

RESEARCH ARTICLE – VÝZKUMNÝ ČLÁNEK

Cementochronologie v archeozoologii: Přiblížení věku a sezóny lovu zvěře z raně středověkého hradiště Na Jánu v Netolicích prostřednictvím analýzy zubního cementu

Cementochronology in archaeozoology: Exploring the age
and hunting season of game from the early medieval hillfort
Na Jánu in Netolice through dental cementum analysis

Kateřina Pořádková – Lenka Kovačiková

*Cementochronologie zaměřená na analýzu přírůstků acelulárního cementu v zubech lovených savců dovo-
luje relativně přesně zhodnotit jejich stáří a stanovit období v roce, kdy byli uloveni. Obě informace mohou
přiblížit využívání přírodních zdrojů živočišného původu a načasování jejich dostupnosti nebo dovolují
pochopit sezónní dynamiku aktivit tehdejších společností spojených s konkrétními místy. Studie nejprve
představuje výsledky ověření metody cementochronologie na referenčním materiálu, tj. na zubech recentních
jelenů lesních (*Cervus elaphus*), srnců obecných (*Capreolus capreolus*) a prasat divokých (*Sus scrofa*),
kteří dlouhodobě patří mezi nejčastěji lovenou zvěř ve střední Evropě. Následně přináší výsledky aplikace
metody na vybrané nálezy týchž druhů zvířat z raně středověkého hradiště Na Jánu v jihočeských Netolicích.*

cementochronologie – zubní cement – zvířata – sezonalita – lov – archeozoologie

*Cementochronology, which is focused on the analysis of acellular cement growths in the teeth of hunted
mammals, allows assessing their age and determining the period in the year when they were caught rela-
tively accurately. Both information can approximate the use of natural resources of animal origin and
the timing of their availability or allow us to understand the seasonal dynamics of the activities of the past
societies associated with specific places. The study first presents the results of verification of cemento-
chronology on reference material, i.e., the teeth of recent red deer (*Cervus elaphus*), roe deer (*Capreolus
capreolus*), and wild boar (*Sus scrofa*), which belong among the most common hunted game in Central
Europe over a long period. Subsequently, the study brings results of the method being applied to selected
finds of the same animal species from the early medieval hillfort Na Jánu in Netolice, located in South
Bohemia.*

cementochronology – dental cement – animals – seasonality – hunting – archaeozoology

Úvod

Studium známek růstu na zubech dovo-
luje stanovit věk a přiblížit životní historii daného
jedince (Mitchell 1963; 1967; Klevezal 1996; Azorit et al. 2002). Stanovením věku volně
žijících savců v době jejich smrti a období v roce, kdy k ní došlo, se zabývá cemento-
chronologie (Tooth Cementum Annulations – TCA; např. Naji et al. 2015; 2016). Ta spadá do
širší rodiny skeletochronologických či sklerochronologických metod, jež se věnují studiu
struktur nebo růstových markerů (growth marks) uchovaných v mineralizovaných tkáních
obratlovců. Ty vznikají v průběhu života jedinců jako fyziologická odezva na působení

vnějšího prostředí, např. na změny nutričních vlastností krmiva v různých ročních obdobích, kvalitu a tvrdost potravy, fotoperiodicitu, klimatické podmínky nebo reprodukční aktivitu jedince (Lieberman 1994). Příkladem jedné ze studovaných struktur je zubní cement, jehož růst je u savců ovlivněn ročním rytmem. Analýza cementu má potenciál přímého a věrohodného posouzení biologického věku, neboť zubní cement se vytváří nepřetržitě po celý život jedince, zřídka podléhá remodelaci či resorpci a je relativně stabilní vůči postmortalním změnám (Wittwer-Backofen 2012; Naji et al. 2016). Nejen biologové, ale i další badatelé, kteří se zaměřují na studium divoké fauny, pracují s mikroskopickými růstovými vrstvami cementu zubů uhynulých nebo usmrcených zvířat a data o jejich věku a době ulovení jim poskytují alespoň hrubou představu o demografickém složení populací.

Detaillní pozorování a posuzování jednotlivých struktur zubu umožnil rozvoj zobrazovacích technik (Buikstra 2022). První snahy o poznání zubního cementu sice spadaly do 17. až 19. století, ale byly zatíženy jeho častými záměnami za kost. Až vývoj mikroskopie a zlepšování histologických postupů vyústily v roce 1830 v první identifikaci nebuněčného a buněčného cementu (včetně cementocytů) a stáli za ní J. E. Purkyně, M. Fränkel a A. A. Retzius (Foster 2017). Magitot (1878) a Black (1887) ve druhé polovině 19. století poukázali na korelaci mezi tloušťkou cementu a věkem člověka, což následně potvrdili i další autoři (např. Kronfeld 1938; Gottlieb 1943). Vztah mezi počtem vrstev cementu a stářím jedince byl studován jak na zubech lidí známého věku shromážděných při stomatologických zákrocích (Stott et al. 1982), tak na zubech jiných druhů savců, a to bez ohledu na zeměpisnou šířku jejich výskytu, typ dentice (brachyodontní, hypselodontní), potravní strategii (býložravci, masožravci, všežravci) nebo biorytmus (Naji et al. 2015; Buikstra 2022). Zájem zoologů o růst zubního cementu zesílil ve druhé polovině 20. století a soustředil se na vybrané taxony suchozemských savců, např. losy (Sergeant – Pimlott 1959), jeleny (Mitchell 1963; 1967), soby (McEwan 1963) nebo na více živočichů současně (Klevezal – Kleinenberg 1967). Zvolený přístup se ukázal zvláště vhodný pro odhad věku starších zvířat, kdy nedostačují ostatní metody, např. analýza abraze dentice. Postupem času přibyla data vztahující se k různým skupinám zvířat (Klevezal 1996) i množství studií zabývajících se odhalováním zdrojů chyb (Medill et al. 2009; Wittwer-Backofen 2012). S rostoucími požadavky na rozlišení mikrostruktury cementu se rovněž zvýšily nároky na kvalitu vzorkovacích protokolů i zobrazovacích metod (Edinborough et al. 2021).

Cementochronologie spojená s archeologií má kořeny ve druhé polovině 20. století, kdy od 70. let sílí zájem o studium lovecko-sběračských komunit v paleolitu (např. Spiess 1979; Gordon 1988; Pike-Tay 1991a; Livraghi et al. 2022). Pro toto období, kdy byl lov klíčový při získávání obživy, existují i dostatečně reprezentativní soubory zvířecích kostí a zubů. S ohledem na dlouhou životnost zubního cementu si někteří badatelé uvědomují, že jeho přírůstky neposkytují pouze údaj o věku kořisti, ale že také přispívají do debaty, v jaké sezóně se jí podařilo získat a v jaké části roku paleolitičtí lovci nahromadili kosti ulovených zvířat na konkrétním místě (Spiess 1976; Stutz 2002a). Významnou skupinou savců, u nichž je sezonní růst cementu nejlépe zdokumentován, jsou kopytníci (Burke – Castanet 1995; Livraghi et al. 2022). V posledních letech se zvyšuje zájem o cementochronologickou analýzu osteologického materiálu datovaného do mladších období, než je paleolit (Greenfield et al. 2015; Gourichon – Parmigiani 2016; Schmaus et al. 2020). Kromě načasování osídlování různých míst lze hlouběji nahlížet do života tehdejších lidských komunit ve smyslu organizace lovu, pastvy zvířat, provádění rituálů apod. V tomto tématu, které rezonuje v řadě archeologických studiích (Rendu 2010; Naji et al. 2016;

Azorit et al. 2022; Livraghi et al. 2022), tkví potenciál, zvláště je-li provázáno s dalšími metodickými přístupy, např. analýzou mikroabraze zubů nebo s rozbory věkových profilů rekonstruovaných na základě stavu dentice (*Rendu 2007*).

Cement, jehož důležitou funkcí je ukotvení hlavních kolagenních vláken periodontálních vazů (Sharpeyova vlákna) k povrchu kořene zubu a vedle toho má také funkci adaptivní a reparační, obsahuje 65 % minerální složky (hydroxyapatit), 23 % organické složky (kolagen typu I a III, glykolipidy nebo glykoproteiny) a 12 % vody (*Bosshardt – Selvig 1997; Berkovitz et al. 2018, 197*). Pokrývá kořeny zubů a přesahuje na sklovinu v místech, kde na ni doléhá epitel dásně. Kromě skloviny je spojen se zubovinou-dentinem (*Berkovitz et al. 2018, 195*). Poloha cementu mezi dentinem a periodontálními vazy z něj sice činí součást samotného zubu, funkčně ale náleží k jeho závěsnému aparátu (*Bosshardt – Selvig 1997*). Jedná se o nejméně mineralizovanou tvrdou zubní tkáň, která zlepšuje fixaci zubu v kosti zubního alveolu. Mezinárodní klasifikace vymezuje čtyři druhy cementu (*Jones 1981*), které se liší podle přítomnosti či absence cementocytů nebo kolagenních vláken. V cementochronologii mají význam především dva z nich – acelulární cement (bez-buněčný, primární, fibrilární) a celulární cement (buněčný, sekundární). Oba přirůstají postupně a je u nich detekovatelné střídání období pomalejšího a rychlejšího růstu. Obvykle celulární cement překrývá acelulární cement, může však docházet i k opačnému uspořádání. Kromě toho se mohou oba druhy cementu také střídat (*Berkovitz et al. 2018, 197*).

Kořen přiléhající k dentinu pokrývá acelulární cement s vnějšími kolagenními vlákny (*AEFC – Acellular Extrinsic Fibre Cementum*). Tento druh cementu se nachází především v prvních dvou cervikálních třetinách kořene, v jeho apikální třetině může chybět. Veškerý kolagen, jež obsahuje, je odvozen ze Sharpeyových vláken periodontálních vazů (*Berkovitz et al. 2018, 199*). Bezbuněčný cement přibývá kontinuálně s roční periodicitou a během roku se tak v závislosti na rozdílném stupni mineralizace, na orientaci krystalitu nebo kolagenních vláken utvoří přírůstková (inkrementální) linie složená ze světlé a tmavé vrstvy, kterou lze pozorovat pod mikroskopem (*Pike-Tay 1991a; Lieberman – Meadow 1992; Lieberman 1993; Naji et al. 2015; 2016*). Stupeň zbarvení linií se obvykle nemění, s výjimkou prvního světlého přírůstku, který může dosahovat slabší intenzity (*Burke – Castanet 1995*).

Cellulární cement s vnitřními kolagenními vlákny (*CIFC – Cellular Intrinsic Fibre Cementum*), obsahující buňky cementocyty, je soustředěn blíže apikálnímu konci kořene a je charakteristický silnou růstovou vrstvou s dutinami (*Grue – Jensen 1979; Foley 1986*). Cementocyty se diferencují z mezenchymových buněk zubního folikulu přilehlých ke kořenovému dentinu (*Klepáček – Mazánek et al. 2001, 24*) a absence Sharpeyových vláken ukazuje, že úlohou buněčného cementu není upevňování zubu (*Berkovitz et al. 2018, 199*). Oproti nebuněčnému cementu se ten buněčný ukládá rychleji a je méně mineralizovaný. Rychle rostoucí cementový přírůstek se zpravidla vyvine během 8–10 měsíců v roce a zbývající část roku je reprezentována pouze slabě. V některých případech může být pomalu rostoucí vrstva cementu klidovou linií, stejně tak jako úzké mineralizované vrstvy v kortikální kosti, což je příznačné pro periodické snížení aktivity osteoblastů (*Beasley 1987; Spiess 1990; Beasley et al. 1992*).

Složení a tloušťka cementu nejsou konstantní, ale liší se v závislosti na jeho umístění, druhu a věku savce (*Sequeira et al. 1992*). U některých druhů je šířka cementové vrstvy kolem 20 µm, u jiných až několik milimetrů (*Hillson 2005, 193*). Rozdíly v šířce vrstvy cementu u různých druhů savců zdokumentoval již v polovině 19. století *R. Owen*

(1840–1845) ve své studii *Odontography*. Silnější vrstvy se objevují u savců, jejichž zuby jsou vystaveny vyššímu mechanickému opotřebením, příkladem jsou sloni, mnozí hlodavci nebo kopytníci, zvláště pak ti, jejichž zuby mají vysoké korunky (Klevezal – Kleinenberg 1967, 13–24; Klevezal 1996; Červený et al. 1999, 250; Hillson 2005, 195). Přestože se ukazuje, že opotřebením zubních korunek kopytníků v důsledku konzumace abrazivní potravy může vést k nárůstu objemu kořenů, potažmo mít dopad na utváření cementu, ve snaze objasnit tento mechanismus, např. ve vztahu k nepřežvýkavým kopytníkům, zůstává nadále mnoho nejasného (Pérez – Barbería et al. 2020; Ackermans et al. 2021).

K ukládání cementu dochází nejen v průběhu vývoje samotného zubu, ale po celý život jedince. Opotřebovaný nebo odumřelý cement na kořeni zubu zůstává, nevstřebává se a postupně se na něm vrství další vitální tkáň (Stutz 2002a; Rendu 2010; Yamamoto et al. 2016). O původu, diferenciaci a dynamice buněk tvořících cement zatím neexistuje příliš mnoho informací (Berkovitz et al. 2018, 197). Je ale známo, že tvorba zubního cementu – cementogeneze, je ovlivněna různorodou aktivitou cementoblastů a dostupností organických a anorganických látek. Růst cementu podmiňují jak faktory endogenní, např. genetiky, tak exogenní, např. podmínky prostředí jako je nadmořská výška, vlhkost, teplota (Lieberman 1994; Wittwer-Backofen et al. 2004). Na průběh cementogeneze do určité míry působí také fyziologické a biomechanické procesy související s potravním chováním savců, jež mohou zapříčinit změny ve struktuře cementu a růstu linií. Experimentální studie D. E. Liebermana (1993; 1994) zaměřené na zubní cement u koz domácích prokázaly změny v koncentraci minerálů a orientaci vláken kolagenu při podávání rozdílného krmiva. Nejsilnější vrstvy, které se ukládají rychleji, jsou nazývány růstovými zónami – *growth zones* (GZ). Oproti tomu, nejužší a hypermineralizované vrstvy cementu jsou označovány jako *annuli* nebo zimní pruhy – *winter bands* (Lieberman – Meadow 1992; Stutz 2002a). Počet přírůstků vyjadřuje individuální věk, kdy růstová zóna (GZ) a *annulus* odpovídají jednomu roku. Charakter nejvzdálenější vrstvy, která má spojitost s obdobím smrti, dovozuje provést odhad sezóny, kdy nastala (Naji et al. 2015). Zubní cement přirůstá nejrychleji během tzv. vegetačního období, které zahrnuje měsíce květen až říjen, kdy je nabídka potravy nejširší (Burke – Castanet 1995). Pomalejší růst cementu je spojen s tzv. vegetačním klidem a se zúžením potravní nabídky. V ideálním případě jsou linie cementu dobře viditelné. Setkat se lze ale i s některými odchylkami, např. s nahloučením více zimních vrstev dohromady, s jejich nevýrazností (Matson 1981) nebo nepravidelnostmi, které vznikají při opravných apozičních procesech, často v apikální oblasti kořene zubu (Grue – Jensen 1979).

Problémy s validací provází cementochronologii už od konce 60. let 20. století, přičemž mezi nejčastěji zmiňované patří absence informací o úmrtním věku zvířat, která byla vytipována jako referenční. Proto na různých pracovištích začala postupně přibývat srovnávací data, což mělo pozitivní dopad na standardizaci metody (Buikstra 2022). Drtivá většina studií obsahujících výsledky analýzy cementových přírůstkových linií v kořenech zubů zvířat je zahraniční provenience a příspěvky spojené s faunou na území České republiky jsou prozatím vzácné (např. Nývltová-Fišáková 2007; Schindlerová – Přichystal – Kyselý 2022; Kapustka et al. 2023).

Cílem této studie je představit možnosti využití metody cementochronologie ve vztahu k archeozoologickým nálezům a s pomocí vlastního šetření posoudit, zda jsou přírůstky acelulárního cementu na zubech recentních savců dostatečně viditelné, aby bylo možné s jejich pomocí určit věk a období smrti (ulovení) zvířat, a následně uplatnit stejný

pracovní postup na zuby některých volně žijících savců doložených v archeologickém záznamu z období raného středověku.

Materiál a metody

Experimentální část studie provedla první autorka tohoto příspěvku v Laboratoři archeobotaniky a paleoekologie (LAPE) na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích v roce 2017 v rámci své diplomové práce (Pořádková 2017). Nejprve byla metoda vyzkoušena na recentním osteologickém materiálu a poté aplikována na archeozoologické nálezy.

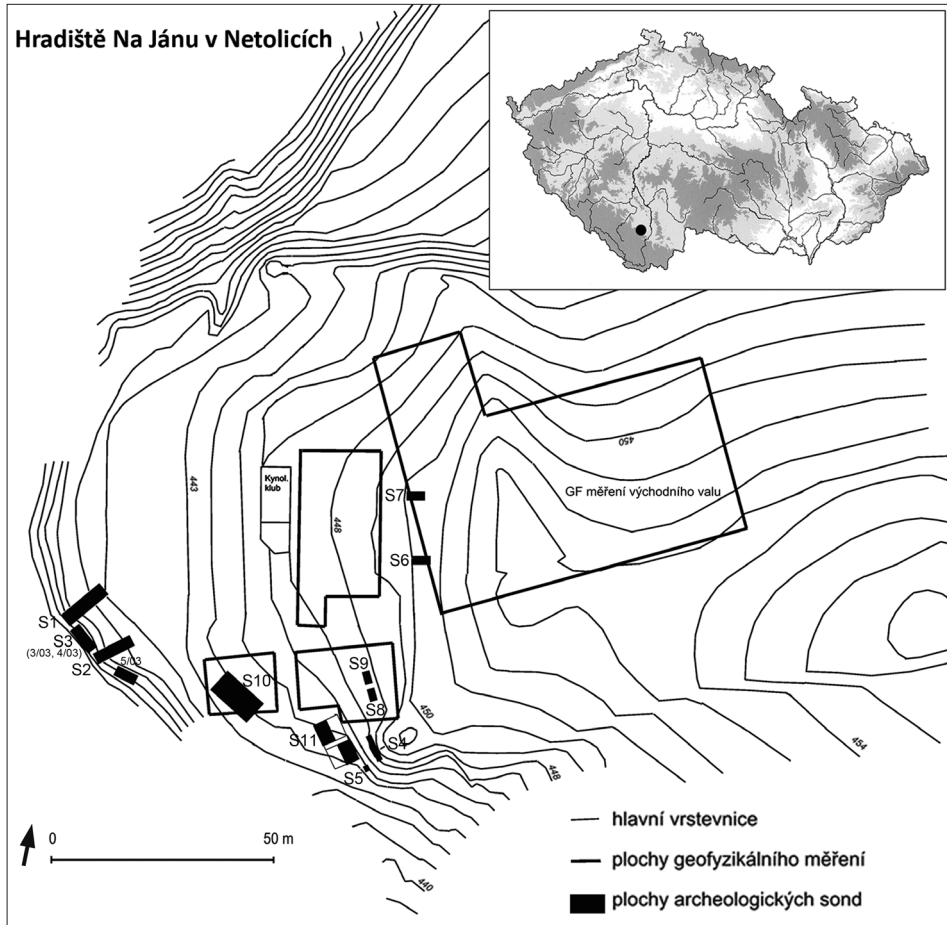
Vytvoření referenční zoologické sbírky

Referenční sbírka (Tab. 1) obsahovala 12 pravých polovin dolních čelistí jelenů lesních (*Cervus elaphus*, n=5), prasat divokých (*Sus scrofa*, n=3) a srnců obecných (*Capreolus capreolus*, n=4) ulovených převážně na území Jihočeského kraje – v Hluboké nad Vltavou, Staré Oboře a Kubově Huti. Čelisti byly získány kostrováním. Nejprve byly zbaveny svalů a krve (24–48 hodin). Přetrvávající zbytky svaloviny byly odstraněny biologickou macerací ve studené vodě. Zároveň byly shromážděny údaje o věku jedinců a termínu, kdy byli uloveni (s touto fází přípravy pomohl zaměstnanec Lesů České republiky, s. p.). Při stanovení věku jelenů a srnců byla vizuálně hodnocena míra opotřebení posledního laloku třetí stoličky dolní čelisti. Kromě toho byl sledován poměr krčků a výšek korunek řezáků, včetně úhlu, který svírají s osou dolní čelisti. Vývoj chrupu a intenzita opotřebení jednotlivých zubů byly posuzovány i při stanovování věku prasat divokých. Metodické postupy, na něž je odkazováno, jsou blíže popsány v literatuře (např. Kolář 2002). Poskytnuté věkové odhady byly ještě porovnány s výsledky získanými archeozoologickou praxí, při níž byl kladen důraz na vývoj a stupeň obroušení třenových zubů a stoliček (Matschke 1967; Grant 1982; Brown – Chapman 1991a; Komárek et al. 2001, 62–83; Tomé – Vigne 2003). Jelikož nebyl znám přesnější údaj, kdy došlo k lovu srnců (Tab. 1) a k jejich čelistem se vztahoval jen údaj odpovídající rozmezí několika let (2012–2015), nemohla být hodnocena sezonalita. Přestože jsou v literatuře (např. Burke – Castanet 1995; Azorit et al. 2002) většinou uváděny výsledky hodnocení zubního cementu na semihypsodontních zubech přežvýkavců, které se vyznačují středně silnou vrstvou cementu (*dentes mesocementoses*), byla v této studii věnována pozornost také méně často publikovaným (např. Clarke et al. 1992) brachyodontním zubům prasat divokých s charakteristicky malým množstvím cementu (*dentes oligocementoses*), u nichž je třeba počítat s rizikem snížené viditelnosti přírůstkových linií.

Z pravé poloviny referenčních dolních čelistí jelenů lesních, srnců obecných a prasat divokých byly s pomocí vrtačí soupravy Proxxon FBS 240/E vyjmuty první stoličky (M_1), protože tento zub je považován za jeden z nejvhodnějších pro cementochronologickou analýzu (Mitchell 1967).

Výběr archeozoologických nálezů

Soubor archeozoologických nálezů vybraných za účelem cementochronologické analýzy (Tab. 1) sestával ze zubů horních i dolních čelistí jelena lesního (*Cervus elaphus*, n=4),



Obr. 1. Raně středověké hradiště Na Jánu v Netolicích s umístěním jednotlivých sond v prostoru hradiště.

prasete divokého (*Sus scrofa*, $n=2$) a srnce obecného (*Capreolus capreolus*, $n=1$), aby byla pokryta širší škála zvěře z této lokality. Zuby získané z výplně čtyř sond (S4/2007, S7–S9/2007) zkoumaných při archeologickém výzkumu na hradišti Na Jánu v Netolicích (Obr. 1) lze na základě keramiky datovat do 11. až 12. století (Hausteinová 2015, 20). Jihočeské raně středověké hradiště, které se nacházelo na skalnatém vršku nad stejnojmenným městem, nedaleko u potoka Rapačov, představovalo v minulosti významný strategický bod na trase dálkových obchodních cest a důležité správní centrum oblasti. Jak ukázal archeologický výzkum, hradiště pochází z 10. století, z doby upevňování přemyslovské moci v jižních Čechách (Beneš et al. 2010). Archeologický a s ním provázaný bioarcheologický výzkum započal roku 2000 a pokračoval i v dalších letech (Hrubý – Lutovský 2000; Beneš – Hrubý 2001; Beneš et al. 2010; Hojerová 2016). Co se týče průkaznosti lovu v této lokalitě, pak kosti zvěře, např. jelena lesního, srnce obecného, prasete divokého, medvěda hnědého nebo zajíce polního tvoří ve výše zmíněných sondách zhruba 10 % a tento podíl je výrazně nižší než podíl kostí domácích zvířat. Mezi nejčastěji prokazované

REFERENČNÍ ZOOLOGICKÝ MATERIÁL						
Jedinec	Druh	Strana	Anatomie	Velikost	Věk	Doba ulovení
A	Jelen lesní (<i>Cervus elaphus</i>)	pravá	mandibula	celá	5 let	9/10 2014
B	Jelen lesní (<i>Cervus elaphus</i>)	pravá	mandibula	celá	3,5 roku	10/11 2014
C	Jelen lesní (<i>Cervus elaphus</i>)	pravá	mandibula	celá	7 let	25.09.2015
D	Jelen lesní (<i>Cervus elaphus</i>)	pravá	mandibula	celá	2,5 roku	9/10 2014
E	Jelen lesní (<i>Cervus elaphus</i>)	pravá	mandibula	celá	9 let	04.11.2015
F	Prase divoké (<i>Sus scrofa</i>)	pravá	mandibula	celá	20 měsíců	6/2014
G	Prase divoké (<i>Sus scrofa</i>)	pravá	mandibula	celá	20 měsíců	6/2014
H	Prase divoké (<i>Sus scrofa</i>)	pravá	mandibula	celá	20 měsíců	6/2014
I	Srnec obecný (<i>Capreolus capreolus</i>)	pravá	mandibula	celá	2 roky	blíže nespecifikováno (2012–2015)
J	Srnec obecný (<i>Capreolus capreolus</i>)	pravá	mandibula	celá	3 roky	blíže nespecifikováno (2012–2015)
K	Srnec obecný (<i>Capreolus capreolus</i>)	pravá	mandibula	celá	3 roky	blíže nespecifikováno (2012–2015)
L	Srnec obecný (<i>Capreolus capreolus</i>)	pravá	mandibula	celá	3 roky	blíže nespecifikováno (2012–2015)
ARCHEOZOOLOGICKÉ NÁLEZY						
Jedinec	Druh	Strana	Anatomie	Velikost	Věk	Popis místa nálezů
A	Jelen lesní (<i>Cervus elaphus</i>)	pravá	mandibula	fragment	38–55 měsíců	Netolice, sonda S7/2007, vrstva 7006, sáček 490
B	Jelen lesní (<i>Cervus elaphus</i>)	levá	maxilla	fragment	24–63 měsíců	Netolice, sonda S7/2007, vrstva 7006, sáček 492
C	Jelen lesní (<i>Cervus elaphus</i>)	levá	maxilla	fragment	26–42 měsíců	Netolice, sonda S9/2007, vrstva 9006, sáček 450
D	Jelen lesní (<i>Cervus elaphus</i>)	pravá	maxilla	fragment	11–12 měsíců	Netolice, sonda S8/2007, výplň mezi kameny, sáček 447
E	Prase divoké (<i>Sus scrofa</i>)	levá	maxilla	fragment	20–24 měsíců	Netolice, sonda S8/2007, vrstva 8004, sáček 461
F	Prase divoké (<i>Sus scrofa</i>)	pravá	maxilla	fragment	36–60 měsíců	Netolice, sonda S8/2007, vrstva 8006, sáček 448
G	Srnec obecný (<i>Capreolus capreolus</i>)	levá	mandibula	fragment	20–29 měsíců	Netolice, sonda S4/2007, vrstva 9002, sáček 460

Tab. 1. Přehled referenčního zoologického materiálu a archeozoologických nálezů z hradiště Na Jánu v Netolicích vybraných pro analýzu zubního cementu.

patří zbytky jelenů (2–5 % určených nálezů), prasat divokých (3 %) a srnců (nejvýše 2 %; *Hausteinová 2015*, 32–33, 42).

Určení věku zvířat z archeologických situací

S ohledem na celkově nízký podíl kosterních pozůstatků volně žijících zvířat v osteologickém souboru z Netolic a jejich horší zachovalost (fragmentaci), nemohly být pro jednotlivé druhy použity morfologicky ani stranově totožné zuby. Především bylo hlídáno, aby se nejednalo o totožné jedince. Mléčné zuby byly záměrně vyřazeny, protože mohou vykazovat velký počet markerů, které nemusí mít spojitost s věkem zvířete (*Burke – Castanet 1995*). U jelenů a srnců byly vybrány druhé a třetí stoličky trvalého chrupu, přičemž ojedinele byl do analýzy zařazen také čtvrtý třenový zub jelena, a u prasete divokého byly zvoleny třetí stoličky (*Tab. 3*). Výběr typově i ontogeneticky odlišných zubů kladl vyšší nároky na určení úmrtního věku zvířat, který byl u každého zubu posuzován zvlášť (u některých jedinců pomohly při určení věku i další zuby z čelisti), a vycházel především z intenzity opotřebení korunek (*Tab. 1*). U jelena lesního byla využita metoda skórování (*Brown – Chapman 1991a*) v kombinaci s poznatky obsaženými ve studii *Komárek et al.*

Jedinec/ číslo vzorku	Druh	Zub	Studovaná část kořene	Řez	Počet tmavých linií	Počet světých linií	Poslední linie	Prořezávání zubu a formování kořene	Odhad věku (cement)	Období lovu (cement)	Shoda (věk) – odchylna max. 6 měsíců	Shoda (období lovu)
A	Jelen lesní (<i>Cervus elaphus</i>)	dens molaris I inferior	cervikální	longitudinální	3	3	světlá	12 měsíců	4 roky	vegetační období (podzím)	ne	ano
B	Jelen lesní (<i>Cervus elaphus</i>)	dens molaris I inferior	cervikální	longitudinální	3	3	světlá	12 měsíců	4 roky	vegetační období (jaro/léto)	ano	ne
C	Jelen lesní (<i>Cervus elaphus</i>)	dens molaris I inferior	střední	transverzální	3	3	světlá	12 měsíců	4 roky	vegetační období (podzím)	ne	ano
D	Jelen lesní (<i>Cervus elaphus</i>)	dens molaris I inferior	cervikální	longitudinální	2	1	nelze určit	12 měsíců	3 roky	neurčeno	ano	nelze srovnat
E	Jelen lesní (<i>Cervus elaphus</i>)	dens molaris I inferior	cervikální	longitudinální	9	8	tmavá	12 měsíců	10 let	vegetační klid	ne	ano
F	Prase divoké (<i>Sus scrofa</i>)	dens molaris I inferior	střední	longitudinální	–	–	–	–	–	–	–	–
G	Prase divoké (<i>Sus scrofa</i>)	dens molaris I inferior	střední	longitudinální	2	1	tmavá	4–6 měsíců	2,5 roku	vegetační klid	ano	ne
H	Prase divoké (<i>Sus scrofa</i>)	dens molaris I inferior	cervikální	longitudinální	2	1	tmavá	4–6 měsíců	2,5 roku	vegetační klid	ano	ne
I	Smec obecný (<i>Capreolus capreolus</i>)	dens molaris I inferior	střední	longitudinální	2	2	světla	4–6 měsíců	2,5 roku	vegetační období (jaro)	ano	nelze srovnat
J	Smec obecný (<i>Capreolus capreolus</i>)	dens molaris I inferior	střední	longitudinální	2	2	světla	4–6 měsíců	2,5 roku	vegetační období (podzím)	ano	nelze srovnat
K	Smec obecný (<i>Capreolus capreolus</i>)	dens molaris I inferior	střední	longitudinální	3	3	světla	4–6 měsíců	3,5 roku	vegetační období (podzím)	ano	nelze srovnat
L	Smec obecný (<i>Capreolus capreolus</i>)	dens molaris I inferior	střední	longitudinální	3	2	tmavá	4–6 měsíců	3,5 roku	vegetační klid	ano	nelze srovnat

Tab. 2. Výsledky cementochronologické analýzy referenčního zoologického souboru.

Jedinec/ číslo vzorku	Druh	Zub	Studovaná část kořene	Řez	Počet tmavých linií	Počet světých linií	Poslední linie	Prořezávání zubu a formování kořene	Odhad věku (cement)	Období lovu (cement)	Shoda (věk)
A	Jelen lesní (<i>Cervus elaphus</i>)	dens molaris III inferior	střední	transverzální	2	2	světla	26–33 měsíců	4–4,5 roku	vegetační období (podzím)	ano
B	Jelen lesní (<i>Cervus elaphus</i>)	dens premolaris IV superior	apikální	longitudinální	2	1	tmavá	26–33 měsíců	4–4,5 roku	vegetační klid	ano
C	Jelen lesní (<i>Cervus elaphus</i>)	dens molaris II superior	střední	transverzální	1	1	světla	26–33 měsíců	3–3,5 roku	vegetační období (podzím)	ano
D	Jelen lesní (<i>Cervus elaphus</i>)	dens molaris II superior	střední	longitudinální	–	–	–	–	–	–	–
E	Prase divoké (<i>Sus scrofa</i>)	dens molaris III superior	střední	transverzální	1	0	tmavá	1,5–2 roky	2,5–3 roky	vegetační klid	ne
F	Prase divoké (<i>Sus scrofa</i>)	dens molaris III superior	střední	transverzální	2	1	tmavá	1,5–2 roky	3,5–4 roky	vegetační klid	ano
G	Smec obecný (<i>Capreolus capreolus</i>)	dens molaris III inferior	apikální	longitudinální	2	1	tmavá	1 rok	3 roky	vegetační klid	ano

Tab. 3. Výsledky cementochronologické analýzy archeozoologického souboru z hradště Na Jánu v Netolicích.

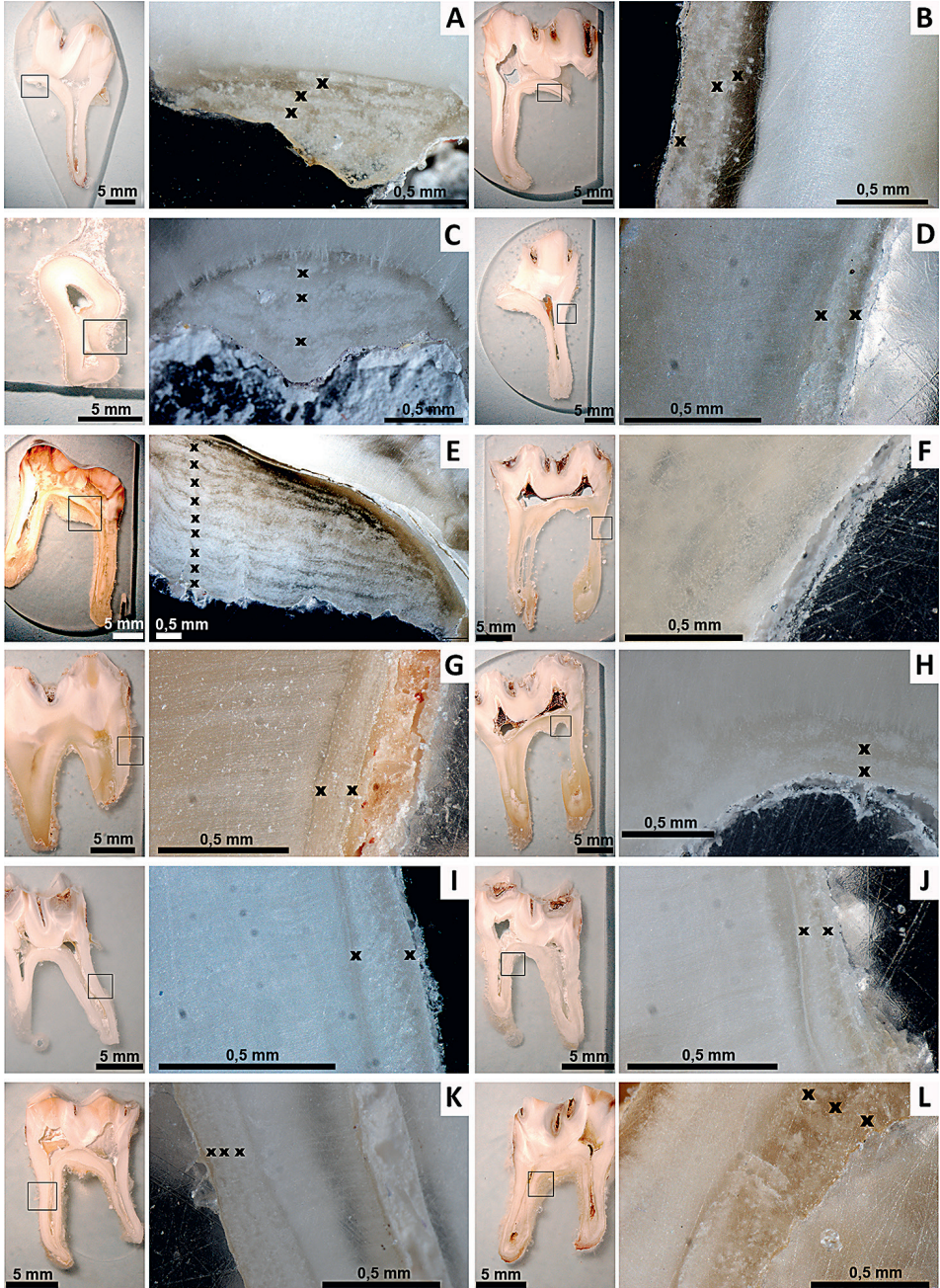
(2001, 62–83). Stoličky prasat divokých byly odlišeny od stoliček prasat domácích na základě jejich délko-šířkových rozměrů (Evin *et al.* 2014) a věk dožití byl stanoven podle Matschke (1967) a Grant (1982). Při odhadu věku srnce obecného byly využity metodické práce Tomé – Vigne (2003) a Komárek *et al.* (2001, 62–83).

Příprava řezů zubů v laboratoři, zobrazení vzorků a jejich hodnocení

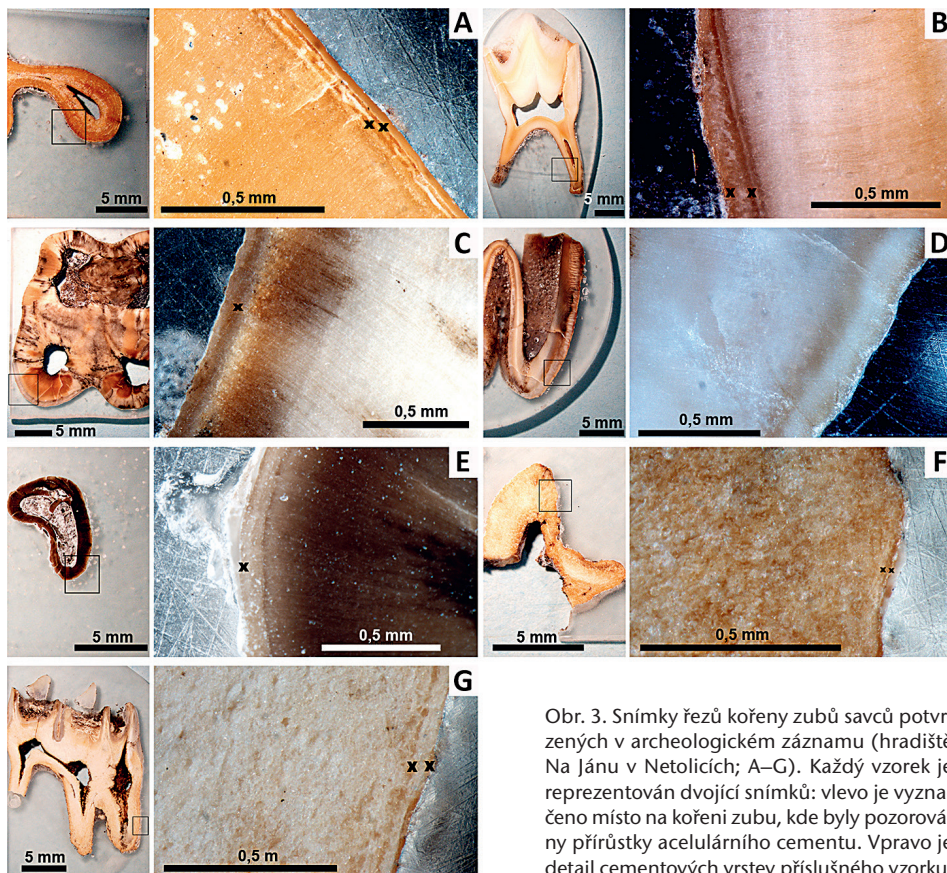
Při přípravě vzorků byl akceptován postup publikovaný v Naji *et al.* (2015). Z čelistí vypreparované i z nich již uvolněné zuby bylo nutné zafixovat, aby se při řezání nerozpadly. K tomuto účelu byly zhotoveny formičky kapkovitého tvaru. Do každé z nich byl vložen zub, který byl zalit dvousložkovou metylmetakrylátovou pryskyřicí (Dentacryl®). Po zatuhnutí při pokojové teplotě byly vzorky vyjmuty z forem a nařezány na tenké plátky na rotační pile IsoMet 1000 na Antropologickém oddělení Národního muzea v Praze. Aby byla získána co největší plocha pro pozorování inkrementálních linií cementu (Naji *et al.* 2015), byla většina řezů zuby vedena longitudinálně (bukolinguálně), resp. procházela středem korunky a celým kořenem. V případě zoologických nálezů bylo takto uříznuto 11 zubů z 12 (Tab. 2). U jediného zuby z této série (vzorek C, Tab. 2) byl aplikován transversální řez kořenem (ortogonálně k jeho ose), protože do pryskyřice byl ponořen pouze kořen (korunka se rozpadla už při mechanickém uvolňování zuby z alveolu kosti). K řezu byl vybrán nejširší kořen, jelikož se u něj předpokládalo nejlepší zachování cementu i větší plocha pro pozorování. Navzdory tomu, že je v některé literatuře zmiňováno, že odečty linií cementu v transverzálním řezu kořenem mohou být zatíženy chybou (Morris 1972), muselo být k tomuto postupu přistoupeno převážně u archeozoologických nálezů, a to ve čtyřech ze sedmi případů (Tab. 3). Důvodem je, že se některé zuby prasete a jelena nedochovaly v kompletním stavu nebo se na jejich korunkách objevily znatelné praskliny a hrozilo, že se v dalších krocích laboratorní přípravy rozpadnou. Při vytváření preparátů bylo vždy pracováno s největšími kořeny. Tloušťka výbrusu činila 2 mm a při jejich navazujícím leštění byly použity brusné papíry různých zrnitostí (od nejhrubších po nejjemnější). Výsledné řezy byly zkoumány pod binokulárním mikroskopem Nikon SMZ 1500 (zvětšení 50x–100x). Výběr vhodné oblasti zuby s liniemi acelulárního cementu na jednotlivých preparátech byl proveden v prostředí programu NIS Elements AR 3.2.

Po zhotovení preparátů řezů kořeny zubů bylo přikročeno k vyhodnocení linií. U každého vzorku byl zaznamenán celkový počet tmavých linií (období odpočinku) a počet světlých linií (období růstu a aktivity). Zapsán byl také vzhled poslední linie cementu (Tab. 2 a 3). U posledních přírůstků některých vzorků byla posuzována jejich šíře ve snaze blíže vymezit období v roce, kdy živočich zemřel. Tmavá linie v jakékoliv šířce odpovídala zimnímu období, méně než polovina a polovina světlé linie jarnímu a letnímu období a ukončená světlá linie podzimu (Schmaus *et al.* 2020).

Při stanovení věku zvířat z inkrementálních linií cementu bylo nutné ještě zohlednit (příčist) délku období, kdy se formují kořeny jednotlivých zubů (např. Mitchell 1967). Protože se načasování vývoje, např. prořezávání a mineralizace, liší u jednotlivých stoliček i třenových zubů, a stejně tak se tyto zuby vyvíjejí odlišně u jednotlivých druhů zvířat, byly využity a kombinovány různé studie – jelen lesní (Mitchell 1967; Brown – Chapman 1991a, b; Hillson 2005, 235–236), srnec obecný (Carter 1997; Komárek *et al.* 2001, 82; Tomé – Vigne 2003), prase divoké (Matschke 1967; Bull – Payne 1982; Hillson 2005, 233–234).



Obr. 2. Snímky řezů kořeny zubů recentních savců (A–L). Každý vzorek je reprezentován dvojicí snímků: vlevo je vymezeno místo na kořeni zubu, kde byly pozorovány přírůstky acelulárního cementu, vpravo je detail cementových vrstev příslušného vzorku.



Obr. 3. Snímky řezů kořeny zubů savců potvrzených v archeologickém záznamu (hradiště Na Jánu v Netolících; A–G). Každý vzorek je reprezentován dvojicí snímků: vlevo je vyznačeno místo na kořeni zubu, kde byly pozorovány přírůstky acelulárního cementu. Vpravo je detail cementových vrstev příslušného vzorku.

Výsledky

U srovnávacího zoologického materiálu bylo možné pozorovat linie acelulárního cementu u 11 vzorků z 12 (Obr. 2) a u archeozoologických vzorků u 6 ze 7 (Obr. 3). Větší náchylnost kořenů menších zubů vůči oděru, která je někdy zmiňována v literatuře (Mitchell 1967), se potvrdila u referenčního zubu prasete divokého (vzorek F; Obr. 2), kdy zřejmě došlo k poškození vrstvy cementu při preparování zubu z alveolu dolní čelisti. V případě archeozoologických nálezů nebylo možné sledovat linie na řezu druhé stoličky horní čelisti jelena lesního (vzorek D; Obr. 3), a to z blíže nezjistitelných důvodů.

Na longitudinálních řezech zubů referenčních zoologických vzorků byly linie viditelné jak v cervikální (n=5), tak střední (n=6) oblasti kořene, a to v závislosti na tom, kde byly pod zvětšením lépe dohledatelné. Ojedinelý transversální řez (n=1) procházel střední partií kořene (Tab. 2). U archeozoologických nálezů byl častěji proveden transversální řez kořeny, a to buď v jejich střední (n=5) nebo apikální části (n=2). Ani u jedné skupiny vzorků nebylo zjištěno, že by umístění řezu znemožnilo odečítat inkrementální linie. Doplňme, že počty vzorků v obou souborech jsou nízké a řezy při přípravě preparátů rozdílně vedené, což neumožnilo testovat vliv oblastí pozorování na čitelnost přírůstků cementu.

Stanovení věku v době smrti zvířete

Přesnost metody (*accuracy*), kterou definujeme jako blízkost odhadu věku a výsledku analýzy přírůstků cementu (např. *Christensen-Dalsgaard et al. 2010*), byla nejprve zjišťována u referenční skupiny 11 zvířat (*Obr. 2*), tj. jelenů ve věku 2,5 až 9 let ($n=5$), srnců ve věku 2,5–3,5 roku ($n=4$) a prasat divokých ve věku 20 měsíců ($n=2$; *Tab. 1*). Za shodné byly považovány ty případy, kdy se věkové určení nelišilo o více než šest měsíců. Do tohoto rozsahu náleželo osm vzorků z jedenácti (*Tab. 2*). Po rozšíření tolerance na 12 měsíců vzrostl počet shodných případů na deset z jedenácti (*Tab. 2*). Zaměříme-li se na jednotlivé druhy zvířat, pak lze shrnout, že se shodovaly věkové údaje u vzorků srnců a prasat divokých (maximální odchylka 6 měsíců). O něco více rozdílných případů bylo shledáno u jelenů, kdy z pěti jedinců souhlasil věkový údaj u dvou z nich (odchylka nejvýše 6 měsíců). V případě akceptování odchylky jednoho roku u zubů jelenů vzrostl počet shodných pozorování na čtyři z pěti (*Tab. 2*). Největší odchylka (tři roky) provázela vzorek C (*Tab. 2*), u něhož byl aplikován transverzální řez kořenem. Odlišný metodický postup tak mohl negativně zapůsobit na konečný výsledek.

Mezi zvířeti, jejichž kosterní pozůstatky byly nalezeny na hradišti v Netolicích a jejichž věk byl stanoven podle prořezávání a opotřebenění dentice, se vyskytovali roční až pětiletí jeleni, jeden srnec ve věku 20–29 měsíců a dvě prasata divoká ve věku 20–24 měsíců a 3–5 let (*Tab. 1*). Porovnání těchto věkových údajů s věkem zjištěným cementochronologickou analýzou (*Tab. 3*) přineslo závěr, že odhady úmrtního věku se shodovaly u pěti vzorků ze šesti. V této souvislosti je třeba kriticky dodat, že úmrtní věk zvířat v archeozoologické praxi, běžně odvozovaný od stavu dentice, je zvláště u starších jedinců vyjadřován rozmezím zahrnujícím i několik let (např. *Tomé – Vigne 2003*). Širší věkový interval tak může v některých případech ukrýt i větší odchylku v počtu odečtených linií acelulárního cementu. U jednoho prasete divokého (vzorek E; *Obr. 3*) byl odklon větší – 10–12 měsíců. I když se jedná o vzorek řezaný transverzálně, nemusí být výběr řezu jednoznačnou příčinou neúspěšného stanovení věku, protože stejným způsobem byly vzorkovány i další zuby.

Stanovení období v roce, kdy došlo k usmrcení zvířete

Údaje o sezonalitě recentních sudokopytníků (referenční vzorky) jsou shrnuty v *Tab. 2* a na *Obr. 2*. Uspořádání linií cementu na kořenech prvních stoliček jelenů (*Tab. 2*) prozrazuje, že z pěti jedinců byli tři uloveni v období aktivity (dva na podzim – vzorky A, C, jeden na jaře až v létě – vzorek B, jeden v průběhu zimy – vzorek E; *Obr. 2*) a u jednoho jedince (vzorek D; *Obr. 2*) bylo obtížné poslední linii odlišit, a tudíž nelze období v roce prokázat. Tato zjištění, s výjimkou vzorku B (*Obr. 2*; *Tab. 2*), jsou ve shodě s údaji, které byly k dispozici ještě před zahájením experimentu (*Tab. 1*). Dvě prasata divoká, u nichž se podařilo zobrazit oblast zubního cementu, byla ulovena v zimním období (*Tab. 2*). Tento výsledek je zcela v rozporu s původními údaji odkazujícími na červen (*Tab. 1*). U srnců sice nebyly předem známy informace, kdy došlo k jejich ulovení, výsledky cementochronologické analýzy ale odkazují na různá období v roce – na jaro (vzorek I; *Obr. 2*), podzim (vzorky J–K; *Obr. 2*) i zimu (vzorek L; *Obr. 2*).

Divocí savci, jejichž kosti a zuby byly objeveny při archeologickém výzkumu na hradišti Na Jánu v Netolicích (*Tab. 3*; *Obr. 3*), byli uloveni převážně v období vegetačního klidu – v zimě (vzorky B, E–G; *Obr. 3*) nebo v závěru období aktivity – na podzim

(vzorky A, C; *Obr. 3*). V zimě byl uloven srnec a obě prasata divoká, obdobím lovu jelenů byl podzim a zima.

Diskuze

Lov zvěře byl v raném středověku záležitostí převážně privilegovaných vrstev, sporadicky je ale doložen také u dalších skupin obyvatel, které měly zakázáno lovit. Ačkoliv v živočišné složce potravy převažovalo maso hospodářských zvířat, zvěřina představovala vítané zpestření jídelníčku (*Žemličková 2012, 57; Dreslerová et al. 2013; Maliniak 2015; Kovačiková et al. 2019*). Lov měl symbolickou hodnotu, byl ukázkou reprezentace, přinášel maso, kůže, kožešiny, paroží i zábavu, při které byla prokazována síla a odvaha. Lovecké umění patřilo k základům výchovy urozených (*Petříčková 2000; Žemlička 2005; Zelenka 2014; Dvořáková 2015; Kyselý 2015*).

Podíváme-li se na lovené druhy na našem území, pak v osteologických souborech z raného středověku převažují pozůstatky jelena lesního (53,3 %), prasete divokého (23,7 %), srnce obecného (8,6 %) a zajíce polního (7,5 %). Vzácněji jsou doloženi los evropský, pratur, bobr evropský, medvěd hnědý nebo zástupci menších šelem (*Kyselý 2005, Tab. 9*). Co se týče raně středověkého jihočeského hradiště Na Jánu v Netolicích, byly zde lovenými druhy (podle počtu nálezů kostí a zubů) jelen lesní, zajíc polní, veverka obecná, prase divoké, srnec obecný, medvěd hnědý a pratur (*Hausteinová 2015*).

Z propojení archeozoologických dat s výsledky analýzy přírůstků zubního cementu se dozvídáme, že zájem o jelenovitou a černou zvěř se zvyšoval v nepříznivé části roku. K nahánce jelenů, jejichž úmrtní věk se pohyboval mezi 2,5 až 4,5 lety, docházelo hlavně na konci vegetačního období a v období vegetačního klidu, kdy byli v nejlepší kondici a jejich maso obsahovalo více tuku (*Almond 2011*). Podzimní termín koresponduje také s obdobím jejich říje od poloviny září do druhé poloviny října. Díky výrazným hlasovým projevům samců byli lovci schopni jeleny lépe dohledat a skolit je (*Andreska 1980; Pike-Tay 1991b, 48; Goldberg 2020, 131*). Jedenapůlroční až dvouletá prasata divoká a tříletý srnec v Netolicích byli uloveni během vegetačního klidu. Úspěšnosti zimní štvanice pomáhala sněhová pokrývka, která dovolovala snazší vystopování zvěře, jež se obtížněji pohybovala krajinou (*Andreska 1980*). V deštivých podmínkách byla prasata divoká dohledávána také podle otisků bláta na kmenech stromů, o které se otírala (*Cummins 1988, 98*).

Historické prameny přinášejí jen skromné informace o hájení zvěře v obdobích, kdy je nejzranitelnější, nebo o načasování honů. Kupříkladu biskup Řehoř z Tours, kronikář merovejské dynastie, zapsal, že ačkoliv na jeleny a srnce mohli lovci vyrážet po celý rok, největší množství výprav bylo soustředěno do září a října (*Goldberg 2020, 51*). Lze rovněž dohledat, že zatímco srnci mohli být v raném středověku loveni celoročně a pouze v období, kdy měly samice mláďata, bylo doporučeno je hájit, k nahánění prasat docházelo v užším intervalu, od konce září do února (*Cummins 1988, 88, 97*). Jelikož tehdejší omezení vycházela především z vlastních potřeb aristokracie než ze snahy zvěř ochránit, napovídá to rozproštění loveckých aktivit do širšího časového období (*Maliniak 2015*).

Výsledky cementochronologické analýzy pro raně středověké hradiště Na Jánu jsou koncentrovány do jedné části roku a s představou celoročního lovu se mívají. Je ale třeba kriticky uznat, že datový soubor není příliš početný a až jeho rozšíření by mohlo přinést detailnější vzhled do tohoto tématu, k němuž pro naše území prozatím neexistují obdobně zaměřené studie.

Již několik desetiletí se ukazuje, že metoda cementochronologie zaměřená na rekonstrukce životní historie zvířat má v archeologii potenciál (např. *Pike-Tay 1991a; Lieberman 1994; Burke – Castanet 1995*). Přesto je nadále ověřována její využitelnost a přesnost při určování věku dožití zvířat na recentním zoologickém materiálu (*Burke – Castanet 1995; Klevezal 1996; Pérez-Barbería et al. 2014; Azorit et al. 2022*). Přihlédneme-li k antropologickým závěrům, pak některé z nich naznačují, že analýza přírůstků zubního cementu dosahuje vyšší přesnosti u jedinců v mladém a středním věku, zatímco výsledný věk u skupin starších jedinců zůstává podhodnocen (*Huffman – Antoine 2010; Lanteri et al. 2018; Zazvonilová et al. 2022*). K tomuto nesouladu, diskutovanému taktéž v zoologicky zaměřených studiích (*Keiss 1969; Christensen-Dalsgaard et al. 2010; Veiberg et al. 2020*), se přidávají i naše zjištění týkající se dvou vzorků nejméně pětiletých jelenů v referenčním zoologickém souboru, u nichž jsou konečné počty inkrementálních linií nižší. Jedním z vysvětlení je, že zpomalováním růstu zubu se stávají linie cementu kompaktnějšími směrem k vnějšímu povrchu, což může působit problémy při jejich odečítání (*Grue – Jensen 1979*). Nepravidelné narůstání vrstev cementu mohou zapříčínovat i fyziologické změny, které se odehrávají ve stárnoucím organismu (*Klevezal – Shishlina 2001*). Získané výsledky také ukázaly, že počet linií cementu u mladších jelenů (2,5 a 3,5 roku) je mírně nadhodnocen oproti jejich skutečnému stáří. Také v tomto případě se jedná o situaci popsanou v odborné literatuře (např. *Miller et al. 1988; Christensen-Dalsgaard et al. 2010*).

Navzdory uvedenému lze u většiny námi zkoumaných zubů konstatovat, že se analýza pozorovatelných linií cementu ukázala jako vhodná pro stanovení úmrtního věku současné spárkaté zvěře (shodovalo se osm z jedenácti případů, tj. 72,7 % při odchylce nejvýše 6 měsíců). V souvislosti s jelenovitými kopytníky lze v literatuře dohledat širší rozptyl hodnot reflektujících přesnost metody. Nebudeme-li ji vyjadřovat pouze na úrovni jedné věkové skupiny, ale pro více různověkových jedinců dohromady, může nabývat hodnoty 50 % (*Keiss 1969*), 63 % (*Aitken 1975*), 69 % (*Veiberg et al. 2020*) nebo 66–74 % (*Boertje et al. 2015*). Obvykle však přesahuje 60 % a při přijmutí odchylky jednoho roku může vzrůst na více než 80–90 % (*Aitken 1975; Matson 1981; Hamlin et al. 2000; Boertje et al. 2015; Veiberg et al. 2020*). Prokazatelně existující rozdíly v hodnotách přesností mohou být odrazem různých vzorců aktivit, potravních nebo klimatických faktorů (*Mitchell 1967; Christensen-Dalsgaard et al. 2010*), mohou se lišit u jednotlivých typů zubů (*Boertje et al. 2015*) nebo věkových skupin (*Hamlin et al. 2000*). U nepočetné kolekce archeozoologických vzorků v této studii je přesnost o něco vyšší (pět ze šesti případů, tj. 83,3 %) než u zoologických vzorků. V literatuře se hodnoty úspěšnosti této metody pohybují mezi 70 až 90 %, v závislosti na stupni postmortální destrukce zubu (*Burke – Castanet 1995; Ábelová 2005; Nývltová-Fišáková 2007; Jiménez-Manchón et al. 2023*). Diagenetické změny cementu tak mohou srazit hodnoty přesnosti i k 50 % (*Martin 1998*) nebo analýzu znemožnit (*Kapustka et al. 2023*).

Období ulovení mohlo být komparováno pouze u referenčních vzorků jelenů a prasat divokých a shodovalo se ve třech ze šesti případů (50 %), což neodpovídá příliš dobrým výsledkům. Nabízí se proto otázka, jak přesnost metody do budoucna zvýšit. Antropologické studie pojednávající o korelaci mezi chronologickým a odhadovaným věkem akcentují nezbytnost standardizace pracovních postupů i opatrnost při výběru zubů (*Naji et al. 2016; Colard et al. 2018; Bertrand et al. 2019; Zazvonilová et al. 2022*). Příprava preparátů našich vzorků byla provedena v roce 2017 dle *Naji et al. (2015)*, v posledních letech ale doznal laboratorní protokol některých změn a obdobně přibývají práce zabývající se

výběrem vhodného umístění řezu kořenem zubu nebo evaluací kvality cementu (*Rendu et al. 2022; Pubert et al. 2022*), čemuž je potřeba přikládat váhu v navazujícím výzkumu. V našem případě mohl být transverzální řez kořenem referenčního vzorku C důvodem špatné čitelnosti linií, čemuž lze v budoucnu předejít sjednocením vzorkovací strategie. Zároveň se otevírají nové zobrazovací, přístrojové a programové možnosti (např. *Kaur et al. 2015; Newham et al. 2021*), které přesnost odečtů zvyšují, ve srovnání se staršími postupy limitovanými nemalou měrou zkušenostmi a znalostmi hodnotitele (*Keiss 1969; Pike-Tay 1991a; Christensen-Dalsgaard et al. 2010*).

Zubní cement dokáže dlouhodobě přetrvat v archeologickém záznamu bez výraznějšího poškození, což dokládají početnější datasey shromážděné už pro období paleolitu (*Rendu 2007; 2010; Livraghi et al. 2022*). Jak je zřejmé i z našich dat, ač z mladšího období (vzorek D), zcela zásadní roli hrají podmínky prostředí, v nichž se archeologický nález dlouhodobě nacházel, i to, jak s ním bylo nakládáno před samotným uložením do země. Cement je nejméně mineralizovaný ze všech zubních tkání a děje tafonomického rázu zasahují do jeho periferní nebo vnitřní mikrostruktury. Zvětrávání, dekalifikace, permineralizace nebo působení vysokých teplot mohou vést k jeho destrukci a ve finále ovlivnit výsledek histomorfologické analýzy (*Stallibrass 1982; Naji et al. 2015; Bertrand et al. 2019*). Při zvětrávání dochází k poškození vnitřních organických a anorganických komponent zubu. Ty jsou od sebe odděleny a poté destruovány fyzikálními a chemickými činiteli v dané lokalitě (*Behrensmeyer 1978*). Také *post mortem* vyplavování kolagenu a diagenetický růst krystalů apatitu mohou vytvořit strukturu, která napodobuje sezónní přírůstky cementu a je třeba ji včas odhalit vhodně zvolenou zobrazovací technikou (*Stutz 2002b*). Sezónní přírůstky cementu lze sice pozorovat u spálených nálezů zubů, pokud ale teploty překročí 600 °C, nemusí být odečty linií dostatečně spolehlivé a vypovídající (*Gocha – Schutkowski 2013*). Limitující jsou rovněž biologické faktory. Přírůstkové linie mohou být narušeny půdními mikroorganismy a plísněmi (*Bertrand et al. 2019*). Jejich nepravidelnost způsobuje fyziologický stres ještě za života organismu, např. říje, březost, porod nebo odstav (*Grue – Jensen 1979; Penezić et al. 2020; Cerrito et al. 2020*). Projevit se ale mohou také změny klimatu, např. chlad, kdy je rychleji spotřebováván vápník, což může vést k hypomineralizaci (*Cipriano 2002*), nebo omezená dostupnost krmiva, kdy se méně opotřebovávají zuby a klesá kompenzační depozice cementu (*Saxon – Higham 1968; Stallibrass 1982; Lieberman 1993*). Nelze vynechat ani další modifikace spočívající ve zmenšení povrchu cementu či jeho nepředvídatelném růstu, ať už kvůli onemocnění závěsného aparátu zubu (*Kagerer – Grupe 2001; Broucker et al. 2016*) nebo patologické resorpci kořenů (*Yawaka et al. 2003*). V neposlední řadě jsou zajímavým fenoménem změny průběhu linií acelulárního cementu u zvířat v zajetí (*Cipriano 2002*), někdy provázené slabší viditelností (*Grue – Jensen 1979*). Navzdory tomu, že může u savců v lidské péči popsáné riziko existovat, pozvolna přibývají práce, které se na tuto skupinu zvířat orientují (*Taylor et al. 2021; Jiménez-Manchón et al. 2023*).

Pracujeme-li při analýze s tenkými výbrusy zubů, lze některé makroskopické i mikroskopické změny detekovat a vhodnou volbou dalších postupů (např. způsob zobrazení) se vyvarovat analytických chyb. V horších případech je žádoucí poškozené vzorky z analýzy vyřadit (*Naji et al. 2015*). Ačkoliv cementochronologie přináší řadu výhod, nikdy se studovaný zub nedochová v původním stavu, protože dojde buď k odstranění některého z kořenů, nebo rozříznutí celého zubu, což je potřeba dopředu uvážit a zkoumané nálezy před analýzou dostatečně zdokumentovat.

Závěr

U většiny referenčních zoologických i archeozoologických vzorků (89,5 %) byly linie aculárního cementu dobře viditelné. Úspěšnost odhadů individuálního věku, posuzovaná na základě shody počtu inkrementálních linií cementu s úmrtním věkem odhadnutým podle opotřeбенí dentice (v toleranci půl roku), byla vyšší u archeologických vzorků (pět ze šesti) než u vzorků referenčních (osm z jedenácti). Informace o sezóně ulovení jelenů a prasat divokých, ukrytá v jejich prvních stoličkách, se u jelenů shodovala ve třech případech z pěti s termíny lovu, které byly známy ještě před cementochronologickou analýzou; u prasat se zcela lišila. Depozice cementu v kořenech zubů spárkaté zvěře z raně středověkého hradiště Na Jánu v Netolicích byla u jelenů, srnců i prasat divokých přerušena v podzimních nebo zimních měsících, což naznačuje období smrti zvířat, popřípadě soustředění loveckých aktivit do klimaticky nepříznivé části roku.

Při hodnocení lovu v raném středověku jsme obvykle odkázáni na písemné prameny nebo interpretace některých archeologických nálezů. Detailní studium vybraných zvířecích zubů proto představuje další alternativu, jak se dozvědět více o samotných úlovcích i o chování člověka během roku. Ačkoliv nízké množství vzorků zahrnutých do této studie nepřináší nijak rozsáhlé výsledky, a to hlavně z důvodu nedostatku vhodných archeozoologických nálezů z hradiště v Netolicích, podařilo se dosáhnout několika závěrů, které mohou být nadále rozvíjeny, například navýšením datového souboru nebo pokročilejším testováním hypotéz. Zároveň se utváří prostor pro eliminaci metodických a analytických chyb a pro adaptaci nových poznatků z obdobně zaměřených studií. Třežba není cementochronologická metoda příliš časově náročná ani finančně nákladná, její podstatnou nevýhodou je již zmíněná destruktivita, což v případě odontologického materiálu z archeologických nalezišť znamená, že zůstává nevratně poškozen. Jelikož jsou přírůstky cementu studovány především u lovené fauny, jejíž kosterní pozůstatky nejsou v archeozoologických souborech časté, je třeba dostatečně uvážit, zda je analýze podrobit či nikoliv. Obecně lze však využití této metody označit za doplňkové a její závěry je vhodné podpořit výsledky dalších analýz, např. dentálního mikrobrusu, stabilních izotopů apod.

Tato práce je jedním z výstupů projektu č. 18-10003S financovaného Grantovou agenturou ČR. Autorky děkují Martinovi Ptákoví za poskytnutí pláňku s rozmístěním sond na hradišti Na Jánu v Netolicích.

Literatura

- Ábelová, M. 2005: Analýza mikrostruktur zubního cementu medved'ov (Ursidae) z lokality jeskyně Za Hájnou. Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 2004, 2–4.
- Ackermans, N. L. – Martin, L. F. – Codron, D. – Kircher, P. R. – Richter, H. – Clauss, M. – Hatt, J. M. 2021: Confirmation of a wear-compensation mechanism in dental roots of ruminants. *The Anatomical Record* 304, 425–436. <https://doi.org/10.1002/ar.24402>
- Aitken, R. J. 1975: Cementum layers and tooth wear as criteria for ageing Roe deer (*Capreolus capreolus*). *Journal of Zoology* 175, 15–28. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1975.tb01387.x>
- Almond, R. 2011: *Medieval hunting*. Brimscombe Port: The History Press.
- Andreska, J. 1980: *Vývoj myslivosti. Průvodce expozicí*. Praha: Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství.

- Azorit, C. – Analla, M. – Hervas, J. – Carrasco, R. – Muñoz-Cobo, J. 2002: Growth Marks Observation: Preferential Techniques and Teeth for Ageing of Spanish Red Deer (*Cervus elaphus hispanicus*). *Anatomia, Histologia, Embryologia* 31, 303–307. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0264.2002.00408.x>
- Azorit, C. – López-Montoya, A. J. – Mateo-Calahorra, B. P. – Analla, M. 2022: Seasonal investigation of fallow deer cellular cementum from Mediterranean ecosystems and its implications for reliable cementochronology applications. *Quaternary International* 610, 133–143. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.06.031>
- Beasley, M. J. 1987: A preliminary report on incremental banding as an indicator of seasonality in mammal teeth from Gough's Cave, Cheddar, Somerset. *Proceedings of the University of Bristol Spelaeological Society* 18, 116–128.
- Beasley, M. J. – Brown, W. A. B. – Legge, A. J. 1992: Incremental banding in dental cementum: Methods of preparation for teeth from archaeological sites and for modern comparative specimens. *International Journal of Osteoarchaeology* 2, 37–50. <https://doi.org/10.1002/oa.1390020107>
- Behrensmeyer, A. K. 1978: Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology* 4, 150–162.
- Beneš, J. – Hrubý, P. 2001: Archeologický výzkum hradiště Na Jánu v Netolicích, okres Prachatice, 1. etapa v roce 2000. *Archeologické výzkumy v jižních Čechách* 14, 243–258.
- Beneš, J. – Parkman, M. – Pták, M. – Šálková, T. 2010: Archeologický výzkum raně středověkého hradiště Na Jánu v Netolicích a objev zaniklé církevní architektury. *Archeologické výzkumy v jižních Čechách* 23, 191–204
- Berkovitz, B. K. B. – Holland, G. R. – Moxham, B. J. 2018: *Oral Anatomy, Histology and Embryology*. Edinburgh – London – New York – Oxford – Toronto: Elsevier.
- Bertrand, B. – Cunha, E. – Bécart, A. – Gosset, D. – Hédouin, V. 2019: Age at death estimation by cementochronology: Too precise to be true or too precise to be accurate? *American journal of physical anthropology* 169, 464–481. <https://doi.org/10.1002/ajpa.23849>
- Black, G. V. 1887: *A study of the histological characters of the periosteum and peridental membrane*. Chicago: W. T. Keener.
- Boertje, R. D. – Ellis, M. M. – Kellie, K. A. 2015: Accuracy of moose age determinations from canine and incisor cementum annuli. *Wildlife Society Bulletin* 39, 383–389. <https://doi.org/10.1002/wsb.537>
- Bosshardt, D. D. – Selvig, K. A. 1997: Dental cementum: the dynamic tissue covering of the root. *Periodontology* 2000, 13, 41–75.
- de Broucker, A. – Colard, T. – Penel, G. – Blondiaux, J. – Naji, S. 2016: The impact of periodontal disease on cementochronology age estimation. *International journal of paleopathology* 15, 128–133. <https://doi.org/10.1016/j.ijpp.2015.09.004>
- Brown, W. A. B. – Chapman, N. G. 1991a: The dentition of red deer (*Cervus elaphus*): a scoring scheme to assess age from wear of the permanent molariform teeth. *Journal of Zoology* 224, 519–536. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1991.tb03783.x>
- Brown, W. A. B. – Chapman, N. G. 1991b: Age assessment of red deer (*Cervus elaphus*): from a scoring scheme based on radiographs of developing permanent molariform teeth, *Journal of Zoology* 225, 85–97. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1991.tb03803.x>
- Buikstra, J. E. 2022: A Brief History of Cemental Annuli Research, with Emphasis upon Anthropological Applications. In: S. Naji – W. Rendu – L. Gourichon (eds.), *Dental Cementum in Anthropology*. Cambridge: Cambridge University Press, 21–45. <https://doi.org/10.1017/9781108569507.003>
- Bull, G. – Payne, S. 1982: Tooth eruption and epiphysial fusion in pigs and wild boar, In: B. Wilson – C. Grigson – S. Payne (eds.), *Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites*. BAR British Series 109. Oxford: BAR Publishing, 55–71.
- Burke, A. – Castanet, J. 1995: Histological Observations of Cementum Growth in Horse Teeth and Their Application to Archaeology. *Journal of Archaeological Science* 22, 479–493. <https://doi.org/10.1006/jasc.1995.0047>
- Carter, R. J. 1997: Age estimation of the roe deer (*Capreolus capreolus*) mandibles from the Mesolithic site of Star Carr, Yorkshire, based on radiographs of mandibular tooth development. *Journal of Zoology* 241, 495–502. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1997.tb04841.x>
- Cerrito, P. – Bailey, S. E. – Hu, B. – Bromage, T. G. 2020: Parturitions, menopause and other physiological stressors are recorded in dental cementum microstructure. *Scientific reports* 10, 5381. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62177-7>

- Cipriano, A. 2002: Cold Stress in Captive Great Apes Recorded in Incremental Lines of Dental Cementum. *Folia primatologica* 73, 21–31.
- Clarke, C. M. H. – Dzieciolowski, R. M. – Batcheler, D. – Frampton, C. M. 1992: A comparison of tooth eruption and wear and dental cementum techniques in age determination of New Zealand feral pigs. *Wildlife Research* 19, 769–777.
- Colard, T. – Bertrand, B. – Naji, S. – Delannoy, Y. – Bécart, A. 2018: Toward the adoption of cementochronology in forensic context. *International Journal of Legal Medicine* 132, 1117–1124. <https://doi.org/10.1007/s00414-015-1172-8>
- Cummins, J. 1988: *The Hound and the Hawk. The Art of Medieval Hunting*. New York: St. Martin's Press.
- Červený, Č. – Komárek, V. – Štěrba, O. 1999: *Koldův atlas veterinární anatomie*. Praha: Grada Publishing.
- Dreslerová, G. – Hajnalová, M. – Macháček, J. 2013: Subsistenční strategie raně středověkých populací v dolním Podyjí. *Archeozoologické a archeobotanické vyhodnocení nálezů z výzkumu Kostice – Zadní hrád (2009–2011)*. *Archeologické rozhledy* 65, 825–850.
- Dvořáková, D. 2015: Pořovačky a rybolov. In: D. Dvořáková (ed.), *Člověk a svět zvířat v středověku*. Bratislava: VEDA, 390–392.
- Edinborough, M. – Djetunović, I. – Edinborough, K. 2021: Tooth cementum annulation: Confounding difficulties remain when inferring life history parameters from archeological tooth samples. *Journal of Archaeological Science* 134, 105417. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2021.105417>
- Evin, A. – Cucchi, T. – Escarguel, G. – Owen, J. – Larson, G. – Vidarsdottir, U. S. – Dobney, K. 2014: Using traditional biometrical data to distinguish West Palearctic wild boar and domestic pigs in the archaeological record: new methods and standards. *Journal of Archaeological Science* 43, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.11.033>
- Foley, R. 1986: Cementum Deposition among Tropical African Ungulates: Implications for Palaeoecological Studies. In: E. Cruwys – R. Foley (eds.), *Teeth and Anthropology*. BAR International Series 291. Oxford: BAR Publishing, 83–100.
- Foster, B. L. 2017: On the discovery of cementum. *Journal of Periodontal Research* 52, 666–685. <https://doi.org/10.1111/jre.12444>
- Gocha, T. P. – Schutkowski, H. 2013: Tooth Cementum Annulation for Estimation of Age-at-death in Thermally Altered Remains. *Journal of Forensic Sciences* 58, 151–155. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12023>
- Goldberg, E. J. 2020: *In the Manner of the Franks. Hunting, Kingship and Masculinity in Early Medieval Europe*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
- Gordon, B. C. 1988: *Of Men and Reindeer Herds in French Magdalenian Prehistory*. BAR International Series 390. Oxford: BAR Publishing.
- Gottlieb, B. 1943: Continuous Deposition of Cementum. *Journal of American Dental Association* 30, 842–847.
- Gourichon, L. – Parmigiani, V. 2016: Preliminary analysis of dental cementum of Lama Guanicoe for the estimation of age and season at death: Studies of modern specimens and further archaeological applications. *Journal of Archaeological Science: Reports* 6, 856–861. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.01.001>
- Grant, A. 1982: The use of tooth wear as a guide to the age of domestic ungulates. In: B. Wilson – C. Grison – S. Payne (eds.), *Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites*, BAR British Series 109. Oxford: BAR Publishing, 91–108.
- Greenfield, H. – Moore, N. – Steppan, K. 2015: Estimating the Age-and Season-of-Death for Wild Equids: a Comparison of Techniques Utilising a Sample from the Late Neolithic Site of Bad Buchau-Dullenried, Germany. *Open Quaternary* 1, 1–28. <http://dx.doi.org/10.5334/oq.ac>
- Grue, H. – Jensen, B. 1979: Review of the Formation of Incremental Lines in Tooth Cementum of Terrestrial Mammals. *Danish Review of Game Biology* 11, 3–48.
- Hamlin, K. L. – Pac, D. F. – Sime, C. A. – DeSimone, R. M. – Dusek, G. L. 2000: Evaluating the accuracy of ages obtained by two methods for Montana ungulates. *Journal of Wildlife Management* 64, 441–449. <https://doi.org/10.2307/3803242>
- Hausteinová, T. 2015: *Archeozoologie jihočeského přemyslovského hradiště Na Jánu v Netolicích*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Nepublikovaná bakalářská práce.
- Hillson, S. 2005: *Teeth*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hojerová, H. 2016: *Netolice Na Jánu. Analýza raně středověkého keramického souboru*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Nepublikovaná diplomová práce.

- Hrubý, P. – Lutovský, M. 2000: Hradiště a výšinná sídliště raného středověku v jižních Čechách. *Archeologie ve středních Čechách* 4, 439–483.
- Huffman, M. – Antoine, D. 2010: Analysis of Cementum Layers in Archaeological Material. In: E. F. Harris (ed.), *Dental Anthropology* 23. Memphis: University of Tennessee, 67–73.
- Christensen-Dalsgaard, S. N. – Aars, J. – Andersen, M. – Lockyer, C. – Yoccoz, N. G. 2010: Accuracy and precision in estimation of age of Norwegian Arctic polar bears (*Ursus maritimus*) using dental cementum layers from known-age individuals. *Polar Biology* 33, 589–597. <https://doi.org/10.1007/s00300-009-0734-y>
- Jiménez-Manchón, S. – Rivals, F. – Gourichon, L. – de Prado, G. – Codina, F. – Castanyer, P. – Tremoleda, J. – Santos, M. – Gardeisen, A. 2023: A combined approach to reconstructing livestock management in Iron Age north-eastern Iberia: estimating the season of death and palaeodiet using cementochronology and dental micro- and mesowear analyses. *Archaeofauna* 32. <https://shs.hal.science/halshs-04302125>
- Jones, S. J. 1981: Cement. In: J. W. Osborn – R. B. Johns (eds.), *Dental Anatomy and Embryology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 193–205.
- 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.
- Kapustka, K. – Košťová, N. – Kovačiková, L. – Zazvonilová, E. – Floriánová, S. 2023: The Magdalenian site of Hostim, Czech Republic, Central Europe. New insights into the old Record: Seasonality within the Bohemian Magdalenian. *Journal of Archaeological Science: Reports* 51, 104117. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2023.104117>
- Kaur, P. – Astekar, M. – Singh, J. – Arora, K. S. – Bhalla, G. 2015: Estimation of age based on tooth cementum annulations: A comparative study using light, polarized, and phase contrast microscopy. *Journal of Forensic Dental Sciences* 7, 215–221. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4714410/>
- Keiss, R. E. 1969: Comparison of eruption-wear patterns and cementum annuli as age criteria in elk. *The Journal of Wildlife Management* 33, 175–180. <https://doi.org/10.2307/3799668>
- Klepáček, I. – Mazánek, J. et al. 2001: *Klinická anatomie ve stomatologii*. Praha: Grada Publishing.
- Klevezal, G. A. 1996: *Recording Structures of Mammals: Determination of Age and Reconstruction of Life History*. Rotterdam: A. A. Balkema.
- Klevezal, G. A. – Kleinenberg, S. E. 1967: *Opredelenie Vozrasta mlekopitayushchikh po sloistym strukturam zubov i kosti (Age determination of mammals by layered structure in teeth and bone)*. Moscow: Izdatelstvo „Nauka“.
- Klevezal, G. A. – Shishlina, N. I. 2001: Assessment of the season of death of ancient human from cementum annual layers. *Journal of Archaeological Science* 28, 481–486.
- Kolář, Z. 2002: *Odhad věku hlavních druhů spárkaté zvěře*. Praha: VEGA.
- Komárek, V. – Štěrba, O. – Fejfar, O. 2001: *Anatomie a embryologie volně žijících přežvýkavců*. Praha: Grada Publishing.
- Kovačiková, L. – Trojánková, O. – Meduna, P. – Starec, P. – Burian, M. – Čiháková, J. – Frolík, J. 2019: Trendy v konzumaci masa a dalších živočišných produktů ve středověké Praze. *Archeologické rozhledy* 71, 529–552. <https://doi.org/10.35686/AR.2019.21>
- Kronfeld, R. 1938: The Biology of Cementum. *Journal of American Dental Association* 25, 1451–1461.
- Kyselý, R. 2005: Archeologické doklady divokých savců na území ČR v období od neolitu po novověk. *Lynx* 36, 55–101.
- Kyselý, R. 2015: Archeozoologická analýza raně středověkých kostí. In: V. Moucha – B. Nechvátal – L. Varadin (eds.), *Vyšehrad – knížecí a královská akropole*. Praha: Svědectví archeologie, 421–528.
- Lanteri, L. – Bizot, B. – Saliba-Serre, B. – Gaudart, J. – Signoli, M. – Schmitt, A. 2018: Cementochronology: a solution to assess mortality profiles from individual age-at-death estimates. *Journal of Archaeological Science: Reports* 20, 576–587. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.05.022>
- Lieberman, D. E. 1993: The Rise and Fall of Seasonal Mobility among Hunter-Gatherers. The Case of Southern Levant. *Current Anthropology* 34, 569–598.
- Lieberman, D. E. 1994: The Biological Basis of Seasonal Increments in Dental Cementum and Their Application to Archaeological Research. *Journal of Archaeological Science* 21, 525–539. <https://doi.org/10.1006/jasc.1994.1052>
- Lieberman, D. E. – Meadow, R. H. 1992: The biology of cementum increments (with an archaeological application). *Mammal Review* 22, 57–77. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.1992.tb00120.x>

- Livraghi, A. – Rivals, F. – Rendu, W. – Peresani, M. 2022: Neanderthals' hunting seasonality inferred from combined cementochronology, mesowear, and microwear analysis: case studies from the Alpine foreland in Italy. *Archaeological and Anthropological Sciences* 14, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s12520-022-01514-5>
- Magiŕot, M. 1878: *Treatise on Dental Caries*. Cambridge: Cambridge Scholars Publishing.
- Maliniak, P. 2015: Úlovky, dary a jelene v maštali. Sociálne a kultúrne pozadie poľovníctva vo Zvolenskej stolici. In: D. Dvořáková (ed.), *Člověk a svet zvierat v stredoveku*. Bratislava: VEDA, 393–408.
- Martin, H. 1998: Analysis of Dental Cementum Rings as an Approach to Azilian Hunting Strategies. *Environmental Archaeology* 3, 13–22. <https://doi.org/10.1179/env.1998.3.1.13>
- Matschke, G. H. 1967: Aging European Wild Hogs by Dentition. *The Journal of Wildlife Management* 31, 109–113. <https://doi.org/10.2307/3798365>
- Matson, G. M. 1981: *Workbook for cementum analysis*. Montana: Matson's Milltown.
- McEwan, E. H. 1963: *Reproduction of barren ground caribou Rangifer Tarandus Groenlandicus (Linnaeus)*. Montreal: McGill University. Nепublikovaná disertační práce.
- Medill, S. – Derocher, A. E. – Stirling, I. – Lunn, N. – Moses, R. A. 2009: Estimating cementum annuli width in polar bears: identifying sources of variation and error. *Journal of Mammalogy* 90, 1256–1264. <https://doi.org/10.1644/08-MAMM-A-186.1>
- Miller, C. S. – Dove, S. B. – Cottone, J. A. 1988: Failure of Use of Cemental Annulations in Teeth to Determine the Age of Humans. *Journal of Forensic Sciences* 33, 137–143.
- Mitchell, B. 1963: Determination of age in Scottish Red deer from growth layers in dental cement. *Nature* 198, 350–351. <https://doi.org/10.1038/198350a0>
- Mitchell, B. 1967: Growth Layers in Dental Cement for Determining the Age of Red Deer (*Cervus elaphus* L.). *Journal of Animal Ecology* 36, 279–293. <https://doi.org/10.2307/2912>
- Morris, P. A. 1972: A review of mammalian age determination methods. *Mammal Review* 2, 69–104. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.1972.tb00160.x>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.ijpp.2014.05.003>
- Naji, S. – Gourichon, L. – Rendu, W. 2015: La cémentochnologie. In: M. Balasse – J. P. Brugal – Y. Dauthin – E. M. Geigl – Ch. Oberlin – I. Reiche (eds.), *Message d'os. Archéométrie du squelette animal et humain*. Paris: Editions des archives contemporaines, 217–240.
- Newham, E. – Gill, P. G. – Robson Brown, K. – Gostling, N. J. – Corfe, I. J. – Schneider, P. 2021: A robust, semi-automated approach for counting cementum increments imaged with synchrotron X-ray computed tomography. *PLoS One* 16, e0249743. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249743>
- Nývltová-Fišáková, M. 2007: Sezonality gravetských lokalit na základě studia mikrostruktur zubního cementu savců. *Přehled výzkumů* 48, 13–23.
- Owen, R. 1840–1845: *Odontography: A Treatise on the Comparative Anatomy of the Teeth; Their Physiological Relations, Mode of Development, and Microscopic Structure in the Vertebrate Animals*. London: Hippolyte Bailliere.
- Penežić, K. – Porčić, M. – Urban, P. K. – Wittwer-Backofen, U. – Stefanović, S. 2020: Stressful times for women – Increased physiological stress in Neolithic females detected in tooth cementum. *Journal of Archaeological Science* 122, 105217. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2020.105217>
- Pérez-Barbería, F. J. – Duff, E. I. – Brewer, M. J. – Guinness, F. E. 2014: Evaluation of methods to age Scottish red deer: the balance between accuracy and practicality. *Journal of Zoology* 294, 180–189. <https://doi.org/10.1111/jzo.12166>
- Pérez-Barbería, F. J. – Guinness, F. E. – López-Quintanilla, M. – García, A. J. – Gallego, L. – Cappelli, J. – Serrano, M. P. – Landete-Castillejos, T. 2020: What do rates of deposition of dental cementum tell us? Functional and evolutionary hypotheses in red deer. *PLoS ONE* 15: e0231957. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231957>
- Petříčková, J. 2000: Domáci a lovná zvířata v době hradištní. Stav poznání. *Archeologie ve středních Čechách* 4, 485–488.
- Pike-Tay, A. 1991a: L'analyse du cément dentaire chez les cerfs: l'application en Préhistoire. *Paléo* 3, 149–166.
- Pike-Tay, A. 1991b: *Red Deer Hunting in the Upper Paleolithic of South-West France: A Study in Seasonality*. BAR International Series 569. Oxford: BAR Publishing.
- Pořádková, K. 2017: *Sledování sezonality v zubním cementu zvířat a využití této metody v archeologii*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Nепublikovaná diplomová práce.

- Pubert, E. – Naji, S. – Gourichon, L. – Santos, F. – Rendu, W. 2022: Cementochronology for Archaeologists: Experiments and Testing for an Optimized Thin-Section Preparation Protocol. In: S. Naji – W. Rendu – L. Gourichon (eds.), *Dental Cementum in Anthropology*. Cambridge: Cambridge University Press, 173–188.
- Rendu, W. 2007: Planification des activités de subsistance au sein du territoire des derniers Moustériens. Cémentation et approche archéozoologique de gisements du Paléolithique moyen (Pech-de-l'Azé I, La Quina, Muraud) et Paléolithique supérieur ancien (Isturitz). Bordeaux: Université Bordeaux 1. Nepublikovaná disertační práce.
- Rendu, W. 2010: Hunting behavior and Neanderthal adaptability in the Late Pleistocene site of Pech-de-l'Azé I. *Journal of Archaeological Science* 37, 1798–1810. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.01.037>
- Rendu, W. – Naji, S. – Pubert, E. – Sánchez-Hernández, C. – Vuillien, M. – Alarashi, H. – Discamps, E. – Jimenez, E.-L. – Rigaud, S. – White, R. – Gourichon, L. 2022: Cementochronology Protocol for Selecting a Region of Interest in Zooarchaeology. In: S. Naji – W. Rendu – L. Gourichon (eds.), *Dental Cementum in Anthropology*. Cambridge: Cambridge University Press, 201–214.
- Saxon, A. – Higham, C. F. W. 1968: Identification and Interpretation of Growth Rings in the Secondary Dental Cementum of Ovis aries L. *Nature* 219, 634. <https://doi.org/10.1038/219634a0>
- Sequeira, P. – Bosshardt, D. D. – Schroeder, H. E. 1992: Growth of acellular extrinsic fiber cementum (AEFC) and density of inserting fibers in human premolars of adolescents. *Journal of periodontal research* 27, 134–142.
- Sergeant, D. E. – Pimlott, D. H. 1959: Age determination in moose from sectioned incisor teeth. *The Journal of Wildlife Management* 23, 315–321.
- Schindlerová, P. – Přichystal, A. – Kyselý, R. 2022: Hroby kultury s lineární keramikou ze Šestákova statku v Praze-Liboci. Hrob mladého muže s mramorovým mlatem. *Archaeologica Pragensia* 26, 13–62.
- Schmaus, T. M. – Dupuy, P. N. D. – Frachetti, M. D. 2020: Variability in seasonal mobility patterns in Bronze and Iron Age Kazakhstan through cementum analysis. *Quaternary International* 545, 102–110. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.04.018>
- Spiess, A. E. 1976: Determining Season of Death of Archaeological Fauna by Analysis of Teeth. *Arctic* 29, 53–55.
- Spiess, A. E. 1979: *Reindeer and Caribou Hunters: An Archaeological Study*. New York: Academic Press.
- Spiess, A. E. 1990: Deer tooth sectioning, eruption, and seasonality of deer hunting in prehistoric Maine. *Man in the Northeast* 39, 29–44.
- Stallibrass, S. 1982: The use of cement layers for absolute ageing of mammalian teeth: a selective review of the literature, with suggestions for further studies and alternative applications, In: B. Wilson – C. Grigson – S. Payne (eds.), *Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites*, BAR British Series 109. Oxford: BAR Publishing, 109–126.
- Stott, G. G. – Sis, R. F. – Levy, B. M. 1982: Cemental Annulation as an Age Criterion in Forensic Dentistry. *Journal of Dental Research* 61, 814–817.
- Stutz, A. J. 2002a: Pursuing past seasons: A re-evaluation of cementum increment analysis of Paleolithic archaeology. Ann Arbor: The University of Michigan. Nepublikovaná disertační práce.
- Stutz, A. J. 2002b: Polarizing Microscopy Identification of Chemical Diagenesis in Archaeological Cementum. *Journal of Archaeological Science* 29, 1327–1347. <https://doi.org/10.1006/jasc.2001.0805>
- Taylor, W. T. – Pruvost, M. – Posth, C. – Rendu, W. – Krajcarz, M. T. et al. 2021: Evidence for early dispersal of domestic sheep into Central Asia. *Nature Human Behaviour* 5, 1169–1179. <https://doi.org/10.1038/s41562-021-01083-y>
- Tomé, C. – Vigne, J. D. 2003: Roe deer (*Capreolus capreolus*) age at death estimates: New methods and modern reference data for tooth eruption and wear, and for epiphyseal fusion. *Archaeofauna* 12, 157–173.
- Veiberg, V. – Nilsen, E. B. – Rolandsen, C. M. – Heim, M. – Andersen, R. – Holmstrøm, F. – Meisingset, E. L. – Solberg, E. J. 2020: The accuracy and precision of age determination by dental cementum annuli in four northern cervids. *European Journal of Wildlife Research* 66, 91. <https://doi.org/10.1007/s10344-020-01431-9>
- Wittwer-Backofen, U. 2012: Age estimation using tooth cementum annulation. In: Bell, L.S. (ed.), *Forensic microscopy for skeletal tissues: methods and protocols*. London: Humana Press, 129–143.
- Wittwer-Backofen, U. – Gampe, J. – Vaupe, J. W. 2004: Tooth cementum annulation for age estimation: Results from a large known-age validation study. *American Journal of Physical Anthropology* 123, 119–29. <https://doi.org/10.1002/ajpa.10303>

- Yamamoto, T. – Hasegawa, T. – Yamamoto, T. – Hongo, H. – Amizuka, N. 2016: Histology of human cementum: Its structure, function, and development. *Japanese Dental Science Review* 52, 63–74. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2016.04.002>
- Yawaka, Y. – Osanai, M. – Akiyama, A. – Ninomiya, R. – Oguchi, H. 2003: Histological study of deposited cementum in human deciduous teeth with pathological root resorption. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger* 185, 335–341. [https://doi.org/10.1016/S0940-9602\(03\)80054-7](https://doi.org/10.1016/S0940-9602(03)80054-7)
- Zazvonilová, E. – Velemínský, P. – Černíková, A. – Danielisová, A. – Brůžek, J. 2022: Protocol matters: A need for standardized procedure in cementochronology. *Forensic Science International* 340, 111439. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2022.111439>
- Zelenka, J. 2014: Lov. In: D. Dvořáčková-Malá – J. Zelenka (eds.) et al., Přemyslovský dvůr. Život knížat, králů a rytířů ve středověku. Praha: Nakladatelství Lidové noviny, 413–414.
- Žemlička, J. 2005: Přemyslovci. Jak žili, vládli, umírali. Praha: Nakladatelství Lidové noviny.
- Žemličková, A. 2012: Lov ve vrcholném středověku s přihlédnutím k archeozoologickým závěrům. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Nepublikovaná bakalářská práce.

Cementochronology in archaeozoology: Exploring the age and hunting season of game from the early medieval hillfort Na Jánu in Netolice through dental cementum analysis

Cementochronology became a useful tool for determining the individual age and hunting season of the game (seasonality) recorded in archaeological contexts. We can observe interest in this method not only among biologists but also among environmental archaeologists for the reason, that root cementum, which is formed continuously throughout the life of the animal, is not subject to remodelling and resorption. Therefore, it is relatively resistant to postmortem changes. The study of microscopic cementum increments of dead or killed mammals brings data not only about the age and hunting season but can offer at least a rough idea of the age structure of the prey incorporated into past human subsistence or contribute to the debate in which season the bones of the hunted animals were accumulated at a particular archaeological site. In addition to the timing of the settlement of various places, we also get information about the organisation of hunting, animal grazing, ritual activities, etc.

The aim of this study was to present the potential of cementochronological method in relation to archaeozoological findings and with the help of our own analysis to assess whether acellular cementum increments on the teeth of recent mammals are sufficiently visible for determination of the age and period of animal death. Subsequently, we applied the same workflow to the teeth of some wild mammals documented in the archaeological contexts dated to the Early Middle Ages. The reference collection comprised 12 right lower jaws of red deer (*Cervus elaphus*, n=5), wild boar (*Sus scrofa*, n=3), and roe deer (*Capreolus capreolus*, n=4) caught mainly in the South Bohemia region, and a set of archaeozoological finds comprised the teeth of the upper and lower jaws of red deer (*Cervus elaphus*, n=4), wild boar (*Sus scrofa*, n=2), and roe deer (*Capreolus capreolus*, n=1). Archaeozoological findings were obtained from four pits (S4/2007, S7-S9/2007) excavated at the hillfort Na Jánu in Netolice, which were dated to the 11th–12th century AD.

Regarding the results, acellular cementum layers could be observed in 11 out of 12 samples in the comparative zoological material and in 6 out of 7 in the archaeozoological samples. For the purposes of method validation, the value of the number of dental cementum lines of each recent species of animal was compared with the age estimations obtained by gamekeeper. As for archaeological teeth, the data obtained by us were compared with the estimations of age at death gathered during the archaeozoological analysis, i.e., according to tooth eruption and wear.

Our research shows that the cementochronology has the potential to be used in archaeology, although its reliability in determining the lifespan and season of animal death on recent zoological and archaeozoological material must be further verified. It is possible to summarize that for most of

the teeth of recent fauna examined in this study, the accuracy for determining the age at death is 72.7 % (8 out of 11 cases). For a small collection of archaeozoological samples, the achieved value is even slightly higher (5 out of 6 cases, i.e., 83.3 %). Two samples of red deer in the reference zoological collection, where the numbers of acellular cementum layers on the teeth of individuals older than five years were lower, points to the statement that the analysis of cementum increments achieve higher reliability in young and middle-aged individuals and remains underestimated in groups of older individuals. As for the early medieval South Bohemian hillfort Na Jánu, the bone remains of hunted species such as red deer, roe deer, and wild boar were identified. By connecting the archaeozoological data with the results of the analysis of tooth root cementum, we found that the game was hunted probably in the colder part of the year (autumn–winter). For example, deer hunting mainly occurred when they were in the best condition and their meat contained more fat. The autumn period also corresponds to their rut period from mid-September to the second half of October. Analysis of dental cementum increments can be thus described as supplementary and it is advisable to support this method by other analyses, e.g., dental microwear, stable isotopes, etc.

KATEŘINA POŘÁDKOVÁ, *Archeologický ústav, Filozofická fakulta JČU, Branišovská 1645/31a, CZ-370 05 České Budějovice, Czech Republic; Laboratoř archeobotaniky a paleoekologie, Přírodovědecká fakulta JČU, Branišovská 31, CZ-370 05 České Budějovice; Czech Republic; katerina.poradkova@gmail.com*
LENKA KOVAČIKOVÁ, *Laboratoř archeobotaniky a paleoekologie, Přírodovědecká fakulta JČU, Branišovská 31, CZ-370 05 České Budějovice, Czech Republic; lenka.kovacikova@gmail.com*