

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta,
Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů

Izotopické poměry a koncentrace olova v archeologických vzorcích z vybraných lokalit a historických období

Diplomová práce

Alena Kadaníková



Vedoucí diplomové práce: Doc. Martin Mihaljevič

Praha 2006

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracovala samostatně pod vedením mého školitele
Doc. RNDr. Martina Mihaljeviče, CSc. a všechny použité prameny jsem řádně uvedla v seznamu
literatury.


Alena Kadaníková

Poděkování

Děkuji Doc. RNDr. Martinu Mihaljevičovi, CSc. za nabídku zajímavého tématu mé diplomové práce, za cenné rady a vedení v laboratoři i při řešení mnoha problémů a v neposlední řadě též za jeho přátelský přístup. Dále děkuji Marii Fayadové za její pomoc a rady při laboratorním zpracování vzorků, RNDr. Ladislavu Strnadovi za jeho pomoc při měření na ICP-MS. Dále děkuji svým rodičům a přátelům za jejich podporu a trpělivost při vzniku této práce.

Abstrakt

Práce se zabývá studiem geochemie tělních fosfátů archeologických nálezů (kostí a zubů). Zkoumanými lokalitami jsou Vedrovice – období neolitu, Brno a Kolín – období halštatské a Radovesice – období laténské.

Hlavním cílem bylo na základě koncentrací Pb a izotopických poměrů $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ určit zdroj tohoto prvku v tělních fosfátech. Bylo zkoumáno 43 vzorků tělních fosfátů.

Koncentrace olova ve zkoumaných vzorcích z neolitického období jsou mírně vyšší než koncentrace uváděné jinými autory u před-technických populací. Koncentrace olova ve vzorcích z ostatních období jsou nižší než v neolitickém období a odpovídají hodnotám uváděným pro před-technické populace.

Provedená analýza izotopických poměrů ukazuje, že v kostech a zubech došlo pravděpodobně k míšení více zdrojů olova – přijaté potravním řetězcem a antropogenní kontaminací.

Summary

Presented text studies geochemistry of skeletal remains (bones and teeth). We were interested in following Czech locations of Vedrovice – Neolithic Age, Brno, Kolín – Haalstadt Period and Radovesice La Tène Period.

The main aim of this research was to find a source of lead in bones and teeth. Concentrations and isotopic ratio $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ was used for this purpose. We measured 43 samples.

Lead concentration in samples from the Neolithic age is slightly higher, than concentrations presented for pre-industrial populations by other researchers are. Lead concentration in samples from other researched periods corresponds to values reported for pre-industrial populations.

The analyses of isotopic ratio shows, that the source is of lead in bones and teeth was probably mixed from two sources - natural Pb ingested during life of an individual and Pb from anthropogenic contamination *post mortem*.

Seznam Tabulek

Tabulka 1	Distribuce olova v těle
Tabulka 2	Hodnoty koncentrací olova v kostech moderního člověka, příklady
Tabulka 3	Obsahy olova u před-technických populací, příklady
Tabulka 4	Izotopické poměry olova, příklady
Tabulka 5	Popis hrobů z lokality Radovesice II
Tabulka 6	Parametry nastavení přístroje ICP-MS
Tabulka 7	Koncentrace olova v jednotlivých obdobích
Tabulka 8	Izotopické složení kostí a zubů podle období
Tabulka 9	Popis hrobů, koncentrace a izotopické složení kostí na lokalitě Radovesice

Seznam obrázků

- Obrázek 1 Tři možné způsoby diagenese
- Obrázek 2 Backscatter SEM obrázek lidské kosti z Warrem Perry, opuštěné středověké vesnice, Yorkshire, VB
- Obrázek 3 ukázka obydlí z období neolitu
- Obrázek 4 Vedrovice, okr. Znojmo (Morava, ČR). Fotografie vybraných hrobů z pohřebiště lidu s LnK v trati „Široká u lesa“
- Obrázek 5 Místo odběru vzorků kostí
- Obrázek 6 Izotopické poměry v kostech, zubech a půdách ve sledovaných obdobích
- Obrázek 7 Koncentrace Pb vs. poměr $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$

Seznam zkratek a symbolů

AAS	Atomová absorpční spektrometrie (Atomic Absorption Spectroscopy)
ICP-MS	Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)
FAAS	Plamenová atomová absorpční spektrometrie (Flame Atomic Absorption Spectroscopy)
LA ICP-MS	Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem s laserovou ablací (Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)
RSD	relativní směrodatná odchylka (též variační koeficient, $RSD = 100 * \sigma/x$)
TIMS	Hmotová spektrometrie s termální ionizací (Thermal Ionization Mass Spectrometry)
SRM NIST	Standartní referenční materiál, National Institut of Standard and Technology

1. ÚVOD	2
2. REŠERŠE	3
2.1. VÝSKYT OLOVA V PŘÍRODĚ	3
2.2. OLOVO V LIDSKÉM ORGANISMU	4
2.3. VYUŽITÍ OLOVA V ARCHEOLOGICKÉM VÝZKUMU	5
2.4. IZOTOPY OLOVA	7
2.5. VYUŽITÍ IZOTOPŮ OLOVA V ARCHEOLOGICKÉM VÝZKUMU.....	8
2.6. OVLIVNĚNÍ KOSTI PO ULOŽENÍ, DIAGENEZE	10
2.7. METODA ICP-MS.....	12
3. STUDOVANÁ HISTORICKÁ OBDOBÍ	15
3.1. NEOLIT VE STŘEDNÍ EVROPĚ	15
3.2. DOBA HALŠTATSKÁ	18
3.3. DOBA LATÉNSKÁ	21
3.4. OBDOBÍ STĚHOVÁNÍ NÁRODŮ:	24
4. STUDOVANÉ LOKALITY	26
4.1. VEDROVICE	26
4.2. BRNO.....	28
4.3. KOLÍN.....	28
4.4. RADOVESICE	28
5. METODIKA	30
5.1. PŘÍPRAVA VZORKŮ	31
5.2. MĚŘENÍ NA ICP-MS.....	31
6. VÝSLEDKY	33
6.1. KONCENTRACE OLOVA	33
6.2. IZOTOPICKÉ SLOŽENÍ	35
7. DISKUSE	37
8. ZÁVĚR	41
9. LITERATURA	42

1. Úvod

Tato diplomová práce se zabývá výzkumem koncentrací a izotopů olova v lidských kostech a zubech z různých historických období. Sledovanými obdobími jsou neolit, halštát, latén a období stěhování národů.

Jedním z důvodů proč nás zajímají koncentrace olova u před-technických populací je stanovení hodnoty přírodní koncentrace olova v organismu, tj. množství olova přijatého potravou z místního geologického podloží. Dále nás zajímá možnost porovnání této hodnoty s hodnotami změřenými u současného člověka. Studium izotopického složení olova se používá k určení jeho zdrojů.

K tomu je potřeba znát nejen koncentrace olova ale také jeho izotopické složení. K vystopování zdrojů olova se využívá porovnání izotopických poměrů $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ a $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ v kostech a zubech s hodnotami tohoto poměru v okolní půdě, a také pro zjištění případné antropogenní kontaminace porovnání s poměry v popílku ze spalování uhlí, benzínu apod..

Tato práce navazuje na diplomovou práci Adama Balcara z roku 2004, který měřil řadu stopových a hlavních prvků (Ca, P, Sr, Ba, Zn, Cu, Fe, Pb, K, Na, Mg, Mn, V, Cr, Co, Ni, As, Y, Cd, U a REE) v sérii 159 vzorků z výše uvedených období. Následující práce je zaměřena na analýzu obsahu a izotopického složení olova u vybraných 43 vzorků z výše uvedené série. K měření bylo použito metody ICP-MS.

Cílem této práce je rozšířit počet dat změřených u před-technických populací a pokusit se rozlišit zda olovo v těchto vzorcích pocházelo z potravního řetězce a bylo tedy přijaté jedinci během jejich života nebo zda se dostalo do kosterních pozůstatků během uložení v půdě, diagenézí z okolní půdy či z nějakého antropogenního zdroje.

Vzhledem k malému počtu měřených vzorků není cílem této práce vyvozovat obecné závěry, ale její výsledky mohou sloužit jako podklad pro další interdisciplinární výzkum.

2. Rešerše

2.1. Výskyt olova v přírodě

Olovo je nejtěžším neradioaktivním kovem, který se přirozeně vyskytuje v podstatných množstvích na zemském povrchu.

Nejrozšířenější olověnou rudou je galenit (PbS). Méně rozšířenými rudami jsou anglesit (PbSO_4) a cerrusit (PbCO_3). Olovo nalezneme v horninách, např. 16 ppm olova je obsaženo ve vyvěřelých horninách, v půdách v množství do 50 ppm v běžných nekontaminovaných půdách. Olovo v půdě tvoří velmi málo rozpustné minerály nebo kladně nabité ionty vážící se na půdní částice. Olovo je obvykle v půdě velmi málo mobilní. Olovo se vyskytuje také v řekách v jezerech a v mořské vodě. Za přirozené pozadí v podzemních vodách se považuje koncentrace olova asi 20 $\mu\text{g/l}$. V mořské vodě se nacházejí koncentrace asi od 0,03 $\mu\text{g/l}$ do 3,0 $\mu\text{g/l}$. Do moře se olovo dostává většinou z průmyslových aerosolů. V mnohem menší míře také přítokem z řek. Přirozený přínos olova do oceánu z řek je $2 \cdot 10^4$ tun/rok. V atmosférických vodách se mohou vyskytovat koncentrace olova až ve stovkách $\mu\text{g/l}$. Olovo má významný akumulací koeficient a významně se proto hromadí nejenom v sedimentech a kalech, ale i biomase organismů a rostlin. Z vody a rostlin se olovo dostává i do lidského či zvířecího organismu, kde se ukládá v buňkách a zejména kostních tkáních. Navzdory své hmotnosti olovo se vyskytuje i v atmosféře, jako složka vzduchu a mořského tříště. Olova obsaženého v biosféře je okolo 95% antropogenního původu (Nriagu, 1989). Celkové antropogenní emise Pb do atmosféry jsou větší než $332 \cdot 10^9$ g/rok a tok z přírodních zdrojů se pohybuje kolem $12 \cdot 10^9$ g/rok (Nriagu, 1989). Lantzy a MacKenzie (1979) uvádějí, že antropogenní vstup Pb do atmosféry je až 350krát větší než z přírodního prostředí.

Olovo je jeden z největších polutantů životního prostředí v ČR a může pocházet z různých zdrojů. Do atmosféry se dostává např. z vysokoteplotních průmyslových procesů (výrobou neželezných kovů a oceli), spalováním fosilních paliv (benzín, nafta, olej a uhlí) a spalováním komunálního odpadu. Dalšími zdroji jsou např. těžba uhlí, těžba a zpracování olověné rudy. Významné znečištění ČR olovem začalo v roce 1945 s používáním hnědého uhlí k výrobě elektřiny a vytápění domácností (Moldan a kol., 1992).

Dalším významným antropogenním zdrojem olova byly výfukové plyny motorových vozidel, obsahující rozkladné produkty tetraethyl olova, které slouží jako antidetonační prostředek. V současné době se olovnatý benzín používá již jen v rozvojových zemích. V Evropě a ve Spojených státech se v současné době již olovo do benzínu nepřidává. Olovo se hromadí v okolí komunikací a dostává se do atmosférických vod a odtud i do vod povrchových a podzemních. Dalším zdrojem může být koroze olověných částí vodovodního potrubí, avšak tento zdroj přestává již být v našich poměrech podstatný.

Olovo se do půdy může dostávat také z barev, které mohou obsahovat až 50% olova. Používaly se do 40. let našeho století. V průmyslu jsou vysoce olovnaté barvy stále používány. Dalším zdrojem mohou být odpadní vody ze zpracování rud, z barevné metalurgie, z výroby akumulátorů a ze sklářského průmyslu, kde jsou sloučeniny olova součástí glazur.

Analýza arktického ledovce odhalila 400násobný nárůst v koncentraci olova v atmosféře na severní polokouli od pravěku do poloviny 60. let (Hong a kol., 1994). První zpracování sulfidických rud s následnou hutní úpravou Ag-Pb a kupelace Ag bylo objeveno před 5000 lety. Od doby před 4000 do 2700 lety světová produkce Pb vzrostla z 160 t/rok na 10 000 t/rok. Během doby Římské před 2000 lety se průměrná produkce pohybovala kolem 80 000 tun/rok. Průmyslová revoluce přinesla nárůst produkce Pb z 100 000 t/rok na 1 000 000 t/rok (před 60 lety). V roce 1980 světová produkce narostla až na 3 000 000 tun/rok (Settle a Patterson, 1980). V letech 1920 – 2000 bylo vytěženo více než 300 miliónů tun olova. Produkce olova v roce 1994 tvoří celosvětově 4 miliony tun (Nriagu, 1996).

2.2. Olovo v lidském organismu

Olovo se do lidského organismu může dostat třemi cestami: ústy, vdechnutím a kůží. Prachové částice s navázaným olovem se mohou dostat do plic, takto je absorbováno až 70% vdechnutého olova, v závislosti na velikosti částice. Hlavním zdrojem olova v atmosféře byly emise z automobilů jezdících na olovnatý benzín. Od té doby, co se množství olovnatého benzínu snížilo, je množství olova přijatého plícemi výrazně nižší než množství olova jež se do těla dostane trávicím traktem. Do trávicího traktu se olovo dostává z potravy a vody. Příjem olova kůží je minimální.

Olovo se v těle distribuuje do krve, měkkých tkání a kostí. Obsah olova v krvi reprezentuje 5-10% obsahu olova v těle. 99% olova v krvi je vázáno na erytrocyty a nemůže přecházet přes buněčné membrány. Okolo 10-20% olova v těle je uloženo v měkkých tkáních jako jsou ledviny, játra, kostní dřev a mozek (viz tabulka 1). V těchto tkáních je olovo nejvíce toxické. Míra poškození tkání záleží na množství a délce expozice. Čím delší expozice, tím větší poškození. Zbylé olovo se ukládá v kostech, kde Pb^{2+} zastupuje Ca^{2+} v hydroxyapatitu. Doby setrvání olova v kosti může být až 60 let. Tělo se snaží ustanovit dlouhodobou metabolickou rovnováhu s krví. Pokud hladina olova v krvi poklesne, olovo migruje z kosti do krve. Olovo, uložené v kostech, se zpět do krve uvolňuje během kojení, těhotenství a stárnutí. Tím se může stát opět nebezpečným pro měkké tkáně. Olovo se ukládá také v zubech, a to více v řezácích než ve stoličkách. Přibližně 60% tělem přijatého olova je vyloučeno ledvinami, výkaly a pocením a také růstem nehtů a vlasů. Dospělé lidské tělo obsahuje v průměru 2 μg olova na g kosti (1,4-5,7). Přirozený denní příjem olova je 0,3 mg za den (0,1 mg až 2,0 mg) (Lewis, 1965).

Toxicita olova spočívá ve schopnosti tvořit velmi silnou vazbu s thiolovými (SH) skupinami, které jsou součástí některých enzymů, v inhibici tvorby hemoglobinu, v negativním působení na červené krvinky, nervový systém aj. děti předškolního věku jsou citlivější než dospělí jedinci. Chronické

onemocnění způsobené olovem má nejasné symptomy a obtížně se diagnostikuje. Olovo působí neurotoxicky a považuje se za potenciální karcinogen. Olovo také může mít vliv na vysoký tlak u mužů a může mít negativní vliv na inteligenci dětí.

Tabulka 1: Distribuce olova v těle

	Krev	Měkké tkáně	Kosti
Polovina doby setrvání	35 dní	40 dní	Houbovitá tkáň (pánev, žebra, lebka): 3-5 let Kůra kostí (kost holení, stehenní): 30 let
% celkového obsahu v těle	5-10%	10-20%	75% v dětství, 90-95% v dospělosti

2.3. Využití olova v archeologickém výzkumu

Ukládání olova v lidské tkáni umožňuje monitorovat dlouhodobé působení tohoto prvku a také určit různé zdroje kontaminace olovem v průběhu života jedince. Abychom se vyhnuli omylům při stanovování koncentrace olova, je potřeba dobře znát zdroj a rozsah kontaminace olovem, způsoby migrace olova v lidském organismu a přirozené hodnoty prostředí, kterým jsou lidé vystaveni. Olovo v archeologických vzorcích můžeme stanovovat z kostí nebo zubů, které ještě můžeme rozdělit na dentin a sklovinu.

V krvi olovo setrvává jen 15-20 dní, což je pro archeologický výzkum nevhodné. Krev také nemůžeme získat z archeologického či historického materiálu, takže není možné porovnávat současnou a preindustriální populaci. Toto srovnání je potřeba k získání informace o dlouhodobých trendech množství olova a přirozeném pozadí.

Kosti akumulují olovo z krve, Pb^{2+} zastupuje Ca^{2+} v hydroxyapatitu. Změna množství olova v kosti je variabilní a závisí na rychlosti obměny kostní tkáně, její hustotě a funkci. Procento výměny olova v kosti bylo stanoveno na přibližně 1% za rok v kosti korové a přibližně 8% za rok v kosti houbovitě. Koncentrace olova v kostech jsou tedy považovány za reprezentativní průměrnou expozici za určitou delší časovou jednotku, která záleží na vybrané kosti a její části. Různé kosti mohou reprezentovat různá období v životě jedince. Kosti většinou vypovídají o pozdějších stadiích života jedince, protože jsou v dlouhodobé metabolické rovnováze s krví. Mnoho studií, které se zabývaly porovnáním obsahu olova v kostech u současné a před technickou populace, ukazují, že současné kosti mají mnohem vyšší hodnoty obsahu olova v porovnání s kostmi před technickými. Přesně kvantifikovat rozdíly mezi před technickou a současnou populací je obtížné vzhledem k velice nízkým obsahům olova v historických vzorcích a jejich kontaminací okolním prostředím a *diagenezí post mortem*.

Při zkoumání dlouhých kostí bylo zjištěno, že olovo se nejvíce kumuluje v epifyze. Nejvyšší koncentrace olova byly změřeny ve vnější vrstvě femuru, a to jak u historických, tak u současných kostí (Smrčka a Jambor, 2000).

Zubní tkáň se ukázala pro výzkum koncentrace olova v historických a archeologických tkáních nejvhodnější. U zubů můžeme zkoumat koncentrace prvků v zubní sklovině, v dentinu neboli zubní hmotě a dále v mléčném a trvalém chrupu. Zubní sklovina se tvoří ve známých fázích vývoje člověka a je chemicky stabilní in vivo, zatímco dentin v průběhu života mění. Jednotlivé zubní tkáň uchovávají olovo přijaté organismem v určitých fázích života. Tvorba mléčných zubů začíná již u vyvíjejícího se plodu ve stáří 14-19 týdnů, a mineralizace skloviny je hotová brzy po narození. Jakmile je jednou utvořena, sklovina už se nemění, takže obsah olova ve sklovině je považován za spolehlivý indikátor expozice olovem v děloze. Narozdíl od skloviny, o dentinu je známo, že akumuluje olovo z krve v průběhu raného dětství a reprezentuje tudíž expozici olovem v době po porodu. Je známo, že vývoj první stoličky trvalého chrupu je započat již v děloze, většina trvalých zubů vzniká v dětství od 3 až 4 měsíců do přibližně 12-16 let věku.

V zubech kalcifikovaných během narození se objevuje významná přírůstková linie, známá jako neonatální linie, představující fyziologický šok při narození. Odděluje tedy prenatalní a postnatalní tkáň, (Lee a kol., 1999). Stejně jako u mléčných zubů, i u trvalého chrupu se předpokládá, že sklovina uchovává olovo přijaté organismem během svého vzniku, zatímco dentin akumuluje olovo z krve a udržuje se do určité míry v rovnováze s metabolismem jedince. U dospělých jedinců může být obsah olova v dentinu považován za reprezentativní údaj o průměrném množství olova přijatého během celého života. Tato vlastnost umožňuje kvantifikovat expozici olovem historických populací a pomáhá vytvořit spolehlivou „základní linii“ pro současné studie. Základní linií se rozumí přirozené hodnoty olova v lidském organismu, pocházející z přírodních zdrojů, tzn. hlavně z horninového pozadí. Za přirozenou hodnotu Pb z okolního prostředí, která se dostává do těla potravou je považována hodnota 0,5-1,0 $\mu\text{g/g}$ (Hong a kol., 1994). Příklady koncentrací olova u před-technických a současných populací viz tabulky 2 a 3.

Zubní sklovina se tvoří ve známých fázích vývoje člověka a je chemicky stabilní in vivo, zatímco dentin v průběhu života mění. Sklovina je vysoce mineralizovaná a má hustou strukturu a tudíž je stabilní a odolná vůči remodelujícím vlivům jak během života tak i vůči diagenézi a vlivům okolního prostředí. Sklovina, díky své vysoce mineralizované a husté struktuře, nejlépe ze všech lidských tkání zachovává biogenní olovo neovlivněné vlivy diagenéze *post mortem*. U skloviny bylo dále pozorováno zvýšení množství olova v povrchové vrstvě skloviny do hloubky 30 μm pocházející s největší pravděpodobností z chemické výměny během života. Toto tvrzení dokládá fakt, že toto obohacení bylo stanoveno jak u archeologických zubů tak u zubů ze současnosti. (Budd a kol., 1998). Dentin má tendenci akumulovat olovo během života což vypovídá o tom, že bude podobně jako kosti pravděpodobně více postižen diagenetickou akumulací prvku z okolního prostředí během uložení. Výhody zkoumání zubů byly využity v množství studií porovnávajících množství olova a izotopické poměry skloviny a dentinu v jednotlivých zubech a určování zdrojů a způsobu expozice. Za účelem usnadnění srovnání byla vyvinuta metodologie pro přesnou izolaci a analýzu jednotlivých tkání. Sklovina se získává z krčku zubu a dentin z korunky. Porovnání obsahů olova těchto tkání se používá k porovnání expozice v děloze a raném dětství a k určení množství olova v dentinu z endogenních zdrojů.

Tabulka 2: Hodnoty koncentrací olova v kostech moderního člověka, příklady (Nriagu a kol., 2001)

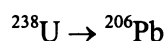
Místo	Koncentrace Pb μg/g	v Autor
Řím (z pohřebiště Isola Sacra)	10	Nriagu a kol., 2001
Západní Japonsko (současnost)	4,5	Hisanaga a kol., 1988
Taiwan (současnost)	7,1	Kuo a kol., 2000
Tenerife (současnost)	18	Arnay-de-la-Rosa a kol., 1998
Boston, MA, USA (současnost)	22	Chen a kol., 1998

Tabulka 3: Obsahy olova u před-technických populací, příklady

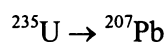
Země	průměr Pb ppm	Počet vzorků	Způsob měření	Reference
Chorvatsko	0,24	9	ICP AES	Kniewald a kol., 1994
Dánsko	0,2	17	AAS	Grandjean, 1988
Francie	1,5	1	AAS	Jaworowski a kol., 1985
Francie	0,1	3	ID TIMS	Jaworowski a kol., 1985
Grónsko	0,71	3	AAS	Grandjean and Jørgensen, 1990
Japonsko	1,2	67	AES	Kosugi a kol., 1986
Mexiko	2	16	PIXE	Solis a kol., 1996
Egypt, Nubie	2	9	AAS	Grandjean and Jørgensen, 1990
Peru	0,4	2	ID TIMS	Ericson a kol., 1979
Tenerife	4,12	15	AAS	Arnay-De-la-Rosa a kol., 1998
UK	14,3	11	AAS	Rogers a Waldron, 1985
USA Arizona	0,06	10	ID TIMS	Patterson a kol., 1991
USA Kalifornie	0,27	13	ID TIMS	Patterson a kol., 1991

2.4. Izotopy olova

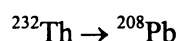
Olovo se v přírodě vyskytuje ve čtyřech stabilních izotopech ^{204}Pb (1,4%), ^{206}Pb (23,6%), ^{207}Pb (22,5%) a ^{208}Pb (52,3%). Kromě izotopu ^{204}Pb , který je neradioaktivního původu, jsou zbylé tři dceřinné produkty rozpadových řad :



$$(t_{1/2} = 4.5 \times 100 \text{ let}; \lambda = 1.55 \times 10^{-10}/\text{rok})$$



$$(t_{1/2} = 7.1 \times 100 \text{ let}; \lambda = 85 \times 10^{-10}/\text{rok})$$



$$(t_{1/2} = 1.4 \times 100 \text{ let}; \lambda = 0.49 \times 10^{-10}/\text{rok})$$

kde $t_{1/2}$ je poločas rozpadu a λ rozpadová konstanta (Rankama, 1963).

Obsahy jednotlivých izotopů v minerálech a rudách jsou závislé na počátečních obsazích jejich mateřských izotopů ^{238}U , ^{235}U a ^{232}Th a na stáří, kdy bylo olovo odděleno od zdrojového materiálu při vzniku daného minerálu. Sledování původu antropogenního Pb předpokládá rozdíly izotopových signatur přirozených hodnot geochemického pozadí a průmyslovými materiály s obsahem Pb (Hansmann a Köppel., 2000; Brännvall a kol., 2001; Ettler a kol., 2004). Nejvíce používané poměry olova pro environmentální účely jsou především poměry izotopů $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ a $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. Tyto poměry vykazují největší rozdíly (Weiss a kol., 1999a,b; Monna a kol., 1999; Novák a kol., 2003 aj.).

Poměr $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ na největších světových ložiscích olova je 1,04 – 1,39 (Chow a kol., 1975). Izotopické poměry u olova se během průmyslového zpracování nemění.

Jeden z prvních, kdo si všiml izotopických rozdílů v půdě byl Chow (1970). Při studiu půd v okolí silnic, zjistil rozdíly v izotopických poměrech mezi půdními vzorky z hloubky mezi 10 a 15 cm. Vrchní vrstvy neobsahovaly pouze zvýšené koncentrace Pb, ale izotopové poměry Pb velmi odpovídaly poměrům Pb aditiv v benzínu používané toho času v dané oblasti.

Zdroje antropogenního Pb jsou různé pro dané časové období a oblast. Ve starších obdobích byly hlavním zdrojem Pb především těžba olověných rud a následná hutní výroba. S touto činností se pojí odpady jako: důlní odpady, hutní popílký a strusky se zvýšenými obsahy Pb ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} \sim 1,165 - 1,177$) (Ettler a kol., 2004). Na počátku 20. století je izotopové složení více radiogenní ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} \sim 1,17$). Tento poměr je typický pro antropogenní zdroje na severní polokouli a je označen jako „antropogenní linie“. Tato izotopová signatura odpovídá mísení Pb z průmyslových zdrojů a těžby uhlí (Monna a kol., 1999). Při studiu poměrů $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ a $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ v uhlí ČR byly naměřeny poměry 1,190 vs. 2,465. Jako nejnižší poměr $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ uhlí v ČR lze brát nad 1,17 (uhlí). Emise z uhlí na našem území mají v atmosférickém aerosolu vyšší poměr $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ kolem 1,15 ve srovnání se západní Evropou, kde se poměry pohybují kolem 1,10. Hlavním zdrojem olova je kromě těžby jeho spalování v tepelných elektrárnách (Novák a kol., 2003).

2.5. Využití izotopů olova v archeologickém výzkumu

Podle záznamu v rašeliništích byl izotopický poměr v atmosféře $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ v letech 5000 – 3000 př. n. l. přibližně 1,2, v letech 3000 – 2000 př. n. l. s počátkem těžby olova (Féničané, Řekové, Římané) klesl na 1,18 a od začátku našeho letopočtu kvůli středověké těžbě, průmyslové revoluci a používání olovnatého benzínu až do současnosti postupně klesá až na 1,125. Po zavedení bezolovnatého benzínu začíná poměr $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ narůstat (Weiss, 1999).

Použití radiogenních izotopů olova a stroncia nachází v současné době čím dál tím větší využití. Původně se používaly pro datování hornin a minerálů a jako stopovače zdrojových rezevoárů v petrologických a metalogenních studiích. Izotopy olova se dále využívají ke stopování atmosférických emisí na velké vzdálenosti. V poslední době stabilní izotopy, zvláště olovo,

používají na vystopování antropogenního zdroje znečištění v různých ekosférách. Další možností použití radiogenních izotopů je na historické a prehistorické lidské a zvířecí tkáně. Analýza izotopů olova se používá k určování možných zdrojů historického a archeologického původu olova. U před industriálních společností lze předpokládat, že hlavním zdrojem olova v potravě bylo geologické podloží, spíše než atmosférické znečištění. Vyloučíme-li exogenní kontaminaci (například kovovými nástroji), lidé přijímají potravou olovo z místních půd, jejichž izotopové složení se liší podle typu a stáří horniny. Nicméně jednoznačné určení zdroje olova u archeologických vzorků je komplikované, protože může docházet ke kontaminaci po uložení a tím k míšení více zdrojů. Např. horninové podloží a kontaminace antropogenním zdrojem (benzín, spalování uhlí, atd.). Následující tabulka 4 ukazuje příklady izotopických poměrů různých zdrojů olova.

Tabulka 4: Izotopické poměry olova, příklady.

Vzorek	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	Zdroj
Galenit - Buhutín	1,150	2,116	Legierski a Vaněček (1967)
Galenit - Buhutín	1,151	2,112	Legierski a Vaněček (1967)
Galenit - Buhutín	1,153	2,110	Legierski a Vaněček (1967)
Galenit -Březové hory	1,155	2,105	Legierski a Vaněček (1967)
Galenit-Příbram	1,164	2,099	Ettler a kol. (2004)
Popílek z metalurgie rudy (Příbram)	1,167	2,098	Ettler a kol. (2004)
Popílek z recyklace odpadu- autobaterií (Příbram)	1,177	2,081	Ettler a kol. (2004)
Struska z metalurgie rudy (Příbram)	1,165	2,104	Ettler a kol. (2004)
Struska z recyklace odpadu-akumulátory (Příbram)	1,169	2,100	Ettler a kol. (2004)
Prach ze silničního tunelu Švýcarsko (1993)	1,114	2,142	Hansmann a kol.(2000)
Pouliční prach-Švýcarsko (1995)-Stampfenbach	1,138	2,121	Hansmann a kol.(2000)
Prach silniční tunel ČR 2003	1,135	2,129	Ettler a kol. (2004)
Prach ze spalování odpadu-Švýcarsko (1975-1993)	1,151	2,109	Hansmann a kol.(2000)
Uhlí-Belgie	1,172	2,091	Hansmann a kol.(2000)
Aerosol městský Moskva 1994	1,148	2,112	Rosman a kol. (1998)
Aerosol městský Norimberk 1994	1,145	2,114	Rosman a kol. (1998)
Aerosol městský Holandsko 1994	1,133	2,125	Rosman a kol. (1998)
Uhlí Belgie	1,172	2,091	Hansmann a Koppel (2000)
Uhlí černé Evropa průměr	1,179	2,068	Rosman a kol. (2000)
Uhlí ČR a Polsko průměr	1,183	2,075	Aberg a kol. (1999)
Uhlí hnědé Evropa	1,182	2,069	Rosman a kol. (2000)
Uhlí hnědé Evropa	1,182	2,095	Rosman a kol. (2000)
Uhlí hnědé Evropa	1,176	2,096	Rosman a kol. (2000)
Uhlí hnědé Evropa	1,190	2,069	Rosman a kol. (2000)
Uhlí Německo Hambach	1,174	2,084	Farmer a kol. (1999)
Uhlí Polsko Janovice	1,176	2,106	Farmer a kol. (1999)
Galenit Harrachov	1,174	2,086	Legierski a Vaněček (1967)
Galenit Jáchymov	1,174	2,085	Legierski a Vaněček (1967)
Galenit Kutná Hora	1,155	2,104	Legierski a Vaněček (1967)
Galenit Libušín	1,148	2,107	Legierski a Vaněček (1967)
Grónsko, ledovec 1960	1,157	2,099	Rosman a kol. (1994)
Grónsko, ledovec 1968	1,163	2,076	Rosman a kol. (1994)
Grónsko, ledovec 1972	1,188	2,055	Rosman a kol. (1994)
Grónsko, ledovec 1980	1,176	2,068	Rosman a kol. (1994)
Olovnatý benzín	1,135	2,130	Monna a kol. (1995)

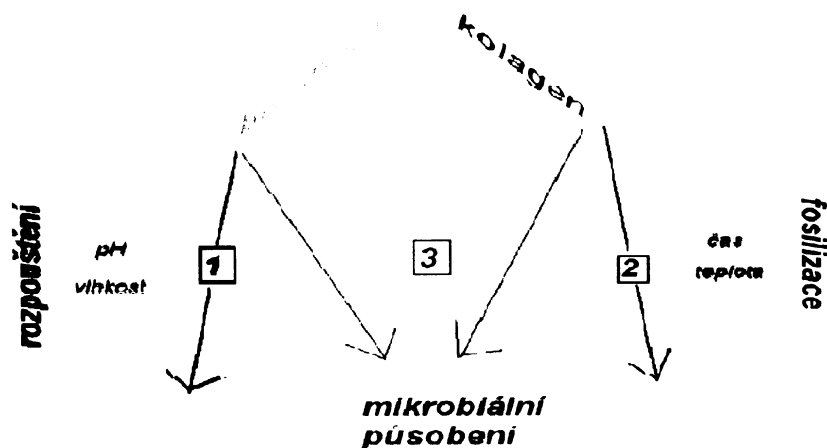
Mezi nejčastěji zkoumané tkáně patří zuby, protože jsou většinou nejlépe zachovaným biologickým materiálem. Vezmeme-li v úvahu, že výměna prvků mezi sklovinou a dentinem během života téměř neprobíhá, oddělená analýza skloviny a dentinu by měla podat obraz o zdroji olova v různých fázích života. Tudíž oddělená izotopová analýza skloviny a dentinu (nebo kosti) poskytuje pomůcku při stopování migrujících jedinců mezi izotopicky odlišnými regiony. Podobně jako se využívají izotopy stroncia (Sealy a kol., 1995). Aplikace této techniky na historické populace musí bohužel čelit problému kontaminace během uložení kosti. Půdy, půdní vlhkost a meteorická voda v půdě interagují se zuby v průběhu stovek a tisíců let. Obzvláště dentin a kosti díky své porézní struktuře jsou často zasaženy porušením původního apatitu a loužením (Chirardia a kol., 2002).

Izotopické složení olova bylo například použito k identifikaci zdrojů olova, kterému byla vystavena populace na Isola Sacra. Izotopické poměry z kostí z chráněných hrodek spadají do úzkého rozmezí přibližně 1,83 - 1,88 pro $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ a 2,08 - 2,1 pro $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. Izotopické složení kosti se nepadobá žádnému z rud a hornin v Itálii, což vede k domněnce, že většina olova používaného v Portu/Ostia byly dovážena. Data naznačují spíše heterogenní původ olova. Dále je zajímavé, že došlo k homogenizaci izotopů olova v populaci Portusu/Ostie, ve které bylo množství přistěhovalců, což se shoduje s posledními teoriemi o obměně olova v kostech. Míra obnovy a obměny olova v kostech byla stanovena na 6-8% za rok, což znamená, že většina přistěhovalců vyměnila původní olovo s místním za 12-15 let (Nriagu a kol., 2001).

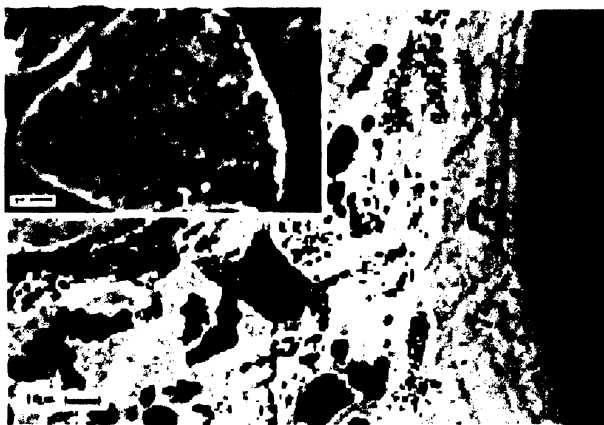
2.6. Ovlivnění kosti po uložení, diagenese

Největším problémem při studiu archeologických a historických materiálů je možnost jejich ovlivnění a kontaminace po uložení. Kosti a zuby, které byly uloženy v zemi stovky a tisíce let bývají často ovlivněny diagenézí. Během této doby jsou v kontaktu s okolními půdními roztoky a může docházet k výměně iontů a rekrystalizaci. Kost se skládá z proteinů (20-25% živé kosti) a minerálů. Zachování kosti záleží jednak na její hustotě, tvaru, velikosti, chemismu a dále na podzemní vodě, typu půdy, teplotě a vzduchu a také na okolní fauně a flóře. Asi nejvýznamnějšími z těchto faktorů jsou chemismus kosti a typ půdy, ve které je kost uložena. Obecně se dá říci, že nejlepší pro zachování kostí jsou jemnozrnné půdy s neutrálním až slabě alkalickým pH (Buckberry, 2000). Při uložení kosti dochází k následujícím změnám. Nejprve dochází k degradaci organické hmoty v kosti - kolagenu. Následuje rozpouštění menších krystalů a následná rekrystalizace do větších, stabilnějších krystalů bioapatitu. Během tohoto procesu dochází k začlenění iontů z okolního prostředí do krystalů bioapatitu což ovlivní minerální strukturu a velikost krystalů. Dochází také k nárůstu porosity kosti v porovnání s čerstvou kostí (viz obrázky 1 a 2).

Obrázek 1: Tři možné způsoby diagenézy (Collins, 2000)



Obrázek 2: Řez lidskou kostí z Warrem Perry, opuštěné středověké vesnice, Yorkshire, VB, (Collins, 2000)



Při interpretaci látkového složení kosterních ostatků je proto nutné rozlišit její biogenní a diagenetickou část. Platí to pro hlavní i stopové prvky (Wiedemann a Bocherens, 1997). Protože sekundární, diagenetické fáze kostní hmoty mají větší rozpustnost než fáze původní, můžeme je na základě tohoto poznatku od sebe rozlišit (Fabig a Herrmann, 2002).

Diagenetické ovlivnění látkového složení archeologických nálezů je možné určit na základě několika vlastností. Například na základě poměru Ca/P nebo porovnáním obsahu Ca a Pb v různých tkáních. Jako doplňující informaci je možné také použít porovnání kostí masožravých a býložravých zvířat.

Hodnota poměru Ca/P by u neovlivněných vzorků měla odpovídat poměru v biogenním apatitu (např. Burton a kol., 1999), jehož hodnota je dobře známá a pohybuje se okolo 2,15 (Gawlik a kol., 1982; Sillen, 1989) nebo 2,16 (Katzenberg, 1984). Pokud se tedy tento poměr ve zkoumaných archeologických nálezích pohybuje okolo této hodnoty, svědčí to o jejich dobrém zachování (malém diagenetickém ovlivnění) a jsou vhodné pro studium historické stravy (Fabig a Herrmann 2002). Podobně lze použít poměry Sr/Ca a Ba/Ca, u kterých se sleduje jejich korelace ve fosilních kostech se současnou faunou (Čejková a kol., 2000).

Vztah mezi Ca a Pb v různých tkáních. Dentin je nejméně odolný vůči diagenезi a sklovina nejvíce odolná a chráněná. Pokud by archeologické vzorky byly výrazně alterovány dalo by se předpokládat, že tento poměr v poměru zubní sklovina / dentin by byl podstatně nižší než u zubů ze současnosti (Budd a kol., 1998).

Dalším aspektem, podle kterého se dá soudit zda vzorky byly kontaminovány olovem *post mortem* je například porovnání zvířecích kostí. Dalo by se předpokládat, že masožravá zvířata (pes), a zvířata živící se odpadky (prase) budou mít v kostech více olova než býložravci (ovce, krávy a koně). Jsou-li hodnoty Pb u těchto zvířat stejné, dá se předpokládat, že vzorky byly ovlivněny *post mortem* (Nriagu a kol., 2001).

Kosti, podle stupně zachování tkáně, můžeme rozdělit na normální (podobné jako nové kosti), fokalizované (s fokálními tunely), amorfni (s chybějící mikrostrukturou a dutinami) a mineralizované (organický materiál byl kompletně odstraněn, ale je možné rozeznat morfologii tkáně) (Nriagu a kol., 2001). Obecně se dá říci, že nejlépe zachované kosti jsou nejméně ovlivněné diagenезí a nejvíce rozložené kosti jsou nejsnáze ovlivněné diagenезí.

Nejvyšší obsahy olova vykazují vzorky pohřbené přímo v půdě, a tedy nejsnáze kontaminovatelné okolním prostředím. Tyto vzorky také většinou vykazují největší rozptyl v izotopických poměrech olova. Občasné podmáčení také usnadňuje výměnu olova mezi půdou a kostmi. Je-li koncentrace olova ve vzorcích podobná nebo mírně vyšší než v půdě, značí to, že změny v obsahu olova v kosti mohou nastat přímým příjmem olova z půdních roztoků při kontaktu s kostí a zároveň diagenetickým odstraněním kostní hmoty (jako například kolagenu) vedoucím k obohacení olovem v reziduu. (Nriagu a kol., 2001)

Kosti nalezené v chráněných hrobkách ukazují nejnižší hodnoty v obsahu olova a malou variaci v izotopických poměrech (Nriagu a kol., 2001).

2.7. Metoda ICP-MS

ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) je analytická spektrální technika spojující ICP s hmotnostní spektrometrií. Metoda je díky nízkým detekčním limitům a jednoduchostí hmotnostních spekter (menšími interferencemi) vhodná pro stanovení stopových koncentrací. Je rychlá, víceprvková a umožňuje též izotopovou analýzu. Jedním z důležitých omezení jsou vlastnosti

analyzovaného vzorku, který nesmí obsahovat příliš vysoké koncentrace kyselin nebo solí. Omezení je též v množství organických sloučenin. Výsledkem měření je hmotnostní spektrum, které je jednodušší než atomové, ale i zde existuje mnoho interferencí. Jde hlavně o spektrální interference, vznikající překryvem izobarických iontů ve spektru, nebo nespektrální interference, dané složením matrice.

Spektrální interference

Spektrální interference způsobují prvky matrice nebo nosného plynu, které se spojují do víceatomových částic (především Ar, C, H, N, a O). Nežádoucí interference mohou rovněž způsobit chloridy, sírany a fosforečnany přítomné ve vzorcích (Mihaljevič a kol., 2004). Pro minimalizaci zátěže detektoru se při detekci přeskakují částice bohatě zastoupené v argonovém plazmatu (např. Ar^+ s hmotnostní jednotkou 40, nebo ArAr^+ s hmotnostní jednotkou 80). Tím vzniká problém při stanovování izotopů s podobnou hmotností (např. K a Ca blízké 40, ^{56}Fe , ^{80}Se). To se týká i analýzy kostí, kde se setkáváme s potlačením signálu u prvků Cd, Cu, Fe, Pb a Zn, ale také naopak zvýšením signálu Sr, pravděpodobně způsobeném přítomností ^{44}Ca nebo $^{48}\text{Ca}^{40}\text{Ar}$ (Hinners a kol., 1998). Apatitová matrice může rovněž ovlivňovat stanovení Fe (hmota 57), Cu (hmoty 63 a 65) a Zn (hmoty 64 a 66), odpovídající kombinací izotopů O (16 a 18) a Ca (hmoty 40, 42 43, 44, 46, a 48). Molekuly PO_2 (hmoty 63 a 65) mohou podobně ovlivňovat stanovení ^{63}Cu a ^{65}Cu . Řadu izobarických interferencí můžeme eliminovat matematickou korekcí. Též se mohou objevit dvakrát nabitě ionty, které se v hmotnostním spektru projeví poloviční nominální hodnotou. Problém se dá omezit vhodným nastavením měřicích podmínek.

Jako základní rozpouštědlo se používá roztok HNO_3 , zajišťující stabilitu iontů v měřených roztocích. Tu zajistí i roztoky H_2SO_4 , H_3PO_4 , HClO_4 , které ale mají interference vznikající kombinací dalších iontů.

Nespektrální interference

Matriční prvky vyvolávají ovlivněním energetických poměrů (ionizační rovnováhy v plazmatu) nespektrální interference. Jejich obsahy a hodnoty ionizačních potenciálů mají vliv na potlačení signálu. Více je potlačen signál izotopově lehkého analytu v izotopově těžké matrici, než signál izotopově těžšího analytu v matrici izotopově lehké.

Vliv interferencí lze potlačovat několika způsoby: 1) Metodou standardního přidavku, jejíž výhodou je, že měření podléhá stejným interferencím jako analyzované prvky v neznámém vzorku (stejně podmínky). 2) Interním standardem – korigují se výchyly změřené koncentrace analytu vzniklé nestabilitou přístroje (např. Lee a kol., 1999). Interní standard by se měl svojí hmotností blížit analyzovaným prvkům, měl by být dobře ionizovatelný a nevyskytovat se v měřeném vzorku. Nejčastěji se používá ^{115}In , ^{45}Sc , ^{209}Bi nebo ^{103}Rh . 3) Metodou izotopového ředění, která je precizní metodou dobře kompenzující interference, ale je u ní potřeba dvou izotopů nepodléhajících interferencí. Tato metoda je často preferována pro stanovení Pb a Cd (Hinners a kol., 1998).

Detekční limity

Metoda ICP-MS má ve srovnání s ostatními spektrálními metodami detekční limity velmi nízké (pro těžké kovy jsou v ng.l^{-1} až v $\mu\text{g.l}^{-1}$). Pro jejich minimalizaci se hledá maximální poměr signál/šum, ovlivněný kromě charakteru analytu a matrice též průtoky plynů, výkonem RF generátoru, umístěním hořáku, výkonností vakuové techniky a parametry iontové optiky, kvadrupólu a detektoru. Výhodou metody je také její vysoký dynamický rozsah.

3. Studovaná historická období

3.1. Neolit ve střední Evropě

Neolit představuje v mírném evropském pásmu zemědělské společnosti, archeologicky charakterizované určitým druhem artefaktů, způsobu obživy a životního stylu. Tradičně je tento pojem definován jako vymezený úsek na počátku našich dějin v období zhruba šestého a pátého tisíciletí př. n. l.. V té době již byly standardně využívány základní technologie, jako je zpracování dřeva, rostlinných a živočišných vláken, pyrotechnologie, zpracování hlíny a vápna a další. Do stejného období lze klást i počátky specializovaného výměnného obchodu s různými surovinami a výrobky, prvních systémů obilnářství a dobytčářství, a vytváření současné kulturní krajiny. Postupnými změnami vyvrcholil vývoj podmíněný optimálními životními podmínkami v postglaciálu. Ve srovnání s předcházejícím dlouhodobým vývojem lidského druhu lze říci, že došlo k první významné společenské změně, v jejímž průběhu se uplatnil intelektuální potenciál *Homo sapiens*. Lidé změnili svoji bezprostřední závislost na přírodě a došlo také k dalšímu rozvoji abstraktního myšlení, jehož důsledky sledujeme v genezi dnešních filozofických a náboženských soustav.

Časově můžeme neolit ve střední Evropě rozdělit na:

Starší neolit 5700/5600 – 5450 př. n. l.

Střední neolit I 5450 – 5050 př. n. l.

Střední neolit II 5050 – 4600 př. n. l.

Mladší neolit 4600 – 4250 př. n. l.

Neolit zařazujeme do vývojové řady mezi starší mezolit a mladší chalkolit.

Geografický kontext

Geografický kontext ukazuje, že evropský neolit nepokryl celý kontinent ani souvisle ani najednou. Jednotlivé regiony se vyvíjely izolovaně, což se projevuje velmi rozdílným stylem různých artefaktů. Celý kontinent lze rozdělit na dvě kulturně odlišné oblasti, a to přímořské a vnitrozemské. Ve vnitrozemí postupovala neolitizace také etapovitě. Celkový trend je časově rozložen od Thrákie, Makedonie a Thessálie přes Balkán do Karpatské kotliny. Osou šíření se staly velké řeky ve vnitrozemí, především Dunaj a Tisa, Morava, Visla a Odra směrem severním, Labe a Rýn s přítoky směrem západním. Tam dosáhl vliv zemědělského neolitu až do Pařížské kotliny. Na východě se ujaly nové způsoby obživy až k řece Dněpr.

Další projevem etapovitého šíření nejstaršího zemědělství je měnící se charakter osídlení. V počáteční etapě jsou to jednotlivé stanice, na nichž nemusel tento způsob obživy nutně pokračovat. Pokud se ujal

na delší dobu, vznikají izolované ostrůvky osídlení jako důsledek úspěšně opakovaného hospodaření, které se projevilo zvýšením populace v daném regionu. Teprve v následující etapě se vytvořily jednotné kulturní celky na širším území. Je logické, že zemědělství vzniklo nejprve tam, kde pro to byly vhodné podmínky, a to především klimatické.

Klimatologické souvislosti

Klimatologické souvislosti postglaciálního oteplování dokládají, že neprobíhalo lineárně ale v několika výkyvech, které zase rozdílným způsobem ovlivnily klima v jednotlivých oblastech. Přestože jsou tato čísla z různých příčin značně zkreslená, je nesporné, že prvotní zemědělci zaujali krajinu ve velmi rozptýlené formě. Teritorialita nejstaršího osídlení odpovídá spíše předcházejícímu období, kdy malé skupiny lovců a sběračů obsazovali poměrně rozsáhlá zájmová území, která jim zajišťovala obživu.

Keramika

V nejstarším neolitu nenacházíme mnoho zdobené keramiky, protože v tomto období převažuje hrubé zboží nad jemným. Zdobená keramika tvoří 10% nálezů. Užitková funkce keramiky tudíž převažuje nad její společensko symbolickou funkcí. Ve středním neolitu se podíl zdobené keramiky ustálil na 30% a samotné zdobení hrálo nepochybně důležitou společenskou roli. Obsahuje Ta spočívala v identifikaci jednotlivců v rámci celých příbuzenských skupin, což vedlo k rozvoji množství lokálních stylů, které jsou někdy nazývány jako skupiny nebo nové kultury. Dvě velké skupiny byly východní s notovou výzdobou a západní s výzdobou vyplňované pásy. Výzdoba je provedena jednoduchými rytými motivy, které zahrnují meandry, klikatky, obloučky, vlnice i spirály. Následující období je charakterizováno přechodem k rytí výzdoby vícehrotým nástrojem a vlastní rytí bylo rychle nahrazeno specifickou technikou střídavých vpichů, při níž je nástroj veden, jakoby kráčel po povrchu nádoby. Vzniká nová lengyelská kultura, na Moravě a Rakousku kultura s moravskou, respektive rakouskou, malovanou keramikou. Charakterizuje ji zpočátku červené nebo kombinované červeno žluté, méně často i černé nebo bílé, malování vzorů, které pokrývají celý povrch nádob. Teprve později byla obnovena technika rytí ale ve zcela jiném stylu než předtím.

Keramika je typickým artefaktem tohoto období. Převládají jednoduché polokulovité tvary s mírně esovitě rozevřeným ústím, někdy na výduti zalomené a hluboké misky. Keramika tohoto období je charakterizována převahou polokulovitých tvarů, které doplňují misky a amforovité tvary. V pozdějších fázích neolitu se původní polokulovité tvary postupně mění v hruškovité a vznikají nové, jako např. poháry a misky nebo výjimečně poháry a misky na nožce, kotlovité a hrncovité tvary. To vede postupně až ke vymizení ornamentovaných tvarů, ke kterému došlo během tohoto období.

Architektura

Architektura staršího neolitu má svoje konstrukční zvláštnosti, k nimž patří především postranní žlábků a trojice velmi hluboko zapuštěných nosných kúlů na přechodu střední a severní části domů (Coudart 1998, Pavlů 2000). Tyto prvky měly za účel zpevnit kúlou konstrukci domů, která byla vytvořena z podstatně slabších sloupů než v následujícím období. Celkově slabší konstrukce domů ve

srovnání s následujícím obdobím ale naznačuje, že tradiční mobilita lovecko-sběračských společností nezankla, ale byla transformována do nějaké formy symbolického i skutečného opouštění domů, ať již sezónního nebo generačního. Ve středním neolitu se domy stavějí v klasickém pravidelně obdélníkovém půdorysu s trojdílným členěním. Konstrukce je výrazně masivnější než v přecházejícím období. V mladším neolitu princip pětiřadé konstrukce zůstává, celý půdorys ale směřuje k asymetrii a především jeho dlouhé stěny jsou uprostřed více nebo méně vypouklé a často tvořeny dvojicemi kúlů. To v principu zvětšuje centrální obytný prostor. Severní část je standardně zpevňována fošnovou konstrukcí, po níž zůstávají základové žláby. Dům je obvykle dosti protáhlý a především jeho jižní strana je podstatně širší než severní. Někdy bývá oddělena krátká předsíň. Pokusy ukázaly, že trapezovitý půdorys lze velmi dobře zastřešit sedlovou střechou, která se k severu skláněla. Tak vzniklo jakési aerodynamické těleso stavby, jehož interiér se dal snadno odvětrávat, což výrazným způsobem zlepšilo životní podmínky pro jeho obyvatele.

Neolitizace společnosti je spojována se vznikem domácího hospodářství, které bylo založeno na hodnotách zajištěné obživy, kontinuity a úrodnosti (Whittle 1996, 69, Hodder 1990). Nejstarší sídliště jsou často na rozhraní dvou rozdílných ekologických zón, například nivy a první terasy, které zaručují dostupnost širšího spektra zdrojů obživy. Velikost těchto sídlišť se odhaduje na maximálně 10-12 domů v jedné stavební fázi. Model sídlení lze označit jako soustředěné, což představují právě ta velká sídliště. Za vyšší stupeň teritoriální organizace lze označit seskupení sídliště, pohřebiště a ohrazení, jaké je známo zatím výjimečně ve Vedrovicích u Moravského Krumlova. Poblíž existuje rozsáhlé pole pro těžbu místního křemence, kde zatím soudobá těžba není sice doložena (Oliva 2003), ale celková konfigurace by podobné soustředění různých aktivit podporovala. Úloha sběru nebyla ještě dlouho zcela zanedbatelná, lov divokých zvířat zůstal důležitým doplňkovým zdrojem potravy.

Pohřbívání

Pohřby nejsou v nejstarším období známe. Nejstarší neolitické pohřebiště ve střední Evropě se našlo při výzkumu v maďarském Mezökövesd severovýchodně od Budapešti. Ve středním neolitu pohřebiště nedoprovázejí zatím všechna sídliště. Jedno pohřebiště je na jižním Slovensku (Nitra) a na Moravě (Vedrovice), v Čechách chybí. Kultovní předměty mají formální podobu velmi příbuznou artefaktům z okruhu starčevské kultury. Vybavení pohřbů není příliš hojné, co do počtu nádob, vyskytnou se ozdoby a kamenné nástroje. Pohřebiště v okruhu kultury s vypíchanou keramikou nejsou příliš početná, častější jsou v okruhu postlineárního vývoje v oblasti Porýní. Lze rozlišit dvě skupiny. Jedna pohřbívá zemřelé podle dřívější tradice lineární keramiky ve skrčené poloze, i když se mění poněkud poloha z levého boku na pravý. Rovněž trvá tradice birituálního kostrového i žárového pohřbívání. O trvalém propojení světa současného a minulého, lidí a jejich předků, případně o širší identifikaci jednotlivců se svými rody, svědčí pokračující existence obličejových nádob, které nabývají rozmanitých forem.

3.2. Doba Halštatská

Doba halštatská, takzvaná starší doba železná, je souhrnné označení pro epochu 8. – 5. století př. n. l..

Datování: doba halštatská

HC – 800/600 B.C (750/620)

HD 1 - 600/550 B.C (530)

pozdní halštat

HD 2/3 – 550/480 B.C (450)

LT A – 480/370 – 350 B.C

Toto období dostalo jméno podle lokality Hallstatt (Horní Rakousko). Bylo zde nalezeno sídliště a pohřebiště komunity těžící a obchodující se solí. Na pohřebišti o 2000 hrobech (žárové i kostrové) bylo nalezeno velké množství luxusního zboží z jihu a jihovýchodu, množství železných předmětů, jantar, slonovina a sklo. Těžba soli na lokalitě trvala nejméně 500 let (pohřbívání zde končí někdy kolem r. 300 B.C) a nutně končí s vyčerpáním dosažitelných ložisek.

Halštatská kultura jako pojem rámcově označuje starší dobu železnou v prostoru severně od Alp, od jižní a východní Francie až do Karpatské kotliny. Jako základní znaky můžeme jmenovat vyspělé hospodářství, využívání metalurgie, jednotný umělecký a výzdobný styl a pokročilý sociální vývoj.

V tomto období se vyskytují dva kulturní okruhy – západohalštatský a východohalštatský (s hranicí zhruba mezi Dolním a Horním Rakouskem a mezi Čechami a Moravou). První se nachází na území dřívějších jihoněmeckých popelnicových polí, druhý má kořeny v popelnicových polích velaticko-baedorských na středním Dunaji. Obecně pak platí, že na našem území se toto období projevuje změnou pohřebního ritu – objevují se mohylníky na starých, již známých místech doby bronzové (mohlo jít o kulturní kontinuitu se starším obyvatelstvem). Zvyšuje se také diferenciaci společnosti – tento trend je patrný především v hrobové výbavě a sídlištní struktuře - objevují se dvorce, známe hradiště, nacházíme importy z řeckých a etruských dílen.

Západohalštatský okruh:

Zahrnuje zhruba území od Čech po střední Francii a od Alp po střední Německo. Vyznačuje se kulovitými keramickými tvary s širokou výduť, ve výzdobě jsou charakteristické ryté geometrické ornamenty, kolkování i černá malba na červeném podkladě (bylanská kultura ve středních Čechách, halštatské mohylová kultura J a Z Čech). Nacházíme také půlměsícovité spony se závěsky, bubínkovité či lodčkovité spony. V hrobové výbavě jsou pro tento okruh charakteristické hroby s vozy pro vyšší vrstvu.

Východohalštatský okruh:

Na území od Moravy směrem na jihovýchod, je spojován s Iliry. Keramický materiál má vysoké vázovité tvary, charakteristické je výrazné členění. Výzdoba je také geometrická či malovaná, obvyklé

je tuhování povrchů nádob. Z kovového inventáře jsou to části koňských postrojů s východními vlivy, objevují se harfovité spony a bronzové situly s antropomorfní i zoomorfní výzdobou.

V Čechách existují 3 kulturní okruhy:

1 západní a jižní Čechy - Halštatská mohylová kultura

2 střední a severozápadní Čechy – Bylanská kultura

3 východní Čechy – Slezkoplatěnická kultura

Na Moravě existují 2 základní okruhy:

1 střední a severní Morava – Platěnická kultura

2 jižní Morava – Horákovská kultura

Halštatská mohylová kultura

Plynule na navazuje na předchozí vývoj. V HC se znovu objevuje budování mohyl, která se pak stává dominantním (výjimkou je pohřebiště v Nynicích, ovšem zde se nedá vyloučit likvidace nadzemních konstrukcí orbou). Sídlištních nálezů je známo poměrně málo, setkáváme se však s jeho novou formou – dvorce (rozloha kolem 1ha). Známe hradiště jejichž počátky spadají již do HC (Planá – Radná, Bukovec), kdy tato nejstarší jsou velmi malá (cca 1 ha), v pozdější době se zvětšují.

Vnitřní úprava hrobů: z předchozí mohylové tradice zůstává kamenný věnec jako stavebně konstrukční prvek, uvnitř mohyly často zjišťujeme ohniště, hrob má často čtverhranný tvar vymezený spálenými poleny (Kšice, Protivín), žárové pohřby jsou buď v nádobě, na hromádce či rozptýlené v zásypu, soubory keramických milodarů se kumulují u jedné stěny, ve výbavě se objevují části zvířat (vepř) někdy s nožem, kultovní předměty (hliněná chrástítka, plastiky ptáků), osobní věci zemřelého (šperky, zbraně).

Na počátku stupně C ještě přežívají některé starší keramické tvary (nádoby s nízkým, etážovitým hrdlem, výzdoba girlandami), ale objevují se jak nové tvary tak výzdoba (amforovité tvary se zúženým hrdlem bez uch, koflíky s hrotitým dnem, hluboké mísy – teriny; z výzdoby ryté jsou to svazky v meandrujících rýh, husté vlasové šrafovaní, tzv. "sluníčka, červenočerné malování) Ve stupni D1 pokračují starší prvky, ale mizí nádoby se žlábkovaným hrdlem, girlanda i meandr. Nově se objevují kulovité nádoby, hrncovité nádoby, mísy se slabě zataženým okrajem, mísy zalomené, ploché talířovité nádoby; výzdoba pokračuje v předchozím trendu, šrafovaní se kombinuje s rozetkami, pokračuje malování, kombinuje se tuhování s rytým ornamentem.

V kovovém inventáři se setkáváme s kování koňských postrojů (udidla s bronzovými postranicemi lukovitě prohnutými, návlečky, knoflíky, zbytky jha) dále pak se zbytky kování vozu, meči, nože – sekáči, horory kopí, se sponou s osmičkovitou kličkou. V mladším období pak nalézáme importy bronzových nádob (misky, situly, kotle, turbany).

Bylanská kultura

Vychází ze štítarského stupně knovízské kultury, jehož keramika tvoří její keramickou náplň ovšem silně ovlivněnou a přetvořenou halštatským stylem (tvar a výzdoba). O sídlištních a jejich vnitřní

strukturu víme jen málo, ve stupni HD 1 se začínají objevovat sídliště (Rubín u Podbořan, Hradec u Kadaně, Minice u Kralup – od HD, mělo množství jižních importů a snad i kamenné stavby.

Poznaný keramický materiál je především funerální, vyráběný ve velkých sériích s nekvalitním výpalem, ale dokonale zpracovaným povrchem (cihlově červená, hnědavá či žlutavá barva). Objevují zásobnicovité tvary s nálevkovitě rozevřeným hrdlem, amforovité nádoby, stlačené tvary s odsazeným hrdlem a odsazeným okrajem– typické pro bylanskou, koflíkovité tvary, talířovité tvary s výrazně ven přehnutým okrajem, situlovité tvary – kónický spodek a ostře odsazené hrdlo (pokračují až do LT). Ve výzdobě převažuje trojúhelník, cikcakové linie, souběžné linie, oproti halštatské mohylové je výrazně bohatší. Používá rytí (rýhy, žlábký, svazky vlasových rýh), malování (různé geometrické vzory provedené tmavě hnědou až černou barvou), ale setkáváme se i s vlešťováním vzorů do tuhového podkladu či samotným tuhováním. Dále se mezi nálezy vyskytují šperky, ozdoby koňského řemení a zbraně a nástroje.

Setkáváme se kostrovým i žárovým ritem. Nejstarší komorové hroby jsou přibližně stejně velké (delší strana 3m), obsahují značné množství keramiky a jen málo kovových šperků. Hlavními keramickými tvary jsou terina s nízkým hrdlem, vysoké zásobnice, misky, koflíky. Výzdoba je většinou vlešťovaná.

Ve středním stupni se objevují velké hroby s vozy pod mohylou, obsahují až 50 – 60 nádob. Této fázi však patří i chudé hroby v jamách. Z keramiky jsou to obecně nižší zásobnice, koflíky s vyšším hrdlem, teriny se zahrocenými oušky. Ve výzdobě je plně rozvinuto malování (čer., červ. a žlu. barvy), které užívá složité geometrické motivy. Příklady pohřebišť Hradenín, Bylany, Plaňany.

Slezskoplatěnická kultura

Spadá do východohalštatského okruhu. Známe jen málo sídlišť, které se většinou nachází na vyvýšených polohách na písčitých dunách či sprašových návějí (Chrudim, Rosnice), využívány byly i jeskyně a skalní bloky. Známe také nepříliš velká hradiště opevněna fortifikací s roštovou konstrukcí, někdy s kamennou plenou (na západním okraji území) – Prachovské skály, Práčov. Za hlavní území kultury se považuje území vymezené Hradeckem, Pardubickem a Chrudimskem.

Pohřebišť slezskoplatěnické kultury známe ve východních Čechách kolem 150. Často se nacházejí na stejných lokalitách jako pohřebiště lužická jejichž hroby porušují. Pohřebiště jsou značně rozsáhlá se stovkami hrobů (Platěnice - 300 hrobů, Skalice - přes 300 hrobů, Třebešov -přes 200 hrobů, Předměřice, v Polsku to mohou být až tisíce hrobů). Pohřby jsou výhradě žárové uloženy převážně v popelnici, uložení v jamce je vzácnější. Na povrchu mohly být označeny sloupkem, jak tomu nasvědčují nálezy kůlových jamek, předpokládá se i nadzemní úprava malým náspem nebo zřídka malou mohylkou. Někdy nacházíme v hroby v hustých řadách vzdálené od sebe 50 – 100cm (Ostroměř, Březina). Pohřeb v nádobě byl zpravidla překryt poklicí a k němu přidáno dalších 10 – 50 nádob.

3.3. Doba Laténská

Laténské období získalo svůj název podle významného naleziště La Tène u Neuchâtelského jezera ve Švýcarsku. Středoevropské klima se i v této době dále zhoršovalo. Laténská i následující doba římská a doba stěhování národů spadají do období staršího subatlantiku. Prokazatelné jsou chladnější výkyvy (Ložek, 1973), charakteristické byly prudké přivalové deště, zvýšená aktivita geomorfologických pochodů – eroze a následné sedimentace v nivách (Pleiner, 1978). Měnily se vegetační poměry, sestupovala hranice lesa na které se měnila i druhová skladba, klesal podíl teplomilné květeny a náročných dřevin. Charakteristickým byl rozmach buku. I přes tyto zhoršené klimatické podmínky stoupala nejen produktivita v zemědělství, ale také celková úroveň řemeslných odvětví. Proces měl za následek vznik skutečného obchodu, založeného na manipulaci s raženou mincí.

Keltové

Původ Keltů je třeba hledat v nejzápadnějších skupinách podunajských Indoevropanů, které od sklonku starší doby bronzové pronikaly ze středního Podunají na západ. Kolébkou Keltů bylo území vymezené na jihu Alpami, na severu pásmem středoněmeckých vrchovin, na západ zasahovalo do východní Francie a na východ někam za bavorsko-rakouské pomezí a do větší části Čech. Keltská expanze nebyla žádnou kolonizací, nýbrž to byly vlny jednotlivých loupeživých vpádů, které v různých částech Evropy probíhaly v době od sklonku 5. do počátku 3. století př. n. l. Okolo roku 400 př. n. l. přišly do dnešních Čech nepříliš početné skupinky „emigrantů“, které se usadily v Podkrušnohoří a v malé části středních Čech. Později přišly už početnější skupiny a došlo k dokončení restrukturalizace a konsolidace, která znamenala celkovou změnu struktury osídlení, zánik hradišť i většiny sídlišť této doby. Na nových místech byla zakládána nová sídliště. Přestalo se pohřbívat na pohřebištích z 5. století př. n. l. Předchozí obyvatelstvo buď odešlo, nebo bylo během celkem krátké doby asimilováno takovým způsobem, že úplně ztratilo svou kulturní identitu. Během této doby konsolidace docházelo ke konfliktním situacím. Počátek období prosperity nové společnosti dovršilo v letech 350–300 př. n. l. osídlení téměř všech oblastí severní poloviny České kotliny zhruba do nadmořské výšky 350 metrů. Vznikla hustá síť dvorců, vesnic bylo méně. Hlavní roli mezi obyvateli hrála ozbrojená složka, která ale časem početně ubývala (Waldhauser a kol., 1999).

Z důvodu klimatických změn byli zemědělci nuceni bojovat s lesem, kterému na mnoha místech ustupovali. To ovšem vedlo k zlepšování zemědělské techniky a k intenzifikaci výroby. Vznikaly nové nástroje pro rostlinnou produkci. Díky tomuto zdokonalení zemědělství byla potřeba méně pracovní síly a v některých místech tak docházelo k zvýšení počtu obyvatel zabývajících se řemeslnou výrobou (Waldhauser a kol., 1999). V laténském období jsou doloženy pšenice, ječmen, žito, oves, proso, hrách, čočka, bob a vikev. Převažují obiloviny, zatímco luskoviny tvoří asi pětinu nálezů. Keltské obilnářství bylo již velmi vyspělé. První kroky učinilo i sadařství, ovocnářství a vinařství (u nás je ale o tom dokladů málo). Z živočišné výroby byl nejdůležitější chov hovězího dobytka a vepře, o něco méně ovce nebo kozy. Koně a psi se nechovali na maso a tak jejich ostatky nalézáme zřídka. Z ptáků

se choval kur domácí a husa, divoká zvěř se lovila málo. Pravděpodobně též docházelo ke sběru mlžů a plžů.

Už na konci doby halštatské a na počátku doby laténské se v omezené míře začalo používat jako nový technický kov železo. V dalším průběhu doby laténské docházelo jak ke kvantitativnímu nárůstu železářské výroby – předpokládá se místní hutnická výroba, tak i samotný metalurgický proces doznával podstatných pokroků (používala se pec se zahloubenou nístějí). Železo se podstatným způsobem uplatnilo v zemědělství a zejména při obrábění dřeva. Stálý příliv inovací představoval zintenzivnění těžby surovin, širší uplatnění mincovnictví a tím rozvoj směny a patrně i obchodu (Waldhauser a kol., 1999).

Osídlení

Osídlený prostor se rozšířil, často do míst s ložisky surovin, což vedlo v Čechách k nebývalému hospodářskému rozmachu. To se projevilo také změnou ve struktuře sídlišť a vznik neopevněných sídlišť s centrálními funkcemi, které už byly blízké prvním opevněným útvarům – oppidům. Oppida byla zakládána od druhé poloviny 2. století př. n. l. Představovala nejnápadnější znak mladé keltské civilizace. Ta důležitější byla zakládána na strategicky výhodných polohách a přírodní ochrana bývala umocněna umělým opevněním. Oppida se výrazně odlišovala od všech sídlištních forem, která jsme dosud poznali. Jejich funkcí byla především obrana, ale také správa – byly to městské aglomerace s výrobou a obchodem. Tento keltský způsob sídlení se prosadil ve značné části Evropy a leckde vtiskl ráz i jinému etnickému prostředí. V Čechách je zatím ověřeno devět oppid, všechna v jižní polovině české kotliny, mimo nejúrodnější kraje. Oproti oppidům se vesnice a osady často rozkládaly v rovinách nebo na mírných svazích v blízkosti vodních zdrojů a lesů. Mezi evropskými znalci Keltů dosáhla proslulosti zcela prozkoumaná vesnice včetně pohřebiště – Radovesice I. Poprvé si tak bylo možno udělat představu o rozsahu a stavebním charakteru keltské vesnice, uvažovat o počtu obyvatel a jejich sociální stratifikaci. Podařilo se objevit i „satelitní“ dvorce s malými pohřebišti, k nimž patří lokalita Radovesice II.

Obrázek 3: Ukázka obydlí z období neolitu (www.pohanstvi.net)



Zánik „knížecí“ společnosti v 5. století př. n. l., charakterizované hlubokým sociálním rozvrstvením, bývá vysvětlován společenskými tlaky uvnitř i zvenku a do značné míry též ekonomickým kolapsem (Waldhauser a kol., 1999). V průběhu 4. a 3. století př. n. l. dospěly všechny keltské kmeny do stadia naprostého rozkladu původního rodového zřízení. Základní společenskou jednotkou se stávala patriarchální, na otcovském právu založená rodina a její vliv rostl na úkor rodu.

Zhruba na přelomu 2. a 1. století př. n. l., v etapě významných změn ve společenské i religiózní sféře, došlo k zásadním proměnám v pohřebních rituálech, které vyvrcholily úplným ústupem od pohřbívání nespálených těl. Ve stejné době registrujeme opět nové příchozí, po nichž zbyly žárové hroby (Waldhauser a kol., 1999). Ploché keltské pohřebiště nalézáme zpravidla na nejúrodnějších půdách, zvláště v Čechách, kde zabírají značnou část Podkrušnohoří a České křídové tabule (cca 400 lokalit). Keltové obvykle ukládali své nebožtíky na dno hrobových jam v přirozené anatomické poloze nznak, s rukama podél těla a hlavou severním směrem (narozdíl od Slovanů, kteří orientovali hlavu k západu). Rakve zhotovovali z dlabaných nebo vypalovaných kmenů (Waldhauser a kol., 1999). Na pohřebištích byly hroby patrně na povrchu nějak viditelně označeny, nejčastěji asi rovem. Objeveny byly i dvojhroby (Pleiner a kol., 1978). Tato plochá keltská pohřebiště svědčí o tom, že vojenská vrstva byla rozhodující složkou ve společnosti. Hroby bojovníků tvoří pětinu až třetinu pohřbů. Značné rozdíly v hrobových výbavách tkví nejspíše ve společenském postavení pohřbených (Pleiner a kol., 1978). Podle opakujících se garnitur hrobových výbav Keltů bylo v Čechách vymezeno devět skupin (Waldhauser a kol., 1999).

3.4. Období stěhování národů:

Celkově lze říci, že doba stěhování národů byla dobou naplněnou ničením, loupením a vražděním. Během 4. století již slábnul vliv rozpadající se římské říše na severní část střední Evropy (Pleiner a kol. 1978). Mezi hlavní příčiny pohybu obyvatelstva patřil hospodářský faktor i zhoršování podnebí. Počátek stěhování se zpravidla určuje okamžikem, kdy z východu přicházejí Hunové – staroturečtí jezdečtí nomádi, jimž původní obyvatelstvo ve střední Evropě velmi těžko odolávalo. Během první třetiny 5. století mají v moci celou uherskou nížinu, podrobili si řadu germánských skupin, zejména Ostrogóty. Z nálezů lze usuzovat nejvýše na vesnickou zemědělskou civilizaci a na společnost, v níž hráli významnou úlohu muži-bojovníci.

Skupiny Germánů, vystupujících v dějinách pod jménem určitého kmene, zahajovaly své posuny v době, kdy byl u nich starý rodový systém v naprostém rozkladu. Základem jejich kultury bylo zemědělství s nepříliš rozvinutým polnohospodářstvím. Půda byla ve vlastnictví jednotlivých rodin žijících v sousedských občinách. Obecným základem poměru mezi obyvatelstvem a přistěhovanými Germány byla instituce zvaná *hospitalitas*, na jejímž základě Germáni přijímali část půdy římského obyvatelstva. Byli však početně slabí a prvků římské civilní správy nevyužili plně.

Počátky Slovanů na našem území

Doba stěhování národů je pro nás důležitá, neboť tehdy došlo k poslední výměně obyvatelstva Čech. Právě tehdy musíme hledat počátky pobytu historických Slovanů v Čechách i na celém území naší republiky, které zpočátku leželo stranou. Chybí stopy i náznaky existence nějakého důležitějšího kulturního nebo mocenského ústředí. Lidé měli ve svých sídlech mnohé z toho, co bylo vlastní antickému prostředí. Je možné, že takové věci pro ně zhotovovali přivlečení mistři řemeslníci z provincií – zlatníci, hrnčíři, stavitelé a tesaři. Postupem doby se začaly projevovat různé ohlasy od západu, jak od dolního Rýna, tak z Porýní horního, ze země Alamanů. Do Čech také doléhala další proudění z Polabí a znovu se začalo pociťovat sousedství středoněmecké – durynské. Je velmi nápadné, že v našich hrobech této doby, kdy v okolí bylo plno násilí a válek, se téměř vůbec neobjevují zbraně. Snad to souvisí s tím, že většina bohatěji vybavených hrobů patří ženám.

V 5. století pokračovalo v Čechách osídlení z doby předchozí. V jeho kultuře se projevovaly prvky z různých míst bližšího i vzdálenějšího sousedství, ale jinak to asi byla doba relativního klidu. Zpočátku zaznamenáváme dokonce i příliv určitého bohatství, které ovšem konzumovala privilegovaná vůdčí vrstva. Nemůžeme však říci, že by osídlení Čech bylo příliš husté. Konec tohoto klidu nastal v posledních desetiletích 5. století.

Pohřební ritus těchto lidí byl kostrový. Naše největší pohřebiště byla zakládána na táhlých mírných svazích, kde jednotlivé hroby byly kopány v nepravidelných řadách, směřujících podélně od západu k východu. Hrobové jámy byly přes metr hluboké a nechybějí případy s hloubkou až třímetrovou. Čím byl hrob bohatší, tj. čím významnějšího měl skrývat jedince, tím byl kopán hlouběji.

Zemřelí byli ukládáni do jam bez rakví, patrně zabaleni v látce. Jejich těla buď spočívala na prkenných márách nebo byla prknem překrývána.

Bezmála celé 5. století zabírá v Čechách Vinařická skupina, která je charakterizována nepříliš početnými kostrovými pohřebišti nebo jednotlivě vykopanými hroby. Pohřební ritus je převážně kostrový, mrtví leží zpravidla na zádech v jakýchsi rakvovitých komorách ze dřeva, nebo přímo v rakvích. Žárové hroby se už vyskytují minimálně.

V druhé polovině 5. století odešly z nížin při soutoku Moravy a Dunaje zbytky tamních kmenů, které se připojili k Ostrogótům na jejich tažení do Itálie. Do uvolněné země vnikli nejprve Heralové. Ti se ale takřka vzápětí střetli s jiným kmenem – Langobardy, o nichž bylo už dávno známo, že sídlili na dolním Labi. Ti museli při svém stěhování jít přes Moravu a Čechy. Jejich některé rody nebo občiny se u nás na dvě tři generace usadily a doplnily tak řady staršího obyvatelstva.

Poznatky o životě na vsi u nás v době stěhování národů vycházejí z nálezů osady v Březně u Loun. Jde o zemědělský ráz, objevena byla zrna žitná, ovesná, pšeničná. Obilí se skladovalo v hlubokých zásobních jámách – silech. V chovu domácích zvířat měl největší zastoupení hovězí dobytek a prase, jejichž vzájemný podíl je téměř vyrovnaný (z nalezených kostí). Menší úlohu hrál chov ovcí a koz. Nalezly se též kosti psa, koně a kura domácího. Lovná zvěř je zastoupena jen ojediněle.

4. Studované lokality

Pro analýzu jsem měla vzorky z následujících lokalit. Z lokality Vedrovice pro neolitické období, z lokalit Kolín a Brno pro halštatské období, z lokality Radovesice pro laténské období a z lokalit Strachotín, Šakvice, Šaratice a Vyškov pro období stěhování národů. Vybrané lokality jsou popsány v následujícím textu.

4.1. Vedrovice

Lokalita Vedrovice se nalézá na Dražanské vrchovině v okrese Znojmo na Jižní Moravě, přibližně 6 kilometrů na východ od Moravského Krumlova. Leží na sprašových svazích pod vrchem Leskounem při někdejší Kubšickém potoce. Vzorky z této lokality pocházejí z období neolitu.

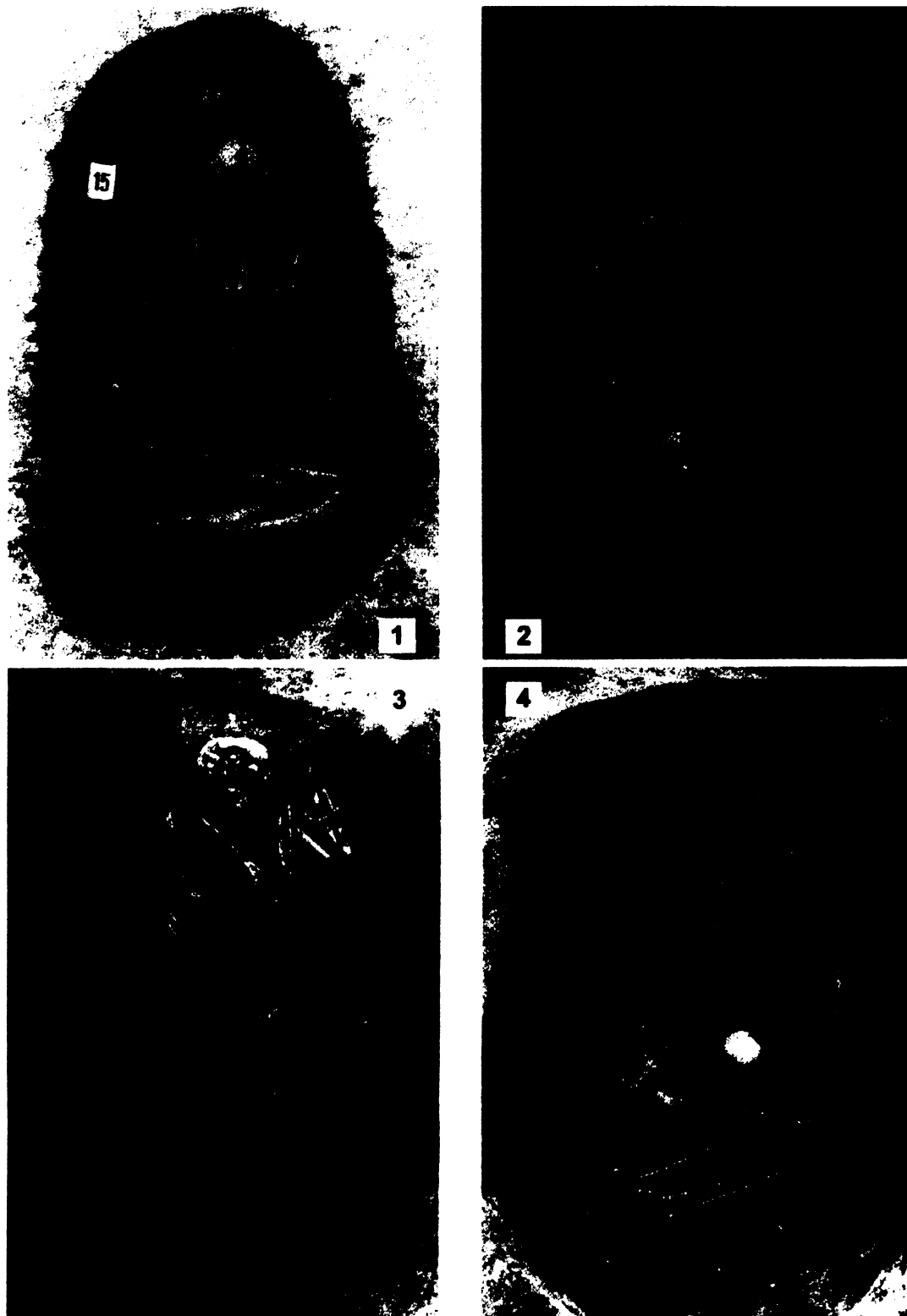
Na katastru obce Vedrovice byla v tratích Široká u lesa a Za dvorem prozkoumána v letech 1961 – 2000 dvě kostrová pohřebiště a příkopem ohrazená osada z období kultury s lineární keramikou. V pozdějším období středního stupně lineární keramiky byla osada obehnána až 1,7 metru hlubokým příkopem s několika přechody, který po vnitřní straně lemovala palisáda. Toto hrzení zřejmě nemělo opevňovací účel. K výbavě sídliště patřily četné pece k vypalování nádob.

Nalezlo se 11 skeletů uložených do hrobů v rozdílných pozicích, na různých místech v rámci sídelní plochy a doprovázených odlišnou výbavou. Tato prozkoumaná plocha se nacházela v určitém vývojovém období kultury s lineární keramikou přibližně uprostřed areálu. Příkop typu „Sohlgraben“ ohrazoval území ve tvaru oválu o rozměrech cca 425 x 275 m, orientovaného delší osou SZ – JV směrem. Tento funerální a sídelní areál kultury s lineární keramikou se nachází na sprašovém hřbetu vybíhajícím JV směrem od úpatí pahorkatiny Krumlovského lesa. Řadové pohřebiště je umístěno v nadmořské výšce cca 275 m. Od něho, necelých 200 m JV směrem, se v nadmořské výšce 270 m nachází severní okraj ohrazeného areálu. Jeho jižní kopec kopíruje zakřivení vrstevnice 250 m. Osídlení kultury s lineární keramikou po celou dobu svého setrvání na lokalitě se soustřeďuje především do prostoru ohrazeného areálu.

V objektu byla nalezena nejen domácí zvířata, ale i lovná zvěř (jelen, srnec, divoké prase) a kožešinová zvířata (kuna skalní, bobr evropský). Většina zvířat zemřela v jatečním věku, což znamená v pohlavní i kosterní dospělosti. Na lokalitě převažují domácí zvířata chovaná jak pro maso tak pro mléko (tur domácí, prase domácí, ovce/koza domácí), pak následují divocí savci (lovení pro maso, kožešinu a paroží). Zjištěné osteometrické hodnoty ukazují, že se jedná o domácí zvířata běžně chovaná ve střední Evropě v tomto období. Spektrum chovaných druhů nevybočuje ze skladby

chovaných domácích zvířat v tomto období a rovněž skladba divokých zvířat se nijak nevymyká druhům zde divoce žijícím (Berkovec a Nývltová Fišáková, 1998).

Obrázek 4: Vedrovice, fotografie vybraných hrobů z pohřebišť lidu s LnK v trati „Široká u lesa“ (č. 1–2) a „Za dvorem“ (č. 3–4). (archiv MZM v Brně).



4.2. Brno

Lokalita tohoto halštatského pohřebiště se nachází v ulici Příkop, směrem na severovýchod nedaleko od historického centra města. Při záchranném výzkumu bylo prozkoumáno 15 žárových hrobů a jeden kombinovaný hrob s ostatky dvou nespálených těl a jednoho pohřbeného žehem. Hrob obsahoval dvacet nádob, spony, bronzový náožník a náramek, železný nůž, skleněné a jantarové korálky. Celé pohřebiště náleží do klasické fáze horákovské kultury (Sklenář a kol., 2002).

4.3. Kolín

Lokalita pohřebiště se nachází v ulici Benešova, v jihovýchodní části města Kolín. Nalezly se zde dva hroby. Oba patřily do skupiny bohatších. Vzdálenost mezi hroby činila 25 metrů, což v podstatě odpovídá dolní hranici dosud zjištěných vzdáleností. K otázce chronologie lze zatím říci jen málo, protože většina keramiky je ve stádiu laboratorního zpracování. Předběžně lze usuzovat o období HC II (Mazač a Tvrđík, 2002). Námi studované vzorky pocházejí z hrobu číslo 83/2000. Hrob byl objeven v roce 2000 v Benešově ulici. Nacházel se ve sprašové půdě. Dno hrobové jámy se nalézalo ve hloubce 1,3 m pod úrovní současného povrchu. Podle antropologického posudku zde byl pohřben muž ve věku nad 40 let (Mazač a Tvrđík, 2002).

4.4. Radovesice

Lokalita Radovesice se nalézá v Dolnooharské tabuli v okrese Teplice v Západních Čechách, přibližně 10 kilometrů na jih od Lovosic. Přesněji jde o lokalitu Radovesice II., jejíž poloha je severně od dnes již zaniklé obce, nad údolím Lukavského potoka na jihovýchodním svahu lokálního hřbetu v nadmořské výšce 305–310 m n. m. Výzkum pohřebiště se uskutečnil v rámci předstihového archeologického výzkumu výsypky velkolomu Maxim Gorkij Bílina. Bylo odkryto 22 keltských kostrových hrobů a soubor neanatomicky uložených lidských kostí. Tento získaný materiál byl uložen ve fondu „Archeologické muzeum“ Regionálního muzea v Teplicích. Podloží bylo tvořeno horninami křídového a kvartérního stáří. Křídový podklad ze srvrchnoturonských slínovců a jílovitých vápenců vycházel v severní části pohřebiště a na západ od něj až na povrch. Větší část hrobů byla zahloubena do kvartérních sprašových hlín a jemnozrnných písků. V následující Tabulce 5 jsou shrnuty informace o jednotlivých hrobech.

Tabulka 5: Popis hrobů z lokality Radovesice II. (Waldhauser a kol., 1999).

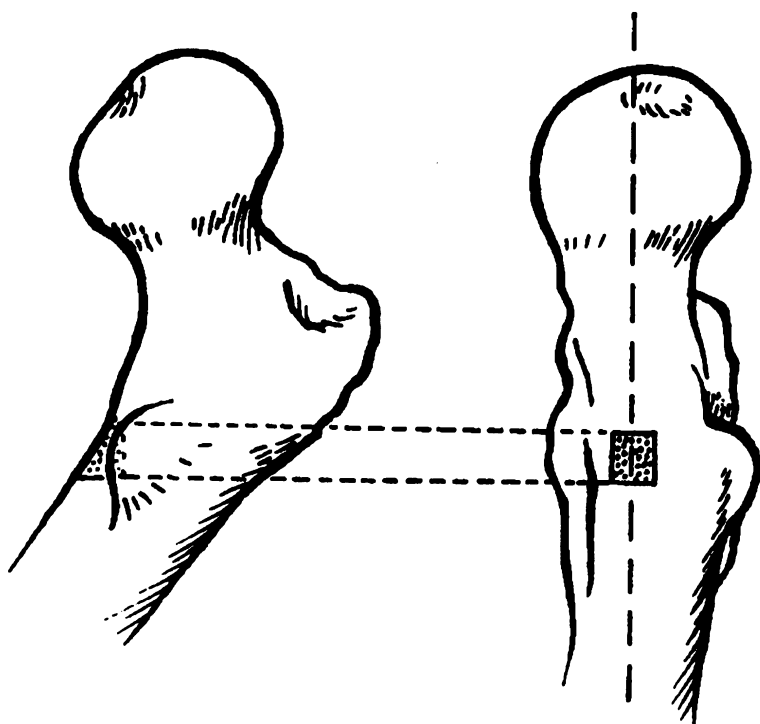
Č.	Pohl	Věk	Garn.	Výbava	Datace	Hrob
2	žena	dosp.	300, 310 (?)	bohatá	LT B1b	V prostoru lebky, ramen a nohou korytem dešťové vody narušený hrob dospělého jedince
3	?	dosp.	430 (?)	prům. či chudší	LT B1b	Skrývkou obnažená a značně poškozená kostra dospělého jedince
5	muž	dosp.	130	bojovník	LT B2a	Kromě lebky a končetin téměř úplně strávená kostra dospělého muže bojovníka (délka <i>in situ</i> bez chodidel 163 cm)
6	?	10	330	průměrná	LT B2a	Poměrně lépe dochovaná kostra
7	muž	30–40	140	bojovník	LT B2a	Poměrně lépe dochovaná kostra (délka <i>in situ</i> bez chodidel 164 cm)
8	žena	20–40	630	chudší	LT B2a	Kromě končetin téměř úplně strávená kostra spíše ženy (délka <i>in situ</i> bez chodidel 145 cm)
9	muž	30–40	150	bojovník	LT B2a	Poměrně lépe dochovaná kostra (délka <i>in situ</i> bez chodidel 167 cm)
10	žena	15–17	230	bohatá	LT B2b	Poměrně lépe zachovalá kostra (délka <i>in situ</i> bez chodidel 150 cm)
11	žena	13–15	210	bohatá	LT B2b	Kromě lebky a končetin podstatně strávená kostra (délka <i>in situ</i> bez chodidel 130 cm)
12	žena	40–50	230	bohatá	LT B2b	Kromě části lebky, horních a dolních končetin téměř úplně strávená kostra (délka <i>in situ</i> bez chodidel 155 cm)
14	muž (?)	20–30	620	chudá	LT B2a	Poměrně dobře dochovaná kostra 20–30letého jedince, spíše muže (délka <i>in situ</i> bez chodidel 150 cm)
15	žena	40–50	210	bohatá	LT B2a	Poměrně dobře dochovaná kostra (délka <i>in situ</i> bez chodidel 160 cm)
16	muž	40–50	150	bojovník	LT B2a	Kromě lebky a končetin téměř úplně strávená kostra (délka <i>in situ</i> bez chodidel 166 cm)
17	muž	40–50	800	bez výbavy	LT B2b	Poměrně lépe dochovaná kostra (délka <i>in situ</i> včetně chodidel 170 cm)
18	muž	40–50	150	bojovník	LT B2b	Poměrně velmi dobře dochovaná kostra (délka <i>in situ</i> včetně chodidel 173 cm)
19	muž	50–60	420	průměrná	LT B2a-2b	Poměrně lépe dochovaná kostra (délka <i>in situ</i> včetně chodidel 175 cm)
20	muž (?)	30–40	420	průměrná	LT B2a-2b	Poměrně lépe dochovaná kostra (délka <i>in situ</i> včetně chodidel 175 cm)
21	muž	40–50	310 či 340	chudší	LT B2a-2b	Poměrně velmi dobře dochovaná kostra (délka <i>in situ</i> 173 cm)
22	muž	dosp.	610	chudá	LT B2a	Poměrně lépe dochovaná kostra (délka <i>in situ</i> 127 cm)
23	?	11	800	bez výbavy	LT B2a	Poměrně lépe dochovaná kostra (délka <i>in situ</i> bez chodidel 118 cm)

5. Metodika

Vzorky archeologických nálezů byly odebírány Doc. MUDr. V. Smrčkou, Csc. (1. Lékařská fakulta University Karlovy, Praha) ze skeletů deponovaných v muzeích ve Zlíně (vzorky z lokality Brno, odběr v květnu 2003) a Kolíně (vzorky z lokality Kolín a Plaňany, odběr v květnu 2003).

Na odběr vzorků lidských kostí použil běžné chirurgické nástroje z nerezové oceli, pouze u vzorků z doby stěhování národů použil speciálně připravený nástroj, umožňující snadnější odběr standardního vzorku o stálé velikosti. Vzorky byly odebírány z přední části stehenní kosti (femuru) – Obrázek 5.

Obrázek 5: Místo odběru vzorků kostí. Podle Smrčky a Jambora (2000).



Celkový soubor archeologických nálezů obsahuje 40 vzorků z toho 38 vzorků lidských kostí a 2 vzorky lidských zubů a 4 vzorky půd. Z každého historického období bylo měřeno 10 vzorků kostí. Pouze z období stěhování národů bylo měřeno 8 kostí a 2 zuby. Vzorky pocházejí jak z různých lokalit, tak i z různých historických období. Neolit je v souboru představován pouze jednou lokalitou – Vedrovice. Vzorky z halštatského období jsou z lokality Brno Příkop a z lokality Kolín. Laténské období představuje opět jedna lokalita Radovesice II. Období stěhování národů je zastoupeno lokalitami Strachotín, Šakvice, Šaratice a Vyškov.

5.1. Příprava vzorků

Kosti a zuby byly kartáčem očištěny a zbaveny zbytků půdy, omyty deionizovanou vodou a osušeny. Zuby byly zpracovávány celé, sklovina a dentin nebyly rozlišovány. Pro další analýzu bylo nutné vzorky nejdříve nadrtit na dostatečnou jemnost, vhodnou pro následné rozpouštění. Vzorky byly drceny v achátové misce a uskladněny v 2 ml PE ampulkách. Navážka přesně asi 0,2 g vzorku byla převedena do 50 ml odměrek, zalita 5 ml koncentrované HNO₃ a rozpuštěna opatrným zahříváním na topné desce (při teplotě cca 80 °C). Po vychladnutí byly odměrky doplněny deionizovanou vodou a roztoky byly převedeny do 100 ml PE lahvíček. Ke každé sérii devíti vzorků byl pro kontrolu analýzy připraven slepý vzorek.

5.2. Měření na ICP-MS

Pro analýzu prvků byl použit přístroj PlasmaQuad 3 od britské firmy VG Elemental, ovládaný počítačovým softwarem PQ Vision 4.30. Měření bylo provedeno v Ústavu geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy. Parametry nastavení přístroje pro měření jsou uvedeny v Tabulce 6.

Tabulka 6: Parametry nastavení přístroje ICP-MS.

Veličina	Hodnota
Aparatura	VG Elemental PlasmaQuad 3 (UK)
Výkon plazmatu	1350 W
Pumpa	peristaltická s podavačem
Chladicí plyn	14 l/min (Ar)
Přídavný plyn	1,4 l/min (Ar)
Nebulizér (zmlžovač)	0,75 l/min (Ar), typ Meinhard, kónický, mikrokoncentrický
Mód měření	peak jumping
Bodů na peaku	3
detektor mode	pulsní
Napětí na detektoru	(PC) 3150 V
kóny	Ni
Dwell time (doba setrvání na píku)	10,24 ms (pouze ²⁰⁴ Pb 20ms)
Doba měření	10 x 40 sec
Celková citlivost	10 ⁵ cps na 10 µg/l ²⁰⁵ Tl

Optimalizace nastavení parametrů přístroje (iontová optika, průtoky plynů) bylo provedeno zaváděním roztoku Tl a Bi do plazmatu a optimalizací příslušných analytických signálů izotopů ^{205}Tl a ^{209}Bi .

Koncentrace Pb byly nejprve naměřeny na FAAS a podle zjištěných obsahů byly jednotlivé vzorky naředěny na koncentraci $20\ \mu\text{g/l}$. Stejná koncentrace Pb v analytu snižuje změny signálu a zvyšuje přesnost měření.

Měření každého vzorku se provádělo v 10 replikách a mezi každým vzorkem byl měřen kalibrační standard: SRM NIST 981 (Common Lead) o koncentraci $20\ \mu\text{g/l}$, který slouží pro hmotnostní korekci izotopů. Externí reprodukovatelnost byla kontrolována pomocí opakované analýzy standardního referenčního materiálu AGV-2 a BCR-2.

Z naměřených dat byly pomocí programu Excel spočteny koncentrace a průměry. Hmotnostní korekce na NIST 981 byla prováděna pro každý vzorek. Společně s izotopy Pb byl měřen i izotop ^{202}Hg , neboť při měření ^{204}Pb dochází k interferenci s izotopem ^{204}Hg a je nutné vliv tohoto izotopu odstranit.

6. Výsledky

6.1. Koncentrace olova

V tabulce 7 jsou uvedeny hodnoty koncentrací olova. Průměrné hodnoty z jednotlivých období jsou: 3,468 ppm z období neolitu, 0,526 ppm z období laténu, 0,939 ppm z období halštatu a 1,90 ppm z období stěhování národů. Průměrná hodnota ze všech naměřených vzorků je 1,708. Minimální naměřená hodnota je 0,126 u vzorku číslo 19 z období laténu. Maximální naměřená hodnota je 10,04 u vzorku číslo 31 z období stěhování národů. Nejnižší koncentraci olova mají vzorky z období laténu a halštatu. Nejvyšších hodnot potom dosahují vzorky z neolitického období.

Tabulka 7: Koncentrace olova v jednotlivých obdobích

Období	lokalita	vzorek	koncentrace Pb v ppm
Neolit	Vedrovice	kost	2,3985
Neolit	Vedrovice	kost	3,4688
Neolit	Vedrovice	kost	3,4746
Neolit	Vedrovice	kost	5,4376
Neolit	Vedrovice	kost	0,9825
Neolit	Vedrovice	kost	4,1700
Neolit	Vedrovice	kost	9,4623
Neolit	Vedrovice	kost	0,6795
Neolit	Vedrovice	kost	3,6422
Neolit	Vedrovice	kost	0,9671
Průměr			3,4683
Latén	Radovesice	kost	0,4825
Latén	Radovesice	kost	0,4175
Latén	Radovesice	kost	0,6000
Latén	Radovesice	kost	0,6702
Latén	Radovesice	kost	1,2974
Latén	Radovesice	kost	0,3313
Latén	Radovesice	kost	0,6135
Latén	Radovesice	kost	0,4048
Latén	Radovesice	kost	0,1257
Latén	Radovesice	kost	0,3138
Průměr			0,5257
Halštat	Brno-Příkop	kost	0,8763
Halštat	Brno-Příkop	kost	1,0178
Halštat	Brno-Příkop	kost	0,8313
Halštat	Brno-Příkop	kost	0,7360
Halštat	Brno-Příkop	kost	1,4700
Halštat	Brno-Příkop	kost	0,5331
Halštat	Brno-Příkop	kost	0,6181
Halštat	Brno-Příkop	kost	0,7331
Halštat	Kolín-Benešova	kost	1,3414
Halštat	Kolín-Benešova	kost	1,2299
Průměr			0,9387
Stěhování národů	Vyškov	kost	10,039
Stěhování národů	Šaratice	kost	1,6843
Stěhování národů	Strachotín	kost	1,5875
Stěhování národů	Šakvice	kost	0,5274
Stěhování národů	Vyškov	kost	0,3668
Stěhování národů	Šaratice	kost	0,4514
Stěhování národů	Strachotín	kost	0,6047
Stěhování národů	Šakvice	kost	0,5217
Stěhování národů	Vyškov	zub	1,5301
Stěhování národů	Šaratice	zub	1,6638
Průměr			1,8977

6.2. Izotopické složení

Následující tabulka 8 ukazuje izotopické složení studovaných kostí a zubů. Poměry $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ se pohybují v rozmezí 1,171 až 1,210 pro vzorky z období neolitu, 1,180 až 1,211 pro vzorky z halštatského období, 1,172 až 1,228 pro vzorky z období laténu a 1,158 až 1,194 pro vzorky z období stěhování národů. Poměry $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ se pohybují v rozmezí 2,062 až 2,099 pro vzorky z období neolitu, 2,027 až 2,091 pro vzorky z halštatského období, 2,028 až 2,091 pro vzorky z laténu a 2,065 až 2,100 pro vzorky z období stěhování národů. U vzorků z halštatského období můžeme od sebe dobře rozlišit vzorky z lokalit Kolín a Brno. Vzorky z lokality Kolín jsou mají nižší poměr $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ a vyšší poměr $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ než vzorky z lokality Brno. Viz obrázek 5 kapitola 7.

Tabulka 8: Izotopické složení kostí, zubů a půd podle období

Lokalita	Období	vzorek	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb			²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb		
			SD	RSD (%)	SD	RSD (%)		
Vedrovice	Neolit	Kost	1,1741	0,0106	0,9118	2,0972	0,0185	0,9001
Vedrovice	Neolit	Kost	1,1711	0,0040	0,3446	2,0985	0,0113	0,5498
Vedrovice	Neolit	Kost	1,1767	0,0121	1,0404	2,0827	0,0180	0,8808
Vedrovice	Neolit	Kost	1,1752	0,0091	0,7823	2,0912	0,0120	0,5875
Vedrovice	Neolit	Kost	1,1875	0,0181	1,5324	2,0784	0,0182	0,8949
Vedrovice	Neolit	Kost	1,1760	0,0070	0,6086	2,0837	0,0198	0,9688
Vedrovice	Neolit	Kost	1,1675	0,0040	0,3521	2,0991	0,0107	0,5210
Vedrovice	Neolit	Kost	1,2098	0,0184	1,5346	2,0621	0,0387	1,9139
Vedrovice	Neolit	Kost	1,1806	0,0091	0,7795	2,0698	0,0144	0,7112
Vedrovice	Neolit	Kost	1,1981	0,0198	1,6664	2,0663	0,0331	1,6352
Brno-Příkop	Halštát	Kost	1,1884	0,0215	1,8285	2,0760	0,0448	2,1996
Brno-Příkop	Halštát	Kost	1,1802	0,0241	2,0587	2,0705	0,0304	1,4963
Brno-Příkop	Halštát	Kost	1,1804	0,0186	1,5890	2,0913	0,0355	1,7313
Brno-Příkop	Halštát	Kost	1,1995	0,0230	1,9388	2,0722	0,0260	1,2853
Brno-Příkop	Halštát	Kost	1,1831	0,0133	1,1395	2,0810	0,0237	1,1681
Brno-Příkop	Halštát	Kost	1,1924	0,0239	2,0177	2,0754	0,0386	1,9029
Brno-Příkop	Halštát	Kost	1,1977	0,0165	1,3886	2,0639	0,0240	1,1916
Brno-Příkop	Halštát	Kost	1,2007	0,0431	3,6072	2,0271	0,0431	2,1573
Kolín-Benešova	Halštát	Kost	1,2111	0,0496	4,1139	2,0367	0,0712	2,0367
Kolín-Benešova	Halštát	Kost	1,2023	0,0244	2,0458	2,0674	0,0400	1,9695
Radovesice	Latén	Kost	1,2177	0,0165	1,3657	2,0511	0,0247	1,2294
Radovesice	Latén	Kost	1,2170	0,0159	1,3207	2,0283	0,0257	1,2834
Radovesice	Latén	Kost	1,2204	0,0152	1,2601	2,0356	0,0385	1,9119
Radovesice	Latén	Kost	1,2039	0,0207	1,7378	2,0395	0,0421	2,0899
Radovesice	Latén	Kost	1,2239	0,0175	1,4479	2,0319	0,0215	1,0726
Radovesice	Latén	Kost	1,2283	0,0120	0,9922	2,0378	0,0381	1,9035
Radovesice	Latén	Kost	1,2224	0,0156	1,2926	2,0358	0,0170	0,8488
Radovesice	Latén	Kost	1,2082	0,0214	1,7839	2,0528	0,0270	1,3366
Radovesice	Latén	Kost	1,1906	0,0118	1,0036	2,0745	0,0260	1,2794
Radovesice	Latén	Kost	1,1719	0,0080	0,6886	2,0904	0,0232	1,1269
Vyškov	Stěhování národů	Kost	1,1580	0,0094	0,8170	2,0997	0,0189	0,9151
Šaratice	Stěhování národů	Kost	1,1792	0,0085	0,7286	2,0839	0,0246	1,1981
Strachotín	Stěhování národů	Kost	1,1756	0,0095	0,8187	2,0816	0,0178	0,8679
Šakvice	Stěhování národů	Kost	1,1776	0,0242	2,0786	2,0960	0,0396	1,9163
Vyškov	Stěhování národů	Kost	1,1878	0,0152	1,2939	2,0652	0,0290	1,4243
Šaratice	Stěhování národů	Kost	1,1837	0,0108	0,9263	2,0741	0,0328	1,5977
Strachotín	Stěhování národů	Kost	1,1776	0,0155	1,3321	2,0674	0,0245	1,1979
Sakvice	Stěhování národů	Kost	1,1938	0,0106	0,8997	2,0702	0,0216	1,0618
Vyškov	Stěhování národů	Zub	1,1692	0,0157	1,3535	2,0878	0,0227	1,1035
Saratice	Stěhování národů	Zub	1,1853	0,0135	1,1551	2,0806	0,0248	1,2007
Kolín	Halštát	Půda	1,2134	0,0106	0,8632	2,0624	0,0239	1,1788
Kolín	Halštát	Půda	1,2002	0,0126	1,0262	2,0686	0,0243	1,2031
Vedrovice	Neolit	Půda	1,2154	0,0122	0,9843	2,0521	0,0245	1,2245

7. Diskuse

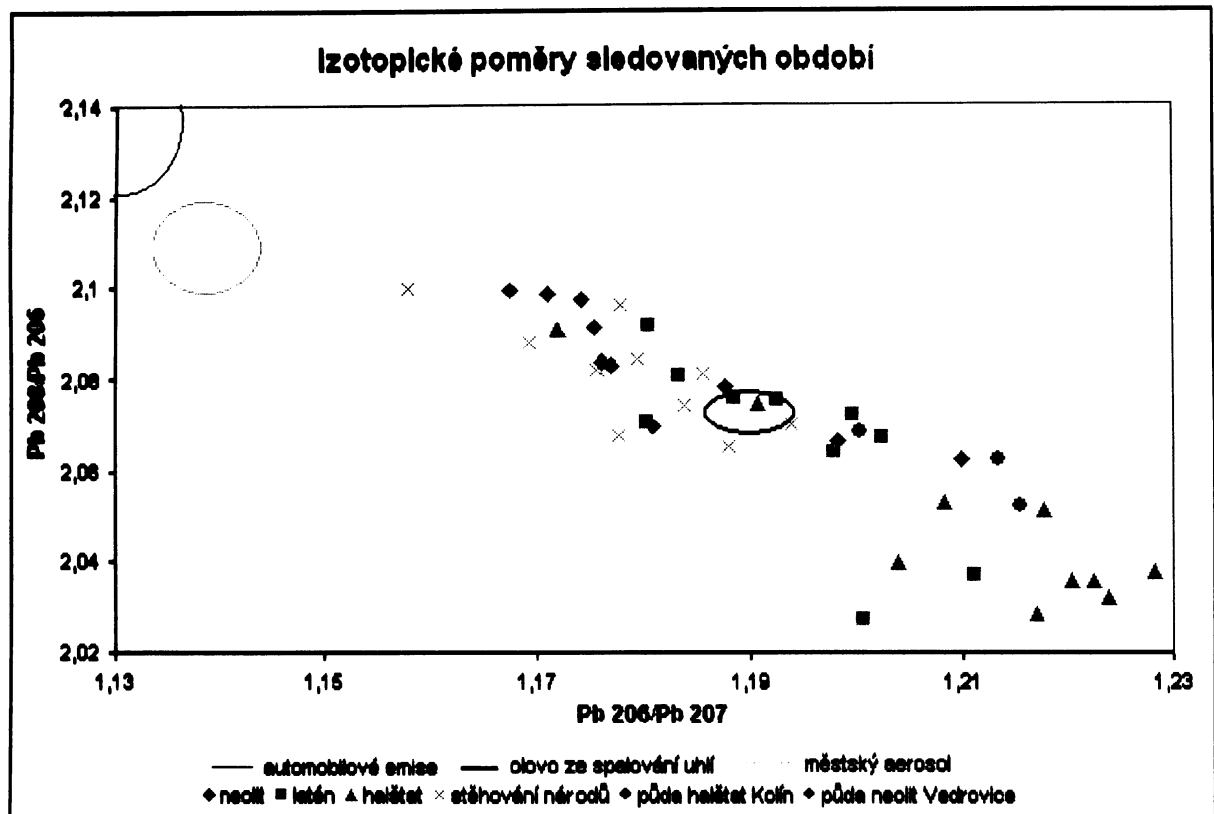
Studované vzorky z různých období se liší v izotopických poměrech. Vzorky z období stěhování národů, laténu a neolitu obecně vykazují vyšší poměry $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ a nižší poměry $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ v porovnání se vzorky z období halštatu, konkrétně z lokality Brno Příkop. Porovnáme-li koncentrace a poměr $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, zjistíme, že obecně vzorky s největší koncentrací jsou nejméně radiogenní. (viz obrázek 7). Nejvyšších koncentrací dosahuje skupina vzorků z neolitického období, s poměrem $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ cca mezi 1,17 a 1,18. Nejvyšší koncentraci z námi měřených vzorků mají vzorek kosti z období stěhování národů a vzorek kosti z období neolitu (viz obrázek 6).

Porovnáme-li vzorky kostí z období neolitu se vzorkem půdy z tohoto období, zjistíme, že kosti mají nižší poměr $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ než půda. Z obrázku 6 můžeme vidět, že izotopicky se vzorky kostí z období neolitu nacházejí mezi vzorkem půdy a potenciálními zdroji antropogenní kontaminace, jako je městský aerosol a benzín. Kostí z tohoto období byly odkryty v letech 1963 – 1985. Vzhledem k poměrně dlouhé době, která uplynula od odkrytí kosterních pozůstatků je možné, že izotopické složení vzorků je výsledkem míšení původního zdroje a antropogenní kontaminace. Hodnoty izotopických poměrů z antropogenních zdrojů mají obecně výrazně nižší poměry $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$. Obdobné je to i u lokality Kolín. Porovnáme-li vzorky z lokality Kolín z halštatského období se vzorky půdy z této lokality, zjistíme opět, že vzorky kostí jsou méně radiogenní a nacházejí se mezi izotopickým poměrem vzorků půdy a poměry možných zdrojů kontaminace. Tyto vzorky byly odkryty v roce 2000. Je zde také možná kontaminace antropogenním zdrojem. Také vzorky z laténského období byly odkryty v 70. letech a tudíž mohly být během této doby kontaminovány.

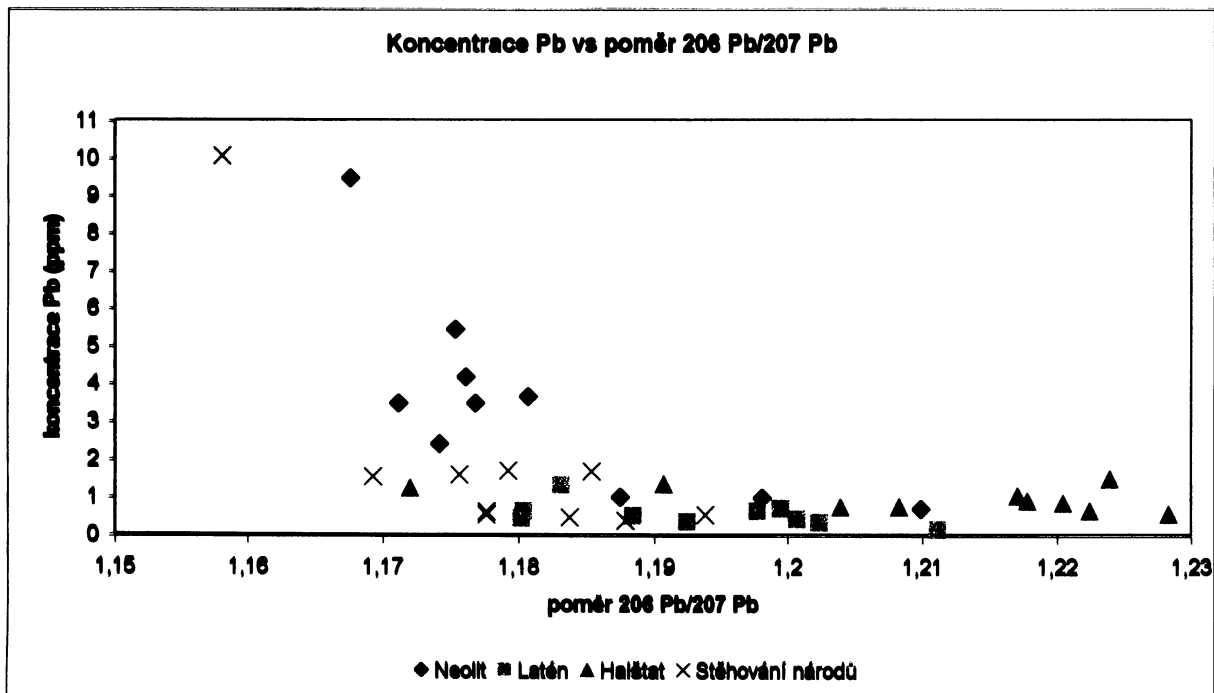
Z tabulky 6 lze vyčíst, že nejméně zasažené antropogenní kontaminací byly vzorky z Halštatského období z lokality Brno-Příkop, přestože tyto vzorky byly odebrány z naleziště, které se nachází v centru velkého města. Stejně tak i koncentrace olova v těchto vzorcích jsou nižší než v neolitickém období, ačkoliv, narozdíl od neolitu, lidé v době halštatské již různé kovy znali a zpracovávali.

Olovo pocházející z emisí ze spalování uhlí má poměr $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ okolo 1,19 (Novák a kol., 2003), automobilové emise z různých oblastí mají poměr $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ v rozmezí 1,07 – 1,135 (Monna a kol., 1997, Ettler a kol., 2004). Dalším možným zdrojem kontaminace může být také olovo ze spalování tuhého odpadu, které má poměr $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 1,157 (Sakata a kol., 2000). Nelze však přesně určit, z kterého z těchto antropogenních zdrojů olovo pochází. Z jiných prací lze vyčíst, že izotopické poměry $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ neolitických populací z lokalit jsou v rozmezí 1,19 – 1,20, měřeno v zubní sklovině (Budd a kol., 2000), v rozmezí 1,16 – 1,21 zuby sklovina i dentin (Chirardia, 2003). Tyto poměry se shodují s námi naměřenými poměry pro vzorky ze sledovaných období, kromě části vzorků z období stěhování národů, které mají vyšší poměr $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$.

Obrázek 6: Izotopické poměry sledovaných období a možné zdroje kontaminace



Obrázek 7: Koncentrace Pb vs. poměr $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$



Kosti z lokality Radovesice byly uloženy v kvartérních sprašových hlínách a jemnozrnných píscích. Kosti z lokalit Vedrovice a Kolín byly uloženy ve sprašové půdě, v nechráněných hrobech, tzn. přímo v půdě. Koncentrace olova v půdě ve Vedrovicích je 16,62 ppm. V Kolíně byly změřeny dvě hodnoty 19,88 a 15,87 ppm. Žádná z těchto hodnot nijak výrazně nepřevyšuje průměrnou hodnotu obsahu Pb pro půdy 12 ppm (Nriagu, 1978). Je známo, že olovo je nejlépe fixováno v jemnozrnných půdách a sedimentech, protože jsou bohaté na částice zadržující olovo, jako například organickou hmotu, Fe hydroxidy a jílové minerály (Deeley a Fergusson, 1994). A tudíž vzorky uložené v jemnozrnných půdách jsou nejlépe chráněné před antropogenní kontaminací. Z tohoto důvodu můžeme usuzovat, že vzorky na těchto lokalitách nebyly příliš ovlivněny po uložení. Toto tvrzení také podporuje fakt, že poměry Ca/P jsou 3,1 ve Vedrovicích, 2,5 v Brně, 2,6 v Kolíně a 2,8 v Radovesicích (Balcar, 2004). Tyto hodnoty jsou blízké hodnotě v biogenním apatitu a vypovídají o dobrém zachování nálezů (Fabig a Herrmann 2002; Gawlik a kol. 1982; Katzenberg 1984; Schutkowski a Herrmann 1996; Sillen 1989).

I v půdách, kde je olovo pevně vázáno na půdní částice, však mohou být kostní pozůstatky ovlivněny během svého uložení. Důvodem k domněnce, že kosti na lokalitě Vedrovice by mohly být kontaminovány *post mortem*, jsou mírně vyšší koncentrace olova. Koncentrace olova před-technických populací sahají od 0,1 do 14,3 ppm (viz tabulka 2) ovšem většinou jsou nižší než 1 ppm. Koncentrace olova v zubní sklovině u před-technických populací studoval např. P. Budd a kol., (2000). Ten zjistil, že průměrná hodnota u neolitických lidí z vesnice Monkton-up-Wimbourne v Dorsetu v Anglii je 0,31 ppm. Tato hodnota reprezentuje hodnotu olova získaného jedinci během života z okolního prostředí a je přibližně o řád nižší než příjem olova současného člověka (Budd a kol., 2000). Hodnoty olova u současného člověka se pohybují v rozmezí 4-6 ppm Pb (Budd kol., 2003). Průměrná koncentrace olova prehistorické populace z Kettlewellu je 1,4 ppm (Budd a kol., 1998). U 12 jedinců z neolitu a doby bronzové byla průměrná hodnota olova v zubech 0,5 ppm (Chiaradia a kol., 2002). Průměrná hodnota olova v kostech z Vedrovic je v porovnání s těmito údaji mírně vyšší, 3,468 ppm. Pouze 3 vzorky z 10 mají nižší obsah olova než 1 ppm.

Průměrné hodnoty z lokalit Radovesice 0,526 ppm, Brno a Kolín 0,939 již lépe odpovídají výše uvedeným hodnotám. Stejně tak kosti a zuby z lokalit z období stěhování národů (lokality Vyškov, Šakvice, Šaratice, Strachotín) s průměrnou hodnotou 1,9 ppm. V období stěhování národů můžeme odlišit vzorek kosti, který má nejnižší poměr $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ a zároveň nejvyšší koncentraci olova 10,04 ppm.

Tabulka 9 ukazuje stav zachování koster a koncentrace olova na lokalitě Radovesice. Z tabulky 8 je patrné, že se nedají pozorovat žádné větší rozdíly v koncentracích u dobře a špatně zachovaných koster. Průměrná hodnota u dobře zachovaných koster je 0,429 ppm a u špatně zachovaných koster 0,622 ppm. Navzdory tomu, že se většinou ukazuje, že hůře zachované kosti mají větší rozdíly ve složení (Nriagu a kol., 2001). Toto zjištění by mohlo být dalším potvrzením předpokladu, že kosti na této lokalitě nebyly kontaminovány po uložení. Nepotvrdil se ani předpoklad, že by kosti z laténského období měly obsahovat více olova než kosti z období neolitického, ačkoliv lidé v období latěnu již zpracovávali různé kovy (viz tabulka 7).

Tabulka 9: Popis hrobů, koncentrace a izotopické složení kostí na lokalitě Radovesice (Balcar, 2004)

Č. vzorku	Hrob	Pohlaví	Věk	Výbava Hrob	Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb	
					ppm			
11	10	žena	15–17	bohatá	Poměrně lépe zachovalá kostra (délka <i>in situ</i> bez chodidel 150 cm)	0,4825	1,188	2,076
12	11	žena	13–15	bohatá	Kromě lebky a končetin podstatně strávená kostra (délka <i>in situ</i> bez chodidel 130 cm)	0,4175	1,180	2,071
13	11	žena	13–15	bohatá	Kromě lebky a končetin podstatně strávená kostra (délka <i>in situ</i> bez chodidel 130 cm)	0,6	1,180	2,091
14	12	žena	40–50	bohatá	Kromě části lebky, horních a dolních končetin téměř úplně strávená kostra (délka <i>in situ</i> bez chodidel 155 cm)	0,6702	1,120	2,072
15	12	žena	40–50	bohatá	Kromě části lebky, horních a dolních končetin téměř úplně strávená kostra (délka <i>in situ</i> bez chodidel 155 cm)	1,2974	1,183	2,081
16	15	žena	40–50	bohatá	Poměrně dobře dochovaná kostra (délka <i>in situ</i> bez chodidel 160 cm)	0,3313	1,192	2,075
17	15	žena	40–50	bohatá	Poměrně dobře dochovaná kostra (délka <i>in situ</i> bez chodidel 160 cm)	0,6135	1,198	2,064
18	14	muž (?)	20–30	chudá	Poměrně dobře dochovaná kostra 20–30letého jedince, spíše muže (délka <i>in situ</i> bez chodidel 150 cm)	0,4048	1,201	2,027
19	8	žena	20–40	chudší	Kromě končetin téměř úplně strávená kostra spíše ženy (délka <i>in situ</i> bez chodidel 145 cm)	0,125	1,211	2,037
20	17	muž	40–50	bez výbavy	Poměrně lépe dochovaná kostra (délka <i>in situ</i> včetně chodidel 170 cm)	0,3138	1,202	2,067

Pozn.: Z koster z hrobů číslo 11, 12 a 15 byly odebrány vzorky z pravého a levého femuru.

8. Závěr

Na základě izotopického složení lze od sebe poměrně dobře rozlišit vzorky z jednotlivých historických období.

Koncentrace olova ve zkoumaných vzorcích z neolitického období jsou mírně vyšší než koncentrace uváděné jinými autory u před-technických populací. Koncentrace olova ve vzorcích z ostatních období jsou nižší než v neolitickém období a odpovídají hodnotám uváděným pro před-technické populace.

Zdroj olova v kostech a zubech je obtížné jednoznačně určit. Podle izotopických poměrů je možné usuzovat na kontaminaci antropogenním zdrojem. Izotopicky se vzorky z období neolitu a halštatu odchyľují od poměru změřeného v půdě směrem k poměrům odpovídajícím antropogenním zdrojům olova, jako je městský aerosol, popílek ze spalování uhlí a benzín. Je tedy patrné, že kosti a zuby obsahují olovo z více zdrojů. Jednak je to olovo přijaté jedinci během života potravním řetězcem a dále pak olovo, které se do kosterních pozůstatků dostalo během uložení a nebo po jejich odkrytí. Vzhledem k typu půd, způsobu uložení kostí a jejich zachovalosti se domnívám, že vzorky nejspíš nebyly kontaminovány během uložení. Pravděpodobně tedy došlo ke kontaminaci až po odkrytí vzorků. Pro tuto hypotézu svědčí poměrně dlouhá doba, která uplynula od odkrytí kostí do jejich změření, a také to, že okolní půda obsahuje průměrné množství olova a podle izotopického složení je méně ovlivněna antropogenními vlivy než kosti a zuby. Nejméně ovlivněné antropogenními zdroji jsou vzorky z období halštatu z lokality Brno.

9. Literatura

- Aberg, G., Charalampides, G., Fosse, G., Hjelmseth (2001): The use of Pb isotopes to differentiate between contemporary and ancient sources of pollution in Greece, *Atmospheric Environment* 35, 4609 - 4615
- Balcar, A. (2004): Geochemie tělních fosfátů a vlivy na jejich složení, Diplomová práce PřF UK
- Baranowska, I., Czernicki, K., Aleksandrowicz, R. (1995) The analysis of lead, cadmium, zinc, copper and nickel content in human bones from the Upper Silesian industrial district, *The Science of the Total Environment* 159, 155 – 162.
- Berkovec, T., Nývltová Fišáková, M. (1998): Analýza osteologického materiálu z vybraných objektů sídliště kultury s lineární keramikou ve Vedrovicích “Široké u lesa”, *Přehled výzkumů* 44.
- Brännvall M.L., Kurkkio H., Bindler R., Emteryd O., Renberg I. (2001): The role of pollution versus natural geological sources for lead enrichment in recent lake sediments and surface forest soils. *Environmental Geology* 40, 1057-1065.
- Buckberry, J., (2000): Missing, presumed buried? Bone diagenesis and the under-representation of anglo-saxon children. In <http://www.assemblage.group.shef.ac.uk/5/buckberr.html> 8.8.06
- Budd, P., Montgomery, J., Evans, J., Barreiro, B. (2000): Human tooth enamel as a record of the comparative lead exposure of prehistoric and modern people, *The science of the Total Environment* 263, 1 - 10
- Budd, P., Montgomery, J., Evans, J., Trickett, M. (2003): Human lead exposure in England from approximately 5500BP to the 16th century AD, *The Science of the Total Environment* 318, 45 - 58
- Budd, P., Montgomery, J., Cox., A., Krause, P., Barreiro, B., Thomas, R. G. (1998): The distribution of lead within ancient and modern human teeth: implications for long - term exposure and historical exposure monitoring, *The Science of the Total Environment* 220, 121 - 136
- Collins, M., in <http://www.york.ac.uk/depts/arch/Research/ArchSci/Bioarch/BoneDiagenesis.html> 8.8.2006
- Coudart, Anique 1998: *Architecture et société néolithique. L'unité et la variance de la maison danubienne*. Paris: CNRS.
- Čejková, I., Dobisíková, M., Král, J., Nejedlý, Z. (2000): Trace elements and heavy metals as indicators of palaeodiet and dating of human population. – *Acta Universitatis Carolinae Medica*, Vol. 41, No. 1–4, Pag. 99–104.

- Deely, J.M., Fergusson, J.E. (1994): Heavy metal and organic matter concentrations and distributions in dated sediments of a small estuary adjacent to a small urban area, *Science of the Total Environment* 153, 97 - 111
- Ettler, V., Mihaljevič, M., Komárek, M. (2004): ICP-MS measurements of lead isotopic ratios in soils heavily contaminated by lead smelting: tracing the sources of pollution. *Analytic Bioanalytic Chemistry* 378, 311 – 317
- Fabig, A., Herrmann, B. (2002): Trace elements in buried human bones: intra-population variability of Sr/Ca and Ba/Ca ratios – diet or diagenesis?. – *Naturwissenschaften*, 89, 115–119.
- Gawlik, D., Behne, D., Brätter, P., Gatschke, W., Gessner, H., Kraft, D. (1982): The suitability of the iliac crest biopsy in the element analysis of bone and marrow. *Journal of Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry*, 20, 499–507.
- Hansmann W., Köppel V. (2000): Lead isotopes as tracers of pollutants in soils. *Chemistry Geology* 171, 123-144.
- Hinners, T.A., Hughes, R., Outridge, P.M., Davis, W.J., Simon, K., Woolard, D.R. (1998): Interlaboratory comparison of mass spectrometric methods for lead isotopes and trace elements in NIST SRM 1400 Bone Ash. – *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 13, 963–970.
- Hong S., Candelone J.P., Patterson C.C. a Boutron C.F. (1996): Changing concentrations of Cu, Zn, Cd and Pb in a high altitude peat bog from Bolivia during the past three centuries. *Science* 272, 246-249.
- Chirardia, M., Gallay, A., Todt, W. (2003): Different contamination styles of prehistoric human teeth at Swiss necropolis (Sion, Valais) inferred from lead and strontium isotopes, *Applied Geochemistry* 18, 353 - 370
- Chow T.J. (1970): Pb accumulation in the roadside soil and grass. *Nature*. 225, 161-173.
- Katzenberg, M.A. (1984): Chemical analysis of prehistoric human bone from five temporally distinct populations in southern Ontario. – *National Museum of Man, Mercury Series, Archaeological Survey of Canada*, 129.
- Keinonen, M., (1990): The isotopic composition of lead in man and the environment in Finland 1966 – 1987: isotope ratios of lead as indicators of pollutant source, *The Science of the Total Environment*, 113, 251 – 256.
- Lantzy R.J. a MacKenzie F.T. (1979): Atmospheric trace metals: global cycles and assessment of man's impact. *Geochim. Cosmochim. Acta* 43, 511-525.
- Lee, K.M., Appleton, J., Cooke, M., Keenan, F., Sawicka-Kapusta, K. (1999a): Use of laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry to provide element versus time profiles in teeth. – *Analytica Chimica Acta*, 395, 179–185.

- Lee, K.M., Appleton, J., Cooke, M., Sawicka-Kapusta, K., Damek, M. (1999b): Development of a method for the determination of heavy metals in calcified tissues by inductively coupled plasma-mass spectrometry. – *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 364, 245–248.
- Legierski J, Vaněček M. (1967): Lead isotopic composition of some galenas from the Bohemian Massif. *Acta Universitatis Carolinae Geologica* 2: 153-172.
- Lewis, K. H., „ The diet as a source of Lead Pollution“ in symposium on environmental lead contamination, pp. 17-19, 1965
- Ložek, V. (1973): *Příroda ve čtvrtohorách*. – Academia, Praha.
- Mazač, Z., Tvrdík, R. (2000): Nové pohřebiště Bylanské kultury v Kolíně. – *Archeologie ve středních Čechách*, 4.
- Mihaljevič, M., Strnad, L., Šebek, O. (2004): Využití hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem v geochemii. – *Chemické listy*, 98, 123–130.
- Mihaljevič, M., Ettler, V., Šebek, O., Strnad, L., Chrastný, V. (2005): Lead isotopic signatures of wine and vineyard soils – tracers of lead origin. *Journal of geochemical exploration* 88, 130 - 133
- Moldan B. a Schnoor J.L. (1992): Czechoslovakia – examining a critically ill environment. *Environmental Science Technologies* 26 (1), 14 -21.
- Monna, F., Othmann, D.B., Luck, J.M. (1995): Pb isotopes and Pb, Zn and Cd concentrations in the rivers feeding a coastal pond (Thau, southeastern France): constraints on the origin(s) and flux(es) of metals, *Science of the Total Environment*, 166 19 - 34
- Monna, F., Lancelot, J., Croudace, I.W., Cundy, A.B., Lewis, J.T. (1997): Pb isotopic composition of airborne particulate material from France and the southern Europe: implications for Pb pollution sources in urban areas. *Environmental Science Technologies* 31, 2277 – 2286
- Monna F., Dominik J., Loizeau J.-L., Pardos M., Arpagaus P. (1999): Origin and evolution of Pb in sediments of lake Ženeva (Switzerland-France). Establishing a stable Pb rekord. *Environmental Science Technologies* 33, 2850-2857.
- Novák, M., Emmanuel, S., Vile, M.A., Erel, A., Véron, A., Pačes, T., Wieder, K.R., Vaněček, M., Štěpánová, M., Břízová, E., Hovorka, J (2003): Origin of lead in eight central European peat bogs determined from isotope ratios, strengths, and operation times of regional pollution sources. *Environmental Science Technologies* 31, 437 – 445
- Nriagu, J., Sakamoto, M., Blum, J., Klaue, B., Schwarcz, H., Prowse, T., Machiarelli, R., Bondioli, L. (2001): Exposure of middle class Roman population to lead. *The Science of the Total Environment*.
- Nriagu J. (1989): A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals. *Nature* 338, 47-49.
- Pavlu, I. 2000: *Life at the Neolithic Site of Bylany*. Praha: ARÚ.

- Pleiner, R. a kol. (1978): *Pravěké dějiny Čech.* – Academia, Praha.
- Rankama, K. (1963): *Progress in isotope geology.* Interscience publishers. A division of John Wiley and Sons, New York London, 705 str.
- Rosmann, K.J.R., Chisholm, W., Boutron, C.F., Candelone J.P., Patterson, C.P. (1994): Anthropogenic lead isotopes in Antarctica, *Geophys Res Letter* 21, 2669 – 2672
- Rosmann, K.J.R., Ly, C., Steines, E. (1998): Spatial and temporal variation in isotopic composition of atmospheric lead in Norwegian moss, *Environmental Science Technologies*, 32, 2542 - 2546
- Rosman K.J.R., Ly C., Van de Velde K., Boutron C.F. (2000): A two century of lead isotopes in high altitude Alpine snow and ice. *Earth and Planetary Sci. Letters* 176, 413-424.
- Sakata, M., Kurata, M., Tanaka, N., (2000): Estimating contribution from municipal solid waste incineration to trace metal concentrations in Japanese urban atmosphere using lead as a marker element. *Geochemical journal* 34, 13 – 32 v Aberg, G., a kol. (2001): The use of Pb isotopes to differentiate between contemporary and ancient pollution sources in Greece.
- Sealy JC, Armstrong R, Schrire C (1995) Beyond lifetime averages: tracing life histories through isotopic analysis of different calcified tissues from archeological skeletons in Budd, P., Montgomery, J., Cox, A., Krause, P., Barreiro, B., Thomas, R. G. (1998): The distribution of lead within ancient and modern human teeth: implications for long-term and historical exposure monitoring
- Schutkowski, H., Herrmann, B. (1996): Geographical variation of subsistence strategies in early mediaeval populations of southwestern Germany. – *Journal of Archaeological Science*, 23, 823–831.
- Sillen, A. (1989): *Diagenesis of the inorganic phase of cortical bone.* – *The Chemistry of Prehistoric Human Bone*, Cambridge University Press, 211–229.
- Sklenář, K., Sklenářová, Z., Slabina, M. (2002): *Encyklopedie pravěku v Čechách, na Moravě a ve Slezsku.* – Libri, Praha.
- Smrčka, V., Jambor, J. (2000): Trace elements and the European skeleton through 5000 years. *Acta universitatis carolinae medica*, vol. 41, No. 1 – 4, 59 – 68
- Weiss, D., Shotyk, W., Kempf, O. (1999): Archives of atmospheric lead pollution, *Naturwissenschaften* 86, 262 – 275
- Weiss D., Shotyk W., Kramers J.D., Gloor, M. (1999a): Sphagnum mosses as archives of recent and past atmospheric lead deposition in Switzerland. *Atmospheric Environment* 33, 3751-3763.
- Weiss D., Shotyk W., Appleby P.G., Kramers J.D., Cheburkin A.K. (1999b): Atmospheric Pb deposition since the industrial revolution recorded by five Swiss peat profiles: enrichment factors, fluxes, isotopic composition, and sources. *Environ. Sci. Technol.* 33: 1340-1352.
- Wiedemann, F.B., Bocherens, H. (1997): A comparison of trace element and isotope analysis in archeological bones (exemplified by a medieval bone series from Weingarten, Germany). – *Anthropol. Anz.*, 55, 147–154.

Whittle, Alasdair 1990: Prolegomena to the study of the Mesolithic-Neolithic transition in Britain and Ireland. In: Cahen, Daniel – Otte, Marcel (eds.) , Rubané et Cardial, 209-227. Liège: Université.

www.pohanstvi.net

Zuna, M. (2005): Záznam Pb znečištění příbramské metalurgie v rašelinném profilu, Diplomová práce, PřF UK

