

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta**

**Možnosti studia mumifikovaných savců
z archeologických výzkumů**

Bakalářská práce

Barbora Pavlíková

Školitelka: Ing. Lenka Kovačiková, Ph.D.

Konzultant: Mgr. Václav Mikeš

České Budějovice 2023

Pavlíková, B., 2023: Možnosti studia mumifikovaných savců z archeologických výzkumů. [Possibilities of study of mummified mammals from archaeological researches. Bc. Thesis, in Czech.] – 66 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

In the first research-based section, the thesis deals with the term mummification and summarizes the main processes of formation of natural mummies. Then it offers an overview of the main methods used in research of natural mammal mummies. The last section of the thesis applies a few of these methods to the taxonomical identification of two natural mammal mummies from Říkov (district of Benešov).

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracovala pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

Místo, datum

Podpis studenta

Poděkování

Velké poděkování náleží těm, kteří přispěli ke vzniku této práce svými podněty, poskytnutím materiálu či umožněním realizace některých použitých metod.

Byli jimi: Ing. Lenka Kovačiková, Ph.D., Mgr. Rastislav Korený, Ph.D., Ing. Jaromír Kovárník, MVDr. Emanuel Krejcar, Jiří Vaněček, Mgr. Jan Okrouhlík, Ph.D., RNDr. Jan Robovský, Ph.D.

Obsah

1. Úvod	1
2. Mumifikace jako tafonomický proces	2
2.1 Rozklad těla	2
2.2 Bránění rozkladu těla	4
2.3 Dělení mumifikace podle záměru	5
2.4 Umělá mumifikace.....	6
2.5 Umělé mumie zvířat.....	7
3. Přírozená mumifikace.....	9
3.1 Mumifikace způsobená vysušením vysokými teplotami.....	9
3.2 Mumifikace způsobená působením nízkých teplot.....	10
3.3 Mumifikace důsledkem uložení do krypt či katakomb.....	12
3.3.1 Úmyslně zadržovaná zvířata.....	12
3.4 Mumifikace způsobená osmotickými silami	13
3.5 Mumifikace spojená s rašeliništi.....	13
3.6 Mumifikace spojená se saponifikací či korifikací	14
4. Metody využívané při studiu mumifikovaných nálezů	15
4.1 Vyhodnocení nálezových okolností a tafonomie.....	15
4.2 Zobrazovací metody	16
4.2.1 Planární radiografie	16
4.2.2 Počítačová (výpočetní) tomografie	17
4.2.3 Magnetická rezonance.....	19
4.2.4 Ostatní zobrazovací metody	19
4.3 Metody používané při studiu kostních tkání.....	20
4.3.1 Archeozoologická analýza	20
4.3.2 Skeletochronologie.....	21
4.3.3 Cementochronologie	22
4.3.4 Mikroabraze	22
4.4 Metody využívané při studiu měkkých tkání.....	23
4.4.1 Pitva.....	23
4.4.2 Paleopatologie	23
4.4.3 Paleohistologie	23
4.4.4. Paleoparazitologie	24
4.4.5 Analýza koprolitů.....	25
4.4.6 Trichologie	25

4.5 Metody analytické chemie a analýza aDNA.....	26
4.5.1 Analýza stabilních a radiogenních izotopů	26
4.5.2 Analýza starobylé DNA (aDNA)	28
4.5.3 ZooMS.....	29
4.6 Datovací metody	30
4.6.1 Relativní datování	30
4.6.2 Absolutní datování	30
4.6.3 Radiokarbonové datování.....	31
5. Zhodnocení dvou savčích mumií z Říkova	32
5.1 Nálezové okolnosti	32
5.2 Metody	32
5.2.1 Postup při aplikaci metod.....	32
5.3 Výsledky	33
5.3.1 Vizuelní zhodnocení mumifikovaných živočichů.....	33
5.3.2 Digitální mikroskopie.....	34
5.3.3 Planární radiografie	35
5.3.4 Trichologická analýza	36
5.3.5 Rentgenová mikrotomografie.....	37
6. Diskuse	39
7. Závěr.....	44
Seznam zdrojů a literatury	45
Přílohy	59

1. Úvod

Mumifikace, ať už lidí nebo zvířat, je většinou spojována se starověkým Egyptem, ten ale není zdaleka jedinou oblastí, kde lze mumie nalézt. Většina známých egyptských mumií jsou navíc mumie umělé, člověkem vytvořené, nicméně kromě nich existují i mumie vzniklé přirozeně přírodními procesy, z nichž nejznámější je nejspíše ledovcová mumie eneolitického lovce Ötziho a v případě zvířat nálezy mamutů ze sibiřského permafrostu. Při zpracování těchto nálezů dochází ke sběru mnoha informací o jejich životě a okolnostech smrti a v konečném důsledku jsme schopni se dovědět i něco o prostředí, ve kterém se tyto jedinci nacházeli.

Tato práce si dává za cíl teoreticky přiblížit různé způsoby vzniku přirozeně mumifikovaných nálezů a následně poukázat na metody používané při jejich analýzách, s tím, že pozornost je zaměřena především na savce. Přestože existují souhrnné publikace věnující se mumifikaci a zkoumání mumií (z nich např. Aufderheide 2010 nebo Shin – Bianucci 2021) týkají se obvykle lidských mumií a zvířecím nálezům a metodám, které jsou pro ně specifické, se nevěnují, nebo je zmiňují pouze okrajově. Tato práce tak shrnuje spektrum pro zvířecí nálezy použitelných metod do jednoho celku.

Ve druhé, praktické části této práce jsou vybrané metody použity s cílem zhodnocení a druhové determinace nálezu dvou savčích mumií z Říkova (okr. Benešov). Na základě praktického využití těchto metod lze také uvažovat o jejich dostupnosti a přínosu pro archeology či muzejní pracovníky, kteří se mohou s mumifikovanými nálezů v našem prostředí setkat a pracovat s nimi.

2. Mumifikace jako tafonomický proces

Slovo mumifikace pochází nejspíše z perského *mumeia*, případně *mum* (arabsky *mumiya*), což původně značí živice nebo asfalt. Když si lidé v minulosti prohlíželi egyptské mumie, všimli si, že jsou často zčernalé, a proto věřili, že se k zachování těl používaly živice nebo asfalt. Slovo *mumie* se tak postupem času přeneslo i na mumifikované, tj. živici či asfaltem ošetřené, tělesné pozůstatky (Lynnerup 2010).

Mumifikace jako proces, kterému jsou vystaveny pozůstatky zvířat, spadá do studia tafonomie. V nejobecnějším smyslu se tafonomie zajímá o procesy, kterými procházejí mrtvé organismy nebo jejich části při přesunu z biosféry do litosféry, popř. do geologického záznamu. V souhrnu se jedná o rozklad měkkých tkání, skeletonizaci a následnou disartikulaci těla, zvětrávání kostí, pohřbení pozůstatků do sedimentu a diagenezi. Jelikož se nejčastěji zachovávají kosti a další tvrdé tkáně (zuby, parohy, rohy), věnují se tafonomické metody především změnám na kostech (Lyman 1994).

Mumifikace je charakteristická tím, že vede k zachování nejen tvrdých tkání (kostí), ale i tkání měkkých, dochází tedy k zbrzdění rozkladných procesů (Piombino-Mascali et al. 2017). Aufderheide (2010) definuje mumii jako fyzicky zachované tělo nebo tkáň podobající se živému stavu, nicméně po určitý časový interval odolávající dalšímu rozkladu. Zvláště na základě spojení „*podobající se živému stavu*“ poté Aufderheide (2010) zahrnuje mezi mumie i příklady exkarnace a taxidermie. Doba přetrvání mumie může činit několik měsíců (typicky mumie v Tichomoří, kdy je tělo zachováno po dobu truchlení pozůstalých) až desítky tisíc let (mumie mamutů srstnatých ze Sibíře s odhadovaným stářím 20 000 let; Aufderheide 2010).

Vzhledem k tomu, že zachování měkkých tkání se vyskytuje v rozsahu od skvělého po téměř žádné, neexistuje ani jasně daná hranice mezi kostrou s minimálním zachováním měkkých tkání a mumii. Pojem mumie se obvykle užívá tehdy, došlo-li k zachování měkkých tkání do takové míry, že jsou minimálně celé části těla pokryty kůží a zároveň jsou přítomny některé vnitřní struktury, jako úpony svalů, vazy, šlachy či dokonce vnitřní orgány a svaly (Lynnerup 2007).

2.1 Rozklad těla

Po smrti živočichů procházejí jejich těla dvěma hlavními fázemi rozkladu – fází anaerobní a aerobní. Bezprostředně po smrti dochází k anaerobnímu rozkladu způsobenému autolýzou vlastních buněk. Po vyčerpání kyslíku v těle poklesne funkčnost biologických membrán,

a to zejména z důvodu zastavení membránových pump, které ke své práci potřebují stálý přísun energie. Změna v látkovém složení vnitrobuněčného prostoru způsobí poškození buněčných struktur a organel, včetně lysozymů, z nichž začnou unikat hydrolytické enzymy. Tyto enzymy poté zahájí rozkladné procesy štěpením molekul uvnitř vlastní buňky. Nekrotické buňky mohou ale také praskat a tím uvolňovat enzymy do svého okolí, čímž jsou buněčnými enzymy rozkládány také zvenčí (Lynnerup 2007; Aufderheide 2010).

Následující hnilobný rozklad těla, putrefakce, je způsoben mikroorganismy, především bakteriemi (Lynnerup 2007). Účastní se jej jak bakterie původně tělu vlastní, tak bakterie z okolního prostředí (Lyman 1994). Jelikož v mrtvém těle dojde k postupnému vyčerpání kyslíku, rozšíří se zde především anaerobní bakterie, původně přítomné hlavně ve slepém střevě. Činností mikroorganismů vzniká v těle plyn, který je příčinou posmrtného nadýmání, které později způsobí odloučení kůže, např. u lidských těl je to nejčastěji kůže skalpu a rukou. Během rozkladu z těla uniká tekutina vznikající při rozkladných procesech (Piombino-Mascali – Carr 2021).

K rozkladu mohou přispět také houby, z většiny aerobní, jejichž výskyt se obvykle omezuje na povrch mršiny (Lyman 1994). Aufderheide (2010) ale zmiňuje, že u již existujících mumií lze jen těžko posoudit, zda houba nacházející se na mumii je z minulosti či současnosti, a obecně neexistuje příliš informací o tom, jak destruktivní vliv na tkáně jednotlivé druhy hub vlastně mají. Houby také bývají mikroskopicky přítomny v kostech, kde využívají již existující kanálky pro růst hyf, či demineralizují kost a vytváří tak kanálky nové (Aufderheide 2010).

Na základě prostředí, ve kterém se tělo nachází, se mohou rozkladu účastnit také makroorganismy – bezobratlí živočichové, především hmyz, a mrchožraví obratlovci (Lynnerup 2007). Ti jsou přitahováni produkty předchozího rozkladu, plynem a tekutinou, a dále redukují množství biomasy (Finaughty – Morris 2019). Micozzi (1991) cituje tři skupiny hmyzu, které se mohou na mrtvém těle vyskytovat. Nekrofágní hmyz, obvykle se jedná o larvální stádia, je primárním konzumentem odumřelých tkání. Dále je to hmyz omnivorní, který konzumuje kromě tkání také larvy nekrofágního hmyzu. Posledním skupinou je hmyz, který je ve vztahu predátora, nebo parazita k hmyzu nekrofágnímu a rozkladného procesu se přímo neúčastní. Jednotlivé druhy hmyzu se dostávají k mrtvému tělu v různých fázích rozkladu – první většinou mouchy, až později, když je tělo z větší části zbaveno vody, brouci kožojedi (Piombino-Mascali – Carr 2021).

Na konci celého rozkladného procesu stojí skeletonizace, často spojená s disartikulací jednotlivých kostí. Disartikulace závisí na anatomii jednotlivých kloubních spojení, kdy kosti spojené pouze volnými klouby bývají odděleny dříve než kosti pevně spojené. Zásadním faktorem při disartikulaci je i míra rozkladu měkkých tkání, tj. množství svalů, vazů a šlach, které zůstaly zachovány a drží jednotlivé kosti pohromadě. Mimo jiné hrají významnou roli velcí mrchožraví živočichové, kteří jsou schopni zbavit tělo velkého množství tkáně a následně přemísťovat části mrtvého těla z místa na místo (Lyman 1994). Obecně lze říci, že ke skeletonizaci dochází rychleji u těl ponechaných na povrchu, jelikož jsou vystavena intenzivnějšímu působení rozkladačů a mrchožroutů (Micozzi 1991).

2.2 Bránění rozkladu těla

Aby došlo k mumifikaci, musí být alespoň některé z rozkladných procesů zbrzděny. Rozkladné procesy nicméně nelze zastavit zcela (Piombino-Mascali – Carr 2021). Nejintuitivnějším řešením, jak zabránit působení některého z výše zmíněných původců rozkladu nebo dalších činitelů, je jejich odstranění či omezení. Zatímco bakterie z vnějšího prostředí lze eliminovat přenesením těla do sterilních podmínek, v případě vnitrobuněčných enzymů a bakterií původem z organismu je situace složitější, jelikož jsou v těle přítomny od počátku. Jednou z možností, jak jejich aktivitu omezit, je ohřívání nebo vaření těla při teplotách nad 50 °C, kdy dojde k denaturaci bílkovin, a tedy i enzymů a buněk bakterií (Aufderheide 2010). Tento způsob zachování těla po nezbytně dlouhou dobu je znám z 11. a 12. století, z počátku křížových výprav, kdy bylo potřeba dopravit tělo zemřelého vojáka zpět domů, aby mohl být řádně pohřben (Nerlich – Bianucci 2021). K denaturaci bílkovin ale může dojít i působením silných kyselin a zásad či fixačních činidel (Aufderheide 2010). Pro hmyz a obratlovce se může stát tělo nedostupným relativně snadno, pokud se ocitne v prostorech těmto živočichům nepřístupným, je například ukryto do jeskyně, ponořeno do rašeliniště, pohřbeno do utěsněné rakve, či se nachází v prostředí, kde se hmyz a případně mrchožrouti nenacházejí (např. Antarktida, suché pouště; Aufderheide 2010).

Efektivním způsobem, jak zachovat tělo, je jeho vysušení, protože většina enzymů účastnících se jeho rozkladu jsou enzymy hydrolytické, které ke svému fungování potřebují vodní prostředí. To platí rovněž pro enzymy bakterií, ať už původem z těla či prostředí (Piombino-Mascali – Carr 2021). Navíc mnoho enzymů potřebuje pro své fungování specifické ionty, a pokud se tělo ocitne v prostředí, kde je těchto iontů silný nedostatek, nedochází u něj k rozkladu. Typicky jsou takovými případem těla nalezená v rašeliništích, tzv. *bog bodies* (Aufderheide 2010). Jelikož jsou enzymy často velmi substrátově specifické,

po strukturních změnách proteinů již nejsou schopny tyto proteiny rozložit. K tomu lze dospět denaturací bílkovin vysokou teplotou, vlivem fixačních činidel jako je alkohol, nebo formaldehyd, ale také působením jiných chemických látek (Aufderheide 2010). V rašeliništích hraje významnou roli rašeliníkový pektin sphagnum, který v konečném důsledku vytváří vazby mezi jednotlivými řetězci kolagenu (*crosslinking*), který se tak stává chemicky odolným (Beckett 2021a). Některé domorodé kultury používají k mumifikaci těl kouř, v němž přítomné aldehydy taktéž způsobují crosslinkování vláken kolagenu (Aufderheide 2010). Specifickým případem chemické přeměny je saponifikace, tj. přeměna tuku na chemicky odolnější adipocery, který chrání obalené tkáně proti rozkladu (Lyman 1994). Inhibující účinek na enzymy poté mají i těžké kovy (Aufderheide 2010).

Aby došlo k mumifikaci těla, postačuje pouhé i zpomalení jeho rozkladu. Ke zpomalení funkce enzymů přispívá pH odlišné od jejich optima, obvykle výrazně kyselé – což je opět případ rašelinišť – či výrazně zásadité (Aufderheide 2010). Také nízké teploty zpomalují průběh reakcí, což se projevuje nejen ve funkci hydrolytických enzymů, ale i v rychlosti dělení bakterií. Pod hranicí 12 °C je dělení bakterií značně zpomalené a v rozmezí 0–5 °C se prakticky zastaví. Podobný efekt, tj. výrazné zastavení dělení bakteriálních buněk, mají i teploty nad 40 °C. Nicméně s teplotou klesající od této hranice schopnost bakterií se rozmnožovat strmě narůstá a k nejrychlejšímu bakteriálnímu rozkladu dochází mezi teplotami 15–37 °C (Micozzi 1991). Bakteriální růst lze zabrzdit také nastolením anaerobních podmínek, či fixací těla pomocí minerálních solí (Lynnerup 2007). Antibakteriální vlastnosti mají ale i nejrůznější látky používané při umělé mumifikaci, jakými jsou kouř a různá koření a byliny, např. myrta (Aufderheide 2010).

Míra kolonizace těla mrchožravými živočichy je sice závislá na prostředí, ve kterém se tělo po smrti nachází, nicméně určujícím faktorem pro výskyt bezobratlých rozkladačů je opět dostupnost vody v těle (Lynnerup 2007). Zde lze uvést rozdíl mezi mušičími larvami (typicky čeled' Calliphoridae), které jsou hlavními činiteli odstranění měkkých tkání a preferují vlhké tkáně, a mezi kožojedovitými brouky, kteří se k tělu dostávají až později a preferují spíše suché zbytky tkání na kostře. Rozklad hmyzem se zpomaluje také při nízkých teplotách (Aufderheide 2010).

2.3 Dělení mumifikace podle záměru

Podle toho, do jaké míry došlo k vědomému ovlivnění rozkladných procesů, rozděluje Micozzi (1991) mumifikaci na přirozenou, záměrnou a umělou. Přirozená mumifikace je výsledkem výhradního působení přírodních podmínek, kdy se často jedná o podmínky extrémního charakteru, například sucho, mráz, výrazně kyselé prostředí rašelinišť, či anoxie.

Záměrná mumifikace představuje úmyslné využívání přírodních procesů, které vedou k zachování těla, například zmrazení, či ukládání těl do jeskyní poté, co bylo vyzorováno, že se v ní těla zachovávají. Umělá mumifikace je taktéž úmyslná, využívá ale procesy, které se přirozeně nevyskytují, používá často nejrůznější balzamovací prostředky, jako jsou oleje, byliny, či jiné chemické látky. Aufderheide (2010), který dělí mumifikaci na antropogenní (umělou), spontánní (přirozenou) a zesílenou spontánní (odpovídá záměrné mumifikaci), přidává ještě mumifikaci neurčitěho vzniku, z důvodu potřeby širší kategorizace nálezů. Nastavit hranici mezi mumifikací přirozenou a záměrnou je poněkud složité, neboť při nálezu již není znám původní záměr těch, kteří jej pohřbívali. Proto lze jen stěží stanovit, zda došlo k mumifikaci těla přirozeně vlivem podmínek prostředí, nebo zda bylo tělo umístěno do daného prostředí záměrně (Rodríguez-Martín 2021).

2.4 Umělá mumifikace

Umělá mumifikace je zaměřena především na zachování lidských těl. Nejznámější příklady pocházejí z kultur spjatých s podmínkami napomáhajícími přirozené mumifikaci, typicky Egypt, či západ Jižní Ameriky. Nicméně existují mnohé příklady i z jiných částí světa, včetně oblastí, které jsou pro dlouhodobé zachování těl nevhodné, například mnohé tichomořské ostrovy (Micozzi 1991). Za dva hlavní důvody provádění mumifikace lze považovat posílení politické autority vládnoucí skupiny, či snahu naklonit si nebo usmířit ducha zemřelého. Tomu může odpovídat i doba vymezená pro zachování těla, od „navždy“, přes období určené pro truchlení pozůstalých, po mumifikaci za účelem převozu těla na konečné místo odpočinku, což je příklad spartských králů, kteří zemřeli v boji (Aufderheide 2010), nebo evropských křižáků, kteří zemřeli ve Svaté zemi či cestou tam a s nimiž jsou spojeny počátky umělé mumifikace v Evropě (Nerlich – Bianucci 2021).

Nejrozšířenějším postupem umělé mumifikace je vysušení těla. Výjimku představují mumie z náhorní plošiny Ukok z Altaje, které byly ukládány do permafrostu hloubených pohřebních komor (Slepchenko et al. 2021a). Za účelem vysušení těla bylo voleno různých postupů. Ainuové z ostrova Hokkaido vystavovaly těla na slunci, Egyptané používali vysušující látky ve formě směsi sodných solí (natron) a příslušníci kultury Chinchorro v Jižní Americe písek (Micozzi 1991). Doloženo je i zapalování ohně pod těly na ostrově Luzon (Beckett 2021b) či využití kouře současně s mechanickým odváděním vody z těla u kmene Anga na Papui Nové Guineji (Beckett 2021c). Široce rozšířené je balení těla do propustných textilií, ať už jde o obvazování lněnými obvazy ve starověkém Egyptě, nebo obalování lýčenými textiliemi a rohožemi v Severní a Jižní Americe (Micozzi 1991), či zvířecími kůžemi u Guančů na ostrově Tenerife (Rodríguez-Martín 2021). Buddhističtí mniši z Japonska

před svou smrtí záměrně upravovali složení své stravy, čímž došlo k dehydrataci těla a snížení tělesné hmotnosti, což následně usnadňovalo vysušení těla po smrti (Fujita et al. 2021).

K vyjmutí vnitřností a následnému naplnění těla jiným materiálem, často aromatickými přírodninami, někdy pískem, docházelo v různých kulturách s různou frekvencí. Běžné bylo potírání těla aromatickými látkami na bázi pryskyřice, výluhy z bylin a oleji, někdy i živicemi (Micozzi 1991). V novověké Evropě byly při konzervaci těla využívány těžké kovy, jako jsou rtuť či arsen. Zvláště po objevu formaldehydu se rozšířil nový způsob mumifikace, který používá fixačních činidel rozšířených v těle pomocí cévního systému (Nerlich – Bianucci 2021). Do takto ošetřených těl je ale často nutné fixační látky dodávat, jelikož unikají či reagují za vzniku jiných sloučenin. Tímto způsobem byla balzamována celá řada politických vůdců, např. V. I. Lenin (Bianucci et al. 2021).

2.5 Umělé mumie zvířat

Stejně jako u lidských těl proslavil umělou mumifikaci zvířat nejvíce starověký Egypt. Sporadicky jsou mumifikovaná těla zvířat nalézána už od Staré říše (2600–2100 BC), přičemž obrovský rozmach tohoto typu nálezů je spjat s Pozdní dobou (od 660 BC) a trval až do poloviny 4. století n.l., kdy Egypt ovládli křesťané. Zvířecích mumii z této doby jsou řádově miliony a patří mezi ně mazlíčci, zásoby pro zemřelé, mumie posvátných zvířat, votivní mumie, nepravé, též amalgámové nebo pseudomumie a ostatní (Ikram 2021).

Zvířecí mazlíčci byli mumifikováni z toho důvodu, aby mohli být svému majiteli nablízku i v posmrtném životě. Často jsou nalézáni spolu s majitelem, včetně královských pohřbů, a je u nich uvedeno jméno. Druhové zastoupení je poměrně široké – od psů, koček, opic, gazel, po koně. Oproti tomu existence zvířecích mumii, které tvořily zásoby jídla, souvisí s přesvědčením, že do posmrtného života si člověk může vzít, co chce. Proto nejsou výjimkou nálezy mumifikovaných žeber, telecích nohou, hovězích plecí, upravených jater i drůbeže. Zvířata jsou nachystaná ke konzumaci, zabalená do obinadel a vložena do malých rakví odpovídajících tvaru pokrmu (McKnight et al. 2015; Ikram 2021). Mumie posvátných zvířat poté reprezentují jedince, kteří byli za života považováni za vtělení boha. Tato zvířata byla uctívána a opečovávána a často jim byly přiřítány prorocké vlastnosti. Po smrti, která znamenala přesun boha do jiného těla, byla pohřbena se všemi počtami do speciální hrobky. Příkladem je kult býků Apis zasvěcených bohu Ptahovi a pohřbívaných v Serapeu v Sakkáře, beranů v Elephantine na prvním nilském kataraktu, či koček v Bubastisu v deltě Nilu (Aufderheide 2010; Ikram 2021).

Nejběžnější skupinou nalézáných mumii jsou votivní obětní mumie, tj. konkrétní zvířata asociována s určitým božstvem – např. kočky pro bohyni Bastet, ibisové pro boha Thotha. V tomto případě se ale nejednalo o vtělení boha, nýbrž o jakéhosi posla, který předal božstvu modlitbu poutníka, který votivní mumii zakoupil a donesl do chrámu či svatyně. Darováno bylo široké spektrum druhů zvířat, přičemž některá byla s největší pravděpodobností za účelem obětování i chována (Ikram 2021). Aufderheide (2010) podává detailní výčet nalezených druhů, současně s božstvy, se kterými byly asociovány. Ze savců se jednalo například o hovězí dobytek, ovce, kozy, psy, šakaly, kočky (divoké i domestikované), lvy, hrochy, opice, promyky, rejsky a hlodavce. Mumifikováni byli také ptáci (především dravci), plazi (typicky krokodýl) a ryby (například úhoř a sumec). Mezi votivními mumii existují i nepravé mumie, jejichž celkový tvar sice odpovídá zvířeti, uvnitř se ale nachází pouze částečné pozůstatky jednoho či několika zvířat, shluk peří, rákosí, nebo vůbec nic a celý tvar je vytvořen pouze z obinadel (McKnight et al. 2015; Ikram 2021). Mnoho nepravých mumii napodobuje mumie koček či krokodýlů (Aufderheide 2010).

3. Přirozená mumifikace

Na rozdíl od záměrné mumifikace je přirozená, někdy těž spontánní, mumifikace způsobena přírodními podmínkami a její vznik není přímo ovlivněn lidským faktorem (Lyman 1994). Nejhrubší rozlišení definuje dvě kategorie – mumie vysušené a mokré, tedy ty, na jejichž vzniku se podílely jiné faktory než vysušení. Zdaleka nejrozšířenější formou mumifikace je ale právě vysušení těla. Tělo může být zbaveno vody působením vysokých teplot (vypařování), nízkých teplot (sublimace nebo osmotické působení ledu), hypertonicity (vysoký obsah solí v půdě), či stálým prouděním vzduchu (Piombino-Mascalì – Carr 2021). Dva posledně jmenované způsoby často napomáhají odvodu vody v podmínkách s výrazně vysokými či nízkými teplotami, ale taktéž přispívají k mumifikaci v prostředích bez extrémních teplot. U mumií, u kterých k vysušení nedošlo, hrají roli specifické chemické procesy v místě uložení těla. Typickými zástupci jsou tzv. *bog bodies*, tj. těla zachovaná v rašeliništích, nebo mumie z chladných oblastí jako jsou tzv. *Lhullaillaco mummies* z Argentiny, které si zachovávají vysoký obsah vody v těle (Piombino-Mascalì – Carr 2021). V tomto a dalších případech jsou pomocnými faktory při zachování těl formování adipoceru (chemicky odolné formy tuku), vyšší koncentrace těžkých kovů (např. arsen, rtuť, olovo, měď), či navození anaerobních podmínek (Aufderheide 2010). Významným doplňujícím faktorem je uložení těla na místě, kde je chráněno před mrchožrouty.

3.1 Mumifikace způsobená vysušením vysokými teplotami

Nejběžnějším mechanismem spontánní mumifikace je vysušení, dehydratace, těla. Ve velkém počtu se tyto mumie vyskytují v pouštních oblastech, např. na Sahaře v Egyptě, v pouštích Gobi nebo Taklamakan v Číně, v poušti Atacama v Peru a v severním Chile, či v oblasti jihozápadních Spojených států. Nicméně k vysušení těl může dojít i v podnebních vlhčích, jak ukazují nálezy z jeskyní v blízkosti sopek na Aleutských ostrovech (Aufderheide 2010).

Na vysušených mumiích lze sledovat závislost míry zachování na jejím obnažení, a tedy zpřístupnění k dehydrataci. Ty části těla, které se těsně dotýkaly či byly v kontaktu s jiným povrchem, často vykazují známky výraznějšího rozkladu a horší zachovalosti, než místa odhalená (Aufderheide 2010). Typické je zachování kůže na koncích končetin, které obsahují celkově menší podíl vody a mají větší relativní povrch. Ve srovnání s nimi je kůže na zadní polovině těla většinou hůře zachovaná, jelikož je v kontaktu s podkladem a voda v ní obsažená, spolu s tělními enzymy, je gravitací stahována dolů. Pokud je tělo podmínkám prostředí vystaveno přímo, může k vysušení dojít už za dva týdny. V uzavřených strukturách trvá proces mumifikace přibližně 1–3 měsíce (Piombino-Mascalì – Carr 2021).

Nálezy mumifikovaných savců často pocházejí z Jižní Ameriky, především z území dnešního Peru a Chile, a to díky přirozeně horkému a suchému podnebí a zdejší slané půdě. Ačkoliv jsou těla zvířat mnohdy zabalená a pohřbená, ve většině případů proběhla jejich mumifikace přirozeným způsobem. Mnohé z těchto nálezů zvířat jsou spojeny s kulturou Chiribaya a lze pouze obtížně určit, zda se jednalo o mazlíčky či užitková zvířata. Některé ale představují výjimku a vykazují zřetelné rituální znaky, například 112 morčat uložených pod podlahou domu, kdy některá z nich byla dekapitovaná a některá měla v tlamě listy koky (Ikram 2021). Mumifikovaných nálezů je na území dnešního Peru více, ať už se jedná o zvířecí mumie objevované s lidskými pohřby, nebo jednotlivá zvířata deponovaná v blízkosti kamenných staveb, např. 23 lam a alpak z období zhruba 1000 BP z jižního Peru. Dalšími nalézánými druhy jsou psi, kočky, papoušci, volavky, plameňáci, či některé v oblasti nepůvodní druhy opic, které dokazují existenci obchodních komunikací (Aufderheide 2010; Ikram 2021). Z dalších oblastí lze jmenovat mumifikované plody lam z Bolívie, které sloužily jako náboženské obětiny (Rae 1996), nebo devět více či méně zachovaných paviánů čakma (*Papio ursinus*) z jeskyně Misgrot v Jihoafrické republice, kterou tito primáti využívali jako místo na spaní (Nel et al. 2021).

Ojedinele lze najít zmínky o zvířecích mumiích také na území i České republiky. Z jižních Čech jsou evidovány dvě mumifikované krysy (*Rattus rattus*, Český Krumlov a Vrátó), nicméně ani jeden z těchto exemplářů se nedochoval (Mikeš – Kovačiková 2019).

3.2 Mumifikace způsobená působením nízkých teplot

Při poklesu teploty pod 0 °C začínají tkáně pomalu mrznout a tvoří se v nich ledové krystaly, které je značně poškozují. Nejprve led vzniká v extracelulárních prostorech, čímž dojde k posunu osmotické rovnováhy a postupné dehydrataci buněk. Pokud v této fázi nedojde k porušení plazmatické membrány buňky, je buňka nakonec zničena zevnitř formováním ledových krystalů (Aufderheide 2010). Působením nízkých teplot mohou vznikat dvě skupiny mumií. Buď zmrzne celé tělo, tj. jeho rozklad je zabrzděn nízkými teplotami, při kterých nepracují enzymy, neběží chemické reakce a nemnoží se bakterie, nebo je tělo vysušeno mrazem (Piombino-Mascalì – Carr 2021). K vysušení těla mrazem dochází jak při sublimaci – obvykle ve vysokých nadmořských výškách, kde je nízký atmosférický tlak, vliv má i proudění vzduchu, relativní vlhkost a fyzikální vlastnosti prostředí mezi tělem a vzduchem (Aufderheide 2010; Piombino-Mascalì – Carr 2021) – tak při postupné krystalizaci vody většinou okolo těl pohřbených v permafrostu, která následně nabývá podoby ledových čoček a na rozdíl od vysušení sublimací při ní dochází k postupnému smršťování tkání (Guthrie 1990).

Míra vysušení těla má zásadní vliv na zachování stavu mumie při nárůstu teplot. Těla, v nichž přetrvala voda jsou ohrožena rozkladem, který na rozdíl od čerstvých těl postupuje zvenčí, nikoli zevnitř. Střídání období mrazů a oblevy navíc přispívá k disartikulaci těla, které se stává náchylnějším pro napadení dekompozitory (Piombino-Mascali – Carr 2021). Do teplot $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ dochází k neenzymatickému rozkladu bílkovin, přestože se tedy těla některých nálezů, typicky mamutů, jeví jako velmi zachovalá, došlo již k jejich poškození. S mumiiemi z oblastí s trvale nízkými teplotami je také často spojována tvorba adipoceru (Aufderheide 2010).

Velmi známé jsou nálezy vyhynulé megafauny, ať již na Sibiři či na Aljašce. Nicméně většina nálezů nebývá příliš dobře zachována z toho důvodu, že doba od jejich objevu v terénu po jejich převoz na vhodné konzervační místo je příliš dlouhá na to, aby se zabránilo částečnému rozkladu a poškození těla mrchožrouty (Aufderheide 2010). Mezi druhově nejatraktivnější patří nálezy mamutů srstnatých (*Mammuthus primigenius*). Známá jsou jejich mláďata pojmenovaná Dima (Guthrie 1990) nebo Yuka (Boeskorov et al. 2013). Kromě nich se objevují i více či méně kompletní zbytky dospělých mamutů na dalších místech (Guthrie 1990; Pitulko 2010; Ukraintseva 2013; Fisher et al. 2014). K dalším významným druhům patří bizoni stepní (*Bison priscus*) z Jakutska (Boeskorov et al. 2016) či z Čukotky (Nikolskiy – Shidlovsky 2014), nosorožci srstnatí (*Coelodonta antiquitatis*; Guthrie 1990; Boeskorov et al. 2011), koně (*Equus* sp.), jejichž nálezy jsou poměrně vzácné (Guthrie 1990; Spasskaya et al. 2012; Boeskorov et al. 2013), stejně tak nepříliš běžní lvi jeskynní (*Panthera spelaea*; prozatím potvrzena pouze čtyři mláďata; Boeskorov et al. 2021), pozemní veverky (*Urocitellus glacialis*; Faerman et al. 2017) a rosomák (*Gulo gulo*; Pitulko 2010). Nálezy zvířat z permafrostu v Severní Americe, a to především z Aljašky a Yukonu, rozšiřují seznam fauny o další mamuty, bizona stepního, losa a téměř kompletní samici vyhynulého druhu pižmoně (*Bootherium*; Guthrie 1990; Aufderheide 2010), mládě pleistocenního vlka (*Canis lupus*; Meachen et al. 2020), rysa (*Lynx* sp.), králíka (*Lepus* sp.; Zimmerman 1996), tchoře čermonohého (*Mustela nigripes*; Youngman 1994), pozemní veverku, myš, piku a různé kopytníky – koně, bizony, soby, losy, jejichž části těla jsou nalézány ve větších počtech (Guthrie 1990), a naposledy také mrože objeveného na počátku 20. století (Aufderheide 2010).

Již méně známí jsou mrazem mumifikovaní savci z Antarktidy, především tuleni krabožraví (*Lobodon carcinophaga*), u nichž se předpokládá, že je přilákala vznikající ledovcová jezera a následně zde zahynuli hlady při neúspěšné snaze najít cestu zpět do moře. Nálezy

podobného typu jsou známé i z východu Grónska, např. karibu, pižmoni a labutě (Aufderheide 2010). Z Alp pochází mumie kočky datovaná do rozmezí 30–35 BP (Weisgram et al. 1996), mumie zajíce běláka (*Lepus timidus*) z druhé poloviny 20. století (Döppes et al. 2014), ze Švýcarska poté mumie kamzíků (Schlüchter et al. 2006). Na pomezí mezi záměrnou a přirozenou mumifikací jsou skytské pohřby koní z údolí Pazyryk (Turano-Uyukská pánev). Koně zde byli nalezeni v pohřebních komorách kopaných do permafrostu, někteří koně byli ale i eviscerováni (Aufderheide 2010). Na území západního Mongolska na lokalitě Üzüür Gyalan byl objeven pohřeb podobného typu – přirozeně mumifikovaná žena a kůň a dary z 10. st. n. l. (Onar et al. 2019).

3.3 Mumifikace důsledkem uložení do krypt či katakomb

Určité množství mumií je nalézáno také v kryptách a katakombách, jedná se především o přirozeně mumifikovaná těla, z nichž se v naprosté většině případů dochovalo více než jen kosti. Mezi mikroklimatické podmínky v kryptách, které napomáhají přirozené mumifikaci, patří nižší a stabilní teplota, která zpomaluje činnost enzymů a bakterií a zároveň brání srážení vlhkosti, a stálé proudění vzduchu, které odvádí vlhkost pryč od těla. Často jsou mumifikovaná těla uložena ve vzduchotěsných sarkofázích (Nerlich – Bianucci 2021).

3.3.1 Úmyslně zazděná zvířata

Z Britských ostrovů, ze severu střední Evropy, ale také ze severovýchodní části USA a ojediněle i z Austrálie jsou k dispozici informace o nálezích zazděných a mnohdy mumifikovaných koček (Manning 2014). Hlavním důvodem, proč došlo k mumifikaci jejich těl vysušením, je stálá teplota prostor a v některých případech i stálé proudění vzduchu, které odvádí vlhkost od těla (Thürlimann 2016). Kočky se často nacházejí v uzavřených prostorech – pod podlahou, těsně pod střechou či ve zdech obytných, například hrázděných, domů (ibid.) nebo církevních budov, kam musely být umístěny záměrně. O úmyslu svědčí zafixovaná pozice některých jedinců, jejich obklopení dalšími předměty a umístování do prostor, které byly dostupné naposledy při stavbě domu. Z toho důvodu je pravděpodobné, že kočky vkládali do stavby dělníci, nikoliv její majitelé (Manning 2014). Možnost datování mumifikovaných koček je omezená, protože v některých případech existují náznaky, že byly do základů domů přidány až později, při opravách či rekonstrukcích. Časový rozestup mezi stavbou domu a zazděním koček tak může být i několik století (Hoggard 2015). Nálezy některých jedinců nenasvědčují tomu, že byli zazděni zaživa, což může být případ dvou koček z Rakouska, které měly zlomený vaz (Manning 2014). Zajímavostí je, že některé kočky byly s pomocí drátů instalovány do loveckých pozic a do jejich blízkosti byla umístována kořist, ať už myš, krysa nebo pták. Někdy byla kořist

dokonce vložena kočce do tlamy (Hoggard 2015). V několika popsáných případech obklopovaly kočky ještě další předměty, např. boty, rostlinný materiál či předměty z domácnosti (Manning 2014). Pro úmyslné umístování mrtvých koček do příbytků může existovat vícero vysvětlení, od snahy odstrašit škůdce v pozici lovce, přes rituál praktikovaný při stavbě domu, jehož cílem bylo usmířit si duchy místa, aby nedošlo k nějakému neštěstí (ibid.), po spoléhání se na kočky jako na ochránitele před zlými duchy (Hoggard 2015) či nositele štěstí (Manning 2014).

Nálezy zazděných zvířat pocházejí i z České republiky. Roku 1914 byla při rekonstrukčních pracích na kostele sv. Petra a Pavla v Mělníce, ve speciálním výklenku ve výšce 2,2 m, odhalena kočka, pravděpodobně z konce 14. století (Čermák 1915). Další mumifikované kočky byly nalezeny v budově kasáren v Brně, v Jaroměři (dva exempláře), v Třebotově či v budově bývalé solnice v Sobotce (pět exemplářů), příkladem další zazděné šelmy je pes velikosti chrta objevený ve stropě ždánického zámku (Holubová – Vachůt 2009). Co se týče hlodavců, Jirsík (1957) zmiňuje devět mumifikovaných krys a jednoho plcha velkého ze 16. století nalezených při rekonstrukci renesanční části Pražského hradu.

3.4 Mumifikace způsobená osmotickými silami

Vysoká koncentrace NaCl v půdě může vést k vysušení těl a zároveň působit jako antibakteriální činidlo (Piombino-Mascali – Carr 2021), jak naznačují unikátní nálezy „slaných mumií“ ze solného dolu z Chehrābādu v Íránu. Jedná se zatím o ojedinělý případ, kdy došlo k mumifikaci několika lidských těl (a netopýřů) v důsledku působení solí v půdě (Aali et al. 2012). V roce 2021 byla na témže místě objevena ještě noha ovce se zachovanou kůží (Rossi et al. 2021). Zvýšený výskyt sodných solí vedl také k mumifikaci ptáků a netopýřů v Natronovém jezeře v severní Tanzánii (Brandt 2015).

3.5 Mumifikace spojená s rašeliništi

Typickými zástupci mumií, u kterých není hlavním důvodem pro přetrvání těla dehydratace, jsou *bog bodies*, tj. těla konzervovaná v rašeliništích. Okolnosti, za kterých se do rašeliniště dostala, mohou být velmi různorodé – od nešťastných náhod, přes běžné pohřební praktiky (využívání rašeliniště jako hřbitova), po rituální a obětní důvody (Beckett 2021a).

Pro zachování organických zbytků je nevhodnější rašeliniště vrchovištního typu s mechem rašeliníkem (*Sphagnum* sp.) a nízkým pH v rozmezí 3,2–4,5. Vrstva rašeliníku způsobuje anaerobní prostředí ve větších hloubkách a zároveň vypouští polysacharid sphagnan, který na sebe váže kovové ionty. Díky tomuto procesu dochází k potlačení enzymatického rozkladu a také vyvazování vápníku z kostí, které se tak stávají tvárnými (Beckett 2021a).

Roli hrají také huminové kyseliny, které mimo jiné způsobují crosslikování vláken kolagenu, který se tak stává hůře rozložitelným (Aufderheide 2010). Taniny a huminové kyseliny jsou zodpovědné za hnědé zbarvení takto mumifikovaných těl. Působením vrstev rašeliny je tělo včetně dekalifikované kostry smáčkuto a deformováno a taktéž dochází k prostorovému posunu vnitřních orgánů (Beckett 2021a). Jelikož bylo dříve jedinou možností, jak uchovat *bog bodies*, jejich vysušení, jsou takovéto nálezy často smršťené a ztvrdlé a neumožňují opakovaný výzkum. Dnes se standardně používá sušení mrazem. Smršťování těla se ani v tomto případě nelze vyhnout, ale probíhá výrazně pomaleji (Lynnerup 2010).

Přestože jsou známy nálezy zvířat z rašeliníšť, jedná se spíše o kosterní pozůstatky (Moubarak-Nahra et al. 2014, Long – Yahnke 2011). Výjimkou je v tomto ohledu nález zachovaného těla kozáka a jeho koně ze 17.–18. století z Kurganské oblasti v Rusku (Slepchenko et al. 2021b).

3.6 Mumifikace spojená se saponifikací či korifikací

Saponifikace, neboli tvorba adipoceru, má vztah k vlhkému a mírně anaerobnímu prostředí. Dochází při ní k transformaci nenasycených mastných kyselin a zvyšuje se zastoupení nasycených mastných kyselin palmitové a stearové (Piombino-Mascali – Carr 2021). Výsledkem saponifikace jsou takové formy mastných kyselin, které se přirozeně běžně nevyskytují a které jsou odolné vůči enzymatickému rozkladu (Aufderheide 2010). Adipocer, jehož tvorba obvykle trvá několik týdnů, má nejprve pastovitou konzistenci a posléze se přemění do podoby tvrdého vosku (Piombino-Mascali – Carr 2021). Často dochází k saponifikaci podkožního tuku, ale také mozku (Aufderheide 2010). Hlavními faktory pro tvorbu adipoceru jsou zásadité pH, vyšší teploty, anoxické podmínky a odpovídající vlhkost (Aufderheide 2010; Beckett – Conlogue 2021). Vzniku adipoceru napomáhají také bakterie ze skupiny *Clostridia*. U nálezů z horských ledovců se spekuluje také o vlivu UV záření (Aufderheide 2010). Přítomnost adipoceru byla potvrzena např. u nálezu mumifikované kočky z Tyrolských Alp (Weisgram et al. 1996).

Korifikace je typicky spojována s těly uzavřenými v kovových či kovem uvnitř potažených rakvích, např. olověných nebo zinkových, kde je relativně nízká hladina kyslíku a dostatek vlhkosti. Nahromadění produktů rozkladu navíc brání další lytické činnosti bakterií. Při korifikaci pronikají mastné kyseliny kůží na povrch, kde následně ztuhnou (Piombino-Mascali – Carr 2021). Svrchní vrstva kůže získá tmavý vzhled, ale zůstává elastická a odolná vůči chemickým i mechanickým vlivům a účinně tak chrání vnitřní orgány (Gentile 2020). Měkké tkáně proto mohou být v těchto případech lépe zachované než u vysušených mumií, nebo u těch, u kterých došlo k tvorbě adipoceru (Piombino-Mascali – Carr 2021).

4. Metody využívané při studiu mumifikovaných nálezů

Výběr metod, které jsou používány při studiu mumifikovaných nálezů se odvíjí od konkrétního stavu mumie – především míry zachování měkkých tkání. Jsou-li měkké tkáně přítomny pouze minimálně (např. zbytky kůže), spočívá jejich hlavní přínos v tom, že zabraňují další disartikulaci těla (Lyman 1994). Metody používané na tento typ nálezů se prakticky shodují s metodami používanými při studiu kosterních nálezů.

4.1 Vyhodnocení nálezových okolností a tafonomie

Podrobnější charakteristika oblasti a místa nálezu podává prvotní informace o nalezeném živočichovi. Na základě geografie lze některé taxony vyřadit z debaty o druhové příslušnosti živočicha (O'Connor 2000). Popis přírodních podmínek širší oblasti – složení vegetace a charakteristiky podnebí v době života živočicha – mohou vypovědět více o jeho ekologických nárocích a vztazích (Ukraitseva 2013; Boeskorov et al. 2021). Z povahy konkrétního místa nálezu lze vyvozovat příčinu a sezónu úmrtí jedince (např. Guthrie 1990; Aali et al. 2012; Ukraitseva 2013; Onar et al. 2019; Slepchenko et al. 2021b). Souvislost mezi živočichem a podmínkami, ve kterých se nalézal, může být dvousměrná. Na základě druhové determinace živočicha a výsledků dalších analýz, např. přítomnosti pylů v trávicím traktu zmrzlých mumií, lze odvozovat podmínky stanoviště. Tohoto faktu se využívá při rekonstrukci paleoklimatu (Faith – Lyman 2019; Axmanová et al. 2020) a také paleoekologických podmínek (Fernández-Jalvo et al. 2011; Bottjer 2016).

Na analýzu místa nálezu úzce navazuje tafonomická analýza pozůstatků živočicha. Z charakteru nálezu, např. z polohy zvířete, zastoupení anatomických struktur, jejich disperze v prostředí, fragmentace nebo povrchových změn na kostech lze rekonstruovat události, které vedly ke smrti zvířete i ty, které měly vliv na jeho pozůstatky. V centru zájmu jsou procesy probíhající v době smrti i postmortem (Lyman 1994; Martin 1999; Behrensmeier et al. 2000). Míru zachovalosti pozůstatků zvířat ovlivňují mnohé faktory – pedologické, klimatické, antropogenní nebo vnitřní. Nálezy kostí odhalované při terénních výzkumech jsou proto obvykle nekompletní, podprůměrně se mezi nimi vyskytují kosti drobných živočichů nebo mladých jedinců (Lyman 1994; Albarella et al. 2017). Běžným trendem je zachování spíše tvrdých tkání, jelikož měkké tkáně snadněji a rychleji podléhají rozkladu (Lyman 1994; Martin 1999). Mumifikované nálezy tvoří výjimku a přítomnost měkkých tkání u nich může ovlivnit i stav kosterních pozůstatků, typická je např. křečovitá poloha těla či výrazné zakřivení krční páteře vlivem vysychání těla na vzduchu a smršťování tkání. Zachování měkkých tkání bývá také spojeno s menší mírou porušení integrity

a disartikulace těla (Lyman 1994). Disartikulace závisí také na tvaru jednotlivých kloubních spojení či na ročním období, ve kterém jedinec zemřel (Micozzi 1991; Lyman 1994). U kosterních nálezů se hodnotí také intenzita působení biostratinomických faktorů, např. poškození povrchu zvětráváním. Jedná se o proces, při kterém jsou organické a anorganické složky kosti (či zubu) od sebe odděleny a následně fyzikálními a chemickými vlivy destruovány. Rychlost zvětrávání závisí na tvaru kosti, druhu živočicha a stálosti podmínek. Zvětrávají rovněž pohřbené kosti, i když pomaleji (Lyman 1994; Behrensmeyer 1978; Behrensmeyer et al. 2000). V přítomnosti rostlin může dojít k poškození kostí kořenovým systémem, když z nich odčerpávají minerální látky pro svou potřebu nebo při rozkladných reakcích. Tyto známky poškození jsou důkazem toho, že se kosti alespoň po část své tafonomické historie nacházely v biologicky aktivních půdách s dostatkem vegetace (Lyman 1994). Změnami po pohřbení jedince se zabývá diagenese, která se sleduje vliv různých intrinsických a extrinsických faktorů na kostní tkáň, ať už se jedná o vlastnosti samotných pozůstatků (typ tkáně, porozita, chemická a molekulární struktura), nebo vnější vlivy (pH půdního sedimentu, vodní a teplotní režim bakteriální aktivita; von Endt – Ortner 1984; Lyman 1994).

4.2 Zobrazovací metody

Zvláště u lidských mumií je složité získat povolení k jejich výzkumu, ať už od příbuzných, kurátorů muzeí nebo vlády. Proto vývoj méně invazivních, a především nedestruktivních metod napomáhá tomu, aby mohly být studovány. Navíc u cenných nálezů není ani žádoucí, aby byly znehodnoceny pro budoucí výzkum. Mezi neinvazivní metody patří vnější pozorování a zobrazovací metody využívané v lékařství (planární radiografie – RTG, počítačová tomografie – CT a magnetická rezonance – MRI). První radiologické snímky egyptských mumií, ženy a kočky, byly zveřejněny v roce 1896, tedy velmi krátce po objevu rentgenů v roce 1895 (Loynes – Bianucci 2021). Možnosti radiologických či radiodiagnostických metod, přestože ne všechny využívají rentgenového záření, je široké a efektivně poskytují informace o vzhledu, patologiích a deformacích kostí, případně i tkáních, a to bez toho, aniž by musela být provedena pitva (Spigelman – Shin 2021).

4.2.1 Planární radiografie

Rentgen využívá k zobrazování objektů rentgenové záření s vlnovou délkou okolo jednoho nanometru (Loynes – Bianucci 2021). Základní součástí přístroje je emitore záření, který se skládá ze dvou rozdílně nabitých elektrod uzavřených ve vakuu. Záporně nabitá katoda představuje zdroj elektronů, které putují na anodu, kde po jejich zpomalení či vytěsnění jiného elektronu dojde k emisi energie ve formě rentgenového záření. Množství záření,

keré dopadne na objekt je určeno množstvím elektronů na katodě, časem expozice, zrychlením elektronů ve vakuu a vlastnostmi anody (Conlogue et al. 2021a). Po ozáření materiálu dochází k tvorbě negativních dvourozměrných snímků – kosti se zobrazují bíle (záření jimi neprochází), tkáň šedivě, vzduch černě (Loynes – Bianucci 2021). Na základě volby parametrů přístroje, např. expozice, lze zobrazovat tkáň o různé radioopacitě (Beckett – Conlogue 2021). Snímek lze zaznamenat na jakýkoli fotografický materiál (dříve běžně na fotografický film, což ale činilo potíže při práci v terénu), či jej zachovat v digitální podobě, což umožňuje i rychlejší snímkování (Conlogue et al. 2021a). Výhodou rentgenů je dostupnost přenosných přístrojů, které jsou použitelné přímo na místě nálezů či v muzeích, kdy není možné nebo žádoucí převést snímkaný objekt na specializované pracoviště. Hlavní nevýhodou snímků z rentgenů je překryv (superpozice) zobrazovaných struktur způsobený dvojrozměrným zobrazením, kdy mohou některé struktury zůstat skryté nebo se stávají nečitelnými (Beckett – Conlogue 2021). Tento stav se tradičně řeší snímkováním ve dvou na sebe kolmých rovinách (Loynes – Bianucci 2021). Jelikož rentgenové paprsky cestují po přímé linii a vždy nedopadají kolmo na zobrazovací médium (pouze přímo pod emitorem), dochází k určitému zkreslení snímku. To se zmenšuje se zvětšující se vzdáleností od zdroje záření a zobrazovacího média. Zkreslení snímku může působit problémy při snahách měřit struktury zobrazené na snímcích (Conlogue et al. 2021a).

4.2.2 Počítačová (výpočetní) tomografie

Také počítačová tomografie (CT) zobrazuje objekty pomocí rentgenového záření. U běžného CT ale dochází k rotaci emitoru záření v rozsahu 360° okolo těla/zobrazovaného objektu, čímž vzniká snímek řezu. Takovýto snímek nelze zaznamenat na běžný rentgenový film, je zachycován elektronickými detektory na bázi cesia nebo selenu, podobně jako je tomu u digitálních fotoaparátů. Pro vývoj CT byl tedy klíčový rozvoj počítačů. První šířka řezu byla v rozsahu 1–2 cm, nyní se pracuje se šířkami 0,5 mm i méně. Došlo také ke zvýšení celkového rozlišení přístroje (Loynes – Bianucci 2021). Nejvýraznější výhodou CT oproti běžnému rentgenů je eliminace superpozice struktur na snímku a možnost vytvoření 3D modelu. Objekt lze prohlížet ve třech na sebe kolmých rovinách a snímky jsou vhodné k proměrování vzdáleností na objektu (Beckett – Conlogue 2021). Velmi populární je využití snímků muzei a na výstavách, ať už se jedná o statické fotografie, videa či animace. Pomocí 3D rekonstrukce lze provést i virtuální pitvu (*virtopsy*), při níž lze přizpůsobovat jas, barvu, kontrast, zvětšení a jednotlivé tkáň mohou být virtuálně odstraňovány jako při reálné pitvě. Při počítačové tomografii je možné zacílit také na konkrétní místo odběru vzorku pro další

plánované analýzy (Loynes – Bianucci 2021). Nevýhodou CT skenerů (zvláště DECT a mikro-CT) je velký objem výstupních dat, což zvyšuje náročnost na hardware počítače (Conlogue et al. 2021b; Loynes – Bianucci 2021). V medicínských oborech jsou pro urychlení celého skenovacího procesu a ideální zobrazení jednotlivých tkání využívány specifické protokoly, ty ale nemusí být vhodné pro zobrazování vysušených mumií. U kostí mumifikovaných těl bývá zobrazení ještě kvalitní – vyjma *bog bodies* s dekalifikovanými kostmi – zobrazení vnitřních orgánů ale obvykle představuje výzvu (Lynnerup 2010; Beckett – Conlogue 2021).

Podle Beckett – Conlogue (2021), Conlogue et al. (2021b) a Loynes – Bianucci (2021) lze rozdělit CT do více typů:

Nejjednodušším typem CT je použití jednoho zdroje a jednoho detektoru, které se pohybují současně okolo skenovaného objektu a vytvářejí snímky jednotlivých řezů. Při změně řezů je nutné posunout podložku.

Výpočetní multidetektorová tomografie (MDCT) využívá pro zaznamenání objektu jeden zdroj záření a více detektorů, což ve spojení s plynule se pohybující podložkou umožňuje zobrazení celého objemu, nikoli jen oddělených řezů, a výrazně je také redukován skenovací čas. MDCT patří již ke standardnímu vybavení lékařských zařízení.

Výpočetní tomografie s duální energií záření (DECT) obvykle se dvěma emitory záření byla původně vyvíjena pro urychlení skenovacího procesu, například při zobrazení pohybujících se orgánů, typicky srdce. Současně je ale DECT také schopna vytvořit obraz při dvou různých expozicích současně, čímž lze dosáhnout lepšího kontrastu u tkání podobné radioopacity, na rozdíl od MDCT, kde je překryv snímků sice možný, ale ne dostatečně přesný. Existují také snahy o vývoj přístroje s jedním emitorem a dvěma typy detektorů o různé citlivosti.

Rentgenová počítačová mikrotomografie (micro-CT) je charakteristické vysokým rozlišením v řádu mikrometrů. V praxi existují tři typy mikro-CT přístrojů využívané na skenování živých laboratorních zvířat (menší dávka záření a zdroj rotuje okolo zvířete), na skenování neživých vzorků a pro průmyslové využití (vzorek se obvykle otáčí uprostřed skenovací komory a zdroj záření s detektorem jsou pevně uchycené). Průmyslové skenery jsou často schopny poskytnout větší intenzitu záření a je možné jimi skenovat i větší předměty, mnohdy nabízejí i širší spektrum volby parametrů, jelikož se při jejich využívání počítá se zkoumáním nejrůznějších typů materiálů. Obecně je mikro-CT využíváno při zkoumání anatomie a morfologie malých struktur. Přestože průmyslové skenery v kategorii micro-CT

jsou schopny zobrazit i celou (lidskou) lebku, nejlepší rozlišení dosahuje mikro-CT na malých vzorcích.

Digital volume tomografie (DVT) je malý CT skener určený pro skenování snímků hlavy a krku s vysokým rozlišením. Lze jej ale také použít pro snímkování okrajových částí těla nebo malých zvířat.

V posledních letech se objevují i přenosné CT přístroje, ty ale zatím nabízejí jen omezené možnosti nastavení parametrů. K dispozici je také široké spektrum čtecích softwarů, z nichž ty určené pro průmyslové využití běžně zvládají i velké soubory dat.

4.2.3 Magnetická rezonance

Magnetická rezonance (MRI) využívaná při zobrazování tkání je založena na principu detekce množství a chování vodíkových protonů v magnetickém poli (Beckett – Conlogue 2021; Posh – Conlogue 2021). Volné vodíkové protony, jsou v lidském těle přítomny ve tkáních, které obsahují vodu, a také v tuku. MRI je tedy obecně vnímána jako nevhodná pro vysušené mumie (Beckett – Conlogue 2021). Jelikož přístroj dovoluje ruční nastavení mnohých parametrů, lze ale v konečném důsledku vyladit rozlišení přístroje natolik, aby zobrazoval i velmi slabý signál z vysušených mumií, či dokonce jiné než vodíkové atomy (při skenování slaných mumií z Íránu byly využity protony sodíku). Bez významných potíží lze MRI použít k zobrazení mumií zmražených, z rašelinišť či jiných vlhkých prostředí, zobrazují se také tukové tkáně přeměněné na adipocer (Aufderheide 2010; Loynes – Bianucci 2021; Posh – Conlogue 2021).

Jednou z vlastností protonu je jeho spin. Bez vnějšího působení jsou spiny jednotlivých (vodíkových) protonů orientovány náhodně, nicméně po jejich přesunu do silného magnetického pole (1,5–3 T), dojde k uspořádání spinů v závislosti na směru magnetického pole. Po aplikaci radiofrekvenčního záření je část protonů excitována, po ukončení působení signálu se protony začnou navracet do svého původního stavu. Dochází tak ke změnám indukovaného napětí na vodiči a pomocí těchto změn lze zobrazovat specifické vlastnosti tkání (Grover et al. 2015; Loynes – Bianucci 2021). Pomocí opakované excitace protonů v různých rovinách lze zjistit přesnou lokalizaci jednotlivých protonů. Výsledkem skenování je černobílý obraz celého objemu objektu, který je z důvodu lepší čitelnosti rozdělen na jednotlivé řezy (Posh – Conlogue 2021).

4.2.4 Ostatní zobrazovací metody

Synchrotron medical imaging (SIM) je relativně novou metodou, která jako zdroj záření využívá urychlovač částic. Přestože poskytuje velmi vysoké rozlišení, je prozatím prakticky

nedostupná (Beckett – Conlogue 2021). V medicínském prostředí je také velmi rozšířené zobrazování pomocí ultrazvuku, které využívá frekvence v rozmezí 20 kHz až 2 MHz. Emitor vysílá vlnění, které se odráží od tkání zpět a vytváří obraz. Pro úspěšné zobrazení je ale potřeba, aby tkáně obsahovaly vodu, což může být problematické až nemožné u vysušených mumií, nutností je také potřeba těla gelem (Loynes – Bianucci 2021).

Široce rozšířenou metodou v medicíně, která si vydobyla své místo i při zkoumání mumifikovaných nálezů, je endoskopie. Ta je často volena jako doplňující metoda k radiologii, jelikož může poskytnout informace o tvaru, barvě, obrysu a poloze objektů na radiologických snímcích a je dostupná i mimo laboratoř. Lze ji také využít při odběru vzorků na histologický rozbor, molekulární či izotopové analýzy (Spigelman – Shin 2021). V principu se jedná o kameru a zdroj světla umístěné na konci pevného či ohebného kabelu o širokém rozpětí průměrů (Beckett 2021d). Použitím různých čoček lze korigovat vlastnosti pořizovaných snímků. Pro zavedení endoskopu je nutný otvor v tělní stěně mumie, často lze ale využít již existující porušení tkáně. Hlavní nevýhodou endoskopie je relativně úzké zorné pole a složité manévrování uvnitř vysušeného těla, zvláště v situaci, kdy jsou vysušené orgány posunuty na zadní stranu těla (Spigelman – Shin 2021).

4.3 Metody používané při studiu kostních tkání

Přehledný výčet klasických zooarcheologických metod, aplikovaných při studiu nálezů kosterních pozůstatků živočichů z archeologických nalezišť podávají např. Reitz – Wing (1999), O'Connor (2000) nebo Abarella et al. (2017). V následujícím textu nebudou zmiňovány všechny, ale pouze ty, které mají opodstatnění v případě nálezů mumifikovaného savce.

4.3.1 Archeozoologická analýza

Jedním z hlavních cílů archeozoologické analýzy je taxonomické určení nálezů (např. Reitz – Wing 1999; O'Connor 2000). Za tímto účelem jsou zkoumány především morfologické znaky na kostech a zubech zvířat, a to za pomoci referenčních osteologických sbírek a tištěných nebo digitálních anatomických atlasů. Důležitou složkou rozhodovacího procesu je také znalost nálezového kontextu, např. geografická oblast, biotop apod. Problémem referenčních sbírek je mnohdy absence skeletů obou pohlaví, různých věkových skupin nebo dostupnost exemplářů z různých oblastí. Problémem anatomických atlasů je zjednodušující prezentace diagnostických znaků na kostech nebo absence vyobrazení některých anatomických částí. Oproti běžným referenčním sbírkám je ale atlas schopen poukázat na pravidelně se vyskytující a podstatné znaky (Driver 2011). Na základě tvarových odlišností na kostech či přítomnosti specifických kostních elementů (např. paroží)

je někdy možné identifikovat také pohlaví jedince (Abarella et al. 2017). Evidovanou kategorií nemalého významu je také věk dožití zvířete. Pokud je k dispozici pouze kostra, je věk odhadován dvěma způsoby – podle prořezání, opotřebení a výměny zubů (např. Hillson 2005) a podle stavu epifýz dlouhých kostí nebo švů (Reitz – Wing 1999), přičemž pro každý druh existují jiná srovnávací data a literatura. Širší spektrum informací mohou poskytnout také biometrické (osteometrické) údaje, a to zvláště v případech, kdy je cílem odlišit podobné taxony, např. některé druhy ptáků. Někdy lze kombinace rozměrů kostí využít i k identifikaci pohlaví (Abarella et al. 2017). Rozdíly v biometrických datech mohou pomoci objasnit změny ve velikosti zvířat v závislosti na měnícím se klimatu či interakcích s člověkem (Wolfhagen 2020). Obecným problémem biometrie je nedostatečné množství rozměrů, protože ne všechny nálezy lze proměřit. Pro tento účel jsou používány metody kombinující více rozměrů, nejčastěji LSI (*Logarithm Size Index*; Abarella et al. 2017; Wolfhagen 2020). V posledních letech narůstá význam geometrické morfometrie, která zkoumá rozmístění a vztahy mezi specifickými body (*landmarks*) na kostře. Na základě statistického vyhodnocení datových souborů lze ukázat nejen na taxonomickou příslušnost jedince, ale i sledovat morfometrické změny v rámci jednoho druhu (Moclán et al. 2023).

4.3.2 Skeletochronologie

Skeletochronologie sleduje periodický přírůst kostní tkáně, čehož využívá k odhadu věku jedince (Peabody 1961). Periodické přírůsty na povrchu či uvnitř kostní tkáně jsou vlastností všech obratlovců, nicméně jejich morfologické, fyziologické či ekologické rysy se mohou velmi lišit. Periodické zpomalení růstu je dáno endogenně a synchronizováno proměnou vnějších podmínek (Castanet 2006; de Buffrénil et al. 2021). Přestože známky přírůstů jsou někdy viditelné i na povrchu kosti (či zubu), jsou obvykle pozorovány na jejich řezech. Běžně se uplatňují dva metodické přístupy. V prvním případě je kost dekalifikována, obarvena činidlem a nařezána. Ve druhém případě je povrch kosti zbrúšen a pozorován bez obarvení. Použit lze ale také CT s vysokým rozlišením (Peabody 1961; Chinsamy – Raath 1992; de Buffrénil et al. 2021). Na kostech lze sledovat tři odlišné parametry – zóny rychlého růstu, annuli vznikající v období zpomaleného růstu a linie zastaveného růstu (LAG, též Harrisovy linie). LAGs se na barvených preparátech jeví jako tmavší, protože pohlcují více barviva, a také vykazují vyšší radioopacitu (Peabody 1961; Castanet et al. 2004; de Buffrénil et al. 2021).

4.3.3 Cementochronologie

Zubní cement obklopuje kořen zubu a prostřednictvím periodontálních vazů ho spojuje s alveolární kostí. Cement je tvořen z 45–50 % anorganickou složkou, převážně hydroxyapatitem, většinu organické složky tvoří kolagen (Foster et al. 2022). Podle přítomnosti či absence cementocytů nebo kolagenních vláken lze vymezit čtyři druhy cementu, přičemž v cementochronologii mají význam dva z nich – acelulární cement (bezbuněčný, primární) a celulární cement (buněčný, sekundární; Hillson 2005). Stejně jako u lamelární kosti, lze i z přírůstků acelulárního zubního cementu odvozovat věk jedince a období v roce, kdy nastala jeho smrt (Lieberman 1994; Naji 2022). Předpokládaným důvodem existence tmavých a světlých přírůstků acelulárního cementu, je rozdílná míra jejich mineralizace. S roční periodicitou dochází k uložení menšího množství matrix, aniž by se změnila míra mineralizace, čímž vzniká více mineralizovaná tmavá vrstva (Newham et al. 2021). Přírůstky cementu v podobě preparátů, tj. řezů kořenem zubu, jsou většinou hodnoceny pod světelným mikroskopem. Nevýhodou je ale dvojrozměrnost obrazu a s tím spojené nejasnosti v případě výskytu neúplných či jinak modifikovaných přírůstků. Proto jsou v posledních letech zvažovány i jiné metodické možnosti, např. CT s vysokým rozlišením. Kromě výhody 3D zobrazení pro lepší vyhodnocení celkových přírůstků, umožňuje povaha takto získaných dat také jejich částečně automatické zpracování (Newham et al. 2021; Naji 2022).

4.3.4 Mikroabraze

Potrava, kterou lidé a zvířata konzumují, zanechává na zubech mikroskopické stopy a jejich detailní analýzou lze zpětně rekonstruovat její vlastnosti (Correia et al. 2020). Kromě identifikace složek potravy, mohou výsledky mikroabraze zubů zvířat naznačit jejich potravní strategii (okusovači, spásači) a přiblížit nabídku zdrojů v místech, kde se zdržovala a přijímala potravu (Solounias – Hayek 1993; Mainland 1996). K mikroskopické analýze zubní skloviny, někdy i s pomocí speciálního software (Rivals – Deniaux 2005), jsou využívány snímky její bukalní části pořízené pod skenovacím elektronovým mikroskopem. Na nich jsou kvantifikovány a následně vyhodnoceny defekty v podobě jamek a strií, a to podle poměru jejich délky a šířky (Solounias – Hayek 1993; Rodríguez-Hidalgo et al. 2016). Strie a jamky mají vztah k tuhosti konzumované potravy a mohou vypovídat i o některých příměsích, např. v podobě drobných kamínků nebo písku (Mainland 1996; Rivals – Deniaux 2005). Zubní sklovina se obměňuje neustále, proto výsledky analýzy dentálního mikrobrusu většinou vypovídají o období krátce před smrtí jedince (Grine 1986). Pokud se potrava v rámci roku mění, je možné za pomoci mikroabraze zubů zjistit sezónu, ve které zvíře zemřelo nebo bylo uloveno. V případě skupiny jedinců lze odhadovat,

zda zahynuli ve stejném období nebo v různých částech roku (Rodríguez-Hidalgo et al. 2016). Vlivem tafonomických faktorů může dojít k poškození zubního záznamu a znemožnění jeho dalšího zkoumání (King et al. 1999).

4.4 Metody využívané při studiu měkkých tkání

4.4.1 Pitva

Pitva mumie je obvykle v rozporu s ideálem jejího zachování. Opodstatnění pro její provedení může nastat tehdy, je-li mumie v takovém stavu, že není naděje na její zachování (Aufderheide 2010). Obecně lze nejvíce informací získat z kompletní pitvy společně se zapojením více disciplín, např. vzorkováním měkkých tkání a celkovým zhodnocením kostry, zároveň se mohou objevit i doklady o výskytu mnohých bezobratlých živočichů (Szleszkowski et al. 2018). Pokud je ale výzkumná otázka úžeji vymezena, lze si vystačit jen s nedestruktivními metodami. Zatímco u umělých mumií je postupováno tak, aby mohla být v co největším detailu rekonstruována použitá procedura, výzvou při pitvě vysušených mumií je odolnost vysušené kůže a následné vizuální a tvarové posouzení změn vnitřních orgánů, které jsou často hnědě zbarvené, tvrdé a křehké. Důležité je i odlišení materiálu z okolního prostředí (písek, listí) od anatomických struktur (Aufderheide 2010).

4.4.2 Paleopatologie

Nejrozšířenější metoda výzkumu mumifikovaných organismů je zhodnocení změn v zachovaných tkáních, tj. paleopatologie. Ta je z větší části závislá na morfologii, což představuje problém u mumifikovaných tkání, které jsou často vysušené, smrštěné, deformované a postrádají charakteristickou texturu a barvu. Navíc je třeba důkladně odlišit, které změny nastaly působením tafonomických faktorů, např. hrbolky pod kůží způsobené uložením solí či výraz ve tváři mumie, a které jsou odrazem onemocnění jedince (Aufderheide 2010). Paleopatologie se využívá ke zkoumání souvislostí mezi onemocněními zvířat a lidí nebo ke studiu vývojových anomálií, traumat, infekcí a vrozených vad (Siegel 1976).

4.4.3 Paleohistologie

Paleohistologie využívá mikroskopů k detailnímu zobrazení tkání a buněk archeologických nálezů, přičemž první použití mikroskopu pro pozorování mumifikované tkáně lze datovat už do konce 19. století (Assis et al. 2016). Zachování jednotlivých tkání, a tedy jejich přístupnost k histologické analýze, závisí mimo jiné na množství vody, které obsahují, a na jejich metabolické aktivitě. Především epitelové buňky bývají ve špatném stavu, což je nevýhodné z toho důvodu, že právě na nich je zjištěná většina onemocnění.

Zatímco u přirozených mumií často chybí buňky epidermální vrstvy kůže (Piombino-Mascoli – Carr 2021), typicky dobře zachované bývají keratinové struktury, nehty a vlasy nebo srst. Naopak kompletně rozloženy bývají orgány s vysokým obsahem vody (štítná žláza nebo slezina), či s vysokou metabolickou aktivitou, potažmo i enzymů (slinivka, ledviny, nadledviny nebo srdce; Aufderheide 2010).

Pokud má být objektem pozorování vysušená tkáň, je nutné ji před přípravou vzorku rehydratovat, a to navzdory tomu, že při rehydrataci hrozí její enzymatický rozklad či další poškození (Rodríguez-Martín 2021). Po rehydrataci následuje fixace tkáně, dehydratace organickými rozpouštědly a napuštění parafinem, v případě prohlížení pod transmisioním elektronovým mikroskopem (TEM) je při přípravě preparátu nahrazen parafin pryskyřicí. Po zatvrdnutí je možné vzorek nařezat na tenké řezy, které jsou obarveny a pozorovány. Pro prohlížení povrchu vzorku lze použít skenovací elektronový mikroskop (SEM) a v tomto případě není nutné tkáň rehydratovat, jen ji pokovit vodivým a chemicky stálým materiálem, typicky zlatem či směsí zlata s paladiem (Aufderheide 2010).

Vzorky pro histologickou analýzu lze odebírat i nedestruktivním způsobem, např. pomocí endoskopie. Problém ale mohou způsobovat zvláště tvrdé s křehké vysušené tkáně a běžné vybavení endoskopu tak pro odběr nemusí být dostačující (Beckett 2021d).

4.4.4. Paleoparazitologie

Paleoparazitologie se zabývá studiem parazitických organismů nalezených v lidských či zvířecích pozůstatcích z archeologických nálezů (Ferreira 2014). Pro odebrání vzorků pro účely parazitologického rozboru není nezbytností pitva těla, neboť vzorky lze odebrat pomocí endoskopu či provedením minimálních řezů (Araújo – Reinhard 2021). Analýzy jsou prováděny za pomoci světelné mikroskopie, časté je ale i využití molekulárních metod, především analýzy aDNA (Fugassa 2014). Doporučuje se jednotlivé metody kombinovat, jelikož výsledky mikroskopické analýzy a analýzy aDNA se nemusejí překrývat (Iñiguez 2021).

Pro výzkum střevních parazitů se používá především analýza koprolitů, mumifikované tkáně mají význam pro studium parazitů tkáňových (Fugassa 2014) a studovat lze i ektoparazity, zvláště v případech, kdy je zachována srst (Dittmar 2000). Při parazitologickém výzkumu je provedena identifikace druhů parazitů, vyhodnocení míry infekce a toho, zda míra infekce vedla k onemocnění. Jelikož parazité mají většinou specifické životní cykly, lze z přítomnosti parazita odvodit i další podrobnosti týkající se prostředí, typicky

přítomnost mezihostitele (Araújo – Reinhard 2021). Při vyhodnocení dat z více jedinců lze prostřednictvím změn v rozšíření parazitů v čase sledovat také migrace (Araújo et al. 2014).

4.4.5 Analýza koprolitů

Koprolity, tedy vysušený a ztvrdlý, někdy i mineralizovaný trus, jsou využívány jak k paleoparazitologickému výzkumu (Fugassa 2014), tak k rekonstrukci potravy jedince (Carrión et al. 2007; Shahack-Gross 2011). V případě mumie je nutno koprolit lokalizovat (lze provést klasickým rentgenem) a následně odebrat (lze provést nedestruktivně pomocí endoskopu). Vzorkovat a analyzovat lze i vysušená střeva (Reinhard et al. 2021). Při studiu koprolitu nalezeného mimo tělo je součástí výzkumu také určení jeho původce, což lze provést na základě jeho vzhledu či obsahu (Chame – Sianto 2014). Různým typům koprolitů – suché, vlhké, tvrdé, nebo drobné, odpovídá výběr metody přípravy vzorků. U koprolitů nalezených mimo tělo je standardem ořezat okrajové části, aby bylo eliminováno riziko kontaminace mikrozbytky z jeho okolí – to obvykle není nutné u koprolitů pocházejících z mumií (Reinhard et al. 2021). Zvláště pro paleoparazitologické analýzy je vhodné odebrat několik vzorků z povrchu i z vnitřku koprolitu (Fugassa 2014).

Analyzovaný obsah koprolitu lze rozdělit na makrozbytky, obvykle o velikosti částic mezi 250 až 300 μm , a mikrozbytky (Reinhard et al. 2021). Mezi makrozbytky obsažené v koprolitech patří rostlinná vlákna, semena, listy, úlomky hmyzu, zvířecích kostí, schránek měkkýšů a skořápek vajec nebo srst. Mikrozbytky zahrnují rozsivky, fytolity, škrobová zrna, parazity nebo pylová zrna (Shahack-Gross 2011; Marinova et al. 2013). Při interpretaci mikrozbytků je třeba brát v potaz, že nemusí být původem pouze z potravy, ale také ze vzduchu, vody či trávicího traktu zkonsumovaného zvířete (Carrión et al. 2007). Syntéza všech získaných dat nabízí informace o stravě jedince, jeho zdravotním stavu, prostředí, ve kterém se nacházel, a v některých případech i o části roku, ve které jedinec uhynul, protože v koprolitu zjištěná semena či plody mohou být typická pouze pro určité období (Shahack-Gross 2011; Marinova et al. 2013; Reinhard et al. 2021). Při analýze koprolitů se běžně využívají také molekulárních nebo chemické metody, např. analýza aDNA, stabilních izotopů a stopových prvků (Shahack-Gross 2011; Linseele et al. 2014; Reinhard et al. 2021).

4.4.6 Trichologie

Trichologie se zabývá druhovou determinací chlupů savců pro účely ekologie či forenzních věd (Teerink 1991; Debelica – Thies 2009). Savčí srst je složena ze dvou hlavních typů chlupů – silnějších, obvykle delších pesíků a kratších, často zvlněných vlníků, které tvoří podsadu. Dalšími typy chlupů jsou např. hmatové vibrisy. K druhové determinaci se ale využívají pouze pesíky (Meyer et al. 2002). Chlup je tvořen třemi vrstvami – kutikulou,

kůrou a dření. Dřeň je tvořena mrtvými buňkami a vzduchovými prostory, často se zde nacházejí melaninová zrna. Silně vyztužené buňky kůry, které tvoří většinu hmoty chlupu, jsou orientovány ve směru jeho délky a taktéž mohou nést melaninová zrna. Vnější vrstvou je kutikula, která překrývá kůru a je tvořena vrstvou plochých, překrývajících se, keratinem silně vyztužených buněk (šupin). Šupiny, vytvářející na chlupu specifický vzor, jsou uchyceny pouze na spodním okraji, vrchní je volný. Vzhled a uspořádání šupin na pesíků nejsou stálé po celé jeho délce a jsou jedním z hlavních determinačních znaků (Teerink 1991; Meyer et al. 2002). Díky odlišnostem v různých částech jednoho chlupu lze určit nejen druhovou příslušnost, ale také část chlupu (apikální, středová, basální), která je pozorována (Meyer et al. 2002).

Pro účely druhové determinace je obvykle zapotřebí více znaků, jako jsou barva, vzhled a délka chlupu, struktura kutikuly, dřene a příčného průřezu (Teerink 1991). V případě kutikulárních šupin se hodnotí tři hlavní parametry: tvar vrchního volného okraje šupin (např. hladký, zvlněný, zubatý), vzdálenost mezi volnými okraji dvou šupin nad sebou a celkový tvar a uspořádání šupin (např. mozaikový, tvořící vzory do V, připomínající uspořádání okvětních plátků, či koronální). Kutikulu lze pozorovat pod světelným mikroskopem po vytvoření otisku, či pod skenovacím elektronovým mikroskopem (SEM; Teerink 1991; Meyer et al. 2002). Při pozorování dřene se hodnotí uspořádání jejích buněk a běžně se využívá světelné mikroskopie, kdy jsou pro lepší zviditelnění dřene vzorky pokapány parafinovým olejem (Teerink 1991; Debelica – Thies 2009). Nejjednodušší metodou pro pozorování příčného nebo podélného průřezu chlupu je jeho uchycení do lepicí pásky a ustrížení v požadovaném směru a místě (Meyer et al. 2002).

4.5 Metody analytické chemie a analýza aDNA

4.5.1 Analýza stabilních a radiogenních izotopů

Izotopy (též izotopické nuklidy) jsou atomy prvku s rozdílným počtem neutronů v jádře. Izotopy lze dělit na stabilní (např. ^{12}C a ^{13}C) a radioizotopy (např. ^{14}C), které jsou nestabilní. Jiný počet neutronů znamená rozdílnou hmotnost izotopů, čehož se využívá při analýze vzorků hmotnostní spektrometrií, která v oblasti biologických věd nejvyužívanější metodou pro izotopové analýzy (Květoň 2018; Takigami – Yoneda 2021). Mezi nejběžněji zkoumané patří izotopy uhlíku ($\delta^{13}\text{C}$), dusíku ($\delta^{15}\text{N}$), kyslíku ($\delta^{18}\text{O}$), síry ($\delta^{34}\text{S}$) a stroncia ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$; Pilaar Birch 2013). Relativní izotopové složení vzorku (δ) udává, jak se liší izotopový poměr minoritního a majoritního izotopu (např. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) od izotopového poměru téhož minoritního a majoritního izotopu v mezinárodně uznávaném standardu (Květoň 2018). Jelikož jsou rozdíly mezi poměry izotopů ve vzorcích a standardech velmi malé, udávají se v promile

(‰). Rozdíly v poměrech izotopů mezi různými prostředími, druhy organismů či tkáněmi jsou ovlivněny specifickými chemickými a fyzikálními reakcemi, a jsou označovány jako frakcionace. Důvodem je rozdílná účast jednotlivých izotopů v konkrétních chemických reakcích (Gorlova et al. 2015).

S pomocí výsledků analýzy vybraných izotopů lze hledat odpovědi na otázky týkající se složení potravy různých druhů zvířat, místa jejich původu, proměny trofických řetězců, změn v potravním chování či přírodních podmínek, ve kterých se nacházela (Zangrando et al. 2014; Linglin et al. 2020). Využit se dají také k rozlišení dvou velmi podobných druhů v případě, že se výrazně liší jejich potravní preference (Gorlova et al. 2015). Velkou výhodou mumií je, že na nich přetrvaly různé tkáně, ať už se jedná o kosti, zuby, vlasy (srst), nehty (rohovinu), krev nebo koprolity. Vlasy a nehty obsahují kontinuální izotopový záznam za určitý časový úsek, protože u nich nedochází k remodelaci jako u kostí (Fahy et al. 2017; Takigami – Yoneda 2021). Další zkoumanou kategorií nálezů je zubní sklovina, jejíž izotopové složení odpovídá období, kdy se formují zuby (Dupras – Tocheri 2007; Pilaar Birch et al. 2018; Takigami – Yoneda 2021). U kostí svědčí hodnoty měření o posledních letech života jedince (Fahy et al. 2017).

Pro potravní rekonstrukce lze využít stabilní izotopy uhlíku a dusíku, přičemž jejich zastoupení ve tkáních konzumenta odráží zastoupení obou izotopů v přijímané potravě (Takigami – Yoneda 2021). V izotopovém záznamu jedince se může projevit příjem C₃, C₄ nebo CAM rostlin, které se liší podle typu asimilace CO₂ při fotosyntéze. Všechny skupiny rostlin sice upřednostňují ¹²CO₂ před ¹³CO₂, ale rostliny s C₃ typem fotosyntézy, které jsou dominantní v podmínkách mírného pásma, zafixují nejméně ¹³CO₂ a mají nejnižší δ¹³C. Ve srovnání s nimi mají C₄ rostliny, většinou z teplých oblastí, vyšší δ¹³C. Rostliny s CAM fotosyntézou, např. kaktusy, se nacházejí mezi uvedenými skupinami (Vogel 1980). Rozdíly v izotopovém složení panují i mezi vodními a suchozemskými rostlinami, kdy C₃ vodní rostliny mají δ¹³C vyšší než ty suchozemské (fixují více ¹³CO₂). Mezi trofickými úrovněmi se δ¹³C příliš nemění a není pro tento účel tak vhodný jako δ¹⁵N (Gorlova et al. 2015).

Poměr stabilních izotopů dusíku (δ¹⁵N) v rostlinách odráží vlastnosti půdního prostředí, teplotu, vlhkost nebo fixaci vzdušného dusíku symbionty. S každou další trofickou úrovní narůstá δ¹⁵N v kolagenu zkoumaného jedince zhruba o 2–5 ‰. δ¹⁵N lze tedy použít ke zjištění trofické úrovně zvířete. Vliv má také délka trofického řetězce, neboť tkáně konzumenta na konci delšího řetězce jsou nejvíce obohaceny o ¹⁵N (Schoeninger – DeNiro 1984; Gorlova et al. 2015).

Zdrojem síry ($\delta^{34}\text{S}$), využívané při odhalování konzumace vodních zdrojů v potravě, migraci a místa původu, je oceánský sulfát a pyrit. Různé typy hornin mají různé poměry stabilních izotopů síry, mimo jiné v závislosti na jejich stáří. Na povrch se síra dostává mořským příbojem, kyselými dešti či depozicemi SO_2 ze sopečné činnosti a průmyslu. Faktory ovlivňující její výskyt v prostředí jsou tedy geologické, geografické a ekologické. U lidí je síra obsažena v kolagenu (aminokyseliny methionin a cystein). Obecně je vhodné kombinovat analýzu izotopů síry i s dalšími izotopy, především dusíkem a uhlíkem (Nehlich 2015).

Pro zkoumání migrací a místa narození se používají izotopy stroncia, síry, kyslíku a vodíku, s tím že se využívá rozdílů mezi geologickými, geografickými, meteorologickými a ekologickými regiony (Takigami – Yoneda 2021). Stroncium má čtyři přirozeně se vyskytující izotopy – ^{84}Sr , ^{86}Sr , ^{87}Sr a ^{88}Sr , z nichž ^{87}Sr vzniká rozpadem ^{87}Rb . Pro účely izotopové analýzy se využívá poměr $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, který odpovídá stáří geologického podloží. Ion Sr^{2+} je formálně zaměnitelný s iontem Ca^{2+} , a je tak prostřednictvím potravy a vody inkorporován do tkání, především do kostního bioapatitu (Alexander Bentley 2006). Migrační cesty se dají rekonstruovat také pomocí poměrů izotopů olova, které se stejně jako u stroncia, liší na základě geologie oblasti. Olovo se do organismu může dostat potravou, vodou, či vdechnutím prachových částic (Takigami – Yoneda 2021). Izotopy kyslíku $\delta^{18}\text{O}$ a vodíku $\delta^2\text{H}$ jsou přijímány především ve formě meteorické vody (Craig 1961). Poměr $\delta^{18}\text{O}$ a $\delta^2\text{H}$ je dán geograficky, topograficky a ekologicky. Těžší izotopy mají tendenci dříve z kondenzovat a přeměnit se ve srážky, kdežto lehčí izotopy se díky oblačnosti dostanou dále od pobřeží. Při vyhodnocování jejich poměrů je třeba akceptovat, že mohou odrážet také variabilitu jednoho místa nebo nadmořskou výšku (Takigami – Yoneda 2021).

4.5.2 Analýza starobylé DNA (aDNA)

Starobylá (*ancient*) DNA (aDNA) je označení pro DNA fragmenty pocházející ze zachovaných nebo fosilizovaných biologických materiálů, např. z kostí, zubů, srsti, koprolitů, hmyzu zachovaného v jantaru a semen rostlin, či z prostředí mimo tělo, typicky z permafrostu. První aDNA analýza mitochondriální DNA byla provedena r. 1984 na druhu *Equus quagga* (Iñiguez 2021). Typickou vlastností aDNA je vysoká míra její degradace – dochází k jejímu naštěpení na úseky dlouhé zhruba 100–200 bp, modifikaci bází a cukerných jednotek a crosslinkování molekul mezi sebou. Obsah aDNA ve tkáních je navíc obecně nízký (Pääbo 1989; Lee 2021). Degradace aDNA způsobuje následně problémy při amplifikaci pomocí PCR, kdy některé změny či chemikálie použité v případě umělé mumifikace inhibují průběh reakce a vzorek je tak velmi citlivý na kontaminace

(Pääbo 1989; Gad et al. 2021; Hong et al. 2021). Tato skutečnost vedla k tvorbě speciálních protokolů s cílem míru kontaminace vzorku snížit (Korlević – Meyer 2019; Schroeder et al. 2019). S nástupem sekvenování nové generace (NGS) je možné analyzovat přímo i malé zlomky aDNA (30–35 bp), nicméně metoda s sebou přináší opět určitá úskalí, např. zahrnutí adaptérové sekvence do výsledku čtení (Jeong 2021). Také jsou vyvíjeny metody pro lepší zacílení čtení na přímo molekuly aDNA (Soares 2019; Lee 2021). Výhodou NGS je poté možnost kvantitativního vyhodnocení míry kontaminace vzorku na základě míry degradace přítomné DNA (Jeong 2021).

Pro extrakci aDNA se běžně využívá kostí a zubů (Green – Speller 2017), úspěšně byla ale aDNA extrahována i z keratinových struktur, např. z peří, srsti či drápů (Wasef et al. 2018; Ottoni – Neer 2020), a vysušených měkkých tkání (Pääbo 1989). Analyzovat lze také aDNA z koprolitů (Green – Speller 2017; Linseele et al. 2014). V závislosti na zaměření výzkumu se k analýzám využívá mitochondriální nebo jaderná DNA (Abarella et al. 2017). Analýza aDNA je schopna odpovědět na otázky týkající se taxonomické příslušnosti jedince (Hekkala et al. 2020), jeho pohlaví, fenotypu (Ottoni – Neer 2020) či fylogenetických vztahů (Wasef et al. 2018; Döppes et al. 2014). V případě analýzy aDNA z koprolitů lze získat informace o potravě či střevním mikrobiomu nebo parazitech (Green – Speller 2017; Gad et al. 2021).

4.5.3 ZooMS

Metoda ZooMS (někdy též označovaná jako zooarcheologická hmotnostní spektrometrie nebo *collagen fingerprinting*) byla navržena pro druhovou identifikaci zlomků kostí, které nelze určit podle morfologie, a je založena na porovnání hmotnostního zastoupení jednotlivých peptidů obsažených v kostní tkáni se známými sekvencemi kolagenu konkrétních druhů (Harvey et al. 2016; Pilaar Birch et al. 2018). Výhodou určování taxonu jedince tímto způsobem, oproti analýze aDNA, je lepší zachovalost kolagenu v archeologických osteologických nálezích. Relativně rychlá a levná metoda ZooMS také není tak citlivá na kontaminace jako například PCR a lze na ni navázat radiouhlíkovým datováním (Harvey et al. 2016). Určitým problémem je, že je destruktivní, což nemusí být u některých nálezů žádoucí. Standardně je vzorek kosti navrtán, demineralizován a získaný kolagen typu 1 naštěpen pomocí trypsinu na peptidy (McGrath et al. 2019). Následná hmotnostní spektrometrie je relativně rychlá (24–48 h). Hlavní nevýhodu ZooMS spatřují Rütther et al. (2022) v tom, že nemá takové využití pro smíšené vzorky proteinů, proto navrhuje analýzu všech bílkovin ve vzorku (*Species by Proteome INvestigation* – SPIN) s pomocí kapalinové chromatografie s následnou hmotnostní spektrometrií (LC-MS), která se využívá v proteomice.

4.6 Datovací metody

Datování může být relativní, založené na artefaktech asociovaných s nálezem, či absolutní, kdy je určeno reálné stáří nálezu. Řada absolutních datovacích metod je založena na radioaktivním rozkladu přirozeně se vyskytujících prvků nebo jejich izotopů, přičemž nejznámější z nich je ^{14}C – radiouhlíkové datování (Abarella et al. 2017). Důležité je rozlišovat událost, kterou lze datovat (*dating event*), od události, kterou chceme datovat (*target event*; Feathers 2020). Jelikož mezi datovacími metodami existují rozdíly a mají svá specifika, je vhodné je kombinovat, popřípadě využít pro doplnění dalšího zdroje informací, jsou-li k dispozici, např. historické dokumenty, mince nebo informace z náhrobních kamenů (Wesler 2020).

4.6.1 Relativní datování

Relativní datování je v archeologii velmi rozšířené a využívá přiřazování nalezených artefaktů do relativních řad (Kuna et al. 2007; Feathers 2020). Nejstarší relativní datovací metodou je stratigrafie. Ta se zakládá na tom, že svrchní uloženiny (vrstvy) antropogenního nebo přírodního původu jsou mladší než ty pod nimi. Důležité je ale brát v potaz, že se takto datují pouze jednotlivé vrstvy sedimentu, nikoli předměty v nich nalezené (Gasche – Tunca 1983; Feathers 2020). Dalším způsobem relativního datování je typologie archeologických nálezů. Vývojové řady artefaktů, obvykle keramiky, jsou vytvářeny na základě jejich místa původu a proměnlivých vlastností (Kuna et al. 2007; Gilboa et al. 2004).

4.6.2 Absolutní datování

Pro účely absolutního datování existuje celá škála metod. Nejstarší z nich je datování dle varv (ročně ukládané sedimenty). Na počátku 20. století byla rozvinuta metoda dendrochronologie, která vychází z analýzy letokruhů dřeva (Schweingruber 1988; Kyncl 2017). Problémem tohoto způsobu datování je nebezpečí velkého časového rozestupu mezi *dating* a *target event*, protože stromy, z jejichž dřeva byly zhotoveny konstrukční či jiné prvky, mohly být smýceny dlouho před tím, než bylo jejich dřevo použito. Kromě toho nelze vyloučit ani opětovné upotřebení staršího materiálu. Další problém představuje neúplné zachování všech letokruhů (Schweingruber 1988; Feathers 2020). Mezi další v archeologii používané absolutní datovací metody patří např. luminiscenční datovací metoda nebo metoda rehydroxylace keramiky (Aitken 1990; Feathers 2020). Metoda racemizace aminokyselin, ač na počátku slibovala efektivní datování biologického materiálu, se ukázala pro datování kostí jako nespolehlivá (Bravenec et al. 2018). Od 40. let 20. století byly rozvíjeny mnohé metody založené na datování radioaktivními prvky či izotopy, kdy je čas vyjádřen poměrem radioaktivního a stabilního prvku/izotopu.

Většina těchto datovacích metod je využívána především v geologii. Své uplatnění v archeologii našly tři z nich: uran-radiová rozpadová řada, K – Ar metoda datování a radiouhlíkové datování (^{14}C), které je nejrozšířenější a je využíváno i při studiu mumifikovaných živočichů (Aitken 1990; Feathers 2020).

4.6.3 Radiokarbonové datování

Metoda radiokarbonového datování sleduje obsah ^{14}C v datovaném vzorku. Radioaktivní izotop uhlíku ^{14}C vzniká z atomu dusíku (^{14}N) působením neutronů (vzniklých kosmickým zářením), s tím, že míra vzniku a rozpadu – poločas rozpadu ^{14}C činí zhruba 5730 ± 40 let – jsou v rovnováze, takže zastoupení ^{14}C v rezervoárech zůstává víceméně stabilní (Taylor 1987; Feathers 2020). ^{14}C se do biosféry dostává ve formě $^{14}\text{CO}_2$ při asimilaci rostlin. V průběhu života jedince je díky metabolické aktivitě doplňován ^{14}C z prostředí, po smrti organismu, respektive jeho vystoupení z koloběhu uhlíku, je příjem ^{14}C přerušen a dochází k poklesu obsahu ^{14}C vlivem radioaktivního rozpadu. Dle množství zbývajících ^{14}C lze následně spočítat stáří organismu (Taylor 1987; Bayliss – Marshall 2022). Analýza se provádí za pomoci urychlovačové hmotnostní spektrometrie (AMS). V případě datování kostí se nejčastěji využívá z nich extrahovaný kolagen, lze ale datovat také karbonátovou formu, či jednotlivé aminokyseliny (Světlík et al. 2007; Marom et al. 2012; Trumbore et al. 2016b). Při vyhodnocování radiokarbonových dat je nutné brát v potaz efekt frakcionace, odvoditelný z izotopické frakcionace $\delta^{13}\text{C}$ (Bayliss – Marshall 2022). Radiokarbonový věk nebere v potaz kolísání obsahu ^{14}C v atmosféře v důsledku jeho proměnlivé produkce, změn v jeho ukládání a také lidské aktivity (spalování fosilních paliv a testování jaderných zbraní) a proto musí docházet ke kalibraci. Kalibrační křivky jsou sestrojovány na základě radiokarbonového datování vzorků o známém stáří (např. dendrochronologické vzorky). Výsledkem kalibrace je rozdělení pravděpodobnosti, kdy pro větší názornost jsou uváděny kvantily na 95% a někdy i 68% hladině pravděpodobnosti. (Taylor 1987; Světlík et al. 2007; Bayliss et al. 2011). Kvůli tvaru kalibračních křivek se stává, že v určitých časových úsecích, typicky v rozpětí let 1650-1950, nelze vzorek spolehlivě datovat, jelikož zastoupení ^{14}C zůstávalo přibližně stejné (Trumbore et al. 2016a). Datace může být zkreslena i tzv. rezervoárovým efektem. Jedná se o situaci, kdy organismus přijme uhlík, který není v rovnováze s atmosférou či biosférou prostředí, kde se nachází (např. suchozemský obratlovec živící se mořskou stravou, která je radiouhlíkově starší; Bayliss – Marshall 2022). V případě většího souboru radiokarbonových dat se k vyhodnocení běžně využívá bayesovská statistika (Bayliss et al. 2011).

5. Zhodnocení dvou savčích mumii z Řikova

5.1 Nálezové okolnosti

Nález dvou mumifikovaných savců malé velikosti, označených čísly 1 a 2, byl učiněn roku 2020 v kamenném soklu kachlových kamen domu čp. 5 v obci Řikov (okr. Benešov; 49.5680931N, 14.5942047E) pod vedením archeologa R. Koreného z Hornického muzea v Příbrami a v muzejní evidenci je veden pod přírůstkovým číslem 18/2020. Nejstarší části archeologicky zkoumaného domu byly dendrologicky datovány do let 1704–1705 (Korený 2021). Nalezené mumie umístěné v uzavíratelných plastových sáčkách s popisky byly následně předány do Laboratoře archeobotaniky a paleoekologie na PřF JU za účelem druhové determinace a případné aplikace dalších metod, které by rozšířily množství dosažitelných informací o těchto (archo)zoologických nálezech.

5.2 Metody

Hlavním cílem výzkumu byla druhová determinace nalezených mumii. Po prvotním zvážení různých metod vhodných pro zkoumání a druhovou determinaci nálezů byly vybrány tyto: vizuální zhodnocení a digitální mikroskopie, planární radiografie, trichologie s využitím skenovací elektronové mikroskopie (SEM) a rentgenová mikrotomografie (mikroCT). Přibližné datování nálezů bylo provedeno na základě archeologického kontextu (Korený 2021).

5.2.1 Postup při aplikaci metod

Prvním krokem bylo vizuální zhodnocení stavu mumii, jehož výsledkem bylo také orientační taxonomické zařazení obou živočichů (Anděra – Horáček 2005).

Následovalo pořízení fotografií obou exemplářů s využitím digitálního mikroskopu Keyence VHX7000 s odpovídajícím softwarovým vybavením na pracovišti LAPE na PřF JU. Získané snímky sloužily především jako obrazová dokumentace nálezů.

Dále došlo k pořízení rentgenového snímku na Veterinární ošetrovně Zlatá stoka v Českých Budějovicích za pomoci přístroje Gierth HF 80. Pro lepší viditelnost snímků mumii byly upraveny parametry zobrazení šedé škály (*windowing*): *window width* 4095, *window center* 2048. K prohlížení výsledných snímků byl použit software QuantorView Simple Viewer.

Pro účely trichologie byl z obou exemplářů pomocí pinzety odebrán vzorek srsti a v mikroskopavkách přenesen na pracoviště Laboratoře elektronové mikroskopie na Biologickém centru AV ČR v Českých Budějovicích, kde byly vzorky srsti ještě před zobrazením rastrovacím elektronovým mikroskopem Jeol JSM 7401-f nalepeny na podložku a pozlaceny. Získané snímky chlupů sloužily jako podklad k druhovému určení

(Teerink 1991; Meyer et al. 2002). Mezi hodnocené znaky obou vzorků chlupů patřily: struktura okrajů šupin, vzdálenost mezi jejich okraji a celkový vzhled vzoru šupin.

Na závěr byla přední polovina těla mumii, s důrazem kladeným na lebku a zuby, naskenována pomocí mikrotomografu SkyScan 1272 na katedře zoologie PřF JU. Nastavení parametrů přístroje pro mumii č. 1 si lze prohlédnout v příloze 7, pro mumii č. 2 poté v příloze 8. Snímky byly následně zpracovány pomocí softwaru Avizo 2019.1. Druhové určení na základě znaků na lebce a zubech bylo provedeno za pomoci metodické studie Anděra – Horáček (2005). Současně bylo provedeno měření LOSD (délka horní řady zubů), LOID (délka dolní řady zubů) a LMD (délka doní čelisti). Měření LOSD a LOID byla provedena v programu Avizo 2019.1, měření LMD v programu Inscap.

Po celou dobu bylo dbáno na co nejlepší zachování muzejních exemplářů. V případě, že bylo třeba mumie přenášet na delší vzdálenosti, byly uchovávány v pevné plastové krabici.

5.3 Výsledky

5.3.1 Vizuální zhodnocení mumifikovaných živočichů

U mumie č. 1 (M1) se v kompletním stavu nedochovala pravá končetina, chybí celá její chodidlová část. Z měkkých tkání jsou zachovány především zbytky kůže, a to především na zadní polovině hlavy, na hrudi, podél páteře a na pravé zadní končetině. Největší množství zachované srsti tmavošedé barvy se nachází na kůži pokrývající pravou zadní končetinu. Obě levé končetiny jsou skeletonizované. Dlouhý ocas je jednobarevný a řídce krátce osrstěný. Jelikož nezachovala kůže na břišní straně těla, lze pozorovat vnitřek těla mumie, včetně pánve a hrudního koše. Zbytky vnitřních orgánů nejsou patrné. Viditelné je znečištění mumie sedimentem z místa uložení.

U mumie č. 2 (M2) nedošlo k zachování ocasu, ze kterého zbyla zhruba 1 cm dlouhá část. Oproti mumii č. 1 jsou nápadněji přítomny měkké tkáně, především kůže, která pokrývá prakticky celé tělo, včetně všech končetin a hlavy. Poškození vykazuje pouze zadní část těla (trhliny v kůži), poškozena je zadní část lebky a část kůže chybí také na vnitřní straně pravé dolní končetiny. Levá dolní končetina vykazuje částečnou skeletonizaci. Srst je vyjma zadní strany zachována na většině plochy těla. U tohoto exempláře lze pozorovat proměnlivé zbarvení srsti na břišní části (písková barva) a na zbytku těla (hnědá až tmavě šedá). Přítomny jsou také hmatové chlupy na obličejové části hlavy. Vnitřní orgány nelze pozorovat, jelikož nejsou v kůži přítomny dostatečně velké otvory, pomocí nichž by se dalo nahlédnout do tělních dutin zvířete. Znečištění sedimentem není na první pohled tolik patrné jako u mumie č. 1, nejspíše z důvodu přítomnosti srsti.

Oba exempláře byly na základě publikace Anděra – Horáček (2005) zařazeny do řádu hlodavci. Hlavními znaky byly nepřítomnost létací blány (především mumie č. 2), dlouhý ocas (mumie č. 1), přítomnost drápů (oba jedinci) a zvláště pak přítomnost pouze jednoho páru řezáků (u obou mumii).

5.3.2 Digitální mikroskopie

S pomocí digitálního mikroskopu byly pořízeny celkem tři snímky. Snímkování mumie č. 1 bylo opakováno z důvodu přesvícení obrazu. Použit byl pouze druhý ze snímků mumie č. 1 (Obr. 1) a jeden snímek mumie č. 2 (Obr. 2). Oba snímky dosahují vysokého rozlišení (15338x13739 px a 14082x12366 px). Na základě snímků nebylo možné mumie určit blíže než při vizuálním zhodnocení. Velmi dobře ale bylo možné pozorovat znečištění obou mumii.



Obr. 1: Snímek mumie č. 1 pořízený digitálním mikroskopem.



Obr. 2: Snímek mumie č. 2 pořízený digitálním mikroskopem.

5.3.3 Planární radiografie

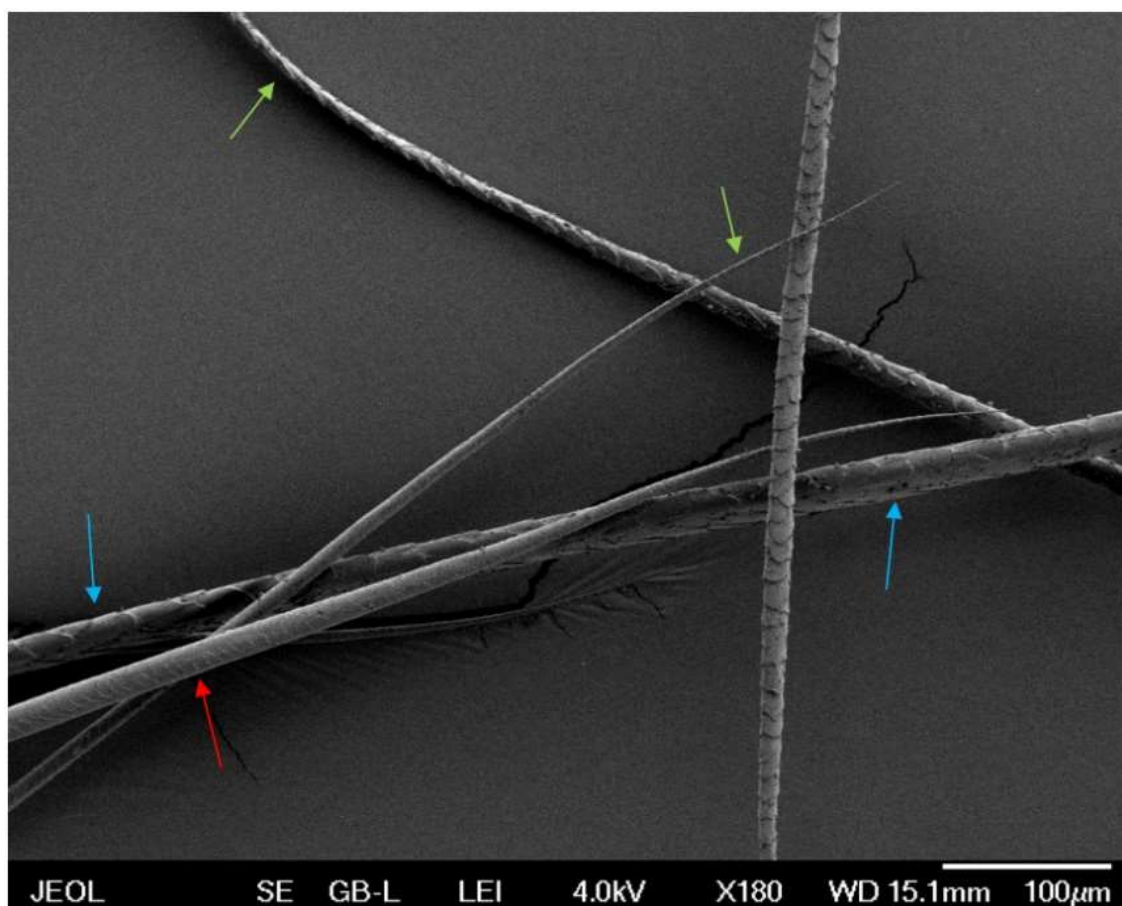
Celkem byly pořízeny tři snímky, s tím že se obě mumie se vešly na jeden snímek. K prohlížení mumií byl využit snímek druhý, který poskytoval nejlepší viditelnost mumií. Na základě těchto snímků bylo možné lépe pozorovat polohu mumií, například výrazné zakřivení krční páteře u mumie č. 2, jak je zřejmé z Obr. 3. Rentgenové snímky ale nedosahovaly dostatečného detailu, aby bylo možné jedince druhově zařadit, proto bylo přistoupeno k využití dalších metod.



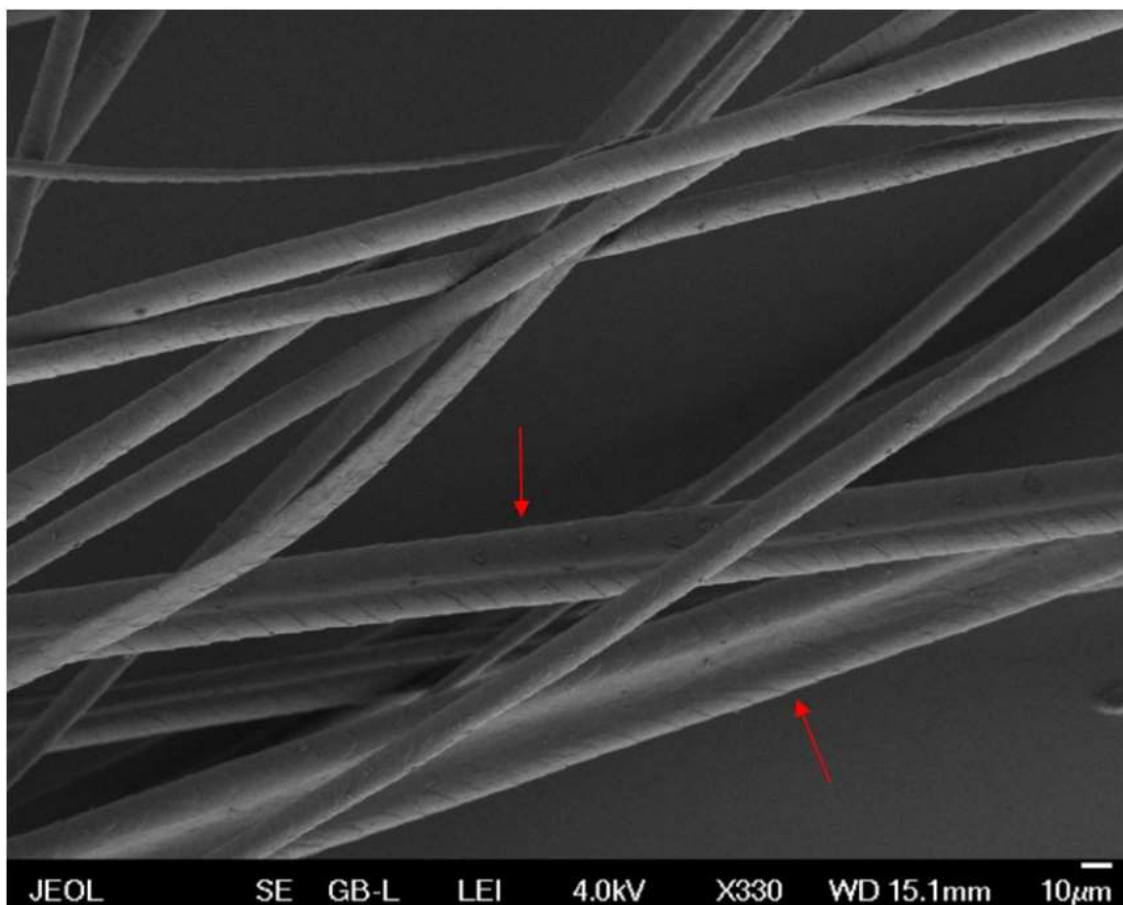
Obr. 3: Výřez z rentgenového snímku zobrazující mumii č. 2. Šípkou je označeno výrazné zakřivení krční páteře.

5.3.4 Trichologická analýza

Snímky chlupů ze skenovacího elektronového mikroskopu byly vyhodnocovány pomocí metodických studií Teerink (1991) a Meyer et al. (2002). Kombinací určovacích klíčů a atlasu chlupů z obou publikací byly oba exempláře určeny do druhu myš domácí (*Mus musculus*). Hlavními pozorovanými znaky byl (a) hladký okraj šupin, (b) šupiny vzdálené a na distálním konci chlupu přiblížené a (c) vzor šupin v mediální části typu *diamond petal* a na bazálním konci i na špičce koronálního typu. Tyto znaky lze dobře pozorovat na Obr. 4, který náleží mumii č. 2. Dalšími hodnocenými znaky byly poté (d) kruhový tvar průřezu distální části chlupu v kontrastu s konkávně-konvexním průřezem v části mediální a také (e) rozdíl ve vzoru šupin na konkávní a konvexní straně chlupu – konkávní strana chlupu je dobře zřetelná na Obr. 5 ze vzorku srsti z mumie č. 1.



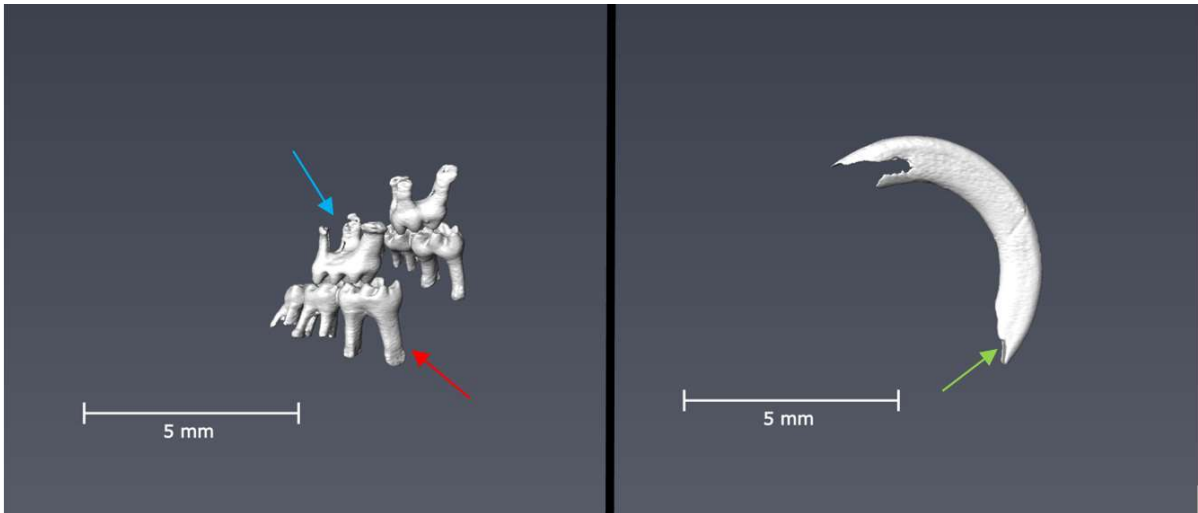
Obr. 4: Základní znaky šupin kutikuly na vzorku mumie č. 2. Hladký okraj šupin je viditelný u všech chlupů na snímku, přiblížené okraje šupin na distálním konci chlupu jsou označeny červenou šipkou, vzor šupin typu *diamond petal* modrými šipkami a koronální typ šupin na špičce a na bázi chlupu zelenými šipkami.



Obr. 5: Konkávní strana chlupů na vzorku mumie č. 1. Dotyčné dva chlupy jsou označeny šipkami.

5.3.5 Rentgenová mikrotomografie

3D rekonstrukce snímků získaných při mikrotomografii byly využity k analýze kosterních znaků na lebce. Na základě srovnávací literatury (viz 5.2.1) byly oba exempláře nejprve určeny do rodu myš (*Mus*) a následně byly na lebkách hodnoceny ještě tyto znaky: zubní vzorec 1003; délka řezákového otvoru, jehož zadní okraj daleko přesahuje spojnicí předních okrajů M^1 ; věnčitý šev vytvářející ostré hroty; přítomnost tří kořenů na M^1 a dvou kořenů na M_1 ; zhruba pravoúhlý zářez na vnitřní straně horních řezáků. Tyto znaky, vyjma linie věnčitého švu, která nebyla dostatečně vypovídající, potvrdily druhové určení obou mumii jako myš domácí (*Mus musculus*). Znaky na zubech ukazuje Obr. 6, jedná se o snímek mumie č. 1. Také byl pozorován tvar jařmového oblouku, který taktéž odpovídá myši domácí.



Obr. 6: Základní znaky na zubech pro určení myši domácí (*M. musculus*) na 3D rekonstrukci zubů mumie č. 1. Tři kořeny M^1 jsou označeny modrou, dva kořeny M_1 červenou šipkou. Pravoúhlý zářez na horním řezáku je vyznačen zelenou šipkou.

Ve snaze odlišit myš domácí (*M. musculus*) a od myši západoevropské (*M. domesticus*) byly zaznamenány tři rozměry na lebce: LOSD, LOID a LMd. Naměřené hodnoty v Tab. I byly porovnávány s hodnotami v publikaci Anděra – Horáček (2005), avšak pro značný překryv hodnot mezi oběma druhy nakonec nebylo možné na základě měření rozhodnout, o který z druhů se jedná.

Tab. I: Měření na lebkách mumií (v mm), příslušnost hodnot k druhu *M. musculus* a *M. domesticus*

[mm]		M1	Anděra – Horáček (2005)	M2	Anděra – Horáček (2005)
LOSD	dextra	3,5	<i>M. domesticus</i>	3,7	<i>M. domesticus</i>
	sinistra	3,5	<i>M. domesticus</i>	3,6	<i>M. domesticus</i>
LOID	dextra	3,2	<i>M. musculus/domesticus</i>	3,2	<i>M. musculus/domesticus</i>
	sinistra	3,3	<i>M. musculus/domesticus</i>	3,0	<i>M. musculus</i>
LMd	dextra	11	<i>M. musculus/domesticus</i>	11	<i>M. musculus/domesticus</i>
	sinistra	10,3	<i>M. musculus/domesticus</i>	NELZE poškození	

Pro účely prezentace výzkumu byla v programu Avizo 2019.1 vytvořeny animace 3D kostry naskenovaných mumií, které lze nahlédnout v přílohách 5 a 6.

6. Diskuse

Informace o zvířecích mumiích z České republiky jsou poněkud střídme. Záznamy lze často najít pouze o úmyslně zazděných jedincích, z většiny se jedná o kočky (Holubová – Vachůt 2009). Co se týče hlodavců, jsou publikovány doklady mumií krys (zhruba deset exemplářů), které byly nalezeny v mlynářských strojích a ve větrací šachtě starého mlýna v obci Vráto v roce 1997, nebo mumie krysy nalezená při přestavbě domu v Českém Krumlově v roce 1936 (Mikeš – Kovačiková 2019). Dalším příkladem nálezů téhož druhu je devět úmyslně zazděných mumií z Pražského hradu (Jirsík 1957). Nálezy mumií jsou poměrně atraktivní pro širokou veřejnost a proto jsou často prezentovány v denním tisku. Obvykle se ale nejedná o vědecky ověřené zdroje, např. nález mumifikované kočky na půdě domu v Opavici na Krnovsku (Kuba 2022).

Určení mumií do druhu myš domácí (*Mus musculus*), dosaženého v této práci, nikterak neodporuje místu nálezu, tedy staré usedlosti, neboť myš domácí je totiž typickým synantropním druhem. Zajímavé je ale místo nálezu v kamenném soklu kachlových kamen. Mumie myši byly nalezeny zasypané a předpokládá se, že zde měly hnízdo (Korený 2021). Obě mumie patří do kategorie „suchých“ mumií, tedy hlavním faktorem pro jejich zachování bylo působení vyšších teplot, čemuž nasvědčuje bezprostřední blízkosti kamen. Další indicií tohoto způsobu mumifikace je výrazné zakřivení krční páteře mumie č. 2, které je často spojováno s vysušením (Lyman 1994). Na první pohled je zřejmý rozdíl v zachování obou jedinců – mumie č. 1 je výrazně více skeletonizovaná než mumie č. 2. Jelikož nám nejsou známy detaily nálezu, např. jak byly mumie rozmístěny v prostoru či vůči sobě, nelze s jistotou říci, co je důvodem jejich rozdílné zachovalosti. Roli mohlo sehrát mikroklíma v místě uložení, kdy myš č. 2 se nacházela v podmínkách vhodnějších pro vysušení. Důvody jsou proto pouze spekulativního charakteru, např. uložení myši č. 2 blíže zdroji tepla, do místa s větším prouděním vzduchu či na propustnější podklad než v případě myši č. 1. Další otázkou je, zda rozdílné zachování jedinců nemohlo být ovlivněno rozdílnou polohou těla. V tomto případě by se ale zdálo logické lepší zachování myši č. 1, která má končetiny (zvláště pravou zadní) dále od těla, což by teoreticky mělo napomáhat snažšímu odpařování vody z těla a ve výsledku jeho lepšímu zachování (Aufderheide 2010). Přesto je lépe zachovaná myš č. 2, jejíž poloha je poněkud kompaktnější. U myši č. 2 také není výrazně rozložená část těla přiléhající k podkladu, přestože u myši č. 1 měkké tkáně břišní strany těla kompletně scházejí.

Pro určení druhu mumií by bylo nejrychlejším způsobem vyjmutí lebky a následné určení na základě znaků na kostech a zubech – tak koneckonců určil krys z Pražského hradu Jirsík

(1957). Tento postup ale není přijatelný pro zpracování muzejních nálezů, které jsou inventarizovány a uloženy v depozitářích a je nutné je zachovat v původním stavu. Preferovány jsou proto nedestruktivní metody výzkumu. Zachování nálezů bylo tedy hlavním kritériem pro metody, které byly použity v případě mumií z Řikova. Dalšími parametry byla finanční dostupnost metody či její reálná proveditelnost.

Stanovením priorit při/před studiem mumifikovaných organismů se zabývali Beckett – Conlogue (2021), kteří řešili problém přílišného množství lidských mumií z pouště Atacama, kdy není možné kvalitně prozkoumat a zachovat všechny nálezy. Jejich tři otázky, napomáhající s rozhodováním o použití metod, lze ale stejně dobře aplikovat také na nálezy mumií zvířat. Otázky jsou následující:

Měli bychom to udělat? *Should we do it?* (konkrétní vědecký cíl)

Jsme schopni a můžeme to udělat? *Can we do it?* (bezpečnost, cena, transport)

Má cenu to dělat? *What is the value of doing it?* (jak získaná data pomohou výzkumu jako celku)

Například u říkovských mumií bylo datování učiněno již archeology, a to dle archeologického kontextu a nebylo tedy přikročeno k dalšímu způsobu datování, např. radiouhlíkovou metodou, mimo jiné i kvůli vysoké ceně této metody, relativně malému stáří nálezů, které se navíc nejspíše nachází v rozmezí plató kalibrační křivky, a také praktické neproveditelnosti extrakce kolagenu z nálezů tak malých jako byly mumie z Řikova.

Při používání jednotlivých metod je zřetelný trade-off mezi příležitostmi a jejich dostupností. Nejjednodušší metodou je vizuální zhodnocení, které je velmi důležité pro prvotní odhadnutí možností navazujícího studia nálezu, ne vždy je ale schopné podat detailnější informace. V případě mumií z Řikova se na základě primárního posouzení dalo určit, že se jedná o malého hlodavce, nikoliv ale, že jde o myš domácí. Na základě zhodnocení celkového stavu mumie se lze rozhodnout pro zařazení (či vyřazení) určitých metod, např. na nálezy postrádající srst nebude aplikována trichologie.

Beckett – Conlogue (2021) zdůrazňují důležitost řádné dokumentace nálezů, z jejichž povahy vyplývá, že by mohly snadno podlehnout zkáze. Hlavním způsobem dokumentace myších mumií z Řikova bylo snímkování na digitálním mikroskopu. Výsledné snímky jsou sice velmi detailní, nicméně stále se jedná pouze o dvojrozměrné zobrazení. Nálezy lze navíc pozorovat pouze z té strany, ze které byly pořízeny snímky (v případě mumií z Řikova

ze svrchní strany). Pro kompletní dokumentaci nálezů je tedy nejvhodnější pořídit snímky ze všech stran. Pořizování snímku pomocí digitálního mikroskopu vylučuje výzkum větších nálezů, které se pod mikroskop nevejdou, a zanedbatelná není ani dostupnost a cena samotného přístroje a základního softwaru nezbytného k jeho provozu. Vysoké rozlišení snímků by se dalo efektivně využít při tisku prezentačních materiálů či posterů ve velkém formátu, pro účely vkládání obrázků do textu či powerpointové prezentace je ale nepraktická velká velikost souborů.

Základní nedestruktivní metodou, která umožňuje prohlížet kosti mumifikovaných živočichů je planární radiografie. Jedná se o metodu, která je relativně dostupná a při správné aplikaci může poskytnout kvalitní informace o tvrdých tkáních. Do určité míry lze zobrazovat i tkáň měkké. Problémy představují pouze často nehomogenně dekalifikované kosti *bog bodies* (Lynnerup 2010). Velikost nálezu není v případě veterinárních rentgenů nějak zásadně omezující, jelikož existují speciální pracoviště zaměřující se také na malá zvířata. Hlavní nevýhodou metody je především dvojrozměrnost zobrazení. Pokud je ale nález snímkován s určitým cílem, např. určení na základě zubů, lze objekt nastavit tak, aby došlo k co nejlepšímu zobrazení cílové struktury. Nastavováním parametrů přístroje a jejich souvislostmi s fyzikální podstatou zobrazování se zabývali např. Conlogue et al. (2021a).

Určení mumií hlodavců z Řikova, a to na základě kosterních (lebečních) znaků, umožnila až rentgenová mikrotomografie (mikroCT). Snímkována byla sice prioritně lebka a zuby, jelikož cílem bylo použít jejich morfologické znaky k determinaci, nicméně velkou výhodou přístroje je možnost nastavení široké škály parametrů, a tedy možnost upravovat či modifikovat zobrazení podle specifčnosti konkrétního nálezu či výzkumného cíle. Přestože při zobrazování mumií z Řikova nebylo této možnosti využito, lze pomocí CT zobrazovat také měkké tkáň. Je ale nutné být s přístrojem velmi dobře obeznámen (či mít k dispozici technika), aby mohl být jeho potenciál plně využit. Významnou nevýhodou snímkování pomocí CT je relativní nedostupnost přístrojů a zvláště pro mikroCT je limitací také velikost vzorku. Obě mumie z Řikova bylo možné vložit do přístroje v celku, dosahovaly ale téměř maximální možné velikosti vzorku, který lze do přístroje umístit.

Přestože skenovací čas může být v závislosti na konečném rozlišení značný (v případě mumií z Řikova trvalo pořizování jednoho snímku zhruba 1 h a 45 min), nejvýznamnější časovou investicí spojenou s touto metodou představuje zpracování snímků v grafickém softwaru. Dostupné programy často nabízejí nepřehledné množství funkcí, se kterými je třeba se seznamovat postupně a na začátku si vybrat pouze některé. Program Avizo 2019.1,

který byl použit pro zpracování snímků říkovských mumií, umožňoval oddělení jednotlivých struktur, jejich barevné odlišení, tvorbu snímků a animací, nejrůznější typy měření a další funkce. Programy pracující s 3D rekonstrukcemi mají stejné výhody a nevýhody jako práce s tomografií – nabízí sice mnoho příležitostí, ale nevýhodou je jejich nedostupnost způsobená cenou, hardwarovou náročností (včetně nutnosti uchovávat velká množství dat) či nemožností pojmout všechny nabídky programu. Obecně tedy nelze považovat zobrazování nálezů pomocí CT za dostupné.

Trichologická analýza má význam pouze u mumií, na kterých se zachovala srst. Na rozdíl od předchozích metod se ale jedná o metodu invazivní, i když ne přímo destruktivní. U některých nálezů tedy nemusí být z hlediska jejich dalšího zachování vhodná. Teerink (1991) i Meyer et al. (2002) se věnují postupům, díky kterým lze pozorovat jednotlivé struktury chlupu i pod světelným mikroskopem. Tento postup, přestože nemusí přinést stejně kvalitní výsledky jako zobrazení chlupu pod skenovacím elektronovým mikroskopem, teoreticky snižuje nároky této metody na přístroje a vybavení. Možná úskalí nicméně vyvstávají již při odběru vzorků, jelikož vzhled kutikuly jednotlivých taxonomických skupin se liší v závislosti na typu chlupu i na jeho konkrétní části. Proto je nutné mít k dispozici více, pokud možno kompletních, chlupů z jednoho jedince. Přesto je ideální používat i další znaky, jako je struktura dřene chlupu či tvar chlupu na průřezu, jelikož určovací klíče či atlasy pracují s kombinacemi více znaků. Meyer et al. (2002) používají ve své metodické studii znaky získané vyhodnocením snímků kutikuly prostřednictvím speciálního softwaru. Přestože jsou jimi evidované parametry jako poměr šířky a výšky šupin determinálně celkem spolehlivé, nemusí být dosažitelné právě kvůli závislosti na dotyčném softwaru. Trichologická analýza, třebaže představuje určitá úskalí, může být relativně dostupnou metodou pro účely taxonomické determinace nálezů savců, pokud se na nich nalézá srst. Může sloužit buď jako jediná možná determinační metoda, pokud nelze použít kosterní znaky, či jako metoda doplňková, díky níž lze potvrdit příslušnost nálezu k určité taxonomické skupině.

Ukazuje se, že při analýze nálezu mumifikovaného živočicha je ideální použít více různých metod pro zodpovězení stejných otázek. Typicky se dá tento přístup uplatnit při druhové determinaci na základě kosterních znaků a trichologie, či některé z molekulárních metod. Pokud jsou v mumii přítomny koprolity, lze provést analýzu makro- a mikrozbytků opět v kombinaci s některou z molekulárních metod. Detailnější vyjádření vztahů mezi metodami a informacemi získanými u mumifikovaných živočichů lze nahlédnout v příloze 3. Příloha 1 poté zobrazuje informace ve vztahu ke zkoumanému jedinci, prostředí a člověku a

příloha 2 zobrazuje propojení mezi těmito informacemi. Při zpracování mumifikovaných nálezů je hlavní nevýhodou jejich relativní vzácnost – vědci s nimi nejsou příliš zvyklí pracovat a metody používané pro jejich výzkum jsou navrženy buď pro živé pacienty, jako v případě zobrazovacích metod, nebo pro kosterní pozůstatky, které ale nemusí být u mumie dobře přístupné a pozorovatelné (Waldron 2009). U vysušených mumií představují v případě odběru vzorků problém ztvrdlé měkké tkáně, u *bog bodies* dekalifikované kosti a jejich chemické změny vlivem místa uložení (ibid.). Při paleoparazitologické analýze mohou představovat problém neznámí či obtížně určitelní parazité vázaní na určitý druh zvířete (Fugassa 2014).

Při aplikaci metod diagnostikujících mumie z Říkova byla snaha postupovat systematicky, kdy prvotní vizuální zhodnocení a nafocení digitálním mikroskopem předcházelo trichologii. Vzhledem k tomu, že většina použitých metod byla zobrazovacích a nedestruktivních, nezáleželo tolik na jejich přesném pořadí. To se odvíjelo také z dostupnosti jednotlivých přístrojů a domluvy návštěvy specializovaných pracovišť.

Při aplikaci jiných, než v této práci využitých metod může být zásadní jejich posloupnost. To platí především u molekulárně genetických metod, u nichž je kladen velký důraz na zamezení kontaminacím. Ideální je proto jejich aplikace co nejdříve po nálezu přirozeně mumifikovaného živočicha. Při analýzách aDNA je třeba vzít v úvahu i možné poškození aDNA rentgenovým zářením, přestože ohledně míry jeho vlivu nepadají shoda (Loynes – Bianucci 2021; Conlogue et al. 2021b). Proto se jeví jako vhodnější provádět odběry vzorků ještě před ozářením mumie. Jako úplně první krok ještě před aplikací jakékoli metody lze doporučit provedení důsledné fotografické dokumentace, a to z toho důvodu, že je proveditelná a široce dostupná, a pokud by v průběhu výzkumu došlo k poškození mumie, bude její původní stav minimálně zdokumentován. Detailnější rozcestník metod připadajících v úvahu pro studium vysušených zvířecích mumií objevených v českém prostředí je uveden v příloze 4.

7. Závěr

Mumifikace, ať již přirozená nebo umělá, je procesem způsobeným potlačením rozkladných procesů těla, jejichž hlavními činiteli jsou vnitrobuněčné enzymy, bakterie z těla a vnějšího prostředí, bezobratlí rozkladači a obratlovčí mrchožrouti. Rozkladu lze zabránit odstraněním vody z těla (vysokými či nízkými teplotami, osmoticky, prouděním vzduchu), vystavením těla extrémním teplotám (typicky zmražení) či specifickým chemickým vlivům (případ mumií z rašelinišť). Z konkrétního mechanismu mumifikace vyplývají vlastnosti mumií a také jsou jím předurčeny výhody či úskalí metod používaných při jejich hodnocení.

Metody používané při studiu mumifikovaných nálezů lze rozdělit do několika obecnějších kategorií: analýza místa nálezu a tafonomie, zobrazovací metody, metody používané při studiu tvrdých tkání, metody využívané při studiu měkkých tkání, metody analytické chemie a analýza aDNA, datovací metody. Pomocí těchto metod můžeme získat informace o druhu, pohlaví, věku a zdravotním stavu živočicha, jeho ekologii (potrava, místo původu, migrace) a případný vztah k člověku.

Množství aplikovatelných metod a spektrum informací, které lze jejich aplikací získat, závisí nejen na stavu konkrétního nálezu, ale také na finančních, technických či jiných možnostech. To bylo v praxi ověřeno na příkladu dvou mumií myši domácí (*Mus musculus*) z Říkova, u kterých byla z důvodu zachovalosti, velikosti a celkového významu hlavním cílem pouze druhová determinace.

Seznam zdrojů a literatury

Aali, A., Stöllner, T., Abar, A., Rühli, F., 2012: The Salt Men of Iran: the salt mine of Douzlākh, Chehrābād. *Archäologisches Korrespondenzblatt*. 42:61–81. ISSN 0342-734X.

Abarella, U., Rizzetto, M., Russ, H., Vickers, K., Viner-Daniels, S., 2017: A Glossary of Zooarchaeological Methods. In: Abarella, U., Rizzetto, M., Russ, H., Vickers, K., Viner-Daniels, S. (eds.): *The Oxford Handbook of Zooarchaeology*. Oxford: Oxford University Press. 757–780. doi: 10.1093/oxfordhb/9780199686476.002.0012.

Aitken, M.J., 1990: *Science-based dating in archaeology*. London – New York: Routledge. ISBN 978-0-582-49309-4.

Alexander Bentley, R., 2006: Strontium isotopes from the earth to the archaeological skeleton: a review. *Journal of archaeological method and theory*. 13/3:135-187. doi: 10.1007/s10816-006-9009-x.

Anděra, M., Horáček, I., 2005: *Poznáváme naše savce*. Praha: Nakladatelství Sobotáles. ISBN 80-86817-08-3.

Araújo, A., Reinhard, K.J., 2021: Mummies, Parasites, and Pathoecology in the Ancient Americas. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 411–438. ISBN 978-981-15-3354-9.

Araújo, A., Reinhard, K.J., Gardner, S., Ferreira, L.F., 2014: Parasites as Markers of Prehistoric Migrations. In: Ferreira, L.F., Reinhard, K.J. (eds.): *Foundations of Paleoparasitology*. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ. 141–150. ISBN 978-85-7541-598-6.

Assis, S., Santos, A.L., Keenleyside, A., 2016: Paleohistology And The Study Of Human Remains: Past, Present And Future Approaches. *Revista Argentina de antropología biológica*. 18/2:1–17. doi: 10.17139/raab.2016.0018.02.02.

Aufderheide, A.C., 2010: *The scientific study of mummies*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-17735-1.

Axmanová, A., Robovský, J., Tichý, L., Danihelka, J., Troeva, E., Protopopov, A., Chytrý, M., 2020: Habitats of Pleistocene megaherbivores reconstructed from the frozen fauna remains. *Ecography*. 43/5:637–778. doi: 10.1111/ecog.04940.

Bayliss, A., Marshall, P., 2022: *Radiocarbon Dating and Chronological Modelling: Guidelines and Best Practice*. London: Historic England. ISSN 9781802077643.

Bayliss, A., van der Plicht, J., Bronk Ramsey, C., McCormac, G., Healy, F., Whittle, A., 2011: Towards generational time-scale: the quantitative interpretation of archaeological chronologies. In: Whittle, A., Healy, F., Bayliss, A. (eds.): *Gathering Time – Dating the*

- Early Neolithic Enclosures of Southern Britain and Ireland*. Oxford: Oxbow Books. 17–59. ISBN 978-1-84217-425-8.
- Beckett, R.G., 2021a: Bog Bodies. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 807–832. ISBN 978-981-15-3354-9.
- Beckett, R.G., 2021b: Fire Mummies of the Kabayan Region of Benguet Province, Luzon, the Philippines. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 957–982. ISBN 978-981-15-3354-9.
- Beckett, R.G., 2021c: Smoked Bodies of Papua New Guinea. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 983–1008. ISBN 978-981-15-3354-9.
- Beckett, R.G., 2021d: Endoscopy in Anthropological and Archaeological Applications. In: Beckett, R.G., Conlogue, G.J. (eds.): *Advances in Paleoimaging: Applications fo Paleoanthropology, Bioarchaeology, Forensics, and Cultural Artifacts*. Boca Raton: CRC Press. 11–19. ISBN 978-1-315-20308-9.
- Beckett, R.G., Conlogue, G.J., 2021: Radiology Applications in Mummy Studies. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 211–252. ISBN 978-981-15-3354-9.
- Behrensmeyer, A.K., 1978: Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology*. 4:150-162. <https://www.jstor.org/stable/2400283>.
- Behrensmeyer, A.K., Kidwell, S.M., Gastaldo, R.A., 2000: Taphonomy and paleobiology. *Paleobiology*. 26/4:103–147. <https://www.jstor.org/stable/1571655>.
- Bianucci, R., Galassi, F.M., Nerlich, A.G., 2021: Vladimir Il’ič Lenin. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 851–876. ISBN 978-981-15-3354-9.
- Boeskorov, G.G., Lazarev, P.A., Sher, A.V., Davydov, S.P., Bakulina, N.T., Shchelchkova, M.V., Binladen, J., Willerslev, E., Buigues, B., Tikhonov, A.N., 2011: Woolly rhino Discovery in the lower Kolyma River. *Quaternary Science Reviews*. 30:2262–2272. doi: 10.1016/j.quascirev.2011.02.010.
- Boeskorov, G.G., Plotnikov, V.V., Protopopov, A.V., Baryshnikov, G.F., Fosse, P., Dalén, L., Stanton, D.W.G., Pavlov, I.S., Suzuki, N., Tikhonov, A.N., 2021: The Preliminary Analysis of Cave Lion Cubs *Panthera spelaea* (Goldfuss, 1810) from the Permafrost of Siberia. *Quaternary*. 4 /24:1–16. doi: 10.3390/quat4030024.
- Boeskorov, G.G., Potapova, O.R., Protopopov, A.V., Plotnikov, V.V., Agenbroad, L.D., Kirikov, K.S., Pavlov, I.S., Shchelchkova, M.V., Belolyubskii, I.N., Tomshin, M.D., Kowalczyk, R., Davydov, S.P., Kolesov, S.D., Tikhonov, A.N., van der Plicht, J., 2016:

The Yukagit Bison: The exterior morphology of a complete frozen mummy of the extinct steppe bison, *Bison priscus* from the early Holocene of northern Yakutia, Russia. *Quaternary International*. 406:94–110. doi: 10.1016/j.quaint.2015.11.084.

Boeskorov, G.G., Protopopov, A.V., Mashchenko, E.N., Potapova, O.R., Kuznetsova, T.V., Plotnikov, V.V., Grigoryev, S.E., Belolyubskii, I.N., Tomshin, M.D., Shchelchkova, M.V., Kolesov, S.D., van der Plicht, I., Tikhonov, A.N., 2013: New Finding of Unique Preserved Fossil Mammals in the Permafrost of Yakutia. *Doklady Biological Sciences*. 452:291–295. doi: 10.1134/S0012496613050116.

Bottjer, D.J., 2016: *Paleoecology. Past, Present, and Future*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. ISBN 978-1-118-45586-9.

Brandt, N., 2015: #10: PETRIFIED BAT, LAKE NATRON, 2012. In: *NICK BRANDT: BEHIND THE PHOTO* [online]. 06.07.2015 [cit. 18.03.2023]. <http://nickbrandtphotography.blogspot.com/2015/07/behind-photo-nick-brandt-10-petrified.html#comment-form>.

Bravenec, A.D., Ward, K.D., Ward, T.J., 2018: Amino acid racemization and relation to geochronology and aechaeometry. *Journal of Separation Science*. 41/6:1489-1506. doi: 10.1002/jssc.201701506.

Carrión, J.S., Scott, L., Arribas, A., Fuentes, N., Gil-Romera, G., Montoya, E., 2007: Pleistocene landscapes in central Iberia inferred from pollen analysis of hyena coprolites. *Journal of Quaternary science*. 22/2:191–202. doi: 10.1002/jqs.1024.

Castanet, J., 2006: Time recording in bone microstructures of endotheric animals; functional relationships. *Comptes Rendus Palevol*. 5:629–636. doi: 10.1016/j.crpv.2005.10.006.

Castanet, J., Croci, S., Aujard, F., Perret, M., Cubo, J., de Margerie, E., 2004: Lines of arrested growth in bone and age estimation in a small primate: *Microcebus murinus*. *Journal of Zoology*. 263/1:31–39. doi: 10.1017/s0952836904004844.

Conlogue, G.J., Lombardo, R., Hennessy, W., Viner, M., Giaimo, A., 2021a: Plane Radiography, Digital Radiography, Mammography, Tomosyntheses, and Fluoroscopy. In: Beckett, R.G., Conlogue, G.J. (eds.): *Advances in Paleoimaging: Applications for Paleoanthropology, Bioarchaeology, Forensics, and Cultural Artifacts*. Boca Raton: CRC Press. 27–84. ISBN 978-1-315-20308-9.

Conlogue, G.J., Nelson, A.J., Lurie, A.G., 2021b: Computed Tomography (CT), Multi-Detector Computed Tomography (MDCT), Micro-CT, and Cone Beam Computed Tomography (CBCT). In: Beckett, R.G., Conlogue, G.J. (eds.): *Advances in Paleoimaging: Applications for Paleoanthropology, Bioarchaeology, Forensics, and Cultural Artifacts*. Boca Raton: CRC Press. 111–178. ISBN 978-1-315-20308-9.

- Correia, M.A., Foley, R., Mirazón Lahr, M., 2020: Applying dental microwear texture analysis to the living: Challenges and prospects. *American Journal of Physical Anthropology*. 174/3:542–554. doi: 10.1002/ajpa.24133.
- Craig, H., 1961: Isotopic variations in meteoric water. *Science*. 133:1702–1703.
- Čermák, B., 1915: Restaurace kostela sv. Petra a Pavla na Mělníce. Nález zadržané kočky. *Památky archeologické*. 27/1:71. ISSN 0031-0506.
- de Buffrénil, V., Quilhac, A., Castanet, J., 2021: Cyclical Growth and Skeletochronology. In: de Buffrénil, V., de Ricqlès, A.J., Zylberberg, L., Padian, K. (eds.): *Vertebrate Skeletal Histology and Paleohistology*. Boca Raton and London: CRC Press. 626–644. ISBN 9781351189590.
- Debelica, A., Thies, M.L., 2009: *Atlas and Key to the Hair of Terrestrial Texas Mammals*. Museum of Texas Tech University. ISBN 1-929330-17-0.
- Dittmar, K., 2000: Evaluation of ectoparasites on the Guinea pig mummies of El Yaral and Moquegue Valley, in southern Peru. *Revista de Antropología Chilena*. 32/1:123–125. doi: 10.4067/S0717-73562000000100020.
- Döppes, D., Gill-Frerking, H., Joger, U., Rosendahl, W., Stümpel, N., 2014: A Mountain Hare Mummy from the Zillertaler Alps. In: Gill-Frerking, H., Rosendahl, W., Zink, A., Alterauge, A. (eds.): *Yearbook of Mummy Studies Vol 2*. Mnichov: Verlag Dr. Friedrich Pfeil. 23–29. ISBN 978-3-89937-163-5.
- Driver, J.C., 2011: Identification, Classification and Zooarchaeology. *Ethnobiology Letters*. 2:19–39. <http://www.jstor.org/stable/26419924>.
- Dupras, T.L., Tocheri, M.W., 2007: Reconstructing infant weaning histories at Roman period Kellis, Egypt using stable isotope analysis of dentition. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*. 134/1:63-74. doi: 10.1002/ajpa.20639.
- Faerman, M., Bar-Gal, G.K., Boaretto, E., Boeskorov, G.G., Dokuchaev, N.E., Ermakov, O.A. Golenishchev, F.N., Gubin, S.V., Mintz, E., Simonov, E., Surin, V.L., Titov, S.V., Zanina, O.G., Formozov, N.A., 2017: DNA analysis of a 30,000-year-old *Urocitellus glacialis* from northeastern Siberia reveals phylogenetic relationships between ancient and present-day arctic ground squirrels. *Scientific Reports*. 7:42639. doi: 10.1038/srep42639.
- Fahy, G.E., Deter, C., Pitfield, R., Miszkiewicz, J.J., Mahoney, P., 2017: Bone deep: variation in stable isotope ratios and histomorphometric measurements of bone remodelling within adult humans. *Journal of Archaeological Science*. 87:10-16. doi: 10.1016/j.jas.2017.09.009.

- Faith, J.T., Lyman, R.L., 2019: *Paleozoology and Paleoenvironments. Fundamentals, Assumptions, Techniques*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 978-1-108-48035-2.
- Feathers, J., 2020: Dating Techniques in Archaeological Science. In: Smith, C. (ed.): *Encyclopedia of Global Archaeology*. Cham: Springer. 3156–3175. doi: 10.1007/978-3-030-30018-0.
- Fernández-Jalvo, Y., Scott, L., Andrews, P., 2011: Taphonomy in palaeoecological interpretations. *Quaternary Science Reviews*. 30:1296–1302. doi: 10.1016/j.quascirev.2010.07.022.
- Ferreira, L.F., 2014: An Introduction to Paleoparasitology. In: Ferreira, L.F., Reinhard, K.J. (eds.): *Foundations of Paleoparasitology*. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ. 22–41. ISBN 978-85-7541-598-6.
- Finaughty, D.A., Morris, A.G., 2019: Precocious natural mummification in a temperate climate (Western Cape, South Africa). *Forensic Science International*. 303:109948. doi: 10.1016/j.forsciint.2019.109948.
- Fisher, D.C., Shirley, E.A., Whalen, C.D., Calamari, Z.T., Rountrey, A.N., Tikhonov, A.N., Buigues, B., Lacomat, F., Grigoriev, S., Lazarev, P.A., 2014: X-ray computed tomography of two mammoth calf mummies. *Journal of Paleontology*. 88/4:664–675. doi: 10.1666/13-092.
- Foster, B.L., Nociti, F.H., Somerman, M.J., 2022: Development and Structure of Cementum. In: Naji, S., Rendu, W., Gourichon, L. (eds.): *Dental Cementum in Anthropology*. Cambridge: Cambridge University Press. 46–64. ISBN 978-1-108-47708-6.
- Fugassa, M.H., 2014: Paleoparasitological Diagnosis. In: Ferreira, L.F., Reinhard, K.J. (eds.): *Foundations of Paleoparasitology*. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ. 223–254. ISBN 978-85-7541-598-6.
- Fujita, H., Koike, J., Sugimori, H., Shin, D.H., 2021: Mummies in Japan. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 1103–1116. ISBN 978-981-15-3354-9.
- Gad, Y.Z., Hassan, N.A., Mousa, D.M., Fouad, F.A., El-Sayed, S.G., Abdelazeem, M.A., Mahdy, S.M., Othman, H.Y., Ibrahim, D.W., Khairat, R., Ismail, S., 2021: Insights from ancient DNA analysis of Egyptian human mummies: clues to disease and kinship. *Human Molecular Genetics*. 30/2:R24–R28. doi: 10.1093/hmg/ddaa223.
- Gasche, H., Tunca, Ö., 1983: Guide to Archaeostratigraphic Classification and Terminology: Definitions and Principles. *Journal of Field Archaeology*. 10/3:325–335. doi: 10.2307/529547.

- Gentile, G., 2020: Technical note—stabilization of cadaveric corified and mummified skin thanks to prolonged temperature. *International Journal of Legal Medicine*. 134:1797–1801. doi: 10.1007/s00414-020-02258-4.
- Gilboa, A., Karasik, A., Sharon, I., Smilanski, U., 2004: Towards computerized typology and classification of ceramics. *Journal of Archaeological Science*. 31/6:681–694. doi: 10.1016/j.jas.2003.10.013.
- Gorlova, E.N., Krylovich, O.A., Tiunov, A.V., Khasanov, B.F., Vasyukov, D.D., Savienetsky, A.B., 2015: Stable-isotope analysis as a method of taxonomical identification of archaeozoological material. *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*. 43/1:110–121. doi: 10.1016/j.aeae.2015.07.013.
- Green, E.J., Speller, C.F., 2017: Novel Substrates as Sources of Ancient DNA: Prospects and Hurdles. *Genes*. 8/7:180. doi: 10.3390/genes8070180.
- Grover, V.P.B., Tognarelli, J.M., Crossey, M.M.E., Cox, I.J., Taylor-Robinson, S.D., McPhail, M.J.W., 2015: Magnetic Resonance Imaging: Principles and Techniques: Lessons for Clinicians. *Journal of Clinical and Experimental Hepatology*. 5/3:246–255. doi: 10.1016/j.jceh.2015.08.001.
- Guthrie, R.D., 1990: *Frozen fauna of the mammoth steppe: the story of Blue Babe*. Chicago and London: The University of Chicago Press. ISBN 978-0-226-15971-3.
- Harvey, V.L., Egerton, V.M., Chamberlain, A.T., Manning, P.L., Buckley, M., 2016: Collagen Fingerprinting: A New Screening Technique for Radiocarbon Dating Ancient Bone. *PLoS ONE*. 11/3: e0150650. doi: 10.1371/journal.pone.0150650.
- Hekkala, E.R., Aardema, M.L., Narechania, A., Amato, G., Ikram, S., Shirley, M.H., Vliet, K.A., Cunningham, S.W., Gilbert, M.T.P., Smith, O., 2020: The secrets of Sobek – A crocodile mummy mitogenome from ancient Egypt. *Journal of Archaeological Science: Reports*. 33:102483. doi: 10.1016/j.jasrep.2020.102483.
- Hillson, S., 2005: *Teeth*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-83701-9.
- Hoggard, B., 2015: Concealed Animals. In: Hutton, R. (ed.): *Physical Evidence for Ritual Acts, Sorcery and Witchcraft in Christian Britain: A Feeling for Magic*. London: Palgrave Macmillan. 106–117. ISBN 978-1-349-56884-0.
- Holubová, Z., Vachůt, P., 2009: Kočka jako stavební oběť ve středověku a novověku. In: *Forum Brunense 2009*. Brno: Muzeum města Brna. 103–109. ISBN 978-80-86549-01-9.
- Hong, J.H., Oh, C.S., Shin, D.H., 2021: History of Ancient DNA Analysis in Mummy Research. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 271–284. ISBN 978-981-15-3354-9.

- Chame, M., Sianto, L., 2014: Coprolite diagnosis, or who made the coprolite?. In: Ferreira, L.F., Reinhard, K.J. (eds.): *Foundations of Paleoparasitology*. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ. 255–272. ISBN 978-85-7541-598-6.
- Chinsamy, A., Raath, M.A., 1992: Preparation of fossil bone for histological examination. *Palaeontologia Africana*. 29:39–44. ISSN 2410-4418.
- Ikram, S., 2021: Animal Mummies in Ancient Egypt and South America. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 629–652. ISBN 978-981-15-3354-9.
- Iñiguez, A.M., 2021: Ancient DNA and Paleoparasitology in Brazil. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 317–350. ISBN 978-981-15-3354-9.
- Jeong, C., 2021: Ancient DNA Study. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 301–316. ISBN 978-981-15-3354-9.
- Jirsík, J., 1957: Medieval Rodents-Mummies from the Royal Castle in Prague. In: *Věstník Československé zoologické společnosti*. 21/2:181–186. ISSN 0042-4595.
- King, T., Andrews, P., Boz, B., 1999: Effect of Taphonomic Processes on Dental Microwear. *American Journal of Physical Anthropology*. 108/3:251–379. doi: 10.1002/(SICI)1096-8644(199903)108:3%3C359::AID-AJPA10%3E3.0.CO;2-9.
- Korený, R., 2021: Archeologické výzkumy Hornického muzea Příbram na Příbramsku v roce 2020. In: *Středočeský vlastivědný sborník 39*. Roztoky u Prahy: Středočeské muzeum. 203-207. ISBN 978-80-88336-06-8.
- Korlević, P., Meyer, M., 2019: Pretreatment: Removing DNA Contamination from Ancient Bones and Teeth Using Sodium Hypochlorite and Phosphate. In: Shapiro, B., Barlow, A., Heintzman, P.D., Hofreiter, M., Paijmans, J.L.A., Soares, A.E.R. (eds.): *Ancient DNA: Methods and Protocols*. New York: Humana Press. 15–20. ISBN 978-1-4939-9176-1.
- Kuba, F., 2022: Poklad z půdy na Krnovsku: mumii pojmenovali Čupakabra. *Opavský a Hlučínský Deník.cz* [online]. 28.11.2022 [cit. 25.03.2023]. https://opavsky.denik.cz/zpravy_region/cupakabra-mumie-krnovsko-opavice-krnovsko.html.
- Kuna, M., Černý, V., Dreslerová, D., Vařeka, P., 2007: Metody archeologického výzkumu. In: Kuna, M. (ed.): *Archeologie pravěkých Čech 1: Pravěký svět a jeho poznání*. Praha: Archeologický ústav AV ČR. 89–127. ISBN 978-80-86124-75-9.
- Květoň, J., 2018: Stabilní izotopy – terminologie, analýzy, přírodní výskyt. In: Šantrůček, J., Šantrůčková, H. (eds.): *Stabilní izotopy biogenních prvků. Použití v biologii a ekologii*. Praha: Academia. 21-33. ISBN 978-80-200-2772-6.

- Kyncl, J., 2017: *Letokruhy jako kalendář a záznamník. Zajímavosti z dendrochronologie*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0198-6.
- Lee, H.Y., 2021: Analysis of Low Copy Number DNA and Degraded DNA. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 351–370. ISBN 978-981-15-3354-9.
- Lieberman, D.E., 1994: The Biological Basis for Seasonal Increments in Dental Cementum and Their Application to Archaeological Research. *Journal of Archaeological Science*. 21/4:525–539. doi: 10.1006/jasc.1994.1052.
- Linglin, M., Amiot, R., Richardin, P., Porcier, S., Antheaume, I., Berthet, D., Grossi, V., Fourel, F., Flandrois, J.-P., Louchart, A., Martin, J.E., Lécuyer, C., 2020: Isotopic systematics point to wild origin of mummified birds in Ancient Egypt. *Scientific reports*. 10/1:1-12. doi: 10.1038/s41598-020-72326-7.
- Linseele, V., Riemer, H., Baeten, J., de Vos, D., Marinova, E., Ottoni, C., 2014: Species identification of archaeological dung remains: A critical review of potential methods. *Environmental Archaeology*. 18/1:5–17. doi: 10.1179/1461410313Z.00000000019.
- Long, C.A., Yahnke, C.J., 2011: End of the Pleistocene: elk-moose (*Cervalces*) and caribou (*Rangifer*) in Wisconsin. *Journal of Mammalogy*. 92/5:1127–1135. doi: 10.1644/10-MAMM-A-395.1.
- Loynes, R.D., Bianucci, R., 2021: Medical Imaging in Mummy Studies. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 253–268. ISBN 978-981-15-3354-9.
- Lyman, R. L., 1994: *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 0-521-45215-5.
- Lynnerup, N., 2007: Mummies. *American Journal of Physical Anthropology*. 134/S45:162–190. doi: 10.1002/ajpa.20728.
- Lynnerup, N., 2010: Medical Imaging of Mummies and Bog Bodies – A Mini-Review. *Gerontology*. 56:441–448. doi: 10.1159/000266031.
- Mainland, I.L., 1996: The Lamb’s Last Supper: the Role of Dental Microwear Analysis in Reconstructing Livestock Diet in the Past. *Environmental Archaeology*. 1/1:55–62. doi: 10.1179/env.1996.1.1.55.
- Manning, C.M., 2014: The Material Culture of Ritual Concealments in the United States. *Historical Archaeology*. 48/3:52–83. doi: 10.1007/BF03376937.
- Marinova, E., Ryan, P., Neer, W.V., Friedman, R., 2013: Animal dung from arid environments and archaeobotanical methodologies for its analysis: An example from animal

- burials of the Predynastic elite cemetery HK6 at Hierakonpolis, Egypt. *Environmental Archaeology*. 18/1:58–71. doi: 10.1179/1461410313Z.00000000020.
- Marom, A., McCullagh, J.S.O., Higham, T.F.G., Sinitsyn, A.A., Hedges, R.E.M., 2012: Single amino acid radiocarbon dating of Upper Paleolithic modern humans. *Proceeding of the National Academy of Sciences*. 109/18:6878–6881. doi: 10.1073/pnas.1116328109.
- Martin, R.E., 1999: *Taphonomy: a process approach*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 0-521-59171-6.
- McGrath, K., Rowsell, K., St-Pierre, C.G., Tedder, A., Foody, G., Roberts, C., Speller, C., Collins, M., 2019: Identifying Archaeological Bone via Non-Destructive ZooMS and the Materiality of Symbolic Expression: Examples from Iroquoian Bone Points. *Scientific Reports*. 9:11027. doi: 10.1038/s41598-019-47299-x.
- McKnight, L.M., Atherton-Woolham, S.D., Adams, J.E., 2015: Imaging of Ancient Egyptian Animal Mummies. *RadioGraphics*. 35/7:2108–2120. ISSN 1527-1323.
- Meachen, J., Wooller, M.J., Barst, B.D., Funck, J., Crann, C., Heath, J., Cassatt-Johnstone, M., Shapiro, B., Hall, E., Hewitson, S., Zazula, G., 2020: A mummified Pleistocene grey wolf pup. *Current Biology*. 30:R1467–R1468. doi: 10.1016/j.cub.2020.11.011#mmc2.
- Meyer, W., Hülmann, G., Seger, H., 2002: *SEM-Atlas on the Hair Cuticle Structure of Central European Mammals*. Hannover: Verlag M. & H. Schaper Alfeld. ISBN 3-7944-0200-6.
- Micozzi, M.S., 1991: *Postmortem change in human and animal remains*. Springfield, Illinois: Charles C Thomas. ISBN 0-398-05747-8.
- Mikeš, V., Kovačiková, L., 2019: Historický výzkum krysy obecné (*Rattus rattus*) v jižních Čechách. In: *Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy 59*. České Budějovice: Jihočeské muzeum v Českých Budějovicích. 70–78. ISSN 0139-8172.
- Moclán, A., Domínguez-García, Á.C., Stoetzel, E., Cucchi, T., Sevilla, P., Laplana, C., 2023: Machine Learning interspecific identification of mouse first lower molars (genus *Mus* Linnaeus, 1758) and application to fossil remains from the Estrecho Cave (Spain). *Quaternary Science Reviews*. 299/1:107877. doi: 10.1016/j.quascirev.2022.107877.
- Moubarak-Nahra, R., Castel, J.-C., Besse, M., 2014: Reconstructing carcass processing related to elk (*Alces alces*) exploitation during the Late Mesolithic: The case of Zamostje 2 (Central Russia). *Quaternary International*. 337:170–188. doi: 10.1016/j.quaint.2014.04.057.
- Naji, S., 2022: Introduction: Cementochronology in Chronobiology. In: Naji, S., Rendu, W., Gourichon, L. (eds.): *Dental Cementum in Anthropology*. Cambridge: Cambridge University Press. S. 1–17. ISBN 978-1-108-47708-6.

- Nehlich, O., 2015: The application of sulphur isotope analyses in archaeological research: a review. *Earth-Science Reviews*. 142:1-17. doi: 10.1016/j.earscirev.2014.12.002.
- Nel, C., Bradfield, J., Lombard, M., Val, A., 2021: Taphonomic Study of a Modern Baboon Sleeping Site at Misgrot, South Africa: Implications for Large-Bodied Primate Taphonomy in Karstic Deposits. *Journal of Paleolithic Archaeology*. 4/4:1–31. doi: 10.1007/s41982-021-00080-x.
- Nerlich, A.G., Bianucci, R., 2021. Mummies in Crypts and Catacombs. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 741–776. ISBN 978-981-15-3354-9.
- 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* 16/11:e0249743. doi: 10.1371/journal.pone.0249743.
- Nikolskiy, P., Shidlovsky, F., 2014: Preliminary data from the study of the intact 50 000 YBP frozen mummy of the Anyuy steppe bison (Anyuy River, Arctic Far East). *Abstract Book of the VIth International Conference on Mammoths and their Relatives. S.A.S.G. Special Volume* 102:141. <https://www.researchgate.net/publication/263889581>.
- O'Connor, T., 2000: *The archaeology of animal bones*. Phoenix Mill: Sutton Publishing Limited. ISBN 0-7509-3524-3.
- Onar, V., Küçük, S., Erdikmen, D.O., Galbadrakh, E., Taşağil, A., 2019: Horse sacrifice in the Üzüür Gyalan Tomb: An Altai Mountain Kurgan. *Art-Sanat*. 11:275–298. doi: 10.26650/artsanat.2019.11.0013.
- Otoni, C., Neer, W.V., 2020: The Dispersal of the Domestic Cat: Paleogenetic and Zooarcheological Evidence. *Near Eastern Archaeology*. 83.1:38–45. doi: 10.1086/707312.
- Pääbo, S., 1989: Ancient DNA: Extraction, characterization, molecular cloning, and enzymatic amplification. *Proceedings of the National Academy of Science*. 86/6:1939–1943. doi: 10.1073/pnas.86.6.1939.
- Peabody, F.E., 1961: Annual Growth Zones in Living and Fossil Vertebrates. *Journal of Morphology*. 108/1:11–62. doi: 10.1002/jmor.1051080103.
- Pilaar Birch, S.E., 2013: Stable isotopes in zooarchaeology: an introduction. *Archaeological and Anthropological Sciences*. 5:81-83. doi: 10.1007/s12520-013-0126-7.
- Pilaar Birch, S.E., Scheu, A., Buckley, M., Çakırlar, C., 2018: Combined osteomorphological, isotopic, aDNA, and ZooMS analyses of sheep and goat remains from Neolithic Ulucak, Turkey. *Archaeological and Anthropological Sciences*. 11:1669-1681. doi: 10.1007/s12520-018-0624-8.

- Piombino-Mascali, D., Carr, H., 2021: Dried, Tanned, Frozen, Embalmed, Smoked: A Glimpse into Mummification Mechanisms. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 41–58. ISBN 978-981-15-3354-9.
- Piombino-Mascali, D., Gill-Frerking, H., Beckett, R.G., 2017: The Taphonomy of Natural Mummies. In: Schotsmans, E.M.J., Márquez-Grant, N., Forbes, S.L. (eds.): *Taphonomy of Human Remains: Forensic Analysis of the Dead and the Depositional Environment*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Ltd. 101–119. doi: 10.1002/9781118953358.
- Pitulko, V.V., 2010: The Berelekh Quest: A Review of Forty Years of Research in the Mammoth Graveyard in Northeast Siberia. *Geoarchaeology: An International Journal*. 26/1:5–32. doi: 10.1002/gea.20342.
- Posh, J., Conlogue, G.J., 2021: Magnetic Resonance Imaging (MRI). In: Beckett, R.G., Conlogue, G.J. (eds.): *Advances in Paleoimaging: Applications for Paleoanthropology, Bioarchaeology, Forensics, and Cultural Artifacts*. Boca Raton: CRC Press. 179–184. ISBN 978-1-315-20308-9.
- Rae, A., 1996: Dry human and animal remains – their treatment at the British Museum. In: Spindler, K., Wilfing, H., Rastbichler-Zissernig, E., ZurNedden, D., Nothdurfter, H. (eds.): *Human mummies: a global survey of their status and the techniques of conservation*. Wien – New York: Springer Verlag. 33–38. ISBN 978-3-7091-7352-7.
- Reinhard, K.J., Russ, J., Teixeira-Santos, I., Zhou, Y., Bryant, V.M., 2021: Analysis of Mummy Digestive Tract Contents with Examples of Relevance to Diet, Health, and Hospice. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 461–494. ISBN 978-981-15-3354-9.
- Reitz, E.J., Wing, E.S., 1999: *Zooarchaeology*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 9780521485296.
- Rivals, F., Deniaux, B., 2005: Investigation of human hunting seasonality through dental microwear analysis of two Caprinae in late Pleistocene localities in Southern France. *Journal of Archaeological Science*. 32/11:1603–1612. doi: 10.1016/j.jas.2005.04.014.
- Rodríguez-Hidalgo, A., Rivals, F., Saladié, P., Carbonell, E., 2016: Season of bison mortality in TD10.2 bone bed at Gran Dolina site (Atapuerca): Integrating tooth eruption, wear, and microwear methods. *Journal of Archaeological Science: Reports*. 6:780–789. doi: 10.1016/j.jasrep.2015.11.033.
- Rodríguez-Martín, C., 2021: Guanche Mummies. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 883–906. ISBN 978-981-15-3354-9.

Rossi, C., Ruß-Popa, G., Mattiangeli, V., McDaid, F., Hare, A.J., Davoudi, H., Laleh, H., Lorzadeh, Z., Khazaeli, R., Fathi, H., Teasdale, M.D., A'ali, A., Stöllner, T., Mashkour, M., Daly, K.G., 2021: Exceptional ancient DNA preservation and fibre remains of a Sasanian saltmine sheep mummy in Chehrābād, Iran. *Biology Letters*. 17:20210222. doi: 10.1098/rsbl.2021.0222.

Rüther, P.L., Husic, I.M., Bangsgaard, P., Grehersen, K.M., Pantmann, P., Carvalho, M., Godinho, R.M., Friedl, L., Cascalheira, J., Taurozzi, A.J., Jørkov, M.L.S., Benedetti, M.M., Haws, J., Bicho, N., Welker, F., Cappellini, E., Olsen, J.V., 2022: SPIN enables high throughput species identification of archaeological bone by proteomics. *Nature Communications*. 13:2458. doi: 10.1038/s41467-022-30097-x.

Shahack-Gros, R., 2011: Herbivorous livestock dung: formation, taphonomy, methods for identification, and archaeological significance. *Journal of Archaeological Science*. 38:205–218. doi: 10.1016/j.jas.2010.09.019.

Schlüchter, C., Zbären, E., Lüps, P., 2006: "Strubeli", die Gemsmumie vom Rezgligletscher im Wildstrubelgebiet. *Contributions to Natural History: Scientific Papers from the Natural History Museum Bern*. 8:1–10. doi: 10.5169/seals-786958.

Schoeninger, M.J., DeNiro, M.J., 1984: Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. *Geochimica et Cosmochimica acta*. 48/4:625–639. doi: 10.1016/0016-7037(84)90091-7.

Schroeder, H., de Barros Damgaard, P., Allentoft, M.E., 2019: Pretreatment: Improving Endogenous Ancient DNA Yields Using a Simple Enzymatic Predigestion Step. In: Shapiro, B., Barlow, A., Heintzman, P.D., Hofreiter, M., Pajmans, J.L.A., Soares, A.E.R. (eds.): *Ancient DNA: Methods and Protocols*. New York: Humana Press. 21–24. ISBN 978-1-4939-9176-1.

Schweingruber, F.H., 1988: *Tree rings: basics and applications of dendrochronology*. Dordrecht – Boston – London: Kluwer Academic Publishers. ISBN 978-0-7923-0559-0.

Siegel, J. 1976: Animal palaeopathology: possibilities and problems. *Journal of Archaeological Science*. 3/4:349-384. doi: 10.1016/0305-4403(76)90070-4.

Slepchenko, S.M., Hong, J.H., Shin, D.H., 2021a: Mummies in Siberia. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 1011–1032. ISBN 978-981-15-3354-9.

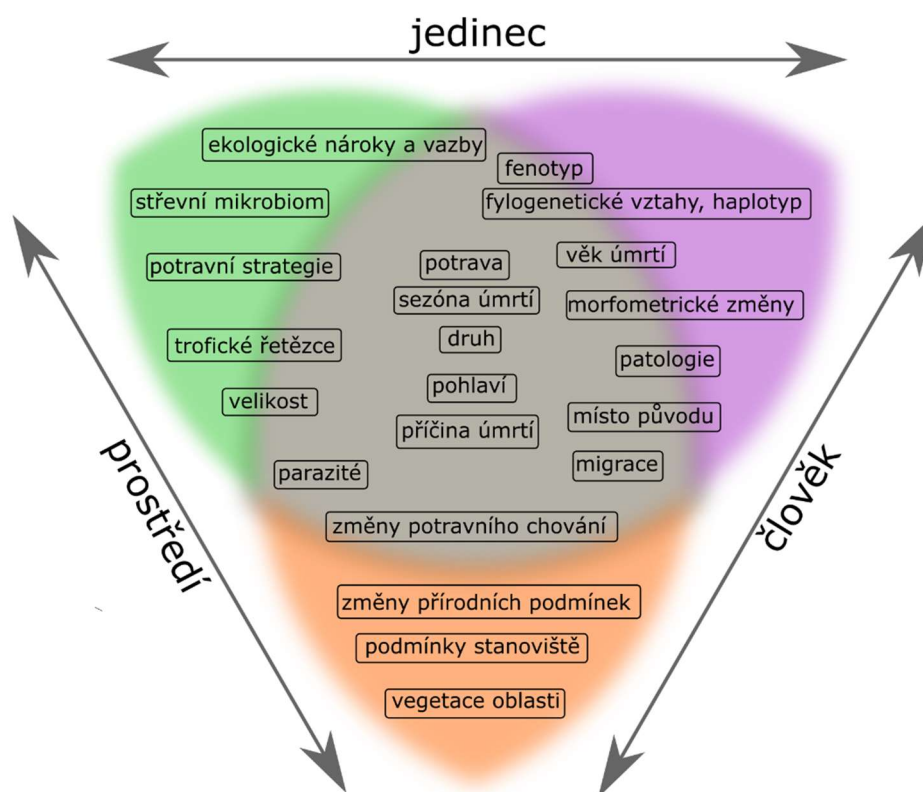
Slepchenko, S.M., Novikov, I.K., Hong, J.H., Lim, D.S., Oh, C.S., Kim, J., Lee, H.J., Shin, D.H., 2021b: Bog Bodies and Natural Mummification of Siberia. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 833–850. ISBN 978-981-15-3354-9.

- Soares, A.E.R., 2019: Hybridization Capture of Ancient DNA Using RNA Baits. In: Shapiro, B., Barlow, A., Heintzman, P.D., Hofreiter, M., Paijmans, J.L.A., Soares, A.E.R. (eds.): *Ancient DNA: Methods and Protocols*. New York: Humana Press. 121–128. ISBN 978-1-4939-9176-1.
- Solounias, N., Hayek, L.-A.C., 1993: New methods of tooth microwear analysis and application to dietary determination of two extinct antelopes. *Journal of Zoology*. 229/3:421–445. doi: 10.1111/j.1469-7998.1993.tb02646.x.
- Spasskaya, N.N., Kuznetsova, T.V., Sher, A.V., 2012: Morphometric Study of the Skull of a Late Pleistocene Mummy of the Bilibino Horse from the Western Chukchi Peninsula. *Paleontological Journal*. 46/1:92–103. doi: 10.1134/S0031030112010133.
- Spigelman, M., Shin, D.H., 2021: Endoscopy in Mummy Studies. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 179–196. ISBN 978-981-15-3354-9.
- Světlík, I., Dreslerová, D., Limburský, P., Tomášková, L., 2007: Radiouhlík v přírodě a jeho využití pro datovací účely. In: *Archeologické rozhledy*. LIX:80–94. ISSN 0323-1267.
- Szleszkowski, Ł., Kadej, M., Thannhäuser, A., Tarnawski, D., Jurek, T. 2018: Ecological aspects of unusual findings of animals nesting inside a mummified human corpse in natural conditions. *Forensic science international*. 289:390-396. doi: 10.1016/j.forsciint.2018.06.002.
- Takigami, M., Yoneda, M., 2021: Stable Isotope Analysis in Archaeological Science and Mummy Studies. In: Shin, D.H., Bianucci, R. (eds.): *The Handbook of Mummy Studies*. Singapore: Springer Nature Singapore. 197–210. ISBN 978-981-15-3354-9.
- Taylor, R.E., 1987: *Radiocarbon Dating. An Archaeological Perspective*. Orlando: Academic Press. ISBN 0-12-684860-2.
- Teerink, B.J., 1991: *Hair of West-European mammals*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 0-521-40264-6.
- Thürlimann, N., 2016: Das Geheimnis der Katzenmumien. In: *Einstein* [televizní magazín]. SRF. <https://www.srf.ch/sendungen/einstein/das-geheimnis-der-katzenmumien>.
- Trumbore, S.E., Sierra, C.A., Hicks Pries, C.E., 2016a: Radiocarbon Nomenclature, Theory, Models, and Interpretation: Measuring Age, Determining Cycling Rates, and Tracing Source Pools. In: Schuur, E.A.G., Druffel, E., Trumbore, S.E. (eds.): *Radiocarbon and Climate Change. Mechanisms, Applications and Laboratory Techniques*. Springer. 45–82. ISBN 978-3-319-25643-6.
- Trumbore, S.E., Xu, X., Santos, G.M., Czimczik, C.I., Beaupré, S.R., Pack, M.A., Hopkins, F.M., Stills, A., Lupascu, M., Ziolkowski, L., 2016b: Preparation for Radiocarbon Analysis.

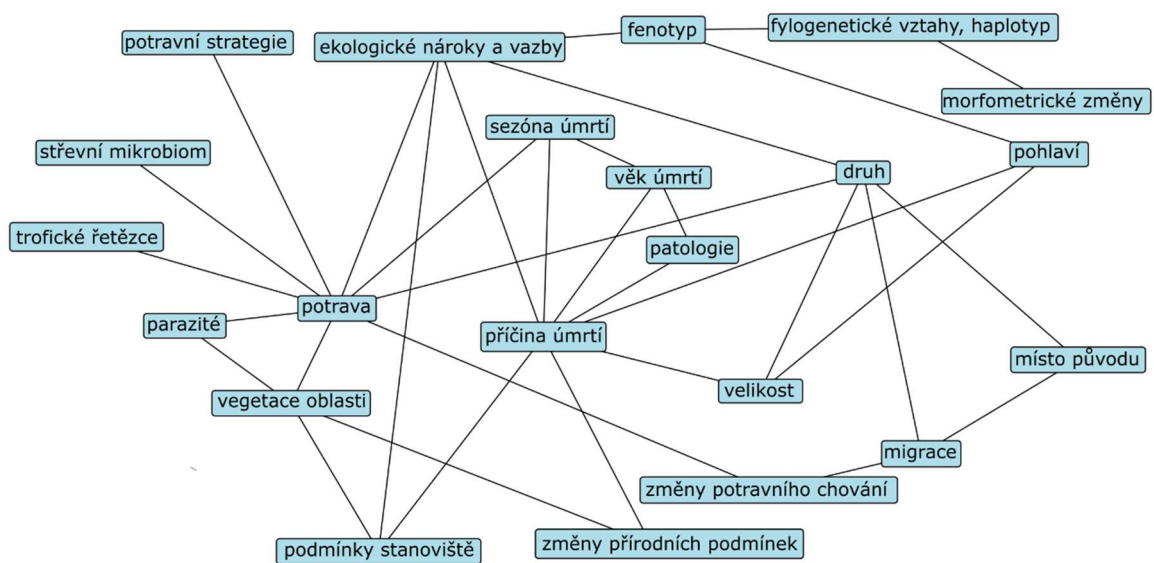
- In: Schuur, E.A.G., Druffel, E., Trumbore, S.E. (eds.): *Radiocarbon and Climate Change. Mechanisms, Applications and Laboratory Techniques*. Springer. 279–315. ISBN 978-3-319-25643-6.
- Ukrainitseva, V.V., 2013: *Mammoths and the Environment*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 9781139225328.
- Vogel, J.C., 1980: *Fractionation of carbon isotopes during photosynthesis*. Berlin: Springer-Verlag.
- von Endt, D.W., Ortner, D.J., 1984: Experimental effects of bone size and temperature on bone diagenesis. *Journal of Archaeological Science*. 11/3:247–253. doi: 10.1016/0305-4403(84)90005-0.
- Waldron, T., 2009: *Palaeopathology*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 978-0-511-43711-3.
- Wasef, S., Huynen, L., Millar, C. D., Subramanian, S., Ikram, S., Holland, B., Willerslev, E., Lambert, D.M., 2018: ‘Fishing’ for Mitochondrial DNA in The Egyptian Sacred Ibis Mummies. *bioRxiv*. doi: 10.1101/473454.
- Weisgram, J., Splechtna, H., Hilgers, H., Walzl, M., Leitner, W., Seidler, H., 1996: Remarks on the anatomy of a mummified cat regarding the extent of preservation. In: Spindler, K., Wilfing, H., Rastbichler-Zissernig, E., ZurNedden, D., Nothdurfter, H. (eds.): *Human mummies: a global survey of their status and the techniques of conservation*. Wien – New York: Springer Verlag. 289–294. ISBN 978-3-7091-7352-7.
- Wesler, K.W., 2020: Dating Methods in Historical Archaeology. In: Smith, C. (ed.): *Encyclopedia of Global Archaeology*. Cham: Springer. 3142–3144. doi: 10.1007/978-3-030-30018-0.
- Wolfhagen, J., 2020: Re-examining the use of the LSI technique in zooarchaeology. *Journal of Archaeological Science*. 123/11:105254. ISSN 0305-4403.
- Youngman, P.M., 1994: Beringian Ferrets: Mummies, Biogeography, and Systematics. *Journal of Mammalogy*. 75/2:454–461. doi: 10.2307/1382567.
- Zangrando, A.F., Tessone, A., Ugan, A., Gutiérrez, M.A., 2014: Applications of Stable Isotope Analysis in Zooarchaeology: An Introduction. *International Journal of Osteoarchaeology*. 24:127–133. doi: 10.1002/oa.2378.
- Zimmerman, M.R., 1996: Mummies of the Arctic regions. In: Spindler, K., Wilfing, H., Rastbichler-Zissernig, E., ZurNedden, D., Nothdurfter, H. (eds.): *Human mummies: a global survey of their status and the techniques of conservation*. Wien – New York: Springer Verlag. 83–92. ISBN 978-3-7091-7352-7.

Přílohy

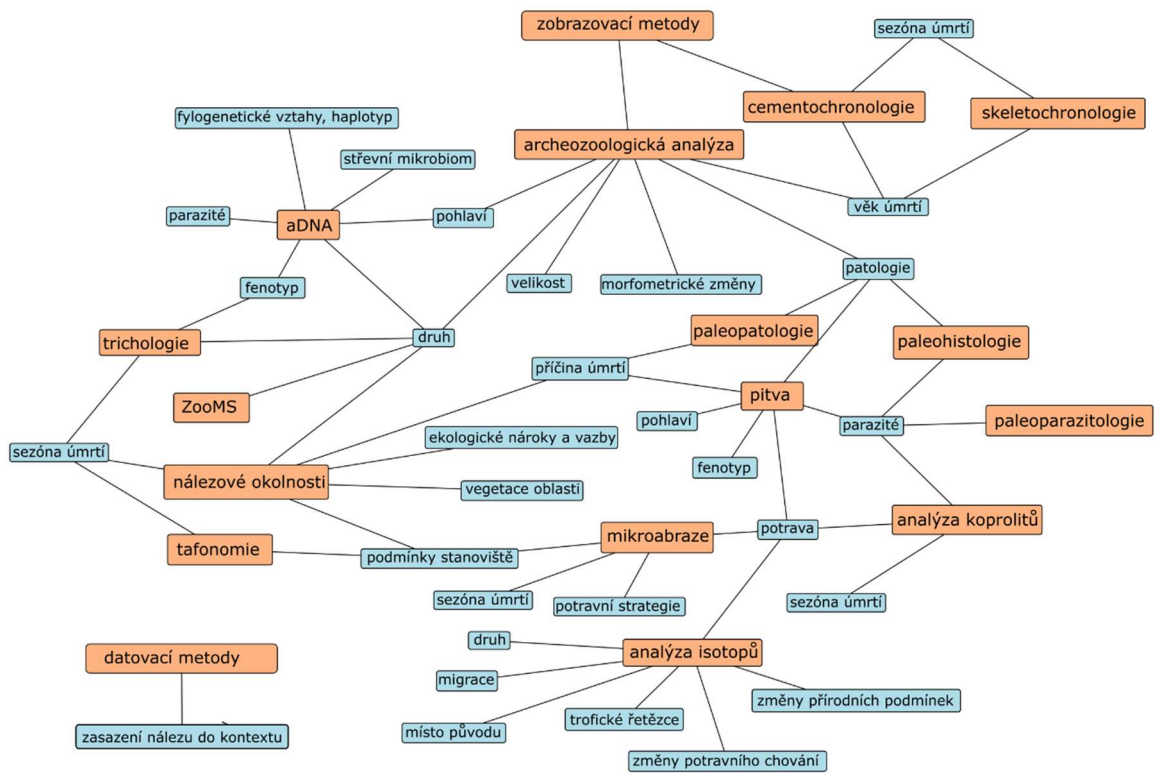
Příloha 1. Informace sledované u mumií ve vztahu ke zkoumanému jedinci, prostředí a člověku.



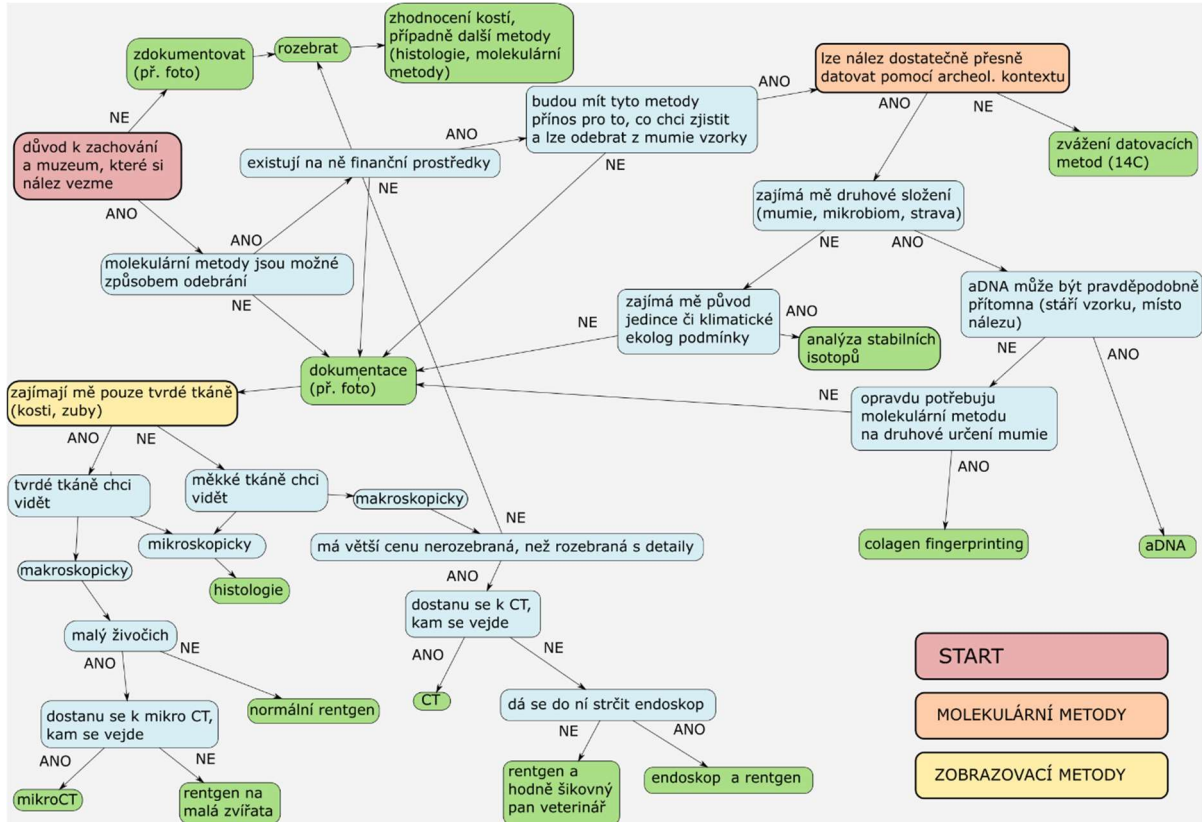
Příloha 2. Vyjádření vztahů mezi informacemi sledovanými u mumifikovaných živočichů.



Příloha 3. Vztahy mezi metodami a informacemi získanými z mumií.



Příloha 4. Rozcestník k metodám.



Příloha 5. Animace 3D rekonstrukce kostry přední části těla mumie č. 1.

Soubor je dostupný jako samostatná příloha ve STAG pod názvem *Priloha_5*.

Příloha 6. Animace 3D rekonstrukce kostry přední části těla mumie č. 2.

Soubor je dostupný jako samostatná příloha ve STAG pod názvem *Priloha_6*.

Příloha 7. Protokol z mikroCT mumie č. 1.

[System]
Scanner=SkyScan1272
Instrument S/N=245
Software Version=1.5
Home Directory=C:\SkyScan1272
Source Type=HAMAMATSU_L10101
Camera Type=PHOTONIC SCIENCE PS52
Camera Pixel Size (um)=9.0
Camera X/Y Ratio=0.9937
[User]
User Name=Skyscan
Computer Name=FPRCB0101783
[Acquisition]
Data Directory=D:\Results\mumie mys\mys1
Filename Prefix=mys1
Filename Index Length=8
Number Of Files= 1800
Number Of Rows= 2048
Number Of Columns= 2048
Partial Width=OFF
Image crop origin X=0
Image crop origin Y=0
Camera binning=2x2
Image Rotation=-0.28800
Optical Axis (line)= 1129
Camera to Source (mm)=275.29566
Object to Source (mm)=200.93800
Source Voltage (kV)= 50
Source Current (uA)= 200
Image Pixel Size (um)=13.135261
Scaled Image Pixel Size (um)=13.135261
Image Format=TIFF
Depth (bits)=16
Reference Intensity=57000
Camera position=Far
Exposure (ms)=2200
Rotation Step (deg)=0.200
Use 360 Rotation=YES
Scanning position=17.435 mm
Frame Averaging=OFF (3)
Random Movement=OFF (10)
Flat Field Correction=ON
FF updating interval=258
Geometrical Correction=ON
Filter=A1 0.5mm
Gantry direction=CC
Rotation Direction=CC
Type of Detector Motion=STEP AND SHOOT
Scanning Trajectory=ROUND
Beam position=-18
Skip extra frame=On
Source spot size=Small
Number Of Horizontal Offset Positions=1
Study Date and Time=01 Mar 2023 11h:06m:36s
Scan duration=1h:28m:36s
Maximum Vertical TS=5.0
Maximum Horizontal TS=0.0
[Reconstruction]
Reconstruction Program=NRecon
Program Version=Version: 2.2.0.6
Program Home Directory=C:\SkyScan1272
Reconstruction engine=GPUReconServer
Engine version=Version: 2.2.0
Reconstruction from batch=No
Postalignment Applied=1
Postalignment=-5.50
Reconstructed using oversize-option=No
Reconstruction servers= FPRCB0101783
Export VGL=0
Dataset Origin=SkyScan1272
Dataset Prefix=mys1
Dataset Directory=D:\Results\mumie mys\mys1
Output Directory=D:\Results\mumie
mys\mys1\mys1_Rec
Time and Date=01 Mar 2023 11h:47m:03s
First Section=75
Last Section=1986
Reconstruction duration per slice (seconds)=0.231695
Total reconstruction time (1912 slices) in
seconds=443.000000
Heel Effect Correction On=0
Section to Section Step=1
Sections Count=1912
Result File Type=TIF
Result File Header Length (bytes)=12
Result Image Width (pixels)=1536
Result Image Height (pixels)=1536
Pixel Size (um)=13.13526
Reconstruction Angular Range (deg)=360.00
Use 180+=OFF
Angular Step (deg)=0.2000
Smoothing=0
Ring Artifact Correction=30
Draw Scales=OFF
Object Bigger than FOV=OFF
Reconstruction from ROI=ON_ROUND
ROI Top (pixels)=1781
ROI Bottom (pixels)=245
ROI Left (pixels)=349
ROI Right (pixels)=1885
ROI reference length=2048
Filter cutoff relative to Nyquist frequency=100
Filter type=0
Filter type description=Hamming (Alpha=0.54)
Undersampling factor=1
Threshold for defect pixel mask (%)=0
Beam Hardening Correction (%)=0
CS Static Rotation (deg)=0.00
CS Static Rotation Total(deg)=0.00
Minimum for CS to Image Conversion=0.000000
Maximum for CS to Image Conversion=0.136205
HU Calibration=OFF
BMP LUT=0
Cone-beam Angle Horiz.(deg)=7.659172
Cone-beam Angle Vert.(deg)=7.659172

Příloha 8. Protokol z mikroCT mumie č. 2.

[System]
Scanner=SkyScan1272
Instrument S/N=245
Software Version=1.5
Home Directory=C:\SkyScan1272
Source Type=HAMAMATSU_L10101
Camera Type=PHOTONIC SCIENCE PS52
Camera Pixel Size (um)=9.0
Camera X/Y Ratio=0.9937
[User]
User Name=Skyscan
Computer Name=FPRCB0101783
[Acquisition]
Data Directory=D:\Results\mumie mys
Filename Prefix=mys2
Filename Index Length=8
Number Of Files= 1800
Number Of Rows= 2048
Number Of Columns= 2048
Partial Width=OFF
Image crop origin X=0
Image crop origin Y=0
Camera binning=2x2
Image Rotation=-0.28800
Optical Axis (line)= 1129
Camera to Source (mm)=275.29566
Object to Source (mm)=194.29109
Source Voltage (kV)= 65
Source Current (uA)= 153
Image Pixel Size (um)=12.700754
Scaled Image Pixel Size (um)=12.700754
Image Format=TIFF
Depth (bits)=16
Reference Intensity=57000
Camera position=Far
Exposure (ms)=2700
Rotation Step (deg)=0.200
Use 360 Rotation=YES
Scanning position=26.444 mm
Frame Averaging=OFF (3)
Random Movement=OFF (10)
Flat Field Correction=ON
FF updating interval=258
Geometrical Correction=ON
Filter=Al 1mm
Gantry direction=CC
Rotation Direction=CC
Type of Detector Motion=STEP AND SHOOT
Scanning Trajectory=ROUND
Beam position=100
Skip extra frame=On
Source spot size=Small
Number Of Horizontal Offset Positions=1
Study Date and Time=22 Feb 2023 13h:10m:40s
Scan duration=1h:44m:1s
Maximum Vertical TS=5.0
Maximum Horizontal TS=0.0
[Reconstruction]
Reconstruction Program=NRecon
Program Version=Version: 2.2.0.6
Program Home Directory=C:\SkyScan1272
Reconstruction engine=GPUReconServer
Engine version=Version: 2.2.0
Reconstruction from batch=No
Postalignment Applied=1
Postalignment=-6.50
Reconstructed using oversize-option=No
Reconstruction servers= FPRCB0101783
Export VGL=0
Dataset Origin=SkyScan1272
Dataset Prefix=mys2
Dataset Directory=D:\Results\mumie mys
Output Directory=D:\Results\mumie mys\mys2_Rec
Time and Date=22 Feb 2023 13h:20m:25s
First Section=75
Last Section=1986
Reconstruction duration per slice (seconds)=0.149582
Total reconstruction time (1912 slices) in seconds=286.000000
Heel Effect Correction On=0
Section to Section Step=1
Sections Count=1912
Result File Type=TIF
Result File Header Length (bytes)=12
Result Image Width (pixels)=1536
Result Image Height (pixels)=1536
Pixel Size (um)=12.70075
Reconstruction Angular Range (deg)=360.00
Use 180+=OFF
Angular Step (deg)=0.2000
Smoothing=0
Ring Artifact Correction=30
Draw Scales=OFF
Object Bigger than FOV=OFF
Reconstruction from ROI=ON_ROUND
ROI Top (pixels)=1781
ROI Bottom (pixels)=245
ROI Left (pixels)=349
ROI Right (pixels)=1885
ROI reference length=2048
Filter cutoff relative to Nyquist frequency=100
Filter type=0
Filter type description=Hamming (Alpha=0.54)
Undersampling factor=1
Threshold for defect pixel mask (%)=0
Beam Hardening Correction (%)=0
CS Static Rotation (deg)=0.00
CS Static Rotation Total(deg)=0.00
Minimum for CS to Image Conversion=0.000000
Maximum for CS to Image Conversion=0.152868
HU Calibration=OFF
BMP LUT=0
Cone-beam Angle Horiz.(deg)=7.659172
Cone-beam Angle Vert.(deg)=7.659172
[File name convention]
Filename Index Length=8
Filename Prefix=mys2_rec