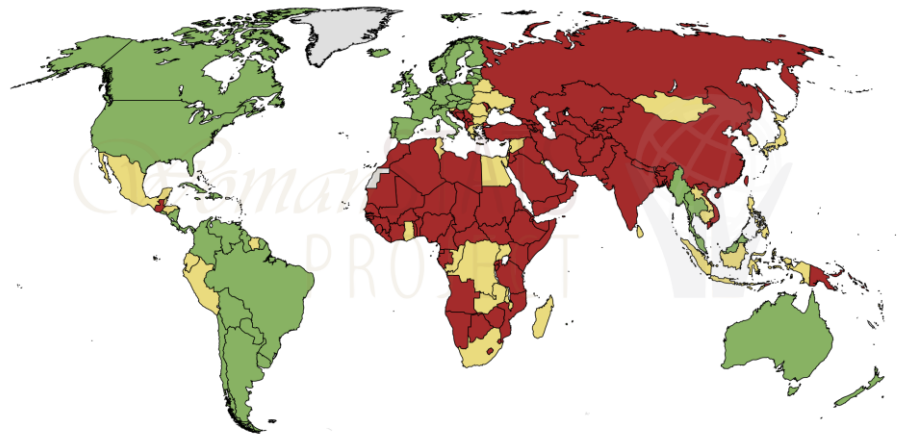


patrilokální exogamie





(nevěsta přichází do rodiny manžela, pro středoevropskou dobu bronzovou byla patrilokalita typická)

Prevalence of Patrilocal Marriage

Scaled 2016



MARR-SCALE-1
Data The WomanStats Project
<http://womanstats.org>

-  No expectation of living with either his or her family (no evidence that more than 5% of marriages are patrilocal)
-  Softening patrilocality, a young couple may be expected in exigency to live with his family. More than 5%, but less than or equal to 20%
-  Strong presence of patrilocality; young couples are expected to live with the husband's family, greater than 20% of marriage
-  No Data

Rozklad kosterních pozůstatků



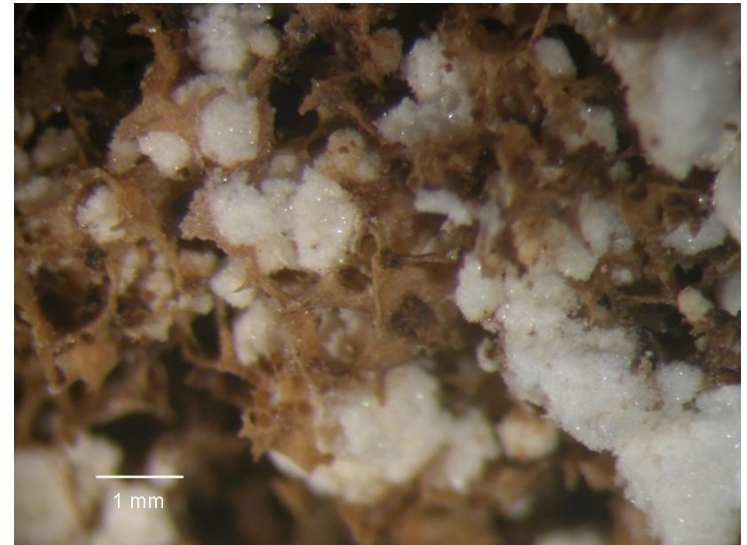
Transformace kostního minerálu

V kyselém prostředí:

hydroxyapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) \rightarrow *brushit* ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$)

pH: 7,0 – 7,5 (fyziologické)

pH: 4,5 – 6,0



Kníže Walter Xaver Dietrichstein, 18. stol., Mikulov)

Kosterní pozůstatky příslušníků rodu Dietrichsteinů

Mikulov



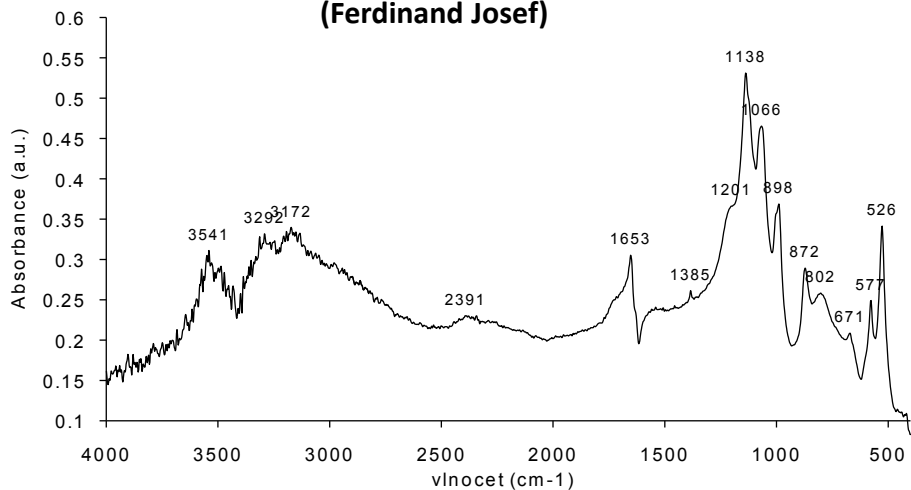


Vzorek 1. Fragment dlouhé kosti (kníže Ferdinand Josef)

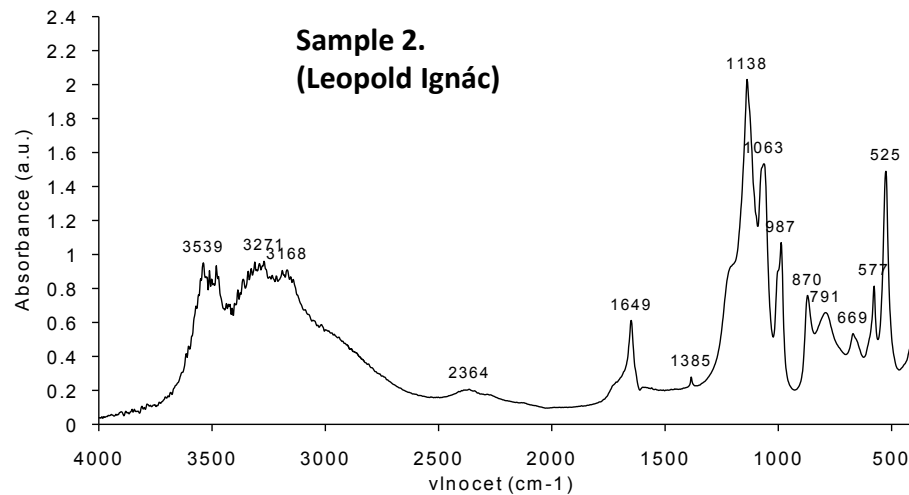
Vzorek 2. Fragment lebky (kníže Leopold Ignác)

Vzorek 3. Fragment obratle (kníže Walter Xaver)

Sample 1.
(Ferdinand Josef)

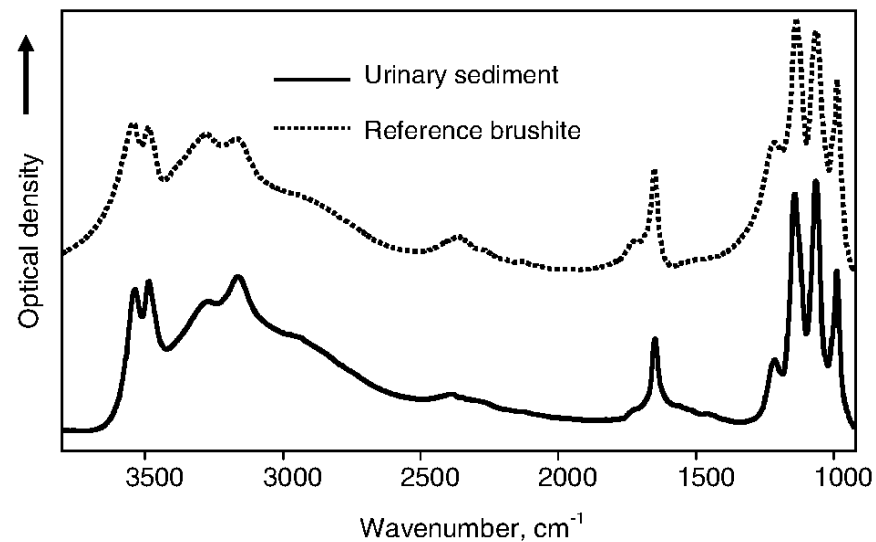
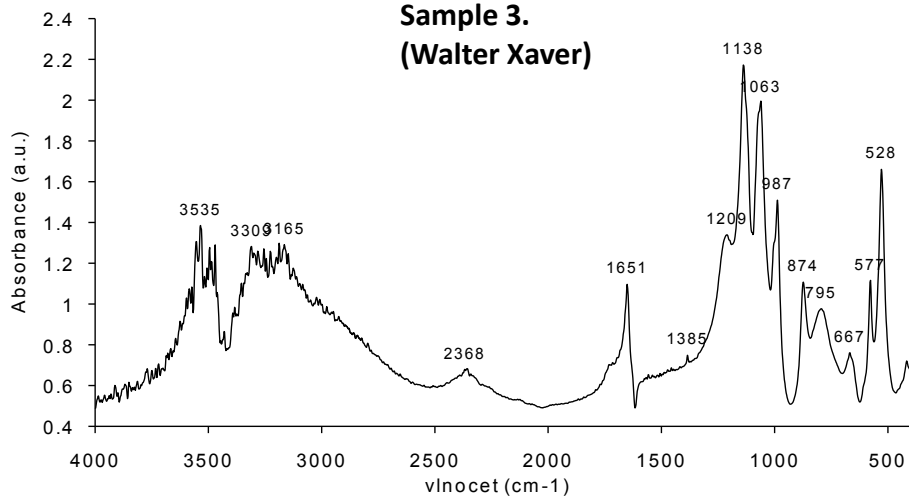


Sample 2.
(Leopold Ignác)



brushite

Sample 3.
(Walter Xaver)

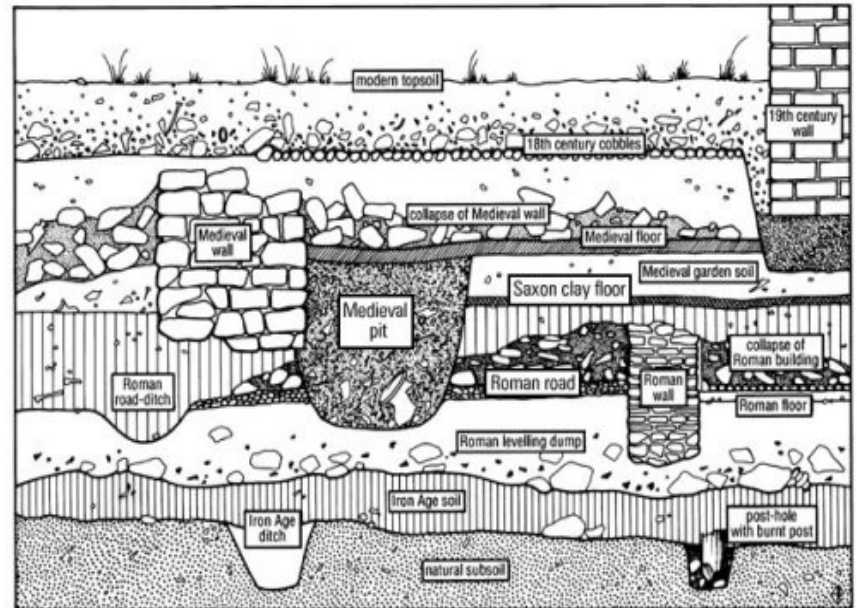
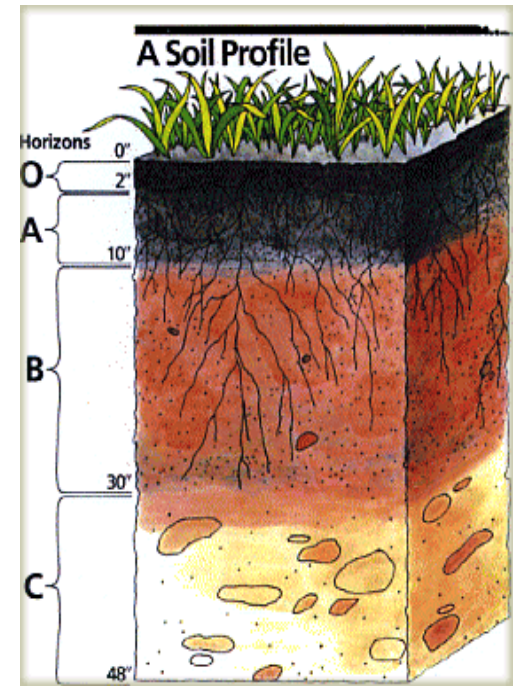


Analýza půdních vzorků v archeologii

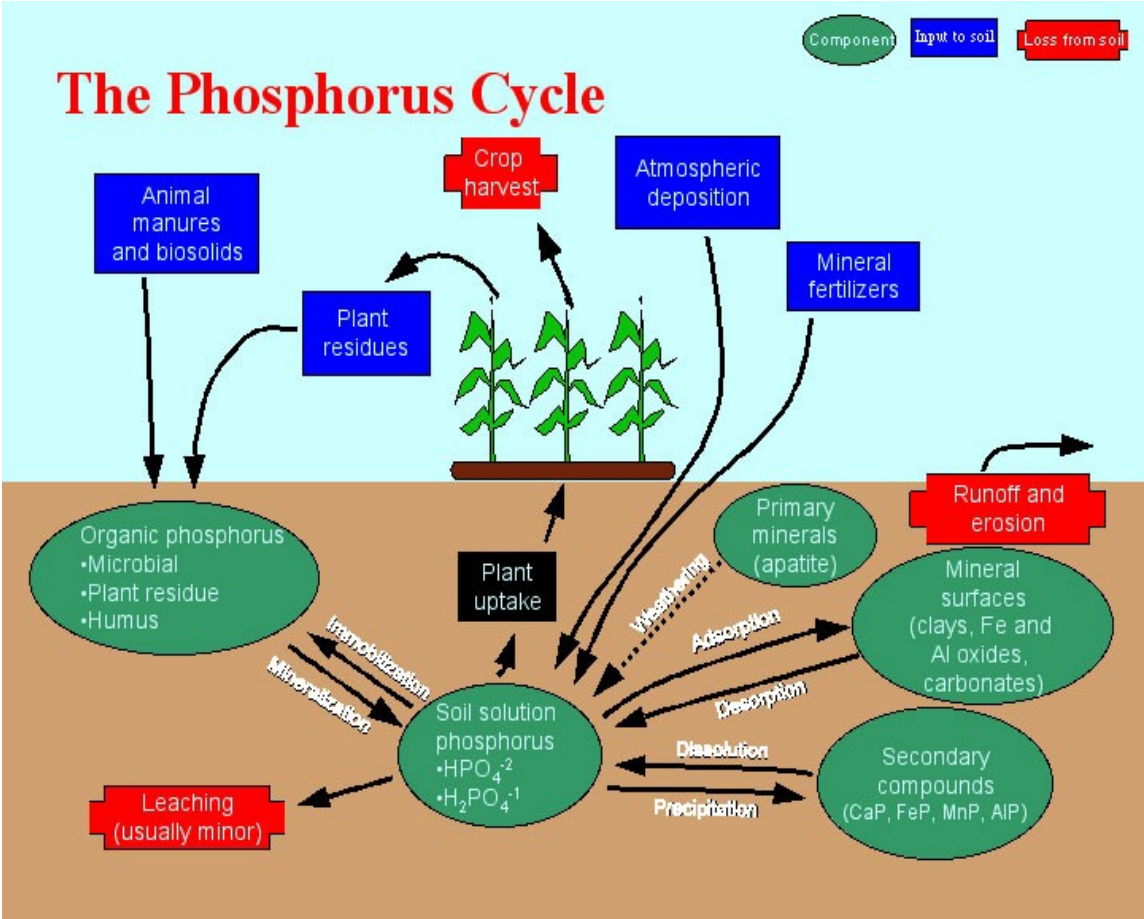
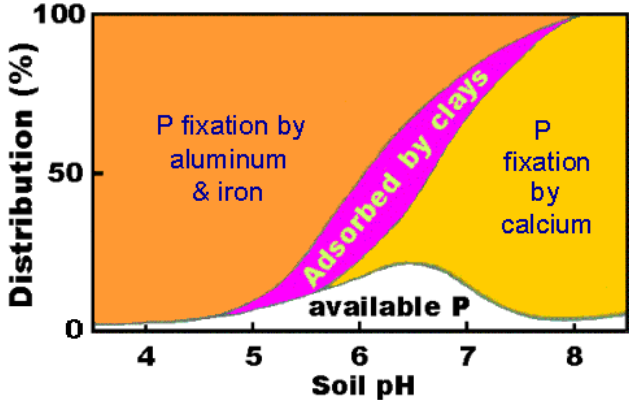


Půda a její vlastnosti

- zrnitost
- kyselost (pH)
- hustota
- zbarvení
- obsah organické složky
- obsah fosforu
- obsah uhličitanu

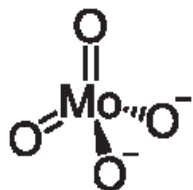
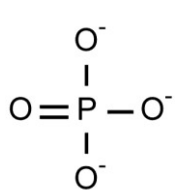


Fosfor

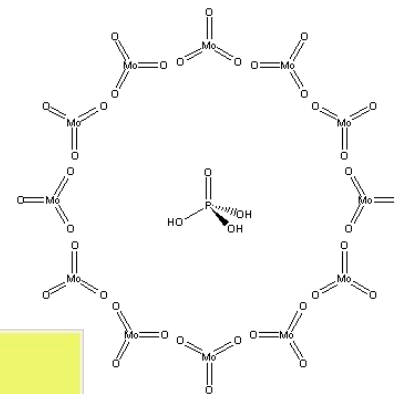


Molybdenová reakce

Fosfát + molybdenan \rightarrow fosfomolybdenová žluť



+



kys. askorbová

\downarrow

Vzorek

+

HCl

fosfomolybdenová modř



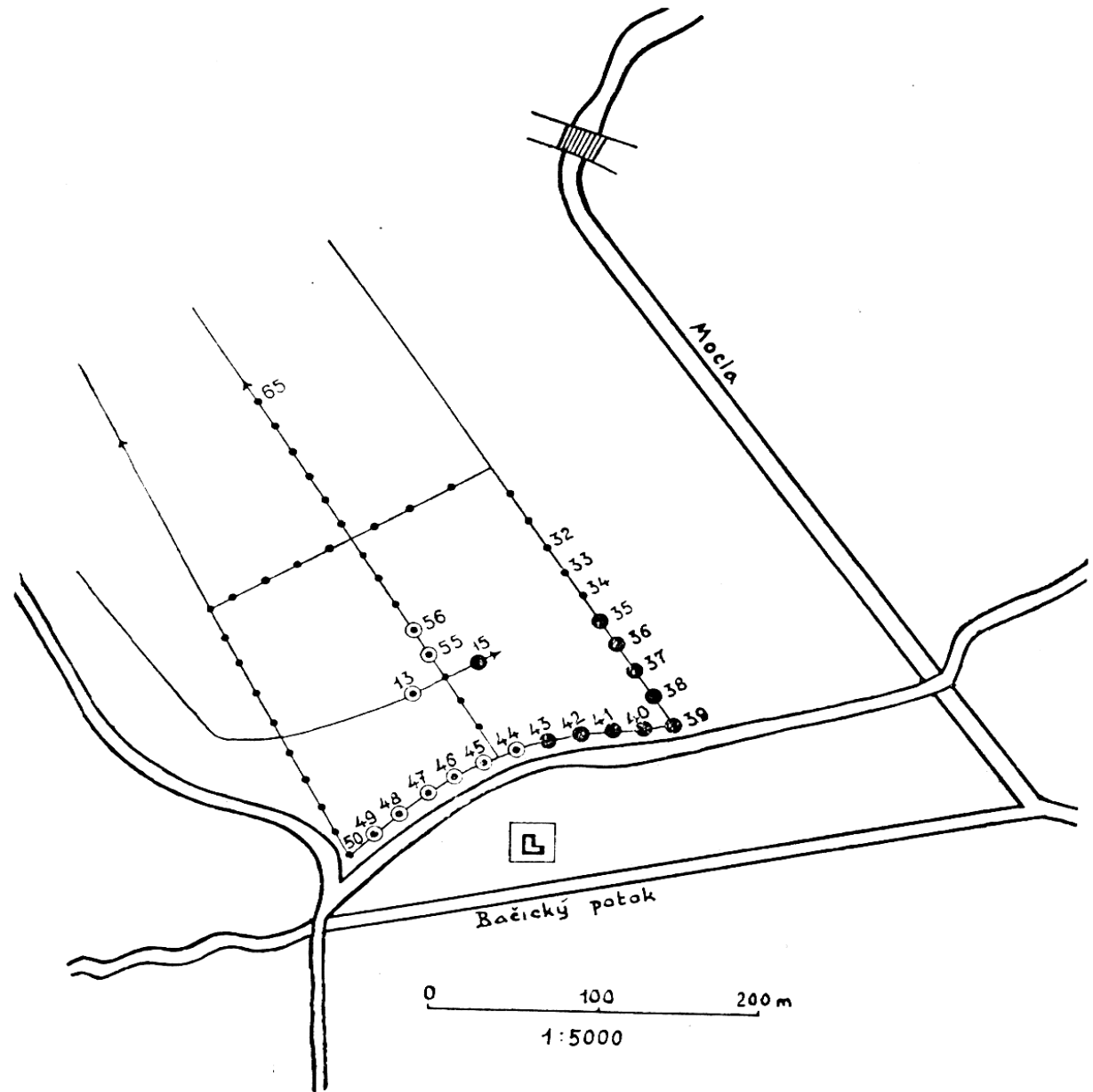
Polní test na fosfor

- Test na filtračním papíru podle Gundlacha



Fosfátová prospekce

ZSO Mstěnice
(Hrotovice, okr. Třebíč)



Plán sond k fosfátové půdní analýze.

● Vyznačena místa s obsahem fosforu podstatně zvýšeným.

Suchohrdly-Deblínek



- Legenda
- DEM
 - Vrstevnice
 - Vrty
 - Fosfáty mg/g

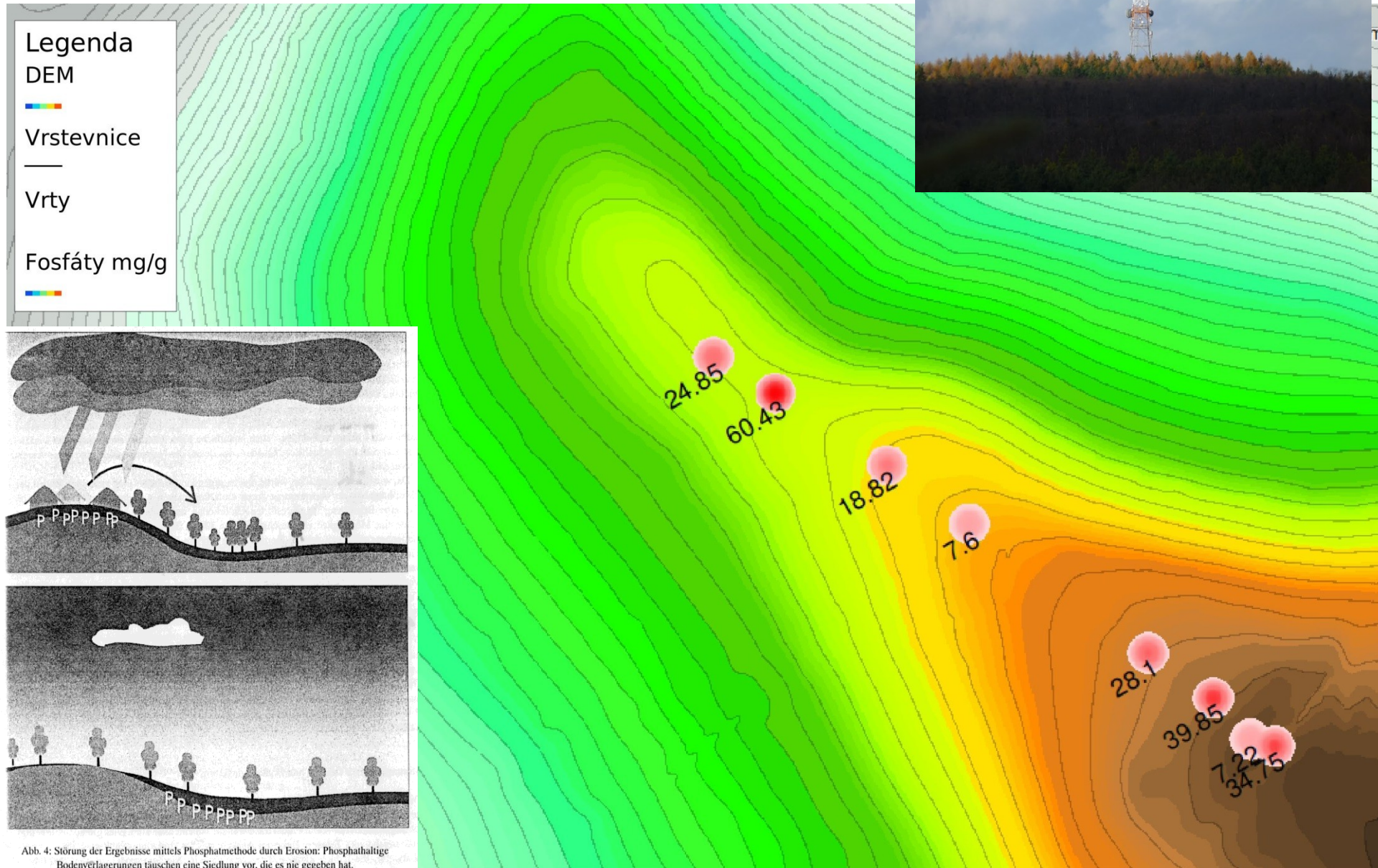


Abb. 4: Störung der Ergebnisse mittels Phosphatmethode durch Erosion: Phosphathaltige Bodenverlagerungen täuschen eine Siedlung vor, die es nie gegeben hat.

Kyjov

- pohřebiště z doby stěhování národů

Hrob H 1034

pohřeb je narušen v místech, kde se nacházely hlavy a trupy pohřbených jedinců

dolní končetiny jsou v obou případech sekundárním zásahem prakticky neporušené








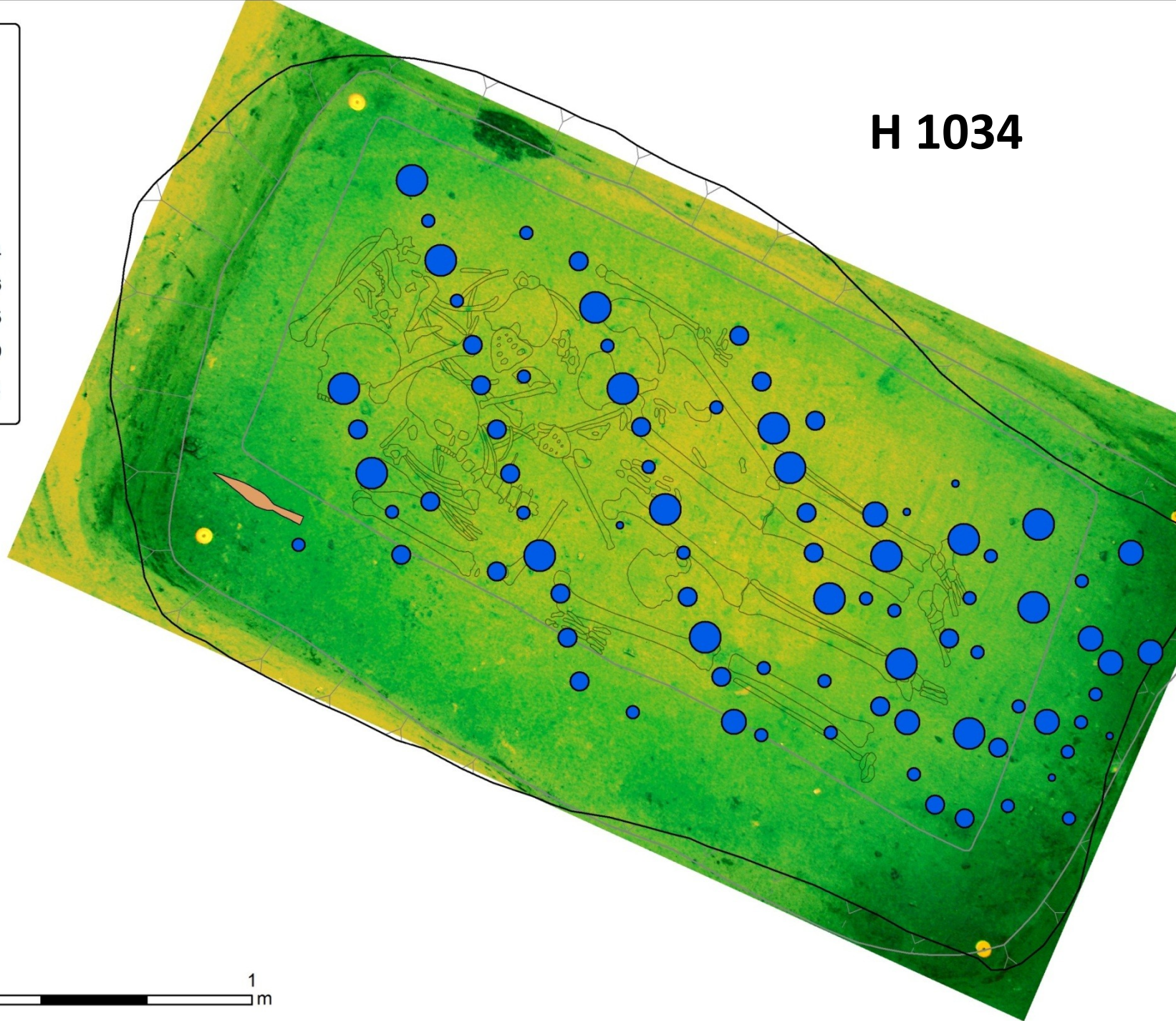
H 1034

-  Horní hrana
-  Dolní hrana
-  Hrot kopí
-  Kost

Fosfát

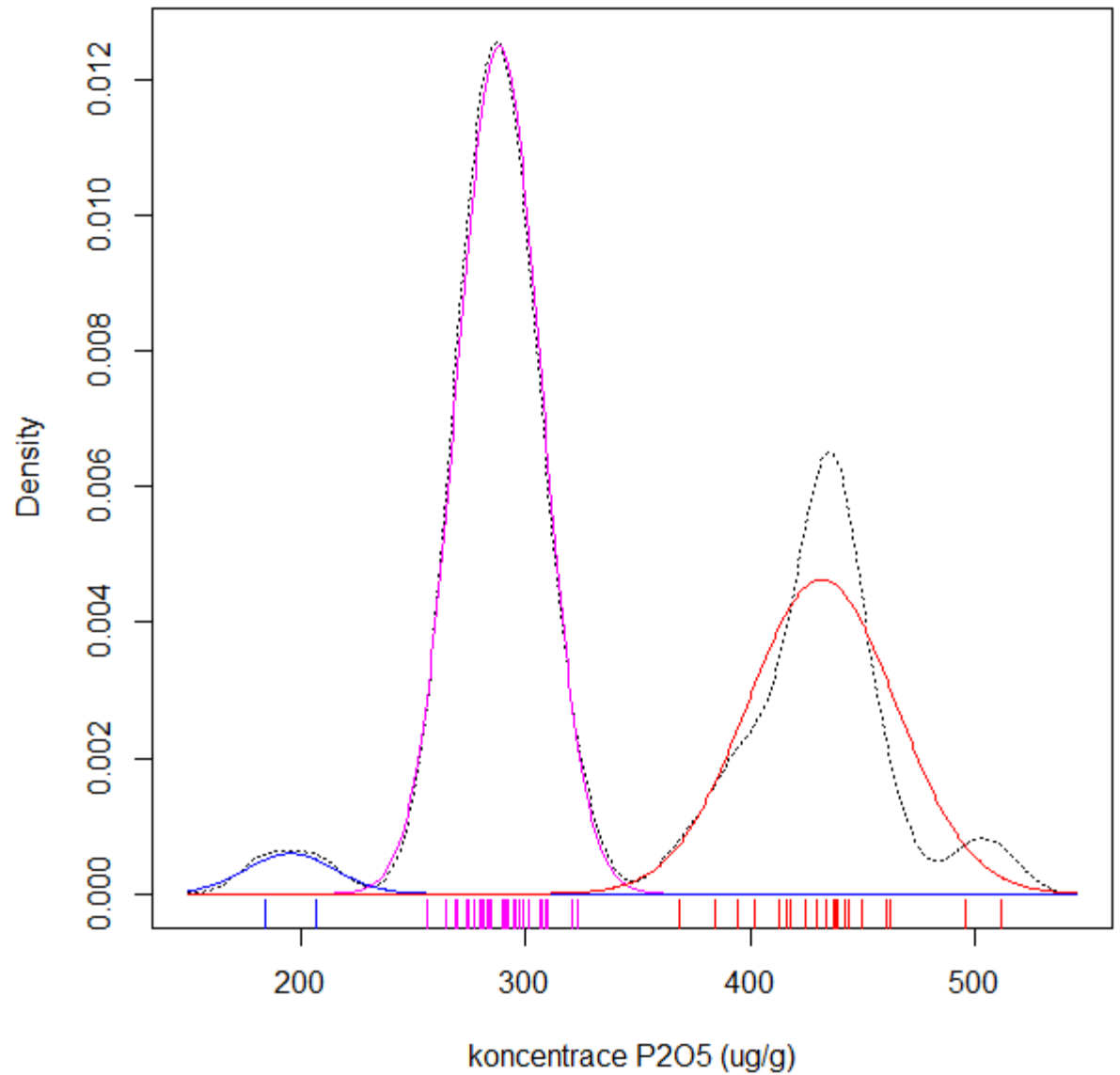
ppm X 100

-  1,837 - 2,304
-  2,305 - 2,846
-  2,847 - 3,235
-  3,236 - 4,179
-  4,180 - 5,114

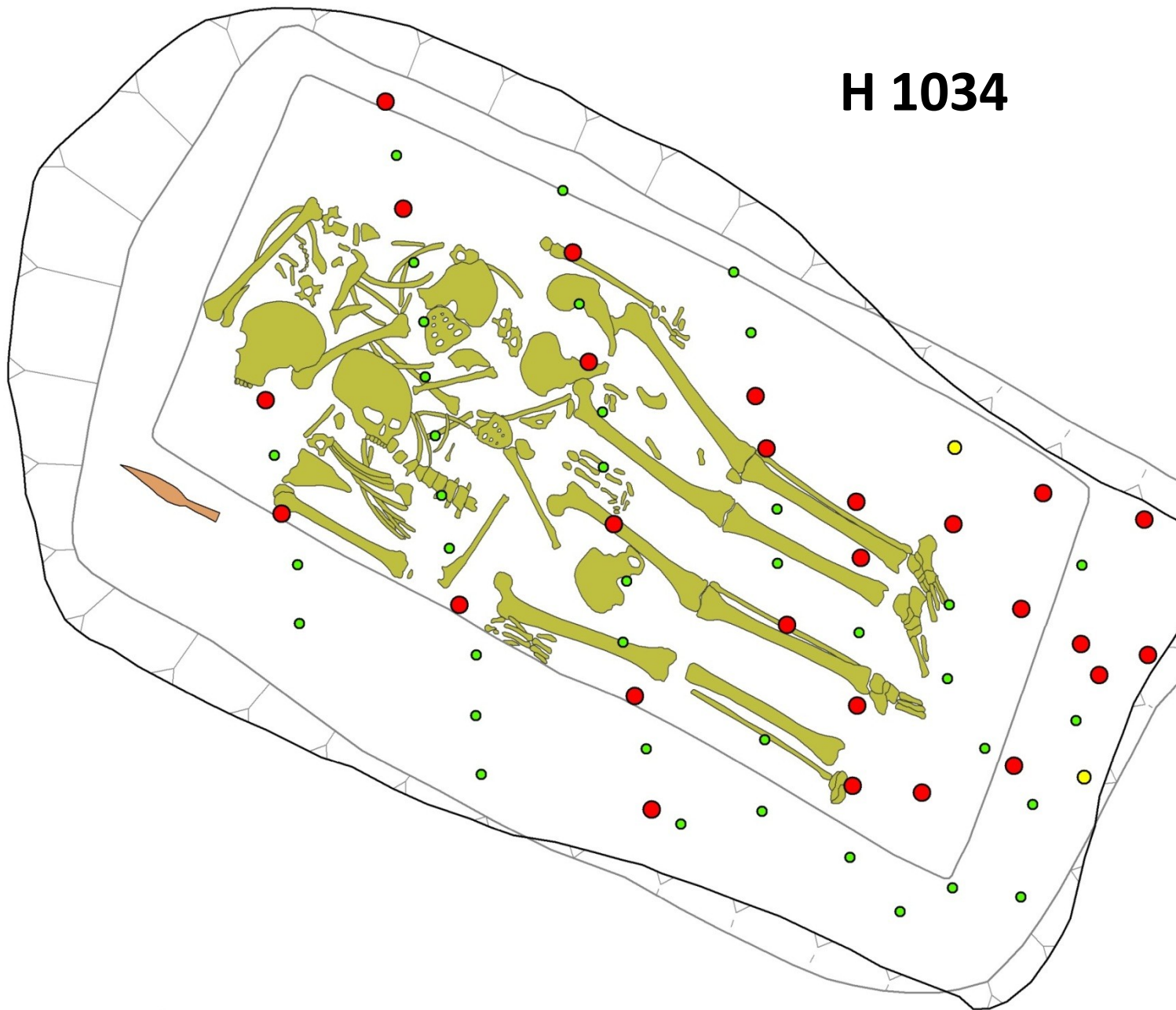


Kyjov, H 1034

Rozklad distribuce na
gaussovské složky
metodou maximální
věrohodnosti






H 1034



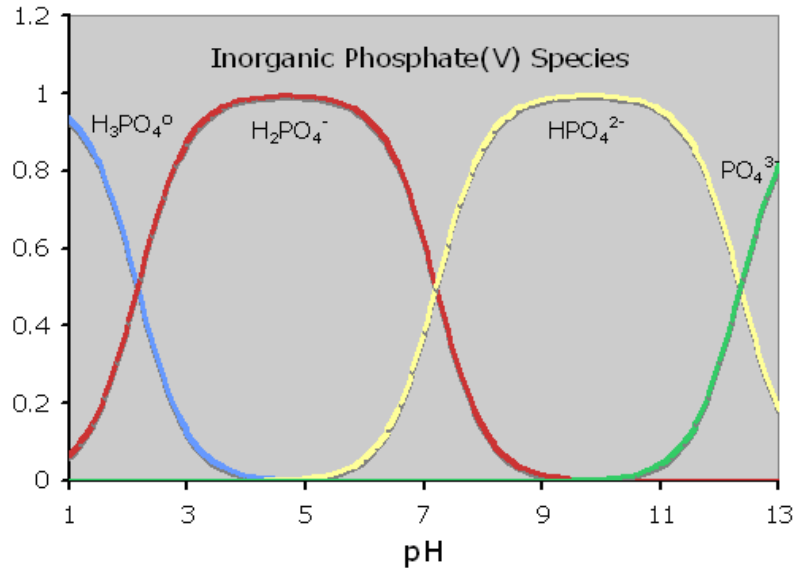
-  Horní hrana
-  Dolní hrana
-  Hrot kopí
-  Kost

Fosfát shluk

-  1
-  2
-  3



Rozklad kosterních pozůstatků

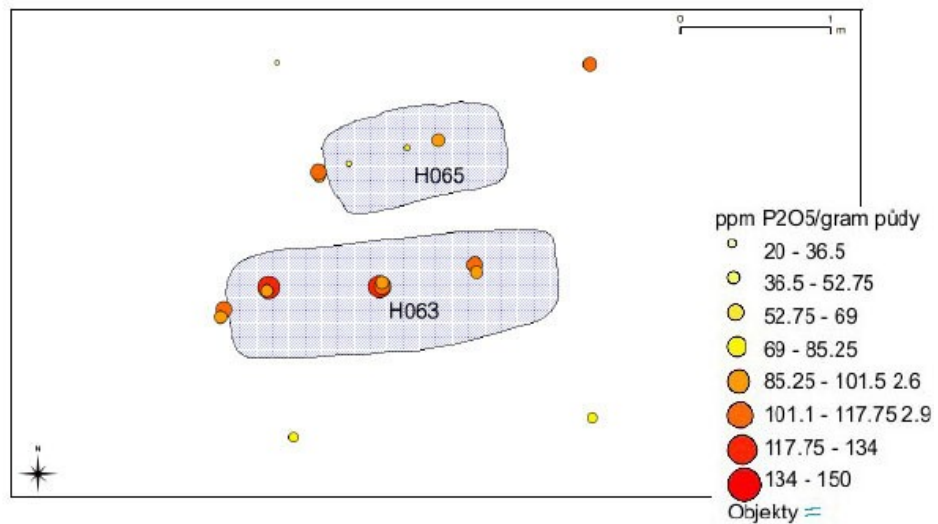
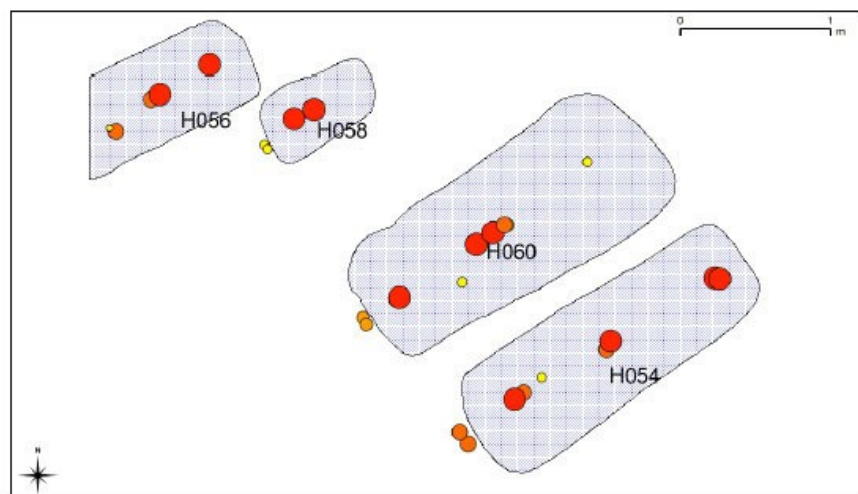
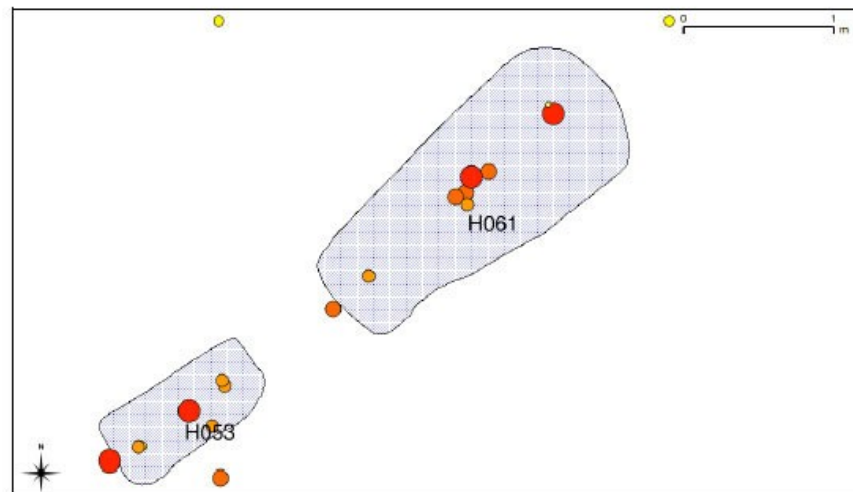
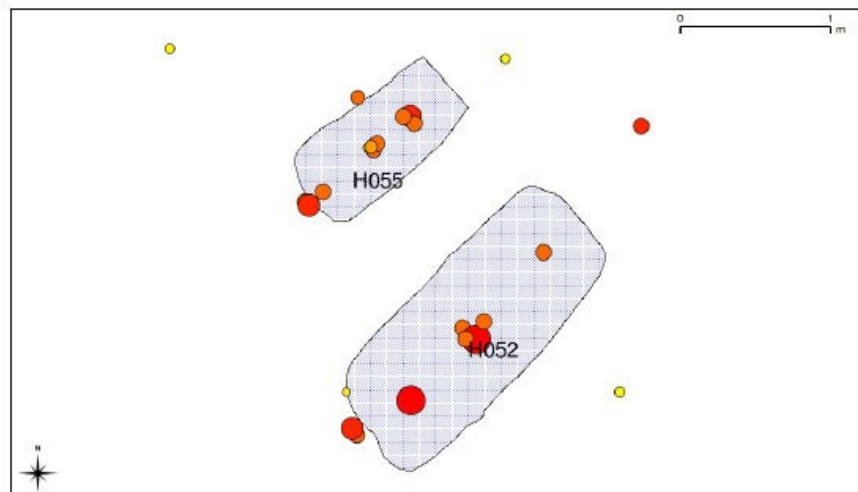


Totální rozklad skeletu

Mechanismem rozkladu je přeměna hydroxyapatit → brushit, rekrytalizace vede k mechanickému rozrušení kostního minerálu a následnému vzniku „siluety“, či totálnímu rozkladu skeletu (k dokumentaci silně nebo zcela rozložených skeletů je vhodné využít fotografii v UV oblasti). Přeměna může být indukována:

1. **nízkým pH půdy** (< 7; kyselá půda, vysoký obsah huminových kyselin)
2. **kyselými metabolity saprofytních mikroorganismů** (např. kys. citronová, šťavelová, aj.), napadajících buď tělo (zejm. plísně, v menší míře bakterie), nebo materiál rakve (dřevokazné houby). Uplatňuje se např. v hrobech v alkalických půdách a v kryptách. Charakteristickým projevem biogenního rozkladu je významný rozdíl v zachovalosti jednotlivých částí skeletu.

Pohansko u Břeclavi



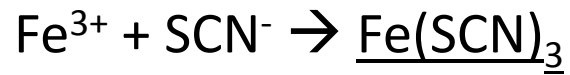
Doklad přítomnosti dřevěné konstrukce (zbarvení půdy)



Výplně nor hlodavců zpravidla obsahují méně fosforu než kůlové jamky.

Brongersův test

Slouží k **detekci zetlelého dřeva**. Huminové kyseliny z rozkladu dřeva na sebe postupně vážou ionty Fe^{3+} a dochází k jejich lokální akumulaci. Přítomnost iontů Fe^{3+} se prokazuje reakcí s thiokyanatanem.



Kyjov (pohřebiště DSN)

Květná zahrada, Kroměříž

Těšetice-Kyjovice

Hrob H 27, kultura zvoncovitých pohárů



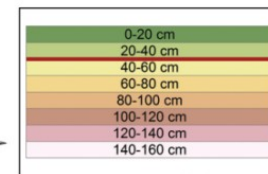
Těšetice - Kyjovice

Hrob H 27, kultura zvoncovitých pohárů

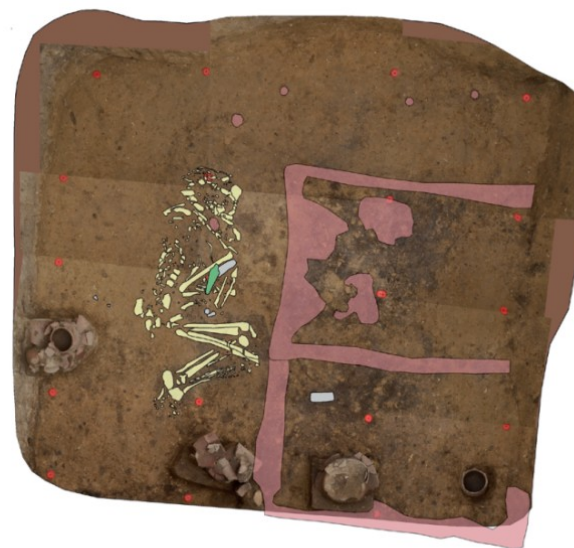
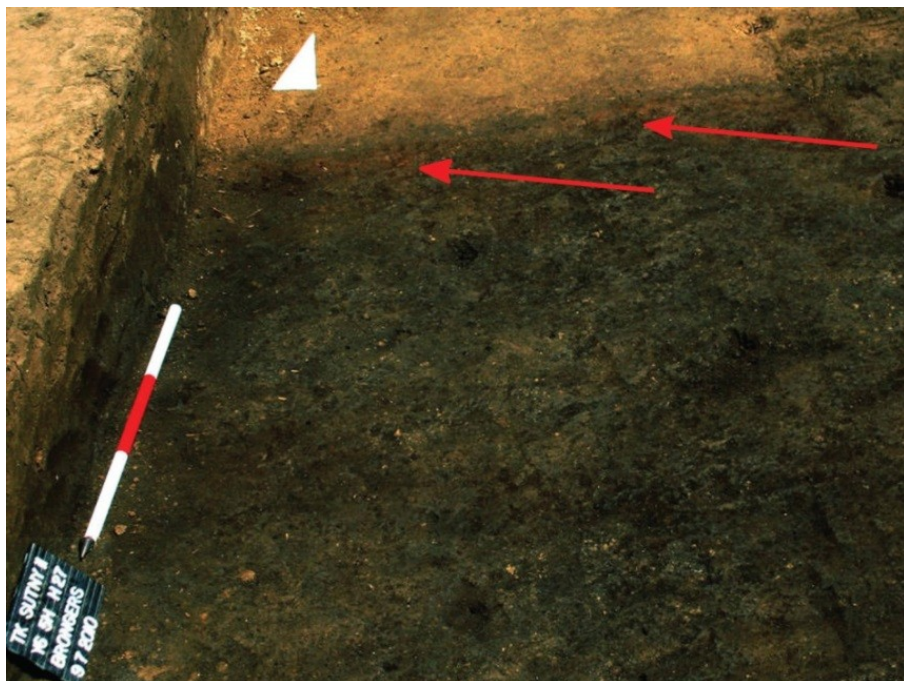


40 cm

- Brongers
- Grave Pit

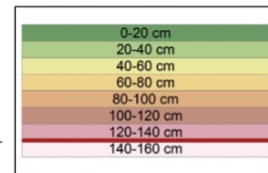


0 0,2 0,4 0,8 1,2 1,6 2 m



140 cm

- Stone Artefacts
- Bell Beaker Fragments
- Cooper Dagger
- Reddish Soil Indication

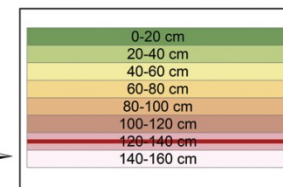
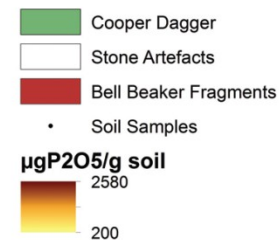
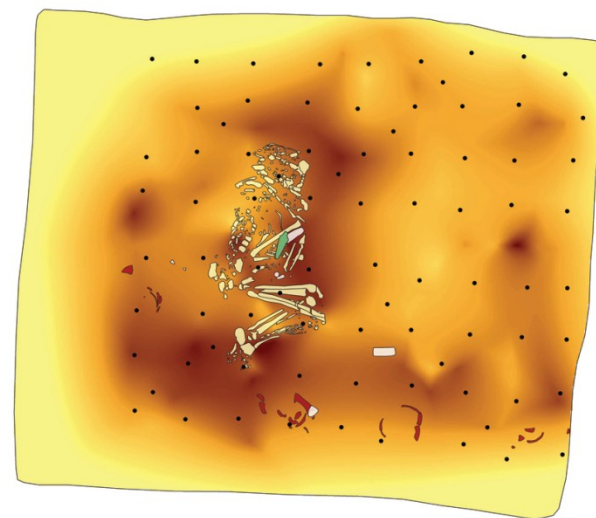


0 0,2 0,4 0,8 1,2 1,6 2 m

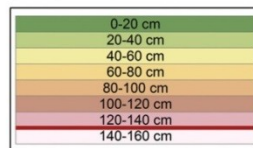
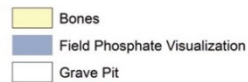
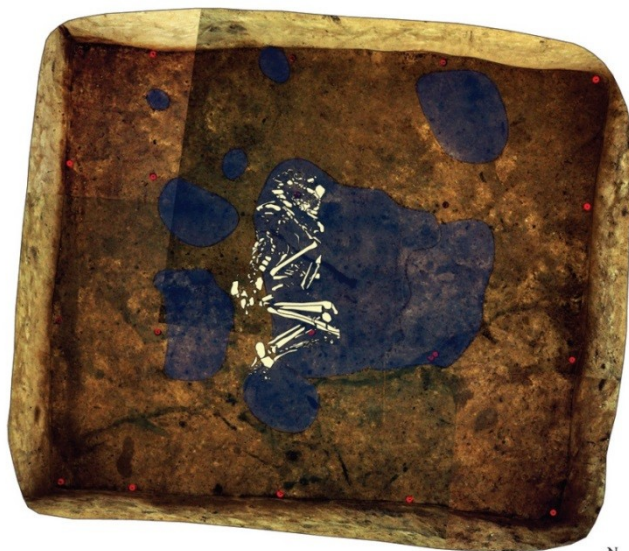
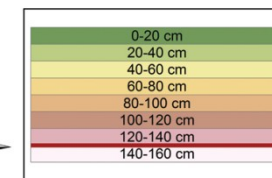
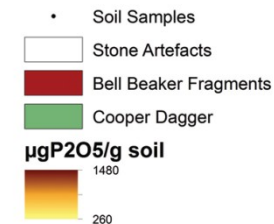
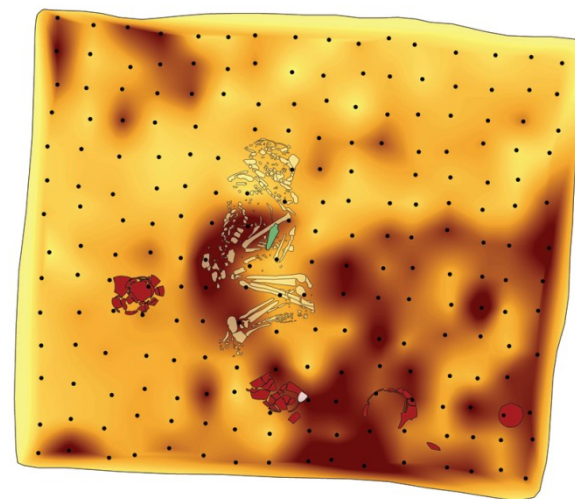
Těšetice - Kyjovice

Hrob H 27, kultura zvoncovitých pohárů

130 cm



140 cm



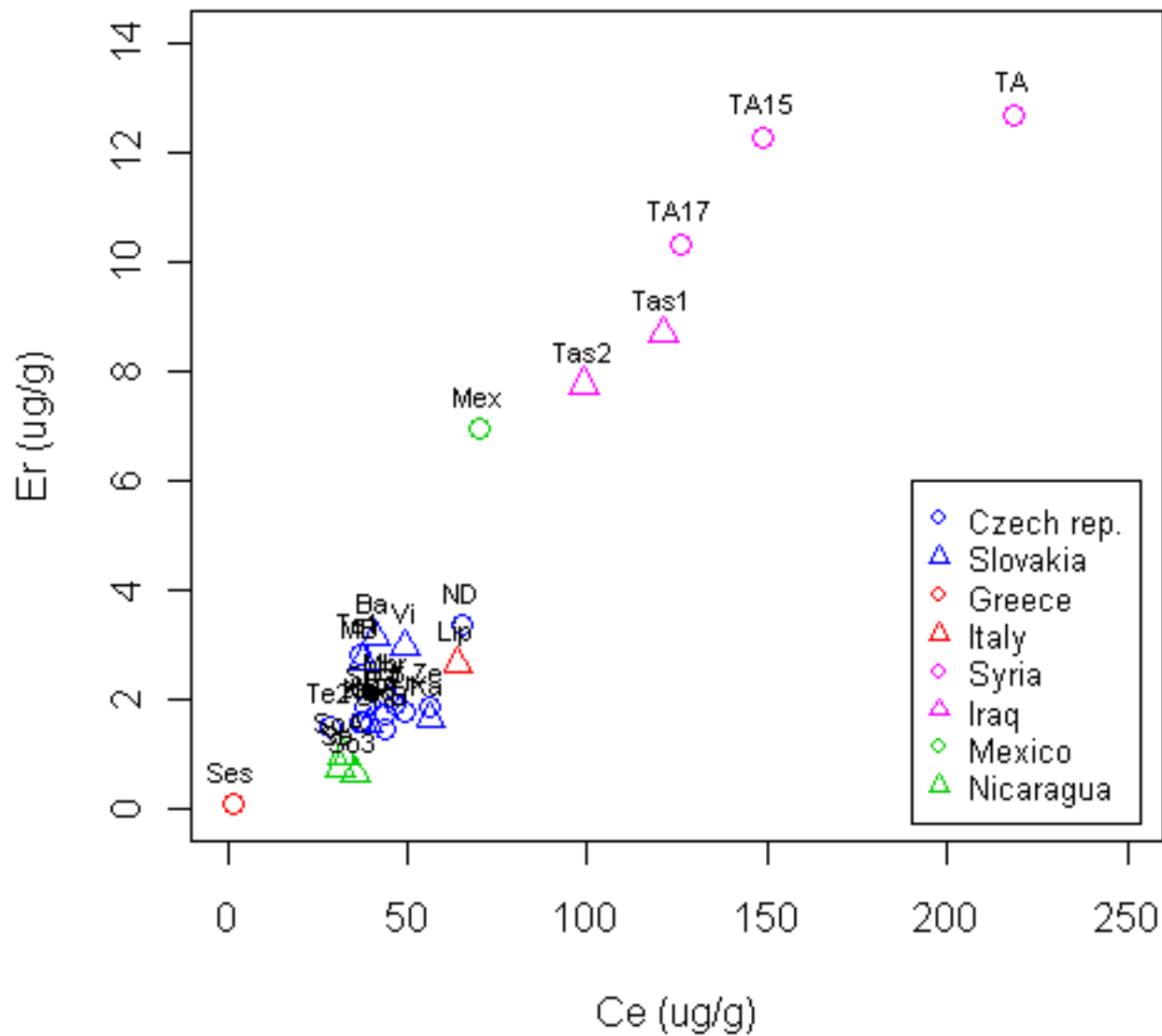
Sledování provenience



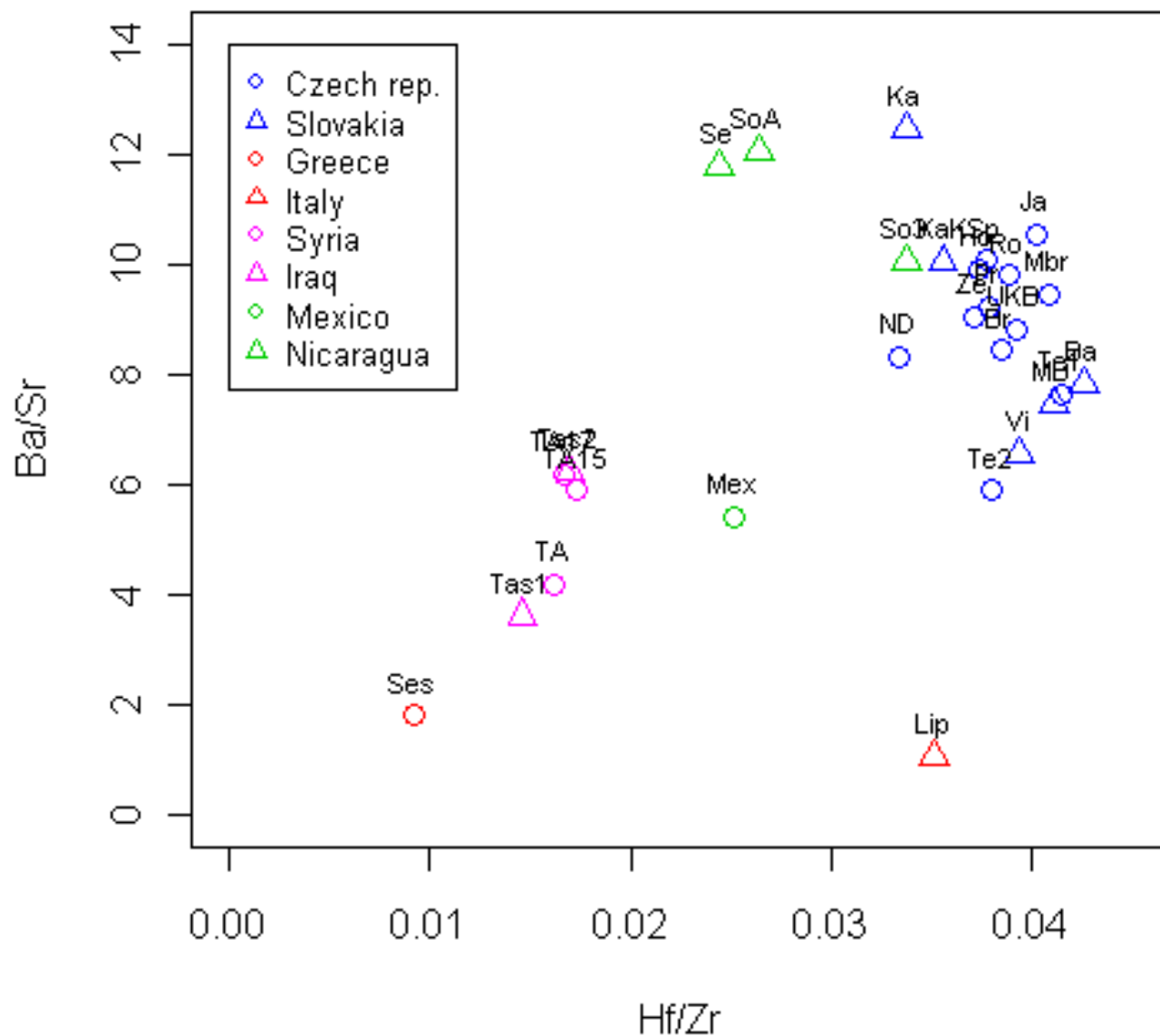
Analyzované vzorky



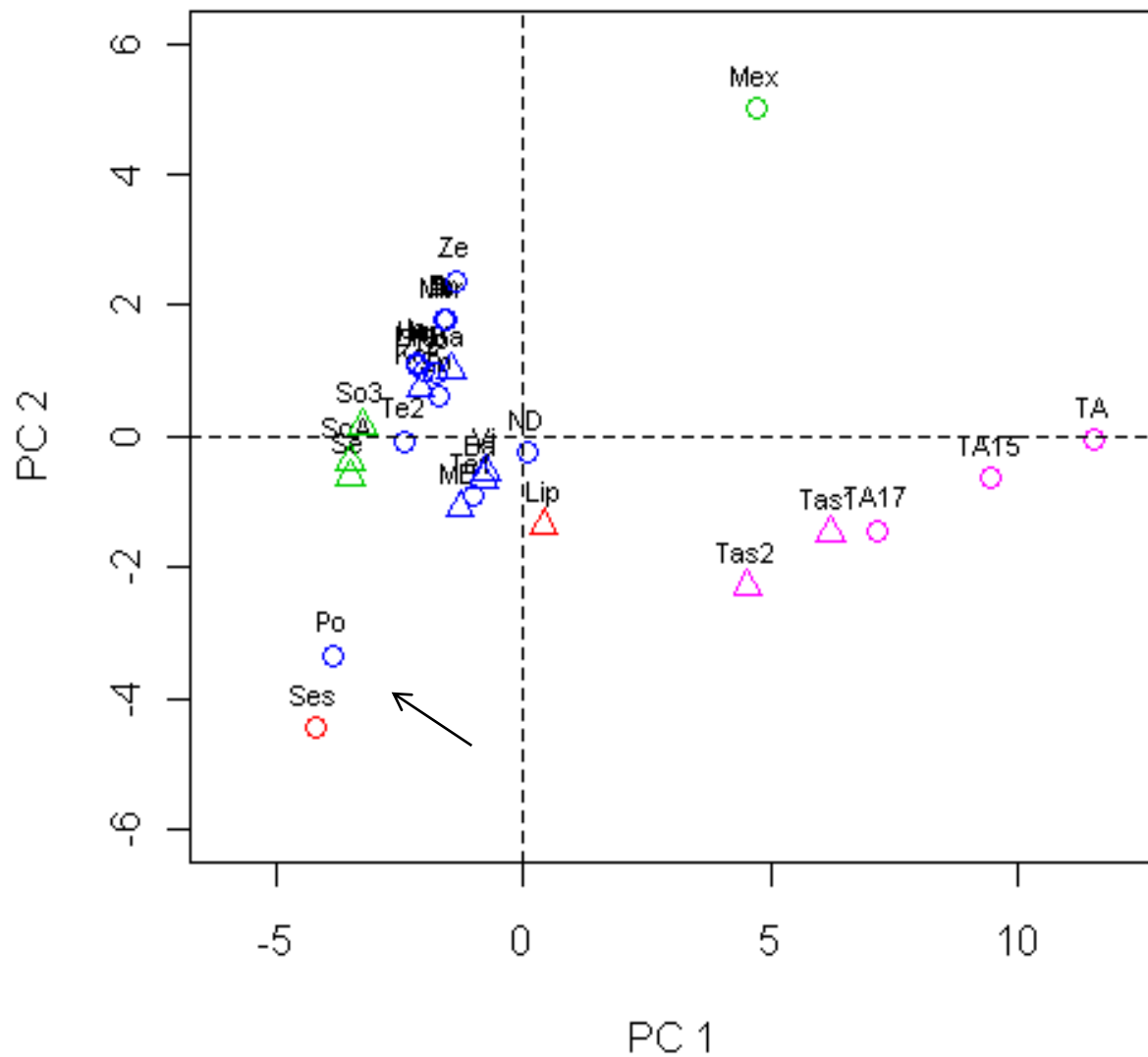
Scatterplot (Ce vs. Er)



Scatterplot (Hf/Zr vs. Ba/Sr)



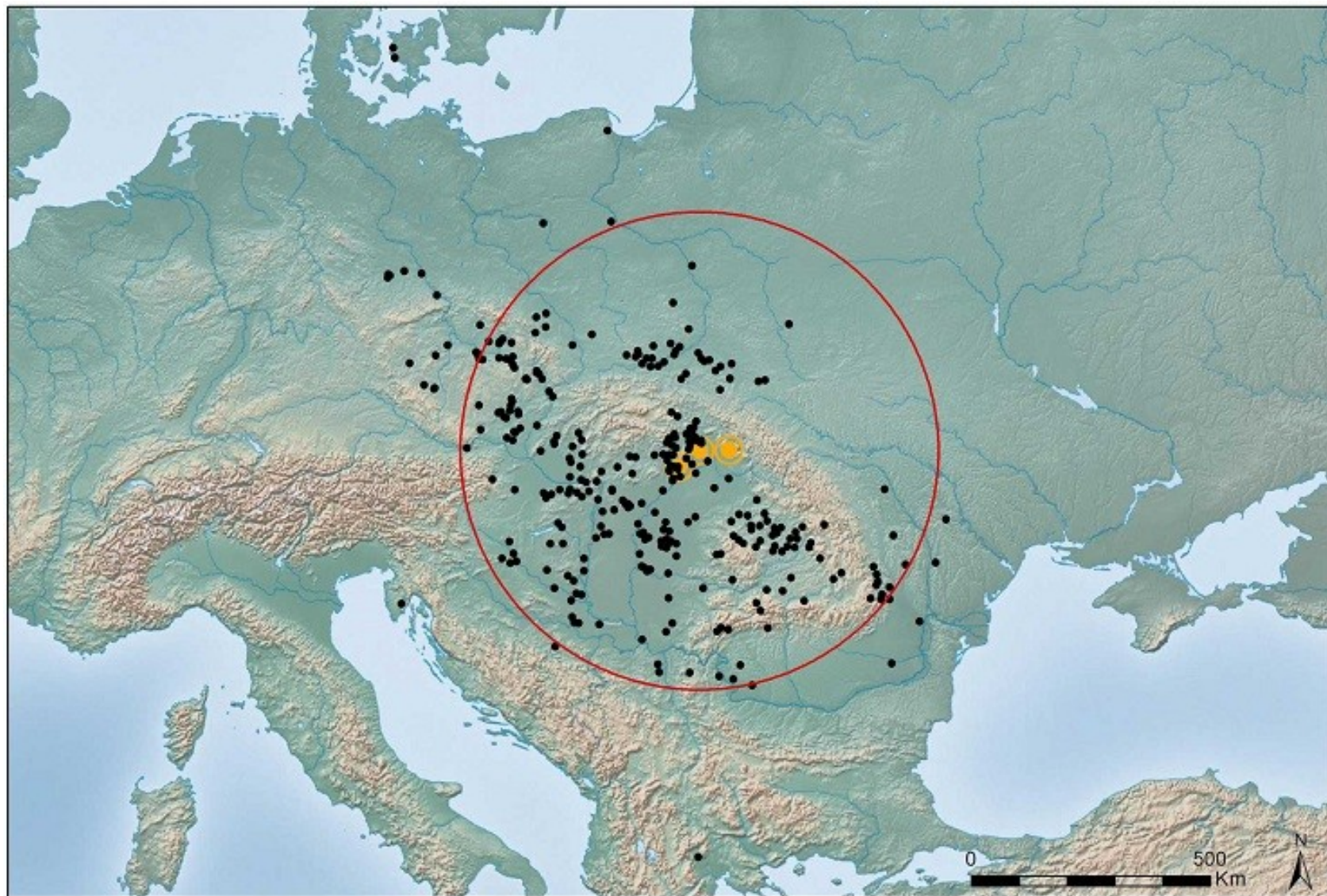
PCA classical (scores)



Popůvky

Element	Content [mg kg ⁻¹]
Na	7545.511
Mg	87.26532
Al	15103.68
Si	91507.3
P	20.45951
K	618666.5
Ca	1624.135

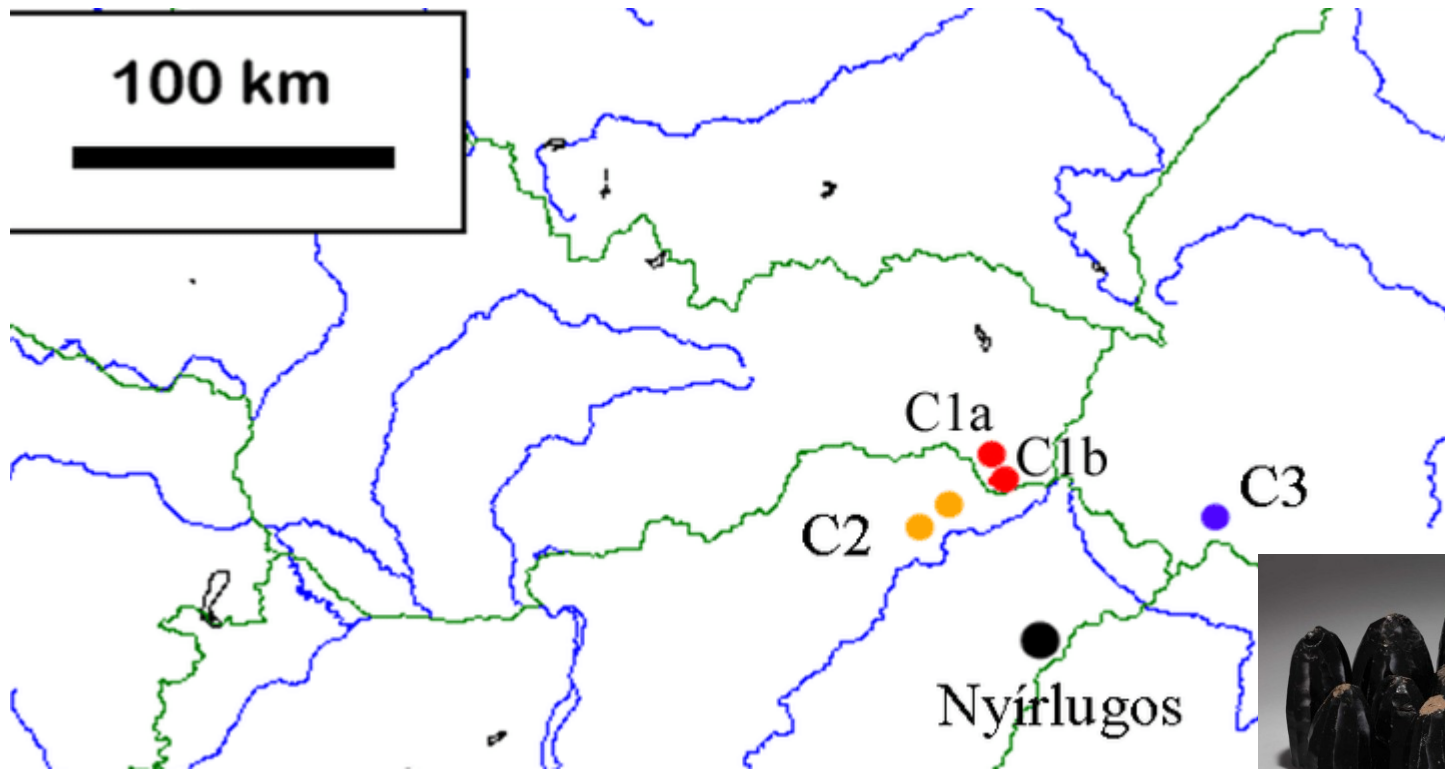
Provenience obsidiánu



Viničky
Slovakia



Kašov
Slovakia

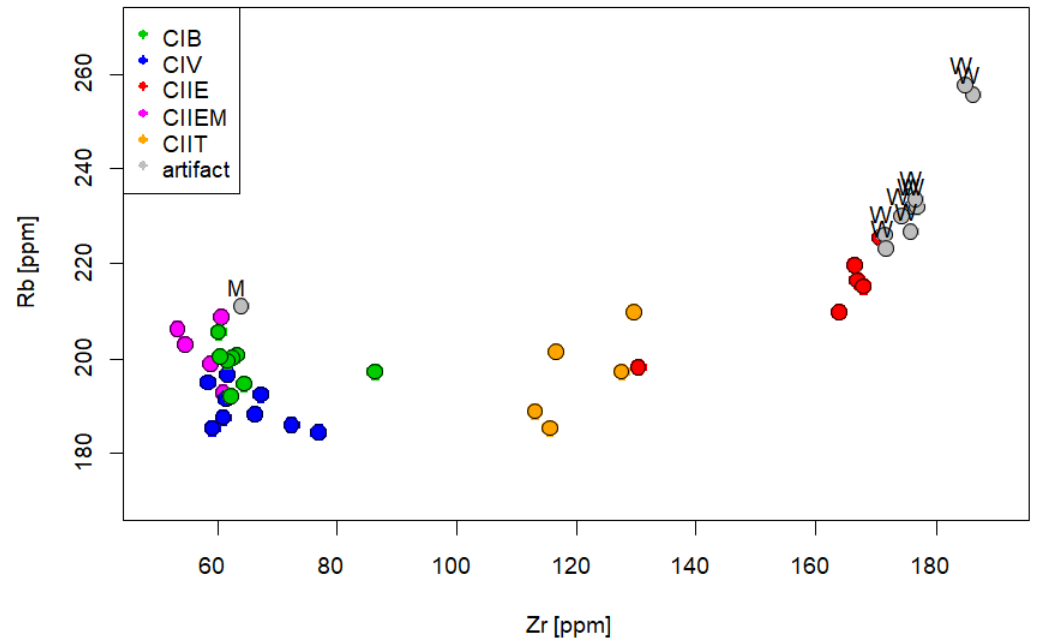
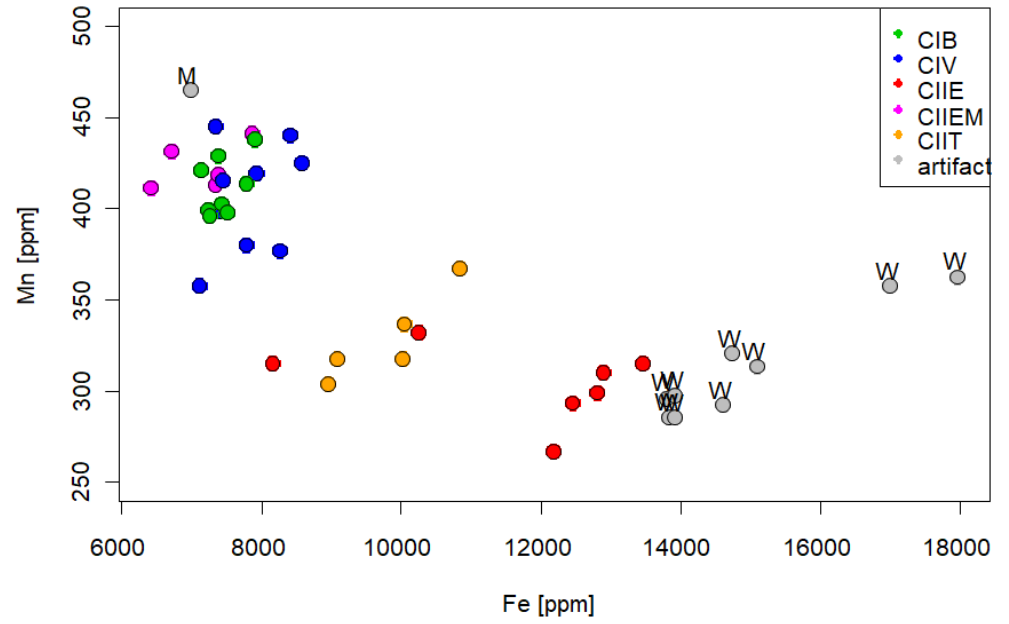
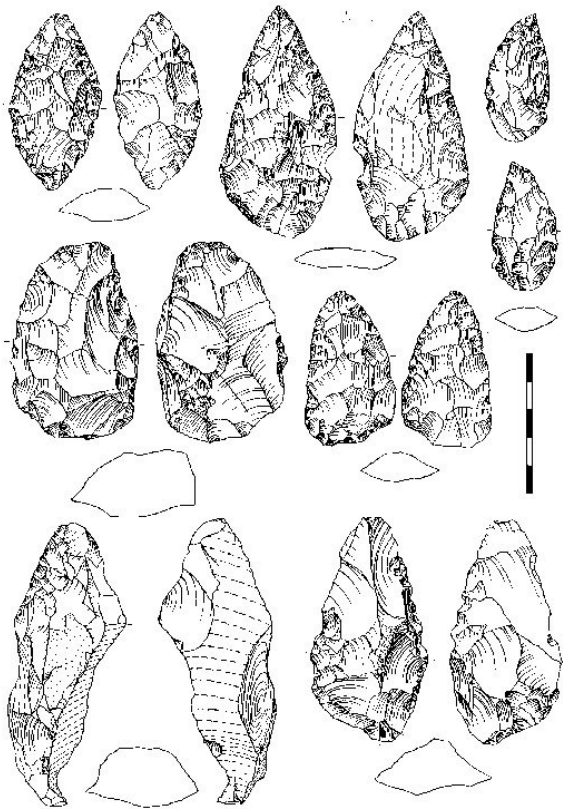


Chronologie paleolitu

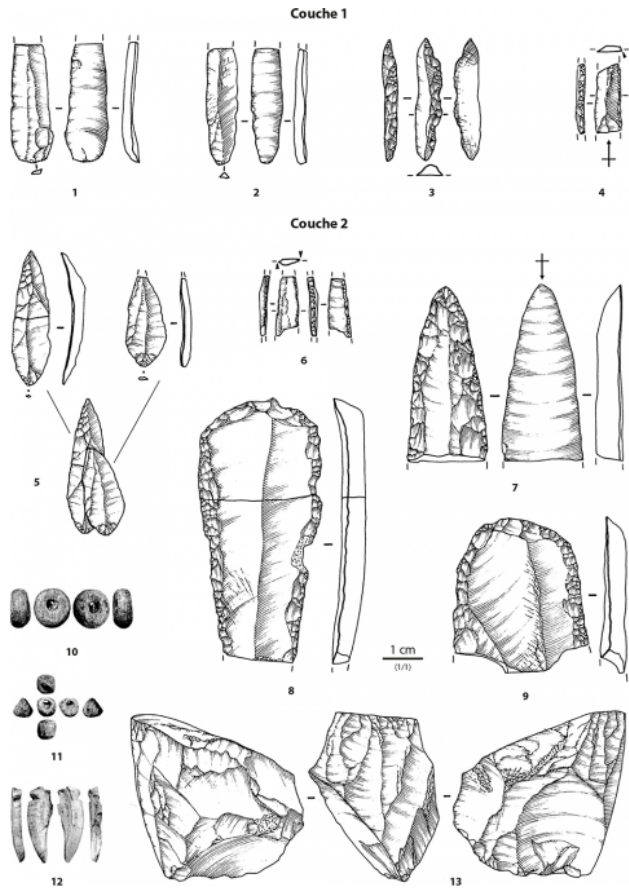
stáří (ka BP; nekalibrováno)	fáze	kultura
43-33	nejstarší („tranzitní“) (IUP)	szeletien bohunicien
38-27	starší (EUP)	aurignacien <i>prvky streleckienu, aj.</i>
30-20	střední (MUP)	gravettien
18-11	pozdní (LUP)	<i>epiaurignacien</i> <i>epigravettien</i> magdalénien

Szeletien

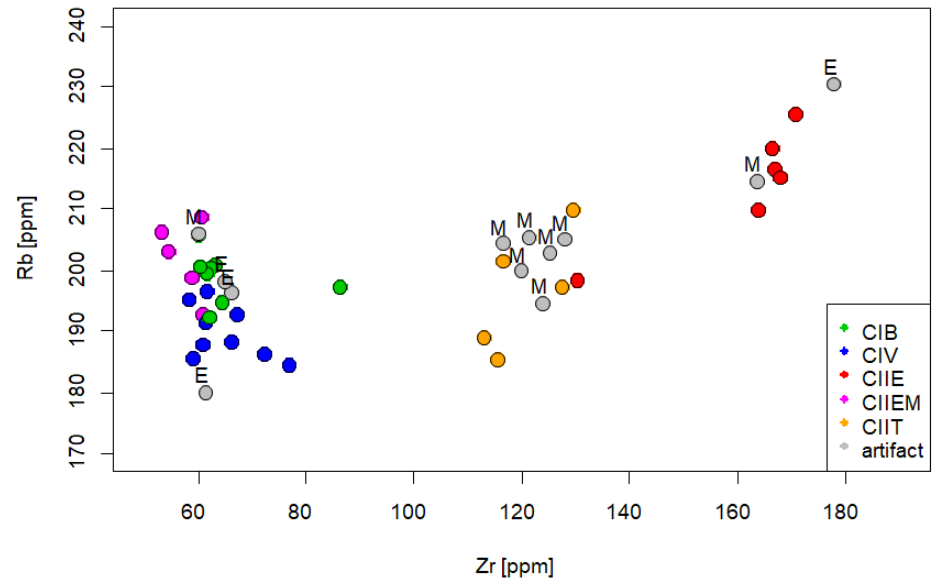
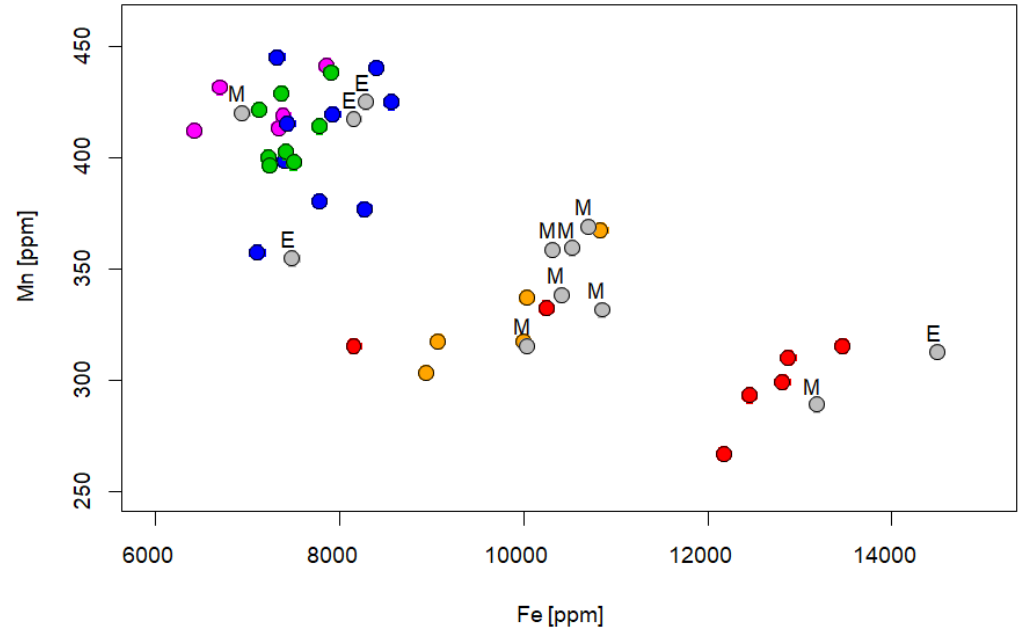
Szeletian



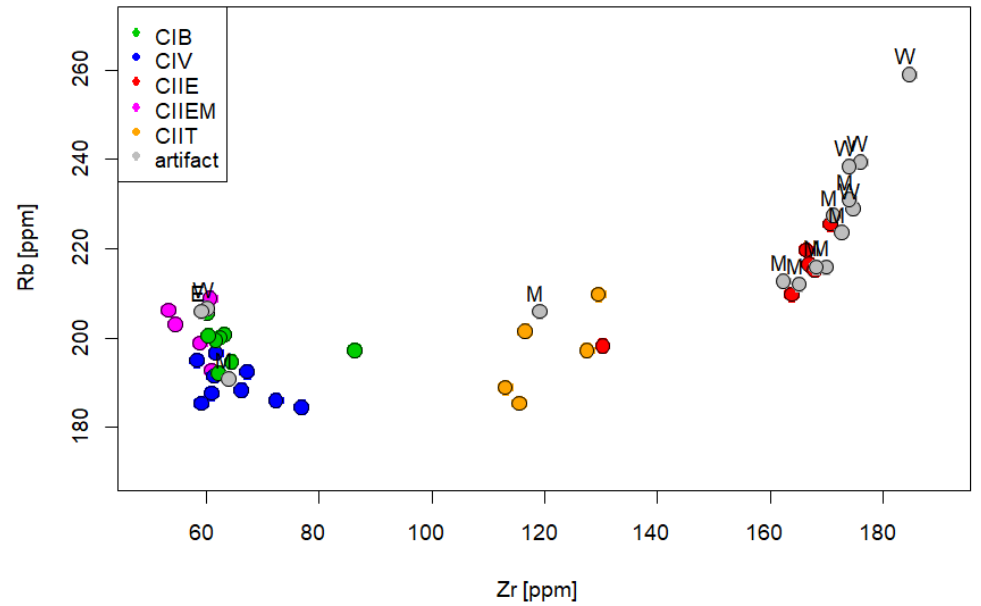
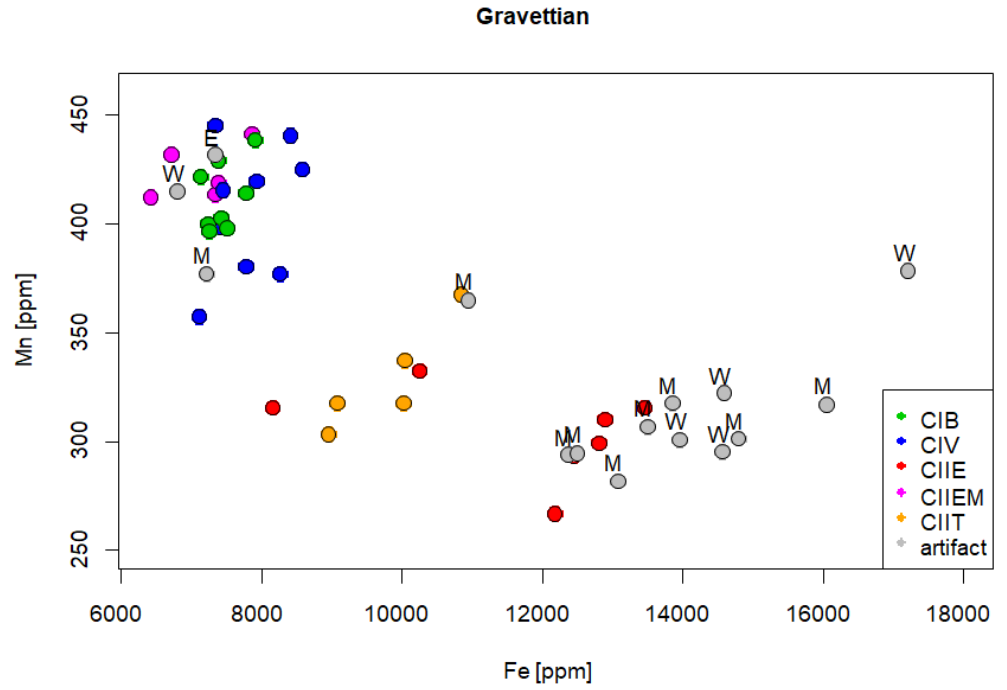
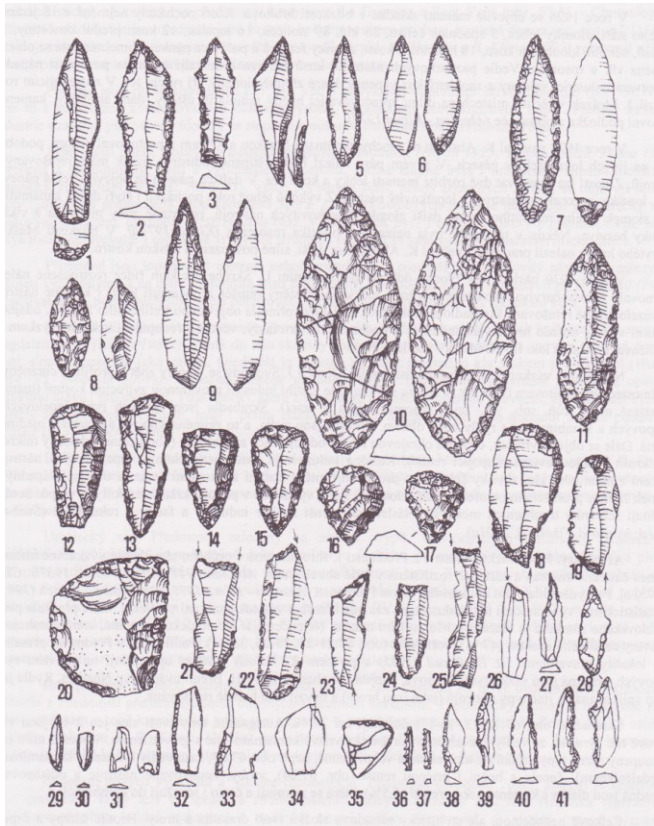
Aurignacien



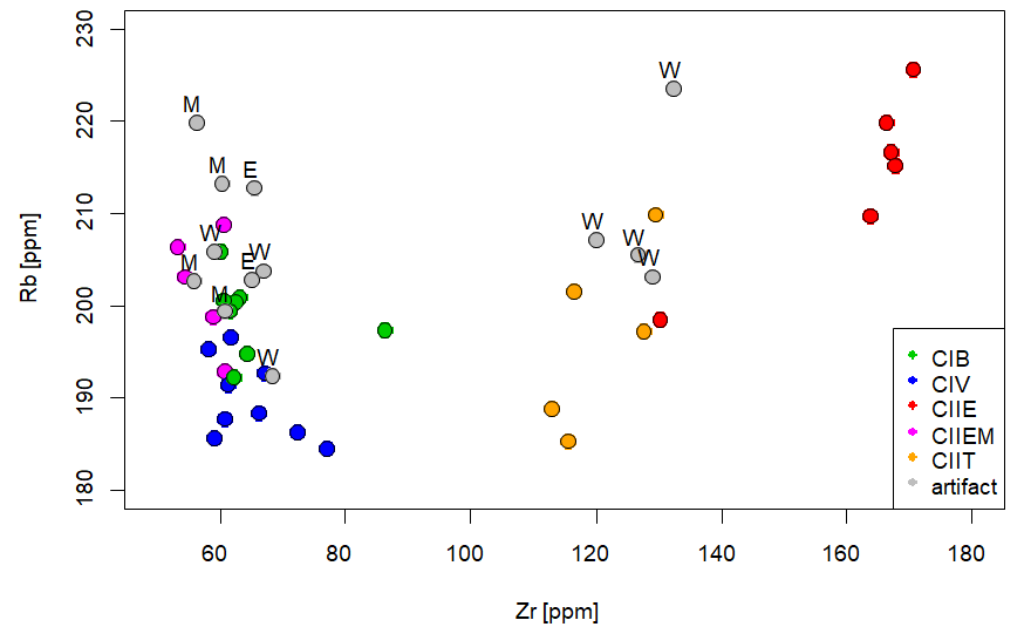
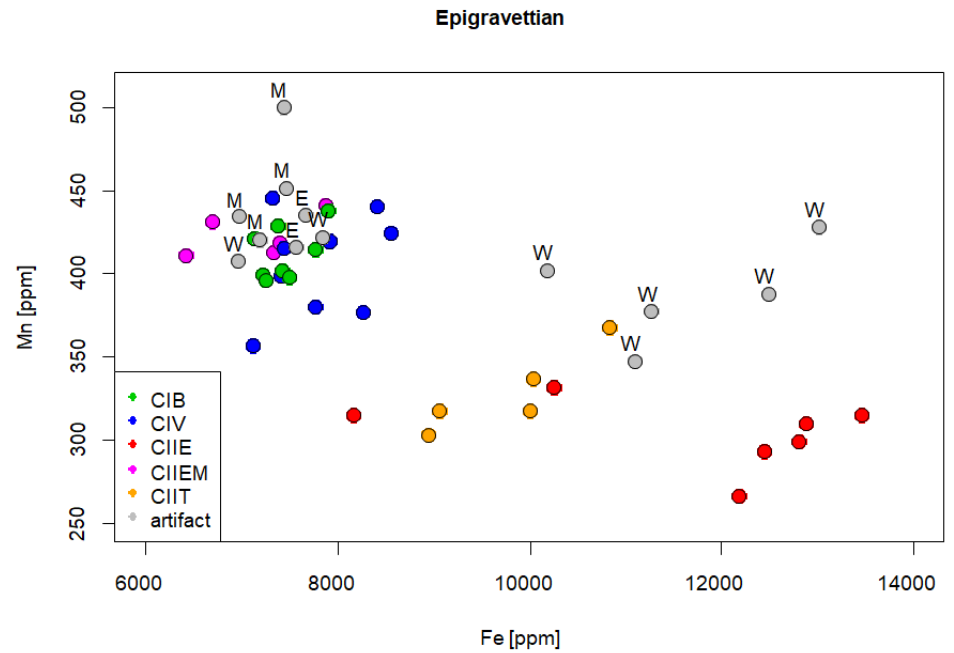
Aurignacien



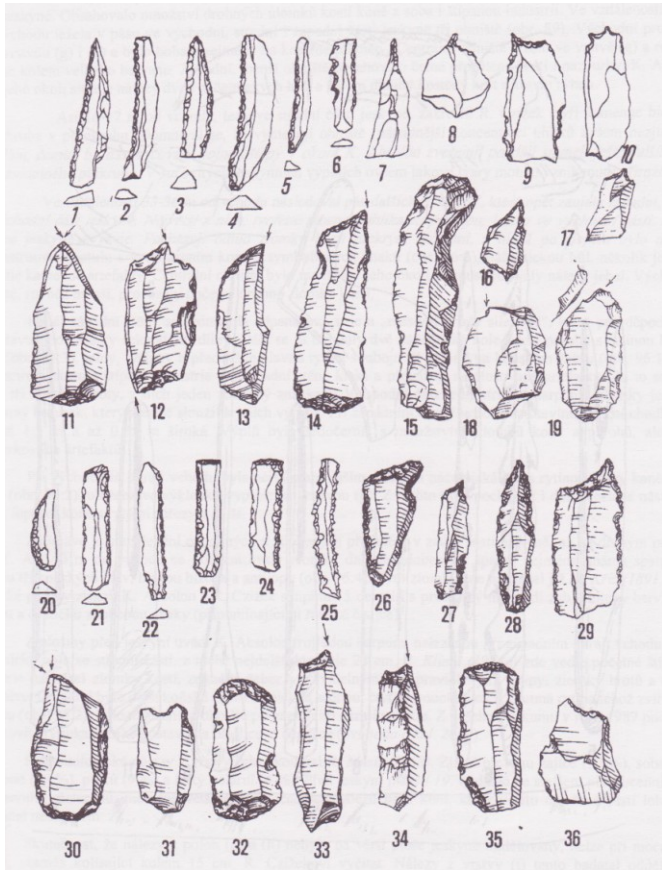
Gravettian



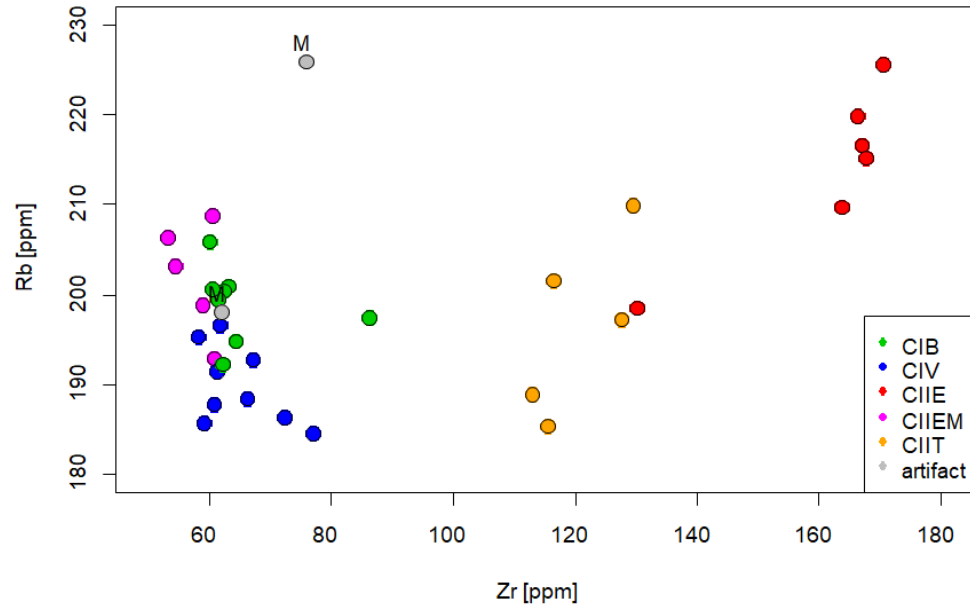
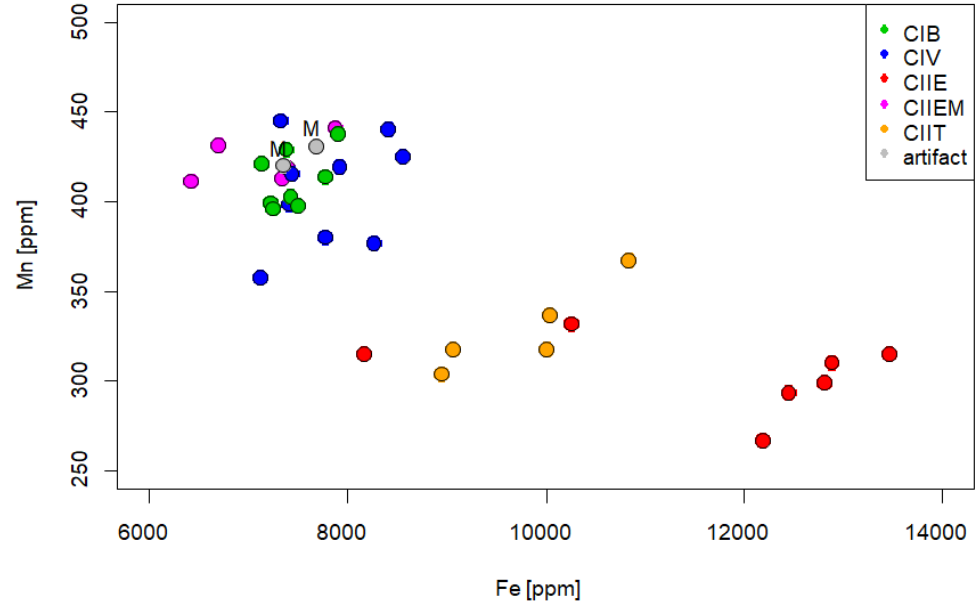
Epigravettien



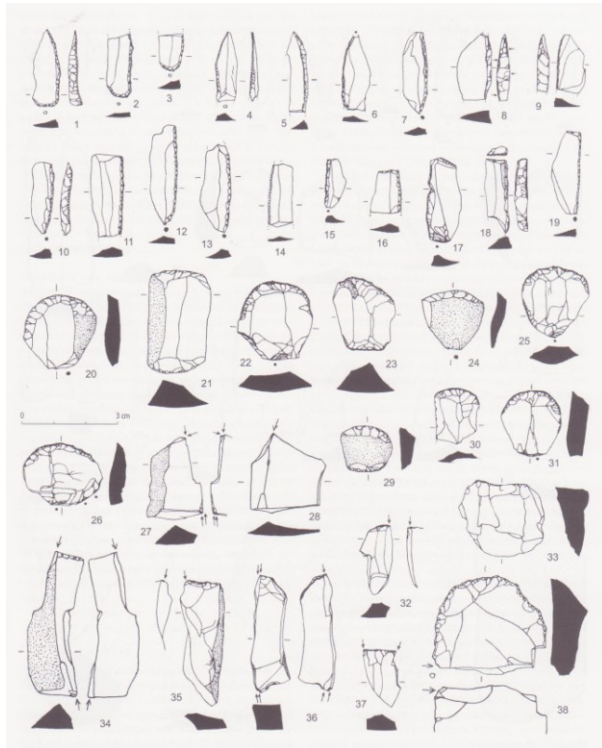
Epimagdalenien



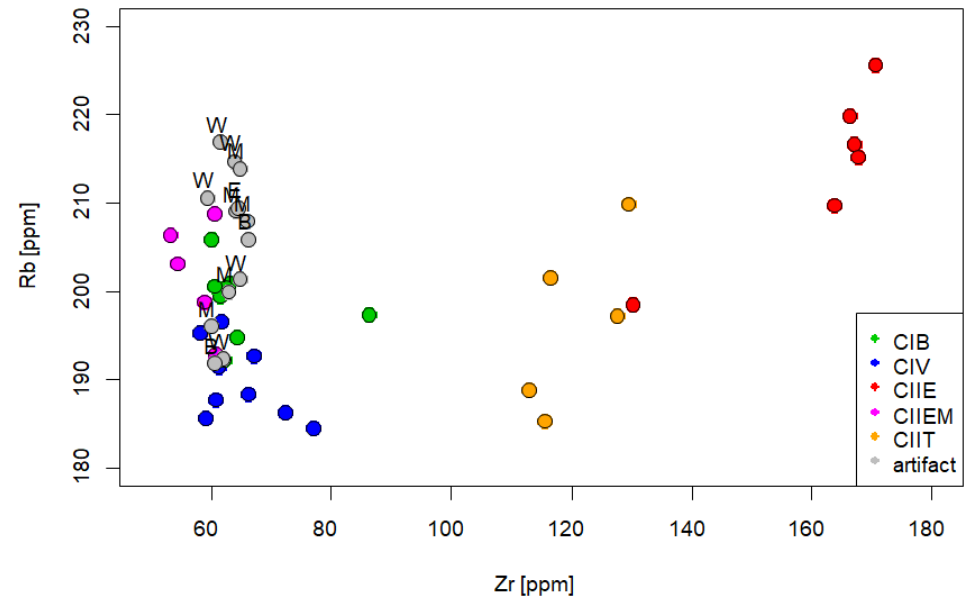
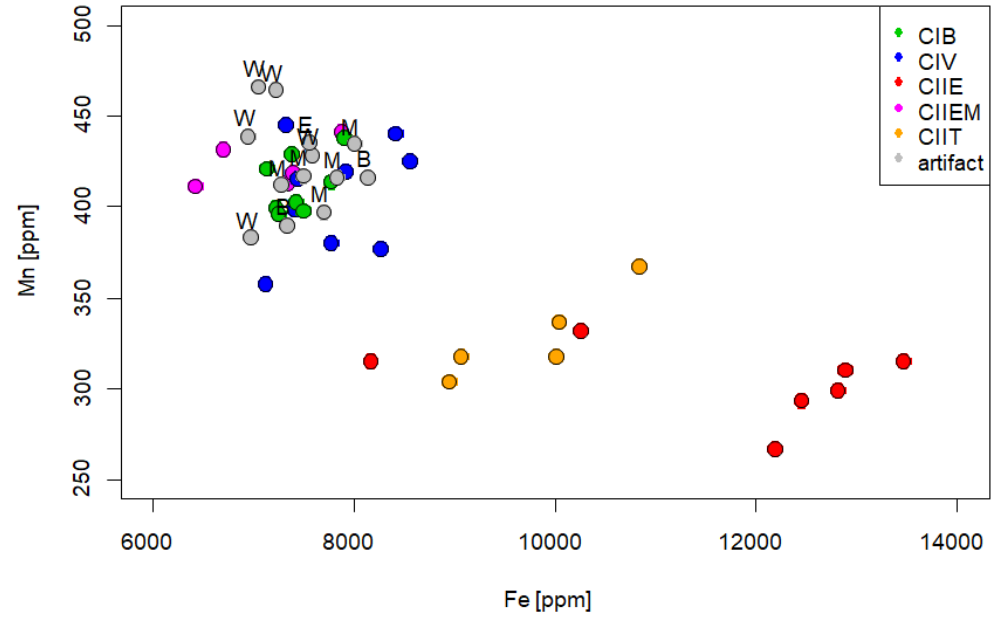
(Epi)Magdalenian



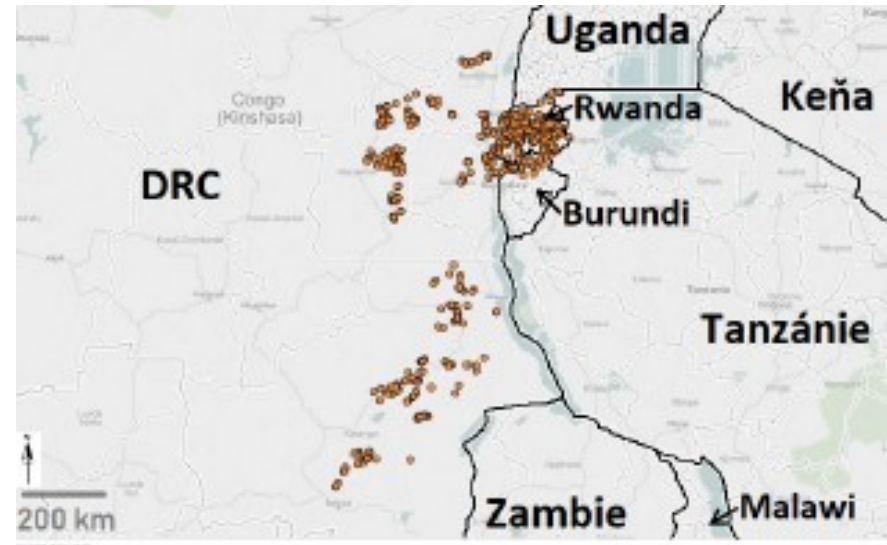
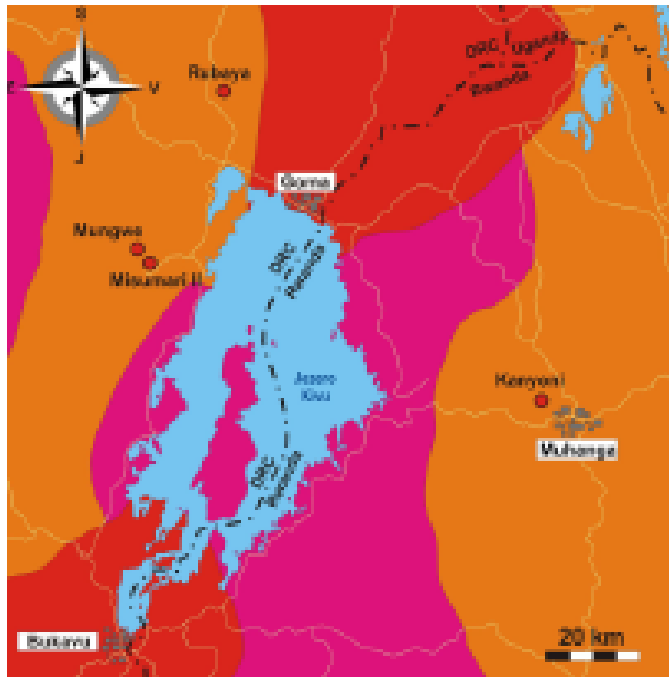
Pozdní paleolit a mezolit



Late Paleolithic - Mesolithic



Coltan





Mvamba Phezo Dizolele - www.dizolele.com



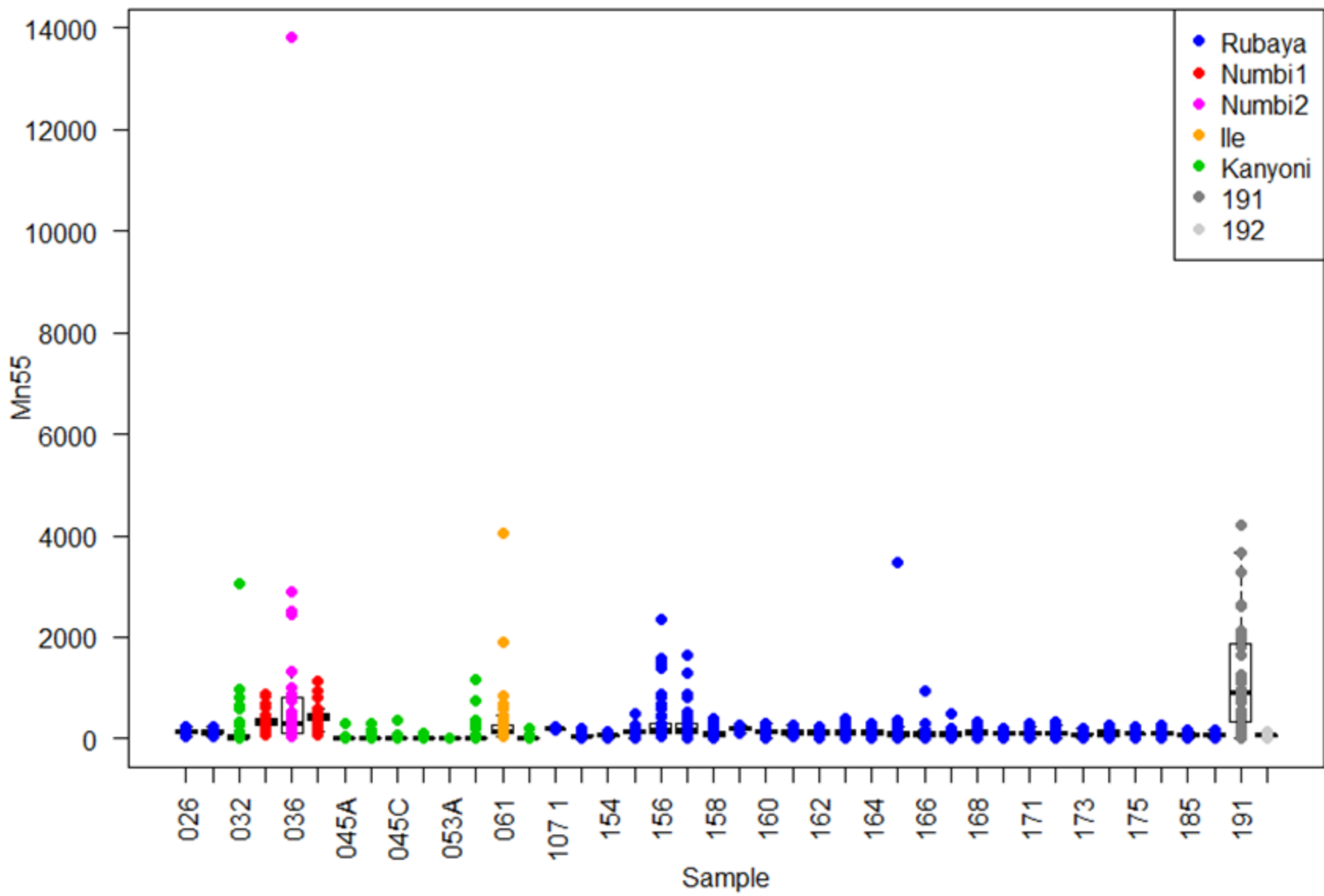
Mvamba Phezo Dizolele - www.dizolele.com

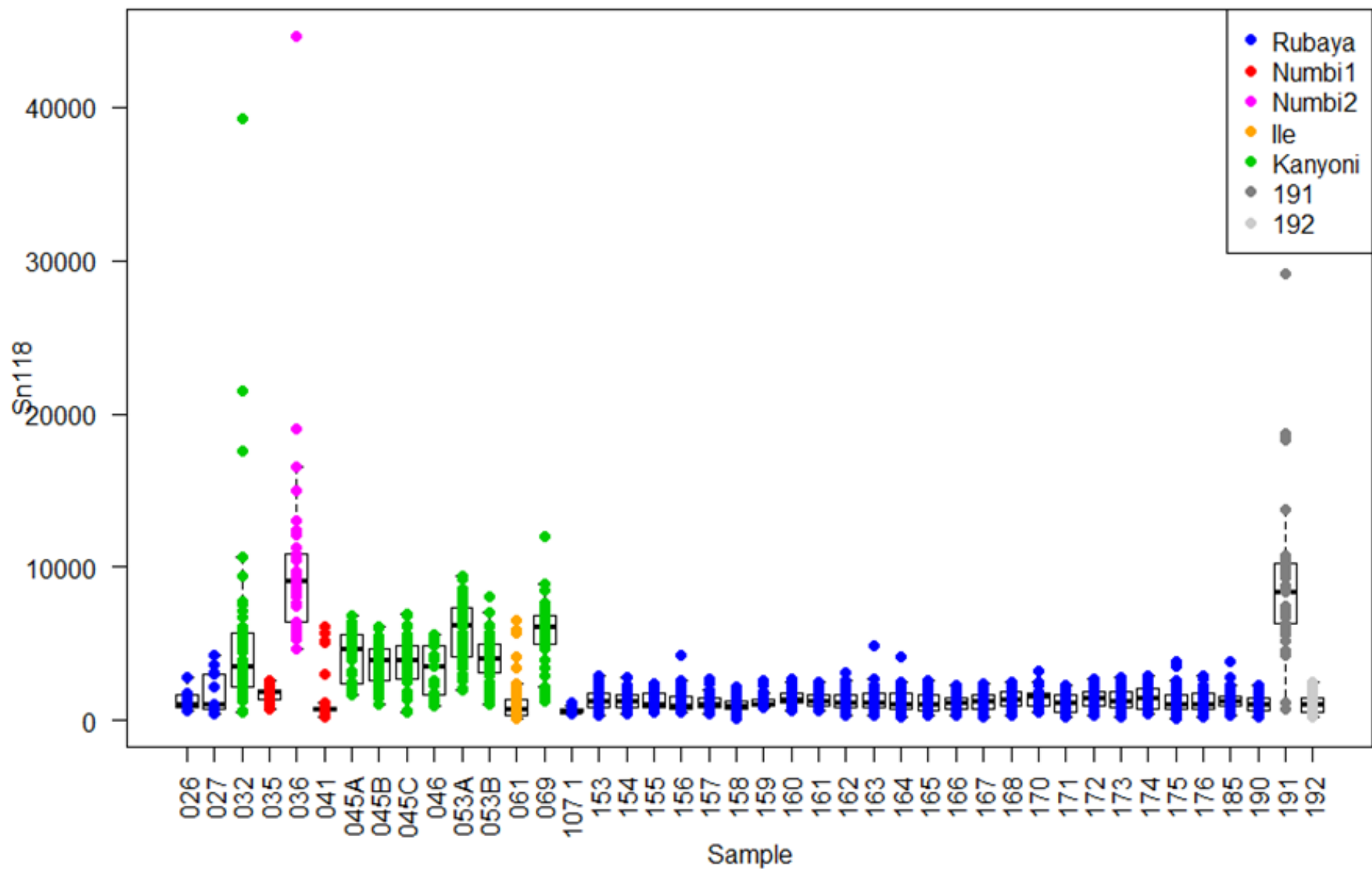


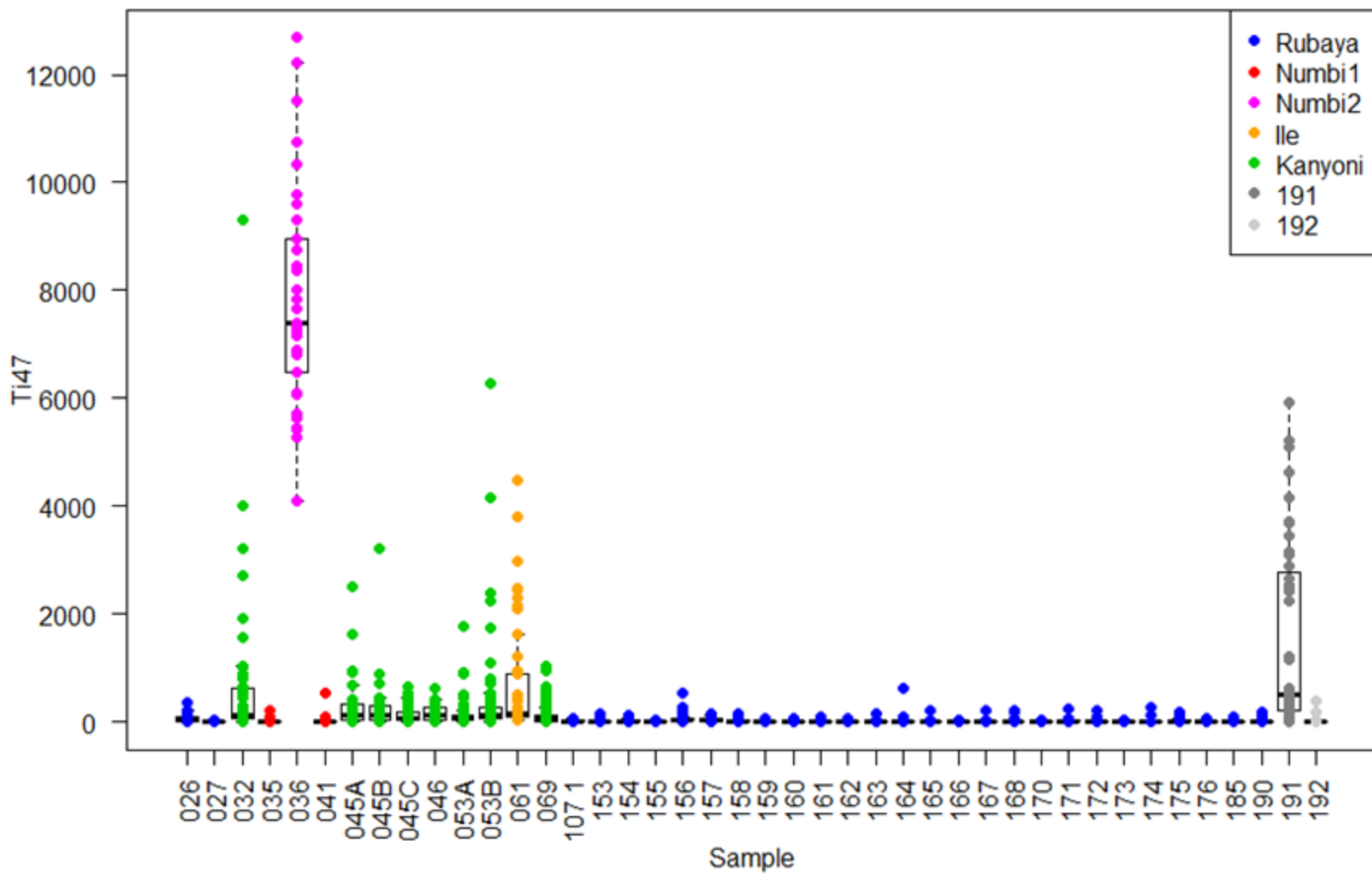
www.dizolele.com

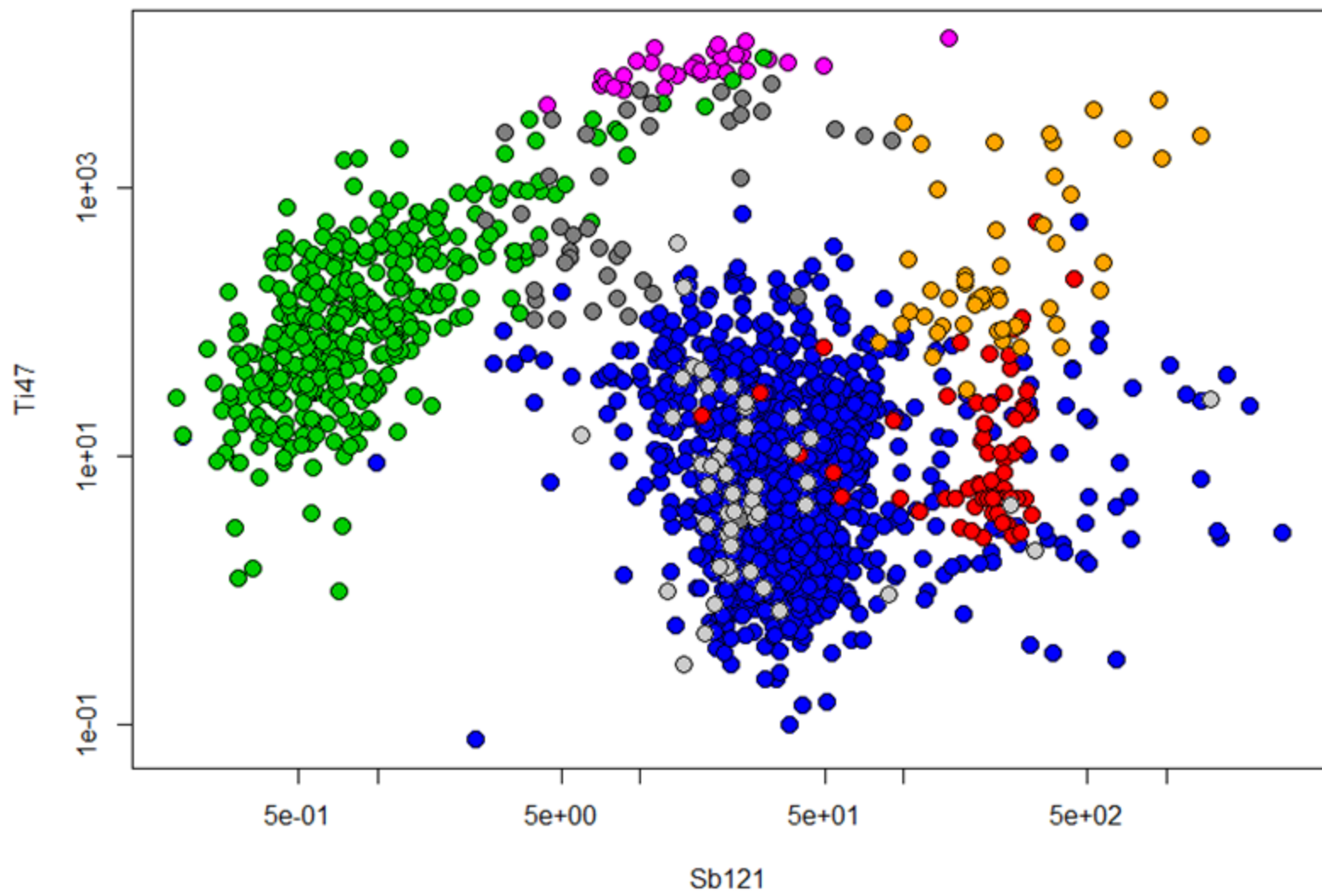


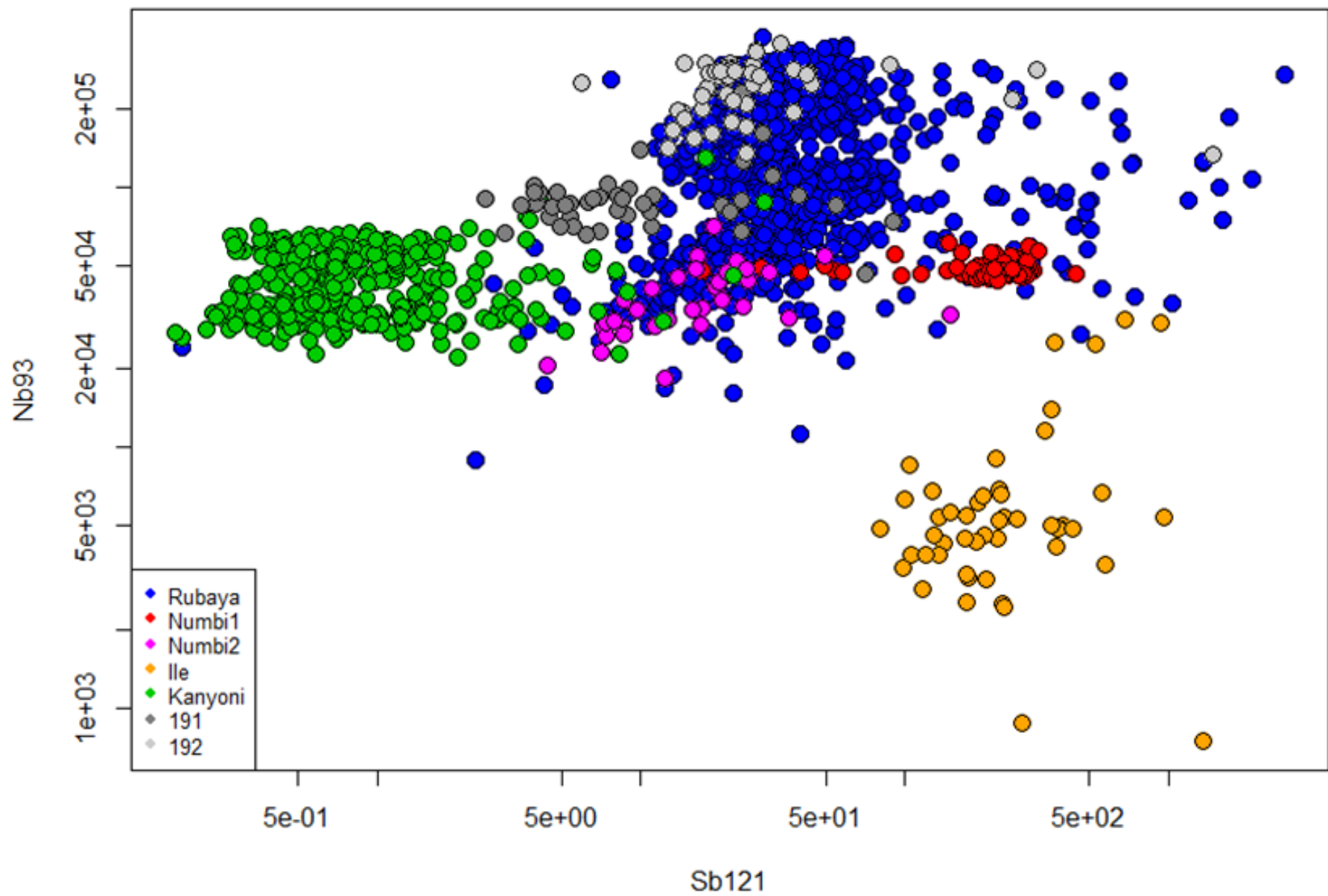
Mvamba Phezo Dizolele - www.dizolele.com

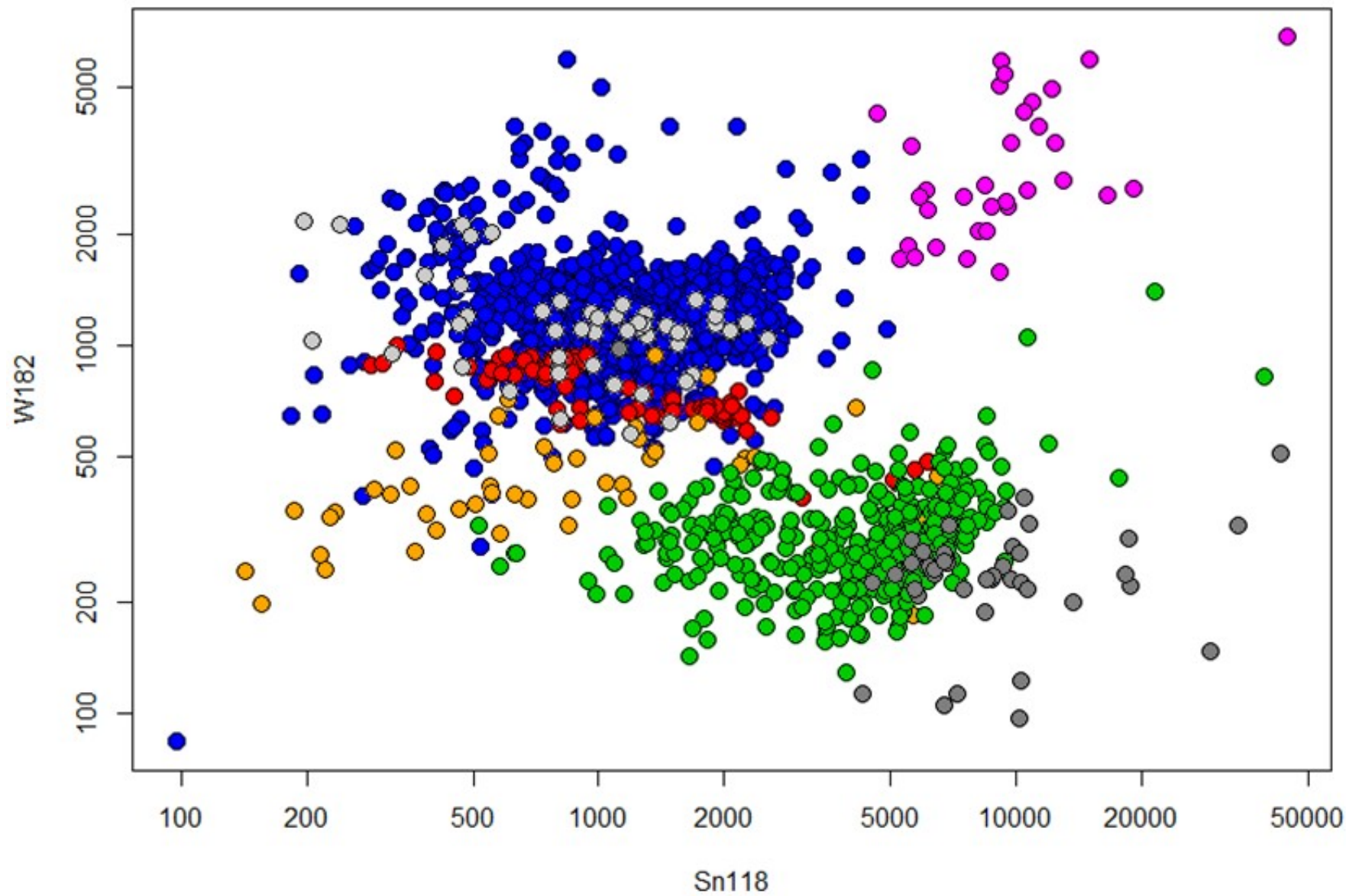












Chemie + Archeologie



Poděkování

Doc. RNDr. E. Drozdová, Ph. D.

Doc. PhDr. Ľ. Kaminská, CSc.

Doc. PhDr. E. Kazdová, CSc.

RNDr. M. Nývltová Fišáková, Ph.D.

Mgr. R. Přichystalová, Ph.D.

RNDr. M. Račanská, Ph.D.

Mgr. K. Šabatová, Ph.D.

Mgr. D. Vachůtová, Ph.D.

Mgr. M. Vašinová Galiová, Ph.D.

Mgr. P. Fojtík

Mgr. M. Hložek, Ph.D.

Prof. RNDr. V. Kanický, DrSc.

Doc. PhDr. B. Klíma, CSc.

Mgr. M. Kuča

Doc. PhDr. P. Kouřil, CSc.

Mgr. J. Loun, Ph.D.

Prof. Mgr. J. Macháček, Ph.D.

Mgr. A. Nemergut, Ph.D.

Doc. PhDr. M. Oliva, Ph.D.

Mgr. J. Petřík, Ph.D.

Prof. RNDr. A. Přichystal, CSc.

PhDr. M. Salaš, CSc. D.Sc.

Mgr. P. Stabrava

Prof. PhDr. J. Svoboda, DrSc.

Dr. hab. PhDr. L. Šebela, CSc.

Ing. P. Škrdla, Ph.D.

Mgr. J. Šmerda

a mnoho dalších ...



Děkuji za
pozornost

