

## Nové poznatky o stravě mužů z kumulace lidských ostatků K7/90 na Cezavách u Blučiny v mladší době bronzové

New findings about the diet of males from the Late Bronze Age accumulation of human skeletons K7/90 from Cezavy near Blučina, south Moravia

Sylva Drtikolová Kaupová – Milan Salaš – Ivana Jarošová – Katharina Rebay-Salisbury – Barbara Rendl – Fabian Kanz

*Príspevok zhrňuje a rozširuje informácie o strave päti dospelých mužů z kumulácie lidských ostatků K7/90 veľatické fáze kultury středodunajských popelnicových polí v lokalitě Cezavy u Blučiny. Vzhledem ke špatné zachovalosti kosterního materiálu byla získána izotopová data od čtyř z pěti jedinců a ze čtyř vzorků fauny. Původní výsledky izotopové analýzy publikované v roce 2012 naznačovaly významnou roli živočišné složky potravy s potenciálním podílem mořských ryb. Nová měření izotopových hodnot sýry a doměřených hodnot komparativního souboru zvířat z dané lokality však prokázala, že ryby – ani mořské, ani sladkovodní – významnou roli v jídelníčku nehrály. Také maso a mléko suchozemských zvířat bylo spíše doplňkem stravy dotýčených osob, která byla založena hlavně na rostlinách. Ve stravě rostlinného původu hrálo významnou roli proso, jehož konzumaci je možné prokázat díky specifickým hodnotám stabilních izotopů uhlíku. Podle výsledků kvantitativního modelu rekonstrukce stravy proso u dvou ze čtyř jedinců tvořilo až kolem 50 % konzumované potravy. To potvrzuje dosavadní výsledky archeobotaniky, ukazující na podstatnou roli prosa v mladší době bronzové. V rámci revize předchozích antropologických určení se pomocí bukálních mikroabrazí zubů definovalo přesněji složení a konzistence stravy. Metodou analýzy přírůstků zubního cementu (TCA) se podařilo upřesnit biologický věk u dvou mužů v době jejich úmrtí.*

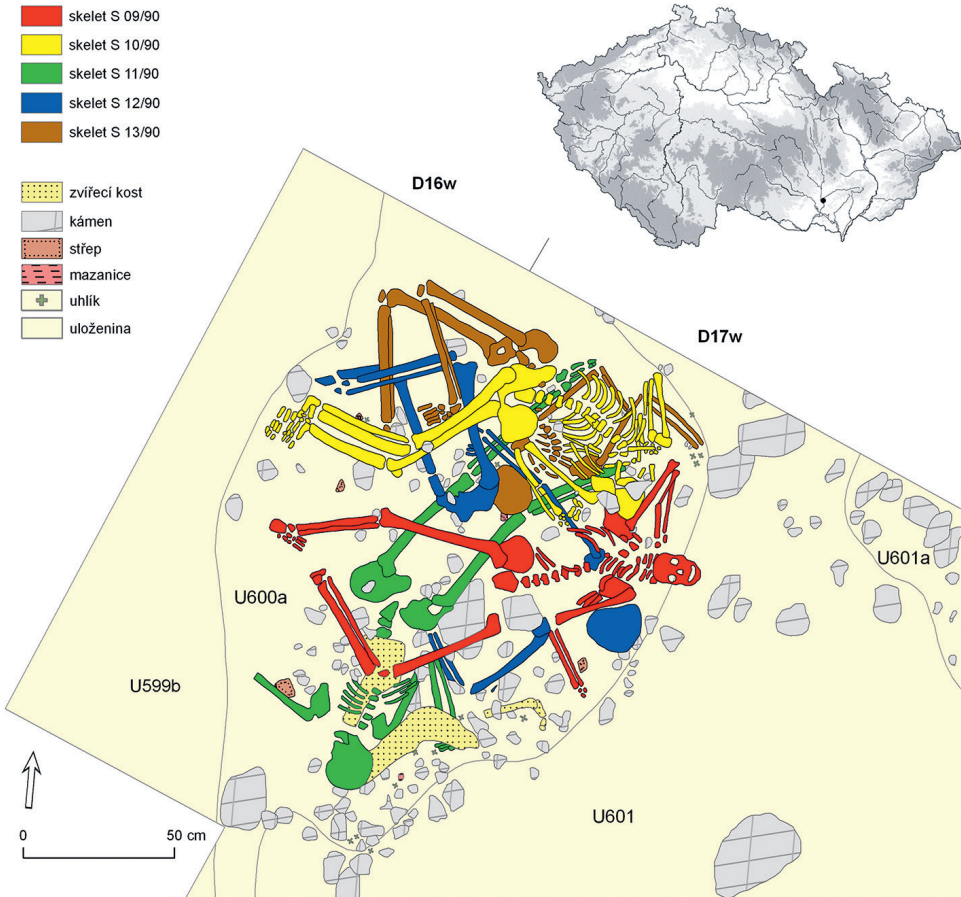
mladší doba bronzová – rekonstrukce stravy – stabilní izotopy – síra – mikroabrazie zubů

*This paper refines and extends our knowledge about the diet of five adult males from the Late Bronze Age accumulation of human skeletons K7/90 from Cezavy near Blučina site. Due to the poor collagen preservation, the isotopic data were obtained from four of the five humans and four animals. The previously published isotopic results suggested the important role of animal products and potentially also substantial dietary input of marine fish. However, the new sulphur isotopic data together with new isotopic data from comparative faunal sample showed, that neither freshwater nor marine fish represented substantial dietary source. The animal products represented rather a supplement of the diet, which was based mainly on plants. From the plant derived foods, millet played an important role, which may be proved due to its specific carbon isotopic values. According to the results of the quantitative diet reconstruction, millet may well have represented about 50 % of consumed food. This result confirms the previous findings of archaeobotany, suggesting the unprecedented role of millet during the Late Bronze Age. As a part of the revision of previous anthropological findings, the analysis of buccal dental microwear provided complementary information on the composition and consistency of consumed food. The age-at-death estimates of two individuals were refined with the help of tooth cementum annulations (TCA) analysis.*

Late Bronze Age – dietary reconstruction – stable isotopes – Sulphur – dental microwear

### 1. Cezavy u Blučiny jako předmět bioarcheologické studie

V době popelnicových polí (DPP) jsou možnosti bioarcheologického studia lidských pozůstatků vzhledem k dominantnímu žárovému pohřebnímu ritu limitovány značně ome-



Obr. 1. Blučina – Cezavy, kumulace pěti lidských skeletů K7/90 (podklady M. Salaš, digitalizace J. Štrof).  
Fig. 1. Blučina – Cezavy, south Moravia. Accumulation of human skeletons K7/90.

zeným fondem. Hroby s kostrovými pohřby jsou výjimečné (např. *Parma – Stuchlík 2017* s další lit.), a tak pro DPP mohou být vedle kremačních zbytků s omezenou vypovídací hodnotou fakticky téměř jediným zdrojem bioarcheologického studia lidské kosterní pozůstatky nacházené v nefunerálních kontextech, většinou v sídlištních objektech. Takové situace jsou poměrně specifickým, přitom ale široce rozšířeným a bohatě strukturovaným fenoménem v mnoha kulturách, a to nejen doby bronzové. Tomuto jevu byla věnována značná pozornost i v české literatuře (např. *Bouzek 2010; Parma a kol. 2017, 272–286; Rulf 1996; Šmerda 2009; vše s další lit.*), aniž by se však dospělo k jednoznačné interpretaci. Jednou z významných lokalit s tímto druhem nálezových situací je polykulturní sídliště na návrší Cezavy u Blučiny. Zde pocházejí z pouhých zhruba 5 % prozkoumané plochy kosterní pozůstatky desítek, možná až stovek lidí (*Jelínek 1957; 1988; Salaš 1988; 1989; 1990; 2015; Tihelka 1969*) z časného stupně kultury středodunajských popelnicových polí (KSPP). Lokalita tedy skýtá fond s teoreticky jedinečným potenciálem pro bioarcheologický výzkum včetně rekonstrukce stravy. Bohužel antropologický materiál z výzkumů

před r. 1983 nebyl nikdy kompletně zpracován a vyhodnocen. Je zatížen torzovitou terénní dokumentací, takže je sotva možné většinu dochovaných skeletů, zejména těch neúplných, identifikovat s původními nálezovými situacemi, alespoň v té podobě, jak je souborně publikoval K. Tihelka (1969). Proto se prioritním předmětem multidisciplinární bioarcheologické analýzy, zaměřené mj. na rekonstrukci stravy, v této lokalitě staly relativně dobře dokumentované situace terénních výzkumů po r. 1983. V dosavadních výstupech neúplně byly opomenuty ani archeozoologické a archeobotanické analýzy dokládající zvýšenou přítomnost prosa (viz Salaš *et al.* 2012b, 403–407), v rámci studia lidského kosterního materiálu s ohledem na rekonstrukci stravy pak rovněž analýzy zubních mikroabrazí a stabilních izotopů uhlíku a dusíku (Salaš *et al.* 2012a; 2012b).

Analýza stabilních izotopů se v prezentované studii soustředí na kumulaci pěti lidských skeletů (S9-S13), které byly součástí objektu K7/90 (*obr. 1*). Titíž jedinci byli předmětem izotopové studie již v minulosti (Salaš *et al.* 2012a; 2012b) a tato studie slouží k ověření a zpřesnění dříve publikovaných dat. Kumulace K7/90 se nacházela poněkud atypicky v pánvi mezi Cezavami a Novými Horami, kde se v minulosti nacházelo nepravidelně periodické jezero. Byla uložena v přirozené, popř. uměle dotvořené menší prohlubni ve vrstvě silně acidifikovaného hutného jílovitého sedimentu, přičemž výsledná depoziční situace nebyla zakryta okamžitě, ale přirozenou cestou v delším časovém horizontu. Celkem pět dospělých jedinců mužského pohlaví bylo uloženo v nerituálních, až anatomicky nepřirozených polohách s doloženými či možnými znaky perimortálních zranění a post-mortální manipulace (štípání, ohryz kostí, možné oddělení a následné upravení polohy hlavy). V porovnání s jinými nálezovými kumulacemi v lokalitě se zde nacházelo velmi málo artefaktů, nicméně i tak bylo možno celou situaci spojit s časným stupněm KSP (Salaš *et al.* 2012a).

## 2. Nové možnosti analýzy stabilních izotopů a jejich využití při rekonstrukci stravy jedinců z kumulace K7/90

Standardem v izotopové analýze stravy je kombinace měření hodnot stabilních izotopů uhlíku ( $\delta^{13}\text{C}$ ) a dusíku ( $\delta^{15}\text{N}$ ) v kostním a/nebo zubním kolagenu. Stabilní izotopy uhlíku nám umožňují popsat některé základní charakteristiky ekosystému, ze kterého lidské potravní zdroje pocházejí. Pomáhají rozlišit mezi stravou původu suchozemského a mořského, případně odlišit konzumaci rostlin s rozdílnou fotosyntetickou drahou. To znamená tzv. C3 rostlin, typických pro ekosystémy mírného pásma, včetně většiny autochtonních kulturních plodin a tzv. C4 rostlin, adaptovaných na suché a horké klima, jako je kukuřice či proso. Stabilní izotopy dusíku pak pomáhají odhalit pozici organismu v potravním řetězci (býložravec – všežravec – masožravec), v případě lidí pak odhadnout zastoupení živočišné složky ve stravě. Výrazně vyšší hodnoty  $\delta^{15}\text{N}$  pozorujeme ve vodních (jak sladkovodních, tak mořských) ekosystémech (Ambrose – Norr 1993; Dufour – Bocherens – Mariotti 1999; Lee-Thorp 2008; Schoeninger – DeNiro 1984). Jak plyne z výše zmíněného, pomocí izotopové rekonstrukce stravy jsme schopni odhadnout zastoupení několika základních skupin potravy: C3 rostlin, vyznačujících se relativně nízkými hodnotami  $\delta^{13}\text{C}$  a  $\delta^{15}\text{N}$ , C4 rostlin, vykazujících relativně nízké hodnoty  $\delta^{15}\text{N}$  při zvýšených hodnotách  $\delta^{13}\text{C}$ , masa a mléka suchozemských zvířat (zvýšené hodnoty  $\delta^{15}\text{N}$  oproti rostlinám), sladkovodních (vysoké hodnoty  $\delta^{15}\text{N}$  a nízké  $\delta^{13}\text{C}$ ) a konečně mořských (vysoké hodnoty  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{15}\text{N}$ )

živočichů. Tato metodologie byla použita i v původní studii rekonstrukce stravy jedinců z kumulace K7/90. Výsledky všech pěti lidských jedinců v této kumulaci, zejména relativně vyšší hodnoty  $\delta^{15}\text{N}$ , naznačovaly významný podíl živočišné složky ve stravě. U tří jedinců pak byly zvýšené i hodnoty  $\delta^{13}\text{C}$ , což vedlo k vyslovení hypotézy o konzumaci mořských ryb (Salaš et al. 2012a; 2012b). Při rekonstrukci stravy je však nutné brát v potaz, že izotopové hodnoty potravních zdrojů se vlivem řady faktorů mění v čase a prostoru vlivem environmentálních (např. vlhkost) i antropogenních (např. hnojení) faktorů (Nardoto et al. 2006; Reitsema – Koźłowski – Makowiecki 2013; Van Klinken – Richards – Hedges 2002). Z výše zmíněného tedy plyne potřeba doplnit izotopovou analýzu lidských kosterních pozůstatků vzorky srovnávacího souboru charakterizujícího lokální potravní zdroje. Ten většinou představují zvířecí kosti, v ideálním případě pak i rostlinné makrozbytky (Fraser et al. 2013). Vzhledem k tomu, že součástí dřívější analýzy (Salaš et al. 2012a; 2012b) nebyla izotopová měření zvířecích kostí ani rostlinných makrozbytků, opírala se interpretace zejména o srovnání hodnot studovaných jedinců s komparativními soubory lidí z prehistorických a historických období. Srovnávací soubory sice pocházely nejen z území Čech a Moravy, ale i dalších evropských regionů, nicméně nebylo možno vzít v potaz potenciální vliv environmentálních či antropogenních faktorů působících na bázi potravního řetězce na hodnoty sledovaných jedinců. Rámcové srovnání bylo provedeno pouze s málo početným souborem fauny z laténských lokalit v Čechách (Le Huray – Schutkowski 2005), což je kontext geograficky a časově vzdálený. Např. na středověkém materiálu bylo doloženo, že obdobně datované soubory fauny z Čech a Moravy mohou vykazovat signifikantně odlišné izotopové hodnoty (Kaupová et al. 2018; 2019).

Zejména v posledním desetiletí je rutinní analýza  $\delta^{13}\text{C}$  a  $\delta^{15}\text{N}$  stále častěji doplňována měřeními hodnot stabilních izotopů síry ( $\delta^{34}\text{S}$ ; Nehlich 2015). Charakteristická pro  $\delta^{34}\text{S}$  je relativně stabilní hodnota v mořském prostředí, pohybující se okolo +20 ‰. V suchozemském prostředí jsou pak hodnoty  $\delta^{34}\text{S}$  dány lokálními geologickými a hydrologickými podmínkami. Jsou vysoce variabilní, v průměru však podstatně nižší než v prostředí mořském. Při cestě potravním řetězcem se už pak hodnoty  $\delta^{34}\text{S}$  výrazně nemění, u lidí jsou tedy odrazem geologického a hydrologického prostředí, ze kterého jedinec čerpal potravní zdroje. Pro oblast Moravy existuje zatím minimum naměřených hodnot, nicméně doposud publikovaná data lidí a suchozemských zvířat se pohybují kolem 0 ‰, rozdíl oproti signálu mořského prostředí je tedy více než patrný (Kaupová 2017; Kaupová – Nývltová Fišáková – Parma 2017). Lze tedy předpokládat, že konzumenti mořských ryb či migranti z pobřežních oblastí by v oblasti Moravy byli pomocí měření  $\delta^{34}\text{S}$  spolehlivě odhaleni. Hodnoty stabilních izotopů síry jsou přitom považovány za senzitivnější indikátor konzumace ryb než kombinace hodnot uhlíku a dusíku (Nehlich 2015; Privat – O'Connell – Hedges 2007).

Hlavním úkolem navazující izotopové studie proto bylo ověřit dříve publikovaný předpoklad konzumace mořských ryb za pomoci metod, které v době prvotní studie ještě nebyly zcela běžnou součástí podobných prací. Proto byl analyzovaný soubor pěti mužských koster doplněn o výběr zvířecích kostí z dané lokality a u takto rozšířeného fondu byly doměřeny hodnoty  $\delta^{34}\text{S}$ .

V posledních letech se též rozvíjejí možnosti statistického zpracování dat, které posouvají interpretační možnosti izotopové analýzy od pouhého porovnání izotopových hodnot mezi jedinci ke kvantitativní rekonstrukci stravy s využitím Bayesovského modelování (Fernandes et al. 2014; Parnell et al. 2010). Dalším úkolem této studie je proto odhad-

nout pomocí výše popsané metody procentuální zastoupení jednotlivých (izotopově odlišných) skupin potravy (*Fernandes et al. 2014*).

### 3. Materiál a metody

Základní antropologické vyhodnocení, tj. určení pohlaví a věku pěti nalezených jedinců z kumulace K7/90, bylo provedeno v roce 2010 podle antropologických standardů (*Buikstra – Ubelaker 1994; Brůžek 2002; Čihák 1987; Lovejoy 1985; Meindl – Lovejoy 1985; 1989; Murail et al. 2005; Novotný 1979; 1981; 1985; 1986; Phenice 1969; Teschler-Nicola 1992; Vyhnanek – Stloukal 1971*). U všech pěti koster bylo pohlaví určeno jako mužské a věk byl makroskopickými metodami pro stanovení odhadu biologického věku v době úmrtí stanoven následovně: S9 40–55 let, S10 35–45 let, S11 19–22 let, S12 20–30 let, S13 26–29 let (*Salaš et al. 2012a*). V rámci kritické revize antropologických dat došlo nyní ke zpřesnění a doplnění informací o věku zkoumaných jedinců v době jejich úmrtí pomocí mikroskopických metod, konkrétně metodou cementochronologie, tedy počítáním přírůstků zubního cementu (*Bertrand et al. 2016; Blondiaux et al. 2016; Gupta et al. 2014; Kagerer – Grupe 2001; Naji et al. 2016; Wittwer-Backofen – Gampe – Vaupel 2004*). Tuto metodu chronologického (kalendářního) určení věku bylo možno aplikovat u dvou jedinců (S11, S12) s nejzachovalejším cementem na kořeni premoláru (*tab. 1*). Vypočítaný věk při úmrtí je  $19,5 \pm 5$ , resp.  $23,1 \pm 5$  let (dle zvolené metodologie) pro jedince S11, který tedy zemřel mezi 14,5. a 28,1. rokem věku v širším věkovém rozmezí poskytujícím dostatečný interval spolehlivosti. Odhad dožitého věku jedince S11 je takřka ve shodě s výsledky morfoskopických metod určování biologického věku jedince (19–22 let), tj. odhadu míry zestárnutí organismu z hlediska vzhledu, výkonu a funkčnosti organismu vztáženému ke kalendářnímu věku. Kombinací obou metod odhadujeme tedy věk dožití jedince S11 na 19–23 let. Výsledky cementochronologie u jedince S12 pak poukazují na věk v době úmrtí  $36,5 \pm 5$ , resp.  $35,8 \pm 5$  let s intervalem 30,8 až 41,5 let (*obr. 2*), což ukazuje na vyšší věk oproti metodám makroskopickým (tj. biologickým). Kombinací biologických a chronologických metod pro určování věku lze odhadnout věk v době úmrtí jedince S12 do rozmezí 20–40 let, avšak s ohledem na vyšší výpovědní hodnotu chronologického určení stáří se přikláníme k odhadu dožitého věku muže S12 na 34–39 let s poukázáním na dřívější podhodnocení odhadu biologického věku.<sup>1</sup>

Kolagen pro izotopovou analýzu byl extrahován ze vzorků všech pěti lidských jedinců z kumulace K7/90 a z pěti shodně datovaných vzorků fauny v lokalitě. V případě lidí byla vzorkována kostní tkáň žebra a dále zubovina (dentin) kořene druhé stálé stoličky (M2). Na rozdíl od kosti, zachycující dlouhodobý výživový signál z období dospělosti, v dentinu zůstává po celý život konzervován výživový signál z období dětství a dospívání. Konkrétně v případě kořene druhé stálé stoličky se jedná o věkové rozmezí 8–13 let (např. *Massler – Schour – Poncher 1941*). V případě zvířecích vzorků byly vzorkovány

<sup>1</sup> Analýza přírůstků zubního cementu (tooth cementum annulation analysis) byla provedena na pracovišti Center for Forensic Medicine of the Medical University of Vienna, v rámci projektu “The value of mothers to society: responses to motherhood and child rearing practices in prehistoric Europe”, financovaném European Research Council (ERC) (the European Union’s Horizon 2020 research and innovation programme, grant agreement No. 676828).

| ID histologického výbrusu zubu | Jedinec | Třenový zub (FDI) | Věk prořezání zubu z alveolu | Metoda počítání přírůstkových linií cementu zubu |              | Metoda měření vzdálenosti mezi liniemi (celková šířka cementu zubu/vzdálenost mezi liniemi) |              |
|--------------------------------|---------|-------------------|------------------------------|--|--------------|---|--------------|
|                                |         |                   |                              | průměr   | odhad věku   | průměr  | odhad věku   |
| 5652                           | S11     | 14                | 10,5                         | 9,0  | 19,5 ± 5 let | 12,61   | 23,1 ± 5 let |
| 5647                           | S12     | 45                | 11,5                         | 25,0   | 36,5 ± 5 let | 24,29   | 35,8 ± 5 let |
| 5653                           | S13     | 34                | 10,5                         | –  | –            | –   | –            |

Tab. 1. Výsledky analýzy přírůstků zubního cementu (cementochronologie) u tří jedinců z Blučiny – Ceza-  
vy s uvedením typu třenového zubu (podle FDI World Dental Federation), průměrného věku alveolární  
erupce (podle *AlQahtani – Hector – Liversidge 2010*), průměru počtu přírůstkových linií cementu zubu  
(TCA) vypočteným ze tří nezávislých pozorování. V posledním sloupci jsou uvedeny extrapolované počty  
přírůstkových linií cementu zubu vzniklé vydělením celkové šířky cementu průměrnou vzdáleností mezi  
přírůstkovými liniemi. Věk v době úmrtí se vypočítá tak, že se k věku erupce zubů přičtou výsledky počtu  
linií či jejich měření; předpokládá se, že chybové rozpětí je ± 5 let.

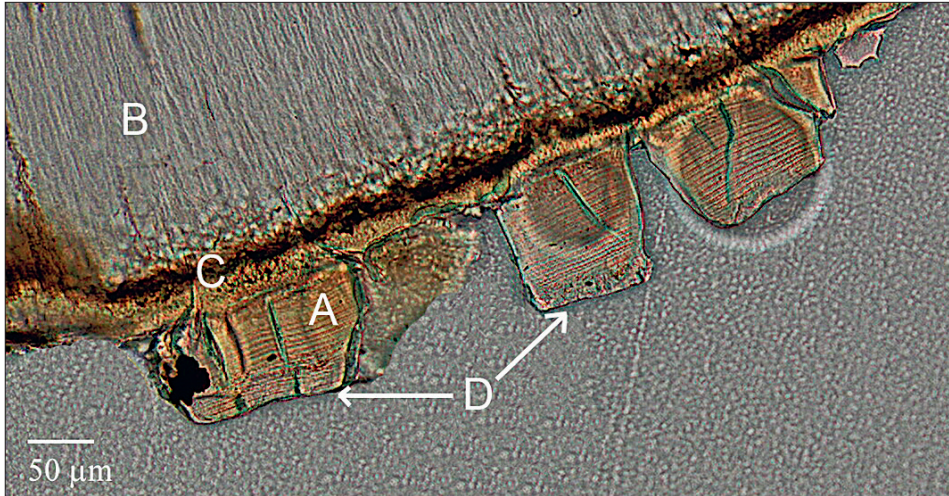
Tab. 1. Results of the tooth cementum annulation analysis of three individuals from Blučina – Cezavy,  
including the type of tooth (FDI World Dental Federation notation), the average age of its alveolar eruption  
(after *AlQahtani – Hector – Liversidge 2010*), the mean of the TCA counts from three independent counts  
and the extrapolated TCA counts by dividing the width of the cementum by the mean distance between  
lines. Age of death is calculated by adding the means of counts or measurements to the tooth eruption  
age; an error range of ± 5 years is assumed.

různé kosti domestikované fauny (2x tur domácí, 2x prase domácí, 1x ovce/koza) z ob-  
jektů veltické fáze KSPP.<sup>2</sup>

Kolagen byl extrahován metodou dle *Longina (1971)* v modifikaci dle *Bocherense (1992)*  
v laboratoři Národního muzea v Praze. Z výše zmíněných 15 vzorků pouze osm poskytlo  
dostatečný výtěžek kolagenu pro provedení izotopových měření. Důvodem je pravděpo-  
dobně charakter půdního prostředí v místě nálezů (silně acidifikovaný hutný jííl dna perio-  
dicky zaplavovaného jezera). Vzorky lidských kostí u všech jedinců (BluS9<sub>k</sub> -BluS13<sub>k</sub>)  
a vzorek dentinu BluS11<sub>d</sub> vykazovaly mimořádně špatnou zachoalost s výtěžkem kola-  
genu pod 10 mg/g. Tím vzorky nesplnily kritérium pro dostatečnou zachoalost (*Van  
Klinken 1999*), a nebyly proto dále analyzovány. V případě vzorku zvířecí kosti BluF1  
(*Bos taurus*), pocházející ze stejné nálezové situace (K7/90) jako lidské kosterní pozůstat-  
ky, byla extrakce kolagenu ukončena kvůli jeho naprosté absenci. Vzorky s dostatečným  
výtěžkem kolagenu, tedy čtyři vzorky lidské zuboviny a čtyři vzorky zvířecích kostí byly  
následně odeslány pro izotopová měření, která (EA-IRMS) byla provedena v laboratoři  
Iso-Analytical Ltd., Crewe, Velká Británie. Směrodatná odchylka při opakovaných měře-  
ních s použitím několika laboratorních standardů činila méně než 0,1 ‰ pro  $\delta^{13}\text{C}$  a  $\delta^{15}\text{N}$   
a 0,2 ‰ pro  $\delta^{34}\text{S}$ .

Metody mikroabrazí zubů, založené na analýze obrazu bukálního povrchu zubů a odrážející složení  
stravy ve zhruba posledním půlroce před smrtí, byly detailně popsány v předchozí studii (*Salaš et al. 2012b*,  
396–397). Stručně lze shrnout, že metodika je založena na výrobě replik zubů za použití otiskovacích

<sup>2</sup> Autoři příspěvku děkují M. Roblíčkové za druhovou determinaci zvířecích kostí a Z. Tvrdému za poskytnutí  
antropologických vzorků na analýzu stabilních izotopů. Za pomoc při přípravě vzorků na analýzu přírůstků  
cementu zubů autoři děkují M. Králíkovi.



Obr. 2. Histologický výbrus dolního pravého druhého premoláru muže S12 z Blučiny – Cezavy pod světelným mikroskopem. V tomto výbrusu bylo identifikováno 25 přírůstkových čar zubního cementu (TCA), což naznačuje věk při úmrtí  $36,5 \pm 5$  let. Obrázek ukazuje příklad acelulárního cementu s přírůstkami světlých a tmavých linií (A), dentin (B), přechodnou zónu dentino-cementového spojení (C), a vnější okraj zubu (D). Fotografie Barbara Rendl, © Medical University of Vienna.

Fig. 2. Cross section of lower right second premolar of male S12 from Blučina – Cezavy under transmitted light microscope. Twenty-five incremental lines of tooth cementum annulations (TCA) were identified in this section suggesting an age-at-death of  $36.5 \pm 5$  years. This cross-section is showing example of acellular cementum with light and dark bands (A), dentin (B), cementum-dentin junction transition from dentin to cementum (C), outer edge of tooth (D). Photograph by Barbara Rendl, © Medical University of Vienna.

stomatologických hmot (polyvynylsiloxanů) Affinis light body/regular body (výrobce Coltène AG, Švýcarsko) a polyuretanové pryskyčice Feroca; Galbany – Martínez – Pérez-Pérez 2004; Jarošová et al. 2006; Jarošová 2007a; Lalueza Fox – Pérez-Pérez 1993; Lalueza – Pérez-Pérez – Turbón 1993; 1996; Pérez-Pérez – Lalueza – Turbón 1994; Pérez-Pérez – Bermúdez De Castro – Arsuaga 1999; Pérez-Pérez et al. 2003; Romero – De Juan 2007; Romero – Martínez-Ruiz – De Juan 2007; Romero et al. 2012). Následuje pokovení a analýza pomocí skenovacího elektronového mikroskopu při zvětšení 226x a zkoumané ploše  $0.56 \text{ mm}^2$ . Následuje analýza obrazu pomocí softwaru Adobe Photoshop 8.0 a Sigma Scan Pro 5.0 (SPSS Inc.), kdy jsou analyzovány všechny markery dentálních mikroabrazí (NT) způsobených stravou, a vyloučeny tak subjektivně postmortální změny (Martínez – Pérez-Pérez 2004). Analýza proměnných byla provedena pomocí statistického softwaru STATISTICA 9.1 EN, pomocí něhož byly jednotlivé strie klasifikovány do čtyř kategorií po  $45^\circ$  dle jejich orientací: na strie ve směru vertikálním (V), ve směru mesio-okluzální do disto-cervikální (MD), směru disto-okluzální do mesio-cervikální (DM) a na strie směru horizontálního (H). Tímto způsobem vznikly základní data o délce (X), orientaci (V, MD, DM, H), a počtu (N) všech strií (NT), tj. bylo vyhodnoceno 15 proměnných (NV, NH, NMD, NDM, NT, XV, XH, XMD, XDM, XT, SDV, SDH, SDMD, SDDM, SDNT), charakterizujících fotografii povrchu zubu. Cílem tohoto výzkumu je odhad podílu masité a rostlinné stravy na základě podobnosti dat z analýz mikroabrazí populací se známou stravou (Inuité, Indiáni Ohňové země, Křováci /Sanové/, Aboriginci /Austrálci/, Andamanci, Indiáni z ostrova Vancouver, Veddové, Tasmánci, Laponci a hinduisté), které lze dělit dle typu stravy do tří skupin: vegetariáni (definování populací hinduistů – vegetariáni z náboženských důvodů), populace z tropických a aridních oblastí žijící se smíšenou stravou a populace žijící se masitou stravou (definování loveckými populacemi, u kterých v potravních zdrojích výrazně převažuje maso v jakékoli formě úpravy).

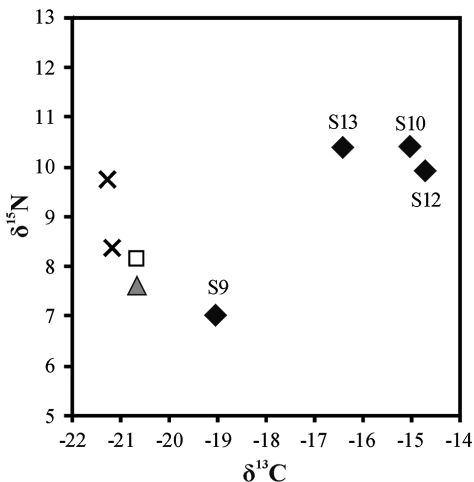
## 4. Výsledky a diskuse

### 4.1. Zachovalost vzorků kolagenu

Všechny analyzované vzorky splňovaly kritéria pro dobrou zachovalost (obsah dusíku, uhlíku a síry a jejich vzájemný poměr v rámci definovaných intervalů: *DeNiro 1985; Nehlich – Richards 2009; Van Klinken 1999*). Kompletní seznam izotopových hodnot  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  a  $\delta^{34}\text{S}$  spolu s hodnotami indikátorů zachovalosti vzorku je uveden v *tabulkách 2 a 3*.

### 4.2. Interpretace izotopových hodnot uhlíku a dusíku

Izotopové hodnoty souboru zvířat ( $N = 4$ ,  $\delta^{13}\text{C} = -20,9 \pm 0,3 \text{ ‰}$ ;  $\delta^{15}\text{N} = 8,5 \pm 0,9 \text{ ‰}$ ; *tab. 2; obr. 3*) vykazují výsledky typické pro suchozemské prostředí založené na C3 rostlinách. Dotyčná zvířata byla krmena C3 rostlinami bez signifikantních přísadků prosa. Hodnoty stabilních izotopů uhlíku se nacházejí v rámci variability dat dalších studií z českého prostředí (*tab. 4*), hodnoty stabilních izotopů dusíku jsou pak nejvyšší ze sledovaných lokalit. To může ukazovat např. na intenzifikaci zemědělských praktik v době bronzové (*Reitsema – Kozłowski – Makowiecki 2013*; k potenciálnímu přihnojování již v únětické kultuře: *Sedláčková – Slabina 1984*). Vzhledem k relativně teplému a suchému klimatu doby popelnicových polí, doloženému mj. též změnou přírodního prostředí přímo v lokalitě Cezavy (*Salaš et al. 2012a*), nelze zcela vyloučit ani vliv teplotního stresu. V tom případě řada organismů v rámci úspor vody zvyšuje koncentraci a celkové množství vylučované močoviny, což vede k nárůstu  $\delta^{15}\text{N}$  ve tkáních jedince (*Ambrose 1991*). Zjištění konkrétních příčin pozorovaného jevu však přesahuje rámec tohoto příspěvku, neboť by vyžadovalo analýzu výrazně početnějšího souboru domestikovaných i volně žijících zvířat, ale i rostlinných makrozbytků (např. *Fiorentino et al. 2015*). I přes malou velikost souboru však tato data naznačují, že izotopové hodnoty potravních zdrojů populace mladší doby bronzové byly do značné míry specifické. Předchozí interpretace izotopových hodnot bez této znalosti (*Salaš et al. 2012b*) tak byla nutně zatížena chybou a s velkou pravděpodobností nadhodnocovala podíl živočišné složky ve stravě.



Obr. 3. Izotopové hodnoty uhlíku a dusíku lidí a zvířat z lokality Cezavy u Blučiny.

Fig. 3. Human and animal carbon and nitrogen isotopic data from Cezavy site.

◆ Lidé

**Fauna**

□ *Bos taurus*

▲ *Ovis/Capra*

× *Sus scrofa dom.*



| Kód vzorku | Druh                  | Objekt         | Vzorkovaná kost | Výtěžek (mg/g) | Obsah uhlíku (%) | Obsah dusíku (%) | Obsah síry (%) | C:N | C:S   | N:S   | $\delta^{13}\text{C}$ | $\delta^{15}\text{N}$ | $\delta^{34}\text{S}$ |
|------------|-----------------------|----------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|----------------|-----|-------|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| BluF01*    | <i>Bos taurus</i>     | K7/260         | phalanx 1       | x              | x                | x                | x              | x   | x     | x     | x                     | x                     | x                     |
| BluF02     | <i>Ovis/capra</i>     | K3             | radius          | 149,0          | 41,5             | 15,6             | 0,18           | 3,1 | 629,8 | 201,5 | -20,7                 | 7,6                   | 1,6                   |
| BluF03     | <i>Sus domesticus</i> | K9/3244        | mandibula       | 79,2           | 38,9             | 14,4             | 0,18           | 3,1 | 559,2 | 176,3 | -21,3                 | 9,7                   | -7,2                  |
| BluF04     | <i>Sus domesticus</i> | K2a (u depotu) | femur           | 144,2          | 42,1             | 15,5             | 0,19           | 3,2 | 577,1 | 180,5 | -21,2                 | 8,4                   | -1,6                  |
| BluF05     | <i>Bos taurus</i>     | K8V/2116       | humerus         | 114,1          | 42,0             | 15,7             | 0,18           | 3,1 | 636,7 | 202,7 | -20,6                 | 8,1                   | -3,4                  |

\* již v průběhu extrakce patrná absence kolagenu, extrakce zastavena

Tab. 2. Kompletní soubor izotopových hodnot zvířecích vzorků.

Tab. 2. Complete animal isotopic data.

| Kód vzorku | Jedinec | Detail vzorku | Výtěžek (mg/g) | Obsah uhlíku (%) | Obsah dusíku (%) | Obsah síry (%) | C:N | C:S   | N:S   | $\delta^{13}\text{C}$ | $\delta^{15}\text{N}$ | $\delta^{34}\text{S}$ | $\Delta^{15}\text{N}_{\text{lidě-fauna}}$ | $\Delta^{13}\text{C}_{\text{lidě-fauna}}$ |
|------------|---------|---------------|----------------|------------------|------------------|----------------|-----|-------|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---|---|
|            |         |               |                |                  |                  |                |     |       |       |                       |                       |                       |   |   |
| BLUS09k    | S9      | kost          | 2,8            | x                | x                | x              | x   | x     | x     | x                     | x                     | x                     | x   | x   |
| BLUS10k    | S10     | kost          | 2,6            | x                | x                | x              | x   | x     | x     | x                     | x                     | x                     | x   | x   |
| BLUS11k    | S11     | kost          | 3,8            | x                | x                | x              | x   | x     | x     | x                     | x                     | x                     | x   | x   |
| BLUS12k    | S12     | kost          | 4,0            | x                | x                | x              | x   | x     | x     | x                     | x                     | x                     | x   | x   |
| BLUS13k    | S13     | kost          | 2,0            | x                | x                | x              | x   | x     | x     | x                     | x                     | x                     | x   | x   |
| BLUS09d    | S9      | M2 (kořen)    | 78,3           | 40,8             | 15,3             | 0,23           | 3,1 | 478,3 | 152,9 | -19,0                 | 7,0                   | 0,6                   | -1,4                                      | 1,9                                       |
| BLUS10d    | S10     | M2 (kořen)    | 73,9           | 40,2             | 15,2             | 0,21           | 3,1 | 511,2 | 164,0 | -15,0                 | 10,4                  | -8,5                  | 1,9                                       | 5,9                                       |
| BLUS11d    | S11     | M2 (kořen)    | 1,2            | x                | x                | x              | x   | x     | x     | x                     | x                     | x                     | x   | x   |
| BLUS12d    | S12     | M2 (kořen)    | 38,1           | 38,7             | 14,5             | 0,22           | 3,1 | 475,9 | 151,0 | -14,7                 | 9,9                   | -4,2                  | 1,5                                       | 6,2                                       |
| BLUS13d    | S13     | M2 (kořen)    | 72,1           | 37,6             | 14,1             | 0,22           | 3,1 | 453,8 | 144,3 | -16,4                 | 10,4                  | -1,9                  | 1,9                                       | 4,5                                       |

k = vzorek kosti; d = vzorek dentinu; M2 = druhá stálá stolička;  $\Delta^{15}\text{N}_{\text{lidě-fauna}}$  a  $\Delta^{13}\text{C}_{\text{lidě-fauna}}$  = rozdíl oproti průměrné hodnotě souboru zvířat

Tab. 3. Kompletní soubor izotopových hodnot lidských vzorků.

Tab. 3. Complete human isotopic data.

| Lokalita/kontext            | Datování     | Skot |                       | Prase   |                       | Ovce/koza |                       | Ref. |           |         |                             |
|-----------------------------|--------------|------|-----------------------|---------|-----------------------|-----------|-----------------------|------|-----------|---------|-----------------------------|
|                             |              | N    | $\delta^{13}\text{C}$ | N       | $\delta^{15}\text{N}$ | N         | $\delta^{15}\text{N}$ |      |           |         |                             |
| Cezavy u Blučiny            | KSPP         | 1    | -20,6                 | 8,1     | 2                     | -21,2±0,1 | 9,1±1,0               | 1    | -20,7     | 7,7     | Tato studie                 |
| Velká Morava (více lokalit) | 9.–10. stol. | 10   | -19,7±1,0             | 6,8±1,0 | 11                    | -20,3±0,4 | 7,5±1,3               | 10   | -20,6±0,6 | 7,2±1,4 | Kaupová et al. 2018         |
| Morava (více lokalit)       | 11. stol.    | 3    | -20,7±0,6             | 5,9±0,7 | 3                     | -20,1±0,8 | 4,5±2,3               | 3    | -21,3±0,8 | 6,6±0,6 | Kaupová et al. 2018         |
| Kutná Hora                  | d. latěnská  | 1    | -21,0                 | 5,2     | 1                     | -20,8     | 5,8                   | 0    | –         | –       | Le Huray – Schutkowski 2005 |
| Praha, Levý Hradec          | 9.–11. stol. | 6    | -20,8±0,3             | 6,6±1,3 | 6                     | -20,7±0,7 | 7,2±1,7               | 4    | -21,1±0,5 | 6,0±1,3 | Kaupová et al. 2019         |

Tab. 4. Izotopové hodnoty vzorků zvířat  $\delta^{13}\text{C}$  a  $\delta^{15}\text{N}$  (průměr ± 1 SD) z archeologických lokalit na území ČR.

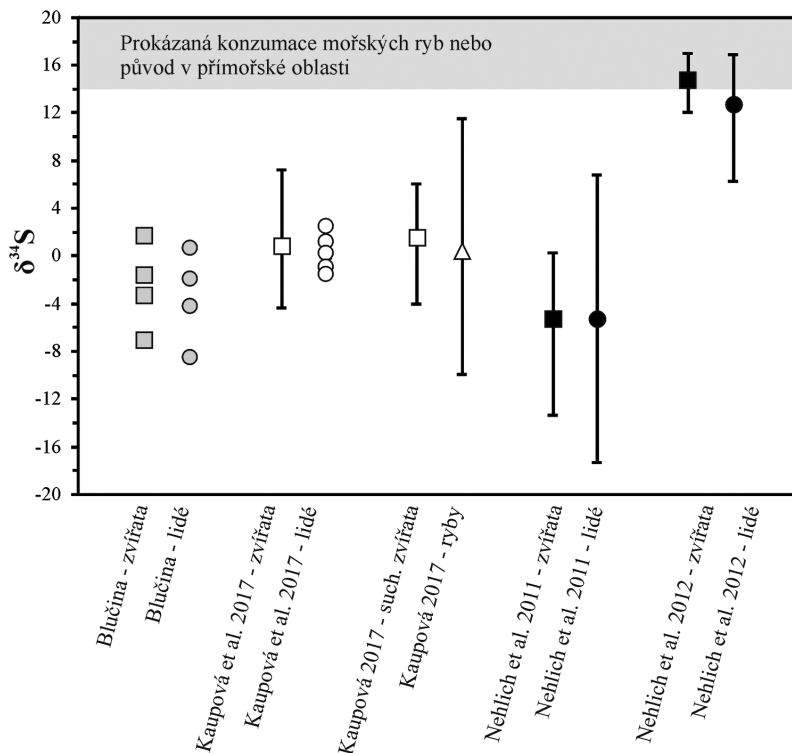
Tab. 4. Isotopic values  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  (mean ± 1 SD) for livestock from archeological sites in the area of the Czech Republic.

Hodnoty stabilních izotopů uhlíku a dusíku lidského souboru ( $N = 4$ ) a jejich rozdílů oproti souboru zvířat ( $\Delta_{\text{lidé-fauna}}$ ) ukazují na stravu suchozemského původu, s výrazným podílem prosa (*tab. 3; 5; obr. 3*). Výjimkou je v rámci objektu K7/90 jedinec S9, v jehož stravě hrálo proso nanejvýš doplňkovou roli. Přestože z dané lokality nemáme k dispozici vzorky ryb, relativně nízké hodnoty  $\delta^{15}\text{N}$  a  $\Delta^{15}\text{N}_{\text{lidé-fauna}}$ , které se u souboru z Blučiny pohybují do 2,0 ‰, možnost pravidelné konzumace ryb (jak sladkovodního, tak mořského původu) vylučují. Ve skutečnosti jsou pozorované hodnoty relativně nízké a ukazují na omezený podíl živočišných produktů ve stravě. Opět je přitom nutné i v tomto směru zmínit relativní výlučnost jedince S9, jehož hodnota  $\delta^{15}\text{N}$  je velice nízká, v podstatě na úrovni býložravců. Už na základě kombinace hodnot  $\delta^{13}\text{C}$  a  $\delta^{15}\text{N}$  je tedy možné v podstatě vyloučit signifikantní konzumaci mořských ryb. Přestože hodnoty  $\delta^{13}\text{C}$  mohou být obdobně zvýšeny jak vlivem konzumace prosa, tak mořských ryb, hodnoty dusíku a jejich rozdílů oproti souboru fauny by byly u konzumentů mořských ryb výrazně vyšší (např. *Fischer et al. 2007; Salamon et al. 2008*).

Porovnání s výsledky získanými v primární studii (*Salaš et al. 2012b*) ze stehenní kosti naznačuje, že v průběhu života jedinců S10, S12 a S13 došlo ke značné změně stravovacích návyků. Mezi obdobím dětství/dospívání (vzorek M2, tato studie) a dospělostí (vzorek stehenní kosti: *Salaš et al. 2012b*) přitom poklesly hodnoty  $\delta^{13}\text{C}$ , a tedy i význam prosa ve stravě. V případě jedince S13 byl v dřívější studii zkoumán i vzorek první stále stoličky (M1), zachycující informace o stravě v raném dětství (do osmi let). Obdobné hodnoty ve vzorcích obou zubů (M1 i M2) ukazují, že proso hrálo důležitou roli po většinu dětství a dospívání jedince S13. Původně zjištěné vysoké hodnoty  $\delta^{15}\text{N}$  ve vzorku M1, které mohou spolu se zvýšenou  $\delta^{13}\text{C}$  imitovat hodnoty typické pro konzumenty mořských ryb, mohou být vysvětleny konzumací mateřského mléka (*Fuller et al. 2006*). Protože však předchozí analýzy byly provedeny odlišnou metodou a měřeny v jiné laboratoři (*Salaš et al. 2012b*), je nutné opět toto srovnání považovat pouze za orientační.

### 4.3. Interpretace izotopových hodnot síry

Hodnoty stabilních izotopů síry opět vylučují možnost signifikantní konzumace mořských ryb. Tyto se v souboru lidí z Blučiny pohybují kolem -3,5 ‰ s relativně vysokou variabilitou ( $SD = 3,9$  ‰), což jsou typické hodnoty pro stravu založenou na suchozemských (případně sladkovodních) organismech (*Nriagu et al. 1991*). Hodnoty lidí z Blučiny zhruba odpovídají souboru místní fauny, což značí, že lidé a zvířata čerpali potravu z oblasti s obdobným geologickým složením. Hodnoty lidí a zvířat jsou přitom obdobné jako v případě dalších moravských lokalit starší a mladší doby bronzové a raného středověku (*Kaupová 2017; Kaupová – Nývltová Fišáková – Parma 2017; obr. 4*), ale i dalších vnitrozemských oblastí Evropy (např. *Nehlich et al. 2011*). Pro další srovnání je možné využít práci *Nehlich et al. (2012)*. Hodnoty  $\delta^{34}\text{S}$  populace středomořských ostrovů Ibiza a Formentera představují srovnávací soubor vykazující „přímořský“ izotopový signál. Vzhledem ke stabilním hodnotám  $\delta^{34}\text{S}$  mořských ekosystémů (ca 20 ‰) jako spodní hranici pro obyvatele přímořských oblastí a jedince signifikantně konzumující mořské ryby označují *Nehlich et al. (2012)* 14 ‰. Lidské hodnoty v citované studii se sice pohybovaly kolem nižšího průměru ( $12,6 \pm 2,8$  ‰), nicméně autoři studie přisuzují relativně nízké hodnoty vysokému podílu migrantů. U jedinců s hodnotami  $\delta^{34}\text{S}$  nižšími než 10 ‰ pak autoři studie usuzují na „výrazný podíl stravy, která nepochází z ostrovů ani jiných pří-



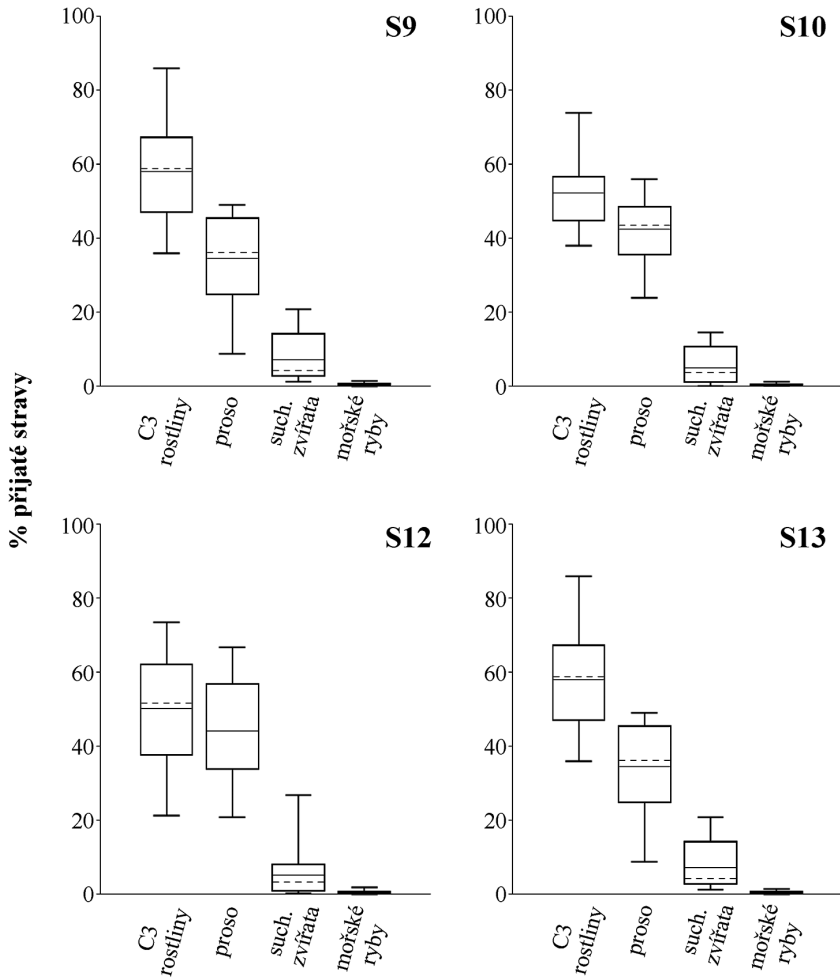
Obr. 4. Izotopové hodnoty síry lidí a zvířat z lokality Cezavy u Blučiny v porovnání se soubory z lokalit doby bronzové na Moravě (Kaupová – Nývltová Fišáková – Parma 2017), velkomoravských Mikulčic (Kaupová 2017), vnitrozemských lokalit Velké Británie (Nehlich et al. 2011) a ostrovů Ibiza a Formentera (Nehlich et al. 2012); upraveno podle Kaupová – Nývltová Fišáková – Parma 2017.

Fig. 4. Sulphur isotopic values of humans and animals from Cezavy site in comparison with other Bronze Age sites in Moravia (Kaupová – Nývltová Fišáková – Parma 2017), early medieval site of Mikulčice (Kaupová 2017), inland sites of Great Britain (Nehlich et al. 2011) and Ibiza and Formentera islands (Nehlich et al. 2012); modified illustration according to Kaupová – Nývltová Fišáková – Parma 2017.

mořských oblastí“. I tyto hodnoty jsou však stále o ca 10% vyšší než v případě vzorků z Blučiny.

#### 4.4. Kvantitativní model izotopové rekonstrukce stravy

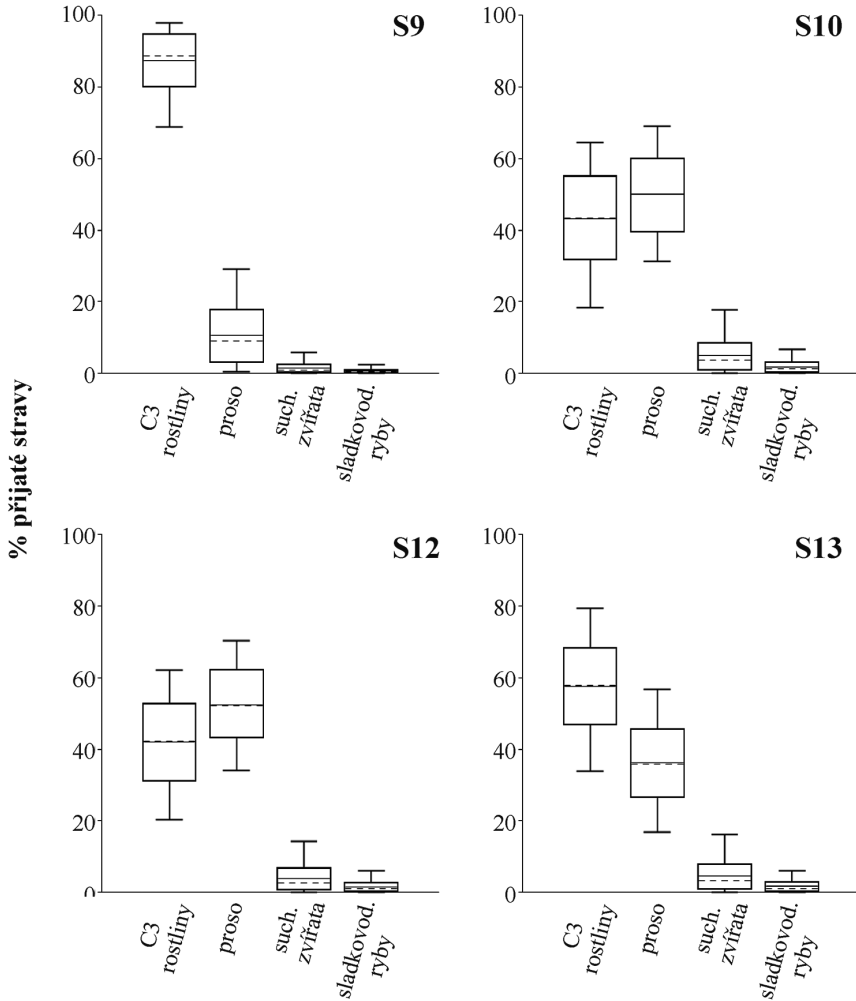
Závěry stanovené na základě interpretace izotopových hodnot potvrzují i výpočty kvantitativních modelů stravy (Fernandes et al. 2014). S využitím softwaru FRUITS byly sestaveny dva modely: Model 1 pracuje s hodnotami  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  a  $\delta^{34}\text{S}$  a zahrnuje tyto skupiny potravy: C3 rostliny, pšenice, suchozemská zvířata (maso i mléko mají obdobné hodnoty) a mořské ryby (obr. 5). Model 2 pracuje s hodnotami  $\delta^{13}\text{C}$  a  $\delta^{15}\text{N}$  a zahrnuje C3 rostliny, pšenice, suchozemská zvířata a sladkovodní ryby (obr. 6). Hodnoty  $\delta^{34}\text{S}$  nebyly do modelu 2 zahrnuty vzhledem k tomu, že nebylo možné změřit hodnoty rybích kostí ze samotné lokality. Dosavadní data z oblasti Moravy jsou pak malého rozsahu, a navíc vykazují překryv hodnot mezi suchozemskými a vodními organismy (Kaupová 2017; obr. 4).



Obr. 5. Grafické znázornění kvantitativní analýzy stravy v lokalitě Cezavy u Blučiny: Model 1 (zahrnutý mořské ryby). Nepřerušovaná linie označuje průměrnou hodnotu modelu, přerušovaná medián, box vymezuje 16. a 84. percentil (68 % variability dat), vousy pak 2,5. a 97,5. percentil (95 % variability dat) pro každou ze zastoupených skupin potravy.

Fig. 5. Modelled estimates of dietary composition of individuals from Cezavy site: Model 1 (marine fish included). The continuous lines illustrate means and the discontinuous lines median values. The boxes represent the 16th and 84th percentiles (68% of the data) and the whiskers the 2.5 and the 97.5 percentiles (95% of the data) for the contribution of each food source.

Pro výpočet modelu je nutné znát izotopové složení jednotlivých složek potravy. V tomto případě byly použity pro živočišnou složku (tj. suchozemská zvířata) hodnoty naměřené v rámci této studie spolu s daty získanými pro další lokality doby bronzové v Čechách a na Moravě (Kaupová – Nývltová Fišáková – Parma 2017). Vzhledem k absenci izotopových dat rostlin a ryb z daného kontextu byla data pro tyto složky potravy získána kompilací údajů z literatury pro oblast střední Evropy (pro sladkovodní ryby viz Kaupová et al. 2018; 2019; Reitsema – Crews – Polcyn 2010; Reitsema – Kozłowski –



Obr. 6. Grafické znázornění kvantitativní analýzy výživy v lokalitě Cezavy u Blučiny: Model 2 (zahrnutý sladkovodní ryby). Nepřerušovaná linie označuje průměrnou hodnotu modelu, přerušovaná medián, box vymezuje 16. a 84. percentil (68 % variability dat), vousy pak 2,5. a 97,5. percentil (95 % variability dat) pro každou ze zastoupených skupin potravy.

Fig. 6. Modelled estimates of dietary composition of individuals from Cezavy site: Model 2 (freshwater fish included). The continuous lines illustrate means and the discontinuous lines median values. The boxes represent the 16th and 84th percentiles (68 % of the data) and the whiskers the 2.5 and the 97.5 percentiles (95 % of the data) for the contribution of each food source.

*Makowiecki 2013*, pro rostliny viz *Bogaard et al. 2013*; *Cerling et al. 1997*; *Knipper et al. 2016b*; *Konvalina et al. 2010*; *Zavodny et al. 2017*). V případě mořských ryb pak byla využita data ze studií specificky zaměřených na tyto druhy (*Fuller et al. 2012*; *Nehlich et al. 2012*; pro další parametry modelu viz *Kaupová et al. 2019*).

Vzhledem k omezené velikosti referenčního souboru fauny a absenci hodnot ryb a rostlin z daného kontextu je nutné brát výpočet pouze jako orientační, základní poznatky však

| Region  | Lokalita                  | Datování             | N  | $\delta^{13}\text{C}$    | $\delta^{15}\text{N}$ | $\Delta^{13}\text{C}_{\text{human-fauna}}$ | $\Delta^{15}\text{N}_{\text{human-fauna}}$ | Ref.  |
|---------|---------------------------|----------------------|----|--------------------------|-----------------------|--|--|---|
| ČR      | Blučina <sup>a</sup>      | mladší doba bronzová | 4  | -16,3±2,0<br>(-15,4±0,9) | 9,4±1,6<br>(10,2±0,3) | 4,7 (5,6)                                  | 1,0 (1,8)                                  | Tato studie                                     |
| Německo | více lokalit              | starší doba bronzová | 74 | -20,1±0,5                | 10,5±1,0              | 1,2  | 3,1  | <i>Knipper et al. 2016</i>                      |
| ČR      | více lokalit <sup>b</sup> | mladší doba bronzová | 4  | -16,4±0,9                | 11,0±0,6              | 4,5  | 2,5  | <i>Kaupová – Nývltová Fišáková – Parma 2017</i> |
| ČR      | Kutná Hora, Radovesice    | doba laténská        | 65 | -18,9±0,7                | 9,7±0,7               | 2,2  | 3,6  | <i>Le Huray – Schutkowski 2005</i>              |

<sup>a</sup> v závorce uveden průměr a SD bez odlehlé hodnoty jedince S9

<sup>b</sup> bez vzorků dočasných zubů s potenciálním ovlivněním  $\delta^{15}\text{N}$  vlivem kojení; vzhledem k absenci zvířecích kostí z dané lokality použita pro srovnání data z lokality Blučina

Tab. 5. Lidské izotopové hodnoty  $\delta^{13}\text{C}$  a  $\delta^{15}\text{N}$  (průměr ± 1 SD) a rozdíly oproti souboru zvířat z lokalit doby bronzové a železné ve středoevropském kontextu.

Tab. 5. Human collagen  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values (mean ± 1 SD) and human-faunal offsets from Bronze Age and Iron Age sites in Central Europe.

zůstávají platné. Na základě modelu 1 můžeme vyloučit možnost pravidelné konzumace mořských ryb (*obr. 5*). Na tomto místě je třeba zmínit, že použitý software (FRUITS) nedokáže počítat s možností, že některá složka ve stravě chybí, a v každém případě tedy vypočítá alespoň minimální podíl, jako je tomu v tomto případě (kdy je průměrná hodnota modelu výrazně nižší než 1 %). Zařazení nepřítomného potravinového zdroje však přesto může zkreslit podíly ostatních složek potravin. V tomto případě, vzhledem k obdobným hodnotám  $\delta^{13}\text{C}$ , dochází zejména k podhodnocení významu prosa.

Proto byl sestaven model 2, který pracuje výhradně se složkami potravy nalezenými v dané lokalitě a běžnými v kontextu mladší doby bronzové (*Salaš et al. 2012b*). Ve stravě všech jedinců dominovala rostlinná složka. V případě jedince S9 byla tvořena převážně C3 rostlinami, proso bylo nanejvýš doplňkem (průměrná hodnota modelu 11 %). U ostatních jedinců byl podíl C3 rostlin a prosa vyrovnaný. V případě jedinců S10 a S12 průměrná hodnota modelu (50, resp. 52 %) ukazuje dokonce na proso jako dominantní složku potravy. Je však nutné vzít v potaz, že odhadované intervaly spolehlivosti pro C3 rostliny a proso se do značné míry překrývají. (*obr. 6*). Nelze tedy tvrdit s jistotou, že proso tvořilo více než polovinu stravy těchto jedinců, každopádně byl však jeho podíl na jídelníčku minimálně obdobný jako všech C3 rostlin (dalších druhů obilovin, ovoce, zeleniny atd.) dohromady. Maso a mléko suchozemských zvířat hrálo u všech jedinců spíše doplňkovou roli (maximálně do 20 % konzumované stravy, viz horní hranice intervalu spolehlivosti). Sladkovodní ryby pak nehrály ve výživě dané skupiny důležitou roli (průměrná hodnota modelu 0,5–2 %; *obr. 6*). Na tomto místě je nutné zmínit, že podíl živočišné složky může být mírně podhodnocen přítomností dalších složek potravin, které současný model nezahrnuje. Jsou to na prvním místě luštěniny, které vykazují oproti většině rostlin nižší hodnoty  $\delta^{15}\text{N}$  (*Pestle – Torres-Rouff – Hubbe 2016*). Pro tuto teorii však doposud nemáme dostatečnou oporu v archeobotanických nálezech. V lokalitě Blučina byly prokázány hrách a čočka, jejich význam ve stravě však vzhledem k malému zastoupení nelze posoudit (*Salaš et al. 2012b*).

#### 4.5. Srovnání izotopových hodnot mužů z lokality Cezavy u Blučiny v širším geografickém rámci

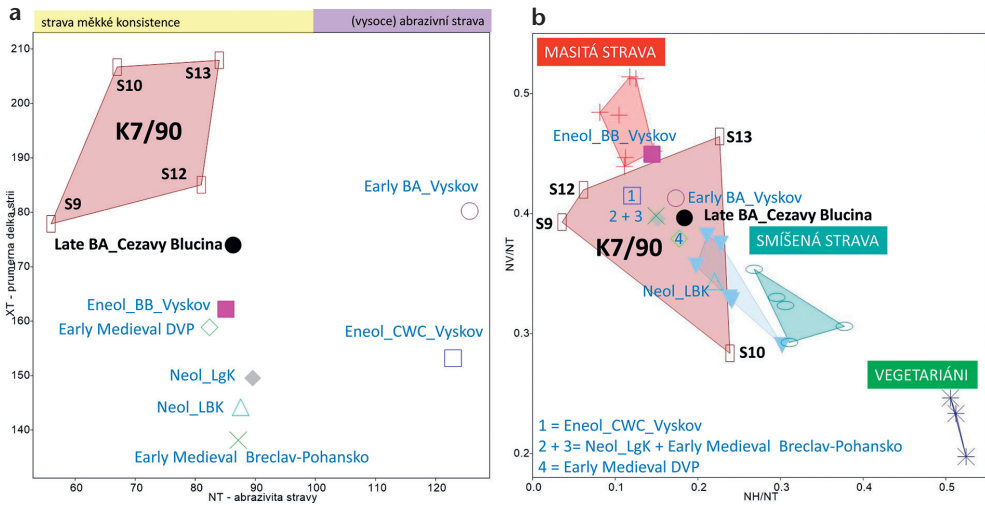
Hodnoty  $\delta^{13}\text{C}$  u čtyřech mužů z kumulace K7/90 jsou srovnatelné s jedinci z dalších moravských lokalit mladší doby bronzové, v případě jedinců S10 a S12 pak patří k nejvyšším doposud pozorovaným na území Čech i Moravy (Kaupová et al. 2014; 2018; 2019; Kaupová – Nývltová Fišáková – Parma 2017; Salaš et al. 2012b; Smrčka et al. 2008). V porovnání s únětickými soubory z Německa (Knipper et al. 2016a) vidíme výrazný nárůst hodnot  $\delta^{13}\text{C}$ . To potvrzuje dosavadní poznatky (jak archeobotanické z území Čech, tak izotopové z dalších částí Evropy), které pokládají dobu bronzovou za období, kdy se rozšířilo pěstování a konzumace prosa, přičemž nejčastěji je tento nárůst pozorován od střední doby bronzové (Dreslerová – Kočár 2013; Goude et al. 2017; Varalli et al. 2016a; 2016b).

Hodnoty  $\delta^{15}\text{N}$  jedinců z Blučiny jsou ve srovnání s ostatními lokalitami naopak nízké. U elitního pohřbu z prostředí únětické kultury z německého Helmsdorfu činí hodnota  $\Delta^{15}\text{N}_{\text{lidé-fauna}}$  5,2 ‰ a u souboru „běžné populace“ únětické kultury z blízkých lokalit je to 3,1 ‰ (Knipper et al. 2015; tab. 5). Hodnoty jedinců z Blučiny jsou v průměru nižší než v případě dalších jedinců z moravských lokalit mladší doby bronzové (Kaupová – Nývltová Fišáková – Parma 2017), srovnání je však v tomto případě nutno brát pouze jako orientační vzhledem k celkově velice nízkému počtu jedinců (tab. 5).

Obdobná změna stravovacích návyků v průběhu života, jaká byla pozorována u jedinců S10, S12 a S13, byla zjištěna i u jedince z lokality mladší doby bronzové v Hošticích (Kaupová – Nývltová Fišáková – Parma 2017). To může naznačovat existenci specifické, „dětské“ stravy, založené ve větší míře na konzumaci prosa. Specifické potravní chování nedospělé části populace je v zemědělských populacích minulosti sledováno relativně běžně (Tsutaya 2017). Potvrzení této teorie by však vyžadovalo širší studii založenou na intra-individuálním vzorkování stabilních izotopů u většího počtu jedinců.

#### 4.6. Konfrontace jednotlivých přístupů ke studiu stravy: výsledky izotopové analýzy ve vztahu k poznatkům analýzy bukálních mikroabrazí zubů

Pomocí analýzy obrazu na bukálním povrchu zubů byly při porovnání průměrných dat dospělých jedinců z mladší doby bronzové na Cezavách u Blučiny (viz Salaš et al. 2012a; 2012b) zjištěny výrazné rozdíly v složení i konzistenci stravy čtyř mužů z kumulace K7/90 (muž S11 nebyl analyzován z důvodu poškození skloviny zubu) a ostatních dospělých na Cezavách u Blučiny. Zkoumaní muži z kumulace K7/90 se živili velmi měkkou stravou konzistence husté polévky či řídké kaše (NT=56 až 84) s velmi dlouhými striemi na bukálním povrchu zubů (XT=177,9 až 207,9  $\mu\text{m}$ ), zatímco ostatní dospělí jedinci měli více abrazivní stravu s kratšími striemi (s průměrnými hodnotami NT=94,1; XT=152,8; obr. 7a). Podíl rostlinné a masité složky byl v těchto dvou skupinách rovněž odlišný: zatímco ostatní zkoumaní jedinci v lokalitě Cezavy měli smíšenou stravu s poměrně nízkým podílem masa, muži z K7/90 jedli v období posledních několika měsíců před smrtí stravu bohatou na maso, pouze jedinec S10 se živil smíšenou stravou. Metodou bukálních mikroabrazí nelze dokázat přítomnost konzumace prosa, avšak existují nepřímé indicie: u jedince S10 byl pozorován zvýšený počet zdvojených strií (viz šipky na obr. 4a in Salaš et al. 2012b), který indikuje přítomnost rostlinné stravy obsahující fytolity (mikroskopická tělíčka o průměrné velikosti 20  $\mu\text{m}$  s rozmezím 10–60  $\mu\text{m}$  vznikající hromaděním oxidu křemičitého



Obr. 7. Graf porovnání denzity mikrostriací (NT) a jejich průměrné délky (XT) (a) a poměru počtu horizontálních (NH) a vertikálních (NV) strií ku celkovému počtu všech analyzovaných strií (NT) (b) dospělých jedinců z Blučiny – Cezav (Late BA – velatická) ve srovnání s dalšími populacemi (populace jsou uvedeny v průměrných hodnotách, muži z kumulace K7/90 v absolutních číslech). Vysvětlivky: Neol\_LBK (LnK, moravská sídliště a pohřebiště Vedrovice, 55.–49. stol. BC, n=29; Jarošová et al. 2008; Jarošová 2008), Neol\_LgK (MMK moravská sídliště, 49.–37. stol. BC, n=11; Jarošová et al. 2008; Jarošová 2010; Trampota et al. 2012), Eneol\_BB\_Vyskov (KŠK, Hoštice 4, Ivanovice 4, Ivanovice 3/2 v okr. Vyškov, n=10; Kolář et al. 2012), Eneol\_BB\_Vyskov (KZP, Hoštice I v okr. Vyškov, n=40; Jarošová 2012a), Early BA Vyskov (staří doby bronzová, Drnovice, Hoštice 4, Ivanovice 3 v okr. Vyškov, n=9; Jarošová 2017), Late BA\_Cezavy Blucina (Velatice culture in Brno district, Brno-venkov, n=14, Salaš et al. 2012a,b), Early Medieval Breclav – Pohansko (jižní předhradí, v okr. Břeclav, 8.–10. stol. AD, n=33; Jarošová – Drozdová 2007), Early Medieval DVP (Dolní Věstonice Na Pískách v okr. Břeclav, konec 8. – pol. 11. stol. AD, n=60; Jarošová 2007a; 2007b; Jarošová 2012b).

Fig. 7. Bivariate plot comparing buccal microwear density (NT) and length (XT, in  $\mu\text{m}$ ) related to the dietary abrasiveness of various adult populations (over 15 years) analysed (a). Scatterplot of NH/NT index with respect to NV/NT index (b) for adult individuals from Blučina – Cezav (Late BA – velatická) in comparison to other studied populations (populations are presented in mean values and males from K7/90 in absolute values). Abbreviations: Neol\_LBK (Linear pottery in Moravian settlements, including Vedrovice cemetery, 55–49 century BC), Neol\_LgK (Lengyel culture in Moravian settlements, 49–37 century BC), Eneol\_BB\_Vyskov (Corded ware culture, Hoštice 4, Ivanovice 4, Ivanovice 3/2 in Vyškov district), Eneol\_BB\_Vyskov (Bell Beaker culture, Hoštice I in Vyškov district), Early BA Vyskov (Drnovice, Hoštice 4, Ivanovice 3 in Vyškov district), Late BA\_Cezavy Blucina (Velatice culture in Brno district), Early medieval Breclav – Pohansko (Southern Suburb of the Břeclav – Pohansko Stronghold, in Břeclav district, 8–10 century AD), Early Medieval DVP (Dolní Věstonice Na Pískách in Břeclav district, late 8th – mid. 11th century AD).

$/\text{SiO}_2/$  vně či uvnitř rostlinných buněk; viz Lalueza Fox – Pérez-Pérez – Juan 1994; Lalueza – Juan – Albert 1996). Nepřímý výskyt fytolitů ve formě dvou paralelních linií byl zaznamenán rovněž u dospělého muže S2 a dítěte S3 představujících ostatní zkoumané jedince z Cezav, což může být doklad konzumace obilí (resp. čeledi lipnicovitých či jiných čeledí rostlinného původu), popř. fragmentů fytolitů zanechávajících souběžné linie na povrchu skloviny zubů (detailněji Salaš et al. 2012b, str. 399–400).

Při porovnání těchto dvou skupin obyvatelstva na Cezavách u Blučiny s dalšími soubory lze konstatovat, že konzistence stravy jedinců z kumulace K7/90 se výrazně odlišovala od všech ostatních zkoumaných souborů zemědělských populací. Ostatní dospělí z Blučiny se živilí konzistencí stravy podobnou, jako měly populace z konce neolitu (MMK)



a z velkomoravské lokality Dolní Věstonice – Na Pískách. Podíl masa ve stravě dospělých mužů v kumulaci K7/90 byl poměrně vysoký (s výjimkou muže S10), srovnatelný s populacemi živícími se výhradně masem (viz *Lalueza – Pérez-Pérez – Turbón 1996*). Oproti tomu u ostatních jedinců z Blučiny (včetně muže S10) se maso v jídelníčku vyskytovalo pouze sporadicky, srovnatelné s podílem masa ve stravě u raných zemědělců na začátku neolitu či u obyvatelstva pohřbeného v lokalitě Dolní Věstonice – Na Pískách s doloženým intenzivním zemědělstvím zaměřeným na pěstování obilnin (*obr. 7b; Pouлік 1948–1950; Ungerman 2007; 2012*).

Poznatky analýzy dentálních mikroabrazí a analýzy stabilních izotopů jsou tak zdánlivě v rozporu, co se týče zastoupení živočišné složky potravy. Je však nutné si uvědomit, že oba typy analýz nás informují o stravě ve zcela jiném období života. V případě izotopové analýzy zuboviny M2 rekonstruujeme stravu v období ca 8–13 let života (*Massler – Schour – Poncher 1941*), zatímco dentální mikroabrazie reflektují charakter stravy ve zhruba posledních šesti měsících života (*Romero et al. 2012*). V případě konkrétních jedinců z Blučiny se tedy jedná o časové úseky, které od sebe dělilo 10 až 40 let. Ani původní izotopová data získaná z kosti (*Salaš et al. 2012a; 2012b*) ve světle porovnání se souborem fauny neukazují na vysoký podíl masa v dospělém věku, i zde však vzhledem k pomalé obnově kostní tkáně u dospělých jedinců (*Hedges et al. 2007*) sledujeme pomocí izotopů průměrný charakter stravy za několik posledních desetiletí života. Zajímavé v tomto kontextu je, že pomocí analýzy obrazu na bukálním povrchu zubů byl rozdíl ve stravování mezi dospělými a nedospělými zjištěn u naprosté většiny studovaných prehistorických a historických populací (např. *Jarošová 2012a; 2012b; 2017; Jarošová et al. 2008; Jarošová – Tvrđý 2017; Salaš et al. 2012b*).

Na základě výše zmíněných analogií a spojení výsledků dentálních mikroabrazí a analýzy stabilních izotopů se lze domnívat, že proso jako jedna z významných složek rostlinné stravy bylo v lokalitě Blučina – Cezavy v mladší době bronzové běžně konzumováno dětmi, a pravděpodobně i dospělými, ve formě úpravy pokrmu měkké konzistence. Forma kaše je přitom typickou úpravou prosa předpokládanou i v průběhu pravěku (*Salaš et al. 2012b, 407*). Ve finální fázi života muži z K7/90 konzumovali zřejmě oproti dalším jedincům z dané lokality více masa. Tento závěr však není možno potvrdit s pomocí izotopové analýzy, a to ani v případě budoucí úspěšné extrakce kolagenu z kosti. U dospělých jedinců vzhledem k pomalé obnově kostní tkáně (*Hedges et al. 2007*) totiž není možné sledovat takto krátké životní úseky.

## 5. Závěr

Doměření nových izotopových hodnot umožnilo opravu a zpřesnění rekonstrukce stravy pěti zkoumaných jedinců z kumulace lidských ostatků K7/90 v lokalitě Cezavy u Blučiny. Role živočišné složky v potravě byla patrně výrazně nižší, než se doposud předpokládalo. Konzumaci znatelného množství mořských ryb vylučují nízké hodnoty  $\delta^{34}\text{S}$ , ale i nízké hodnoty  $\delta^{15}\text{N}$  a jejich rozdíly oproti srovnávacímu souboru zvířat. Díky doměření hodnot  $\delta^{15}\text{N}$  v souboru zvířat je možné závěr o absenci mořských ryb vztáhnout i na data původní studie, vypovídající o odlišném životním období sledovaných jedinců.

Závěry z izotopových analýz doplňují výsledky analýz bukálních mikroabrazí zubů o širší kontext ve srovnání s dalšími prehistorickými populacemi a potvrzují odlišnost

složení stravy mužů z K7/90 ve finální fázi života oproti běžnému obyvatelstvu mladší doby bronzové na Blučině.

Tato studie je jednou z prvních prací, která kvantifikuje úlohu prosa setého v jídelníčku konkrétních jedinců z mladší doby bronzové, kdy proso tvořilo až 50 % přijaté potravy. Dosud detailněji nepublikované makrozbytkové analýzy archeobotanického materiálu z výzkumů na Cezavách u Blučiny po r. 1983 potvrzují, že podle počtu makrozbytků je v této lokalitě nejpočetnější obilninou proso (*Kočár – Kočárová 2011; Salaš et al. 2012b, 403–407*). Situace na Cezavách tak exemplárně verifikují obecně známou skutečnost, že proso se v DPP stává vedle pšenice dvojrznky nejhojnější pěstovanou plodinou v nížinných oblastech (např. *Berkovec – Kočár – Kočárová 2005; Hajnalová 2012, 75; Kočár – Dreslerová 2010, 210, 221; Šálková 2010*). Jednou z objektivních příčin tak obecného rozšíření pěstování prosa setého mohl být výrazně suchý a teplý klimatický výkyv v DPP (*Behringer 2010, 82–86; Bouzek 2005, 512, 516, obr. 21; Jäger – Ložek 1981; 1982; Ložek 1973; 305*), který se nepochybně promítl jak do sídelní struktury, tak do skladby pěstovaných zemědělských plodin. Této klimatické změně z agrotechnického hlediska nejlépe vzdorovalo právě proso, které je jednou z nejodolnějších obilnin, dobře snášející horko a sucho (*Hajnalová 2012, 80; Kočár – Dreslerová 2010, 210*).

Zvýšené hodnoty  $\delta^{15}\text{N}$  v souboru zvířat prezentovaném v této studii vybízí k analýze početnějších souborů fauny i rostlin z lokalit mladší doby bronzové, které by objasnily příčiny tohoto jevu a přispěly ke zpřesnění rekonstrukce klimatu či zemědělských praktik ve sledovaném období. Z hlediska lidí pak bude naopak nutné ověřit, zda jsou nízké hodnoty  $\delta^{15}\text{N}$ , a tedy nízký podíl živočišné složky ve stravě, důsledkem společenského postavení konkrétních jedinců z kumulace K7/90 (viz nerituální uložení ostatků s doklady postmortální manipulace s těly), nebo zda se jednalo o normu přinejmenším v té části populace, která byla vyňata z převažujícího žárového pohřebního ritu. Získaná data v porovnání s izotopovými výsledky předchozí studie i s výsledky analýzy dentálních mikroabrazí také naznačují, že důležitost prosa i živočišné složky ve stravě se mohla v průběhu života měnit, nicméně pro ověření této teorie je nutné sledovat vyšší počet jedinců analyzovaných pomocí totožné metodologie.

*Studie vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumných organizací Moravské zemské muzeum (DKRVO, MK 000094862) a Národního muzea (DKRVO 2019-2023/7.1.a, 00023272).*

## Literatura

- AlQahtani, S. J. – Hector, M. P. – Liversidge, H. M. 2010:* Brief communication: The London atlas of human tooth development and eruption. *American Journal of Physical Anthropology* 142, 481–490.
- Ambrose, S. H. 1991:* Effects of diet, climate and physiology on nitrogen isotope abundances in terrestrial foodwebs. *Journal of Archaeological Science* 18, 293–317.
- Ambrose, S. H. – Norr, L. 1993:* Experimental Evidence for the Relationship of the Carbon Isotope Ratios of Whole Diet and Dietary Protein to Those of Bone Collagen and Carbonate. In: J. B. Lambert – G. Grube eds., *Prehistoric Human Bone: Archaeology at the Molecular Level*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1–37.
- Behringer, W. 2010:* *Kulturní dějiny klimatu*. Praha – Litomyšl: Paseka.
- Berkovec, T. – Kočár, P. – Kočárová, R. 2005:* Archeobotanický výzkum na lokalitě Kroměříž, Újezd u svatého Františka. In: *Ročenka 2004*, Olomouc: Archeologické centrum Olomouc, 94–125.

- Bertrand, B. – Robbins Schug, G. – Polet, C. – Naji, S. – Colard, T. 2016: Age-at-death estimation of pathological individuals: A complementary approach using teeth cementum annulations. *International Journal of Paleopathology* 15, 120–127.
- Blondiaux, J. – Naji, S. – Audureau, E. – Colard, T. 2016: Cementochronology and sex: A reappraisal of sex-associated differences in survival in past French societies. *International Journal of Paleopathology* 15, 152–163.
- Bogaard, A. – Fraser, R. – Heaton, T. H. E. – Wallace, M. – Vaiglova, P. – Charles, M. – Jones, G. – Evershed, R. P. – Styring, A. K. – Andersen, N. H. – Arbogast, R.-M. – Bartosiewicz, L. – Gardeisen, A. – Kanstrup, M. – Maier, U. – Marinova, E. – Ninov, L. – Schäfer, M. – Stephan, E. 2013: Crop manuring and intensive land management by Europe's first farmers. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110, 12589–12594.
- Bocherens, H. 1992: Biogéochimie isotopique ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{18}\text{O}$ ) et paléontologie des vertébrés: applications à l'étude des réseaux trophiques révolus et des paléoenvironnements. Ms. dizertační práce, Université Paris VI.
- Bouzek, J. 2005: Klimatické změny ve středoevropském pravěku. *Archeologické rozhledy* 57, 493–528.
- Bouzek, J. 2010: Co asi znamenají pohřby na sídlišťích?. In: *Živá archeologie – Supplementum 3*, Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, 3–6.
- Brůžek, J. 2002: A method for Visual Determination of Sex, Using the Human Hip Bone. *American Journal of Physical Anthropology* 117, 157–168.
- Buikstra, J. E. – Ubelaker, D. eds. 1994: Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains. Missouri Archaeological Society. Proceedings of a Seminar at the Field Museum of Natural History. Arkansas Archaeological Survey Research Seminar Series No. 44. Fayetteville, Arkansas: Arkansas Archaeological Survey.
- Cerling, T. E. – Harris, J. M. – MacFadden, B. J. – Leakey, M. G. – Quade, J. – Eisenmann, V. – Ehleringer, J. R. 1997: Global vegetation change through the Miocene/Pliocene boundary. *Nature* 389, 153.
- Čihák, R. 1987: *Anatomie 1*. Praha: Avicenum.
- DeNiro, M. J. 1985: Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. *Nature* 317, 806–809.
- Dreslerová, D. – Kočár, P. 2013: Trends in cereal cultivation in the Czech Republic from the Neolithic to the Migration period (5500 BC – AD 580). *Vegetation History and Archaeobotany* 22, 257–268.
- Dufour, E. – Bocherens, H. – Mariotti, A. 1999: Palaeodietary Implications of Isotopic Variability in Eurasian Lacustrine Fish. *Journal of Archaeological Science* 26, 617–627.
- Fernandes, R. – Millard, A. R. – Brabec, M. – Nadeau, M. J. – Grootes, P. 2014: Food reconstruction using isotopic transferred signals (FRUITS): a Bayesian model for diet reconstruction. *PloS One* 9/2, e87436.
- Fiorentino, G. – Ferrio, J. P. – Bogaard, A. – Arais, J. L. – Riehl, S. 2015: Stable isotopes in archaeobotanical research. *Vegetation History and Archaeobotany* 24, 215–227.
- Fischer, A. – Olsen, J. – Richards, M. – Heinemeier, J. – Sveinbjörnsdóttir, Á. E. – Bennike, P. 2007: Coast-inland mobility and diet in the Danish Mesolithic and Neolithic: evidence from stable isotope values of humans and dogs. *Journal of Archaeological Science* 34, 2125–2150.
- Fraser, R. – Bogaard, A. – Schäfer, M. – Arbogast, R. – Heaton, T. H. 2013: Integrating botanical, faunal and human stable carbon and nitrogen isotope values to reconstruct land use and palaeodiet at LBK Vaihingen an der Enz, Baden-Württemberg. *World Archaeology* 45, 492–517.
- Fuller, B. T. – Fuller, J. L. – Harris, D. A. – Hedges, R. E. 2006: Detection of breastfeeding and weaning in modern human infants with carbon and nitrogen stable isotope ratios. *American Journal of Physical Anthropology* 129, 279–293.
- Fuller, B. T. – Mildner, G. – Van Neer, W. – Ervynck, A. – Richards, M. P. 2012: Carbon and nitrogen stable isotope ratio analysis of freshwater, brackish and marine fish from Belgian archaeological sites (1st and 2nd millennium AD). *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 27, 807–820.
- Galbany, J. – Martínez, L. M. – Pérez-Pérez, A. 2004: Tooth replication techniques, SEM imaging and micro-wear analysis in Primates: methodological obstacles. *Anthropologie* 42, 5–12.
- Goude, G. – Rey, L. – Toulemonde, F. – Cervel, M. – Rottier, S. 2017: Dietary changes and millet consumption in northern France at the end of Prehistory: evidence from archaeobotanical and stable isotope data. *Environmental Archaeology* 22, 268–282.
- Gupta, P. – Kaur, H. – Madhu Shankari, G. S. – Jawanda, M. K. – Sahi, N. 2014: Human age estimation from tooth cementum and dentin. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* 8/4, ZC07–ZC10.
- Hajnalová, M. 2012: *Archeobotanika doby bronzovej na Slovensku*. Nitra: Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, Filozofická fakulta.

- Hedges, R. – Clement, J. G. – David, C. – Thomas, L. – O'Connell, T. C. 2007: Collagen turnover in the adult femoral mid-shaft: modeled from anthropogenic radiocarbon tracer measurements. *American Journal of Physical Anthropology* 133, 808–816.
- Jarošová, I. 2007a: Paleonutriční studie z odontologických aspektů u staroslovanského obyvatelstva z Dolních Věstonic. Ms. dizertační práce, Přírodovědecká fakulta, Masarykova Univerzita, Brno.
- Jarošová, I. 2007b: Dental Buccal Microwear of Medieval Population from Dolní Věstonice, Czech Republic. *Anthropologie* XLV, 71–80.
- Jarošová, I. 2008: Dietary Inferences Using Buccal Microwear Analysis on the LBK Population from Vedrovice, Czech Republic. *Anthropologie* XLVI, 175–184.
- Jarošová, I. 2010: Dentice jedinců z Krumlovského lesa (MMK II). In: M. Oliva ed., *Pravěké hornictví v Krumlovském lese. Vznik a vývoj industriálně-sakrální krajiny na jižní Moravě*, Brno: Moravské zemské muzeum, 409–418.
- Jarošová, I. 2012a: Analýza obrazu mikroabrazí zubů u obyvatelstva z Hoštic I jako významný marker k rekonstrukci stravy. In: A. Matějčíková – P. Dvořák eds., *Pohřebiště z období zvoncovitých pohárů na trase dálnice D1 Vyškov – Modřice. Pravěk NŘ – Supplementum 24. Svazek I*, Brno: Ústav archeologické památkové péče, 533–542.
- Jarošová, I. 2012b: Rekonstrukce stravy pomocí bukálních mikroabrazí zubů u jedinců z dolnověstonické populace Na Pískách. In: I. Jarošová – M. Fojtová – Z. Tvrдый eds., *Antropologická analýza raně středověké populace z Dolních Věstonic – Na Pískách. Anthropos: Studies in Anthropology, Palaeoethnology, Palaeontology and Quaternary Geology* 34, N.S. 26, Brno: Moravské zemské muzeum, 106–120.
- Jarošová, I. 2017: Rekonstrukce složení stravy pomocí bukálních mikroabrazí zubů u jedinců z doby bronzové na Vyškovsku. In: D. Parma et al. eds., *Archeologie střední a mladší doby bronzové na Vyškovsku. Interpretací potenciál plošných záchranných výzkumů*, Brno: Ústav archeologické památkové péče, 315–330.
- Jarošová, I. – Dočkalová, M. – Fojtová, M. – Dreslerová, G. – Čiznár, Z. – Hajnalová, M. 2008: Rekonstrukce stravy neolitického obyvatelstva z moravských sídlišť podle mikroabrazí zubů. In: *Otázky neolitu a neolitu našich krajín 2007*, Nitra: Archeologický ústav SAV, 111–125.
- Jarošová, I. – Drozdová, E. 2007: Rekonstrukce stravy pomocí dentálních mikroabrazí u obyvatel z Pohanska – Jižního předhradí. In: *Ve službách archeologie 2/07*, Brno: Muzejní a vlastivědná společnost v Brně, 84–93.
- Jarošová, I. – Pérez-Pérez, A. – Dočkalová, M. – Drozdová, E. – Turbón, D. 2006: Buccal dental microwear as a dietary indicator in the Iron age human population from Son Real, Spain. *Anthropologie* 44, 139–150.
- Jarošová, I. – Tvrдый, Z. 2017: Diet and diversity of Early farmers in Neolithic period (LBK): Buccal dental microwear and stable isotopic analysis at Vedrovice (Czech Republic) and Nitra – Horne Krskany (Slovakia). *Anthropologie* 55, 353–384.
- Jäger, K.-D. – Ložek, V. 1981: Umweltbedingungen und Landesausbau während der Urnenfelderbronzezeit in Mitteleuropa. In: W. Coblentz – F. Horst Hrsg., *Mitteleuropäische Bronzezeit. Beiträge zur Archäologie und Geschichte*, Berlin: Akademie-Verlag, 211–229.
- Jäger, K.-D. – Ložek, V. 1982: Environmental conditions and land cultivation during the Urnfield Bronze Age in central Europe. In: A. Harding ed., *Climatic Change in Later Prehistory*, Edinburgh: Edinburgh University Press, 162–178.
- Jelínek, J. 1957: Anthropologie a pohřební ritus doby bronzové na podkladě nálezů z Moravy a z okolních zemí. *Časopis Moravského musea* 42, 85–130.
- Jelínek, J. 1988: Lidské oběti, antropofagie a studium rituálů bronzové a železné doby, současný stav. In: M. Dočkalová ed., *Antropofagie a pohřební ritus doby bronzové*, Brno: Čs. společnost antropologická při ČSAV, Moravské muzeum – Ústav Anthropos, 1–16.
- Kagerer, P. – Grupe, G. 2001: Age-at-death diagnosis and determination of life-history parameters by incremental lines in human dental cementum as an identification aid. *Forensic Science International* 118, 75–82.
- Kaupová, S. 2017: Bioarchaeology of the medieval population of Central Europe: relationships among health status, social context and nutrition. Ms. dizertační práce, Praha – Aix-en-Provence: Univerzita Karlova v Praze – Aix-Marseille University.
- Kaupová, S. – Herrscher, E. – Velemínský, P. – Cabut, S. – Poláček, L. – Brůžek, J. 2014: Urban and rural infant-feeding practices and health in early medieval Central Europe (9th–10th Century, Czech Republic). *American Journal of Physical Anthropology* 155, 635–51.

- Kaupová, S. – Nývtlová Fišáková, M. – Parma, D. 2017:* Analýza stabilních izotopů. In: D. Parma a kol., *Archeologie střední a mladší doby bronzové na Vyškovsku. Interpretační potenciál plošných záchranných výzkumů*, Brno: Ústav archeologické památkové péče, 330–340.
- Kaupová, S. – Velemínský, P. – Herrscher, E. – Sládek, V. – Macháček, J. – Poláček, L. – Brůžek, J. 2018:* Diet in transitory society: isotopic analysis of medieval population of Central Europe (ninth–eleventh century AD, Czech Republic). *Archaeological and Anthropological Sciences* 10, 923–942.
- Kaupová, S. – Velemínský, P. – Stránská, P. – Bravermanová, M. – Frolíková, D. – Tomková, K. – Frolík, J. 2019:* Dukes, elites, and commoners: dietary reconstruction of the early medieval population of Bohemia (9th–11th Century AD, Czech Republic). *Archaeological and Anthropological Sciences* 11, 1887–1909.
- Knipper, C. – Fragata, M. – Nicklisch, N. – Siebert, A. – Szécsényi-Nagy, A. – Hubensack, V. – Metzner-Nebelsick, C. – Meller, H. – Alt, K. W. 2016a:* A distinct section of the early bronze age society? Stable isotope investigations of burials in settlement pits and multiple inhumations of the Únětice culture in central Germany. *American Journal of Physical Anthropology* 159, 496–516.
- Knipper, C. – Held, P. – Fecher, M. – Nicklisch, N. – Meyer, C. – Schreiber, H. – Zich, B. – Metzner-Nebelsick, C. – Hubensack, V. – Hansen, L. 2015:* Superior in life – superior in death: dietary distinction of central European prehistoric and medieval elites. *Current Anthropology* 56, 579–589.
- Knipper, C. – Pichler, S. L. – Rissanen, H. – Stopp, B. – Kühn, M. – Spichtig, N. – Röder, B. – Schibler, J. – Las-sau, G. – Alt, K. W. 2016b:* What is on the menu in a Celtic town? Iron Age diet reconstructed at Basel-Gasfabrik, Switzerland. *Archaeological and Anthropological Sciences* 9, 1307–1326.
- Kočár, P. – Dreslerová, D. 2010:* Archeobotanické nálezy pěstovaných rostlin v pravěku České republiky. *Památky archeologické* 101, 203–242.
- Kočár, P. – Kočárová, R. 2011:* Blučina trať „Cezavy“. Závěrečná zpráva o provedených archeobotanických analýzách. Ms. depon. in *Archeologický ústav MZM, Brno*.
- Kolář, J. – Jarošová, I. – Dreslerová, G. – Drozdová, E. – Dobíšková, M. 2012:* Food strategies in Central Moravia (Czech Republic) during Final Eneolithic – a case study of Corded Ware culture. *Archeologické rozhledy* 64, 237–264.
- Konvalina, P. – Moudrý, J. – Dotlačil, L. – Stehno, Z. – Moudrý, J. 2010:* Drought tolerance of land races of emmer wheat in comparison to soft wheat. *Cereal Research Communications* 38, 429–439.
- Lalueza, C. – Juan, J. – Albert, R. M. 1996:* Phytolith analysis on dental calculus, enamel surface, and burial soil: information about diet and paleoenvironment. *American Journal of Physical Anthropology* 101, 101–113.
- Lalueza, C. – Pérez-Pérez, A. – Turbón, D. 1993:* Microscopic study of the Banyoles mandible (Girona, Spain): diet, cultural activity and toothpick use. *Journal of Human Evolution* 24, 281–300.
- Lalueza, C. – Pérez-Pérez, A. – Turbón, D. 1996:* Dietary inferences through buccal microwear analysis of Middle and Upper Pleistocene human fossils. *American Journal of Physical Anthropology* 100, 367–387.
- Lalueza, Fox C. – Pérez-Pérez, A. 1993:* The diet of the Neanderthal Child Gibraltar 2 (Devil's Tower) through the study of the vestibular striation pattern. *Journal of Human Evolution* 24, 29–41.
- Lalueza, Fox C. – Pérez-Pérez, A. – Juan, J. 1994:* Dietary Information through the Examination of Plant Phytoliths on the Enamel Surface of Human Dentition. *Journal of Archaeological Science* 21, 29–34.
- Le Huray, J. D. – Schutkowski, H. 2005:* Diet and social status during the La Tene period in Bohemia: carbon and nitrogen stable isotope analysis of bone collagen from Kutná Hora-Karlov and Radovesice. *Journal of Anthropological Archaeology* 24, 135–147.
- Lee Thorp, J. A. 2008:* On isotopes and old bones. *Archaeometry* 50, 925–950.
- Longin, R. 1971:* New method of collagen extraction for radiocarbon dating. *Nature* 230, 241–242.
- Lovejoy, C. O. 1985:* Dental wear in the Libben Population: Its Pattern and Role in the Determination of adult skeletal Age at Death. *American Journal of Physical Anthropology* 99, 47–56.
- Ložek, V. 1973:* Příroda ve čtvrtohorách. Praha: Academia.
- Martínez, L. M. – Pérez-Pérez, A. 2004:* Post-mortem wear as indicator of taphonomic processes affecting enamel surfaces of Hominin teeth from Laetoli and Olduvai (Tanzania): implications to dietary interpretations. *Anthropologie* 42, 37–42.
- Massler, M. – Schour, I. – Poncher, H. 1941:* Developmental pattern of the child as reflected in the calcification pattern of the teeth. *American Journal of Diseases of Children* 62, 33–67.
- Meindl, R. S. – Lovejoy, C. O. 1985:* Ectocranial Suture closure: A Revised Method for the Determination of skeletal age at Death Based on the Lateral-anterior Sutures. *American Journal of Physical Anthropology* 68, 57–66.

- Meindl, R. S. – Lovejoy, C. O. 1989: Age Changes in the Pelvis: Implications for Paleodemography. In: M. Y. Iscan ed., *Age Markers in the Human Skeleton*, Springfield, Illinois: Charles C. Thomas, 137–168.
- Murail, P. – Bruzek, J. – Houët, F. – Cunha, E. 2005: DSP: A tool for probabilistic sex diagnosis using worldwide variability in hip-bone measurements. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 17/3–4, 167–176.
- Naji, S. – Colard, T. – Blondiaux, J. – Bertrand, B. – d'Incau, E. – Bocquet-Appel, J.-P. 2016: Cementochronology, to cut or not to cut?. *International Journal of Paleopathology* 15, 113–119.
- Nardoto, G. B. – Silva, S. – Kendall, C. – Ehleringer, J. R. – Chesson, L. A. – Ferraz, E. S. – Moreira, M. Z. – Ometto, J. P. – Martinelli, L. A. 2006: Geographical patterns of human diet derived from stable isotope analysis of fingernails. *American Journal of Physical Anthropology* 131, 137–146.
- Nehlich, O. 2015: The application of sulphur isotope analyses in archaeological research: a review. *Earth-Science Reviews* 142, 1–17.
- Nehlich, O. – Fuller, B. T. – Jay, M. – Mora, A. – Nicholson, R. A. – Smith, C. I. – Richards, M. P. 2011: Application of sulphur isotope ratios to examine weaning patterns and freshwater fish consumption in Roman Oxfordshire, UK. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 75, 4963–4977.
- Nehlich, O. – Fuller, B. T. – Márquez Grant, N. – Richards, M. P. 2012: Investigation of diachronic dietary patterns on the islands of Ibiza and Formentera, Spain: evidence from sulfur stable isotope ratio analysis. *American Journal of Physical Anthropology* 149, 115–124.
- Nehlich, O. – Richards, M. P. 2009: Establishing collagen quality criteria for sulphur isotope analysis of archaeological bone collagen. *Archaeological and Anthropological Sciences* 1, 59–75.
- Novotný, V. 1979: Nové hodnocení sulcus preauricularis jako nejhodnotnějšího morfoskopického znaku pánevní kosti k rozlišení pohlaví. *Scripta medica* 52, 500–502.
- Novotný, V. 1981: Pohlavní rozdíly a identifikace pohlaví panevní kosti. Ms. dizertační práce, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Brno.
- Novotný, V. 1985: Determination of sex from the talus and calcaneus. *Scripta medica* 58, 437.
- Novotný, V. 1986: Sex determination of the Pelvic Bone: a systems approach. *Anthropologie* 24, 197–206.
- Nriagu, J. – Rees, C. – Mekhtiyeva, V. – Lein, A. Y. – Fritz, P. – Drinnie, R. – Pankina, R. – Robinson, R. – Krouse, H. 1991: Hydrosphere. In: H. R. Krouse – V. A. Grinenko eds., *Stable isotopes: Natural and anthropogenic sulphur in the environment*, Chichester: Wiley, 177–266.
- Parma, D. a kol. 2017: Archeologie střední a mladší doby bronzové na Vyškovsku. Brno: Ústav archeologické památkové péče.
- Parma, D. – Stuchlík, S. 2017: Kostrové hroby z doby popelnicových polí na Moravě. *Slovenská archeológia* 65, 207–236.
- Parnell, A. C. – Inger, R. – Bearhop, S. – Jackson, A. L. 2010: Source partitioning using stable isotopes: coping with too much variation. *PLoS One* 5/3, e9672.
- Pérez-Pérez, A. – Bermúdez De Castro, J. M. – Arsuaga, J. L. 1999: Non-occlusal dental microwear analysis of 300,000-year-old Homo heidelbergensis Teeth from Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca, Spain). *American Journal of Physical Anthropology* 108, 433–457.
- Pérez-Pérez, A. – Espurz, V. – Bermúdez de Castro, J. M. – de Lumley, M. A. – Turbón, D. 2003: Non-occlusal dental microwear variability in a sample of Middle and Late Pleistocene human populations from Europe and the Near East. *Journal of Human Evolution* 44, 497–513.
- Pérez-Pérez, A. – Lalueza, C. – Turbón, D. 1994: Intraindividual and intragroup variability of buccal tooth striation pattern. *American Journal of Physical Anthropology* 94, 175–187.
- Pestle, W. J. – Torres-Rouff, C. – Hubbe, M. 2016: Modeling diet in times of change: The case of Quitor, San Pedro de Atacama, Chile. *Journal of Archaeological Science: Reports* 7, 82–93.
- Phenice, T. W. 1969: A Newly Developed Visual Method of Sexing the Os Pubis. *American Journal of Physical Anthropology* 30, 297–302.
- Poullík, J. 1948–1950: Jižní Morava – země dávných Slovanů. Brno: Studijní a plánovací ústav v Brně.
- Privat, K. L. – O'Connell, T. C. – Hedges, R. E. 2007: The distinction between freshwater-and terrestrial-based diets: methodological concerns and archaeological applications of sulphur stable isotope analysis. *Journal of Archaeological Science* 34, 1197–1204.
- Reitsema, L. J. – Crews, D. E. – Polcyn, M. 2010: Preliminary evidence for medieval Polish diet from carbon and nitrogen stable isotopes. *Journal of Archaeological Science* 37, 1413–1423.
- Reitsema, L. J. – Kozłowski, T. – Makowiecki, D. 2013: Human–environment interactions in medieval Poland: a perspective from the analysis of faunal stable isotope ratios. *Journal of Archaeological Science* 40, 3636–3646.

- Romero, A. – De Juan, J. 2007: Intra- and interpopulation human buccal tooth surface microwear analysis: inferences about diet and formation processes. *Anthropologie* 45, 61–70.
- Romero, A. – Galbany, J. – De Juan, J. – Pérez-Pérez, A. 2012: Brief Communication: Short- and Long-Term In Vivo Human Buccal-Dental Microwear Turnover. *American Journal of Physical Anthropology* 148, 467–472.
- Romero, A. – Martínez-Ruiz, N. – De Juan, J. 2004: Non-occlusal dental microwear in a Bronze Age human sample from East Spain. *Anthropologie* 42, 65–70.
- Rulf, J. 1996: Problematika pohřbů na sídlišťích v českomoravském pravěku. *Študijné zvesti* 32, 115–124.
- Salamon, M. – Coppa, A. – McCormick, M. – Rubini, M. – Vargiu, R. – Tuross, N. 2008: The consilience of historical and isotopic approaches in reconstructing the medieval Mediterranean diet. *Journal of Archaeological Science* 35, 1667–1672.
- Salaš, M. 1988: Poznámky k interpretaci lidských kosterných pozůstatků velatického osídlení na Cezavách u Blučiny. In: M. Dočkalová ed., *Antropofagie a pohřební rítus doby bronzové*, Brno: Čs. společnost antropologická při ČSAV, Moravské muzeum – Ústav Anthropos, 189–200.
- Salaš, M. 1989: Der gegenwärtige Forschungsstand der Untersuchungen auf der jungbronzezeitlichen Höhenfundstelle Cezavy bei Blučina. In: *Studia nad gradami epoki brązu i wczesnej epoki żelaza w Europie środkowej*, Wrocław etc.: Zakład Narodowy imienia Ossolińskich – Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, 113–130.
- Salaš, M. 1990: To the problem of human skeletal remains from the Late Bronze Age in Cezavy near Blučina. *Anthropologie* 28, 221–229.
- Salaš, M. 2015: Specifika nálezových situací velatického horizontu na Cezavách u Blučiny. In: O. Ožďání ed., *Popolnicové polia a doba halštatská*, Nitra: Archeologický ústav SAV, 223–233.
- Salaš, M. – Dočkalová, M. – Horáčková, L. – Jarošová, I. – Nedbalová, J. – Nývltová Fišáková, M. – Petřík, J. – Roblíčková, M. – Vargová, L. 2012a: Mladobronzová kumulace lidských skeletů na Cezavách u Blučiny (okr. Brno-venkov) a její environmentální kontext. *Památky archeologické* 103, 173–231.
- Salaš, M. – Jarošová, I. – Kočár, P. – Nývltová Fišáková, M. – Roblíčková, M. 2012b: Potravní zdroje obyvatelstva mladší doby bronzové na Cezavách u Blučiny: analýzy bioarcheologických pramenů. *Archeologické rozhledy* 64, 391–442.
- Sedláčková, H. – Slabina, M. 1984: Nálezy únětické kultury ze Starého Vestce, okres Nymburk. *Časopis Národního musea – řada historická* 153, 149–164.
- Schoeninger, M. J. – DeNiro, M. J. 1984: Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48, 625–639.
- Smrčka, V. – Velemínský, P. – Bůžek, F. – Zocová, J. 2008: Stable C, N isotopes in human skeletal material from the Great Moravian burial site at Mikulčice-Kostelisko. In: P. Velemínský – L. Poláček Hrgs., *Anthropological and epidemiological characterization of Great-Moravian population in connection with social and economic structure*, Studien zum Burgwall von Mikulčice VIII, Brno: Archeologický ústav AV ČR, 169–176.
- Šálková, T. 2010: Analýza rostlinných makrozbytků z objektů sídliště mladší doby bronzové v Břežnici, okr. Tábor (sezóna 2006). In: V. Furmánek – E. Miroššayová eds., *Popolnicové polia a doba halštatská*, Nitra: Archeologický ústav SAV, 308–316.
- Šmerda, J. 2009: Nálezy lidských pozůstatků na sídlišťích únětické kultury v Dambořicích a Žarošicích. *Pravěk NŘ* 18, 199–240.
- Teschler-Nicola, M. 1992: Sexualdimorphismus der Zahnkronendurchmesser. Ein Beitrag zur Geschlechtsdiagnose subadulter Individuen anhand des frühbronzezeitlichen Graberfeldes von Franzhausen I, Niederösterreich. *Anthropologischer Anzeiger* 50, 1–2, 27–49.
- Tihelka, K. 1969: Velatice culture burials at Blučina. *Fontes Archaeologici Pragenses* 13. Praha: Museum Nationale Pragae.
- Trampota, F. – Jarošová, I. – Nývltová-Fišáková, M. – Přichystal, A. 2012: Lengyelská kultura ve Střelické kotlině. *Študijné zvesti Archeologického ústavu SAV Nitra* 51, 89–174.
- Tsutaya, T. 2017: Post-weaning diet in archaeological human populations: A meta-analysis of carbon and nitrogen stable isotope ratios of child skeletons. *American Journal of Physical Anthropology* 164, 546–557.
- Ungermaň, Š. 2007: Raně středověké pohřebiště v Dolních Věstonicích – Na Pískách. Ms. dizertační práce, Filozofická fakulta, Masarykova univerzita, Brno.
- Ungermaň, Š. 2012: Archeologický výzkum pohřebiště v Dolních Věstonicích – Na Pískách. In: I. Jarošová – M. Fojtová – Z. Tvrdý eds., *Antropologická analýza raně středověké populace z Dolních Věstonic – Na Pískách*, Brno: Moravské zemské muzeum, 11–20.

- Van Klinken, G. J. 1999: Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements. *Journal of Archaeological Science* 26, 687–695.
- Van Klinken, G. J. – Richards, M. P. – Hedges, R. E. M. 2002: An overview of causes for stable isotopic variations in past European human populations: environmental, ecophysiological, and cultural effects. In: S. H. Ambrose – M. A. Katzenberg eds., *Biogeochemical approaches to paleodietary analysis*, Berlin: Springer, 39–63.
- Varalli, A. – Moggi-Cecchi, J. – Dori, I. – Boccone, S. – Bortoluzzi, S. – Salzani, P. – Tafuri, M. A. 2016a: Dietary continuity vs. discontinuity in Bronze Age Italy. The isotopic evidence from Arano di Cellore (Illasi, Verona, Italy). *Journal of Archaeological Science: Reports* 7, 104–113.
- Varalli, A. – Moggi Cecchi, J. – Moroni, A. – Goude, G. 2016b: Dietary variability during Bronze Age in central Italy: first results. *International Journal of Osteoarchaeology* 26, 431–446.
- Vyhnaněk, L. – Stloukal, M. 1971: Arthrósa, spondylósa a jejich význam pro určování věku. In: E. Vlček ed., *Symposium o určování staří a pohlaví jedince na základě studia kostry*, Praha: Národní muzeum, 150–159.
- Wittwer-Backofen, U. – Gampe, J. – Vaupel, J. W. 2004: Tooth cementum annulation for age estimation: Results from a large known-age validation study. *American Journal of Physical Anthropology* 123, 119–129.
- Zavodny, E. – Culleton, B. J. – McClure, S. B. – Kennett, D. J. – Balen, J. 2017: Minimizing risk on the margins: Insights on Iron Age agriculture from stable isotope analyses in central Croatia. *Journal of Anthropological Archaeology* 48, 250–261.

## New findings about the diet of males from the Late Bronze Age accumulation of human skeletons K7/90 from Cezavy near Blučina, south Moravia

This paper follows up previous dietary reconstruction performed on five adult males from the Late Bronze Age site Cezavy near Blučina. Previous results suggested the important role of animal protein in the diet including notable amounts of marine fish (Salaš *et al.* 2012b). In this study, we refine the dietary reconstruction in three ways. Firstly, a comparative sample of faunal bones was analyzed, giving the first isotopic results of LBA fauna from the Czech context. Secondly, sulphur isotopic values ( $\delta^{34}\text{S}$ ) were measured as an important indicator of marine food sources (for review see, e.g., Nehlich 2015). And finally, the Bayesian software package FRUITS (Fernandes *et al.* 2014) was employed. This approach enables us to enrich the isotopic data analysis beyond the simple interpretation of  $\delta^{13}\text{C}/\delta^{15}\text{N}$  biplots by estimating the dietary contribution of isotopically distinct dietary groups, such as C3 plants, C4 plants (i.e. millet in the Czech context), milk and meat of terrestrial animals and freshwater or marine fish (Fernandes *et al.* 2014).

As part of the critical review of previously collected anthropological data, which has preceded the actual isotopic analysis, age estimation was also re-assessed using the tooth cementum annulations (TCA) as formerly estimated age-at-death was based only on macroscopic observations of biological age of the five male individuals (S9 40–55 yrs, S10 35–45 yrs, S11 19–22 yrs, S12 20–30 yrs, S13 26–29 yrs (Salaš *et al.* 2012a). Premolars from the three individuals with the best preserved dental cement (S11, S12 and S13) were sampled, of which two yielded results (*tab. 1*). The calculated age at death is  $19.5 \pm 5$  and  $23.1 \pm 5$  (depending at the method of counting) for the individual Blučina S11, who probably died between 14.5 and 28.1 years of age. Blučina S12 appears to be a slightly older individual, with TCA ages of  $36.5 \pm 5$  and  $35.8 \pm 5$  respectively (*fig. 2*). The individual was 30.8 to 41.5 years old when s/he died. By combining methods for biological and chronological age estimation, we consider the age-at-death of an individual S11 to be 19–23 years old and a man S12 to be 34–39 years old. We noticed that macroscopic methods have underestimated by at least 6 years the age-at-death in male S12, to whom we originally assigned the age group 20–30 years.

Bone and tooth (root of the second permanent molar) was sampled from each of the five individuals buried in the accumulation of human skeletons K7/90. As a comparative sample, five animal bones from the same site were sampled. Collagen extraction proceeded according to the Longin (1971)



method, modified by *Bocherens (1992)*. Elemental analyses were performed using a Europa Scientific EA elemental analyzer connected to a Europa Scientific 20–20 IRMS for carbon and nitrogen isotopes analysis at Iso-Analytical Limited, Crewe (UK). The uncertainty of isotopic measurements calculated on different standard replicates was less than 0,1‰ (1SD) for both nitrogen and carbon and 0,2‰ for sulphur. Regrettably, due to the aggressive burial environment (*Salaš et al. 2012a*) all the samples of human bone, one sample of human tooth and one faunal sample showed poor collagen preservation with the collagen yield below 1 % (*Van Klinken 1999*) and were thus not further analyzed. Four samples of human dentine and four samples of fauna provided a sufficient collagen yield and met the criteria for good collagen preservation (*DeNiro 1985; Nehlich – Richards 2009; Van Klinken 1999; tabs. 2 and 3*).

Isotopic values of terrestrial animals (*tab. 2, fig. 3*) are typical for a terrestrial C3 – plant environment. While  $\delta^{13}\text{C}$  values are comparable with other archaeological sites from the area of today's Czech Republic,  $\delta^{15}\text{N}$  values are the highest from all the studied sites (*tab. 4*). It is beyond the scope of this paper to explore more the underlying causes of this isotopic pattern, which may be linked to climatic and/or anthropogenic factors (*Ambrose 1991; Reitsema – Kozłowski – Makowiecki 2013*), but for sure, the observed faunal isotopic pattern has impact at the interpretation of human data, as it suggest the previously announced importance of animal protein to be overestimated.

Human stable carbon and nitrogen isotopic values and human-faunal offsets (isotopic difference between human value and the average of domesticated fauna) showed that the studied individuals had a terrestrial diet with significant proportions of C4 plants (*tabs. 3 and 5*). A notable role of marine products could be excluded due to relatively low nitrogen isotopic values and human-faunal offsets. This finding is confirmed by the sulphur isotopic values (*fig. 4*), which are typical for inland regions and comparable with other data from the Czech context (*Kaupová 2017; Kaupová – Nývltová Fišáková – Parma 2017; Nehlich et al. 2012*).

To quantify the dietary inputs of isotopically distinct subgroups two different model estimates are generated: Using  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{34}\text{S}$  in collagen as dietary proxies, both C3 and C4 plants (i.e. millet) as well as terrestrial animals and marine fish were considered as dietary sources in the Model 1. As the notable consumption of marine fish was only one theoretical explanation of previously published isotopic data (*Salaš et al. 2012b*), without any support in the archaeozoological material from Czech LBA contexts, also an alternative Model 2 was created, working only with dietary resources clearly present in local archaeobotanical and archaeozoological assemblages (*Salaš et al. 2012b*): i.e. C3 plants, C4 plants, terrestrial animals and freshwater fish. To define the isotopic composition of terrestrial animals, we used the animal data measured in this study and other Czech Bronze Age sites (*Kaupová – Nývltová Fišáková – Parma 2017*). The isotopic composition of freshwater fish and plants was estimated, using the published data from the central European context: for freshwater fish see *Kaupová et al. (2018; 2019); Reitsema – Crews – Polcyn (2010)* and *Reitsema – Kozłowski – Makowiecki (2013)*, for plants see *Bogaard et al. (2013); Cerling et al. (1997); Knipper et al. (2016b); Konvalina et al. (2010)* and *Zavadny et al. (2017)*. For marine fish, data published in studies specialized in this issue were used (*Fuller et al. 2012; Nehlich et al. 2012*). For further model parameters see *Kaupová et al. (2019)*.

The results of quantitative diet reconstruction confirm the findings based on the interpretation of the  $\delta^{13}\text{C}/\delta^{15}\text{N}$  biplot. Model 1 excludes the possibility of a notable consumption of marine fish (*fig. 5*). According Model 2, the diet of all four individuals was predominantly plant-based, with animal products representing less than 20 % of the dietary input. With the exception of S9, millet played an important role in the diet of all three remaining individuals, with its dietary contribution being as high as 50 % in S10 and S12 (*fig. 6*).

Though the human data from this study reflects the diet during childhood (i.e. between 8–13 years of age), the conclusions about the absence of marine fish and the major role of plants in the diet are also valid also for the previously published data from bone, reflecting the adult diet. It is due to the new comparison with faunal data, which suggest substantial limitation in the access to animal protein. Nevertheless, this study opens several new issues, concerning the role of climate and/or agricultural practices in the isotopic pattern of LBA fauna, potentially challenging the role of millet in the diet

during the lifetime of LBA people, or the reasons for the limited access to animal products observed in Blučina individuals. To explore these issues more, further research is needed including isotopic analysis of bigger datasets of LBA humans, animals and plants.

The results of stable isotope analysis were accompanied by the analysis of dental microwear, reflecting the composition and consistency of consumed foods during last months of life. Comparison of the average data of adults from Blučina – Cezavy (see *Salaš et al. 2012a; 2012b*) revealed significant differences in the diet of four males from the K7/90 cumulative study (male S11 was not possible analyzed due to postmortal enamel damage) and other adult individuals dated to the Late Bronze Age in terms food of composition and its consistency. Examined K7/90 males ate a very soft diet consisted of some substance or mixture resembling a soup in appearance or consistency (NT = 56 to 84) causing very long striations on the buccal surface of the teeth (XT = 177.9 to 207.9  $\mu\text{m}$ ), while the other adults in Blučina had more abrasive diet with shorter striations (with mean NT values NT = 94.1, XT = 152.8; *fig. 7a*). The proportion of the plant and meat ingredients was also different in these two groups – while the common adult population had a mixed diet with a relatively low proportion of meat, the majority of K7/90 males had a meat-rich diet only S10 had a mixed diet in the last few months before death, which is the period covered by buccal microwear analysis.

When comparing the composition of dietary consistency in these two groups of Blučina population with other samples it can be concluded that meal consistency of Blučina individuals from K7/90 was significantly different from all the other populations examined, while other Blučina adults ate a meals of similar consistency to that of Late Neolithic populations (LgK) and the early medieval rural site Dolní Věstonice – Na Pískách (end of the 8th century – the middle of the 11th century, *Poulik 1948–1950; Ungerman 2007; 2012; fig. 7b*). These results are seemingly in conflict with the conclusions of isotopic analysis, which stress relatively low proportion of animal products. However, it has to be kept in mind, that these analyses reconstruct human diet in a different life periods. While isotopic analysis of tooth dentin recovers the dietary signal from childhood, isotopic analysis of bone carries the long-term dietary signal from several decades of individuals adult life, and finally dental microwear analysis brings the information about “the last supper” of the concern individuals (*Hedges et al. 2007; Massler – Schour – Poncher 1941; Romero et al. 2012*). The results of both analyses are thus not comparable but rather complementary.

SYLVA DRTIKOLOVÁ KAUPOVÁ, *Antropologické oddělení, Národní muzeum, Václavské náměstí 68, 115 79 Praha 1*  
sylvka\_kaupova@nm.cz

IVANA JAROŠOVÁ, *ivanajar@gmail.com*

FABIAN KANZ, *Unit of Forensic Anthropology, Medical University of Vienna, Center for Forensic Medicine, Sensengasse 2, A-1090 Wien; fabian.kanz@meduniwien.ac.at*

KATHARINA REBAY-SALISBURY, *Institute for Oriental and European Archaeology, Austrian Academy of Sciences, Hollandstraße 11–13, A-1020 Wien; katharina.rebay-salisbury@oeaw.ac.at*

BARBARA RENDL, *Institute for Oriental and European Archaeology, Austrian Academy of Sciences, Hollandstraße 11–13, A-1020 Wien; barbara.rendl@gmail.com*

MILAN SALAŠ, *Archeologický ústav, Moravské zemské muzeum, Zelný trh 6, CZ-659 37 Brno; msalas@mzm.cz*