

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta lesnická a dřevařská**

**Katedra myslivosti a lesnické zoologie**



**Fakulta lesnická  
a dřevařská**

**Vyhodnocení lebečních rozměrů mývala severního (*Procyon lotor*) na základě digitalizace lebek provedené pomocí  
3D scanneru**

**Bakalářská práce**

**Jaroslav Hokeš**

**Ing. Klára Matějka Košinová, Ph.D.**

**2024**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jaroslav Hokeš

Myslivost a péče o životní prostředí zvěře

Název práce

**Vyhodnocení lebečních rozměrů mývala severního (*Procyon lotor*) na základě digitalizace lebek provedené pomocí 3D scanneru**

Název anglicky

**Evaluation of the cranial dimensions of the raccoon (*Procyon lotor*) based on 3D scanner digitization of skulls**

### Cíle práce

Hlavním cílem práce je provedení digitalizace lebek mývala severního s použitím 3D scanneru a následné vyhodnocení lebečních rozměrů. Dále bude stanovena bodová hodnota trofeje a to jak na digitalizovaném objektu, tak pomocí standartní metody měření. Dílčím cílem bude odhad či případné stanovení věku jedince z výbrusu chrupu a doplňkových znaků na lebce. V neposlední řadě bude vyhodnocen pohlavní dimorfismus na základě zjištěných parametrů či případná geografická variabilita dle dostupnosti vzorků.

### Metodika

V první fázi budou hlavy mývala severního zbaveny měkké tkáně a bude provedeno vyvaření za účely odstranění svaloviny. Následně bude provedeno vyjmutí zubů potřebných pro laboratorní určení věku jedince a na základě výřezů zubu bude prostřednictvím mikroskopu a doplňkových znaků provedena determinace věku. Poté bude dokončena kompletní preparace lebky. Dle dostupných vzorků bude provedena digitalizace lebek pomocí 3D scanneru Atos Compact Scan 12M Essential Line. Digitalizované lebky budou změřeny pomocí programu Gom Inspect a výsledné hodnoty budou zaznamenány do MS Excel. Výsledky budou zpracovány programem Statistika.

### Harmonogram zpracování

Literární rešerše bude průběžně konzultována s vedoucím práce a zpracována nejpozději do 31. srpna 2023. Do konce října 2023 bude provedeno snímání a měření čelistí a výsledky budou zaznamenány do MS Excel a předány vedoucímu práce. První rukopis bakalářské práce bude předložen ke kontrole vedoucímu práce nejpozději do 31. ledna 2024. Dokončená bakalářská práce bude po předchozích konzultacích s vedoucím práce odevzdána na studijní oddělení FLD v termínu a dle pokynů studijního oddělení.



## Doporučený rozsah práce

35 stran

## Klíčová slova

mýval severní, kraniometrie, určení věku, 3D scanner, digitalizace

---

## Doporučené zdroje informací

- Anděra, M., Rouličová, J. Age determination in the Red Fox (*Vulpes vulpes*): a comparative study [Určování věku u lišky obecné (*Vulpes vulpes*): srovnávací studie]. *Lynx, nová série*. Praha: Národní muzeum, 2007, 38(1), 55–72. ISSN 0024-7774 (print), 1804-6460 (online). Dostupné také z: <https://publikace.nm.cz/periodicke-publikace/lnsr/38-1/age-determination-in-the-red-fox-vulpes-vulpes-a-comparative-study-urcovani-veku-u-lisky-obecne-vulpes-vulpes-srovnavaci-studie>
- Beltrán-Beck, B., García, F. J., & Gortázar, C. (2011). Raccoons in Europe: disease hazards due to the establishment of an invasive species. *European Journal of Wildlife Research*, 58(1), 5–15. doi:10.1007/s10344-011-0600-4
- Ćirović, D., & Milenković, M. (2003). The first record of the free-ranging raccoon (*Procyon lotor* Linnaeus, 1758) in Yugoslavia. *Mammalian Biology – Zeitschrift Für Säugetierkunde*, 68(2), 116–117. doi:10.1078/1616-5047-00070
- Fiero, B. C., & Verts, B. J. (1986). Comparison of Techniques for Estimating Age in Raccoons. *Journal of Mammalogy*, 67(2), 392–395. doi:10.2307/1380894
- Hungerford, L. L., Mitchell, M. A., Nixon, C. M., Esker, T. E., Sullivan, J. B., Koerkenmeier, R., Marretta, S. M. (1999). Periodontal and dental lesions in Raccoons from a farming and a recreational area in Illinois. *Journal of Wildlife Diseases*, 35(4), 728–734. doi:10.7589/0090-3558-35.4.728
- Lalone, E.A.; Willing, R.T.; Shannon, H.L.; King, G.J.W.; Johnson, J.A. Accuracy Assessment of 3D Bone Reconstructions Using CT: An Intro Comparison. *Med. Eng. Phys.* 2015, 37, 729–738. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2015.04.010>.
- Lutz, W. (1995). Occurrence and morphometrics of the raccoon *Procyon lotor* L. in Germany. *Annales Zoologici Fennici*, 32(1), 15–20. <http://www.jstor.org/stable/23735559>
- Mitchell, B. (1967). Growth Layers in Dental Cement for Determining the Age of Red Deer (*Cervus elaphus* L.). *Nature. J. Anim. Ecol.* 36, s. 279-293.
- Plomp, K.A.; Dobney, K.; Weston, D.A.; Strand Viarsdóttir, U.; Collard, M. 3D Shape Analyses of Extant Primate and Fossil Hominin Vertebrae Support the Ancestral Shape Hypothesis for Intervertebral Disc Herniation. *BMC Evol. Biol.* 2019, 19, 1–16. <https://doi.org/10.1186/s12862-019-1550-9>.
- Sanderson, G. C. 1961. Techniques for determining age of raccoons. *Bio!. Notes, Illinois Nat. Hist. Surv.*, 45:1-16.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2023/24 LS – FLD

**Vedoucí práce**

Ing. Klára Košinová

**Garantující pracoviště**

Katedra myslivosti a lesnické zoologie

Elektronicky schváleno dne 30. 4. 2023

**doc. Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 7. 2023

**prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.**

Děkan

V Praze dne 04. 04. 2024

1906

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vyhodnocení digitalizace lebek mývala severního provedené pomocí 3D scanneru" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 5.4.2024

Jaroslav Hokeš



## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval své vedoucí práce Ing. Kláře Matějce Košinové, Ph.D., za pomoc a asistenci při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat honitbě Sadov za poskytnutí mývalů. Nemohu zapomenout na mého kolegu Aleše Tichého za pomoc při dopravě mývalů na Českou zemědělskou univerzitu. Rovněž děkuji Ing. Jiřímu Turkovi za pomoc a asistenci při manipulaci s CT skenerem. V neposlední řadě děkuji své rodině za podporu.

# Vyhodnocení lebečních rozměrů mývala severního (*Procyon lotor*) na základě digitalizace lebek provedené pomocí 3D scanneru

## Abstrakt

Kraniometrie je důležitým prostředkem pro získávání informací o kvalitě populace a jejím dlouhodobém vývoji u volně žijících druhů. Moderní 3D zobrazovací metody nabízejí mnoha vědním oborům dosáhnout pozoruhodným výsledkům. Cílem práce je vyhodnocení lebečních rozměrů mývala severního (*Procyon lotor*) na základě digitalizace lebek provedené pomocí 3D scanneru. K získání dat byly použity 3D skener ATOS a Multidetektorový výpočetní tomograf (CT) Siemens Somatom Scope Power. Celkem bylo nasnímáno a následně vyhodnoceno 16 lebek a čelistí mývalů severních z oblasti Sadov. Výsledkem této práce byl detailní 3D model mývalí lebky, který byl vytvořen a následně vytisknut. Porovnání mezi 3D skenerem a CT skenerem naznačilo, že lze dosáhnout podobných výsledků v krátkém časovém rámci. Největší významný rozdíl v pohlavním dimorfismu u samců a samic byl pozorován v hmotnosti a kraniometrické hodnotě LaZ. Žádný z 16 jedinců nedosáhl podle hodnotící metody CIC na medailové hodnocení. Oba typy skenerů, jak 3D skener, tak CT skener, jsou schopni dosáhnout vynikající přesnosti měření, což umožňuje rychle získat kvalitní výsledky. Ačkoliv se rozdíly v kraniometrických měřeních mohou zdát nepatrné, jsou tyto naměřené hodnoty klíčové pro mnohé studie. Digitalizace lebek představuje užitečný nástroj pro sledování vývoje populace. CT skenování navíc umožňuje detailní pohled do nitra, jinak zůstává skrytý, což může vést k objevení zajímavých poznatků i u druhů, které jsou již podrobně prozkoumány, jako je například mýval severní.

**Klíčová slova:** mýval severní, určení věku, kraniometrie, 3D scanner, digitalizace

# Evaluation of the cranial dimensions of the raccoon (*Procyon lotor*) based on 3D scanner digitization of skulls

## Abstract

Craniometry is an important tool for obtaining information about population quality and its long-term development in wild species. Modern 3D imaging methods offer many scientific fields to achieve remarkable results. The aim of the work is to evaluate the cranial dimensions of the northern raccoon (*Procyon lotor*) based on the digitization of the skulls performed using a 3D scanner. An ATOS 3D scanner and a Siemens Somatom Scope Power Multidetector Computed Tomograph (CT) were used to acquire the data. A total of 16 skulls and jaws of northern raccoons from the Sadov area were photographed and subsequently evaluated. The outcome of this work was a detailed 3D model of a raccoon skull that was created and then printed. A comparison between a 3D scanner and a CT scanner indicated that similar results could be achieved in a short time frame. The largest significant difference in sexual dimorphism between males and females was observed in weight and craniometric value of LaZ. None of the 16 individuals achieved a medal rating according to the CIC evaluation method. Both types of scanners, 3D and CT scanners, are capable of excellent measurement accuracy, which allows us to quickly obtain quality results. Although differences in craniometric measurements may seem small, these reasonable values are crucial for many studies. Digitization of skulls is a useful tool for tracking population development. In addition, CT scanning allows a detailed view of the interior, which otherwise remains hidden, which can lead to the discovery of interesting findings even in species that have already been studied in detail, such as the northern raccoon.

**Keywords:** common raccoon, age determination, craniometry, 3D scanner, digitalization

# Obsah

<b>1. Úvod.....</b>	<b>11</b>
<b>2. Cíl práce.....</b>	<b>12</b>
<b>3. Literární rešerše.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1. Mýval severní.....</b>	<b>13</b>
3.1.1. Současná problematika mývala severního.....	13
3.1.2. Anatomie lebky mývala severního.....	14
3.1.3. Lebeční rozměry a chrup mývala severního .....	15
3.1.4. Preparace lebky .....	16
3.1.5. Hodnocení trofejí .....	17
<b>3.2. Kranioetrie obecně .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3. Kranioetrické studie u šelem .....</b>	<b>19</b>
<b>3.4. Metody odhadu a určování věku šelem .....</b>	<b>20</b>
3.4.1. Metody odhadu .....	21
3.4.2. Metody určení .....	22
<b>3.5. 3D zobrazovací technologie .....</b>	<b>23</b>
3.5.1. Aplikace 3D zobrazovacích technologií napříč vědními obory .....	24
3.5.2. Aplikace 3D zobrazovacích technologií při digitalizaci lebek .....	25
3.5.3. Přesnost 3D zobrazovacích technologií .....	28
<b>4. Metodika.....</b>	<b>30</b>
4.1. Popis území.....	30
4.2. Studované materiály.....	33
4.3. Příprava objektu.....	33
4.4. Měření pomocí počítačové tomografie (CT).....	35
4.5. Stahování a preparace.....	40
4.6. Měření 3D skenerem.....	41
4.7. Určování věku.....	46
4.8. Bodové ohodnocení .....	47
4.9. Statistické vyhodnocení.....	48

<b>5. Výsledky</b> .....	<b>49</b>
<b>5.1. Digitalizace lebek</b> .....	<b>49</b>
<b>5.2. Kranio-metrické rozměry</b> .....	<b>51</b>
5.2.1. Měření CT skenerem .....	51
5.2.2. Porovnání CT a 3D skeneru .....	52
<b>5.3. Odhad a určení věku</b> .....	<b>53</b>
<b>5.4. Pohlavní dimorfismus</b> .....	<b>54</b>
<b>5.5. Bodování lebek dle CIC</b> .....	<b>56</b>
<b>6. Diskuze</b> .....	<b>57</b>
6.1. Digitalizace lebek pomocí 3D zobrazovacích metod .....	57
6.2. Porovnání 3D zobrazovacích technologií. ....	57
6.3. Odhad a určení věku.....	58
6.4. Bodové ohodnocení lebek .....	58
<b>7. Závěr</b> .....	<b>60</b>
<b>8. Literatura</b> .....	<b>62</b>
<b>9. Seznam použitých zkratk a symbolů</b> .....	<b>70</b>



# 1. Úvod

Mýval severní (*Procyon lotor*) je zajímavým a poměrně kontroverzním druhem, který v myslivosti patří mezi nežádoucí zavlečené druhy zvěře. Problémem spojeným s mývaly v České republice je jejich potenciální negativní vliv na místní ekosystémy. Životní prostředí mývalů má vliv na jejich morfologii a anatomii lebek tím, že formuje jejich fyziologické adaptace ke konkrétním podmínkám a způsobům života. Monitoring populace mývalů je důležitý pro udržení ekologické rovnováhy, ochranu biodiverzity a řízení invazních druhů. Sběr dat o populaci mývalů umožňuje lépe porozumět jejich vlivu na životní prostředí a přijmout opatření k ochraně původních ekosystémů a druhů.

Kraniometrie, jakožto vědní obor zaměřený na měření a analýze lebečních struktur, hraje klíčovou roli při získávání informací o kvalitě populace a dlouhodobém vývoji. 3D zobrazovací technologie poskytují možnost získat přesné a detailní trojrozměrné modely jedinců, včetně jejich lebek. Tato data lze využít k analýze kraniometrických rozměrů a tvarů, což je klíčové pro porozumění morfologické variability v populaci.

Díky 3D snímání lze snadněji identifikovat a sledovat změny ve tvaru lebek nebo dalších anatomických struktur v průběhu času, což může poskytnout důležité informace o vývoji populace. Tato data mohou být využita k analýze trendů ve vývoji populace, včetně změn ve velikosti, tvaru nebo zdravotním stavu jedinců. Jedním z hlavních přínosů je možnost detailního mapování a sledování morfologických charakteristik jedinců, což může být klíčové pro pochopení dynamiky populace.

3D zobrazovací technologie mohou pomoci identifikovat individuální rozdíly mezi jedinci v populaci, což je užitečné pro sledování genetické variability nebo pro identifikaci jedinců v rámci studie. Dále se dají použít pro sledování změn v populaci a v její anatomii v průběhu času. To může poskytnout informace o vývoji populace a její adaptaci na různé faktory, jako je změna životního prostředí nebo klimatické podmínky.

Znalost vývoje populace je důležitým prostředkem k nastavení vhodného managementu druhu v daném prostředí a tedy také případnému zamezení nežádoucího vlivu druhu.

**Klíčová slova:** mýval severní, určení věku, kraniometrie, 3D scanner, digitalizace

## **2. Cíl práce**

Hlavním cílem práce je provedení digitalizace lebek mývala severního s použitím 3D scanneru a následné vyhodnocení lebečních rozměrů. Dále bude stanovena bodová hodnota trofeje a to jak na digitalizovaném objektu, tak pomocí standardní metody měření. Dílčím cílem bude odhad či případné stanovení věku jedince z výbrusu chrupu a doplňkových znaků na lebce. V neposlední řadě bude vyhodnocen pohlavní dimorfismus na základě zjištěných parametrů či případná geografická variabilita dle dostupnosti vzorků.

## 3. Literární rešerše

### 3.1. Mýval severní

Mýval severní (*Procyon lotor*) je středně velká medvídkovitá šelma, která je široce rozšířena po celé Severní Americe a byla také zavlečena do různých koutů po celé Evropě. Přirozená potrava tohoto oportunistického všežravce zahrnuje rostliny a hmyz, ale dokázala se přizpůsobit také lidskému prostředí a zdrojům potravy. Například mývalové žijící na předměstí, využívají lidské odpadky, i když je tradičně preferovaný zdroj potravy, jako je kukuřice, v blízkosti jejich doupěte (Hungerford L. et al. 1999).

#### 3.1.1. Současná problematika mývala severního

Invazivní druhy jako takové, jsou obecně definovány jako druhy, jejichž pronikání nebo šíření může ohrozit biologickou rozmanitost nebo mít jiné nepředvídatelné následky. Člověk svojí neuvážlivou činností odstraní fyzické překážky, které umožnily rozvoj regionálně odlišných rostlin a živočichů, a jednotlivé druhy pronikají do míst vzdálených stovky nebo tisíce kilometrů od jejich obvyklého stanoviště (Alka Wildlife 2018).

V mnoha případech se tyto nepůvodní druhy svému novému okolí špatně přizpůsobují a následně buď dojde k jejich zániku či k jejich přesunu. V případě původně severoamerického druhu mývala jedinci přežívají, rozmnožují se a zdomácní (Troyer EM. et al. 2014).

Někdy jsou tyto nové přírůstky tak úspěšné, že přestávají být biologickou zvláštností a stávají se skutečnou hrozbou, narušující místní životní prostředí, s dopadem na lidské zdraví a vážnými ekonomickými dopady (Fidlerová et Myslivost 2009).

Neustálý zvyšující se stav invazních druhů však může vést i k mnoha negativním vlivům, které budou ohrožovat nejen původní druhy, ale i člověka. Studie z Kanadské provincie Ontario ukázala, že stabilní zvyšování populace mývalů severních (kteří v tuto dobu nejsou považováni za ohrožený druh) vedlo k mnoha negativním vlivům. Hustota mývalí populace v některých oblastech přesahuje 100/km<sup>2</sup>, přičemž populace mývala v Ontariu se odhaduje asi na 1 milion jedinců. Takový vysoký počet mývalů měl za následek konflikty mezi lidmi a mývaly, od poškození okrasných zahrad a plodin, poškození obytných budov až po přenos infekčních chorob, jako je vzteklna a psinka (Rosatte R.C. 2000).

Pokud by se jednalo o různé nakažlivé choroby, které by byly přenosné na člověka (vzteklina), docházelo by k problémům, které potřebují radikální řešení, jako je například snížení divoké populace. Snížení hustoty populací přenašečů těchto nakažlivých chorob ve volné přírodě se používá v mnoha oblastech Severní Ameriky s různým stupněm úspěchu a neúspěchu (Gouvernement du Québec 2023).

Infekční choroby u mývalů, které jsou přenosné na člověka, představují velké riziko. Proto je kontrola a redukce živočichů, kteří mohou na člověka tyto nemoci potencionálně přenést, velmi důležitá (Beltrán-Beck et al. 2011).

Jedním příkladem může být další studie z Kanadské provincie Ontario, kde silná redukce mývalí populace byla jednou z několika taktik, které byly použity ke kontrole vztekliny u populace mývalů severních (Rosatte et al. 2007).

Dalším negativním vlivem rozrůstající se populace mývala severního může být jeho velmi dobrá adaptivní schopnost na změnu životního prostředí. Mýval severní je odolný vůči široké škále bioklimatických podmínek, což vede k jeho adaptaci na různé regiony, a předpokládá se, že se do roku 2050 v důsledku klimatických změn rozšíří do nových příznivých oblastí severně od současných příznivých oblastí. Tato expanze může mít negativní dopad na nové oblasti kvůli predaci původních druhů, například obojživelníků, hmyzu a korýšů (Kato et al. 2022).

### **3.1.2. Anatomie lebky mývala severního**

Jelikož mýval pochází z čeledi medvídkovití, jeho lebka má zajímavou strukturu. Lebky mývalů jsou na svou velikost poměrně silné a těžké. Jejich čelist má průměrnou délku kratší než u psovitých šelem, ale delší než u kočkovitých. Například oproti lišce obecné (*Vulpes vulpes*) má daleko silnější lebeční stěnu a stejné platí i o čelisti, která dokáže vyvinout velice silný skus. Ve srovnání s liščí lebkou je nos mývala kratší a širší. (Mahdy et Zayed 2020).

Dále bychom mohli lebky mývalů ve srovnání s lebkami jiných zvířat identifikovat podle toho, že nemají sagitální hřeben. Sagitální hřeben je viditelný hřeben na vrcholu lebky. Lebky mývalů obvykle nemají sagitální hřeben, ale během života se u nich může vyvinout. Pokud se u lebky mývala sagitální hřeben vyvine, je velmi slabý. Tento je se vyskytuje i u kojotů. U lebek mývala i kojota není sagitální hřeben tak výrazný jako u některých jiných zvířat (Whitney et Varmint removal 2022).

Na rozdíl od většiny lebek psovitých šelem mají lebky mývalů tvrdé patro, které přesahuje jejich stoličky. Oči mývalů směřující dopředu, na rozdíl od některých zvířat, která mají postranní oči. To má za následek oční důlky na přední straně lebky. Celkově jsou lebky mývalů široké, krátké a široké. Lebky mývalů mají velké pouzdro mozku, známé jako mozkovna. Jejich mozkovna je větší než délka obličejové části jejich lebky (Kato et al. 2022).

Mýval má ve srovnání s ostatními šelmami krátké řečiště a nemá alisfenoidní kanálky. Nosní kosti na lebkách mývalů jsou krátké a široké. Ústa a zuby na lebce mývala mohou být užitečné při identifikaci lebky. Množství zubů, které má lebka, je klíčem k tomu, o jaké zvíře se jedná. Mýval má čtyřicet zubů. Jejich zuby se přizpůsobují stravě všežravce, takže jejich stoličky se nestříhají jako ostatní špičáky. Podobně jako medvědi mají mývalové stoličky s nízkou korunou určené spíše k drcení než k řezání (Whitney et Varmint removal 2022).

### **3.1.3. Lebeční rozměry a chrup mývala severního**

Typická lebka dospělého mývala měří 4 ¼ (10,7 cm) až 5 palců (12,7 cm) na délku a asi 2 ¾ palce (7 cm) na šířku. Lebky dospělých samců mohou být dlouhé asi 3 (7,62 cm) až 5 palců (12,7 cm) a široké asi 2 (5,08 cm) až 4 palce (10,16 cm). Lebky dospělých samic mývalů mohou být asi 3 (7,62 cm) až 4 ½ palce (11,43 cm) dlouhé a 2 (5,08 cm) až 3 palce (7,62 cm) široké. Samci mývalů jsou obecně větší než samice mývalů (Whitney et Varmint removal 2022).

Zubní vzorec mývala je složen z : řezáků (*dens incisivus*) 3/3, špičáků (*dens caninus*) 1/1, třehových zubů (*dens premoralis*) 4/4 a stoliček (*dens molaris*) 2/2. Kromě toho, že jejich špičáky mají spíše oválný než kulatý tvar, jejich řezáky jsou z velké části nedefinované a poměrně dlouhé. Stoličky mývalů jsou široké a mají koruny kruhových kuželovitých cípů. (Hgregory et Missouri's natural heritage 2020).

Je samozřejmé, že chrup v průběhu vývoje jedince projde velkou změnou převážně díky výměně z mléčné dentice na trvalou. Touto výměnou z mléčného či dočasného chrupu do trvalého neboli náhradního, dojde ke zvětšení čelisti a jedincovi se obohatí chrup o nové zuby. Mléčný chrup se skládá z řezáků (*dens incisivus*) 3/3, špičáků (*dens caninus*) 1/1, třehových zubů (*dens premoralis*) 3/3 a stoliček (*dens molaris*) 0/0 (zubní vzorec mladého jedince je 313/313) a trvalého chrupu staršího jedince, který se skládá z řezáků (*dens incisivus*) 3/3, špičáků (*dens caninus*) 1/1, třehových zubů (*dens premoralis*) 4/4 a stoliček (*dens molaris*) 2/2

(jehož zubní vzorec je 3142/3142, mnohem větší než mladší jedinec). Tím se také zvětší počet zubů v průběhu dospívání a dojde i ke zvětšení síly jeho skusu. Chrup mladého jedince, který je v průběhu dospívání tvoří celkově 28 zubů, kdežto chrup dospělého jedince, který je kompletně vyvinutý, má celkově 40 zubů (Horák et Anatomický atlas veterinární odontologie 2021).

#### **3.1.4. Preparace lebky**

Pro správnou preparaci lebky, existuje několik pravidel, které se musí dodržet, aby výsledek byl nejlepší. Samotný proces začíná oddělením lebky od těla. Oddělená trofej se nejdříve stáhne z kůže a při stahování je nutné, aby co nejvíce svaloviny zůstalo na kůži a ne na lebce. Čím méně jí po stažení zbude, tím rychleji dojde k jejímu provaření a odloučení od kosti. Poté co je kůže odstraněna, odstraní se oční bulvy tak, že se přeřízne oční nerv za bulvou těsně u lebky, dále se bulva obřeže nožikem a následně vyjme. Dalším krokem je odstranění mozku z mozkovny. Na tento krok je nejlepší použít zahnutý háček z pevného drátu, a nebo dlouhý hřebík s velkou hlavou. Po odstranění mozku je důležité lebku důkladně vypláchnout studenou vodou. Lebka se nesmí nikdy vařit s mozkem, protože by došlo k prolnutí mozkové tkáně do kostí a tato mastnota je téměř neodstranitelná, lebka je po vyvaření zažloutlá a po uschnutí často zapáchá. Po odstranění maximálního množství měkkých tkání se lebka ponoří do studené vody. Voda vyluhuje zbytky barvy a při vaření nedochází k nadměrnému zápachu. Po odmočení je dalším krokem vyvaření. Lebka se umístí do vhodné nádoby, která se napustí studenou vodou tak, aby lebka byla kompletně ponořená. Voda se přivede do varu a proces vyvaření může začít. Lebka je uvařena v okamžiku, když na čelní kosti praskne blána a téměř se sloupne. Následuje očištění lebky, ke kterému se využije veškerá škála nástrojů. Od určitých kartáčů, tak po háčky a jiné nástroje dle vlastní potřeby (Galousek et Myslivost 2014).

Pokud by se dodrželi všechny tyto kroky a lebka by byla úspěšně vyvěřena a očištěna, mohlo by se přistoupit k poslednímu kroku a to k bělení, pro které má každý svůj konkrétní způsob. Jedním z těchto způsobů je lebku obalit vatou tak, aby se vata překrývala celou trofej. Stejným způsobem se obalí vatou i spodní čelist. Takto obalená lebka a spodní čelist se umístí do hlubšího talíře a nalije se na vatu 10% roztok peroxidu vodíku. Peroxid se nechá působit asi 8 hodin v temnu. Po této době se přistoupí k sundání vaty z lebky a spodní čelisti, opláchnutí studenou vodou a nakonec se nechá usušit ve stínu. Až trofej ve stínu uschne, znovu se

namočí do vody a nechá ještě jednou ve stínu aby se nepřesušilo uschnutí. Je třeba dávat pozor na přímé slunce, neboť hrozí rychlé uschnutí, které má za následek rozevření nosních kostí a jejich postupné odpadávání (Horký et Myslivost 2020).

### 3.1.5. Hodnocení trofejí

Hodnocení trofejí je složitý proces, při kterém se zjišťuje kvalita celkové trofeje. Kvalita trofejí je pro myslivce nástrojem pro kvantifikaci úrovně chovu zvěře, tj. výsledků práce se zvěří. Je nástrojem pro sledování vývoje kvality populací a zprostředkovaně také životních podmínek zvěře v honitbách. V neposlední řadě je také prostředkem pro stanovení hodnoty a ceny trofeje. Pro určení kvality trofeje existuje celá řada metod. Standardně jsou využívány metody Mezinárodní rady pro lov a ochranu zvěře (ČMMJ 2019).

Trofeje šelem jsou, co se týče hodnocení, trochu jiné, než ostatní druhy zvěře. Za trofeje se u šelem považují jejich lebky a u velkých šelem také kůže. Lebky šelem se měří poměrně jednoduše posuvným měřítkem jako největší délky a šířky a následně se z těchto měř vypočítávají bodové hodnoty podle metodiky CIC součtem takto naměřených délek a šířek. U měření lebečních šířek obvykle nejsou problémy (PENZUM 2023).

Zato u délek se mají měřit hodnoty v průmětu na jejich půdorys, což by nemělo činit komplikace, pokud se lebka položí například na stůl bez spodní čelisti. Potom se ukazuje jako vhodnější měřit největší délku lebky v její obecné části. Včetně vyčnívajících zubů, což sice ze zoologického hlediska není zcela správné, nicméně je to zaužívané a lebeční délky se tak dlouhodobě oficiálně běžně měří. Bodové hodnoty především lebek mají značnou měrou úzký vztah zejména k věku ulovené zvěře, i když nelze vyloučit ani zatím nedostatečně prokázaný význam jejího genetického založení (Kujawski et Lovecké trofeje 2006).

Bodové hodnoty kůží jsou zase v mnoha směrech odvislé od doby ulovení zvěře, neboť zimní kožešina je nepochybně kvalitnější než například kožešina letní, což se následně projevuje i při posuzování zejména vzhledových bodů. V honitbách České republiky se z šelem, jejichž trofeje se hodnotí bodovým systémem CIC, nejčastěji vyskytují lišky, případně jezevci. Jako nepůvodní a u nás nežádoucí se zatím v menších množstvích loví i psíci mývalovití a mývalové severní, jejichž lebky je již také možno hodnotit (Hromas et Myslivost 2010).

## 3.2. Kranioetrie obecně

Kraniologie je studium lebky, jejichž analýzy mají ve fyzické antropologii dlouhou a pohnutou minulost. V posledních několika stovkách let se kraniologické metody, jako je měření úhlu obličejce, velikosti mozkového pouzdra nebo poměru délky k šířce hlavy, používaly ke klasifikaci lidí do rasových skupin a nebo také k odhadu věku jak lidí, tak i ostatních druhů živočichů. Pro rozvoj kraniologie bylo důležité studium medicíny, anatomie a umění. Kromě toho spojení kraniologie s „vědou o rase“ jí dalo široký vliv na počátku 20. století a úzce propojilo kraniologii s rozvojem fyzické antropologie (PennMuseum 2023).

Úsvit 20. století přinesl vlnu kvantitativní práce, ve které byla kraniometrická data ústřední. Příspěvky řady hlavních antropologických vědců se podílely na vytváření technik pro získávání dat, statistických přístupů a souborů dat, které poskytly velkou část impulsu současnému výzkumu v řadě oborů (Dudzik et al. 2016).

Praktická část kraniometrického měření spočívá v provádění přesného měření pomocí „orientačních bodů“ na lebce. Lebka není jediná kost, ale je složena z několika vzájemně propojených plátů, jako jsou dvě temenní kosti po stranách a centrální čelní kost. Místo, kde se tyto kosti setkávají, lze snadno identifikovat a tato místa tvoří mnoho hlavních orientačních bodů lebky – např. „bregma“, kde se setkávají dva temenní a přední část. Vzdálenosti mezi různými body lze měřit a tvoří tak základ kraniometrie. Tímto způsobem lze vytvořit strukturální model lebky sestávající z úhlů a délek mezi orientačními body, a tak je možné porovnávat jednu lebku s druhou a provádět statistická srovnání mezi populacemi. Nejjednodušeji se měření provádějí na lebkách, ale některá lze v rámci obecnějších antropometrických studií odebírat i z hlav živých lidí a ostatních živočichů (Foley et Oxford University Press 2018).

Kraniometrická měření a analýzy se často používají při odhadu původu, protože je známo, že existují geografické rozdíly ve velikosti a tvaru lebky, ale je obtížné je posoudit pouhým okem. Metrická analýza proto pomáhá identifikovat vzory ve tvaru lebky, které nemusí být vizuálně oceněny (Christensen et al. 2019).

Kraniometrické měření mělo velký rozmach v průběhů celé lidské existence. Například studium lidské lebky bylo jedním z nejúrodnějších, nejdůležitějších, kontroverzních a zneužívaných odvětví antropologie. Srovnání lidských lebek s lebkami fosilních hominidů, které byly objeveny, bylo hlavním zdrojem informací a závěrů o vzoru lidské evoluce a vztazích



mezi lidmi a jinými primáty, kde jejich rozdíly ve tvaru lebky odrážejí evoluční historii a jejich vztahy (Foley et Oxford University Press 2018).

Jak už je ale patrné, tak kranioметриcké měření není striktně zaměřené na měření lebek a lebečních kostí pouze u lidí. Kranioметриe nám dokáže poskytnout nespočet informací a dat o všech živých i neživých organizmech. Dobrým příkladem může být rozpoznání velmi malých rozdílů ve tvaru lebky u 2 nebo více různých živočichů a také i k jasné identifikaci určitého druhu živočicha (Mahdy et Mohamed 2022).

### 3.3. Kranioметриcké studie u šelem

Lebka jako taková je jedním z nejlepších poskytovatelů těchto informací. Její morfologie odráží kondici jedince, vliv abiotických faktorů, dostupnost stravy a rozměr kořisti, stejně jako strukturu populace nebo mezi a intrapopulační konkurenci. Může odhalit nemoc nebo přítomnost parazitů. Lebky a kostry odhalily spousty důležitých informací, které se týkají evoluce. Kromě toho nám lebky umožňují pozorovat změny během života každého zvířete, a to od jeho počátku, až po jeho konec (Hartová-Nentvichová et al. 2010).

Kranioметриcké studie nám mohou říct spoustu informací nejen o zdravotním stavu daného jedince, ale také o samotném vývoji lebky a ostatních kostí v průběhu celého života. Jak už je známo, tak těla samců a samic živočichů procházejí v průběhu života různými změnami. Jednou z těchto změn je růst a vývoj samotné lebky a jejích částí. Z ohledem na pohlaví se nejen lebka, ale i ostatní kosti, vyvíjejí a rostou v odlišném věku života. Jedním dobrým příkladem může být studie z České republiky provedená na 416 lebek samců a 289 lebek samic lišek obecných (*Vulpes vulpes*), kde se došlo k závěru, že samci a samice lišky obecné měli podobný ontogenetický vývoj lebky, i když existovaly určité rozdíly, např. v jugulární šířce týlní kosti, která se po šesti měsících u samců na rozdíl od samic zvětšila (Hartová-Nentvichová et al. 2010).

Dalším prvkem kranioметриe je ten, že nám může ukázat a potvrdit nepatrné rozdíly v morfologii živočišných druhů. Většina živočichů je od sebe oddělena pomocí různých morfologických vlastností v závislosti na typu prostředí, ve kterém se vyskytují, potravou, kterou spořádají a dalšími podobnými aspekty. Je ale možné, že druhy, které mají rozdílné prostředí, se mohou v pár aspektech lišit a to i v případě, že se jedná o stejný druh živočicha. V tomto případě nám kranioметриcké studie mohou poskytnout informace o rozdílnosti těchto popula-

cí, které bychom nemohli jiným způsobem zjistit. Dobrým příkladem je studie provedená na populaci Karpatského vlka obecného (*Canis lupus*) a Dinárského vlka obecného, kde se pomocí kraniometrie zjišťovala podobnost morfologie lebky a došlo se k závěru, že i když jsou tyto dva druhy stejné, tak z evolučního hlediska jsou Karpatští vlci mnohem větší, než jejich příbuzní z Dinárské oblasti a to kvůli synergickému efektu faktorů prostředí a sociálního chování (Milenvić et al. 2010).

Co se týče morfologických vlastností, tak je také dobré zmínit to, že kraniometrie nám dokáže poskytnout informace o vývoji a adaptaci živočicha na různé negativní změny, ať na přírodní či vyvolané člověkem. Jedna taková studie, která se zabývala kraniometrickou charakteristikou lebek ledních medvědů (*Ursus maritimus*) ze dvou období s kontrastními úrovněmi průmyslového znečištění a rozsahem mořského ledu, poukázala na morfometrické rozdíly těchto jedinců, kde lebky, které pocházely z období od roku 1961 do 2002, byly menší než ty z období od roku 1892 do 1939 (Pertoldi et al. 2009).

Samotné přizpůsobení živočišného druhu může také souviset z introdukcí a reintrodukcí daného druhu do odlišných koutů světa. Studie z Japonska, kde cílem této studie bylo popsat morfologické charakteristiky mývalů severních (*Procyon lotor*) z částí východního a západního Japonska, kteří pocházeli ze Severní Ameriky, během jejich raných fází invaze se zaměřením na vztahy mezi délkou těla a hlavní složkou kraniometrie, s regionem, pohlavím, věkovou třídou, délkou těla, a index tělesné hmotnosti pomocí regresního modelu. Studie dospěla k rozhodnutí, že vztah mezi délkou těla a kraniometrií byl nekonzistentní se vztahem poddruhů pocházejících ze Severní Ameriky a kvůli sympatrické distribuci haplotypů více poddruhů bez reprodukčně-izolačních bariér v Severní Americe a v několika zavlečených oblastech došlo k hybridizaci těchto jedinců (Kato et al. 2022).

### **3.4. Metody odhadu a určování věku šelem**

Pro určení nebo odhad věku šelem existují spousta různých metod, které nám mohou poskytnout velké množství informací o studovaném jedinci. K určení a odhadu věku šelem bylo použito mnoho různých metod. Stanovení věku na základě ročních přírůstkových linií v dentinu a zubním cementu je obvykle považováno za nejspolehlivější a nejpresnější z metod (Kauhala et Helle 1990).

Pokud se povede zjistit věk nebo pohlaví daného živočicha, mohou se tyto data použít pro zjištění dalších informací, které bychom jiným způsobem zjistit nemohli, jako je například strategie lovu, sledování demografické struktury, zdraví, životaschopnosti populace a poskytují pochopení ekologie chování daných živočichů. V mnoha situacích je identifikace pohlaví a věku zvířete relativně jednoduchá, a to hlavně u sexuálně dimorfních druhů a u těch s odlišnými věkově specifickými vzory vzhledu. Přesná klasifikace pohlaví či věku jedince však může být složitější u druhů, které jsou monomorfní (Schroeder et al. 2005).

Jak už bylo předem zmíněno, tak nejen pro ostatní šelmy, ale také i pro mývaly existují různé metody určení nebo odhadu věku, které nám dokážou poskytnout informace o jejich způsobu života, pohlavním vývoji, reakcích na životní prostředí a jejich celkovém vývoji (Sanderson et Biological Notes No. 45 1961).

### **3.4.1. Metody odhadu**

Metody odhadu věku nemusí být vždy přesné, proto je často nutné metodu opakovat a přesvědčit se, zda hodnoty jsou korektní či tomu tak není. Jednou z takovýchto metod může být odhad věku dle velikosti těla živočicha. Mnoho druhů vykazuje rozsáhlé rozdíly ve velikosti či hmotnosti těla spojené s poddruhy, regionem a ročním obdobím. Tato odchylka často znamená, že může docházet k podstatnému překrývání měření specifických vlastností. Například, i když průměrný samec mnoha druhů může být těžší než průměrná samice, existuje rozmezí tělesné hmotnosti, kde může být pohlaví. Tento problém se může zhoršit u monomorfních druhů, když je velikost mladých sameců podobná jako u dospělých samic (Schroeder et al. 2005).

Dále bychom zde mohli zmínit vzhled jako pomůcku při odhadu věku živočicha. K posouzení pohlaví a věku lze použít rysy hlavy, těla a ocasu. Rozdíly ve fyzických rysech mohou být často použity k posouzení pohlaví a obecných věkových tříd. Například samci často mají parohy, zatímco samice ne, a v situacích, kdy samice mají parohy nebo rohy, jsou obvykle menší. U starších zvířat jsou navíc rohy a parohy obvykle větší (Schroeder et al. 2005).

Jednou z těch přesnějších metod pro odhad věku živočichů je stav jejich pohlavních orgánů. Prohlídka genitálií je často důležitá pro klasifikaci pohlaví savců kvůli jejich monomorfnímu vzhledu. U velkých savců lze genitálie často pozorovat z dálky. K identifikaci varlat nebo pyjové kosti je však zapotřebí pečlivé prohledání mnoha menších druhů. Změny ve

vzhledu pyjové kosti se používají jako technika pro klasifikaci věku u mnoha druhů včetně jezevce amerického (*Taxidea taxus*) nebo rosomáka sibiřského (*Gulo gulo*) (Schroeder et al. 2005).

Dobrym příkladem použití takovéto metody může být studie z Illinois, kde se pomocí stavu pohlavních orgánů a pyjové kosti zjišťoval věk a vývoj mývalů severních (*Procyon lotor*). Došlo se k závěru, že pyjové kosti z mývalů ze zajetí a z divokých mývalů obecně vykazovaly podobnou rychlost vývoje, i když existovaly značné individuální rozdíly ve velikosti a stavbě (Sanderson et Biological Notes No. 45 1961).

Další metodou pro odhad věku u šelem může být sledování osifikace lebečních švů. Národním příkladem použití této metody pro odhad věku je studie z Urbany, kde bylo pro tento odhad použito 101 mývalích lebek a následně byla na všech pozorována změna osifikace lebečních švů. Studie došla k závěru, že více jak polovina lebečních švů vymizela na 100 % - 95 % ve věku 24 měsíců u všech zkoumaných jedinců a dále veškeré lebeční švy vymizely na 100 % - 95 % ve věku 122+ měsíců (Junge et al. 1980).

### 3.4.2. Metody určení

Jednou z nejpřesnějších metod určování věku šelem je laboratorní stanovení věku. Věk se laboratorně stanovuje u velkých šelem, ale také i u jakéhokoliv druhu spárkaté zvěře vždy obojího pohlaví (Slovenská Pol'ovnická Komora 2013).

Obecné věkové třídy savců lze určit podle zubních charakteristik, jako jsou tenké kořenové stěny, široce otevřené kořenové špičky, poměr šířky dřene k šířce zubu, poměr dentinu a skloviny, tvar zubu a načasování vzniku zubu (Schroeder et al. 2005).

Podstatné je, aby šlo o zuby s omezenou dobou růstu, takzvané zuby brachyodontní. U těchto zubů se každoročně tvoří vrstevnaté struktury, jež se odečítá buď mezi kořeny, nebo blízko báze kořene. U jelenovitých a u šelem jsou všechny zuby brachyodontní, k laboratornímu stanovení se potom běžně užívají poslední premoláry a všechny moláry. Vždy se zpracovává 6-8 zubů, čímž se jistota stanovení přibližuje absolutním hodnotám. Dále jsou vytvořeny řezy, které jsou prováděny speciálními planžetovými diamantovými kotoučky. U spárkaté zvěře můžeme řezy vizuálně odhalit v korunkové oblasti, kdežto u šelem se řeže pouze na úrovni kořenů zubů, tudíž tam zevně viditelného není nic (Slovenská Pol'ovnická Komora 2013).

Zkoumání zubů nám dokáže poskytnout velké množství informací, ale samotný průřez těchto zubů, takzvaný „*Cementum-annuli*“, je nám schopný poskytnout mnohem přesnější informace o věku živočicha. U většiny druhů analýza „*Cementum-annuli*“ nejpřesnější metodou používanou k určení věku u starších věkových kategorií (Schroeder et al. 2005).

Cement se každoročně ukládá na kořeny zubů, takže vrstva nejbližší dentinu je z nejranějšího roku a vrstva běžného roku leží nejbližší kořenu (Mitchell, 1967).

Jak už je patrné, tak určení věku živočichů podle zubního průřezu se zdá být jednou z těch nejlepších metod pro samotné určení věku. Studie z Finska, která se zabývala určováním věku psíků mývalovitých (*Nyctereutes procyonoides*), použila tuto metodu s cílem nalézt rychlou a spolehlivou identifikaci mladých psíků mývalovitých (Kauhala et Helle 1990).

Tato metoda dokáže být v mnoha případech velmi důkladná. Studie z Japonska (Nakanishi et al. 2009), poukazovala na akurátní určování věku u koček iriomotských (*Prionailurus bengalensis iriomotensis*) pomocí „*Cementum-annuli*“.

Zajímavou metodou pro určení věku, která je velmi podobná analýze „*Cementum-annuli*“, je skeletochronologie. Skeletochronologie je podobná analýze „*Cementum-annuli*“, ale potenciálně má širší pole aplikací. Pro určení věku lze vyšetřit adhezni linie nebo roční růstové vrstvy v kostech (Schroeder et al. 2005).

Další dobrou metodou může být vyšetření pohlavních orgánů. Vnitřní vyšetření gonadálního materiálu, jako jsou vaječníky u samic, je jednoznačně užitečné pro určení pohlaví a často se používá k ověření jiných technik, které jsou založeny na vnějších charakteristikách. Jiné vnitřní charakteristiky, které jsou jedinečné pro určité pohlaví, mohou být spojeny se sekundárními genderovými charakteristikami nebo přímo s reprodukčními orgány (Schroeder et al. 2005).

### **3.5. 3D zobrazovací technologie**

3D skenování je jednou z méně diskutovaných technologií používaných pro navrhování, prohlídku a kontrolu kvality všech různých komponentů. Tato bezkontaktní měřicí technologie převádí fyzický model na digitální 3D počítačově podporovaný návrh pomocí různých skenovacích softwarů. Stává se nezbytným nástrojem pro výrobce, vědce, techniky a ostatní kteří potřebují přesnou rozměrovou kontrolu, virtuální obraz, analýzu a dokonce i výrobu fyzického prototypu (Javaid et al. 2021).

Tato technologie dokáže snadno zachytit virtuální obraz fyzické součásti a ten lze analyzovat, upravovat, tisknout a ukládat. Umožňuje pečlivou přípravu výrobních systémů zahrnujících umístění strojů, zařízení, opravy a ergonomickou souhru člověka. Je to životně důležité měřítko výkonu, které zajistí, že počáteční vize byla realizována tak, jak bylo zamýšleno (Javaid et al. 2021).

3D zobrazovací metody neboli 3D technologie jsou schopné být velmi pomocné i v ostatních oborech, kterých se netýkají strojního nebo podobného průmyslu a to i ke zkoumání různého stavu a hodnot biologického materiálu, jako jsou například kosti a lebky. 3D skenování nám dokáže nejen zobrazit model naskenovaného předmětu, se kterým se následně dá i nadále manipulovat, ale také se dále může vytvořit i reálná kopie pomocí 3D tiskáren (Formlabs et Igestek 2022).

Mezi tyto technologie řadíme také počítačovou tomografii, neboli CT sken. Jedná se o zařízení, při kterém je část rentgenových paprsků namířena na objekt a rychle se otáčí kolem něho, přičemž produkuje signály, které jsou zpracovávány počítačem za účelem generování příčných řezů. Tyto řezy se nazývají tomografické snímky a obsahují podrobnější informace o vnitřním stavu skenovaného objektu a jsou tím pádem mnohem přesnější než běžné rentgenové snímky (Ferda et al. 2002).

Hlavním rozdílem mezi CT skenerem a klasickým rentgenovým snímkem je v tom, že standardní rentgeny používají takzvanou rentgenovou trubici, která je stabilizovaná na jednom místě a snímaný objekt se musí vždy přizpůsobit rentgenu, kdežto CT skener používá motorizovaný zdroj rentgenového záření, který se otáčí kolem kruhového otvoru, tomu se říká portál (National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering 2022).

### **3.5.1. Aplikace 3D zobrazovacích technologií napříč vědními obory**

3D zobrazovací technologie mají velký rozsah použití zejména v automobilové nebo lékařské oblasti. V medicíně jsou široce používány 3D zobrazovací technologie, dříve zmíněná počítačová tomografie (dále jen CT), magnetická rezonance (MRI), které umožňují vytvářet 3D obrazy. Dále pak také automobilový průmysl využívá 3D zobrazovací metody již mnoho let a ty jsou důležitou součástí procesu vývoje automobilů (Formlabs et Igestek 2022).

Automobilový sektor zajišťuje, že vyrobený produkt vyhovuje požadavkům výrobce a kontrole kvality. 3D skenování je užitečné pro reverzní inženýrství, analýzu, navrhování a

měření složitých zakřivených povrchů, vzdělávání, architekturu, průzkum, zdravotnictví, monitorování kvality, prototypování, vývoj průmyslových nástrojů a mnoho dalších. Tato technologie využívá pokročilý software pro přesné měření, ukládání a analýzu, což pomáhá zvýšit flexibilitu a spolehlivost procesu (Javaid et al. 2021).

Dále bychom mohli zmínit zastoupení 3D skenerů v ochraně a kontrole různých vzácných a důležitých předmětů. Nejnovější 3D skenery jsou tak přesné a užitečné, že se na ně muzea začala spoléhat při ochraně některých z nejznámějších předmětů na světě. Díky své přesnosti v milimetrech je možné sledovat konzistenci designu součásti, velikosti a stability. 3D skenování umožňuje kontrolu kompletního formuláře produktu pomocí výchozí CAD šablony a najde okamžité variace s daty zobrazenými na celé barevné mapě s 3D variací (Javaid et al. 2021).

Nejenom to, ale tyto technologie mohou s velkou mírou zachraňovat životy lidí v nebezpečném prostředí. Ochrana pracovníků je v těchto nebezpečných lokalitách prvořadým zájmem a 3D laserové skenování ji posílí pro účely průzkumu a monitoringu prostředí. Přenosné 3D laserové skenery slouží ke sledování a záznamu přesných měření až na vzdálenost několika set metrů. Pomáhají udržovat bezpečnost operátorů tam, kde jsou topografická nebo toxická prostředí, jako jsou chemické nebo jaderné elektrárny (Javaid et al. 2021).

Díky tomuto rychlému vývoji a rozvoji těchto 3D zobrazovacích metod se mohou data a geometrická morfometrie použít v archeologii a bioarcheologii, kde jednou z částí tohoto oboru je měření a získávání kranio-metrických dat (Rubio-Paramio et al. 2016).

Jak už je zvykem, tak je zřejmé, že při ručním měření může vzniknout spousta různých chyb, ať už z důvodu způsobeného člověkem nebo kvůli vadnosti pomůcek pro měření. Proto jsou 3D zobrazovací technologie velmi nápomocné při přeměřování a porovnávání různých umělých předmětů a biologického materiálu, jakou jsou kosti živočichů (Košinová et al. 2022).

### **3.5.2. Aplikace 3D zobrazovacích technologií při digitalizaci lebek**

3D skenování digitálně znovu vytváří informace o fyzických součástech v simulovaném světě s přesnými rozměry. Proto je pro účely kranio-metrie možné využít širokou škálu různých

ných skenerů. Zahrnuje například laserové skenery, světelné skenery, souřadnicové měřicí stroje (CMM) a komerční skenery výpočetní tomografie (CT) (Javaid et al. 2021).

Samotná kraniometrie, kombinaci s 3D zobrazovacími metodami je velmi přesná a dokáže nás i toho hodně naučit. Proto pro kraniometrii lebky není nutné využívat pouze samotný 3D skener, ale i standardní metody měření či CT skener. Nicméně je nutné u všech těchto vyjmenovaných metod dodržovat přesnost a trpělivost (Košinová et al. 2022).

Pokud by byl nějaký aspekt při měření urychlen, mohlo by dojít k vytvoření nežádoucích chyb a následné výsledky by byly nepoužitelné. Manuální měření je však časově náročné a problematická může být i přesnost dat, které se mohou v průběhu měření špatně zaznamenávat. Kvůli těmto chybám se data nemohou dále pokládat za spolehlivé a celý proces manuálního měření se musí opakovat. Je třeba zmínit, že použití digitálních metod umožňuje rozsáhlejší prostorovou analýzu. V oblasti kraniometrie je jedním z nejčastěji používaných zařízení CT scanner, včetně multidetektorové tomografie (MDCT) a helikálního neboli spirálního CT skenování. Multidetektorová tomografie patří mezi nejdokonalejší 3D zobrazovací technologie, které lze využít při kraniometrii. Mezi základní techniky v kraniometrii patří velmi často používané posuvné měřítko, díky kterému se získávají kraniometrické rozměry. Tyto rozměry zahrnují délku a šířku lebky, délku nosních kostí a patra, zuby, délku, výšku a šířku dolní čelisti a objem neurokrania. Všechny tyto charakteristiky nám mohou poskytnout mnoho informací o různých vnitrodruhových rozdílech v populacích živočichů, a to v různých fázích vývoje nebo na rozdílných lokalitách výskytu druhu (Comrie et al. 2022).

Tyto data a informace se nadále dají použít ke zkoumání rysů podobnosti mezi ostatními živočichy, k zlepšení poznání a porozumění určitých biologických jevů či různých anomáliím, které se mohou v průběhu života u živočicha vyskytnout, ať už určité deformace lebky nebo genetické vady. Kraniometrie poskytuje cenné údaje o populacích různých druhů živočichů. Díky získávání všech těchto dat a informací dochází k obohacování a zlepšování celého systému studia morfologie a to ve všech ohledech. Zůstávají zde ale určitá pravidla a postupy, které se při používání 3D zobrazovacích metod musí respektovat a dodržovat (Košinová et al. 2022).

3D zobrazovací metody se dají využít také k posouzení pevnosti lebek. Jedna studie (Lilli et al. 2014), použila CT skener pro zjištění pevnosti lebky člověka po utrpění vážného poranění mozku.



Pokud chceme zjistit přesnost určité metody měření, ať už manuální metody nebo 3D zobrazovací metody, je nutné znát míru přesnosti tohoto měření a následné stanovení digitálních parametrů. Veškeré údaje, které se v průběhu měření při kranioometrii zaznamenají, pomohou k dalšímu porozumění a zlepšení životního stavu budoucích generací živočichů. Jedním z hlavních údajů o pozorovaném jedinci je jeho věk a zdravotní stav v průběhu vývoje. Podařilo se tak např. zjistit věk 344 lišek podle jejich lebek v České republice (Roulichová et Anděra 2007).

V jiném případě se dá 3D model, použit k detailnějším studiím. Byl vytvořen základní anatomický model hlavy a krku lišky obecné (*Vulpes vulpes*), pro získání vhodného anatomického popisu struktury hlavy kompatibilního s tradičními pitevními technikami (Mahdy et Zayed 2020).

Nejen to, ale díky kraniometrickým měřením lze od sebe rozeznat různé druhy živočichů, které se od sebe na první pohled nemusí ani lišit. Je velmi časté, že člověk zamění určitý živočišný druh za jiný. Lebky mají spousty podobných rysů, které se od sebe mohou lišit i v těch nejmenších detailech. Častým problémem může být zaměnění určitého druhu šelmy za jiný. Kvůli tomu se mohou 3D zobrazovací technologie použít k rozpoznání těchto malých detailů. 3D a CT scannery pomohli rozlišit hlavní rozdíl v morfologii orbitálního úhlu lebky u psa domácího (*Canis familiaris*) a vlka obecného (*Canis lupus*), který byl takřka k nerozeznání (Janssens et al. 2022).

Jinou možností využití 3D zobrazovacích technologií je získání přehledu o anatomii tím, že se vytvoří model podle rozměrů a anatomie orgánů. Jedním dobrým příkladem je použití 3D zobrazovacích technologií k vytvoření modelu středního ucha jezevce lesního (*Meles meles*) a jeho následné vnitrodruhové morfologické variace u ostatních jedinců (Rozen-rechels et al. 2016).

Z hlediska o péči a managementu divoké zvěře se 3D zobrazovací metody dají použít jako prostředek pro měření a hodnocení trofejí lovné zvěře. Celý postup měření trofejí podléhá striktním pravidlům a metod měření CIC (International Council for Game and Wildlife Conservation), podle kterého se měří například objem, délka a rozsah paroží u jelenovitých druhů zvěře. Měření a hodnocení lebky má své zásadní pravidla. Každá lebka se musí hodnotit až po jejím dokonalém vyschnutí a musí se měřit pouze uznanými měřidly. Dále se hodnotí pouze existující části trofeje (Košinová et al. 2022).

### 3.5.3. Přesnost 3D zobrazovacích technologií

Přesnost obecně znamená, jak blízko se měření blíží své skutečné hodnotě. Ve 3D skenování se přesnost obecně vztahuje na přesnost jednoho skenování, ale pak je tu také objemová přesnost. Veškeré tyto pojmy se, ale mohou splést s precizností, což znamená, jak blízko jsou různá měření u sebe. V technických listech přesnost často znamená přesnost jednoho skenování neboli přesnost zachycení jednoho snímku. Dále máme objemovou přesnost, což je přesnost zachycení několika snímků. Důležitým faktorem, který může ovlivnit přesnost 3D skeneru může být teplota, protože 3D skener bude fungovat jinak při 40 °C než při 20 °C. Dalšími faktory, které ovlivňují přesnost 3D skeneru jsou kalibrace a osoba manipulující se skenerem (Cherdo et aniwaa 2022).

Při měření přesnosti je důležité zvážit spoustu dalších věcí, protože přesnost 3D skenerů se může výrazně lišit v závislosti na použité technologii, kvalitě zařízení a podmínkách skenovacího prostředí. Je pravda, že špičkové profesionální skenery se často pyšní působivou přesností, schopné zachytit detaily až do několika desítek mikrometrů, což je zhruba na šířku lidského vlasu. Problém ale nastává v jeho cenové dostupnosti. Cenově dostupnější 3D skenery pro spotřebitele však obvykle nabízejí přesnost v rozsahu od 0,1 mm do několika milimetrů a to je stále velká přesnost. Je důležité si uvědomit, že všechny skenery mají omezení a potenciální zdroje chyb. Na přesnost skenování mohou mít vliv faktory, jako je materiál objektu, barva a povrchová úprava, stejně tak i podmínky prostředí, jako je například osvětlení a vlhkost (cd-soft 2023).

Obrovskou výhodou 3D zobrazovacích technologií, převážně se jedná o počítačovou tomografii, je že dokážou včas diagnostikovat potenciálně životu ohrožující stavy, jako je krvácení (mozek, krk,...), krevní sraženiny nebo nádory. To se sebou ale přináší možná rizika. Pokud se budeme bavit o nevýhodách 3D zobrazovacích technologií, tak mezi nejzávažnější problémy patří využívání rentgenového záření, které produkuje ionizující záření. Toto záření může vyvolat určité biologické procesy uvnitř živé tkáně, například tvorba rakoviny. Riziko se samozřejmě zvyšuje s určitým množstvím expozice záření a je důležité, která část je ozařována nejvíce (Fred et Texas Heart Institute journal 2004).

Mezi další velké nevýhody 3D zobrazovacích technologií, tak to že se nejedná o žádnou levnou záležitost. Velká cena a malá dostupnost znemožňuje různým společnostem a organizacím jeho využití. Dalším problémem je omezené množství surovin pro 3D tiskárny. Zatím-

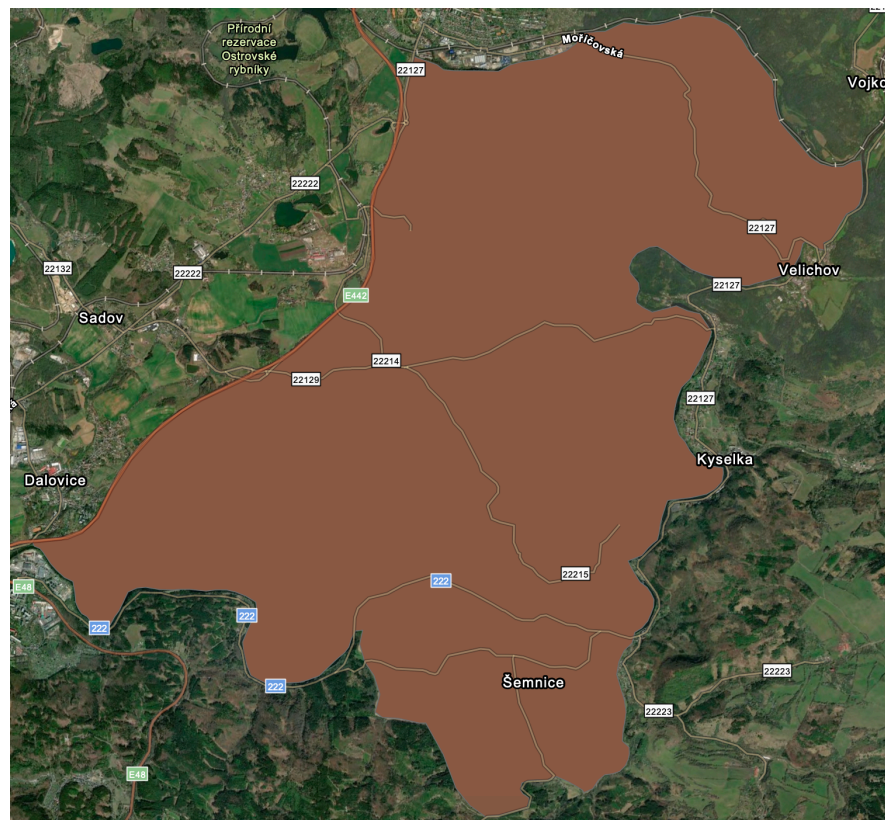
co 3D tiskárny mohou vytvářet položky a modely z různých plastů a kovů, dostupný výběr surovin není vyčerpávající. Toto je způsobeno kvůli tomu, že ne všechny kovy nebo plasty mohou být dostatečně temperovány, aby umožnily 3D tisk v samotné tiskárně a mnohé z těchto potisknutelných materiálů navíc nelze recyklovat (Twi 2022).

## 4. Metodika

### 4.1. Popis území

Zkoumané lebky mývalů pocházejí z honitby Sadov (**Obr. 1**) nacházející se v blízkosti obce Bor. Rozloha honitby Sadov činí 4 171 ha, jejíž oblast se nachází v pohoří Krušných hor o průměrné nadmořské výšce 410 m n. m., a tvoří ji převážně bukové a smíšené lesy s převládající hlinitopísčitou nebo až písčitohlinitou půdou. V rámci území honitby jsou nejvíce zastoupeny porostní typy bukové a dubové. Co se týče lesního vegetačního stupně, tak honitba Sadov spadá do 3 stupně, což je dubobukový a přírodní lesní oblast je 4 - Doupovské hory (Hruban et MORAVSKÉ-KARPATY.CZ 2022).

Toto území je pro šelmy, jako je právě mýval severní, ideálním místem pro svůj výskyt, a životní vývoj. V rámci České republiky se jedná o jedno z míst s nejintenzivnějším výskytem mývala severního.



**Obr. 1 - území honitby Sadov**

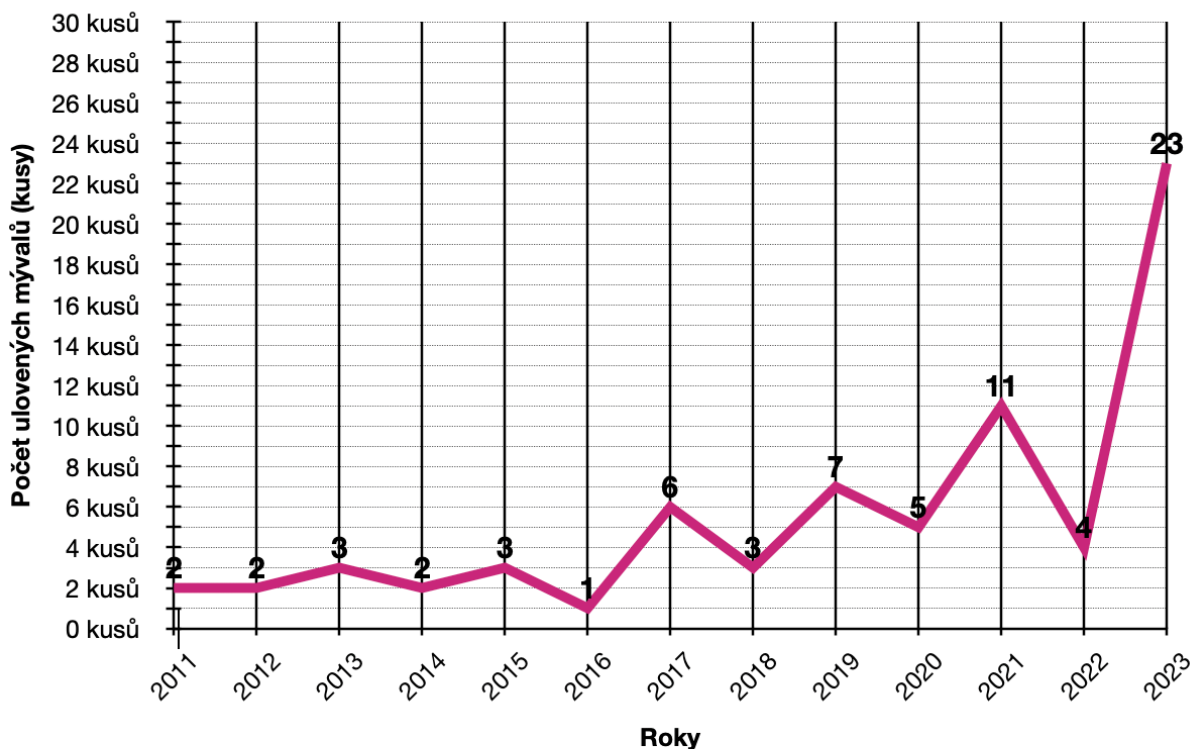
Rozsáhlé lesní prostředí poskytuje této medvídkovité šelmě dostatek úkrytu před potenciálními predátory či mezidruhovou konkurencí. Nachází se zde široká potravní nabídka

pro tento druh a jedná se i o velice ideální prostředí pro reprodukci. Mezi potencionální predátory v honitbě, patří liška obecná (*Vulpes vulpes*) a vlk obecný (*Canis lupus*). Nicméně predace těchto druhů je velmi nepravděpodobná, a to hlavně díky velkému množství úkrytů ve formě stromového patra a adaptivitě mývala na své prostředí.

Populace mývala severního se v posledních letech dostala na impozantní čísla. V průběhu let byl počet ulovených jedinců v celkem vyrovnaném stavu, kde se počet ulovených kusů rovnal průměrným 3 kusům za rok (**Graf.1**). Tento průměr byl stejný od roku 2011 až po rok 2017, kde došlo k prvnímu nárůstu ulovených kusů. Toto může být důvod dostupnosti dobrého prostředí pro jedince mývala severního. Další intenzivní nárůst byl v roce 2021, kde se ulovilo celkem 11 jedinců a nejintenzivnější nárůst byl v roce 2023, kde se ulovilo celkem 23 mývalů (**Graf.1**), což je největší počet za celé období jejich výskytu v této lokalitě. Toto by mohlo znamenat velkou populační explozi tohoto druhu, což není z mysliveckého hlediska ideální jelikož se jedná o nežádoucí druh zvěře na našem území.

Honitba SadoV poskytla informační materiály (**Tab.1**) týkající se hmotnosti, pohlaví, lokality a datu ulovení. V honitbě se dále vyskytuje převážně zvěř srnčí, dále také vysoká a zvěř černá.

**Odlovy mývalů za poslední roky z dané oblasti**



**Graf.1**

Všichni jedinci byly loveni v rámci standardního mysliveckého hospodaření myslivci s platnými loveckými lístky a povolenkami požadovanými v České republice a nebyli loveni pro studijní účely.

### Informační materiály o mývalech z honitby Sadov

Jedinec	Datum	Lokalita	Honitba	Pohlaví	Věk	Hmotnost (Kg)
Mýval 23	17. 5. 2023	Bražec	Sadov	Samec	Dospělý	5 Kg
Mýval 24	18. 5. 2023	Velichov sad	Sadov	Samice (vodící)	Dospělý	3,15 Kg
Mýval 25	19. 5. 2023	Bražec	Sadov	Samice (vodící)	Dospělý	4,55 Kg
Mýval 26	22. 5. 2023	Neuvedeno	Sadov	Samice (vodící)	Dospělý	4,65 Kg
Mýval 27	23. 5. 2023	Neuvedeno	Sadov	Samec	Dospělý	5,2 Kg
Mýval 28	24. 5. 2023	Neuvedeno	Sadov	Samice (vodící)	Dospělý	4,4 Kg
Mýval 29	12. 6. 2023	Neuvedeno	Sadov	Samice (vodící)	Dospělý	4,9 Kg
Mýval 31	8. 8. 2023	Šemnice	Sadov	Samec	Dospělý	6,75 Kg
Mýval 32	9. 8. 2023	Neuvedeno	Sadov	Samice	Neuvedeno	3,95 Kg
Mýval 33	14.8.2023	Pod skálou	Sadov	Samice (vodící)	Dospělý	5,55 Kg
Mýval 38	24.8.2023	Pod skálou	Sadov	Samec	Dospělý	6 Kg
Mýval 39	24.8.2023	Velichov sad	Sadov	Samice (vodící)	Dospělý	3,95 Kg
Mýval 42	1.10.2023	Pod skálou	Sadov	Samec	Dospělý	6,2 Kg
Mýval 43	12.10.2023	Pod skálou	Sadov	Samec	Dospělý	8,15 Kg
Mýval 44	15. 10. 2023	Pod skálou	Sadov	Samice	Dospělý	6 Kg
Mýval 40	27. 8. 2023	Pod skálou	Sadov	Samice (vodící)	Dospělý	5,70 Kg

**Tab.1**

## 4.2. Studované materiály

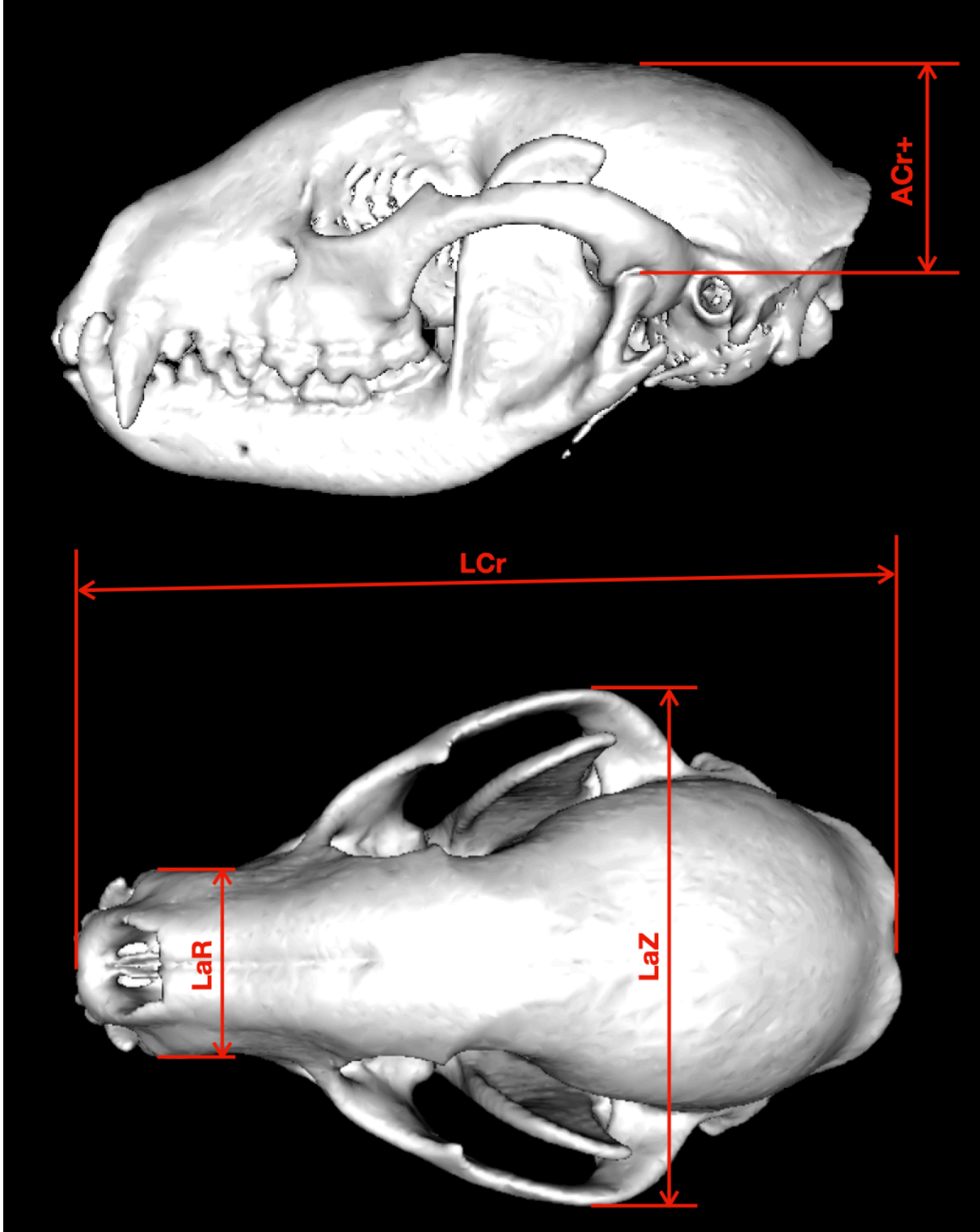
Pro kranio-metrické měření pomocí počítačové tomografie (také CT) a 3D skeneru bylo použito 16 lebek mývala severního (*Procyon lotor*). Byly použity kompletní hlavy mývala severního v kůži, odděleny mezi lebkou a prvním krčním obratlem.

Kostní tkáň je vhodným objektem pro CT snímání, navíc není třeba předchozí odstranění měkkých tkání. V případě použití 3D scanneru je třeba hlavu kompletně vypreparovat neboť tato technologie umožňuje pouze snímání povrchu.

## 4.3. Příprava objektu

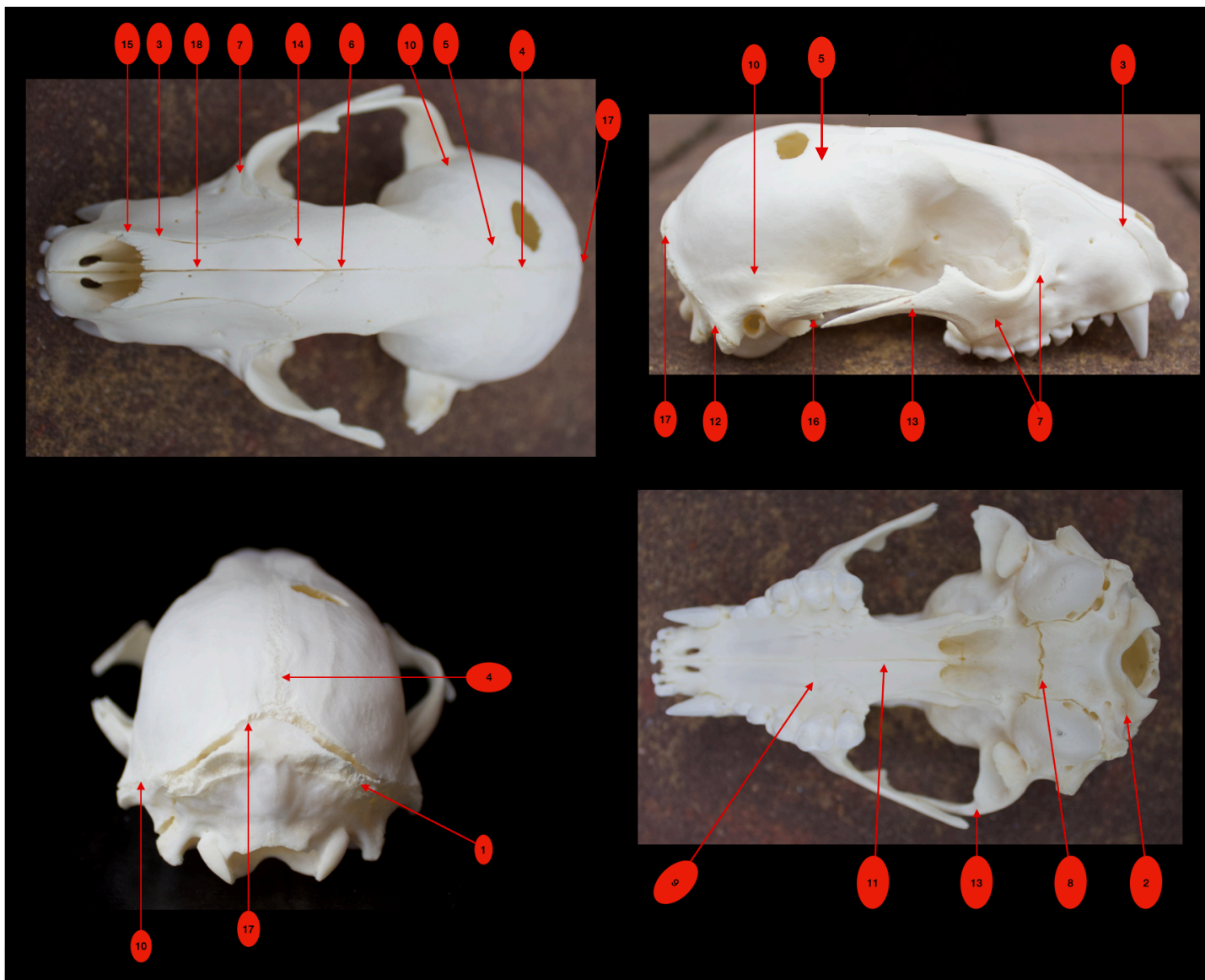
Hlava byla po ulovení oddělena mezi lebkou a prvním krčním obratlem. Takto oddělené hlavy byly následně konzervovány mrazem. Tyto hlavy byly i hned po ulovení odděleny od těla a následně zamrazeny. Hlavy byly rozděleny do sáčků a každému jedinci bylo přiřazeno jedno pořadové číslo. Mezi výsledky jsme řadily věk, který jsme zjistili pomocí obliterace kranialních sutur (**Obr. 3**), a zubního vzorce.

Dále se přešlo k měření určitých lebečních rozměrů (**Obr. 2**), které byly nutné pro dosažení našich výsledků. Mezi tyto rozměry patřily LCr – celková délka: akrokranion - prosthion, LaZ – šířka lícní kosti: zygion - zygion, ACr+ - velikost lebky (včetně sagitálního hřebene): základ lebeční kosti – nejvyšší bod crista sagittalis a LaR - šířka čenichu: vzdálenost nad alveoly špičáků. Veškeré tyto hodnoty soužili k trofejovému obodování lebek, pomocí bodového hodnocení CIC a ke zjištění, zda se v této skupině mývalů nacházejí nějakí medailový jedinci.



Obr. 2 - Měřené kranio-metrické rozměry





**Obr. 3 - Měřené kraniální sutury : 1 - Exokcipitální - supraokcipitální, 2 - Exokcipitální - basiokcipitální, 3 - Maxilární - předmaxilární, 4 - Interparietální, 5 - Frontální - parietální, 6 - Interfrontální, 7 - Maxilární - jugální, 8 - Basiokcipitální - basifenygální, 9 - Maxilární - patrový, 10 - Squamosální - parietální, 11 - Interpalatinální, 12 - Squamosální - mastoidní, 13 - Squamosální - jugální, 14 - Nasofrontální, 15 - Nasopředmaxilární, 16 - Pterygoidní - patrový, 17 - Okcipitální - parietální, 18 - Internazální**

#### **4.4. Měření pomocí počítačové tomografie (CT)**

Před samotným stahováním a preparováním všech lebek bylo nutné mývalí hlavy naskenovat pomocí počítačové tomografie (dále už CT). Celý proces snímání našich vzorků probíhal ihned potom co se nám dostali do rukou z honitby Sadov.

Hlavy dále přepravili do High-tech pavilonu Fakulty lesnické a dřevařské na České zemědělské univerzity v Praze, kde se na multidetektorovém výpočetním tomografu (CT) Siemens Somatom Scope Power (**Obr. 4**) postupně naskenovali a zařadili do systému.

Hlavním cílem tohoto měření bylo získat kvalitní snímky mývalích lebek, na kterých byl kvalitně zachycen stav a vývoj chrupu těchto jedinců a na kterých se mohly důkladně naměřit lebeční rozměry.

Dále bylo důležité najít jedince, jehož lebka i čelist byly ve velmi dobrém stavu proto, aby se po nasnímání vytvořil STL soubor, který se později použil k vytisknutí 3D modelu. Díky snímkování bylo možné zjistit zda byly lebky v dobrém či špatném stavu ještě před samotným stahováním a preparováním.

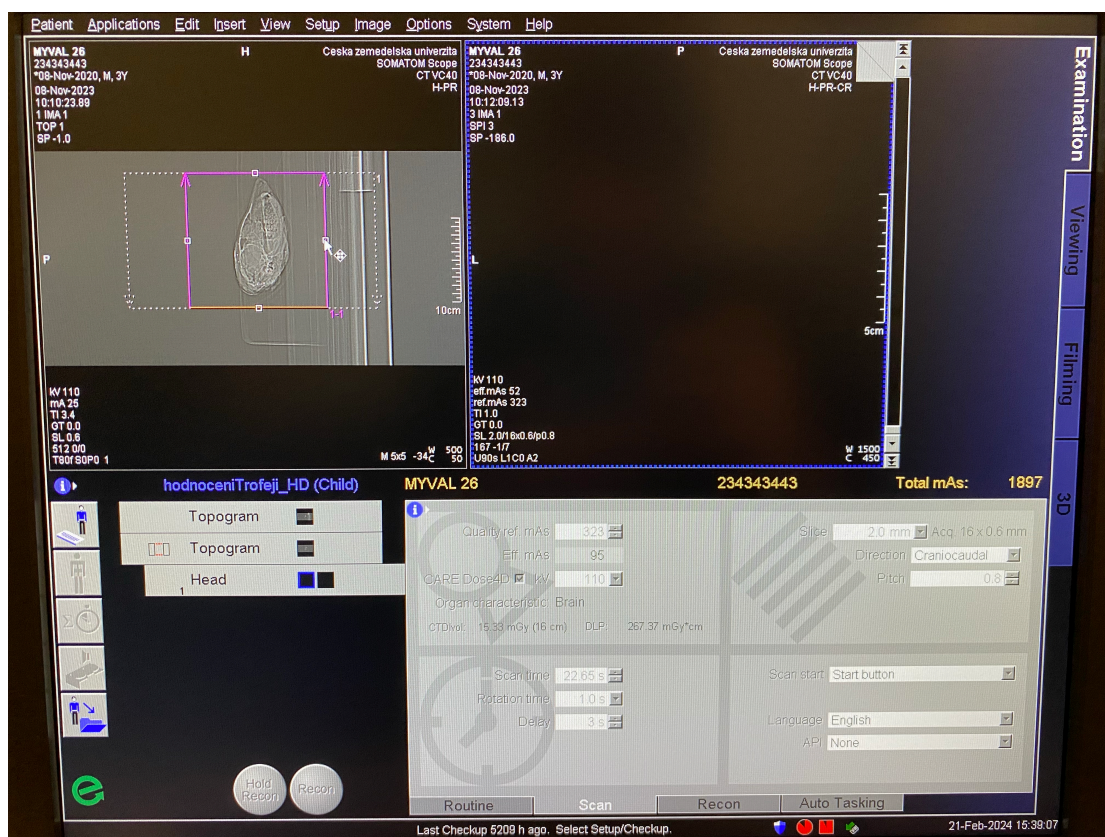


**Obr. 4 - Multidetektorový výpočetní tomograf (CT) Siemens Somatom Scope Power, na kterém se provádělo snímání mývalích hlav**



U každého typu snímání byl vytvořen protokol (**Obr. 5**), ve kterém byly zaznamenány hodnoty a vzorce měření, takže veškeré hlavy byly měřeny pomocí techniky spirálního skenování zdrojovými řezy o šířce 2 mm, kolimací detektorů 16 x 0,6 mm a pitch faktorem 0,8.

Následně byly rekonstruovány řezy o tloušťce těchto řezů 0,6 mm - 0,75 mm (High Resolution protokolem) s vysokofrekvenčním rekonstrukčním algoritmem, který dokáže zvýraznit denzitu rozhraní pro vysoké rozlišení malých struktur a také vysoký kontrast.



**Obr. 5 - Vytvořený protokol, který obsahuje informace o šířce řezů, kolimací detektorů a pitch faktoru**

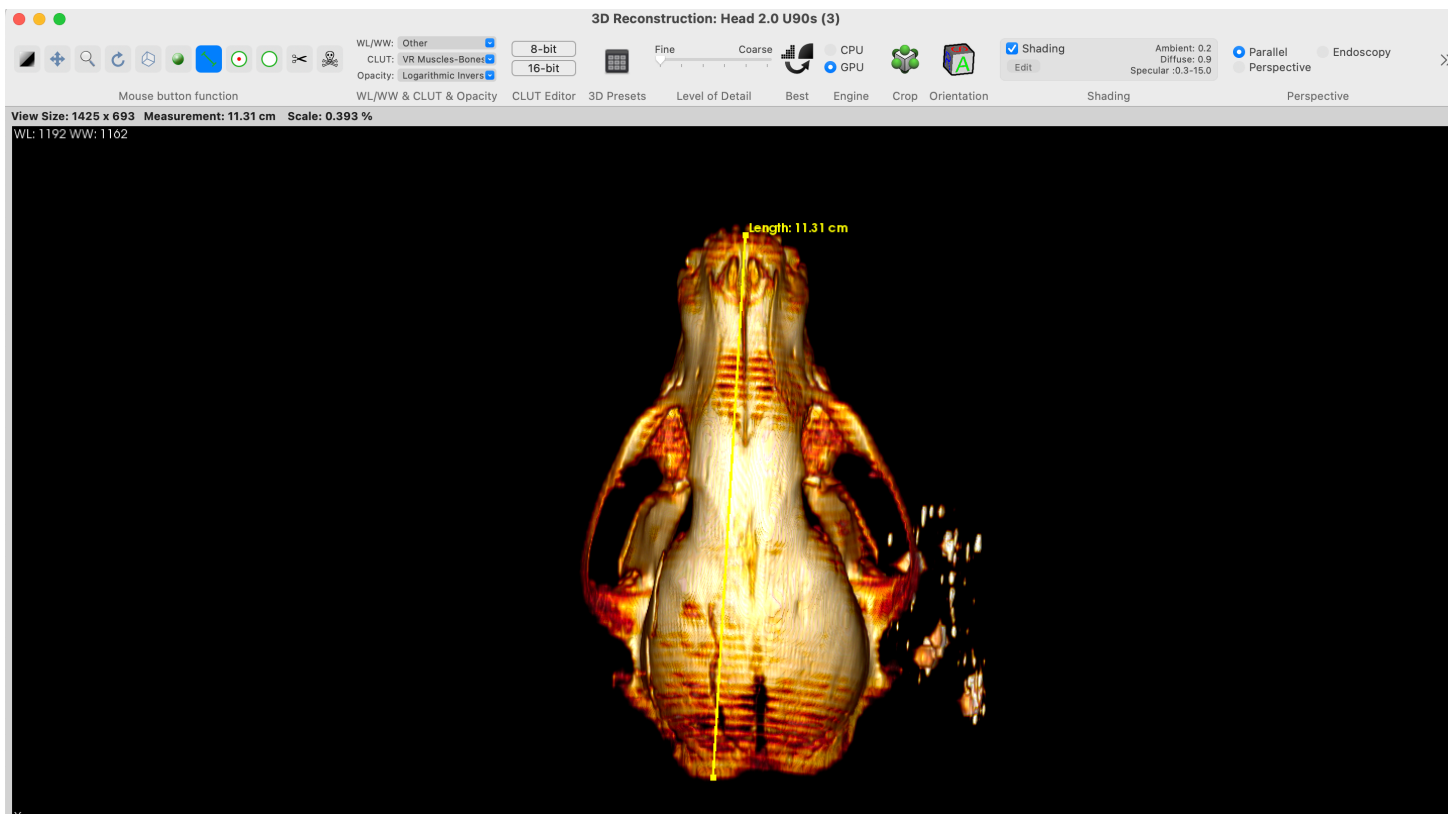
Výsledné snímky byly potom rekonstruovány do 3D MPR neboli multiplanárního zobrazení (**Obr. 6**), což znamená, že snímky byly zaznamenány ve všech rovinách na sebe kolmé (a – axiální, b – sagitální, c – koronární).



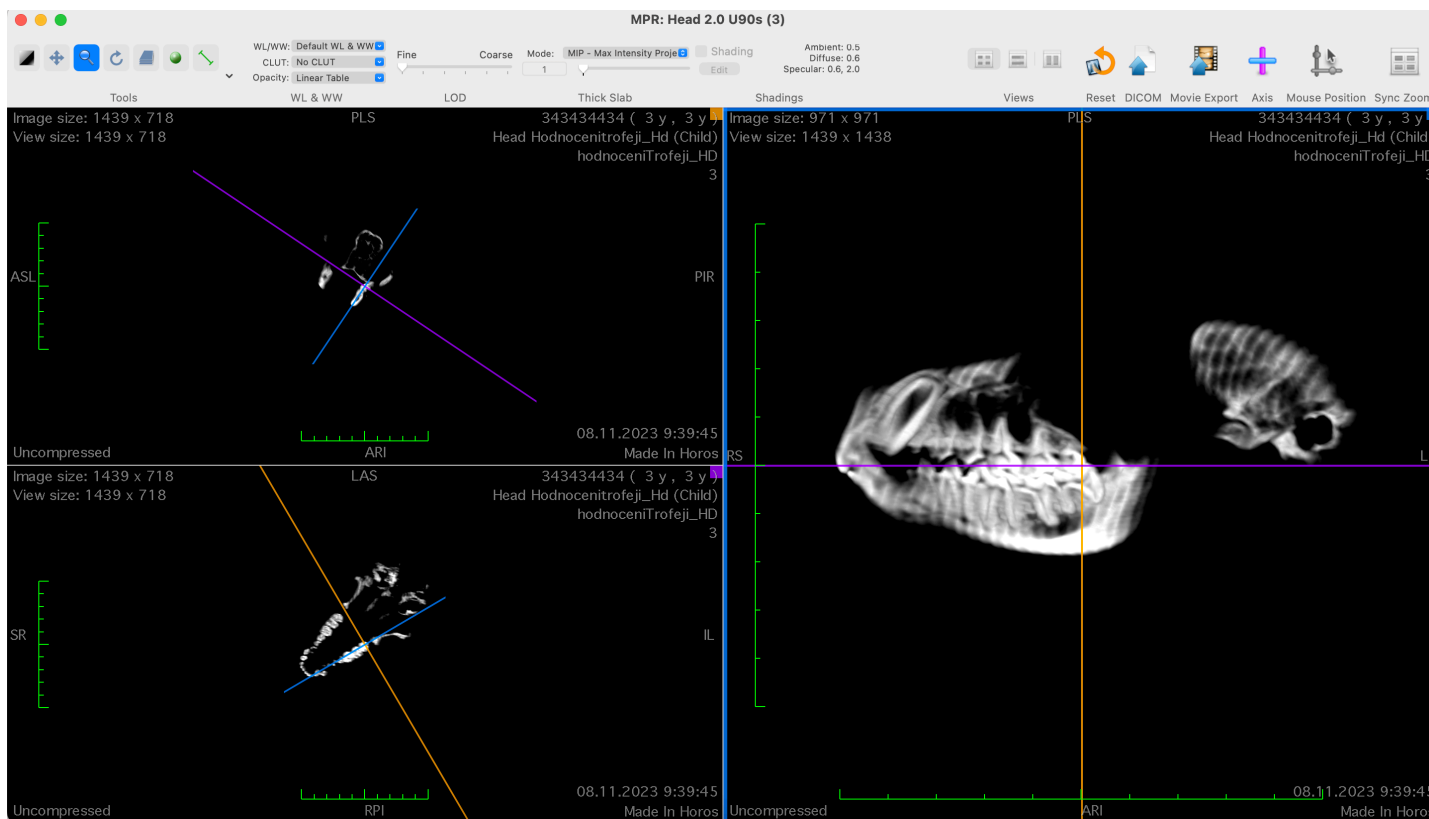
**Obr. 6 - Snímky zaznamenané v multiplanárním zobrazení (vlevo axiální a vpravo koronární)**

Po důkladném naskenování přišlo na řadu naměření lebečních rozměrů. Mezi tyto rozměry patřily LCr – celková délka: akrokranion - prosthion, LaZ – šířka lícní kosti: zygion - zygion, ACr+ - velikost lebky (včetně sagitálního hřebene): základ lebeční kosti – nejvyšší bod crista sagittalis a LaR - šířka čenichu: vzdálenost mezi alveolami špičáků.

V našem případě bylo nutné být velmi precizní, proto jsme se pro tento krok použili program Horos. Důvodem proč jsme se rozhodli tento program použít byl ten, že Horos nám umožnil jednoduchou manipulaci s 3D modelem naskenovaného objektu (**Obr. 7**) a narozdíl od vyhodnocovací pracovní konzole CT okamžitou úpravu sklonu roviny řezu v MRP (**Obr. 8**), což nám velmi usnadnilo a zlepšilo práci nejen tohoto měření, ale také nám program pomohl při získávání informací o vývoji chrupu daného jedince, popřípadě zda neprobíhala výměna jeho chrupu.



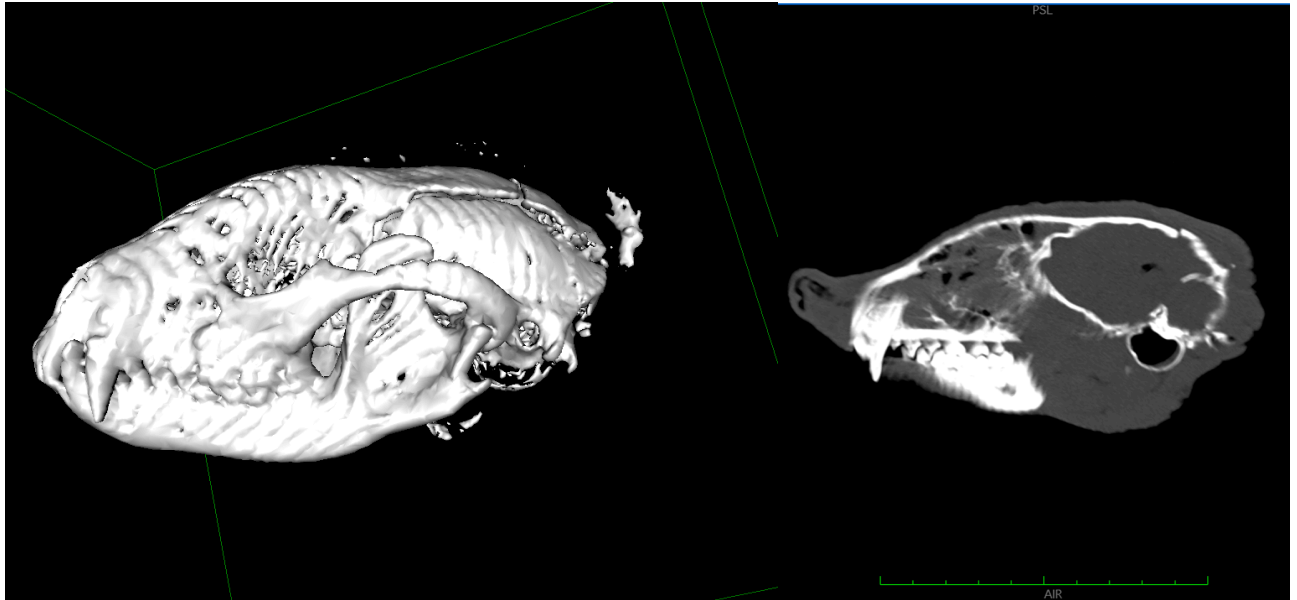
**Obr. 7 - Průběh měření rozměru LCR - největší délky lebky u mývala 23 v 3D rekonstrukci lebky pomocí programu Horos**



**Obr. 8 - Zjišťování informací o vývoji chrupu u mývala 27 v MRP pomocí programu Horos**



Celkové měření lebečních rozměrů bylo v pár případech komplikované, protože pár jedinců mělo poškozenou lebku (**Obr. 9**) takovým způsobem, že bylo velmi obtížné lebeční rozměry změřit. I přes tyto nepříjemnosti bylo, ale měření pomocí CT skeneru dokončeno.



**Obr. 9 - Nalezené poškození kosti temenní (*os parietale*) u mývala 31 v MRP a 3D rekonstrukci lebky pomocí programu Horos**

#### **4.5. Stahování a preparace**

Po snímání pomocí CT skeneru přišlo na řadu stahování a samotná preparace lebek s čelistmi. Proto aby se mohlo v měření pokračovat bylo nutné se zbavit srsti, svaloviny a ostatních organických tkání.

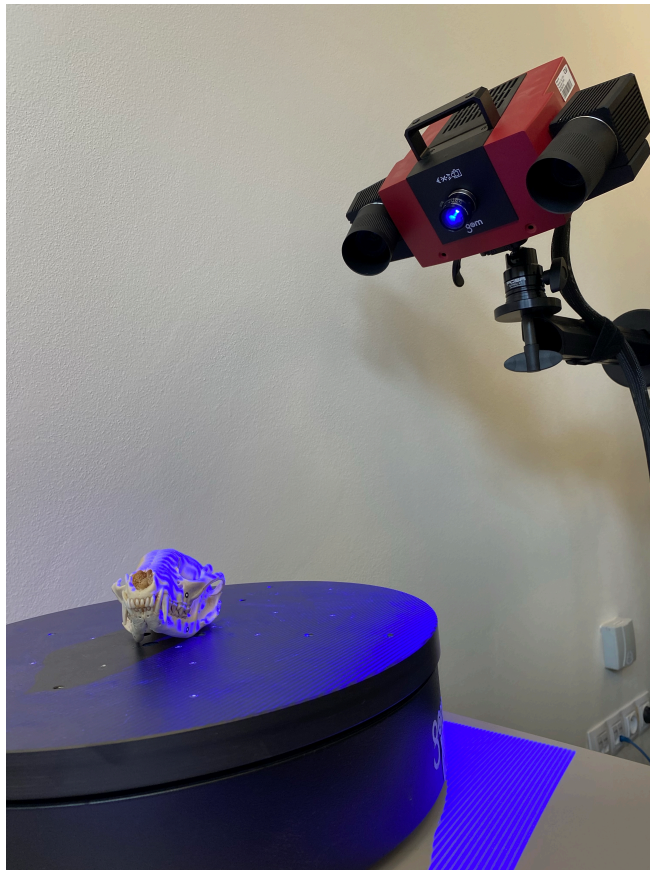
Postup u zbavení se organické tkáně byl u všech hlav stejný. Pomocí stahovacího nože byla veškerá srst a kůže s hlav odstraněna. Nutností bylo, aby co nejvíce svaloviny zůstalo na kůži a ne na lebce.

Dále byl pomocí zahnutého háku z pevného drátu odstraněn mozek. Mozkovna byla důkladně vypláchnuta vodou a byla vyčištěna od zbytkové tkáně. Oči byly vyjmuty pomocí nože, řezem od slzné jamky, po spodním okraji očnice, byl odříznut oční nerv a následně vyjmuta kompletní bulva. Následovalo očištění a opláchnutí lebky pod studenou vodou.

Po odstranění co největšího množství svaloviny a opláchnutí se přešlo k vyvařování. Vyvařování bylo dokončeno až v moment, kdy veškerá svalovina a organická tkáň byla z lebky odstraněna.

#### 4.6. Měření 3D skenerem

Po kompletním stažení a preparaci byly lebky přemístěny znovu do High-tech pavilonu Fakulty lesnické a dřevařské na České zemědělské univerzity v Praze, kde se na ATOS (Advanced Topometric Sensor) Compact Scan 12M Essential Line skeneru (**Obr. 10**) naskenovali a později byly vytvořeny 3D modely.



**Obr. 10 - ATOS (Advanced Topometric Sensor) Compact Scan 12M Essential Line skener**

Celé zařízení bylo pravidelně kalibrováno v závislosti na frekvenci skenování a provozní době. Před zahájením skenování musí dojít k zahřátí přístroje, které se pohybuje v časovém

rozmezí 25 - 35 minut. Optimální teplota pro manipulaci s 3D skenerem v místnosti byla 23.5 °C. Zařízení bylo kalibrováno dvakrát týdně pomocí certifikovaného kalibračního panelu pro objem 300 mm. Optimální vzdálenost skeneru od materiálu byla 60 cm.

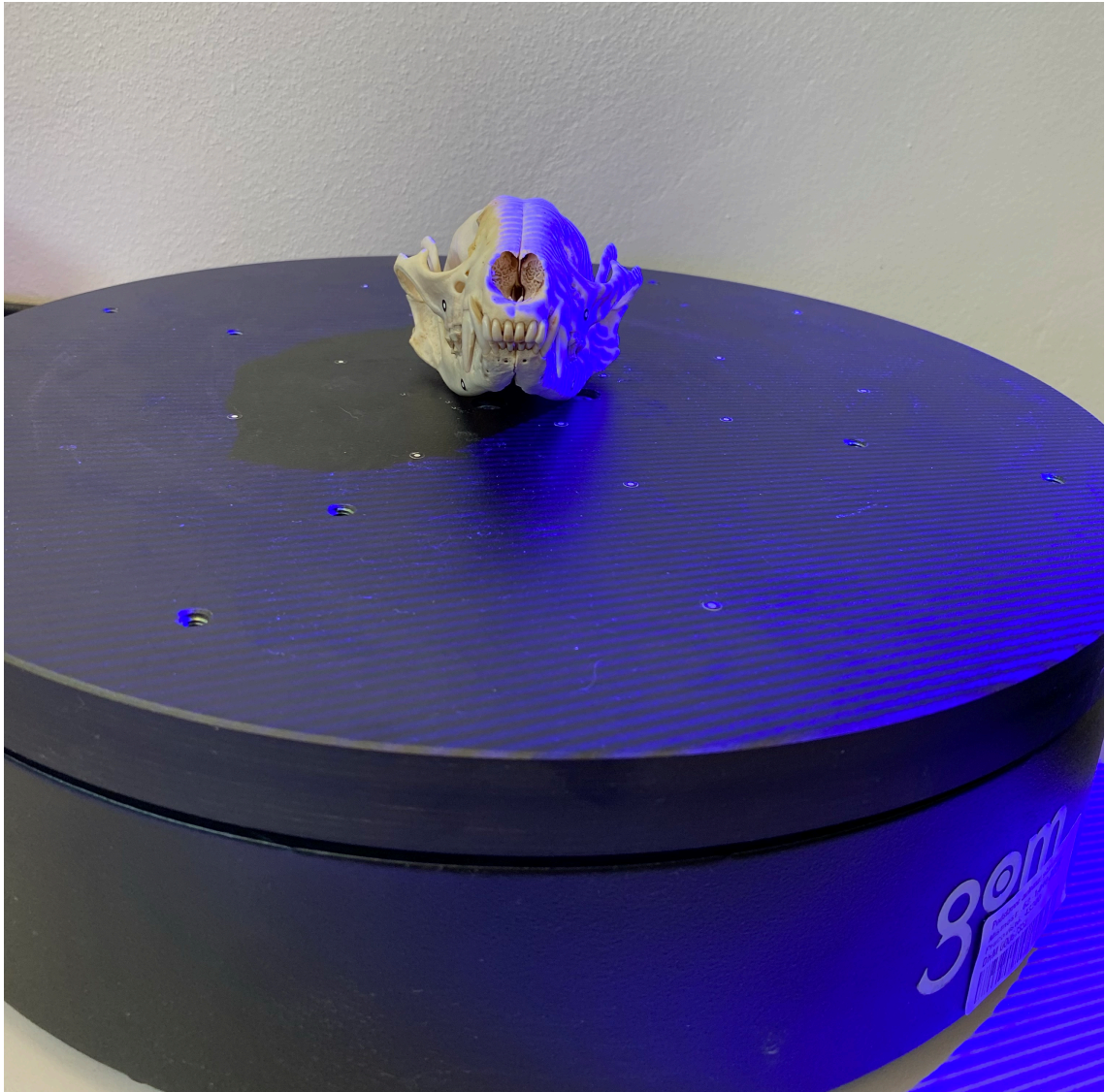
Na každou lebku bylo umístěno 5 referenčních bodů o velikosti 1,5 mm, které sloužili pro zachycení lebky pomocí 3D skeneru a pro spojení celé měřicí série (**Obr. 11**). Referenčních body byly umístěné na konkrétní místa na lebce a to jak na levé tak i pravé části lebky. První byl umístěn na zadní část kosti temenní (*os parietale*), další na dolní čelist (*Mandibula*) a poslední na horní čelist (*Maxilla*). Referenční body byly také umístěny na otočný stůl, na kterém byla položená lebka.



**Obr. 11** - Umístění souřadnicových bodů na zadní část kosti temenní (*os parietale*), spodní čelisti (*Mandibula*) a horní čelisti (*Maxilla*) levé strany lebky

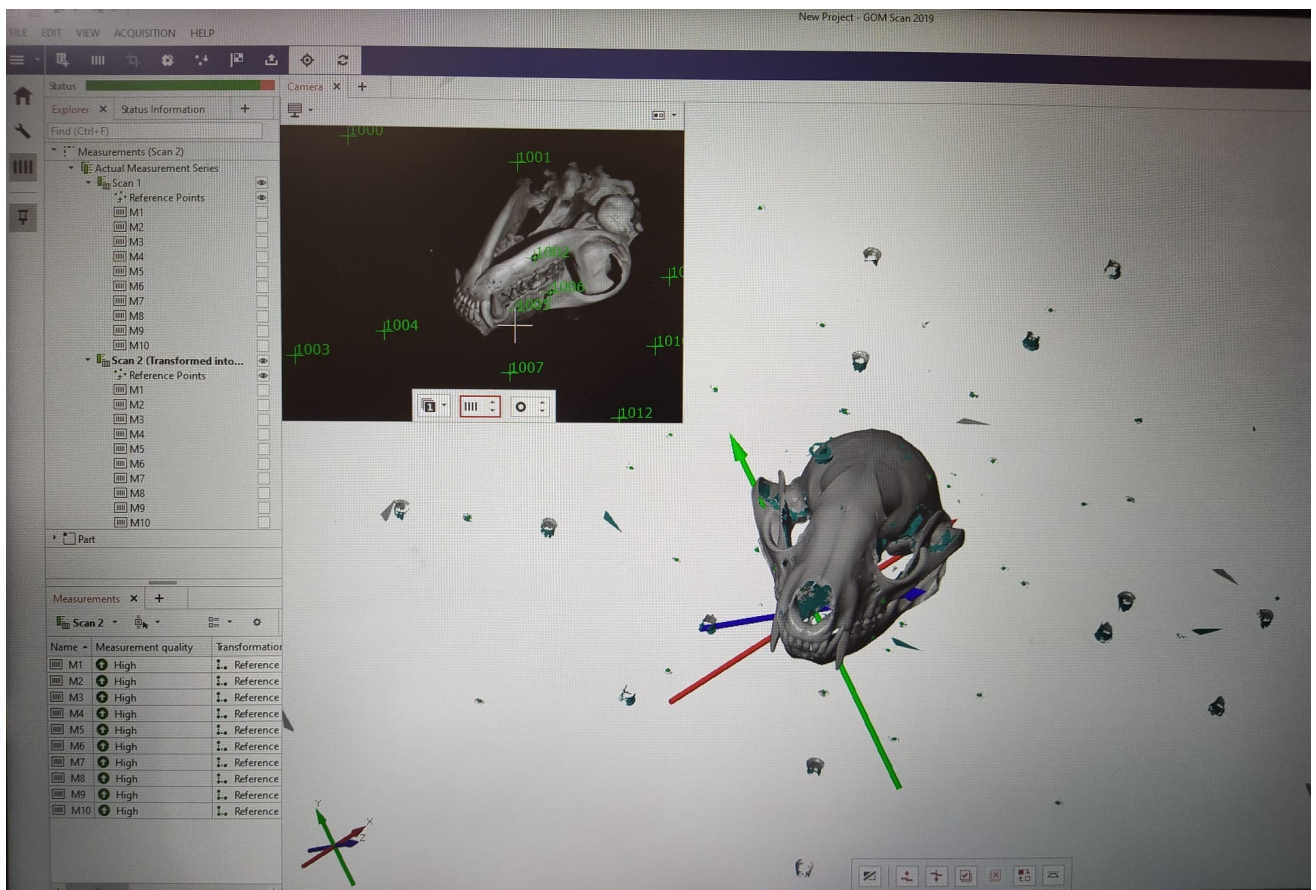


Pro získání kompletního 3D modelu, byly lebky naskenovány ze všech stran. Lebka byla umístěna na automaticky otočný stůl Range Vision TL (**Obr. 12**) o průměru 32 cm. U všech lebek bylo nastaveno snímání na 10 snímků na jedno otočení točny o 360° a počet otáček na jednu celou snímací sérii u jedné lebky byl 10. Celé skenování bylo prováděno díky programu Gom Scan. Každá lebka byla následně otočena vzhůru nohama a naskenovaná ze spodní části.



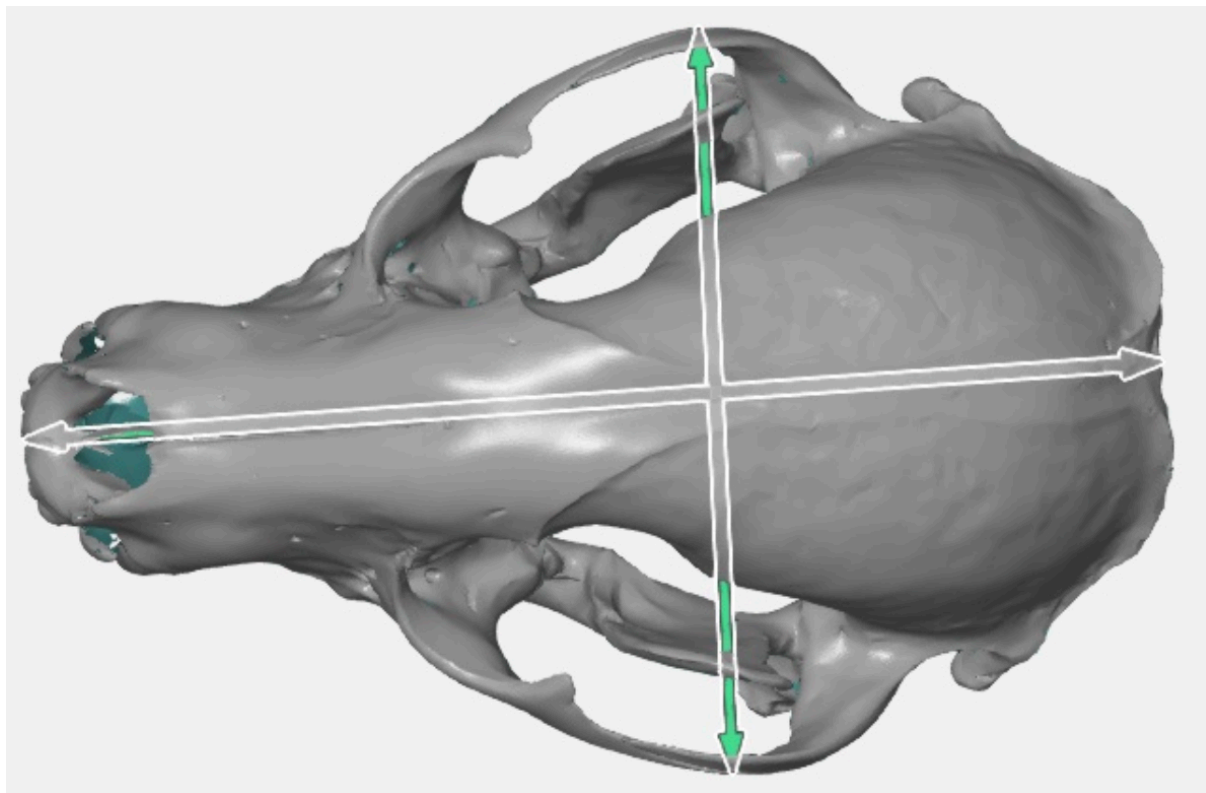
**Obr. 12 - Lebka položená na automaticky otočném stole Range Vision TL**

Po dokončení jedné snímací série bylo zaznamenáno rozlišení snímané lebky, provedla se polygonizace sítě a poté se data exportovala do programu GOM Inspect 2019 (Obr. 13), kde se stejně jako v programu Horos, pracovalo s 3D modelem naskenované lebky. GOM Inspect 2019 nám umožnil jednoduchou manipulaci s 3D modelem naskenované lebky a s naměřením lebečních rozměrů (Obr. 14). Po naměření lebečních rozměrů byl 3D model lebky převeden do 3D formátu STL a pomocí programu GrabCAD připraven pro 3D tisk (Obr. 15). Jako základní byl zvolen materiál ASA, podpora z materiálu QSR. Následně byl model umístěn do pračky SCA3600 ORYX a zbaven podpurného materiálu pomocí chemického roztoku (Waterworks Soluble Concentrate P400SR), kde byl vytvořen hmatatelný model naskenované lebky.

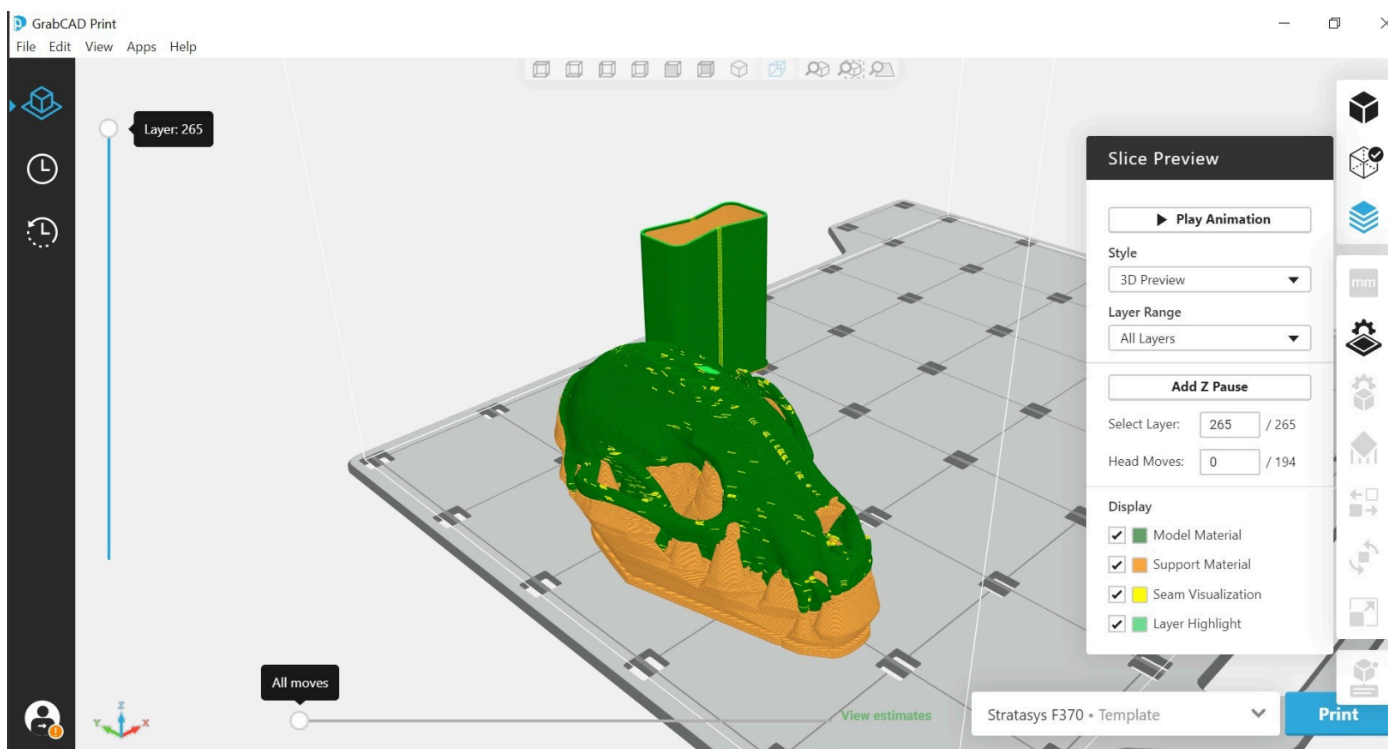


Obr. 13 - Manipulace s 3D modelem lebky v programu GOM Inspect 2019





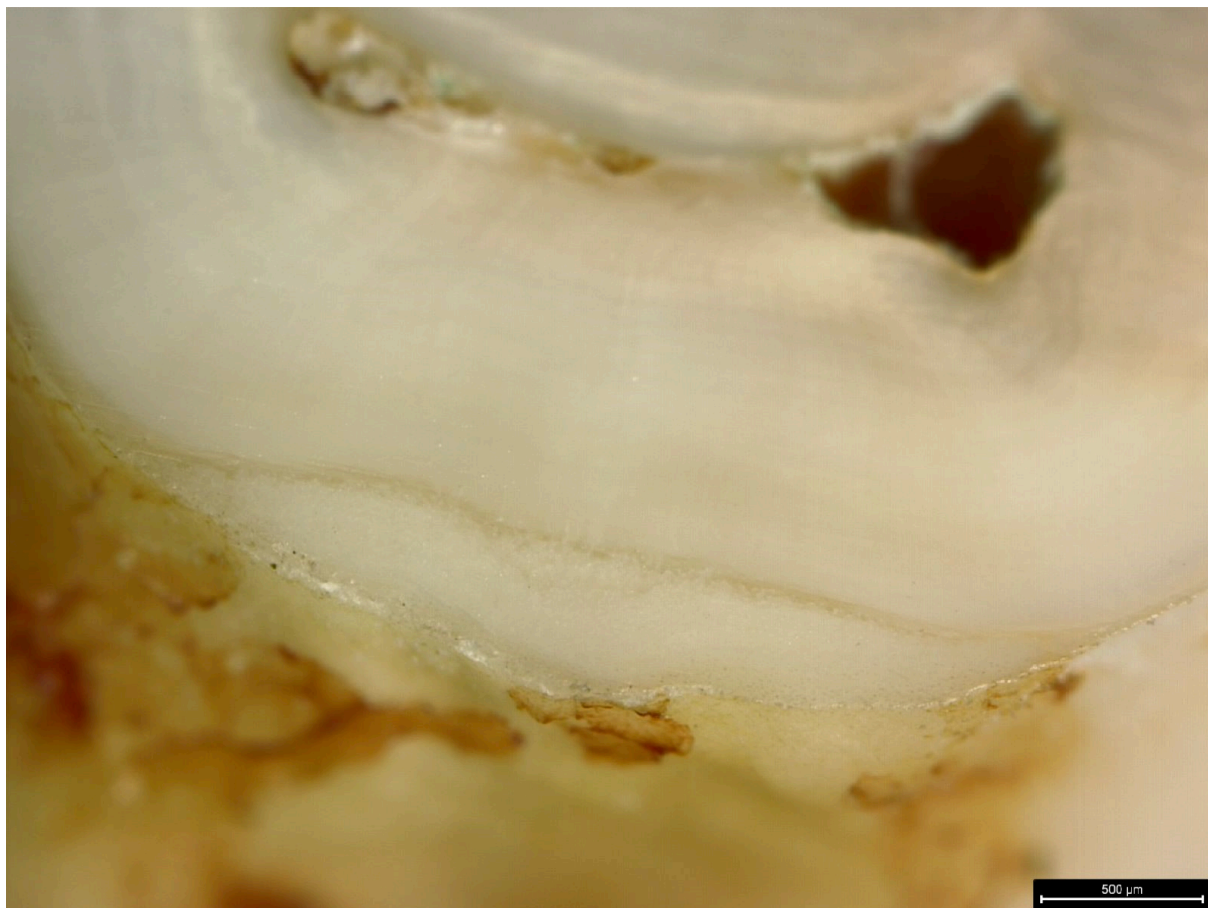
**Obr. 14 - Průběh měření rozměru LCr a LaZ u mývala 23  
v programu GOM Inspect 2019**



**Obr. 15 - Příprava tisku 3D modelu v programu GrabCAD**

#### 4.7. Určování věku

Po základním vyvaření lebky byla oddělena mandibula, označena pořadovým číslem a z každé mandibuly byl pomocí ruky a pomocí mikrobrusky vyňat zub C, P4 a M1 (**Obr. 16**).



**Obr. 16 - Snímek výřezu P4 u mývala 40**

Zuby byly dále pomocí mikrobrusky Dremel 8220 s diamantovým kotoučem o tloušťce 0,6 mm a průměru 22 mm příčně rozpůleny a následně vyleštěny leštícím kotoučem (**Obr. 17**).

Takto upravené zuby byly snímány pomocí mikroskopu Leica DVM6. Výsledné snímky byly pořizovány v programu LAS X a následně upraveny a vyhodnoceny pomocí programu Corel Photo-paint, kde byla provedena korekce histogramu nutná pro lepší zobrazení jednotlivých vrstev náhradního cementu.





**Obr. 17 - Úprava výřezu P4 kvůli viditelnosti náhradního cementu**

#### **4.8. Bodové ohodnocení**

Ze zjištěných kranio-metrických rozměrů (**LCr a LaZ**), byla stanovena bodová hodnota trofeje. Rozměry hodnotitelských znaků se následně sečetly a výsledkem byla bodová hodnota lebky. Pro dosažení bronzové medaile bylo nutné, aby součet hodnotitelských znaků byl roven 20,50 bodů, stříbrné medaile 21,00 bodů a zlaté medaile 21,5 bodů.

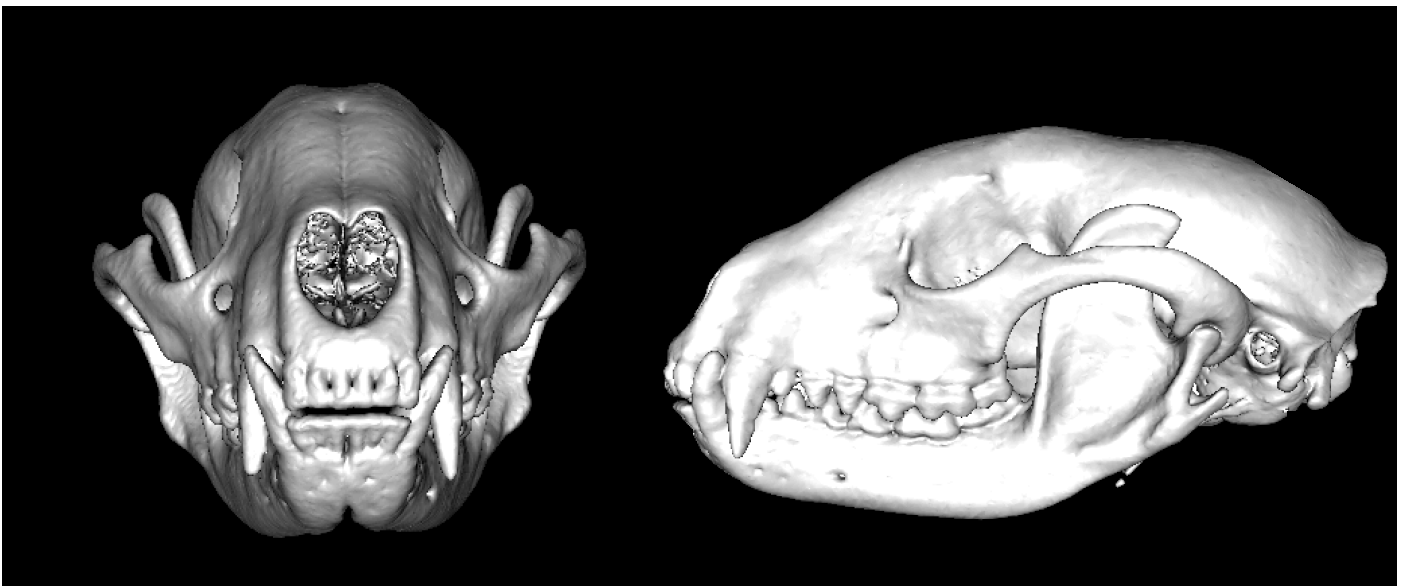
#### **4.9. Statistické vyhodnocení**

Pohlavní dimorfismus mývala byl stanoven pomocí jednorozměrné analýzy rozptylu (ANOVA)  $p < 0,05$  v programu Statistica 14.0.0.15.

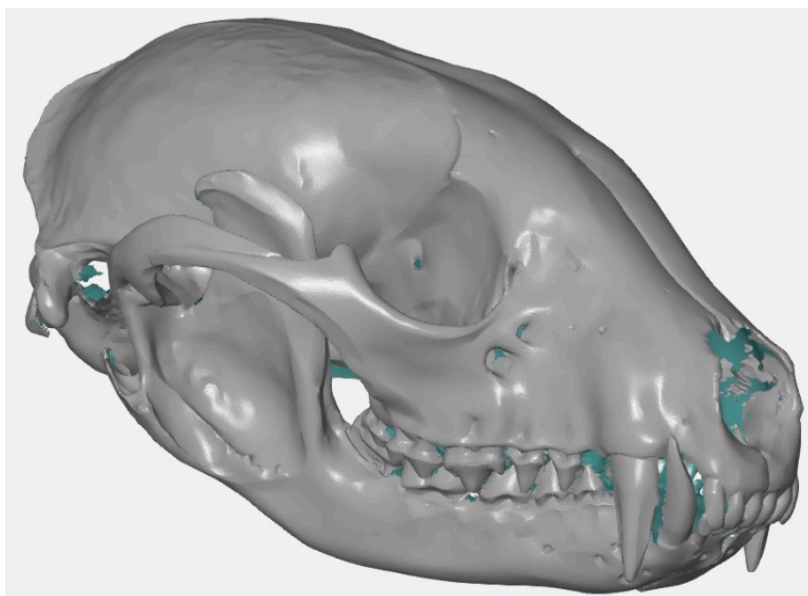
## 5. Výsledky

### 5.1. Digitalizace lebek

Pomocí výpočetního tomografu (CT) Siemens Somatom Scope Power (**Obr. 18**) a ATOS (Advanced Topometric Sensor) Compact Scan 12M Essential Line (**Obr. 19**) skeneru byl vytvořen digitální 3D model lebky mývala severního (*Procyon lotor*). Oba 3D modely představovaly ideální kopii původní lebky. CT skenerem byl schopen vytvořit model lebky bez nutnosti invazivního zásahu do těla jedince, avšak s nižším detailem. V případě 3D skeneru vznikl obdobný model kostry lebky, avšak až po kompletní preparaci. V tomto případě byl povrch lebky nasnímán detailněji, než v případě CT.



Obr. 18 - Vytvořený 3D model mývalí lebky pomocí CT skeneru



**Obr. 19 - Vytvořený 3D model mývalí lebky pomocí 3D skeneru ATOS**

Doba tisku modelu činila 10 hodin a 18 minut. Celkové množství použitého materiálu pro tisk modelu bylo 55,91 cm<sup>3</sup>, zatímco množství podpůrného materiálu dosáhlo 57,23 cm<sup>3</sup>. Následně byl vytvořen hmatatelný model naskakované lebky (**Obr. 20**). Replika lebky byla vytvořena dle 3D modelu z CT skeneru, což je patrné na nedostatku detailu na výtisku.



**Obr. 20 - Hmatatelný model lebky (vlevo neočištěný model a vpravo očištěný model)**



## 5.2. Kranio-metrické rozměry

### 5.2.1. Měření CT skenerem

V rámci CT snímání byly následně změřeny vybrané kranio-metrické rozměry. Nejvyšší dosažené rozměry u délky lebky (LCr) byly naměřeny u mývala 42 (11,67 cm). Zygomatická šířka lebky (LaZ) dosáhla maxima u mývala 31 (8,06 cm). Největší výška lebky (ACr+) byla naměřena u mývala 31 (3,60 cm) a šířka na rostru (LaR) u mývala 43 (2,75 cm).

Nejnižší dosažené rozměry u LCr byly naměřeny u mývala 31 (10,39 cm), LaZ u mývala 24 a 25 (6,58 cm), ACr+ u mývala 44 (2,49 cm) a LaR u mývala 28 (2,25 cm).

Měření CT skenerem proběhlo úspěšně a veškeré lebeční rozměry byly v pořádku naměřeny (Tab.2).

**Měření pomocí CT skeneru**

Jedinec	LCr (cm)	LaZ (cm)	ACr+ (cm)	LaR (cm)
Mýval 23	11,31	7,10	3,05	2,62
Mýval 24	11,33	6,58	3,00	2,32
Mýval 25	11,16	6,58	3,07	2,44
Mýval 26	11,12	7,42	3,07	2,39
Mýval 27	11,04	7,18	3,21	2,55
Mýval 28	10,98	6,76	3,28	2,25
Mýval 29	11,27	7,30	3,08	2,32
Mýval 31	10,40	8,06	3,60	2,65
Mýval 32	11,13	6,85	3,30	2,49
Mýval 33	11,20	6,90	3,31	2,58
Mýval 38	11,36	7,49	3,12	2,72
Mýval 39	10,49	6,97	3,34	2,45
Mýval 42	11,67	7,29	3,34	2,62
Mýval 43	11,44	7,74	3,39	2,75
Mýval 44	11,55	6,89	2,49	2,45
Mýval 40	11,38	7,21	3,56	2,44

**Tab.2**

### 5.2.2. Porovnání CT a 3D skeneru

Po dokončení celkového měření se porovnali data naměřená z obou typů skenerů. Z celého měření je vidět, že 3D skener byl mnohem přesnější, než CT skener (**Tab.3**). Pomocí 3D skeneru byly měřeny pouze kompletní, nerozbité lebky. U narušených lebek by nebylo možné dosáhnout adekvátních výsledků a z toho důvodu byly z měření vyloučeny.

U hodnoty LCr byl nejvyšší rozdíl mezi měřeními CT a 3D skenerem 9 mm (mýval 26), zatímco nejnižší rozdíl byl 1 mm (mýval 39). Pokud jde o hodnotu LaZ, nejvyšší rozdíl byl 6 mm (mývala 32), zatímco nejnižší rozdíl byl u mývala 39, kde byla shoda. U ACr+ byl nejvyšší rozdíl 3 mm (mývala 25 a 32), zatímco nejnižší rozdíl byl 1 mm (mýval 26, 38 a 44). Poslední hodnotou bylo LaR, kde nejvyšší rozdíl v měření byl 5 mm (mýval 32) a nejnižší rozdíl byl u mývala 43, kde byla shoda.

U LCr se CT a 3D lišili průměrně o 5 mm, u LaZ 3 mm, u ACr+ 2 mm a u LaR 2,5 mm.

**Porovnání CT a 3D skeneru**

Jedinec	LCr (3D)	LCr (CT)	LaZ (3D)	LaZ (CT)	ACr+ (3D)	ACr+ (CT)	LaR (3D)	LaR (CT)
Mýval 23	11,28 cm	11,31 cm	7,09 cm	7,10 cm	3,03 cm	3,05 cm	2,60 cm	2,62 cm
Mýval 25	11,12 cm	11,16 cm	6,53 cm	6,58 cm	3,02 cm	3,07 cm	2,41 cm	2,44 cm
Mýval 26	11,03 cm	11,12 cm	7,40 cm	7,42 cm	3,04 cm	3,07 cm	2,37 cm	2,39 cm
Mýval 32	11,08 cm	11,13 cm	6,79 cm	6,85 cm	3,27 cm	3,30 cm	2,44 cm	2,49 cm
Mýval 38	11,33 cm	11,36 cm	7,46 cm	7,49 cm	3,11 cm	3,12 cm	2,70 cm	2,72 cm
Mýval 39	10,48 cm	10,49 cm	6,97 cm	6,97 cm	3,32 cm	3,34 cm	2,43 cm	2,45 cm
Mýval 43	11,42 cm	11,44 cm	7,73 cm	7,74 cm	3,37 cm	3,39 cm	2,75 cm	2,75 cm
Mýval 44	11,49 cm	11,55 cm	6,86 cm	6,89 cm	2,48 cm	2,49 cm	2,44 cm	2,45 cm

**Tab.3**

### 5.3. Odhad a určení věku

Pro odhad a určení věku byla použita Mitchellova metoda a metoda sledování osifikace lebečních švů (Tab.4). Podle Mitchellovi metody dosáhl průměrného 1 roku života 1 jedinec (mýval 44), 2 let 3 jedinci (mýval 33, 25 a 26), 3 let 4 jedinci (mýval 23, 24, 27 a 40), 4 letý byl pouze 1 jedinec (mýval 24), 5 let dosáhli 2 jedinci (mýval 32 a 43), 6 let dosáhl pouze 1 jedinec (mýval 39), 8 let také 1 jedinec (mýval 29) a pouze 2 jedinci (mýval 42 a 31) dosáhli věku nad 10 let. Ve věku 120+ měsíců veškeré lebeční švy vymizeli. Kompletní srůst těchto švů ukazuje na to, že jedinec je starší více jak 10 let, kdežto naopak ve věku 22 měsíců vymizela přibližně polovina lebečních švů, což naznačuje, že jedinec je starší dvou let. Největší rozdíl v obou těchto metodách byl u mývala 44, kde podle osifikace je tento jedinec starý 22 měsíců, kdežto podle Mitchellovi metody je starý 1 rok, což je velký rozdíl.

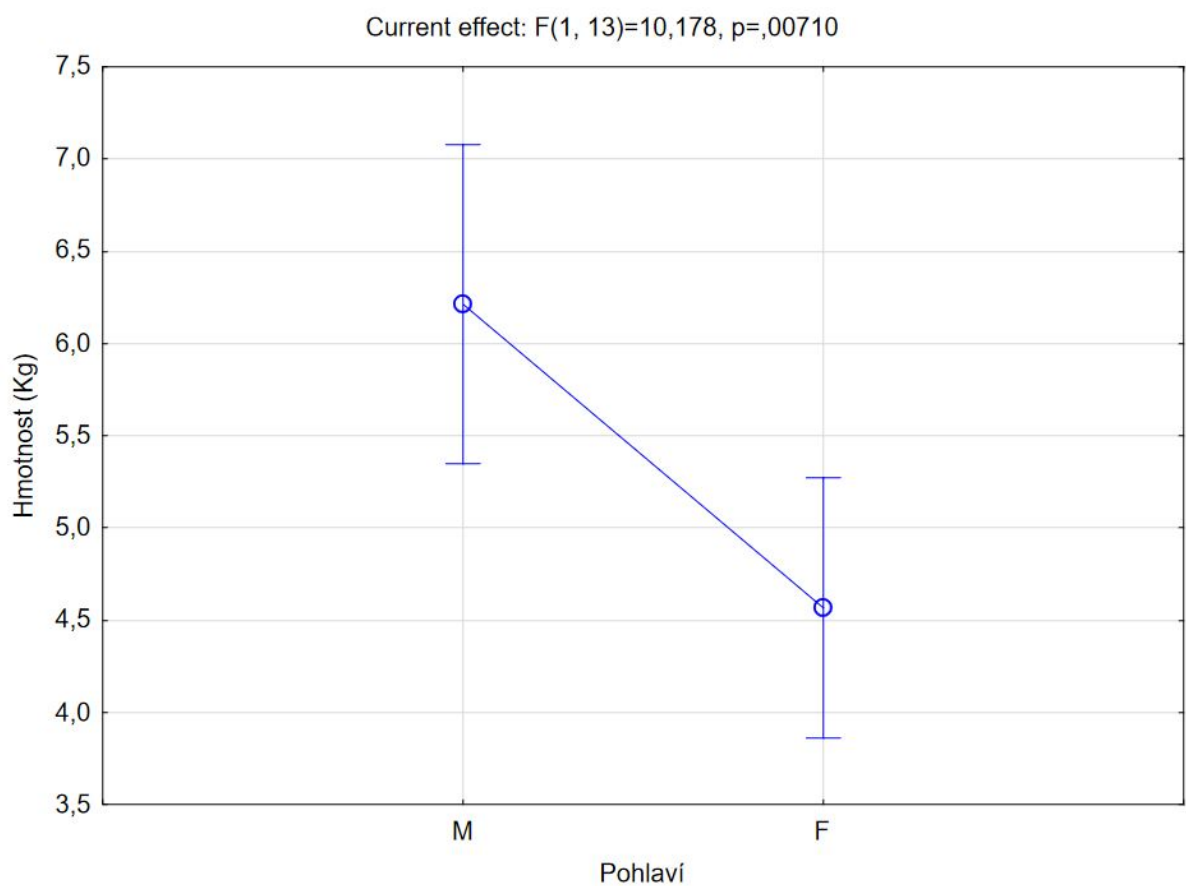
Určování věku

Šev	42	33	32	44	23	25	24	27	28	43	29	39	26	40	31
Exokcipitální - supraokcipitální	+	+	+	+	+	+	+	X	+	+	+	+	+	X	+
Exokcipitální - basiokcipitální	+	+	+	+	+	+	+	X	+	+	+	+	+	X	+
Maxilární - předmaxilární	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Interparietální	+	+	+	+	+	+	+	X	+	+	+	+	+	X	+
Frontální - parietální	+	+	+	+	+	+	+	=	+	+	+	+	+	X	+
Interfrontální	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	=	+	+
Maxilární - jugální	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+
Basiokcipitální - basiferygální	+	-	+	X	-	+	+	=	-	+	+	+	+	X	+
Maxilární - patrový	+	+	+	+	+	+	+	=	+	+	+	+	+	+	+
Squamosální - parietální	+	+	+	-	+	+	+	=	+	+	+	+	+	X	+
Interpalatinální	=	=	=	-	=	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Squamosální - mastoidní	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	X	+
Squamosální - jugální	+	-	-	-	-	-	-	-	-	=	+	-	-	X	+
Nasofrontální	+	-	+	-	-	-	=	-	-	+	+	+	-	+	+
Nasopředmaxilární	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	=	+
Pterygoidní - patrový	+	-	+	-	+	-	X	-	-	+	+	+	-	X	+
Okcipitální - parietální	+	-	-	-	+	-	X	X	+	+	+	+	-	X	+
Internazální	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	=	=	-	=	+
Výsledný věk dle osifikace (měsíce)	120 (+)	22	44	22	28-46	22	26-38	16	24-44	46	46 (+)	46 (+)	24	38	120 (+)
Věk dle Mitchellovi metody (roky)	10	2	5	1	3	2	4	3	3	5	8	6	2	3	11

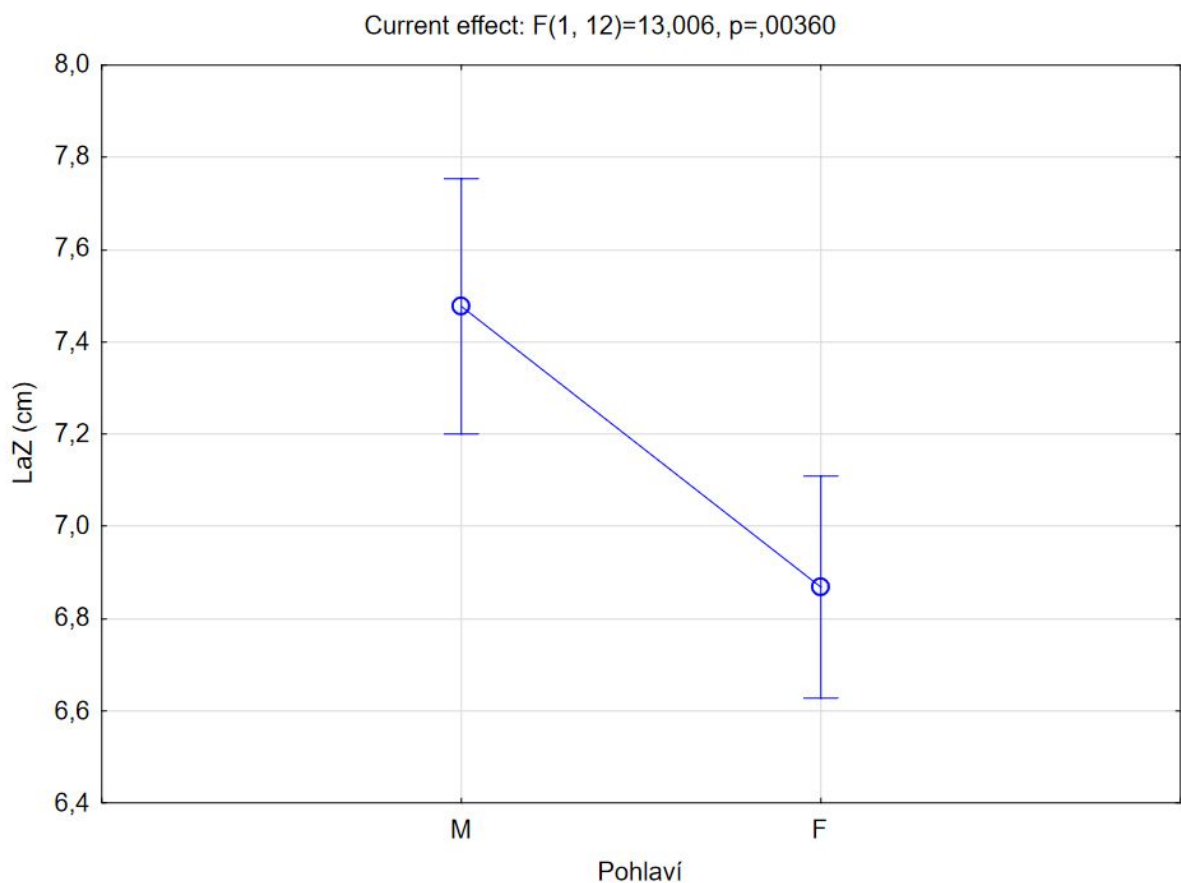
Tab.4 - Šev je otevřený více než 95 % (-); šev je uzavřený více než 95 %, (+); šev je částečně uzavřený nebo přechodný (=); šev je nerozpoznatelný vzhledem k poškození lebky (X)

## 5.4. Pohlavní dimorfismus

Pro zjištění pohlavního dimorfismu byly porovnány kranio-metrické rozměry a hmotnost u samců a u samic (**Tab.5**). Největší rozdíl v pohlavním dimorfismu vykazovala hmotnost (**Graf.2**), kde u samců byla zaznamenána průměrná hmotnost 6,22 kg, u samic 4,56 kg a LaZ - šířka lícní kosti: zygion - zygion (**Graf.3**), kdy u samců byla průměrná hodnota 7,48 cm a u samic 6,87 cm.. U ostatních kranio-metrických rozměrů nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl ( $p > 0,05$ ) mezi samcem a samicí.



**Graf.2 - Byl zaznamenán statisticky významný rozdíl ( $p < 0,05$ ) mezi hmotností samce a samice. U samců byla zaznamenána průměrná hmotnost 6,22 kg, u samic 4,56 kg.**



**Graf.3 - Rozměr LaZ rovněž vykazoval statisticky významný rozdíl mezi zygomatickou šířkou LaZ, kdy u samců byla průměrná hodnota 7,48 cm a u samic 6,87 cm.**

#### Rozdíl v pohlavním dimorfismu

Pohlaví	Hmotnost (Kg)	LCr (cm)	LaZ (cm)	ACr+ (cm)	LaR (cm)
	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean
<b>M</b>	<b>6,23</b>	<b>11,20</b>	<b>7,48</b>	<b>3,29</b>	<b>2,65</b>
<b>F</b>	<b>4,53</b>	<b>11,12</b>	<b>6,87</b>	<b>3,11</b>	<b>2,37</b>

**Tab.5 - Průměrná hodnota LCr samců byla 11,20 cm a u samic 11,12 cm. Dále u ACr+ byla průměrná hodnota u samců 3,29 cm a u samic 3,11 cm. Posledním rozměrem byl LaR, kde průměrná hodnota u samců byla 2,65 cm a u samic 2,37 cm.**

## 5.5. Bodování lebek dle CIC

Dalším z výsledků bylo bodové ohodnocení lebek, jako trofejí podle hladiny počtu bodů CIC. U všech lebek byla využita standardní metoda hodnocení CIC, která se používá u všech druhů šelem. Bohužel ani jeden z našich jedinců nedosahoval vysoké hladiny počtu bodů proto, aby mu mohla být udělena medaile (**Tab.6**).

Pro dosažení bronzové medaile bylo nutné aby součet hodnocených znaků byl 20,50 bodů. Nejvyšší sečtená bodová hodnota zde byla 19,18 bodů (Mýval 43), což neodpovídalo ani bronzovému hodnocení. Nejnižší bodová hodnota byla naměřena u mývala 39, který měl celkově 17,46 bodů.

**Tabulka pro udělení medailí podle počtu bodů CIC**

Jedinec	LCr (Největší délka) cm	LaZ (Největší šířka) cm	Rozměry celkem (body)	Medaile
Mýval 23	11,31	7,10	18,41	Bez medaile
Mýval 24	11,33	6,58	17,91	Bez medaile
Mýval 25	11,16	6,58	17,74	Bez medaile
Mýval 26	11,12	7,42	18,54	Bez medaile
Mýval 27	11,04	7,18	18,22	Bez medaile
Mýval 28	10,98	6,76	17,74	Bez medaile
Mýval 29	11,27	7,30	18,57	Bez medaile
Mýval 31	10,40	8,06	18,46	Bez medaile
Mýval 32	11,13	6,85	17,98	Bez medaile
Mýval 33	11,20	6,90	18,1	Bez medaile
Mýval 38	11,36	7,49	18,85	Bez medaile
Mýval 39	10,49	6,97	17,46	Bez medaile
Mýval 40	11,38	7,21	18,59	Bez medaile
Mýval 42	11,67	7,29	18,96	Bez medaile
Mýval 43	11,44	7,74	19,18	Bez medaile
Mýval 44	11,55	6,89	18,44	Bez medaile

**Tab.6 - Nejvyšší bodová hodnota byla naměřena u mývala 43, který měl 19,18 bodů (bez medaile), a nejnižší bodová hodnota byla naměřena u mývala 39, který měl 17,46 bodů (bez medaile)**

## 6. Diskuze

### 6.1. Digitalizace lebek pomocí 3D zobrazovacích metod

U studie lidských lebek, kdy lebky byly snímány pomocí CT skeneru, byla tloušťka řezu 0,625 mm (Lillie et al. 2014). Šířka řezu odpovídá naší studii, kdy v případě hlav mývalů byly zrekonstruovány řezy o tloušťce 0,6 mm - 0,75 mm (protokolem High Resolution).

Kalibrace zařízení může být ovlivněna rozlišením, ale získané údaje odpovídají technickým specifikacím uvedeným výrobcem skenerů (Cherdo et al. 2022).

Díky přesné kalibraci CT skeneru se u mývalů prokázalo, že v průměru kranioметриckých rozměrů mývalích lebek mají samci vyšší průměrné hodnoty než samice. Vyšší průměrné kranioметриcké hodnoty u mývalích samců zmiňuje také (Kato et al. 2022), kde studie provedená ve střední části Japonska zkoumala průměrné kranioметриcké hodnoty u mývalů. Závěr této studie ukázal, že samci mývalů mají vyšší kranioметриcké hodnoty než samice, a to bez ohledu na prostředí, ve kterém žijí.

Náš 3D model z ATOS skeneru byl porovnán s 3D modelem z jiné studie (Rozen-rechels et al. 2016), kde byl pro vytvoření 3D modelu jezevčí hlavy použit General Electric Phoenix VTOMEX L240 CT skener. Náš 3D model z ATOS skeneru byl v více detailnější než model VTOMEX L240 CT skeneru.

### 6.2. Porovnání 3D zobrazovacích technologií.

V případě měření lebek mývalů bylo zjištěno, že jak CT skenery, tak 3D skenery poskytovaly velmi podobné výsledky v kranioметриckých hodnotách. Podobné naměřené hodnoty prezentuje také (Košinová et al. 2022), kde se pro digitalizaci čelistí prasete divokého (*Sus scrofa*) a parožní srnce obecného (*Capreolus capreolus*) použili stejné 3D zobrazovací metody a došlo se k téměř identickému závěru. Důvodem menší změny v měřeném rozmezím, převážně v CT měření, z této studie mohla být horší kvalita snímaných objektů (poškozené mývalí lebky). Proto mohlo dojít k této menší odchylce.

Celkově bylo vidět, že 3D skener ATOS (Advanced Topometric Sensor) Compact Scan 12M Essential Line skener exceloval v přesnosti a byl vhodnější pro měření menších objektů



(Košinová et al. 2022), kdežto Multidetektorový výpočetní tomograf Siemens Somatom Scope Power vynikal při měření větších objektů (Ferda et al. 2002). To bylo především způsobeno jeho nižším výstupním rozlišením ve srovnání s ATOS skenerem a výsledný model byl u CT skeneru větší.

### 6.3. Odhad a určení věku

Věk hrál jednu z nejdůležitějších rolí při získávání informací o celkovém stavu populace. V mnoha případech je rozpoznání pohlaví a věku zvířete poměrně snadné, zejména u druhů s výrazným pohlavním dimorfismem (Kauhala et Helle 1990). Pohlaví jedince bylo v případě naší studie známé, avšak determinace věku nebyla provedena, bylo ji proto nutné doplnit.

Studium zubů nám může přinést rozsáhlé množství informací, avšak analýza samotného řezu těchto zubů, známého jako "*Cementum-annuli*", nám může poskytnout ještě podrobnější údaje o věku daného živočicha (Schroeder et al. 2005). U mývalů bylo prokázáno, že určení věku pomocí počítání vrstev náhradního cementu je u takto malého druhu přesné, ale také náročné. Přesnost určování věku u malých živočichů uvádí také (Nakanishi et al. 2009), kde byl určován věk pomocí "*Cementum-annuli*" u koček iriomotských (*Prionailurus bengalensis iriomotensis*) a bylo zjištěno, že u drobného chrupu je určení věku přesné a to hlavně při použití dobré techniky. V našem případě bylo technické zázemí pro určení věku zajištěno vysoce výkonným mikroskopem LEICA DVM6, který umožňuje zvětšení od 1x do 2,350x.

### 6.4. Bodové ohodnocení lebek

Trofeje v myslivosti či lovu, jsou výsledkem řádného a udržitelného hospodaření s volně žijící zvěří a jejich genetickým potenciálem (PENZUM 2023).

V našem případě se jednalo o měření lebek mývalů, které spadají podle metod CIC do kategorie šelem. Trofeje u mývalů jsou samotné lebky a kritériem pro jejich hodnocení jsou lebeční rozměry (Kujawski et Lovecké trofeje 2006), konkrétně největší délka lebky (**LCr**) a největší šířka lebky (**LaZ**).



Díky preciznímu snímání pomocí CT a 3D skenerů a následnému měření pomocí programu Horos a GOM Inspect 2019 bylo snadné získat tyto údaje. Přestože žádný z 16 mývalů nedosáhl medailového hodnocení (**Tab.6**), může to naznačovat, že populace mývalů, ať už v relativně příznivém životním prostředí v České republice, nemusí reagovat dobře (Troyer EM. et al. 2014) na vývoj jednotlivců nebo na genetickou strukturu populace. Kvalita prostředí a dostatečná výživa hrají klíčovou roli v rozvoji trofeje a to nejen u mývalů.

## 7. Závěr

Tato práce obsahuje důkladná data o použití 3D zobrazovacích technologií pro kranio-metrické účely u mývalích lebek. Metodika zvolená pro tuto práci je efektivní a demonstruje vhodné využití těchto technologií pro měření kranio-metrické rozměrů a vytváření 3D modelů.

3D zobrazovací technologie jsou obecně považovány za vhodnější a přesnější pro měření menších objektů, jejichž velikost není v žádném směru příliš daleko od středu. Jako problematické mohou být vysoce kontrastní předměty s lesklým povrchem, což naštěstí nebyl náš případ. Pravdou je, že obě metody byly časově nenáročné a podobné ve způsobu aplikace.

U měření pomocí CT skeneru byla výhoda, že hlava mohla zůstat ve svém původním stavu, takzvaně nemusela se preparovat a stahovat, kdežto k dokončení měření pomocí 3D skeneru, musela být lebka kompletně zbavena tkáně a ostatních nečistot proto, aby bylo možné lebku digitalizovat.

Jak 3D skener, tak i CT skener disponují vynikající přesností měření, což umožňuje získat kvalitní výsledky v krátkém časovém intervalu. I přestože se zdají rozdíly v kranio-metrických měřeních nepatrné, jsou tyto naměřené hodnoty pro mnohé studie zásadní k dovršených výsledků a kvalitního finálního produktu.

Důvodem horší kvality 3D modelu z CT skeneru oproti 3D skeneru mohlo být použití špatného protokolu, šíře řezu nebo nevhodné rekonstrukce při snímání. Všechny tyto parametry mohou výrazně ovlivnit výstupní data z CT snímání a vytvořit málo kvalitní 3D model.

Meřené lebeční rozměry, které byly použity také k bodovému ohodnocení trofeje ukázaly, že jedinci z oblasti Sadov disponují spíše průměrnými lebečními rozměry. Ty často korelují s hmotnostními parametry a tedy poukazují i na vitalitu jedince. Zdá se tedy, že místní populace neprosperuje natolik, aby jedinci dosahovali medailových hodnot a celkově fyzicky byly nadprůměrní. Tento jev může být způsoben nedostatečně příznivým prostředím, ačkoliv to se z hlediska podmínek, které jsou pro tento druh vhodné zdá být dostačující. Dalším problémem může být přehoustlá populace bez dostatečné regulace. Vysoká hustota populace, zvláště pak u teritoriálních druhů, často způsobuje vnitrodruhový stres vedoucí k horší vitalitě jedinců. To, že je populace nedostatečně regulována naznačuje také fakt, že námi studovaní jedinci byli často více než 5 let staří, v některých případech se jednalo o jedince přestárlé. Naopak mladí jedinci byli zastoupeni jen velmi málo.

Regulace tohoto druhu je více než žádoucí a to nikoliv z důvodů zkvalitnění populace, ale s cílem ji co nejvíce regulovat neboť se jedná o invazní druh.

Digitalizace lebek je možným nástrojem pro sledování vývoje populace, navíc CT skenování přináší často pohled do nitra, který nám jinak zůstává skrytý a může přinést zajímavé poznatky i u velmi podrobně popsaných druhů, jako je právě mýval severní.

Tato práce by se mohla použít k dalším výzkumům, ve kterých kranioetrie hraje hlavní roli při získávání důležitých dat.

## 8. Literatura

- 1. A HISTORY OF CRANIOLOGY IN RACE SCIENCE AND PHYSICAL ANTHROPOLOGY. PENNMUSEUM [online]. 2023 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: <https://www-penn.museum/sites/morton/craniology.php>
- 2. ALKA WILDLIFE. WILDLIFE RESEARCH AND CONSERVATION - NORTHERN RACCOON [online]. 2018, Dostupné z: <https://en.alkawildlife.eu/species-of-interest/northern-raccoon>
- 3. Anděra M, Roulichová J. Age determination in the Red Fox (*Vulpes vulpes*): a comparative study [Určování věku u lišky obecné (*Vulpes vulpes*): srovnávací studie]. *Lynx, nová série*. Praha: Národní muzeum, 2007, 38(1), 55–72. ISSN 0024-7774 (print), 1804-6460 (online).
- 4. B. Dudzik a , A. Kolatorowicz. Biological Distance Analysis: Forensic and Bioarchaeological Perspectives. I. Academic Press, 2016. ISBN 97-801-280-1966-5
- 5. Beltrán-Beck, Beatriz & García, F. & Gortázar, Christian. (2011). Raccoons in Europe: Disease hazards due to the establishment of an invasive species. *European Journal of Wildlife Research*. 58. 10.1007/s10344-011-0600-4.
- 6. Rozen-Rechels D, Peigné S, Germain D, Ladevèze S. Intraspecific morphological variation of the middle ear in the European badger, *Meles meles* (Carnivora: Mustelidae), *Biological Journal of the Linnean Society*, Volume 119, Issue 1, 1 September 2016, Pages 106–116,
- 7. Ferda, J.; Novák, M.; Kreuzberg, B. *Výpočetní Tomografie*; Galén: Prague, Czech Republic, 2002. [Google Scholar]

- 8. FOLEY, Robert. CRANIOMETRY: Oxford University Press. Encyclopedia.com [online]. 2018 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: <https://www.encyclopedia.com/medicine/divisions-diagnostics-and-procedures/medicine/craniometry>
  
- 9. Formlabs.; IGESTEK. Road to the 3D Printed Car: 9 Ways 3D Printing is Changing the Automotive Industry 2022 Road to the 3D Printed Car: 9 Ways 3D Printing is Changing the Automotive Industry | Formlabs. High Resolution SLA and SLS 3D Printers for Professionals | Formlabs [online]. Copyright © Formlabs [cit. 16.04.2023]. Dostupné z: <https://formlabs.com/blog/3d-printed-car-how-3d-printing-is-changing-the-automotive-industry/>
  
- 10. Fred HL. Drawbacks and limitations of computed tomography: views from a medical educator. *Tex Heart Inst J*. 2004;31(4):345-348.
  
- 11. GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. Raccoon rabies surveillance and control operations [online]. 2013, Dostupné z: <https://www.quebec.ca/en/agriculture-environment-and-natural-resources/animal-health/animal-diseases/list-animal-diseases/rabies-in-animals/rabies-surveillance-operation>
  
- 12. Hartová-Nentvichová, Martina, Anděra, Miloš and Hart, Vlastimil. "Cranial ontogenetic variability, sex ratio and age structure of the Red fox" *Open Life Sciences*, vol. 5, no. 6, 2010, pp. 894-907. Dostupné z: <https://doi.org/10.2478/s11535-010-0093-2>
  
- 13. Hgregory, Field guides: Raccoon. Washington University in St. Louis: Arts & Sciences [online]. Missouri's natural heritage, 2020 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: <https://sites.wustl.edu/monh/raccoon/>
  
- 14. HODNOCENÍ TROFEJÍ: Hodnocení loveckých trofejí. 100 Českomoravská Myslivecká Jednota [online]. Časopis Myslivost, 2019 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: <https://www.cmmj.cz/hodnoceni-trofeji/>

- 15. Horák, Ondřej *Anatomický atlas veterinární odontologie* / Ondřej Horák, Martin Pys-zko. Brno : Veterinární univerzita Brno, 2021. 1 online zdroj (94 stran) : ilustrace [Nad názvem: Veterinární univerzita Brno, Fakulta veterinárního lékařství, Ústav anatomie, his-tologie a embryologie; V rámci projektu IVA 2021FVL/1110/01 Anatomický atlas veteri-nární odontologie] ISBN:978-80-7305-900-2 Dostupné z: [https://www.vfu.cz/files/upload/904/1110\\_01\\_vystup\\_Anatomicky%20atlas%20veterinari%20odontologie.pdf](https://www.vfu.cz/files/upload/904/1110_01_vystup_Anatomicky%20atlas%20veterinari%20odontologie.pdf)
- 16. HORKÝ, Karel. Zásady preparace srnčí trofeje. Myslivost: Stráž Myslivosti [online]. Časopis Myslivost, 2020 Copyright © 2023 Myslivost Ltd. All rights reserved. [cit. 25.06.2023]. Dostupné z: <https://www.myslivost.cz/Casopis-Myslivost/MYSLIVOST-St-raz-myslivosti/2020/Cerven-2020/Zasady-preparace-srn-ci-trofeje>
- 17. HOW ACCURATE ARE 3D SCANNERS AND ARE THEY WORTH BUYING?. Cd-soft: educational resources [online]. 2023 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: <https://cd-soft.com.au/blogs/news/how-accurate-are-3d-scanners>
- 18. Hungerford, L. L., Mitchell, M. A., Nixon, C. M., Esker, T. E., Sullivan, J. B., Koer-kenmeier, R., & Marretta, S. M. (1999). Periodontal and dental lesions in raccoons from a farming and a recreational area in Illinois. *Journal of wildlife diseases*, 35(4), 728–734. Dostupné z: <https://doi.org/10.7589/0090-3558-35.4.728>
- 19. HRUBAN, Robert. MORAVSKÉ-KARPATY.CZ. Lesní vegetační stupně (LVS) [on-line]. 2022 [cit. 2024-03-14]. Dostupné z: [http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/vegetace/ekologie/lesni-vegetacni-stupne/#4\\_bukovy\\_vegetacni\\_stupen](http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/vegetace/ekologie/lesni-vegetacni-stupne/#4_bukovy_vegetacni_stupen)
- 20. CHERDO, Ludivine. 3D scanner accuracy and resolution: The basics. Aniwaa.com [online]. 2022 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: <https://www.aniwaa.com/insight/3d-scanners/3d-scanner-accuracy-resolution-basics/>

- 21. CHRISTENSEN, Angi M.; PASSALACQUA, Nicholas V. a BARTELINK, Eric J. Forensic Anthropology: Current Methods and Practice. II. Academic Press, 2019. ISBN 978-0-12-815734-3.
- 22. JAN, Galousek. Jak si vypreparovat a vybělit loveckou trofej za pár korun – jednoduchý recept ověřený praxí. Myslivost: Stráž myslivosti [online]. Časopis Myslivost, 2014 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: <https://www.myslivost.cz/Casopis-Myslivost/Myslivost/2014/Duben---2014/Jak-si-vypreparovat-a-vybelit-loveckou-trofej-za-p>
- 23. Janssens, L., Spanoghe, I., Miller, R., & Van Dongen, S. (2016). Can orbital angle morphology distinguish dogs from wolves?. *Zoomorphology*, 135, 149–158. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00435-015-0294-3>
- 24. Javaid, Mohd & Haleem, Abid & Singh, Ravi & Suman, Rajiv. (2021). Industrial Perspectives of 3D scanning: Features, Roles and it's Analytical Applications. *Sensors International*. 2. 100114. 10.1016/j.sintl.2021.100114.
- 25. JOSEF, Hromas. Trofeje našich šelem k roku 2008. Myslivost: Stráž myslivosti [online]. Časopis Myslivost, 2010 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: <https://www.myslivost.cz/Casopis-Myslivost/Myslivost/2010/Brezen---2010/Trofeje-nasich-selem-k-roku-2008>
- 26. Junge, Randall, and Donald F. Hoffmeister. “Age Determination in Raccoons from Cranial Suture Obliteration.” *The Journal of Wildlife Management* 44, no. 3 (1980): 725–29. Dostupné z: <https://doi.org/10.2307/3808029>
- 27. Kato T, Yamasaki F, Doi K, Kawamichi M, Hayama SI. Body Length and Craniometrics of Non-Native Raccoons in Two Regions in Middle Japan during Early Invasion Stages. *Animals (Basel)*. 2022 Dec 23;13(1):55.
- 28. Kauhala, Kaarina & Helle, Eero. (1990). Age determination of the raccoon dog in Finland. *Acta Theriologica*. 35. 321-329. 10.4098/AT.arch.90-37.

- 29. Kolektiv autorů. PENZUM: Myslivost pro teorii a praxi. XVIII. Druckvo, 2023, 720 s. ISBN 978-80-87668-58-0.
- 30. Košinová, K., Turek, J., Cukor, J., Linda, R., Häckel, M., & Hart, V. (2022). The Application of 3D Imaging as an Appropriate Method of Wildlife Craniometry: Evaluation of Accuracy and Measurement Efficiency. *Animals : an open access journal from MDPI*, 12(23), 3256. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ani12233256>
- 31. KUJAWSKI, Olgierd E. J. Lovecké trofeje: získávání, úprava, hodnocení. I. Cosmopolis, 2006. ISBN 80-247-1497-3.
- 32. Laboratorní stanovení věku ulovené zvěře: Slovenská Pol'ovnická Komora. Polovnickakomora.sk [online]. 2013 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: <https://www.polovnickakomora.sk/attachments/article/2354/Laboratorni%CC%81%20stanoveni%CC%81%20ve%CC%8Cku%20ulovene%CC%81%20zve%CC%8Cr%CC%8Ce%20-%20Ba%CC%81dr.pdf>
- 33. Lillie, E. M., Urban, J. E., Weaver, A. A., Powers, A. K., & Stitzel, J. D. (2015). Estimation of skull table thickness with clinical CT and validation with microCT. *Journal of anatomy*, 226(1), 73–80. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/joa.12259>
- 34. Mahdy, M. A. A., & Zayed, M. (2020). Computed tomography and cross-sectional anatomy of the head in the red fox (*Vulpes vulpes*). *Anatomia, histologia, embryologia*, 49(6), 708–717. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/ahe.12565>
- 35. Mahdy, M.A.A., Mohamed, W.F. Comparative craniometric measurements of two Canid species in Egypt: the Egyptian red fox and the Egyptian Baladi dog. *BMC Vet Res* 18, 173 (2022). Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03275-8>



- 36. Miroljub Milenović and others, Skull variation in Dinaric-Balkan and Carpathian gray wolf populations revealed by geometric morphometric approaches, *Journal of Mammalogy*, Volume 91, Issue 2, 16 April 2010, Pages 376–386.
  
- 37. Mitchell, B. (1967). Growth Layers in Dental Cement for Determining the Age of Red Deer (*Cervus elaphus L.*). *Nature. J. Anim. Ecol.* 36, s. 279-293.
  
- 38. Montalvo-Gil J, Azorit C, Valderrama-Zafra J, Rubio-Paramio M. A New Method for Quantifying the Asymmetry of Biological Elements by Means of a Photogrammetric Technique Using a Parametric Computer-Aided Design System. *Symmetry* 2022, 14, 2296.
  
- 39. Myslivost. Mýval severní. Nežádoucí či invazivní druh? Myslivost-časopis 2009 Mýval severní. Nežádoucí či invazivní druh? - Myslivost stráž myslivosti - Myslivost [online]. Copyright © 2023 Myslivost Ltd. All rights reserved. [cit. 25.06.2023]. Dostupné z: <https://www.myslivost.cz/Casopis-Myslivost/Myslivost/2009/Prosinec---2009/Myval-severni--Nezadouci-ci-invazivni-druh->
  
- 40. Nakanishi, N., Ichinose, F., Higa, G. and Izawa, M. (2009), Age determination of the Iriomote cat by using cementum annuli. *Journal of Zoology*, 279: 338-348. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2009.00624.x>
  
- 41. NATIONAL INSTITUTE OF BIOMEDICAL IMAGING AND BIOENGINEERING. Computed Tomography (CT) [online]. [cit. 2024-03-14]. Dostupné z: <https://www.nibib.nih.gov/science-education/science-topics/computed-tomography-ct>
  
- 42. Paintedskull. Taxidermy Skull Preparation. AUTODESK Instructables [online]. 2007 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: <https://www.instructables.com/Taxidermy-Skull-Preparation/>

- 43. Pertoldi, Cino, Christian Sonne, Rune Dietz, Niels Martin Schmidt and Volker Loeschke. "Cranio-metric characteristics of polar bear skulls from two periods with contrasting levels of industrial pollution and sea ice extent." *Journal of Zoology* 279 (2009): 321-328.
  
- 44. Rick Rosatte, Kirk Sobey, Dennis Donovan, Mike Allan, Laura Bruce, Tore Buchanan, & Davies, C. (2007). Raccoon Density and Movements After Population Reduction to Control Rabies. *The Journal of Wildlife Management*, 71(7), 2373–2378. Dostupné z: <http://www.jstor.org/stable/4496351>
  
- 45. Rosatte, R.C.. (2000). Management of raccoons (*Procyon lotor*) in Ontario, Canada: Do human intervention and disease have significant impact on raccoon populations ?. *Mammalia*. 64. 369-390. 10.1515/mamm.2000.64.4.369.
  
- 46. Rozen-Rechels D, Peigné S, Germain D, Ladevèze S. Intraspecific morphological variation of the middle ear in the European badger, *Meles meles* (Carnivora: Mustelidae), *Biological Journal of the Linnean Society*, Volume 119, Issue 1, 1 September 2016, Pages 106–116,
  
- 47. SANDERSON, Glen Charles. Techniques for determining age of raccoons: Biological Notes No. 45 - NATURAL HISTORY SURVEY DIVISION. 1961. Urbana, Illinois: Authority of the State of Illinois, 1961.
  
- 48. Schroeder, Michael A., Leslie A. Robb, and C. Braun. "Criteria for gender and age." *Techniques for wildlife investigations and management* (2005): 303-338.
  
- 49. Troyer, E. M., Cameron Devitt, S. E., Sunquist, M. E., Goswami, V. R., & Oli, M. K. (2014). Survival, recruitment, and population growth rate of an important mesopredator: the northern raccoon. *PloS one*, 9(6), e98535. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098535>

- 50. TWI. What are the advantages and disadvantages of 3D printing ? Twi-global 2022  
What are the Advantages and Disadvantages of 3D Printing? - TWI. Joining Innovation  
with Expertise - TWI [online]. Copyright © 2023 TWI Ltd. All rights reserved. [cit.  
16.04.2023]. Dostupné z: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-3d-printing/pros-and-cons>
- 51. Whitney. Raccoon Skull: Skeleton, Anatomy, And Identification: Pest detection, Raccoons. Varmint Removal [online]. Varmint Removal, 2022 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: [https://varmintremoval.com/raccoon-skull/?\\_\\_cf\\_chl\\_tk=GGhM3Z9\\_38pcVt2ZpAj.uPt-GQ.hCa0hMSk5H7IKfA6A-1688289604-0-gaNycGzNCjs](https://varmintremoval.com/raccoon-skull/?__cf_chl_tk=GGhM3Z9_38pcVt2ZpAj.uPt-GQ.hCa0hMSk5H7IKfA6A-1688289604-0-gaNycGzNCjs)

## 9. Seznam použitých zkratk a symbolů

- 1, et al. - a jiní
- 2, / - lomeno
- 3, km<sup>2</sup> - kilometr čtvereční
- 4, cm<sup>3</sup> - centimetr krychlový
- 5, cm - centimetr
- 6, mm - milimetr
- 7,  $\frac{1}{4}$  - jedna čtvrtina
- 8,  $\frac{3}{4}$  - tři čtvrtiny
- 9,  $\frac{1}{2}$  - jedna polovina
- 10, % - procenta
- 11, tj. - takzvaně
- 12, př. - příklad
- 13, např. - například
- 14, „-“ - uvozovky
- 15, (-) - závorka

- 16, + - plus
- 17, - - mínus
- 18, °C - stupeň Celsia
- 19, ha - hektar
- 20, m n. m. - metry nad mořem
- 21, tab. - tabulka
- 22, - obr. - obrázek
- 23, kg - kilogram
- 24, ° - stupeň
- 25, = - rovná se