

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Diplomová práce

**Hodnocení fragmentace a separace kostních
elementů s ohledem na tafonomické faktory a
exkavační postupy: analýza souboru izolovaných
lidských kostí z hřbitova U Zvonu**

Kryštof Jurman

Plzeň 2014

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Katedra antropologie

Studijní program Antropologie

Studijní obor Antropologie populací minulosti

Diplomová práce

**Hodnocení fragmentace a separace kostních
elementů s ohledem na tafonomické faktory a
exkavační postupy: analýza souboru izolovaných
lidských kostí z hřbitova U Zvonu**

Kryštof Jurman

Vedoucí práce:

Mgr. Lukáš Friedl, M.A., Ph.D.

Katedra antropologie

Fakulta filozofická Západočeské univerzity v Plzni

Plzeň 2014

Prohlašuji, že jsem práci zpracoval samostatně a použil jen uvedených pramenů a literatury.

Plzeň, srpen 2014

Poděkování:

Rád bych poděkoval svému školiteli Mgr. Lukáši Friedlovi, M.A., Ph.D. za odborné vedení práce, rady, připomínky, konzultace a hlavně trpělivost. Dále bych rád poděkoval pracovníkům Západočeského muzea v Plzni, především pak Mgr. Jiřímu Ornovi za konzultace, poskytnutí materiálu a zázemí k jeho zpracování. Poděkování patří také Jardovi Kašparovi za pomoc se statistikou.

Lidušce děkuji za pomoc se stylistikou textu a za její motivační podporu nejen v této práci.

Nakonec bych rád poděkoval své rodině za jejich všeobecnou podporu při studiu.

Obsah

Seznam příloh v textu.....	3
Seznam obrázků v textu.....	3
Seznam tabulek v textu.....	3
Seznam grafů v textu	5
1. Úvod	7
1.1. Terminologie	9
2. Lokalita U Zvonu	10
2.1. Historie lokality.....	10
2.2. Archeologický výzkum 2010 – 2011.....	11
2.3. Pohřbívání ve 14. – 18. století v kontextu zkoumané lokality.....	12
2.3.1. Etážová pohřebiště	12
2.3.2. Pohřební praktiky	13
3. Cíle práce	15
3.1. Hypotézy	15
3.1.1. Hypotéza 1.....	16
3.1.2. Hypotéza 2.....	16
3.1.3. Hypotéza 3.....	17
4. Teoretické vymezení problematiky	17
4.1. Kostní tkáň a její změny po smrti organismu	17
4.2. Vznik izolátu.....	19
4.3. Fragmentace.....	19
4.4. Separace	21
4.5. Tafonomické procesy.....	21
4.6. Frekvence výskytu kostí.....	25
4.7. Mechanické vlastnosti kostí	26
4.8. Depoziční podmínky	28
5. Materiál.....	30
6. Metody.....	31
6.1. Identifikace.....	32
6.2. Stranové určení.....	32

6.3. Kategorie elementů.....	33
6.4. Kompletnost.....	34
6.5. Lom.....	35
6.6. Zvětrání.....	35
6.7. Poškození	36
6.8. Maximální velikost.....	36
6.9. Frekvence výskytu kostí.....	37
6.10. Intra-observační chyba	38
6.11. Statistická šetření hypotéz	39
7. Výsledky.....	43
7.1. Intra-observační chyba	43
7.2. Stranové určení.....	44
7.3. Kompletnost.....	46
7.4. Lom.....	48
7.5. Zvětrání.....	50
7.6. Poškození	52
7.7. Maximální velikost.....	54
7.8. Frekvence výskytu kostí.....	56
7.9. Hypotézy.....	59
7.9.1. Hypotéza 1.....	59
7.9.2. Hypotéza 2.....	61
7.9.3. Hypotéza 3.....	63
8. Diskuze.....	70
9. Závěr.....	82
10. Literatura.....	84
10.1. Ostatní prameny	91
11. Resumé	92
12. Seznam příloh.....	94
Seznam přiložených obrázků	94
Seznam přiložených tabulek	94
Obrazové přílohy.....	98
Tabulkové přílohy.....	102

Seznam příloh v textu

Seznam obrázků v textu

Obrázek 1 Tafonomická transformace a ztráta dat. Převzato z Lyman (1994b, p. 28).

Seznam tabulek v textu

Tabulka 1 Rozdělení elementů do kategorií s pozorovanými absolutními četnostmi.

Tabulka 2 Pozorované absolutní a relativní četnosti elementů v souboru izolovaných kostí a v lidském skeletu (referenčním souboru).

Tabulka 3 Míra shody Cohenovy kappy dle Landis a Koch (1977). České ekvivalenty převzaty z Pankowská et al. (2014).

Tabulka 4 Absolutní a relativní četnosti relativně velkých a malých elementů pro testování hypotézy 1.

Tabulka 5 Absolutní a relativní četnosti elementů s hutnou a slabou kompaktní kostí pro testování hypotézy 2.

Tabulka 6 Možné kombinace dochování dlouhých kostí.

Tabulka 7 Výsledky intra-observační chyby prvního a druhého hodnocení proměnných Kompletnost, Zvětrání, Lom a Poškození.

Tabulka 8 Pozorované absolutní a relativní četnosti při určování stranovosti elementů.

Tabulka 9 Výsledky testu dobré shody pro sledování významnosti zachování elementů z pravé a levé strany.

Tabulka 10 Pozorované absolutní a relativní četnosti při hodnocení proměnné Kompletnost.

Tabulka 11 Pozorované absolutní a relativní četnosti sledované při hodnocení proměnné Lom.

Tabulka 12 Pozorované absolutní a relativní četnosti při hodnocení proměnné Zvětrání.

Tabulka 13 Pozorované absolutní a relativní četnosti proměnné Poškození.

Tabulka 14 Popisná statistika maximální velikosti elementů [cm].

Tabulka 15 Pozorované absolutní a relativní četnosti elementů v souboru izolovaných kostí a v lidském skeletu (referenčním souboru).

Tabulka 16 Výsledky testu shody dvou relativních četností a stanovení nadhodnocení nebo podhodnocení četností elementů mezi souborem izolovaných kostí a referenčním souborem.

Tabulka 17 Výsledky Mann-Whitneyho testu proměnných Kompletnost a Lom pro hypotézu 1.

Tabulka 18 Výsledky testu shody dvou relativních četností mezi Velkými a Malými elementy v hypotéze 1.

Tabulka 19 Výsledky testování závislosti mezi proměnnými pro sledování ovlivnění tafonomickými činiteli v kontingenční tabulce pro hypotézu 1.

Tabulka 20 Výsledky Mann-Whitneyho testu proměnných Kompletnost a Lom pro hypotézu 2.

Tabulka 21 Výsledky testu shody dvou relativních četností mezi elementy se slabou a s hutnou kompaktní kostí pro hypotézu 2.

Tabulka 22 Výsledky testování závislosti mezi proměnnými pro sledování ovlivnění tafonomickými činiteli v kontingenční tabulce pro hypotézu 2.

Tabulka 23 Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání kompletnosti velkých dlouhých kostí.

Tabulka 24 Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání kompletnosti středních dlouhých kostí.

Tabulka 25 Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání kompletnosti malých dlouhých kostí.

Tabulka 26 Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání kompletnosti plochých kostí.

Tabulka 27 Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání kompletnosti mnohotvarých kostí.

Tabulka 28 Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání kompletnosti drobných kostí.

Tabulka 29 Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání lomu velkých dlouhých kostí.

Tabulka 30 Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání lomu středních dlouhých kostí.

Tabulka 31 Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání lomu malých dlouhých kostí.

Tabulka 32 Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání charakteru lomu plochých kostí.

Tabulka 33 Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání charakteru lomu mnohotvarých kostí.

Tabulka 34 Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání charakteru lomu drobných kostí.

Tabulka 35 Absolutní a relativní četnosti možných kombinací dochovaných u velkých dlouhých elementů.

Tabulka 36 Absolutní a relativní četnosti možných kombinací dochovaných u středních dlouhých elementů.

Tabulka 37 Absolutní a relativní četnosti možných kombinací dochovaných u malých dlouhých elementů.

Tabulka 38 Výsledky testování závislosti mezi proměnnými pro sledování ovlivnění tafonomickými činiteli v kontingenční tabulce pro hypotézu 3.

Seznam grafů v textu

Graf 1 Grafické zobrazení relativních četností hodnocených elementů při sledování stranovosti.

Graf 2 Grafické zobrazení relativních četností hodnocených elementů při sledování stranovosti. Zobrazeno podle jednotlivých kategorií.

Graf 3 Grafické znázornění relativních četností hodnocených elementů podle dosažené úrovně kompletnosti.

Graf 4 Grafické znázornění relativních četností hodnocených elementů při sledování kompletnosti. Zobrazeno podle jednotlivých kategorií.

Graf 5 Grafické znázornění relativních četností elementů při hodnocení lomové plochy.

Graf 6 Grafické znázornění relativních četností pozorovaných při hodnocení lomové plochy. Zobrazeno podle jednotlivých kategorií.

Graf 7 Grafické znázornění relativních četností elementů při sledování úrovně zvětrání. Zobrazeno dle stupně zvětrání.

Graf 8 Grafické znázornění relativních četností elementů při sledování úrovně zvětrání. Zobrazeno podle jednotlivých kategorií.

Graf 9 Grafické znázornění relativních četností poškozených a nepoškozených elementů.

Graf 10 Grafické znázornění relativních četností poškozených a nepoškozených elementů. Zobrazeno podle jednotlivých kategorií.

Graf 11 Grafické znázornění naměřené maximální délky elementů podle kategorií.

Graf 12 Grafické znázornění relativních četností v souboru izolovaných kostí a lidském skeletu (referenčním souboru). Zobrazeno podle kategorií kostí.

Graf 13 Grafické znázornění relativních četností v kategorii velkých, středních a malých dlouhých kostí pro možné kombinace dochování elementů.

1. Úvod

Archeologické výzkumy produkují mnoho různých forem nálezů, které archeolog, díky svému specifickému zaměření, není zcela způsobilý korektně zpracovat. Pro komplexnost dat, které bychom měli z výzkumu vytěžit, poskytuje archeolog tento materiál k vyzvednutí a dokumentaci jinak specializovaným odborníkům jako jsou antropologové, zooarcheologové, geologové a další. Interdisciplinární přístup při studiu pohřebišť vede k užitečnějším a přesnějším výsledkům (Sosna et al., 2010). Mezi materiál, který by měl v archeologii podléhat interdisciplinárnímu zkoumání, patří i soubory lidských kostí, ať už pochází z pohřebišť či jiného prostředí. Nemusí se však jednat vždy jen o materiál z archeologických výzkumů.

Trendem ve výzkumu pohřebišť je věnovat nejvíce pozornosti jedincům nalezených v anatomické poloze. Sekundárně přemístěné lidské ostatky nejsou běžným cílem dnešních studií (Littleton, 2000). Avšak pro pochopení hřbitova či pohřebního areálu jako celku, je tento přístup nedostačující (Sládek et al., 2008). Lidské kosti z archeologických lokalit se nacházejí převážně ve dvou formách a tvoří tak dva výzkumně odlišné soubory – artikulované a izolované. Soubory artikulovaných kostí se skládají z koster anebo v artikulaci zachovaných celků z intencionálních či neintencionálních pohřebních kontextů. Soubory izolovaných kostí jsou tvořeny elementy nebo jejich fragmenty, které se blíže neurčeným mechanismem vymanily z artikulovaného uskupení (platí-li předpoklad, že za běžné situace se lidské kosti dostanou do pohřebního kontextu v artikulované podobě). Izolované kosti, zkráceně izoláty, chápeme jako elementy nebo fragmenty elementu, které se nenacházejí v anatomické artikulaci s předpokládaným celkem, tedy žádnou jinou kostí (Galeta et al., 2008). Izolované kosti jsou velmi častým nálezem na archeologických výzkumech a často tvoří značnou část pramenů (Kostka a Šmolíková, 1998; Margolis, 2007; Galeta et al., 2008; Sládek et al., 2008). Jsou však běžně opomíjeným materiálem. Snad jen s výjimkou paleopatologických nebo raritních nálezů. Po ukončení výzkumů se izolované kosti, bez dalšího zkoumání například druhotně pohřbívají (Kostka a Šmolíková, 1998). Nicméně mají tyto soubory svoji specifickou výpovědní hodnotou.

Studii, které se věnují izolovaným kosterním ostatkům, není mnoho. Více než antropologie se tomuto tématu věnuje zooarcheologie, ale ta se většinou zaměřuje na výpočty množství jedinců nebo druhů, popřípadě stopám po porcování (*butchery*

marks) apod. (více např. Outram et al., 2005; Reitz a Wing, 2008; Lyman, 2008). V biologicko-antropologickém prostředí se tematika izolovaných lidských kostí začala řešit poměrně recentně (Outram et al., 2005; Margolis, 2007; Galeta et al., 2008; Sládek et al., 2008; Píšová, 2011).

Některé kosterní elementy mají v souborech izolovaných kostí hojně zastoupení jiné naopak nižší nebo úplně chybí. Mechanismy destrukce (fragmentace), transportu (separace) a degradace (zvětrání, vliv půdního pH, apod.), které formují soubory izolovaných kostí, jsou rozličné tafonomické procesy (Lyman, 1985). Ideální materiál pro hodnocení fragmentace a separace v kontextu tafonomických činitelů a exkavačních postupů se naskytl díky záchrannému archeologickému výzkumu hřbitova v Plzni U Zvonu. Během tohoto výzkumu bylo, mimo jiné, odhaleno enormní množství izolovaných lidských kostí, jejichž analýze se věnuje tato práce.

Vyvstává zde řada otázek ohledně procesů, které se podílely, nebo se mohly podílet, na formování tohoto souboru. Jaký tafonomický činitel byl hlavním aktérem? Můžeme stopy tohoto činitele vůbec sledovat? Jakými způsoby bude ovlivněna separace kostních izolátů od skeletu jako celku a jejich fragmentace? Mají určité kosterní elementy či jejich fragmenty větší pravděpodobnost stát se izolátem (např. s ohledem na jejich velikost, morfologii, hustotu kostní tkáně, robusticitu, anatomické pozici atd.)? Má separovaný element větší pravděpodobnost se fragmentovat, nebo úplně zaniknout? Zodpovězení těchto a dalších otázek nám pomůže lépe pochopit a sledovat proces vzniku izolovaných kostí a přispět tak k obecnému porozumění utváření takovýchto souborů. S touto problematikou se rovněž pojí geneze pohřebišť, vztah pohřebních areálů k ostatním areálům aktivit a činnostem, které se zde v minulosti odehrávaly. Stejně tak i rozličné přístupy k životu, smrti a pohřbívání ve středověkém až novověkém městském prostředí. Analýzou izolovaných kostí se můžeme dozvědět více o událostech a procesech, které na pohřebištích probíhaly a jakým způsobem ovlivňovaly složení souboru.

Jak již bylo naznačeno, fragmentace a separace kostních elementů je ovlivněna vnitřním strukturálním uspořádáním elementu (Willey et al., 1997), morfologií (Kummer, 1970; Currey, 1982), mechanickými vlastnostmi (Currey, 1982; Wieberg a Wescott, 2008; Karr a Outram, 2012), depozičními a environmentálními podmínkami (Gordon a Buikstra, 1981; White a Hannus, 1983; Baxter, 2004), působením tafonomických činitelů (Stodder, 2008), mikrobiálním napadením a plísněmi (Hedges,

2002; Jans et al., 2004; Turner-Walker, 2012) anatomickou pozicí elementu (Waldron, 1987) nebo pohřebními praktikami (Chroustovský a Průchová, 2011). Frekvenční zastoupení kosterních elementů v souborech izolovaných kostí se vlivem zmíněných faktů mění oproti frekvenci elementů v běžném lidském skeletu. Některé elementy mohou být hojně zastoupeny, jiné naopak svou četností podhodnoceny. Dále mohou elementy vykazovat odlišnou fragmentaci, jinou úroveň zvětrání nebo být různou měrou v různém časovém horizontu poškozeny. Existuje nějaká pravidelnost či trend sledovatelný na izolovaných kostech z pohřebišť, který by mohl osvětlit genezi souboru izolovaných kostí?

1.1. Terminologie

Přesto, že se tato práce věnuje analýze lidských kostí, terminologie, která se zde používá je převzata převážně ze zooarcheologie, která se tématu fragmentace a separace věnuje nejčastěji. Aby nedocházelo k záměně, či chybnému pochopení problematiky je nutné si předem explicitně definovat pojmy, se kterými se v této práci operuje. Česká terminologie pojmů se v této práci může lišit od ostatních studií. Důvodem je překlad z cizojazyčné literatury. Pro přesnost tedy uvádím do závorek originální terminologii.

Základním a nejdůležitějším pojmem je element (*element* či *skeletal element*), který představuje jednu kompletní kost nebo zub, tj. například kompletní pažní kost nebo žebro. Obvykle se používá ve spojení s anatomicky uloženými ostatky (Lyman, 1994a; 2008). Pokud máme k dispozici jen část elementu, která vznikla jeho rozpadem či degradací, pak tuto část nazýváme fragment elementu (*fragment of an element*) (Reitz and Wing, 2008). Dále se v literatuře setkáváme s termínem fragment/zlomek (*fragment*) nebo kosterní fragment/kosterní zlomek (*bone fragment*), který označuje jeden a tentýž objekt (Lyman, 1994a), respektive již zmiňovaný *fragment of an element*.

Důležitým termínem je jedinec (*specimen*). Jedná se o jednotku pozorování (nikoliv celého člověka nebo kostru) a může představovat celou izolovanou kost, zub, nebo jejich fragmenty. Příkladem může být distální část stehenní kosti nebo rameno dolní čelisti se zubem. Všechny *specimens* jsou zároveň kosterními elementy, ale všechny kosterní elementy nemusí být *specimens*. Pojem *specimens* se totiž od kosterního elementu odvozuje. V kontextu izolovaných kostí se jedná o vhodněji

použitý termín, protože termín kosterní element inklinuje k celé anatomické jednotce (Lyman, 2008). V této práci bude použit namísto termínu *specimens* pojmenování „element a jeho fragmenty“ nebo „kostní jednotka“, protože tato označení poměrně dobře vystihují jeho originální znění. Jiná terminologie by mohla být zavádějící.

2. Lokalita U Zvonu

Lokalita U Zvonu se nachází ve východní části plzeňského historického předměstí na levém břehu řeky Radbuzy. Díky své poloze se toto místo nevyhnulo řadě historických i přírodních událostí spojených s genezí města Plzně.

Většina událostí, které se odehrávají na pohřebních lokalitách, zasahují také do pohřebních kontextů a přispívají tak k tafonomickým procesům a rovněž k fragmentaci a separaci kostních elementů. V následujících kapitolách proto zběžně představím některé události, které jsou spojené s historií existence hřbitova U Zvonu.

2.1. Historie lokality

Nejstarší časový horizont lokality sahá již do 90. let 13. století a je spojený se založením města Plzně. Od 14. století zde také probíhala čilá stavební činnost. Ve dvacátých letech 14. století zde vznikl špitál (odtud Špitálské předměstí, *suburbium hospitalense*, *preurbium circa hospitale*) s kaplí sv. Máří Magdaleny, zahradou a hřbitovem (Orna, 2010). Pohřbívat se zde začalo již od vysvěcení (počátek 20. let. 14. stol.) kaple sv. Máří Magdaleny. Pohřbívání se v tomto období omezovalo pouze na bližší areál okolo kaple. Roku 1433 v rámci husitských válek došlo k poničení kaple a špitálu. Nicméně po skončení tohoto období byly stavby obnoveny (Orna, osobní konzultace). Mezi lety 1495 – 1503 došlo k přestavbě kaple sv. Máří Magdaleny na pozdně gotický kostel a další přestavba se odehrála v průběhu druhé poloviny 16. století (Orna, 2010).

Další pohromou byla třicetiletá válka, při které bylo roku 1618 celé Špitálské předměstí vypáleno. Obnovy se dostalo až po skončení války a v této podobě situace ustala na dalších více než sto let (Orna, 2010). K obnově špitálu po třicetileté válce již nedošlo a tak mohl být zvětšen prostor pohřebiště. Některé pohřby byly zachyceny právě v prostoru starého špitálu (Orna, osobní konzultace).

Roku 1779 byla schválena výstavba barokní kostnice v jižní části hřbitova. Důležitým mezníkem byl rok 1783, kdy došlo ke zrušení kaple sv. Máří Magdaleny a roku 1784 byl z hygienických důvodů zrušen i přilehlý špitální hřbitov. Tento proces byl běžný na konci 18. století, kdy docházelo k přesunům hřbitovů z intravilánů nebo center měst na nové nebo jiné hřbitovy (Unger, 2006). Po odstranění budov souvisejících s pohřebištěm, zde byl postaven jednopatrový dům plzeňského zvonaře, od kterého se odvíjí název U Zvonu. V 70. letech 19. století, přímo v místě bývalého hřbitova, byl postaven činžovní dům. Zároveň v místě kostela sv. Máří Magdaleny vyrostl klasicistní dům. Budovy byly nadále přestavovány a podsklepeny. Ve 20. letech 20. století došlo ke zhotovení kanalizace (Orna, osobní konzultace).

Roku 1944 byl klasicistní dům zasažen při bombardování. Po zjištění, že stavba využívá reliktů starého kostela, byl proveden archeologický výzkum pod vedením doc. Václava Mencla. Tento výzkum se dotkl převážně původní stavby kostela, ale zasahoval i do pohřebních kontextů. Výsledky tohoto výzkumu také poukazují na zvýšení nivelety v místech hřbitova. Klasicistní dům již obnoven nebyl (Orna, osobní konzultace). V roce 1999 proběhl další archeologický výzkum z důvodu rozvodu plynu a znovu, i když jen okrajově, zasáhl do pohřebních kontextů. Povodně v roce 2002 dům v místě hřbitova poničily natolik, že musel být stržen. Parcela byla poté upravena do parkové podoby (Orna, 2010).

Dotčený prostor byl v minulosti, díky své poloze v rámci města (předměstí v blízkosti řeky) několikrát vypálen a docházelo zde často k povodním (Orna, 2010).

2.2. Archeologický výzkum 2010 – 2011

Archeologický výzkum z roku 2010 – 2011 vedený Mgr. Jiřím Ornou se týkal zhruba 1/5 prostoru parcely U Zvonu. Nezasáhl ale do rozsahu celého areálu hřbitova, jehož pozůstatky se nadále (snad nedotčené) ukrývají pod zemí. Exkavace probíhala v sondách s kontrolními bloky, většinou po mechanických vrstvách, pokud situace neumožňovala odkrývat po stratigrafických vrstvách. Průměrná maximální hloubka exkavace se pohybovala okolo 3 m.

Výzkum zachytil předpokládané etážové městské pohřebiště s orientací uložených těl převážně východ-západ, byť s částečnou variabilitou v orientaci (Obr. I. v příloze). Dále odhalil výzkum západní část gotického kostela sv. Máří Magdaleny. Na základě zkoumané chronologie devocionálií z odkrývaných hrobů se

archeologický výzkum týkal poslední fáze pohřbívání – tedy konce 17. století až roku 1784, kdy byl hřbitov zrušen (Stehlíková, 2012; Orna, osobní konzultace). Geofyzikální průzkum geoelektrickým odporovým měřením potvrdil historické skutečnosti a ukázal značné úpravy terénu na lokalitě (Orna, 2010).

Co se týče osteologické části výzkumu, bylo vyzvednuto 219 jedinců uložených v anatomické poloze a enormní množství izolovaných lidských kostí. Rovněž bylo evidováno překrývání a narušení některých hrobů (Obr. II. v příloze), které potvrzuje procesy spojené s běžnými pohřebními praktikami na etážových hřbitovech.

2.3. Pohřbívání ve 14. – 18. století v kontextu zkoumané lokality

2.3.1. Etážová pohřebiště

Lokalita U Zvonu je typickým městským etážovým hřbitovem jaké známe z celé Evropy. Charakteristikou etážového pohřebiště je ukládání nebožtíků nad sebou ve vrstvách. Etážová pohřebiště, postupně doplňovaná stavbou kostela, začala převažovat nad plochými řadovými pohřebišti na přelomu 12. a 13. století (Živný, 2005). Funkce středověkého hřbitova nebyla jen ryze pohřební, ale docházelo zde ke shromažďování obyvatel, konání různých společenských aktivit (Chroustovský a Průchová, 2011) nebo jako obecné volné prostranství (Ariés, 2000b). Užívání etážových pohřebišť je typické pro středověké až novověké období. Některé kostelní etážové hřbitovy založené ve 13. století plnily svou funkci až do novověku. V rozmezí 13. – 18. století byly kostelní hřbitovy převažujícím místem pro pohřbívání (Živný, 2005). V tomto období kontrolovala pohřební ritus na českém území katolická církev. Pohřby se odehrávaly bezvýhradně na kostelních hřbitovech. Orientace hrobů byla určená osou kostela ve směru V-Z, ale mohly se vyskytovat i výjimky, především v blízkosti kněžiště (vyšší socioekonomický status apod.). Hroby se rychle stávaly anonymními, protože plocha hřbitova byla volně zarostlá trávou a pohřby byly označeny jen velmi zřídka (Unger, 2002). Opakovaným pohřbíváním, které přibývalo do vrstev nad sebou, docházelo často k narušování a překrývání (superpozice) starších hrobů, nebo jejich částí, a pohřebních kontextů (Píšová, 2011). Na hřbitovech byl rovněž běžný výskyt lidských kosterních ostatků, které tam jen volně ležely nebo vyčnívaly ze země (Unger, 2006).

Z Evropského kontextu, například z Británie, jsou známé případy, kdy byl hřbitovní prostor využíván i jako pastva pro farní dobytek, nebo si zde dokonce člen farnosti postavil stodolu (Ariés, 2000b). Protože zvířata často narušovala hroby, byly z praktických (zamezení přístupu dobytka) i sakrálních (oddělení světa živých a mrtvých) důvodů ohrazeny hřbitovy zdí. Prostorově se tak areál hřbitova odlišoval od jiných areálů. Přístup na hřbitovy mohl být veden přes tzv. *curifraga*, železný rošt položený na zemi ve vstupu do areálu, přes který pak neprošel dobytek a měl i svoji spirituální funkci. Ovšem pro některé živočichy, jako kočky nebo ptáky, byl přístup stále volný (Unger, 2002; Živný, 2005).

Začátek první třetiny 18. století se stal počátkem konce pro městské etážové hřbitovy, ale i pro pohřby v prostorách kostelů. V této době se začala řešit otázka zápachu, šíření nemocí a hygienických problémů obecně, které se spojovaly s pohřbíváním ve městech. Z tohoto důvodu bylo nutné přesunout městské hřbitovy na periferie měst a na venkov (Ariés, 2000b). Stejný osud potkal i hřbitov U Zvonu. Rušení a přesouvání hřbitovů se neobešlo bez exhumací většiny jednotlivých pohřbů a dalších kosterních ostatků, například z hromadných hrobů. V humánnějších případech se kosti umísťovaly do kostnic nebo karnerů (Unger, 2006). Nicméně výběr kosterních elementů umístěných do kostnic probíhal pod specifickou selekcí. Nejčastěji to byly dlouhé kosti končetin nebo lebky. Některé elementy se proto v souborech kostnic vyskytují velmi zřídka nebo vůbec (Píšová, 2011). Často také při rušení hřbitovů docházelo k mísení a drcení ostatků, které pak byly srovnány na ploše rušeného hřbitova železnými branami, jaké známe například ze zemědělství. Nové využití pozemku bylo tedy založeno na „*udusané směsici zeminy a kostí*“ (Ariés, 2000b, p. 38). Osud lidských ostatků a zacházení s nimi se stal pro tehdejší společnost lhostejnou záležitostí (Ariés, 2000b).

2.3.2. Pohřební praktiky

Dalším z faktorů podílejících se na formování souborů izolovaných kostí jsou pohřební praktiky. V tomto případě způsob, jakým byli jedinci ukládáni do země a jaké okolnosti tento postup provázely. Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, docházelo na středověkých a novověkých hřbitovech k narušování starších hrobů a v nich uložených ostatků (Unger, 2006; Králíková, 2007). Nebylo také výjimkou, že se do jednoho hrobu uložilo i několik těl, případně šlo o opakované pohřby do jedné

hrobové jámy (Kostka a Šmolíková, 1998). Stávalo se také, že pokud bylo k pohřbu dopraveno více zemřelých, mohli být uloženi v jednom hrobu. Často se pak musela hrobová jáma zvětšovat (Králíková, 2007). Ariés (2000a) zmiňuje velké společné hroby, které byly určeny především pro chudé, kteří neměli na pohřeb a s ním spojené poplatky. „Kapacita“ těchto společných hrobů se pohybovala od šesti do 15 těl. V dobách epidemií pojaly tyto jámy až 500 těl. Nové společné hroby se kopaly většinou v místech těch původních. Kostí z narušených hrobů pak byly ukládány do kostnic či karnerů (Ariés, 2000a; Kráčíková, 2007), do jam vykopaných na okraji hřbitova (Unger, 2002) nebo byly uloženy zpět do nové hrobové jámy, obvykle ke stěně, do rohu, k nohám či hlavě, nebo na dno hrobové jámy a poté překryty zeminou či zabaleny do látky (Kostka a Šmolíková, 1998).

Na zásyp hrobových jam se používala vykopaná hřbitovní hlína, tedy zemina s pozůstatky lidských ostatků, které se v ní již běžně vyskytovaly. I když měli hrobníci s nalezenými ostatky zacházet podle hřbitovních regulí a věnovat péči všem odhaleným kostem, nebylo tomu tak. Proto se velké množství ostatků dostalo do zásypu jiných hrobů (Kostka a Šmolíková, 1998). Tyto praktiky byly na hřbitovech běžnou praxí a kosti byly tímto způsobem postupně vyzdvihovány a postupně opět intencionálně i neintencionálně ukládány. Izolované kosti tak mohly i několikrát změnit polohu svého uložení (Píšová, 2011). Důvodem je zřejmě způsob či nedbalost s jakou byly jámy kopány. Neznalost lidského skeletu a přehlížení, pravděpodobně drobných a nevýrazných kosterních elementů, napomáhalo k jejich separaci a fragmentaci. Velké elementy se v důsledku častého překopávání hřbitova mohly fragmentovat na menší části a posléze dále podléhat vlivu tafonomických činitelů.

Jiné způsoby zacházení s těly zemřelých jsou doloženy ve specifických případech. Většinou šlo o skupiny nebo jedince rozdílného náboženského vyznání, sociálního statusu, delikventů, dětí apod. (Unger, 2002; Kráčíková, 2007). Při studiu pohřebního ritu a dalších okolností s ním spojených musíme zvažovat kulturní kontext, časové období, etnicitu, náboženskou identitu pohřbeného, funerální praktiky, přírodní a sociální poměry (Chroustovský a Průchová, 2011).

Dalším ze způsobů nakládání s lidskými ostatky jsou sekundární pohřební praktiky (*secondary burials*, *secondary graves*, *pourrissoirs*), kdy se lidské ostatky (buď plně skeletonizované nebo se kosti během sekundární manipulace oddělovaly od zbytků měkkých tkání) přesouvají z jednoho úložiště na druhé. U sekundárního pohřbu chybí anatomické souvislosti mezi jednotlivými elementy, kdy zpravidla ty

menší a nenápadné elementy mohou chybět (Duday, 2009). Docházelo buď k přesunu všech ostatků, nebo jen částí skeletu. Vybrané kosterní elementy se poté umístily do hrobky, osária, karneru nebo do společných jam. Často byly ale některé ostatky ignorovány a ponechány ve svém primárním úložišti (Ariés, 2000a; Duday, 2009). Co se dělo s nevyzvednutými elementy autoři neuvádí. Pravděpodobně se tyto nevyzvednuté elementy dostaly do zásypu jiných hrobů a staly se tak izoláty nebo byly jiným způsobem zničeny.

3. Cíle práce

Tato práce si dává za cíl zhodnocení separace a fragmentace izolovaných lidských kosterních elementů s pomocí jejich frekvence v souboru s cílem objasnit, kteří z tafonomických činitelů (přírodní procesy a/nebo antropogenní činnost) mohou hrát hlavní roli při formování souborů izolovaných kostí. Mezi tafonomické činitele, kteří budou sledováni, patří stupeň zvětrání (dle Behrensmayer, 1978) a stopy po poškození. Dále jakým způsobem dochází k separaci a fragmentaci kosterních elementů a jaké kosterní elementy jsou v tomto případě zvýhodněny nebo znevýhodněny. Úkolem bude také zjistit, zda má vliv velikost kosti, její morfologická členitost, vnitřní struktura nebo místo na skeletu, ze kterého kost pochází (např. periferní anatomické umístění kostí ruky a nohy).

3.1. Hypotézy

Pro tuto práci byly stanoveny tři základní hypotézy, podle kterých se odvíjí směr analýzy a prezentace výsledků. Hypotézy budou testovány jako nulové, tj. odchylky od nulových očekávání budou interpretovány jako důsledek vlivu specifických tafonomických činitelů. Zjištění významnosti působení tafonomických činitelů se bude odvíjet podle přítomných nebo nepřítomných ukazatelů na kostních jednotkách.

Hypotézy sledují fragmentaci a separaci mezi zvolenými elementy. Protože se *de facto* jedná o dvě samostatné otázky, testujeme v každé hypotéze fragmentaci a separaci odděleně.

3.1.1. Hypotéza 1

H1₀: Fragmentace a separace relativně velkých a relativně malých elementů bude stejná.

H1_A: Fragmentace a separace relativně velkých a relativně malých elementů bude rozdílná.

První hypotéza vychází z předpokladu, že drobné elementy (např. kosti ruky a nohy) se v zemi snadněji přemísťují a separují. Rychleji se tak vytrácí z původního kontextu, tj. z kontextu primárního uložení jedince, ať už na ně působí jakýkoliv tafonomický činitel. Roli zde hraje i jejich periferní anatomická pozice či způsob uložení končetin v hrobě, například podél těla. Pokud dojde k vyzvednutí těchto izolovaných elementů, jejich frekvence výskytu v souboru bude obdobná jako u elementů větších rozměrů (*femur, tibia, fibula* apod.). V případě, že k vyzvednutí nedojde nebo tyto drobné elementy podlehnou působení tafonomických činitelů, pak jejich frekvence bude v souboru logicky menší.

Tato hypotéza vychází rovněž z předpokladu, že drobné elementy podléhají tafonomickým činitelům méně anebo vůbec a tudíž se lépe a častěji zachovávají. Pravděpodobně hůře podléhají fragmentaci, protože na jejich malý povrch působí méně tafonomických faktorů. Mohou být například obtížněji zasažitelné exkavačním nástrojem.

3.1.2. Hypotéza 2

H2₀: Fragmentace a separace elementů s hutnější kompaktní kostí bude stejná, jako u elementů se slabou kompaktní kostí.

H2_A: Fragmentace a separace elementů s hutnější kompaktní kostí bude rozdílná, oproti kostem se slabou kompaktní kostí.

Tato hypotéza pracuje s formálními vlastnostmi kostí. Strukturou kostní tkáně, tvarem kosti a robustitou/gracilitou elementu, které se stávají ovlivňujícím faktorem pro fragmentaci a separaci. V této hypotéze předpokládáme, že kosti s hutnější kompaktní kostí (např. stehenní kost, holenní kost, pažní kost apod.) budou podléhat fragmentaci a separaci menší měrou, než kosti se slabou kompaktní kostí (např. lopatka, žebra apod.). Předpokládáme, že fragmentace a separace elementů s hutnější kompaktní kostí bude probíhat v menší míře, než u kostí se slabou

kompaktní kostí. Frekvence výskytu kostí s hutnou a slabou kompaktní kostí se pravděpodobně bude odvíjet od jejich schopnosti se fragmentovat a zároveň odolávat vnějším vlivům.

3.1.3. Hypotéza 3

H₃₀: Fragmentace a separace elementů stejného typu bude obdobná.

H_{3A}: Fragmentace a separace elementů stejného typu bude rozdílná.

Posledním předpokladem je, že morfologie elementu hraje důležitou roli ve fragmentaci a separaci izolované kosti. Pokud je tvar celistvý, morfologicky jednoduchý, pak bude mnohem méně podléhat fragmentaci a separaci, neboť plocha, na kterou působí tafonomičtí činitelé, nadzemní tlak a exkavační faktory je rovnoměrněji zatížena. Naopak elementy morfologicky rozličné budou podléhat fragmentaci a separaci více, protože vyčnívající části mají větší tendenci se ulomit, erodovat apod. Podklady pro rozdělení elementů do kategorií jsou uvedené v kapitole 6.3. Kategorie elementů.

4. Teoretické vymezení problematiky

V následujících kapitolách přiblížíme problematiku týkající se fragmentace a separace kosterních elementů a jejich fragmentů. Toto vymezení se vztahuje především na faktory a mechanismy, které se podílí na utváření souborů izolovaných kostí.

4.1. Kostní tkáň a její změny po smrti organismu

Složení a vlastnosti kostní tkáně jsou základem pro další studium spojené s fragmentací a separací izolovaných kostí. Kostní tkáň je tvořena organickou a anorganickou složkou. Organická složka (cca 10 %) je tvořena svazky kolagenních vláken a proteinů. Do organické složky kosti se ukládá anorganická část (cca 90 %) složená z krystalů solí, které zastupuje převážně hydroxyapatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$) a dalších látek. Funkce kostí v organismu jsou různé: zásobárna a obměna látek pro organismus, krvetvorba, depozice látek, pohybová a ochranná funkce apod. (Čihák, 2011). Kostní tkáň je v organismu dynamickou složkou, která reaguje na

vnější podněty, jako je stres, růst jedince, klimatické poměry apod. Na makroskopické úrovni je kost tvořena kostní trámčinou (*substantia spongiosa*, *substantia trabecularis*) a hutnou kostí (*substantia compacta*) (Cowin, 1989; Weiss, 2009; Čihák, 2011). Na mikroskopické úrovni je kostní tkáň homogenního charakteru (Kummer, 1970).

Smrtí dochází v organismu k autolýze a diagenetickým změnám měkkých tkání a kostní tkáně. Dekompozice těla nastává již po čtyřech minutách od úmrtí (Vass, 2001). Tkáň rychle ztrácí odolnost vůči žaludečním šťávám, dochází k intracelulární autolýze (rozklad buněk vlastními enzymy), množení střevních bakterií anebo prosakování krve do okolních tkání. Rychlost a charakter rozkladu závisí na řadě faktorů (Prokeš, 2007). Po uložení do země začíná výměna iontů mezi tělem a okolním prostředím. Dochází k degradaci proteinů a kolagenu v kostech, mikrobiálnímu napadení a vzniku plísní (*microbial and fungi attack*) (Hedges, 2002). Zpravidla se posmrtné změny objeví jako první na měkkých tkáních. Reakce organické a anorganické složky v kostech se bude lišit v závislosti na prostředí (viz kapitola 4.8. Depoziční podmínky). Nemusí být pravidlem, že dekompozice kostí nastává až v závěrečné fázi dekompozice těla. Narušení všech tkání organismu biochemickými a mikrobiologickými procesy nastává bezprostředně po smrti. Degradace kolagenu v kostní tkáni může být v případě absence mikrobiologického impaktu nahrazena chemickými procesy (Child, 1995). Zpravidla dochází k rekrystalizaci hydroxyapatitu na minerál brushit ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), která vede k rozpadu osteonů a tím pádem k rozpraskání kostní tkáně (Prokeš, 2007).

Bakterie a plísně narušují kostní tkáň především změnou kyselosti prostředí tím, že snižují okolní pH. Bakterie se v organismu objevují krátce po smrti, kdy se šíří krevním řečištěm do Haversových kanálků. Kdežto výskyt plísní je spojen s pozdějšími fázemi rozkladu (Prokeš, 2007). Z výzkumu Jans et al. (2004) vyplývá, že napadení bakteriemi je mnohem více odpovědné za alterace na kostech než změny, které způsobí plísně. Izolované kosti jsou pak více náchylné k mikrobiálnímu napadení (Lee-Thorp a Sealy, 2008). Půdy na pohřebištích navíc mohou obsahovat bakterie, které jsou „specializované“ na rozklad lidských ostatků (Jans et al., 2004).

4.2. Vznik izolátu

Izoláty mohou vznikat různými způsoby. V počátku procesu jsou již zmíněné tafonomické procesy. Izolované kosti vznikají rozptýlením, separací, elementů nebo jejich fragmentů, které bylo způsobeno narušením původních hrobů. V narušených částech hřbitovů znamenají izolované kosti cenné a většinou převažující informace vypovídající o minulých zásazích (Galeta et al., 2008). Předpokládejme, že lidské kosti se do pohřebního kontextu nedostanou jako izoláty, ale v anatomicky uspořádané podobě – ať už se jedná o klasický hrob s jedním jedincem či masový hrob, anebo intencionální inhumaci / kremaci či neintencionální způsob „pohřbu“ (např. pohození jedinci). Již skeletonizací dochází k disartikulaci kostry (Lyman, 1994b). Objevení izolované kosti tedy znamená nález v sekundárním uložení. Jeden element nebo jeho fragmenty však mohly projít několikanásobnou depozicí. Uložení izolovaných kostí v rámci pohřebního areálu mohlo být jak postupné, tak i jednorázové (Píšová, 2011). Původ izolátu se tedy nezakládá na neměnnosti kontextu, ale dochází zde k dynamickému procesu transformace.

4.3. Fragmentace

Fragmentací rozumíme rozpad elementu. Jedná se o částečně kvantitativní a částečně kvalitativní proces. Z kvantitativního hlediska se jedná o problém nemožnosti určit, na kolik fragmentů se daný element rozpadnul. Kvalitativní problém nastává při identifikaci elementu, respektive fragmentu elementu. Často totiž není možné určit celek na základě fragmentu. Například u zlomků těl dlouhých kostí jako je kost vřetenní a lýtková, anebo identifikace fragmentů obratlů a kosti křížové apod. Fragmentace je závislá na neznámých faktorech (Neustupný, 2007). V této práci předpokládáme, že některé elementy či typově podobné elementy, budou podléhat fragmentaci obdobným způsobem. Tato premisa vychází ze stavebně-morfologického modelu kosti (Čihák, 2011). Výsledek sil působících stejným způsobem na dva stejné elementy, povede ke srovnatelnému výsledku. Ovšem v případě, že jsou elementy vystavené působení sil za jiných podmínek, může vést fragmentace úplně jiným směrem. Co ale, když se v souboru budou vyskytovat kosti nebo skupiny kostí odlišného anatomického původu (porovnáváme např. *tibii*, *femur* a *humerus*; viz dále), které vykazují srovnatelnou fragmentaci? Pokud lze tyto

elementy takto srovnávat, je možné usuzovat, že proces jejich fragmentace proběhl obdobným způsobem a vlivem stejného tafonomického činitele? Existuje nějaká pravidelnost fragmentace, jejímž dešifrováním se můžeme dozvědět více o utváření souboru izolovaných kostí?

Fragmentaci může způsobovat například rozdupání (*trampling*), váha nadloží, opakované vysoušení a vlhčení, přítomnost solí, teplotní změny, mrchožrouti, antropogenní zásahy apod. Možností je velmi mnoho. Musíme však rozlišovat mezi fragmentací vzniklou antemortem / perimortem (respektive jestli se jedná o trauma nebo jinou patologii) a fragmentací postmortem (Buikstra a Ubelaker, 1994). Do určité míry jsme schopni tyto alterace rozlišit, a to díky specifickým projevům na lomu kosterního elementu, které jsou způsobeny odlišnou odezvou kosti (Ubelaker a Adams, 1995). Například spirální fraktury nebo stopy po vtačených zlomeninách, kde kosti zůstávají stále v asociaci, jsou typické pro antemortem a perimortem období (Buikstra a Ubelaker, 1994). Zlomová plocha u živé kosti (*green bone*), nebo ve fázi perimortem, má zaoblené hrany. Fragmentace postmortem u archeologizovaných kostí (*dry bone*; kosti zbavené organických látek) sledujeme pomocí charakteru hrany a zabarvení lomové plochy. Recentně fragmentovaný element bude mít rovné, ostré a pravoúhlé ohraničení lomu (Buikstra a Ubelaker, 1994). Hrana není obroušená a ohlazená. Lomová plocha bude zpravidla světlejší než povrch kosti, protože dosud nedošlo k zabarvení vlivem kontaktu s půdou (Obr. III. v příloze). Neostrý, zaoblený nebo obroušený lom naopak značí, že fragmentace proběhla již před delší dobou. Starší lom bude mít zpravidla tmavé zabarvení nebo se barva lomu bude blížit barvě povrchu kosti (Obr. IV. v příloze), protože fragmentovaný element setrval dlouho v zemi a za působení půdních podmínek došlo k zabarvení lomové plochy. Většinou platí, že čím více se barva lomu a povrchu kosti od sebe liší, tím recentněji ke zlomu došlo (Ubelaker a Adams, 1995; Sauer, 1998; Wieberg a Wescott, 2008). Není však jasné, za jak dlouho dojde k zabarvení lomové plochy, abychom mohli odhadovat časování fragmentace (Wieberg a Wescott, 2008).

Ubelaker a Adams (1995) dále uvádějí příklad odlišného zabarvení lebky vlivem slunečního záření. Jedna část elementu byla vystavena půdním podmínkám a druhá část slunečnímu záření, čímž došlo k „vybělení“ povrchu. Depoziční podmínky nebo manipulace tak mohou charakter lomu kvalitativně ovlivnit. Identifikace se v mnoha případech stává obtížnější.

4.4. Separace

Separaci v kontextu této práce můžeme vymezit jako odloučení od původního celku – skeletu nebo anatomicky sousedního elementu (Galeta et al., 2008). Izolované kosti jsou tedy již separované. Záleží také na jakou vzdálenost se element nebo jeho fragment vzdaluje. Mohou to být centimetry v případě disartikulace skeletu. Například vlivem kořenového systému (Sládek et al., 2008), nebo v zemi žijících živočichů (Prokeš, 2007). Ale i větší vzdálenosti v rámci pohřebního areálu vlivem pohřebních praktik (Kostka a Šmolíková, 1998), anebo přesahující hranici pohřebiště, při rušení hřbitovů a umístováním kostí do kostnic či karnérů (Ariés, 2000a). Wood a Johnson (1987) také uvádějí případ značné dislokace dolních končetin vlivem zemětřesení.

Separace může být dvojího charakteru – za přítomnosti nebo bez přítomnosti fragmentace. V prvním případě se jedná o transpozici celého kostního elementu bez jeho porušení. Druhý případ separace je obdobný jako první s rozdílem, že dochází k rozpadu elementu. Tento druhý případ bychom mohli dále rozdělit na dva typy. Může docházet k destrukci elementu v primárním kontextu a separovaná část – fragment elementu – se dostává z jeho prvotního kontextu do nového. Nebo se nejprve od skeletu separuje celý element, který následně v novém kontextu podléhá destrukci, fragmentuje se, a dále se tyto fragmenty separují.

Příčiny prostorových transformací (separací) mohou být různé. Záleží na predepozičních a postdepozičních podmínkách formálních a mechanických vlastnostech elementů a jejich fragmentů, působení tafonomických činitelů, pohřebních praktikách apod. Otázkou však zůstává, jestli je separace elementů a jejich fragmentů v souborech izolovaných kostí kvalitativně či kvantitativně sledovatelná.

4.5. Tafonomické procesy

Tafonomické procesy jsou: „*fyzikální a chemické procesy vyvolané člověkem (zvířaty, nebo přírodními činiteli), které modifikují organismus po jeho smrti a skrze tyto procesy se začleňuje do geologického prostředí*“ (Stodder, 2008, p. 71). Pojem tafonomie zavedl v roce 1940 paleontolog I. A. Efremov a označil jím přechod organických pozůstatků mezi biosférou a litosférou. Později si tento termín v rámci

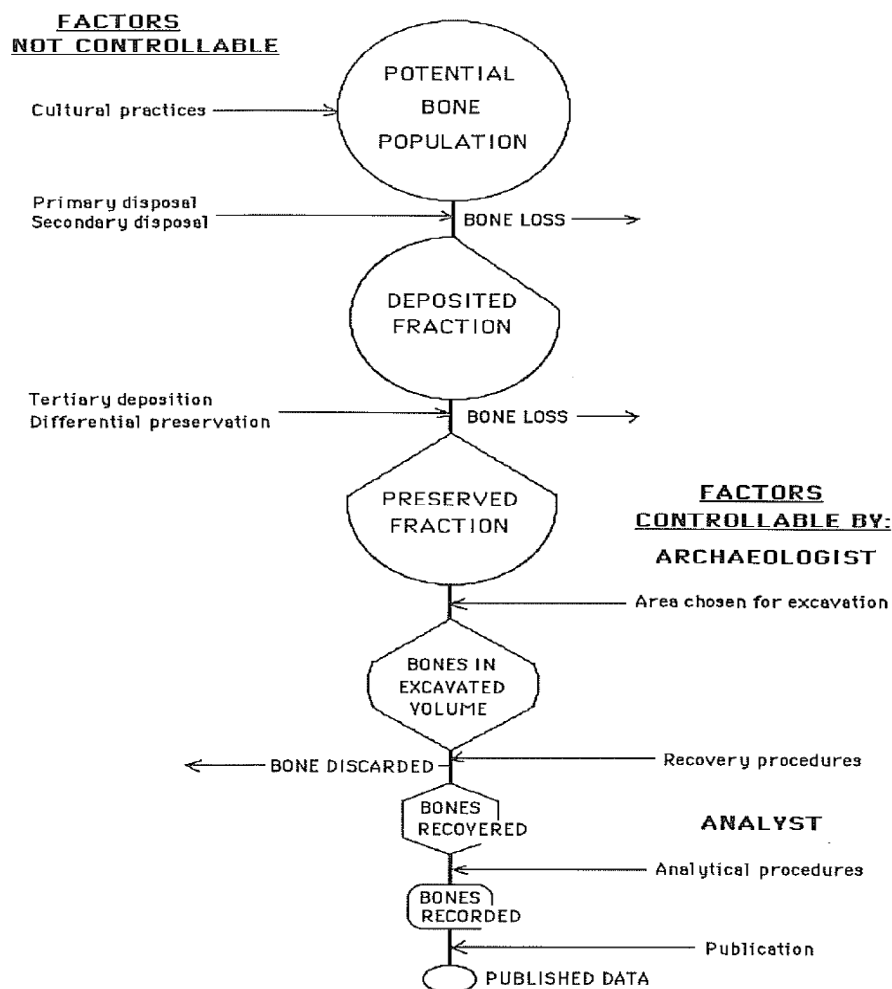
interdisciplinarity osvojily i další vědní obory – zooarcheologie, archeologie a antropologie (Lyman, 2010). Lyman (2010) dále uvádí, že Efremov rozdělil tafonomii na dvě části – dva intervaly. První, od smrti organismu až po jeho pohřbení. A druhý, od pohřbení k jeho objevení, či alteraci nebo jiné změně, kterou obecně nazýváme diagenese. Diagenetické změny jsou komplexy změn, které sledují přirozené alterace organické a anorganické složky kostní tkáně a jak jsou tyto změny ovlivněny vnějším prostředím (Vass, 2001; Hedges, 2002).

Existuje rozdíl mezi živou a mrtvou kulturou (světem). Živá kultura se procesem transformace stává kulturou mrtvou a ztrácí tak svou nenahraditelnou dynamiku a své lidské aktéry (*human agency*), kteří ji vytváří. Proces archeologizující transformace je doprovázen dalšími procesy, například tafonomickými procesy. Vlivem těchto procesů se informace o minulém světě vytrácejí a do našeho světa (naší živé kultury) vstupují jen jejich dochované fragmenty (Obr. 1.), které jsou nepochybně zkresleným odrazem minulé doby (Neustupný, 2007). Stejně tak informace obsažené v živých organismech (v tomto případě v kosterních pozůstatcích) se po smrti postupně vytrácejí nebo jsou úplně zničeny v důsledku fyzikálních a chemických změn (Gutierrez, 2001). Tafonomičtí činitelé svým působením nevytvářejí náhodné soubory, ale specificky utvořené vzorce (Lyman, 1994b).

Studiem tafonomie zjišťujeme, co se s ostatky odehrávalo v době po smrti jedince, a jakým způsobem jsou ovlivněny naše interpretace (Nawrocki, 1991). Jedná se o procesy, které postihují frekvenční výskyt kosterních elementů a ovlivňují jejich prostorovou distribuci (Lyman, 1994b). Nicméně tafonomie nám dává možnost studovat četné procesy a události, které společně určují stav dochování osteologického materiálu z archeologických lokalit (Gutierrez, 2001; Stodder, 2008).

Tafonomické transformace mohou být způsobeny přírodními procesy nebo antropogenní činností. Působení obou těchto činitelů může vést k ekvifinalitě (Outram et al., 2005, Sládek et al., 2008). Potíže s interpretací způsobené ekvifinalitou jsou do jisté míry odstranitelné, protože projev může být specifický a tudíž rozpoznatelný (Outram et al., 2005). Sládek et al. (2008, p. 319) však uvádí, že se nelze spolehlivě vyjádřit, které z faktorů jsou za změny zodpovědné a nelze jednoznačně stanovit „*kauzální a jedinečný vztah mezi činitelem a jeho prostorovým nebo anatomickým důsledkem*“. Hlavní tafonomičtí činitelé jsou zpravidla regionálního či lokálně specifického ražení (Margolis, 2007). Ekvifinální důsledky může mít například činnost

označovaná jako *trampling* (zašlapávání, rozdupání). Může být způsobena jak přírodními (zvířata), tak i antropogenními procesy. *Trampling* zvyšuje stupeň fragmentace, eroze, abrazivnosti a vede ke změnám na povrchu kosterních elementů (Stodder, 2008).



Obr. 1. Tafonomická transformace a ztráta dat. Převzato z Lyman (1994b, p. 28).

Hlavní přírodní proces, který narušuje pohřební kontexty, je pedoturbace. Ta se dělí na další specifické procesy, které přísluší jednotlivým dějům. Jedná se například o faunaturbaci (krty, červi, predátoři apod.), floraturbaci (např. kořenová eroze rostlin), kryoturbaci, graviturbaci, aquaturbaci, střídání suchých a vlhkých období apod. (Wood a Johnson, 1987).

V této práci na kostech sledujeme stopy (viz kapitola 6.7. Poškození) po okusu zvířaty (*gnaw marks*) a stopy kořenové eroze (*root marks*). Hlodavci svými zuby poškozují kosterní elementy a zanechávají na nich specifické stopy. Jsou rovněž odpovědní za separaci kostí z jejich původního kontextu (Lyman, 1994b). Kořeny

naleptávají (*root etching*) povrch kostí, kde jsou pak viditelné jejich otisky nebo mělké žlábký. Stopy kořenové eroze naznačují kontakt elementů s čilým vegetačním prostředím. Lze se také domnívat, že elementy se stopami kořenové eroze nebyly uloženy ve vyšších vrstvách (Lyman, 1994b). Narušení kořenovou erozí může vést k destrukci elementu (Prokeš, 2007). Rovněž je odpovědná za separaci kosterních elementů v rámci pohřebních kontextů (Sládek et al., 2008).

Dalším z tafonomických procesů je mikrobiální napadení a napadení plísněmi, které jsou odpovědnými faktory za diagenetické změny na kostech. Mikrobiální napadení je spojováno s ranými fázemi dekompozice (Jans et al., 2004). Mikroorganismy (např. *cyanobacteria* [Turner-Walker, 2012]) se do kostí dostávají přirozenou cestou, skrze cévní a nervové spojení. V kosti využívají energii z kolagenu a minerálů a rozkládají kostní tkáň vylučováním kyselin a enzymů. Ztráta proteinu v kostní tkáni vede ke zvýšení její pórovitosti (Gutierrez, 2001). Přítomnost a míra napadení je ovlivněna především teplotou a vlhkostí (Gutierrez, 2001; Lillie a Smith, 2007) a obecně přírodními a lokálními podmínkami (Child, 1995; Gutierrez, 2001). Už přítomnost rakve (Bell et al., 1996) nebo stav těla při pohřbu (Jans et al., 2004) může mít ovlivňující charakter pro rozvoj bakterií a plísní. V této práci jsme mikrobiální napadení a napadení plísněmi nesledovali. Nicméně se jedná o faktor, který může ovlivnit fragmentaci a separaci kostních elementů.

Antropogenní zásahy podrobně rozlišují Chroustovský a Průchová (2011) na intencionální a neintencionální. Intencionální antropogenní zásah zahrnuje například rušení pohřebišť z hygienických důvodů, narušení hrobů kvůli magickým vlastnostem některých pohřbených artefaktů nebo kostí, sekundární pohřební praktiky, vykazání z pohřebiště, zásahy proti revenantům, vykrádání apod. K neintencionálním zásahům se pak řadí intenzivní pohřební činnost, aktivity spojené se stavební činností nebo rekonstrukcemi a společenské akce konané na pohřebištích – například tanec apod. (více Chroustovský a Průchová, 2011). Vlivem těchto zásahů mohou vznikat izolované kosti nebo se měnit frekvence zastoupení elementů (Prokeš, 2007).

Do antropogenních zásahů řadíme i archeologický destruktivní výzkum. Badatelé a pracovníci archeologického výzkumu mohou svou manipulací (především postupem při exkavaci v terénu) poškozovat osteologické pozůstatky (Stodder, 2008) a napomáhat tak k jejich fragmentaci a separaci. Jedná se především o stopy od motyčky nebo lopatky, špachtlí a krumpáče. Postup exkavace je rozdílný u záchranných výzkumů a u výzkumů s odlišným badatelským zájmem (akademicky

podmíněným) (srovnání Kostka a Šmolíková, 1998; Sládek et al., 2008). Antropogenní poškození rozlišujeme tak, že stopy vykazují jistou pravidelnost nebo dochází ke specifickým projevům, což je v archeologickém záznamu nepřirozené (rovná plocha nebo linie, pravidelný otvor apod.; viz dále). Řez, řezná plocha či žlábek, jsou zpravidla rovné a z okraje se mohou odlupovat drobné částičky až šupinky (Obr. V. v příloze). Špachtle mohou zanechat lineární žlábkové stopy s tupým okrajem. Většinou je na jednom konci žlábek hlubší. Nejmarkantnější jsou stopy od krumpáče, které zanechávají čtvercové nebo obdélné otvory (Obr. VI. v příloze). Kost bývá v těchto místech rozdrčená, okraje v místě zásahu se mohou drobit a zpravidla jsou vtlačeny dovnitř. Ne vždy je možné rozeznat, jestli se jedná o poškození nástrojem nebo jiným předmětem. Například poškození od kontaktu s kamenem apod. K fragmentaci elementu může docházet již v terénu během exkavace nebo během laboratorního zpracování.

Známky jiných alterací, jako například dokladů kanibalismu jsme ani neočekávali. Mohli se však vyskytovat řezné stopy na kostech v místech kloubních spojů. Ne jako stopy po konfliktu nebo násilí, ale při některých pohřebních praktikách (např. sekundární pohřby) může docházet k řezným dislokacím kloubů, které ještě mohou držet v ucelené podobě, nebo v případě odstranění jiných nežádoucích měkkých tkání (Duday, 2009). Bohužel v některých případech je velmi obtížné rozlišit sekundární pohřební praktiky od poškození nástroji při exkavaci nebo jiných zásahů do hrobových kontextů. Z tohoto důvodu jsme takové poškození nerozlišovali.

Všechny zmíněné tafonomické procesy uvedené v této kapitole se podílejí na vzniku izolátu, jeho separaci a fragmentaci a ovlivňují jeho frekvenci výskytu v souboru.

4.6. Frekvence výskytu kostí

Fragmentace a separace kosterních elementů má specifický dopad na soubory izolovaných kostí, především na jejich frekvenci výskytu v souboru (Lyman, 1985). Jsou četnostním důsledkem působení dynamických procesů. Každý jedinec se skládá z konečného počtu kosterních elementů. Existuje však i mírná variabilita v počtu kosterních elementů v lidském skeletu, například v počtu obratlů, nebo počtu kostí lebky apod. (Čihák, 2011). Pokud vycházíme z tohoto předpokladu, můžeme jednoduchým součtem všech analyzovaných druhů elementů či jejich fragmentů

zjistit, které elementy jsou v souboru čtenější. Tudiž měly lepší předpoklady stát se jeho komponentou, a které se naopak nějakým mechanismem do souboru nedostaly. Problémem však zůstává, na kolik fragmentů se celek rozpadne. Soubor pak může obsahovat například pět pánevních kostí, které budou zastoupeny mnohem větším počtem fragmentů. Díky působení tafonomických činitelů však nebudeme schopni identifikovat, že hodnocené fragmenty náleží právě pěti pánevním kostem.

Lyman (1985) poznamenává, že pokud „specifický selektivní mechanismus „odstraní“ nějaký element, fragment elementu nebo část skeletu, pak různé frekvence výskytu nemohou samy osvětlit, které z mechanismů byly zodpovědným tafonomickým procesem postihujícím inkriminovaný soubor“ (Lyman, 1985, p. 226). Waldron (1987) ve své studii uvádí menší pravděpodobnost zachování periferně uložených elementů (kosti nártní, záprstní nebo články prstů). Tyto drobné elementy jsou při exkavaci lehce přehlédnutelné nebo zaměnitelné, například s kamenem nebo hrudkou zeminy. Můžeme tedy předpokládat menší frekvenci výskytu těchto kostí v souboru izolátů, než je jejich skutečné zastoupení na pohřebišti.

Hodnocení frekvenčního výskytu elementů a jejich fragmentů nám pomáhá lépe pochopit procesy, které se podílely na utváření souboru. Je nutné toto pozorování doplnit o další možné faktory. Těmito faktory mohou být například tafonomičtí činitelé, depoziční podmínky, kompletnost elementů, míra poškození elementů apod. Pokud se například dochová více stehenních kostí (velká robustní kost) k poměru dochování lopatek (tenká, lehce fragmentovatelná), je pak evidentní, že selekční mechanismy zvýhodňovaly nějakým způsobem stehenní kost. Naopak, pokud jsou v souboru stehenní kosti podhodnoceny, mohou být důvodem kupříkladu sekundární pohřební praktiky (selekce nápadných kostí, např. Aries, 2000a; Duday, 2009), nebo jiným způsobem ovlivňující faktory.

4.7. Mechanické vlastnosti kostí

Živá kostní tkáň je tvořena organickou a anorganickou složkou. Kombinace těchto složek dává kostem vlastnosti, díky kterým odolávají i velkému statickému a dynamickému zatížení. Pohybová a ochranná funkce jsou důvodem, proč jsou kosti tvrdé a pevné, ale i pružné. Experimentálně byly zátěžovým testům podrobeny kosti vyjmuté z organismu. Naměřené hodnoty jsou pouze orientační. Největší odolnosti dosahují kosti v tahu. Při osovém zatížení je to například u holenní kosti 1350 kg, u

stehenní kosti 760 kg a u kosti pažní až 600 kg. Pevnost v ohybu (při kolmém zatížení kosti na její střed) je zhruba o polovinu menší než předchozí uvedené hodnoty. Při zkrutu (torzi) pak vykazují kosti nejmenší pevnost (lýtková kost 6 kg, klíční kost 8 kg, pažní kost 10 kg apod., více Čihák, 2011). Tvar nebo typ (dlouhé, ploché, krátké, nepravidelné) některých elementů je také funkční záležitostí, který má dopad na mechanické vlastnosti kostí (Kummer, 1970). Například dlouhé kosti mají svůj protáhlý a rovný tvar z důvodu přenášení silového tlaku z jednoho místa na druhé. Zakřivení elementu by pak v některých případech bylo spíše překážkou (Currey, 1982). Vliv na pevnost kosti má rovněž pohlaví jedince a věk. Čihák (2011) uvádí, že ve stáří snesou kosti nápor o 10 – 20% menší. Kostí juvenilních jedinců mají odlišný poměr minerální a organické složky, oproti kostem dospělých jedinců a tudíž i jiné mechanické vlastnosti. Tento rozdíl má nezanedbatelný vliv pro zchovalost materiálu a působení tafonomických činitelů (Walker et al., 1988). Pohlaví pak může být ovlivňujícím faktorem hlavně u žen skrze dekalifikaci kostní tkáně (výživa plodu, laktace) a pravděpodobným vznikem osteoporózy vlivem mateřství (Kovacs a Kronenberg, 1997).

Archeologizované kosti (*dry bones*) a obecně kosti mimo živé organismy mají jiné mechanické vlastnosti než kosti v živém organismu (Wieberg a Wescott, 2008; Čihák, 2011; Karr a Outram, 2012). V archeologickém záznamu jsou kosti zbaveny organických látek (záleží však na stáří materiálu a jeho depozičních podmínkách). Ztratily svou pružnost, kterou disponovaly za života organismu. Nicméně anorganická složka ponechává kostem jejich pevnost, i když se tak kosti stávají křehčími. Postupně se ovšem vytrácí i minerální prvky z kostní tkáně. Díky tomu povrch kostí pórovatí a kost se stává náchylnější k působení okolních vlivů (Stodder, 2008). Mechanické vlastnosti kostí jsou tedy jedním z klíčových faktorů ovlivňující fragmentaci a separaci.

V archeologickém záznamu je kompakta mnohem častější než trámčina, která je pórovitá a lehká (Weiss, 2009). Margolis (2007) například uvádí, že kosti se silnější kompaktní kostí mají v souboru vyšší zastoupení, než kosti s tenkou kompaktní. Vysušení kostí pak vede k degradaci jejich mechanických vlastností v celé kostní struktuře (Ammann, 1968). Roli zde také hraje hustota kostní tkáně (*bone mineral density*), velikost, tvar a velikost povrchu (*surface area*) elementu (Stodder, 2008). Díky hustotě kostní tkáně můžeme předpovídat, které elementy mají větší šanci se dochovat a pochopit tak nepřítomnost některých elementů (Willey et al., 1997).

Willey et al. (1997) dále uvádí, že existuje přímá úměra mezi hustotou kostní tkáně a šancí pro dochování kostí. Vysoká hustota kostní tkáně je pozorována u těl dlouhých kostí, které mívají vyšší frekvenci výskytu v souboru. Hutná kostní tkáň navíc vykazuje hustější strukturu krystalického hydroxyapatitu, díky kterému kost lépe odolává zvětrání (White a Hannus, 1983). Stejně tak Waldron (1987) uvádí, že lepší stupeň dochování vykazují těžší kosterní elementy a kosti s vyšší hustotou kostní tkáně (*olecranon*, *trochanter major*, *processus mastoideus ossis temporalis* atd.). Naopak je tomu u anteriorně a posteriorně situovaných elementů (*sternum*, *processus coracoideus scapulae*, *acromion*, *os pubis* atd.), které vykazují menší zchovalost. Nejméně se pak zachovávají elementy periferních oblastí skeletu (*phalanges manus et pedis*, *os coccygis* atd.).

4.8. Depoziční podmínky

Podmínky uložení kosterního materiálu jsou jedním z nejdůležitějších aspektů pro jeho zachování (Gordon a Buikstra, 1981; Child, 1995; Hedges, 2002). Chemické a fyzikální změny kostní tkáně totiž závisí na vlastnostech prostředí, ve kterém jsou uloženy (Child, 1995). Půdy jsou velmi dynamickým prostředím (Wood a Johnson, 1987). Střídavé geochemické procesy negativně ovlivňují zchovalost kostní tkáně a napomáhají k diagenetickým změnám (Hedges, 2002).

Depoziční podmínky úzce souvisí s působením některých tafonomických činitelů (Baxter, 2004). Vliv na dochování kostí v archeologickém kontextu mají také jednotlivé typy půd a jejich teplota (Baxter, 2004), půdní pH (Gordon a Buikstra, 1981), přístup kyslíku (Lillie a Smith, 2007), časté vysoušení a promáčení zeminy (Walker et al., 1988; Littleton, 2000; Stodder, 2008), promrzání, působení spodní vody nebo například přítomnost ropných látek (Wood a Johnson, 1987; Stodder, 2008) apod. Ropné látky uvádím také z důvodu, protože se ve spodních vrstvách na lokalitě U Zvonu objevily ropné skvrny, které byly pozůstatkem blízké benzínové pumpy. Tyto chemické látky mohly rovněž kvalitativně a kvantitativně ovlivnit soubor izolovaných kostí.

Půdní pH je ovlivněno lokálními přírodními podmínkami. Například časté vyplavování minerálů z půdy zvyšuje její kyselost. Variabilita v hodnotách pH může existovat i v rámci jedné lokality (Lee-Thorp a Sealy, 2008). Ideální půdní podmínky pro uchování osteologického materiálu jsou prostředí s neutrální nebo lehce

zásaditou zeminou (Child, 1995). Dále platí, že čím vyšší kyselost půdního pH (například v hlinitých půdách [Baxter, 2004]), tím více se urychluje narušení kostní tkáně a snižuje se tak pravděpodobnost pro dochování osteologického materiálu (Gordon a Buikstra, 1981; White a Hannus, 1983). Menší hodnota pH než pět napomáhá k demineralizaci kostní tkáně (Child, 1995). Ionty v kyselém prostředí rozpouštějí vápník z hydroxiapatitu kosti a ta se tak zbavuje svých minerálních látek, ztrácí svou pevnost a hutnost. Stává se náchylnější pro působení tafonomických činitelů (White a Hannus, 1983). Míra kyselosti půdního pH, při které začne docházet k rozpouštění hydroxiapatitu, však není známá (Child, 1995). Bohužel nebylo půdní pH na lokalitě U Zvonu sledováno.

Baxter (2004) popisuje předpoklady pro dochování osteologického materiálu v různých půdních podmínkách, se kterými se setkáváme v archeologickém prostředí. Písčité půdy vedou obecně k nízkému dochování kosterních pozůstatků (Walker et al., 1988). Ale například specifická kombinace variability pH písčitého prostředí, vysoké teploty a suchého větrného prostředí (např. Jižní Amerika a Egypt), může vést k zachování nejen kostí, ale i vlasů a kůže (Baxter, 2004). Extrémně suché, ale i extrémně vlhké prostředí zabraňuje napadení mikroorganismy a plísněmi (Hedges, 2002). Štěrkové prostředí kombinuje několik faktorů – propustnost vody, nasákavost, kyselost a anaerobitu. Pokud je kyselost vyšší, jsou podmínky pro dochování kosterního materiálu sníženy (Gordon a Buikstra, 1983). Vyšší nasákavost štěrku může sice vést k absorbování vody do kostí, ale také může přispívat k lepším podmínkám pro dochování kostí (Baxter, 2004). Oproti tomu Hedges a Milard (1995) uvádějí, že voda působící na kostní elementy zvyšuje jejich pórovitost a náchylnost k diagenetickým změnám. Opakovaným působením vody ztrácí kosti obsah minerální látek (Stodder, 2008). Zvýšená salinita (slanost) půdy rovněž napomáhá k horším podmínkám pro dochování (Baxter, 2004).

U zemin s vyšším obsahem vápníku (např. křídly nebo vápence [Baxter, 2004]), písčitých a lužních půd se předpokládá zvýšená porosita, abraze a křehnutí kosterních elementů (Hedges, 2002). V případech, kdy jsou vhodně kombinované další podmínky v půdě, tomu tak nemusí být. Specifické depoziční podmínky jsou pak v jeskyních. Ústí jeskyně je zpravidla ovlivněno přírodními podmínkami zvenčí. Postupem dovnitř jeskyně se zvyšuje vlhkost. Záleží také na hornině či sedimentu, ve kterém je jeskyně vytvořena (Baxter, 2004).

5. Materiál

Zkoumaný materiál pochází ze zaniklého středověkého etážového hřbitova v Plzni U Zvonu. Konkrétně se jedná o část souboru izolovaných lidských kostí, které byly exkavovány při záchranném archeologickém výzkumu v roce 2010 – 2011. Sbírká izolátů je uložena v depozitáři Západočeského muzea v Plzni, kde byly kosti rovněž analyzovány. Celkem se jedná o soubor 15 pytlů (jeden o objemu 100l) kosterních izolátů. Nicméně pro potřeby této práce byl s ohledem na časovou náročnost vzorek omezen na 1/5 z celého souboru. Minimální rozměr analyzované kostní jednotky je 1x1 cm. Celkem bylo hodnoceno 3276 kostních jednotek. Domníváme se, že toto množství zastoupení bude k získání potřebných informací dostačující.

Předem je důležité zmínit, že vzorek byl zvolen zcela náhodným výběrem, aby nedošlo k zvýhodnění či naopak opomenutí některých elementů, které by mohlo vést k zavádějícím výsledkům. Zajištění náhodného výběru bylo docíleno již uložením osteologického materiálu do pytlů. Materiál se ke zpracování dostával z odkrývané lokality sice postupně, ale postup exkavace probíhal na několika místech a vrstvách najednou. Další manipulací při zpracování a ukládání do pytlů došlo k promísení kostních jednotek. Analyzovaný vzorek by měl teoreticky obsahovat kosti ze všech časových horizontů, stratigrafických vrstev a podmínek uložení, které byly archeologickým výzkumem odkryty. Jedná se pouze o kostní jednotky, které se vyskytovaly v zásypech hrobů nebo v rámci exkavované plochy. Ne jako součásti anatomicky zachovaných skeletů.

Vzorek analyzovaný v této práci obsahuje pouze lidské kosti. Neobsahuje zuby, kosterní pozůstatky vykazující známky juvenility, kosti postižené patologiemi a kosti alterované ohněm. Zuby nebyly zahrnuty z důvodu jejich odlišného ontogenetického vývoje, jiných mechanických a funkčních vlastností a také proto, že podléhají jinou měrou tafonomickým činitelům, separaci, fragmentaci a transformacím vůbec (Lyman, 1994b). Dentice, která byla součástí horních a dolních čelistí, byla sice součástí zkoumaného vzorku, ale pro analýzu nebyla brána ve zřetel. Juvenilní kosti byly vyřazeny, protože dosud nedosáhly srůstu v místě růstových chrupavek. Podléhají separaci a fragmentaci odlišným způsobem, protože v místech srůstu má kost jiné (je oslabena) mechanické vlastnosti než kost dospělého jedince. Kostí nedospělého jedince, které nedosáhly srůstu v místě růstových chrupavek, ale jsou stále složeny z několika se vyvíjejících růstových center

(např. vývoj obratlů, stehenní kost apod.), budou opět podléhat fragmentaci, separaci a tafonomickým činitelům jiným způsobem. Strukturální složení kostní tkáně u juvenilních jedinců je odlišné od kostní tkáně dospělců a kosti tudíž vykazují jiné mechanické vlastnosti (Cowin, 1989). Dále jsou kosti nedospělých jedinců jiného minerálního složení, nejsou kalcifikovány na takové úrovni jako kosti dospělých jedinců (Walker et al., 1988). Z důvodu odlišného minerálního složení je nutné hodnotit juvenilní kosti a kosti dospělých jedinců zvlášť (Gordon a Buikstra, 1981). Jejich reakce pod tlakem sedimentu nebo vlivem pH půdního prostředí je odlišná (Guy et al., 1997). Hroby juvenilních jedinců mohou vykazovat jiné prostorové a formální vlastnosti (Manifold, 2012). Roli zde hraje také věk, pohlaví jedince a byla-li kost někdy postižena patologií (Cowin, 1989). Patologické projevy se rovněž podepisují na mechanických vlastnostech elementů či jejich fragmentů. Mohou mít například vliv na dislokaci kostry (Sládek et al., 2006), rychlost a podmínky dekompozice (Manifold, 2012) nebo separaci kostních jednotek v postdepozičním uložení. Například u nesrostlých fraktur.

Bohužel je materiál zbaven časového, prostorového nebo archeologicko-antropologického kontextu. Tuto nevýhodu však můžeme využít ve prospěch pro budoucí studie podobných souborů. Postup, který zde předkládáme, bude možný využít univerzálně, a to na soubory různého osteologického složení, různé zachovalosti, podmínek uložení, různého stáří apod.

Na lokalitě nebyla odhalena žádná depoziční kostí, ve smyslu skládky kostí nebo podobné kumulace, které by se přisuzoval původ v pohřebních praktikách z období užívání hřbitova. Objevena byla pouze jedna kumulace lidských kostí, a to u západní stěny kostela. Byla vytvořena uměle během předchozího archeologického výzkumu v roce 1946 (Orna, osobní konzultace). V souboru se tento materiál nenachází.

6. Metody

Manipulace s kosterními elementy a jejich fragmenty před jejich analyzováním pro účely této práce byla minimální. Jednalo se o běžný postup při zpracování osteologického materiálu z archeologického výzkumu. Po vyjmutí ze země byly izolované kosti spolu s dalšími nálezy typu keramika, zvířecí kosti, sklo, drobné železné artefakty apod., společně uloženy podle nálezového kontextu do papírových

sáčků. V laboratořích Západočeského muzea byly kosti mechanicky (kartáčkem) očištěny a uloženy zpět do papírových sáčků. Následně byly analyzovány pro výpočet minimálního počtu jedinců (MNI) a uloženy do plastických pytlů. MNI jsme v této práci nesledovali. Zmiňujeme se zde záměrně o manipulaci s osteologickým materiálem, protože způsob zpracování a způsob uložení může soubor ovlivnit jak kvantitativně tak i kvalitativně. V případě křehkého a drolivého materiálu, jako jsou právě kosti z archeologických výzkumů, by mohlo jít o negativní narušení výsledků. Manipulace s osteologickým materiálem probíhala s náležitou opatrností.

U každé pozorované kostní jednotky jsme, včetně primární identifikace, stranového určení a zařazení do kategorie, hodnotili její kompletnost, charakteristiku zlomu, úroveň zvětrání, poškození a měřili maximální délku.

6.1. Identifikace

Identifikace elementu nebo fragmentu elementu probíhala na základě odborné literatury a osteologických standardů (Buikstra a Ubelaker, 1994; White a Folkens, 2005; Čihák, 2011). K dispozici byly rovněž kompletní kosterní elementy jako srovnávací materiál. U některých kostních jednotek již nebylo možné provést identifikaci z důvodu jejich nedostatečného a zlomkovitého zachování nebo pro vysoký stupeň abraze kosti, který vedl ke smazání identifikačních znaků. Stejně tak dochovaná velikost fragmentu ovlivňuje jeho identifikaci (Stodder, 2008). Pokud nebyla možnost identifikace na úrovni zařazení k určitému elementu, byla sledovaná kostní jednotka zařazena do kategorie Neidentifikovatelných kostí. Tyto neidentifikovatelné fragmenty elementů byly dále rozpoznávány alespoň na úrovni typu kosti – dlouhá, krátká, plochá, mnohotvará apod. Pokud nebylo možné kostní jednotku zařadit ani na tuto úroveň, označili jsme ji jako indiferentní. U neidentifikovaných kostí byl sledován stupeň zvětrání, charakter lomu, poškození a měřena maximální délka. Kompletnost byla vždy fragmentární.

6.2. Stranové určení

Stranové určení je vedle samotné identifikace druhou základní informací sledovanou u kosterního elementu či fragmentu elementu. Pokud jsme nebyli schopni určit, jestli se jedná o kostní jednotku z pravé nebo levé strany, hodnotili

jsme jako Neurčeno. Primárním důvodem stanovení četností stranového určení je zjistit, jestli se elementy z pravé a levé strany zachovávají stejně, nebo zdali existuje nějaká neočekávaná výjimka či trend. Vzniklá odchylka by mohla být vysvětlena specifickými pohřebními praktikami. Články prstů jsme stranově nerozlišovali. Rozlišení by mohlo být velmi nepřesné.

Stranové určení elementů jsme testovali pomocí testu dobré shody (Souček, 2006). Test dobré shody porovnává teoretické (hypotetické, očekávané) a výběrové (empirické) četnosti. V tomto případě se pro teoretickou četnost použily elementy z pravé strany a jako výběrovou četnost elementy z levé strany. Testem dobré shody zjišťujeme, jestli jsou od sebe tyto dvě četnosti statisticky významně odlišné. Existující rozdíly jsou důsledkem náhodného výběru. Testování probíhalo na 95% hladině spolehlivosti.

6.3. Kategorie elementů

Nejprve došlo k vytvoření osmi kategorií kostí, které úzce souvisí se stanovenými hypotézami. Proto bylo základním kritériem rozdělení elementů do kategorií jejich relativní velikost, robusticita, morfologie a anatomicky-funkční členění dle Čihák (2011). V jednotlivých kategoriích předpokládáme obdobnou fragmentaci, separaci anebo obdobné transformační a tafonomické procesy. Stejně tak frekvence výskytu kostních jednotek by měla být u jednotlivých elementů v kategoriích obdobná. Rozvržení elementů do kategorií s pozorovanými absolutními četnostmi je zobrazeno v tabulce 1.

Dlouhé kosti byly rozděleny do tří kategorií podle jejich relativní velikosti a robusticity na velké, střední a malé dlouhé kosti. U dlouhých kostí jsme navíc zaznamenávali dochované části – proximální a distální část a tělo elementu (viz dále). V této práci se nerozlišovaly články prstů nohy a ruky. Velikostně i morfologicky se jedná o velmi podobné elementy. Elementy *calcaneus* a *talus* jsme pro jejich relativní velikost a morfologicky členitější tvar, oproti ostatním zánártním kostem, přiřadili do kategorie Mnohotvarých kostí. Kost patní a hlezenní také lépe odolávají destrukci oproti ostatním nártním kostem (Waldron, 1987). Ve všech tabulkách jsou tyto kostní jednotky uváděny pod zkratkou Cal,Tal. Z těchto důvodů jsou v celé práci nártní kosti vedeny bez kostí patních a hlezenních.

Tab. 1. Rozdělení elementů do kategorií s pozorovanými absolutními četnostmi.

Kategorie	Element	n
Dlouhé velké (237)	Humerus	46
	Femur	116
	Tibie	75
Dlouhé střední (177)	Radius	66
	Ulna	60
	Fibula	51
Dlouhé malé (324)	Clavicula	52
	MC	130
	MT	142
Ploché (534)	Costae	467
	Sternum	11
	Scapula	56
Mnohotvaré (577)	Vertebra	346
	Sacrum	24
	Coxae	78
	Mandibula	52
	Cal, Tal	77
Drobné (322)	Carpi	36
	Tarsi	66
	Phalange	191
	Patella	29
Lebka (333)	Neurocranium	286
	Splanchnocranium	41
	Kombinace	6
Neidentifikované (772)	Indiferentní	468
	Dlouhé	269
	Mnohotvaré	35
Total		3276

6.4. Kompletnost

Kompletnost je kategorie pozorování, kdy je každá kostní jednotka hodnocena procentuálním zastoupením z původního (normálního) stavu elementu. Problém nastává již záhy v momentě pozorování badatele, který v tomto případě může mít sklon k subjektivitě. Proto byl zvolen co možná nejjednodušší postup hodnocení po větších procentuálních intervalech. Kompletnost jsme hodnotili dle Margolis (2007) ve třech úrovních: kompletní (*complete*; zachováno 100-76% elementu), částečné (*parcial*; zachováno 75-26%) a fragmentární (*fragmental*; zachováno 25-0%).

6.5. Lom

Proměnnou Lom jsme zavedli pro zjištění relativní doby fragmentace kosti. Na pěti úrovních se hodnotila ostrost lomu a jeho zbarvení. Kostní jednotku, která nebyla fragmentována nebo jinak poškozena, a tudíž byla bez lomové plochy, jsme hodnotili jako „bez lomu“ (1). Pokud byl lom ostrý a světlejší než povrch kosti, hodnotili jsme jako „recentní lom“ (2). Neostrý, tmavý nebo lom ve stejné barvě jako povrch kosti, jsme hodnotili jako „starší lom“ (3). Pokud element vykazoval známky recentního i staršího lomu, hodnotili jsme jako „kombinace“ (4). V případě, že nebylo možné s jistotou rozeznat charakter lomové plochy, byla kostní jednotka hodnocena jako „nejasný lom“ (5). Objevily se i případy, kdy byl lom ostrý a zbarvený stejně jako povrch kosti. Nebo naopak se světlý lom vyskytoval i v případě neostrých lomů, kdy původně zbarvená lomová plocha mohla být ohlazená, a zbarvení tak zmizelo. Obě tyto lomové plochy jsme hodnotili jako „starší lom“ (3).

6.6. Zvětrání

Zvětrání nebo zvětrávání (*weathering*) je proces, který působí na kosti na povrchu terénu nebo v půdě. Dochází při něm k degradaci struktury kostní tkáně způsobené oddělením organické a anorganické složky za působení chemických a fyzikálních činitelů. Zjednodušeně se jedná o stav, kdy je kostní element vystaven povětrnostním podmínkám (Behrensmayer, 1978). Jedná se o důležitý biostratigrafický (časový úsek od smrti organismu do doby jeho pohřbení) a tafonomický indikátor (Lyman, 1994b). Efekt zvětrávání a jeho načasování může být ovlivněn klimatickými a přírodními poměry (Stodder, 2008). Hodnocení bylo prováděno makroskopicky. Zvětrání se muselo projevit alespoň na 1 cm² povrchu kostní jednotky.

Zvětralý povrch kostí byl hodnocen v šesti kategoriích (stupeň 0 – 5) dle Behrensmayer (1978) podle pokročilosti zvětrávání. Stupeň 0: na povrchu kosti nejsou známky popraskání nebo odlupování. Stupeň 1: na povrchu kosti se začínají objevovat praskliny, obvykle jsou tyto praskliny rovnoběžné s fibrózní strukturou kosti. Kloubní plochy mohou jevit známky mozaikovitého popraskání. Stupeň 2: z povrchu se začínají odlupovat svrchní vrstvy kompakty a odhalují tak vnitřní struktury kosti. Stupeň 3: části svrchní vrstvy kompaktní kosti odpadly úplně a povrch

je hrubý a homogenně zvětralý. Objevují se větší praskliny. Stupeň 4: povrch kosti je zdrsňený a jsou zde evidentní hluboké praskliny s roztřepeným nebo zaobleným okrajem. Z kosti mohou odpadat některé její části. Stupeň 5: kost se rozpadá již při exkavaci a manipulaci, je křehká a snadno se fragmentuje. Může být obtížné kost identifikovat.

Behrensmayer (1978) poznamenává, že v některých případech (například mezi stupni dva a tři) docházelo k problematickému skórování. V této práci se vyskytl obdobný problém. Z tohoto důvodu jsme se rozhodli spojit jednotlivé stupně skórování, aby docházelo k co nejmenšímu ovlivnění subjektivitou badatele. Z šesti kategorií jsme vytvořili tři, a to následujícím způsobem. V závorce je uvedeno skórování dle Behrensmayer (1978): malé zvětrání (stupeň 0 – 1), střední zvětrání (stupeň 2 – 3), velké zvětrání (stupeň 4 – 5).

6.7. Poškození

Na kostech byly sledovány čtyři možnosti poškození: Bez poškození, Stopy po poškození nástrojem, Stopy po okusu zvířaty (*gnaw marks*) a Stopy kořenové eroze (*root marks*), popřípadě kombinace těchto alterací. Zpočátku byla tendence rozlišovat všechny druhy poškození. Nicméně relativní četnosti stop po okusu zvířaty a stop kořenové eroze byly zanedbatelné. Proto jsme sjednotili jednotlivé druhy poškození a zavedli binární rozdělení na Poškozeno a Bez poškození. Některé elementy nebo jejich fragmenty byly poškozeny vícečetně. V těchto případech se počítalo pouze za jedno poškození. Analyzované kostní jednotky jsme označili jako Poškozené pouze v případě, že na nich byly evidentní stopy cizího zásahu. V případě, že jsme nemohli se stoprocentní jistotou poškození určit, hodnotilo se jako Bez poškození.

6.8. Maximální velikost

Elementy a fragmenty elementů byly měřeny v centimetrech ve své dochované maximální délce na osteologické desce s přesností na jeden milimetr. Cílem tohoto měření je zjistit, jestli absolutní velikost kostní jednotky hraje nějakou roli v souboru izolovaných kostí. Má-li rozměrově větší element či jeho fragment větší

šanci se do souboru dostat, nebo bude v terénu podléhat většímu působení tafonomických činitelů, rozpadne se na menší části a poté nebude z nějakého důvodu (úplný zánik, záměna za nedůležitý prvek při exkavaci, apod.) součástí souboru. Nebo naopak má-li rozměrově menší element nebo jeho zlomek větší šanci se v souboru objevit, protože není tolik vystaven působení tafonomických činitelů a nedojte tak k jeho zániku?

6.9. Frekvence výskytu kostí

Sledováním frekvence výskytu kostí v souboru jsme zjišťovali, jestli jsou četnosti analyzovaných kostních jednotek podhodnocené nebo nadhodnocené. Abychom mohli ověřovat četnosti elementů, vytvořili jsme na základě odborné literatury (Čihák, 2011) referenční soubor obsahující elementy jednoho jedince (n=198; nezahrnuje sluchové kůstky a kosti sezamské). Referenční soubor tedy obsahuje dvě stehenní kosti, 24 žeber, jednu kost křížovou atd. (tabulka 2., která obsahuje údaje o četnostech v referenčním souboru je zobrazena v kapitole 7.8.). Jako hodnoty k porovnání frekvencí nám posloužili relativní četnosti elementů z analyzovaného souboru izolátů a z referenčního souboru. Pro zjednodušení byly kosti lebky (původně rozdělené na *neurocranium*, *splanchnocranium* a jejich kombinaci) sjednoceny v jeden celek. Matoucí může být absolutní počet lebečních elementů v referenčním souboru, protože dolní čelist se nachází v kategorii mnohotvarých kostí. Také počet nártních kostí je jiný než obsahuje lidský skelet. Důvodem je přesun kosti hlezenní a patní mezi mnohotvaré elementy. Kategorie neidentifikovaných elementů byla cíleně vynechána.

Frekvenci výskytu kostí jsme testovali pomocí testu shody dvou relativních četností (Jindrová et al., 2008). Testování probíhalo na 95% hladině spolehlivosti. Testem shody dvou relativních četností zjišťujeme, jestli se porovnávané relativní četnosti dvou nezávislých výběrů od sebe statisticky významně liší. Pokud není mezi relativními četnostmi statisticky významný vztah, pak jsou frekvence výskytu elementů shodné. Podhodnocené nebo nadhodnocené frekvence výskytu elementů jsme posuzovali podle toho, jestli je relativní četnost ze souboru izolátů menší nebo větší než v referenčním souboru. Pokud je relativní četnost větší, pak je frekvence dochovaných elementů nadhodnocená, pokud je menší, tak je frekvence

podhodnocená. Test shody dvou relativních četností nepoužívá P hodnotu. Proto jsme vždy porovnávali testové kritérium a kritickou hodnotu.

6.10. Intra-observační chyba

Metodu použitou v této práci jsem testoval pomocí intra-observační chyby, tedy odchylky pozorování jedním badatelem v rámci prvního a druhého hodnocení. Ze souboru bylo namátkou vybráno 138 kostních jednotek. Tento vzorek jsem hodnotil dvakrát s odstupem jednoho kalendářního týdne. Hodnotil jsem proměnné Kompletnost, Zvětrání, Lom a Poškození.

Intra-observační chybu jsme dále testovali pomocí koeficientu Cohenovy kappy k (Landis a Koch, 1977), který uvádí výsledek vyjádřený v procentech mezi oběma hodnoceními (Jakobsson a Westergren, 2005). Výsledkem je míra shody obou měření vyjádřená pomocí slovního hodnocení (Tab. 3.), které odpovídá získanému procentuálnímu intervalu (Landis a Koch, 1977). Tuto metodu lze použít pro nominální i ordinální data. Cohenova kapa je vytvořena ve dvou variantách: nevážená (*Cohen's Unweighted Kappa* [Cohen, 1960]) a vážená (*Cohen's Weighted Kappa* [Cohen, 1968]). Cohenova nevážená kapa funguje na bázi párového srovnání. Pracuje také s binárními hodnotami (0,1; přítomnost, nepřítomnost), a proto jsme ji použili u proměnné Poškození. Cohenova vážená kapa umožňuje přiřazovat hodnotám váhy a je vhodnou metodou pro práci s ordinálními daty (Jakobsson a Westergren, 2005). Cohenovu váženou kappu jsme použili u proměnných Kompletnost, Zvětrání a Lom, kde hodnocení nabývá více hodnot.

Tab. 3. Míra shody Cohenovy kappy dle Landis a Koch (1977).
České ekvivalenty převzaty z Pankowská et al. (2014).

Kappa (k)	Síla shody	
< 0,00	Náhodná	<i>Poor</i>
0,01 - 0,20	Slabá	<i>Slight</i>
0,21 - 0,40	Mírná	<i>Fair</i>
0,41 - 0,60	Průměrná	<i>Moderate</i>
0,61 - 0,80	Značná	<i>Substantial</i>
0,81 - 1,00	Dokonalá	<i>Almost Perfect</i>

Výpočet intra-observační chyby jsme provedli pomocí online kalkulátoru (http://www.statstodo.com/CohenKappa_Pgm.php).

6.11. Statistická šetření hypotéz

Nejprve jsme testovali rozložení normality pomocí Shapiro-Wilkova testu proměnných Kompletnost, Lom, Zvětrání a Poškození, které k testování hypotéz použijeme. Výběr elementů pro testování normality probíhal podle aktuálně testované hypotézy. Výsledná hodnota $p < 0,05$ pro všechny sledované proměnné ukazuje, že rozdělení není normální. Dále proto byly použity neparametrické testy.

Hypotézy 1 a 2 vycházejí ze stejného základu. Liší se pouze v datech, respektive charakteru zvolených elementů, které mezi sebou porovnáváme. V případě hypotézy 1 jsme ze souboru vybrali velké a malé elementy, podle jejich relativní velikosti za normálního, neporušeného stavu v jakém se nacházejí v lidském skeletu. Cíleně byl použit termín „relativně“, protože i délka stejných elementů je v populaci variabilní. Jako relativně velké elementy jsme zvolili kosti, které obecně v organismu nabývají největších rozměrů. Kost lýtková sem byla zařazena kvůli její maximální délce, i když se jedná o zřetelně tenčí kost. Kost pánevní pak díky jejím celkovým rozměrům. Relativně malé elementy byly vybrány obdobným způsobem, kdy jsme volili velikostně co nejmenší. Četnosti a rozdělení elementů na relativně malé a relativně velké k hypotéze 1 je uvedeno v tabulce 4. Pro hypotézu 2 byly ze souboru vybrány elementy s hutnou a slabou kompaktní kostí. Jako elementy s hutnou kompaktní kostí jsme vybrali kosti, které mají v těle nosnou funkci nebo velmi dobře odolávají statickému zatížení (Čihák, 2011). V případě elementů se slabou kompaktní kostí jsme se inspirovali prací Waldrona (1987). Tyto elementy jsou křehké, nemají hustou trámčinu (jako například stehenní nebo holenní kost ve své proximální části) a lehce tak podléhají destrukci. Rozdělení a četnosti elementů pro hypotézu 2 jsou uvedeny v tabulce 5. Hypotéza 3 porovnává jednotlivé analyzované elementy mezi sebou podle kategorií kostí vymezených v této práci (Tab. 1.).

Tab. 4. Absolutní a relativní četnosti relativně velkých a malých elementů pro testování hypotézy 1.

	Element	Soubor izolátů		Referenční soubor	
		Abs	Rel*	Abs	Rel
Velké elementy	Femur	116	0,046	2	0,010
	Tibie	75	0,030	2	0,010
	Humerus	46	0,018	2	0,010
	Coxae	78	0,031	2	0,010
	Fibula	51	0,020	2	0,010
	Suma	366	0,146	10	0,051
Malé elementy	MC	130	0,052	10	0,051
	MT	142	0,057	10	0,051
	Tarsi	66	0,026	10	0,051
	Carpi	36	0,014	16	0,081
	Phalange	191	0,076	56	0,283
	Suma	565	0,226	102	0,515
Total		2504	1,000	198	1,000

*Relativní četnosti jsou vztaženy k celkovému počtu v souboru izolátů bez neidentifikovaných kostí.

Tab. 5. Absolutní a relativní četnosti elementů s hutnou a slabou kompaktní kostí pro testování hypotézy 2.

Kategorie	Element	Soubor izolátů		Referenční soubor	
		Abs	Rel*	Abs	Rel
Hutná kompakta	Femur	116	0,046	2	0,010
	Tibie	75	0,030	2	0,010
	Humerus	46	0,018	2	0,010
	Radius	66	0,026	2	0,010
	Ulna	60	0,024	2	0,010
	Suma	363	0,145	10	0,051
Slabá kompakta	Costae	467	0,187	24	0,121
	Sternum	11	0,004	1	0,005
	Scapula	56	0,022	2	0,010
	Tarsi	66	0,026	10	0,051
	Carpi	36	0,014	16	0,081
	Suma	636	0,254	53	0,268
Total		2504	1,000	198	1,000

*Relativní četnosti jsou vztaženy k celkovému počtu v souboru izolátů bez neidentifikovaných kostí.

Stanovené hypotézy jsme ověřovali pomocí několika statistických testů. Fragmentaci v hypotéze 1 a 2 jsme testovali pomocí Mann-Whitneyho testu (Zar, 1999). Mann-Whitneyho test je neparametrickým pořadovým testem, který pracuje s porovnáním dvou nezávislých výběrů. Ověřuje, jestli se dva nezávislé výběry od sebe významně liší. Fragmentace v hypotéze 3 byla testována Kruskal-Wallisovým testem (Jindrová et al., 2008). Kruskal-Wallisův test je neparametrickou multivariační alternativou analýzy rozptylu jednoduchého třídění (ANOVA). Slouží k porovnání tří a více na sobě nezávislých výběrů. Testuje, jestli jsou hodnoty nejméně dvou pozorovaných výběrových souborů od sebe výrazně odlišné. Kruskal-Wallisův test využívá zpřesněného testového kritéria (H_c ; H corrected) (Zar, 1999). Pro testování fragmentace u všech hypotéz byly použity proměnné Kompletnost a Lom. Z proměnné Lom jsme použili pouze elementy hodnocené recentním a starším charakterem lomové plochy. Testování všech hypotéz probíhalo na 95% hladině spolehlivosti.

Vztah ovlivnění tafonomickými činiteli jsme u všech hypotéz pozorovali pomocí nezávislosti proměnných v kontingenční tabulce. Testuje se, jestli jsou na sobě sledované hodnoty závislé nebo nezávislé (Agresti a Finlay, 1997). V případě, že proměnné jsou na sobě závislé, můžeme hovořit o vzájemném ovlivnění. Použili jsme proměnné Zvětrání a Poškození, jako dva zástupce tafonomických činitelů, a porovnávali je s proměnnými Kompletnost a Lom (pouze hodnocení recentního a staršího lomu), které hodnotí fragmentaci. Testování nezávislosti v kontingenčních tabulkách využívá χ^2 rozdělení. Stupně volnosti a kritická hodnota testu se lišili podle použitých proměnných, a to podle následujícího klíče: Kompletnost – Zvětrání: $df=4$, kritická hodnota 9,488; Kompletnost – Poškození: $df=2$, kritická hodnota 5,991; Lom – Zvětrání: $df=2$; kritická hodnota 5,991; Lom – Poškození: $df=1$, kritická hodnota 3,841.

Problematika separace se ukázala jako velmi obtížně uchopitelná, protože nabývá mnoha podob (viz kapitola 8. Diskuze). V případě hypotézy 1 a 2 jsme se rozhodli tento úkol řešit pomocí frekvenčního výskytu analyzovaných kostních jednotek za použití testu shody dvou relativních četností (Jindrová et al., 2008). Nicméně se tím neřeší otázka úrovně fragmentace elementů, díky rozpadu elementu na neurčitý počet fragmentů. Proto jsme u hypotézy 3 sledovali separaci pouze mezi dlouhými kostmi a ne u ostatních kategorií. Abychom mohli separované elementy a

jejich fragmenty hodnotit mezi sebou, bylo nutné hledat morfologicky podobné kosti. Proto jsme zvolili právě dlouhé elementy, které mají stejnou anatomickou stavbu – proximální část, tělo kosti a distální část (Čihák, 2011). Získali jsme šest kombinací, jakých mohli analyzované kostní jednotky nabývat (Tab. 6.). Například kód „110“ znamená, že element má dochovanou proximální část a tělo kosti, ale distální konec není přítomný. Kód „010“ znamená dochované pouze tělo kosti apod. V případě klíční kosti odpovídá proximální část *extremitas acromialis* a distální část *extremitas sternalis*. Následně jsme sledovali, jakých relativních hodnot tyto kombinace nabývají.

Data jsme zpracovávali v programech MS Excel a PAST.

Tab. 6. Možné kombinace dochování dlouhých kostí.

Distální část	Tělo kosti	Proximální část
1	0	0
1	1	0
1	1	1
0	1	1
0	0	1
0	1	0

*0 nepřítomnost; 1 přítomnost

7. Výsledky

7.1. Intra-observační chyba

Výsledky měření intra-observační chyby jsou uvedené v tabulce 7. Dokonalé shody ($k > 0,81$) dosáhlo opakované hodnocení ve třech případech, a to u proměnných Kompletnost, Zvětrání a Poškození. V případě proměnné Lom se jedná o značnou shodu ($k > 0,78$).

Tab. 7. Výsledky intra-observační chyby prvního a druhého hodnocení proměnných Kompletnost, Zvětrání, Lom a Poškození.

Proměnná	k	IS	SE	kappa
Kompletnost	0,97	0,94 - 0,99	0,02	dokonalá
Zvětrání	0,85	0,78 - 0,92	0,04	dokonalá
Lom	0,78	0,67 - 0,90	0,06	značná
Poškození	0,84	0,74 - 0,94	0,05	dokonalá

Porovnání prvního a druhého hodnocení pro proměnnou Kompletnost je uvedeno v kontingenční tabulce I. v příloze. Z celkových 138 posuzovaných elementů jsem mezi prvním a druhým hodnocením hodnotil čtyřikrát odlišně, a to vždy mezi sousedními hodnotami. Nestalo se, že element byl napoprvé hodnocen jako kompletní a napodruhé jako fragmentární nebo naopak. Odlišné druhé hodnocení mělo ve všech případech tendenci snižovat procentuální zastoupení dochovaného elementu.

Porovnání prvního a druhého hodnocení proměnné Zvětrání je uvedeno v kontingenční tabulce II. v příloze. V tomto případě jsem se mezi prvním a druhým měřením lišil 15 krát, z toho desetkrát byla tendence zvětrání nadhodnocovat a pětkrát podhodnocovat. Nezaznamenal jsem žádný případ, kdy zvětrání bylo napoprvé hodnoceno jako malé a napodruhé jako velké nebo naopak.

Porovnání prvního a druhého hodnocení proměnné Lom je uvedeno v kontingenční tabulce III. v příloze. Mezi prvním a druhým hodnocením jsem odlišně hodnotil celkem 14 krát. Nejmarkantnější rozdíl shledávám, když se napoprvé hodnotilo jako „kombinace recentního a staršího lomu“ a při druhém hodnocení byla tendence spíše rozlišovat buď na „recentní lom“, nebo „starší lom“.

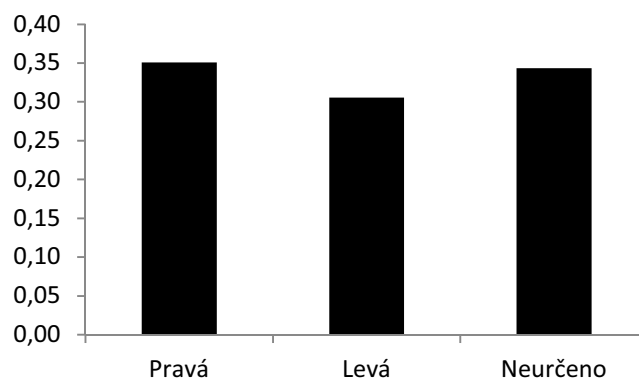
Porovnání prvního a druhého hodnocení proměnné Poškození je uvedeno v kontingenční tabulce IV. v příloze. Mezi oběma hodnoceními jsem se lišil osmkrát. V každém z těchto případů se jednalo o kladné pozorování poškození v rámci druhého hodnocení oproti prvnímu pozorování.

7.2. Stranové určení

Sledovali jsme, u stranově rozdílných kostí, zastoupení elementů z pravé a levé strany (Tab. 8.). Četnosti kostních jednotek z pravé a levé strany a nerozlišených jsou rozděleny přibližně po třetinách. Pravých elementů jsme identifikovali mírně více než elementů z levé strany. Grafické znázornění tohoto pozorování v obecně souboru je zobrazeno v grafu 1. Nejvíce stranově rozlišených kostních jednotek bylo mezi drobnými kostmi. Naopak nejméně u plochých kostí (Graf 2.).

Dále jsme pomocí testu dobré shody ($df=1$; kritická hodnota 3,84) na 95% hladině spolehlivosti testovali, jestli se významně liší počet zachovaných elementů z pravé nebo z levé strany. Testování jsme provedli u 16-ti typů kostí, u kterých bylo možné sledovat stranovost. Výsledky testování jsou uvedeny v tabulce 9.

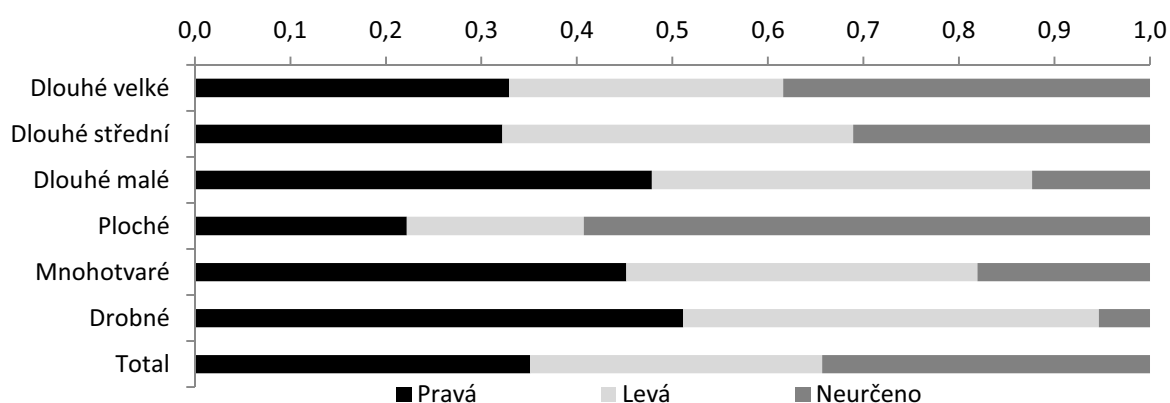
Téměř všechny typy testovaných kostí ukazují na shodu v četnostech pravých a levých elementů ($p>0,05$). Pouze ve třech případech existuje statisticky významný rozdíl ($p<0,05$) mezi dochovanými pravými a levými kostními jednotkami. Jedná se o stehenní kosti, zánártní kosti a lopatky. Obecný trend zachování elementů z pravé a levé strany ($p=0,21$) neukazuje na statisticky významný rozdíl (Tab. 9.).



Graf 1. Grafické zobrazení relativních četností hodnocených elementů při sledování stranovosti.

Tab. 8. Pozorované absolutní a relativní četnosti při určování stranovosti elementů.

Stranové určení			Pravá		Levá		Neurčeno	
Kategorie	Element	n	Abs	Rel	Abs	Rel	Abs	Rel
Dlouhé velké	Humerus	46	17	0,370	19	0,413	10	0,217
	Femur	116	42	0,362	22	0,190	52	0,448
	Tibie	75	19	0,253	27	0,360	29	0,387
	Suma	237	78	0,329	68	0,287	91	0,384
Dlouhé střední	Radius	66	18	0,273	27	0,409	21	0,318
	Ulna	60	21	0,350	22	0,367	17	0,283
	Fibula	51	18	0,353	16	0,314	17	0,333
	Suma	177	57	0,322	65	0,367	55	0,311
Dlouhé malé	Clavicula	52	24	0,462	23	0,442	5	0,096
	MC	130	55	0,423	55	0,423	20	0,154
	MT	142	76	0,535	51	0,359	15	0,106
	Suma	324	155	0,478	129	0,398	40	0,123
Ploché	Costae	467	87	0,186	83	0,178	297	0,636
	Scapula	56	14	0,518	29	0,250	13	0,232
	Suma	523	101	0,193	112	0,214	310	0,593
Mnoho-tvaré	Coxae	78	27	0,346	25	0,321	26	0,333
	Cal, Tal	77	43	0,558	32	0,416	2	0,026
	Suma	155	70	0,452	57	0,368	28	0,181
Drobné	Carpi	36	20	0,556	16	0,444	0	0,000
	Tarsi	66	35	0,530	29	0,439	2	0,030
	Patella	29	12	0,414	12	0,414	5	0,172
	Suma	131	67	0,511	57	0,435	7	0,053
Total		1547	528	0,341	488	0,315	531	0,343



Graf 2. Grafické zobrazení relativních četností hodnocených elementů při sledování stranovosti. Zobrazeno podle jednotlivých kategorií.

Tab. 9. Výsledky testu dobré shody pro sledování významnosti zachování elementů z pravé a levé strany.

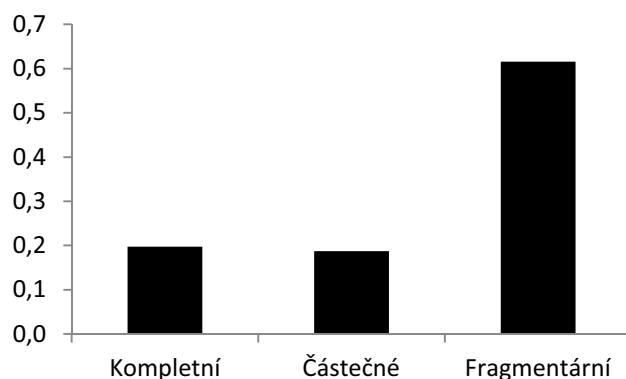
Element	n	Pravá	Levá	χ^2	p
Humerus	46	17	19	0,11	0,74
Femur	116	42	22	6,25	0,01
Tibie	75	19	27	1,39	0,24
Radius	66	18	27	1,80	0,18
Ulna	60	21	22	0,02	0,88
Fibula	51	18	16	0,12	0,73
Clavicula	52	24	23	0,02	0,88
MC	130	55	55	0,00	1,00
MT	142	76	51	4,92	0,03
Costae	467	87	83	0,09	0,76
Scapula	56	14	29	5,23	0,02
Coxae	78	27	25	0,08	0,78
Cal,Tal	77	43	32	1,61	0,20
Carpi	36	20	16	0,44	0,50
Tarsi	66	35	29	0,56	0,45
Patella	29	12	12	0,00	1,00
Total	1547	528	488	1,57	0,21

7.3. Kompletnost

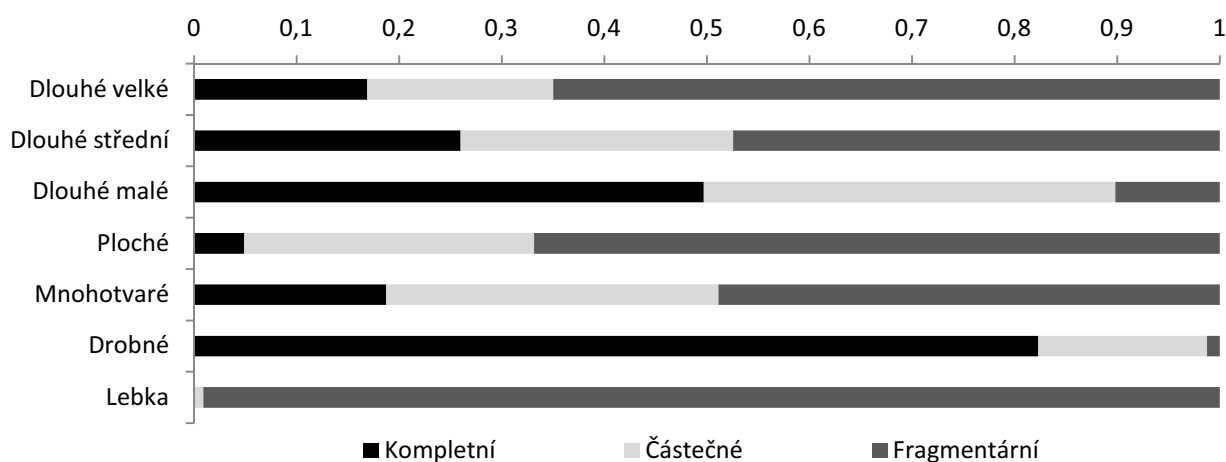
Hodnotili jsme míru kompletnosti dochovaných kostních jednotek na třech úrovních udaných v procentuálních intervalech. Pozorované absolutní a relativní četnosti proměnné Kompletnost jsou uvedeny v tabulce 10. Největší relativní četnostní zastoupení v souboru zaujímají fragmentární kosti (61,5 %). Kompletně (19,7 %) a částečně (18,7 %) dochované elementy mají sobě blízké relativní hodnoty (Graf 3.). Při posuzování kompletnosti dle kategorií kostí je nutno nejdříve zmínit, že Neidentifikované kosti jsou dochovány pouze jako fragmentární. Stejně tak kosti lebky jsou ve velmi fragmentárním stavu. Proto je zde nebudeme uvádět a zaměříme se na ostatní kategorie. Kompletně zachované elementy jsme nejčastěji pozorovali u drobných kostí (82,3 %). Nejmenší četnost pak u plochých kostí (4,9 %). Částečně zachovaných elementů jsme nejvíce evidovali u dlouhých malých kostí (40,1%), nejméně pak u drobných kostí (16,5 %). Elementů hodnocených jako fragmentární je nejvíce v kategorii plochých (66,9 %) a dlouhých velkých kostí (65 %). Grafické znázornění pozorování kompletnosti podle kategorií kostí je zobrazeno v grafu 4.

**Tab. 10. Pozorované absolutní a relativní četnosti
při hodnocení proměnné Kompletnost.**

Kompletnost			Kompletní		Částečné		Fragmentární	
Kategorie	Element	n	Abs	Rel	Abs	Rel	Abs	Rel
Dlouhé velké	Humerus	46	11	0,239	12	0,261	23	0,500
	Femur	116	10	0,086	21	0,181	85	0,733
	Tibie	75	19	0,253	10	0,133	46	0,613
	Suma	237	40	0,169	43	0,181	154	0,650
Dlouhé střední	Radius	66	18	0,273	19	0,288	29	0,439
	Ulna	60	17	0,283	16	0,267	27	0,450
	Fibula	51	11	0,216	12	0,235	28	0,549
	Suma	177	46	0,260	47	0,266	84	0,475
Malé dlouhé	Clavicula	52	18	0,346	20	0,385	14	0,269
	MC	130	79	0,608	45	0,346	6	0,046
	MT	142	64	0,451	65	0,458	13	0,092
	Suma	324	161	0,497	130	0,401	33	0,102
Ploché	Costae	467	22	0,047	104	0,223	341	0,730
	Sternum	11	0	0,000	6	0,545	5	0,455
	Scapula	56	4	0,071	41	0,732	11	0,196
	Suma	534	26	0,049	151	0,283	357	0,669
Mnoho- tvaré	Vertebrae	346	57	0,165	119	0,344	170	0,491
	Sacrum	24	2	0,083	5	0,208	17	0,708
	Coxae	78	2	0,026	16	0,205	60	0,769
	Mandibula	52	4	0,077	20	0,385	28	0,538
	Cal, Tal	77	43	0,558	27	0,351	7	0,091
	Suma	577	108	0,187	187	0,324	282	0,489
Drobné	Carpi	36	35	0,972	1	0,028	0	0,000
	Tarsi	66	43	0,652	21	0,318	2	0,030
	Phalange	191	165	0,864	25	0,131	1	0,005
	Patella	29	22	0,759	6	0,207	1	0,034
	Suma	322	265	0,823	53	0,165	4	0,012
Lebka	Neuro	286	0	0,000	1	0,003	285	0,997
	Splanchno	41	0	0,000	0	0,000	41	1,000
	Kombinace	6	0	0,000	2	0,333	4	0,667
	Suma	333	0	0,000	3	0,009	330	0,991
Neidentifi- kované	Indiferentní	468	0	0,000	0	0,000	468	1,000
	Dlouhé	269	0	0,000	0	0,000	269	1,000
	Mnohotvaré	35	0	0,000	0	0,000	35	1,000
	Suma	772	0	0,000	0	0,000	772	1,000
Total		3276	646	0,197	614	0,187	2016	0,615



Graf 3. Grafické znázornění relativních četností hodnocených elementů podle dosažené úrovně kompletnosti.



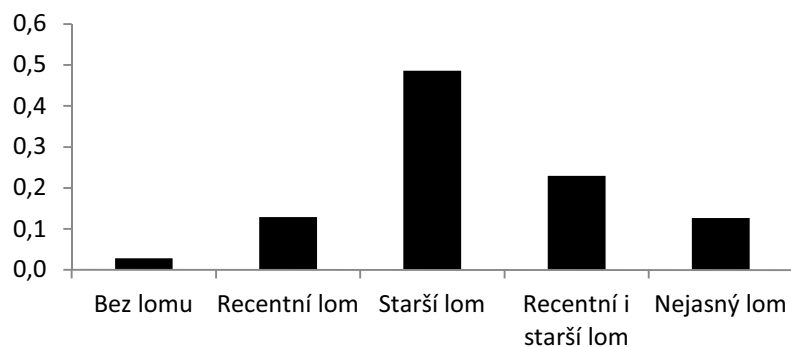
Graf 4. Grafické znázornění relativních četností hodnocených elementů při sledování kompletnosti. Zobrazeno podle jednotlivých kategorií.

7.4. Lom

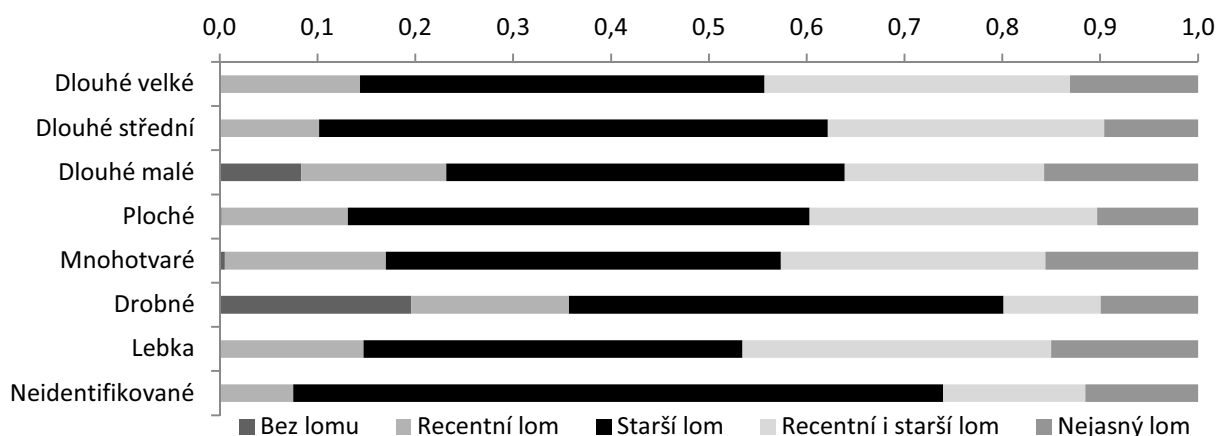
Pomocí pěti kategorií charakteru lomové plochy jsme sledovali relativní časování lomu elementů. Pozorované absolutní a relativní četnosti proměnné Lom jsou uvedeny v tabulce 11. Grafické znázornění pozorování této proměnné v souboru je zobrazeno v grafu 5. Obecně jsme nejčastěji hodnotili kostní jednotky nesoucí starší lom. Naopak nejméně jsou v souboru zastoupeny elementy bez lomu. Mezi kategoriemi kostí převládá stejný trend v charakteru hodnocené lomové plochy. Za zmínku stojí kategorie drobných kostí, u nichž jsme evidovali téměř 20% četnost kostních jednotek bez lomu. Grafické znázornění proměnné Lom rozdělené podle kategorií je zobrazeno v grafu 6.

Tab. 11. Pozorované absolutní a relativní četnosti sledované při hodnocení proměnné Lom.

	Lom		Bez lomu		Recentní lom		Starý lom		Recentní a starší lom		Nejasný lom	
	Element	n	Abs	Rel	Abs	Rel	Abs	Rel	Abs	Rel	Abs	Rel
Dlouhé velké	Humerus	46	0	0,000	5	0,109	24	0,522	13	0,283	4	0,087
	Femur	116	0	0,000	21	0,181	39	0,336	40	0,345	16	0,138
	Tibie	75	0	0,000	8	0,107	35	0,467	21	0,280	11	0,147
	Suma	237	0	0,000	34	0,143	98	0,414	74	0,312	31	0,131
Dlouhé střední	Radius	66	0	0,000	8	0,121	40	0,606	14	0,212	4	0,061
	Ulna	60	0	0,000	7	0,117	26	0,433	21	0,350	6	0,100
	Fibula	51	0	0,000	3	0,059	26	0,510	15	0,294	7	0,137
	Suma	177	0	0,000	18	0,102	92	0,520	50	0,282	17	0,096
Dlouhé malé	Clavicula	52	1	0,019	7	0,135	23	0,442	13	0,250	8	0,154
	MC	130	23	0,177	26	0,200	43	0,331	16	0,123	22	0,169
	MT	142	3	0,021	15	0,106	66	0,465	37	0,261	21	0,148
	Suma	324	27	0,083	48	0,148	132	0,407	66	0,204	51	0,157
Ploché	Costae	467	0	0,000	57	0,122	217	0,465	143	0,306	50	0,107
	Sternum	11	1	0,091	2	0,182	5	0,455	2	0,182	1	0,091
	Scapula	56	0	0,000	10	0,179	30	0,536	12	0,214	4	0,071
	Suma	534	1	0,002	69	0,129	252	0,472	157	0,294	55	0,103
Mnohotvaré	Vertebrae	346	2	0,006	58	0,168	135	0,390	98	0,283	53	0,153
	Sacrum	24	0	0,000	8	0,333	8	0,333	5	0,208	3	0,125
	Coxae	78	0	0,000	16	0,205	24	0,308	21	0,269	17	0,218
	Mandibula	52	1	0,019	5	0,096	28	0,538	15	0,288	3	0,058
	Cal, Tal	77	0	0,000	8	0,104	38	0,494	17	0,221	14	0,182
	Suma	577	3	0,005	95	0,165	233	0,404	156	0,270	90	0,156
Drobné	Carpi	36	9	0,250	10	0,278	12	0,333	0	0,000	5	0,139
	Tarsi	66	1	0,015	8	0,121	43	0,652	7	0,106	7	0,106
	Phalange	191	49	0,257	34	0,178	68	0,356	21	0,110	19	0,099
	Patella	29	4	0,138	0	0,000	20	0,690	4	0,138	1	0,034
	Suma	322	63	0,196	52	0,161	143	0,444	32	0,099	32	0,099
Lebka	Neuro	286	0	0,000	43	0,150	116	0,406	84	0,294	43	0,150
	Splanchno	41	0	0,000	5	0,122	11	0,268	18	0,439	7	0,171
	Kombinace	6	0	0,000	1	0,167	2	0,333	3	0,500	0	0,000
	Suma	333	0	0,000	49	0,147	129	0,387	105	0,315	50	0,150
Neidentifikované	Indiferentní	468	0	0,000	38	0,081	313	0,669	56	0,120	61	0,130
	Dlouhé	269	0	0,000	16	0,059	182	0,677	48	0,178	23	0,086
	Mnohotvaré	35	0	0,000	4	0,114	18	0,514	8	0,229	5	0,143
	Suma	772	0	0,000	58	0,075	513	0,665	112	0,145	89	0,115
Total	3276	94	0,029	423	0,129	1592	0,486	752	0,230	415	0,127	



Graf 5. Grafické znázornění relativních četností elementů při hodnocení lomové plochy.



Graf 6. Grafické znázornění relativních četností pozorovaných při hodnocení lomové plochy. Zobrazeno podle jednotlivých kategorií.

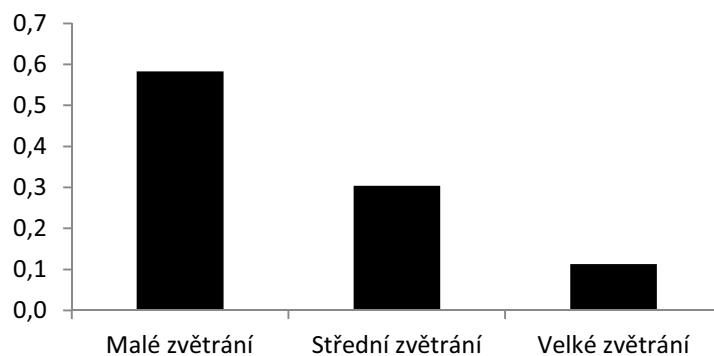
7.5. Zvětrání

Hodnotili jsme úroveň zvětrání kostních jednotek v souboru na třístupňové škále. Pozorované absolutní a relativní četnosti proměnné Zvětrání jsou uvedeny v tabulce 12. Největší zastoupení v souboru má malé zvětrání, a to u všech kategorií. Výjimkou jsou střední dlouhé kosti, kde převažuje střední zvětrání nad malým zvětráním. Nicméně tento rozdíl je velmi malý. Velké zvětrání je v souboru obecně zastoupeno nejméně. Grafické znázornění pozorování této proměnné v souboru je zobrazeno v grafu 7. Nejvíce je malé zvětrání zastoupeno v kategorii malých kostí (71,7 %). Nejméně pak u kostí lebky (45 %), velkých (42,6 %) a středních (42,4 %) dlouhých kostí. Střední zvětrání jsme nejčastěji zaznamenali u středních dlouhých kostí (45,2 %). Nejméně v kategorii drobných kostí (24,5 %) a u neidentifikovaných kostí (24,4 %). Velké zvětrání se nejvíce objevilo u neidentifikovaných kostí (25 %) a

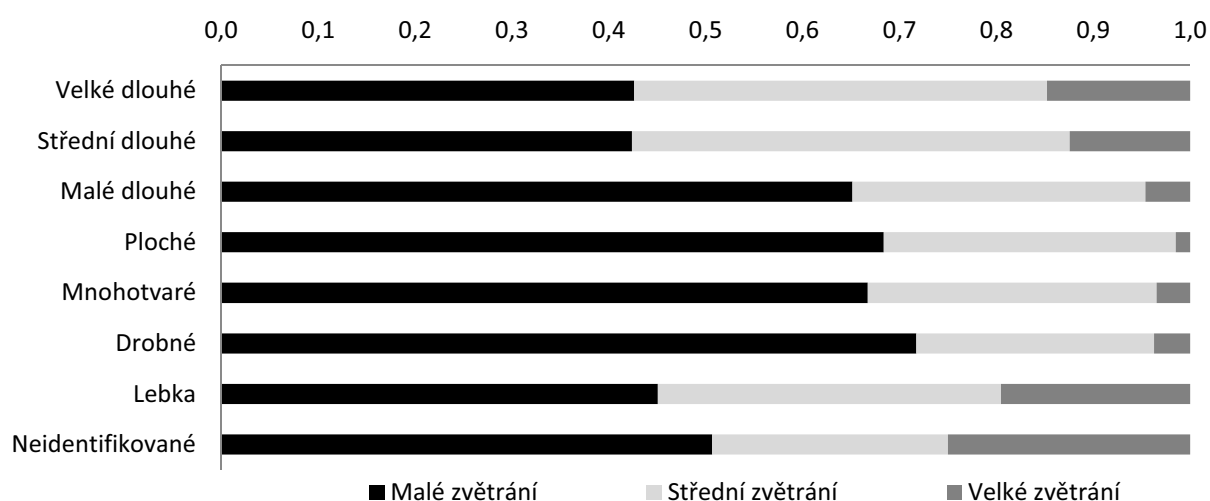
nejméně v kategorii plochých elementů (1,5 %). Grafické znázornění proměnné Zvětrání rozdělené podle kategorií je zobrazeno v grafu 8.

Tab. 12. Pozorované absolutní a relativní četnosti při hodnocení proměnné Zvětrání.

Stupeň zvětrání			Malé zvětrání		Střední zvětrání		Velké zvětrání	
Kategorie	Element	n	Abs	Rel	Abs	Rel	Abs	Rel
Dlouhé velké	Humerus	46	11	0,239	25	0,543	10	0,217
	Femur	116	59	0,509	43	0,371	14	0,121
	Tibie	75	31	0,413	33	0,440	11	0,147
	Suma	237	101	0,426	101	0,426	35	0,148
Dlouhé střední	Radius	66	35	0,530	24	0,364	7	0,106
	Ulna	60	25	0,417	28	0,467	7	0,117
	Fibula	51	15	0,294	28	0,549	8	0,157
	Suma	177	75	0,424	80	0,452	22	0,124
Malé dlouhé	Clavicula	52	25	0,481	20	0,385	7	0,135
	MC	130	85	0,654	41	0,315	4	0,031
	MT	142	101	0,711	37	0,261	4	0,028
	Suma	324	211	0,651	98	0,302	15	0,046
Ploché	Costae	467	323	0,692	139	0,298	5	0,011
	Sternum	11	7	0,636	3	0,273	1	0,091
	Scapula	56	35	0,625	19	0,339	2	0,036
	Suma	534	365	0,684	161	0,301	8	0,015
Mnohotvaré	Vertebrae	346	261	0,754	78	0,225	7	0,020
	Sacrum	24	17	0,708	6	0,250	1	0,042
	Coxae	78	32	0,410	41	0,526	5	0,064
	Mandibula	52	25	0,481	22	0,423	5	0,096
	Cal, Tal	77	50	0,649	25	0,325	2	0,026
	Suma	577	385	0,667	172	0,298	20	0,035
Drobné	Carpi	36	30	0,833	5	0,139	1	0,028
	Tarsi	66	46	0,697	20	0,303	0	0,000
	Phalange	191	147	0,770	41	0,215	3	0,016
	Patella	29	8	0,276	13	0,448	8	0,276
	Suma	322	231	0,717	79	0,245	12	0,037
Lebka	Neuro	286	115	0,402	108	0,378	63	0,220
	Splanchno	41	32	0,780	8	0,195	1	0,024
	Kombinace	6	3	0,500	2	0,333	1	0,167
	Suma	333	150	0,450	118	0,354	65	0,195
Neidentifikované	Indiferentní	468	232	0,593	106	0,564	130	0,674
	Dlouhé	269	140	0,358	67	0,356	62	0,321
	Mnohotvaré	35	19	0,049	15	0,080	1	0,005
	Suma	772	391	0,506	188	0,244	193	0,250
Total		3276	1909	0,583	997	0,304	370	0,113



Graf 7. Grafické znázornění relativních četností elementů při sledování úrovně zvětrání. Zobrazeno dle stupně zvětrání.



Graf 8. Grafické znázornění relativních četností elementů při sledování úrovně zvětrání. Zobrazeno podle jednotlivých kategorií.

7.6. Poškození

Na kostních jednotkách jsme skórovali buď přítomnost, nebo nepřítomnost poškození. Pozorované absolutní a relativní četnosti proměnné Poškození jsou uvedeny v tabulce 13. Grafické znázornění pozorování této proměnné v souboru je zobrazeno v grafu 9. Obecně byly kostní jednotky hodnoceny více jako nepoškozené (73,2 %) než jako poškozené (26,8 %). Nejvíce elementů hodnocených jako poškozených jsme evidovali v kategorii velkých dlouhých kostí (64,6 %). Nejméně u neidentifikovaných (90 %) a drobných (85,4 %) kostí. Pouze u dlouhých velkých kostí

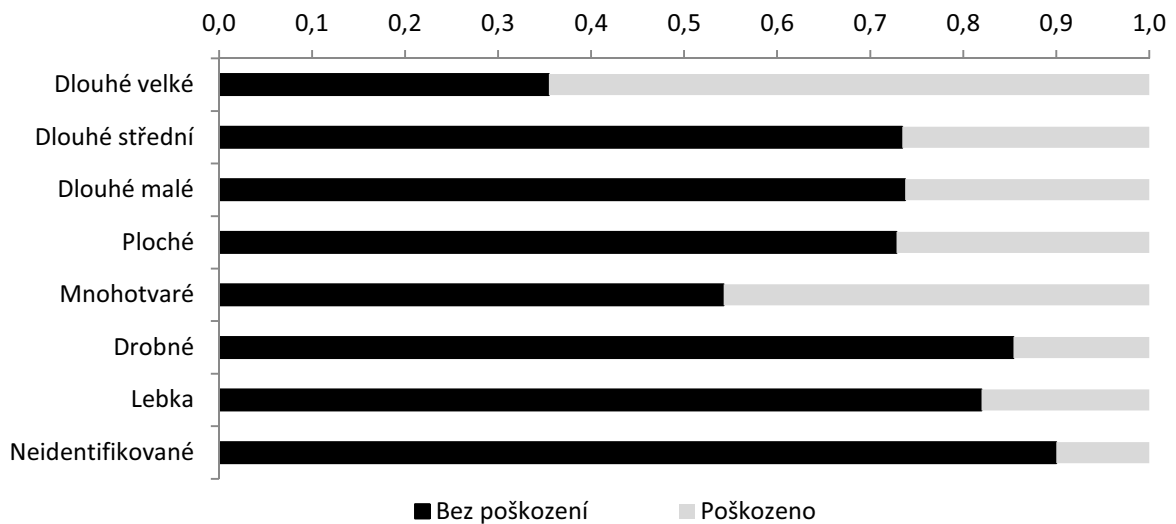
převažují elementy hodnocené jako poškozené. Grafické znázornění proměnné Poškození rozdělené podle kategorií kostí je zobrazeno v grafu 10.

Tab. 13. *Pozorované absolutní a relativní četnosti proměnné Poškození.*

Poškození		Bez poškození		Poškozeno		
Kategorie	Element	n	Abs	Rel	Abs	Rel
Dlouhé velké	Humerus	46	15	0,326	31	0,674
	Femur	116	33	0,284	83	0,716
	Tibie	75	36	0,480	39	0,520
	Suma	237	84	0,354	153	0,646
Dlouhé střední	Radius	66	48	0,727	18	0,273
	Ulna	60	40	0,667	20	0,333
	Fibula	51	42	0,824	9	0,176
	Suma	177	130	0,734	47	0,266
Dlouhé malé	Clavicula	52	42	0,808	10	0,192
	MC	130	102	0,785	28	0,215
	MT	142	95	0,669	47	0,331
	Suma	324	239	0,738	85	0,262
Ploché	Costae	467	360	0,771	107	0,229
	Sternum	11	4	0,364	7	0,636
	Scapula	56	25	0,446	31	0,554
	Suma	534	389	0,728	145	0,272
Mnohotvaré	Vertebrae	346	208	0,601	138	0,399
	Sacrum	24	8	0,333	16	0,667
	Coxae	78	27	0,346	51	0,654
	Mandibula	52	49	0,942	3	0,058
	Cal, Tal	77	22	0,286	55	0,714
	Suma	577	314	0,544	263	0,456
Drobné	Carpi	36	34	0,944	2	0,056
	Tarsi	66	43	0,652	23	0,348
	Phalange	191	178	0,932	13	0,068
	Patella	29	20	0,690	9	0,310
	Suma	322	275	0,854	47	0,146
Lebka	Neuro	286	232	0,811	54	0,189
	Splanchno	41	38	0,927	3	0,073
	Kombinace	6	3	0,500	3	0,500
	Suma	333	273	0,820	60	0,180
Neidentifikované	Indiferentní	468	430	0,919	38	0,081
	Dlouhé	269	233	0,866	36	0,134
	Mnohotvaré	35	32	0,914	3	0,086
	Suma	772	695	0,900	77	0,100
Total		3276	2399	0,732	877	0,268



Graf 9. Grafické znázornění relativních četností poškozených a nepoškozených elementů.



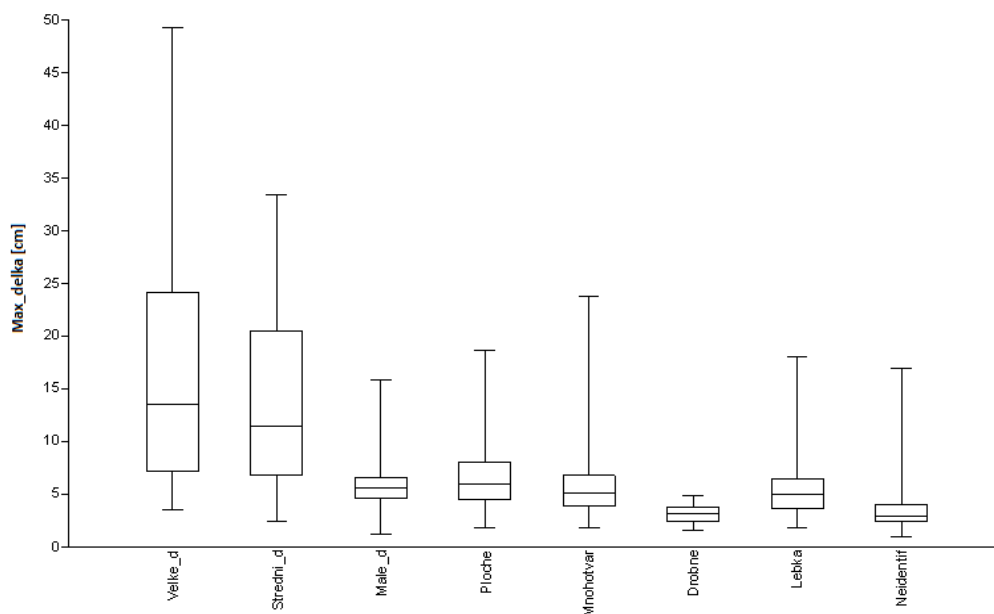
Graf 10. Grafické znázornění relativních četností poškozených a nepoškozených elementů. Zobrazeno podle jednotlivých kategorií.

7.7. Maximální velikost

Popisná statistika proměnné Maximální velikost je uvedena v tabulce 14. Grafické znázornění v boxplotovém grafu 11. Maximální naměřená délka elementu v celém souboru je 49,2 cm (stehenní kost). Nejméně jsme naměřili 1 cm (neidentifikovaný fragment elementu). Průměrná maximální délka všech elementů v souboru je 7,8 cm.

Tab. 14. Popisná statistika maximální velikosti elementů [cm].

Kategorie	Element	n	Průměr	Max	Min	SD	Medián
Dlouhé velké	Humerus	46	17,5	33,0	4,3	9,0	17,1
	Femur	116	15,9	49,2	3,8	12,7	10,3
	Tibie	75	17,8	39,4	3,5	11,4	14,5
	Suma	237	16,8	49,2	3,5	11,6	13,6
Dlouhé střední	Radius	66	12,3	25,1	2,4	6,8	11,2
	Ulna	60	12,8	27,7	3,0	6,9	11,1
	Fibula	51	15,0	33,4	3,4	9,0	12,1
	Suma	177	13,1	33,4	2,4	7,6	11,5
Dlouhé malé	Clavicula	52	9,2	15,9	3,4	3,6	9,6
	MC	130	5,1	7,4	1,2	1,2	5,3
	MT	142	5,5	7,6	1,8	1,1	5,7
	Suma	324	6,0	15,9	1,2	2,3	5,6
Ploché	Costae	467	6,5	18,6	1,9	2,9	6,0
	Sternum	11	6,7	12,4	3,4	2,8	5,8
	Scapula	56	7,8	16,0	2,6	3,2	7,0
	Suma	534	6,6	18,6	1,9	2,9	6,0
Mnohotvaré	Vertebrae	346	4,6	10,0	1,8	1,5	4,3
	Sacrum	24	7,4	12,0	4,0	2,7	6,8
	Coxae	78	8,9	23,8	2,9	4,8	7,4
	Mandibula	52	8,5	15,7	3,6	3,2	9,1
	Cal, Tal	77	5,9	8,2	3,4	1,1	5,6
	Suma	577	5,8	23,8	1,8	3,0	5,1
Drobné	Carpi	36	2,1	2,8	1,6	0,4	2,2
	Tarsi	66	3,2	4,2	1,9	0,6	3,4
	Phalange	191	3,1	4,9	1,6	0,8	3,1
	Patella	29	4,0	4,9	3,1	0,5	4,0
	Suma	322	3,1	4,9	1,6	0,8	3,2
Lebka	Neuro	286	5,7	18,0	1,8	2,7	5,1
	Splanchno	41	4,6	8,8	2,3	1,5	4,2
	Kombinace	6	10,7	17,0	4,1	5,6	10,2
	Suma	333	5,6	18,0	1,8	2,8	5,0
Neidentifikované	Indiferentní	468	3,2	6,6	1,0	1,2	3,0
	Dlouhé	269	3,8	17,0	2,1	1,7	3,3
	Mnohotvaré	35	2,9	4,2	1,7	0,6	2,8
	Suma	772	3,5	17,0	1,0	1,7	3,0
Total		3276	7,8	49,2	1,0	5,6	4,7



Graf 11. Grafické znázornění naměřené maximální délky elementů podle kategorií.

7.8. Frekvence výskytu kostí

Pomocí testu shody dvou relativních četností jsme sledovali, jestli se od sebe statisticky významně liší relativní četnosti v souboru izolovaných kostí a v lidském skeletu (referenčním souboru). Dále byla zkoumána nadhodnocená nebo podhodnocená frekvence elementů v analyzovaném souboru. Absolutní a relativní četnosti pro hodnocení frekvence výskytu kostí mezi souborem izolátů a referenčním souborem, jsou uvedeny v tabulce 15., grafické znázornění této problematiky je uvedeno v grafu 12.

Výsledky testu shody dvou relativních četností a stanovení podhodnocení nebo nadhodnocení četností jsou uvedeny v tabulce 16. Shodu ve frekvenčním výskytu mezi oběma soubory jsme evidovali v kategorii malých dlouhých kostí a u kostí lebky. U ostatních kategorií se relativní četnosti statisticky významně liší. Nadhodnocené četnosti se nacházejí v kategorii velkých a středních dlouhých kostí, plochých kostí a mnohotvarých kostí. Podhodnocené frekvence výskytu jsou pouze u drobných kostí. Z jednotlivých elementů se v relativních četnostech statisticky významně nelišila většina sledovaných kostí. Výjimkou jsou stehenní kosti a žebra,

kteřá jsou svou četností nadhodnocena. Četnosti kostí zápěstních, zánártních a članků prstů jsou naopak podhodnoceny.

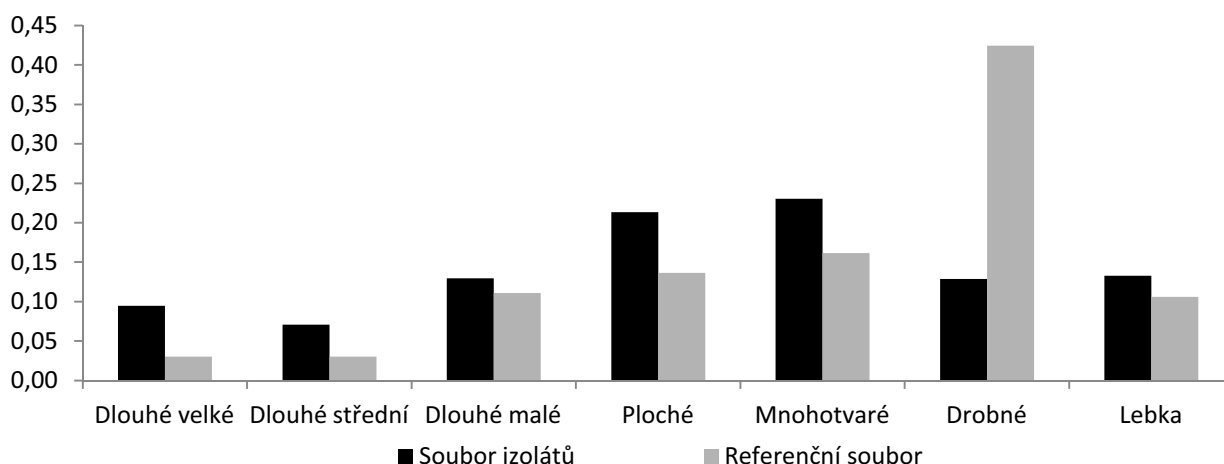
Tab. 15. Pozorované absolutní a relativní četnosti elementů v souboru izolovaných kostí a v lidském skeletu (referenčním souboru).

Kategorie	Element	Soubor izolátů		Referenční soubor	
		Abs	Rel	Abs	Rel
Dlouhé velké	Humerus	46	0,018	2	0,010
	Femur	116	0,046	2	0,010
	Tibie	75	0,030	2	0,010
	Suma	237	0,095	6	0,030
Dlouhé střední	Radius	66	0,026	2	0,010
	Ulna	60	0,024	2	0,010
	Fibula	51	0,020	2	0,010
	Suma	177	0,071	6	0,030
Dlouhé malé	Clavicula	52	0,021	2	0,010
	MC	130	0,052	10	0,051
	MT	142	0,057	10	0,051
	Suma	324	0,129	22	0,111
Ploché	Costae	467	0,187	24	0,121
	Sternum	11	0,004	1	0,005
	Scapula	56	0,022	2	0,010
	Suma	534	0,213	27	0,136
Mnoho-tvaré	Vertebrae	346	0,138	24	0,121
	Sacrum	24	0,010	1	0,005
	Coxae	78	0,031	2	0,010
	Mandibula	52	0,021	1	0,005
	Cal, Tal	77	0,031	4	0,020
	Suma	577	0,230	32	0,162
Drobné	Carpi	36	0,014	16	0,081
	Tarsi	66	0,026	10	0,051
	Phalange	191	0,076	56	0,283
	Patella	29	0,012	2	0,010
	Suma	322	0,129	84	0,424
Lebka	Suma	333	0,133	21	0,106
Total		2504		198	

* Soubor izolovaných kostí záměrně nezahrnuje kategorii Neidentifikovaných elementů.

Tab. 16. Výsledky testu shody dvou relativních četností a stanovení nadhodnocení nebo podhodnocení četností elementů mezi souborem izolovaných kostí a referenčním souborem.

Kategorie	Element	U	četnost
Dlouhé velké	Humerus	0,848	shoda
	Femur	2,401	nadhodnocená
	Tibie	1,616	shoda
	Suma	3,050	nadhodnocená
Dlouhé střední	Radius	1,406	shoda
	Ulna	1,254	shoda
	Fibula	1,003	shoda
	Suma	2,180	nadhodnocená
Dlouhé malé	Clavicula	1,032	shoda
	MC	0,086	shoda
	MT	0,365	shoda
	Suma	0,740	shoda
Ploché	Costae	2,294	nadhodnocená
	Sternum	0,134	shoda
	Scapula	1,146	shoda
	Suma	2,570	nadhodnocená
Mnoho-tvaré	Vertebrae	0,669	shoda
	Sacrum	0,641	shoda
	Coxae	1,682	shoda
	Mandibula	1,535	shoda
	Cal, Tal	0,838	shoda
	Suma	2,230	nadhodnocená
Drobné	Carpi	6,550	podhodnocená
	Tarsi	1,978	podhodnocená
	Phalange	9,708	podhodnocená
	Patella	0,188	shoda
	Suma	11,210	podhodnocená
Lebka	Suma	1,080	shoda



Graf 12. Grafické znázornění relativních četností v souboru izolovaných kostí a lidském skeletu (referenčním souboru). Zobrazeno podle kategorií kostí.

7.9. Hypotézy

7.9.1. Hypotéza 1

V případě testování fragmentace Mann-Whitneyho testem, u relativně malých a relativně velkých elementů, je hodnota P pro obě testované proměnné menší jak 0,05 ($p < 0,05$, Tab. 17.). Obě získané P hodnoty ukazují, že mezi sledovanými elementy není statisticky významný vztah. Na základě těchto výsledků můžeme konstatovat, že fragmentace u velkých a malých elementů neprobíhá stejně, a to jak v případě jejich procentuálního dochování (kompletnosti), tak i relativním časováním, kdy byly kostní jednotky fragmentovány (charakter lomu).

Tab. 17. Výsledky Mann-Whitneyho testu proměnných Kompletnost a Lom pro hypotézu 1.

	U	p
Kompletnost	0,00	0,00
Lom	0,00	0,00

Separace byla ověřována pomocí testu shody dvou relativních četností (kritická hodnota 1,96). Hledali jsme, jestli je frekvenční výskyt elementů z analyzovaného souboru shodný jako s referenčním souborem, nebo jestli je

podhodnocený či nadhodnocený. Jestli se malé elementy vytrácejí z kontextů více než velké elementy a nestanou se tak součástí souboru izolovaných kostí. Výsledky testu shody dvou relativních četností jsou uvedeny v tabulce 18. Z výsledků je patrné, že relativně velké elementy jsou v souboru izolovaných kostí svou četností nadhodnocené, kdežto relativně malé elementy jsou silně podhodnocené.

Tab. 18. *Výsledky testu shody dvou relativních četností mezi Velkými a Malými elementy v hypotéze 1.*

Kategorie	Element	U	četnost
Velké elementy	Femur	2,40	nadhodnocená
	Tibie	1,62	shoda
	Humerus	0,85	shoda
	Coxae	1,68	shoda
	Fibula	1,00	shoda
	Celkem	3,74	nadhodnocená
Malé elementy	MC	0,09	shoda
	MT	0,36	shoda
	Tarsi	1,98	podhodnocená
	Carpi	6,55	podhodnocená
	Phalange	9,71	podhodnocená
	Celkem	9,10	podhodnocená

Dále jsme v kontingenční tabulce zjišťovali závislost ovlivnění tafonomickými činiteli, které zastupují proměnné Zvětrání a Poškození (Tab. V. – XII. v příloze). Výsledky testování jsou uvedené v tabulce 19. Signifikantní vztah se objevil pouze u relativně velkých elementů u proměnných Kompletnost – Poškození ($p=0,67$) a u relativně malých elementů v případě proměnných Lom – Poškození ($p=0,26$). Ostatní vztahy vyšly jako statisticky nevýznamné ($p<0,05$). Lze se tedy domnívat, že kostní jednotky byly ovlivněny spíše zásahem antropogenního charakteru.

Na základě těchto výsledků s 95% pravděpodobností nepřijímáme nulovou hypotézu a přijímáme alternativní. Fragmentace a separace relativně velkých a relativně malých elementů neprobíhá stejným způsobem.

Tab. 19. Výsledky testování závislosti mezi proměnnými pro sledování ovlivnění tafonomickými činiteli v kontingenční tabulce pro hypotézu 1.

Kategorie	Proměnná		χ^2	p
Velké elementy	Kompletnost	Zvětrání	27,04	0,00
		Poškození	0,81	0,67
	Lom	Zvětrání	40,43	0,00
		Poškození	12,55	0,00
Malé elementy	Kompletnost	Zvětrání	16,97	0,00
		Poškození	32,16	0,00
	Lom	Zvětrání	18,88	0,00
		Poškození	1,29	0,26

7.9.2. Hypotéza 2

Výsledné hodnoty při testování fragmentace u proměnných Kompletnost a Lom pro elementy se slabou a se silnou kompaktností, ukazují na statisticky významný vztah mezi sledovanými elementy (Mann-Whitney, $p > 0,05$), a to jak v případě jejich kompletnosti, tak i charakteristice lomové plochy (Tab. 20.). Na základě těchto výsledků můžeme říci, že ve fragmentaci elementů se slabou nebo silnou kompaktní kostí není statisticky významný rozdíl.

Tab. 20. Výsledky Mann-Whitneyho testu proměnných Kompletnost a Lom pro hypotézu 2.

	U	p
Kompletnost	0,00	0,16
Lom	0,00	0,13

Stejně jako u předchozí hypotézy jsme pro sledování frekvence výskytu kostí v souboru použili test shody dvou relativních četností (kritická hodnota 1,96). Výsledky tohoto testování jsou uvedeny v tabulce 21. Cílem bylo zjistit, jestli se frekvenční výskyt kostí se slabou kompaktností liší od elementů s hutnou kompaktní kostí. Elementy s hutnou kompaktností jsou celkově svou frekvencí v souboru izolátů nadhodnocené. Elementy se slabou kompaktností mají statisticky shodné relativní četnosti s referenčním souborem.

Tab. 21. Výsledky testu shody dvou relativních četností mezi elementy se slabou a s hutnou kompaktní kostí pro hypotézu 2.

Kategorie	Element	U	četnost
Hutná kompakta	Femur	2,40	nadhodnocená
	Tibie	1,62	shoda
	Humerus	0,85	shoda
	Radius	1,41	shoda
	Ulna	1,25	shoda
	Suma	3,71	nadhodnocená
Slabá kompakta	Costae	2,29	nadhodnocená
	Sternum	0,13	shoda
	Scapula	1,15	shoda
	Tarsi	1,98	podhodnocená
	Carpi	6,55	podhodnocená
	Suma	0,43	shoda

V kontingenční tabulce jsme zjišťovali závislost ovlivnění tafonomickými činiteli, které zastupují proměnné Zvětrání a Poškození (Tab. XIII. – XX. v příloze). Výsledky testování jsou uvedené v tabulce 22. Signifikantní vztah se objevil u elementů s hutnou kompaktní kostí při porovnání proměnných Kompletnost – Poškození ($p=0,87$) a Lom – Poškození ($p=0,36$). V případě elementů se slabou kompaktní kostí se objevila závislost mezi Kompletností a Zvětráním ($p=0,22$). Ostatní vztahy mezi proměnnými jsou statisticky nevýznamné ($p<0,05$). Na základě těchto výsledků můžeme konstatovat, že analyzované kostní jednotky byly ovlivněny spíše antropogenní činností. Elementy se slabou kompaktní kostí navíc i tafonomií přírodního charakteru.

Shrneme-li výsledky hypotézy 2, pak bychom v případě fragmentace přijali nulovou hypotézu a nepřijali alternativní. Fragmentace elementů se slabou kompaktní kostí je stejná jako fragmentace elementů s hutnou kompaktní kostí. Separace těchto elementů je však rozdílná. Také tafonomičtí činitelé na obě skupiny působili odlišně. Na základě těchto zjištění, nepřijímáme nulovou hypotézu a přijímáme alternativní. Fragmentace a separace elementů se slabou kompaktní kostí je odlišná od fragmentace a separace elementů s hutnou kompaktní kostí.

Tab. 22. *Výsledky testování závislosti mezi proměnnými pro sledování ovlivnění tafonomickými činiteli v kontingenční tabulce pro hypotézu 2.*

Kategorie	Proměnná		χ^2	p
Hutná kompakta	Kompletnost	Zvětrání	33,00	0,00
		Poškození	0,29	0,87
	Lom	Zvětrání	27,20	0,00
		Poškození	0,85	0,36
Slabá kompakta	Kompletnost	Zvětrání	5,79	0,22
		Poškození	6,94	0,03
	Lom	Zvětrání	8,89	0,01
		Poškození	12,71	0,00

7.9.3. Hypotéza 3

Hodnotili jsme fragmentaci a separaci elementů podle kategorií stanovených v této práci. Nejprve bylo cílem sledovat, jestli se liší nebo shoduje způsob fragmentace kostních jednotek. Fragmentace byla testována Kruskal-Wallisovým testem za použití proměnných Kompletnost a Lom (pouze recentní a starší lom). Výsledky a párová srovnání jsou prezentovány podle sledovaných kategorií stanovených v této práci. Tabulky 23. – 28. zobrazují výsledné hodnoty a párová srovnání při srovnání elementů u proměnné Kompletnost. Tabulky 29. – 34. pak výsledné hodnoty a párová srovnání u proměnné Lom.

V případě proměnné Kompletnost existují statisticky významné rozdíly mezi analyzovanými elementy ve všech kategoriích ($p < 0,05$) s výjimkou středních dlouhých kostí ($p = 0,465$) a plochých kostí ($p = 0,163$), kde nejsou statisticky významné rozdíly v kompletnosti mezi elementy.

Výsledky testování charakteru lomové plochy můžeme rozdělit do dvou skupin po třech kategoriích. Za prvé, kdy v kategorii velkých ($p = 0,087$) a středních ($p = 0,515$) dlouhých kostí a u plochých kostí ($p = 0,75$) není statisticky významný rozdíl. Za druhé, v kategorii malých dlouhých kostí, mnohotvarých kostí a drobných kostí (všechny $p < 0,05$) existuje statisticky významný rozdíl mezi lomovými plochami hodnocených elementů. Na základě těchto výsledků můžeme konstatovat, že fragmentace mezi kategoriemi je stejná u středních dlouhých kostí a u plochých kostí. Kdežto v ostatních kategoriích probíhala fragmentace mezi elementy odlišně.

Tab. 23. Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání kompletnosti velkých dlouhých kostí.

	n	Hc	p
Femur	116		
Tibie	75	10,050	0,007
Humerus	46		
Párová srovnání			
	Femur	Tibie	Humerus
Femur		0,029	0,003
Tibie			0,415
Humerus			

Tab. 25. Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání kompletnosti malých dlouhých kostí.

	n	Hc	p
Clavicula	52		
MC	130	17,720	0,000
MT	142		
Párová srovnání			
	Clavicula	MC	MT
Clavicula		0,000	0,025
MC			0,007
MT			

Tab. 24. Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání kompletnosti středních dlouhých kostí.

	n	Hc	p
Radius	66		
Ulna	60	1,531	0,465
Fibula	51		
Párová srovnání			
	Radius	Ulna	Fibula
Radius		0,988	0,264
Ulna			0,289
Fibula			

Tab. 26. Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání kompletnosti plochých kostí.

	n	Hc	p
Costae	467		
Scapula	56	3,629	0,163
Sternum	11		
Párová srovnání			
	Costae	Scapula	Sternum
Costae		0,642	0,069
Scapula			0,071
Sternum			

Tab. 27. Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání kompletnosti mnohotvarých kostí.

	n	Hc	p		
Vertebrae	346				
Sacrum	24				
Coxae	78	105,300	0,000		
Mandibula	52				
Cal,Tal	77				
Párová srovnání					
	Vertebrae	Sacrum	Coxae	Mandibula	Cal,Tal
Vertebrae		0,045	0,000	0,284	0,000
Sacrum			0,477	0,220	0,000
Coxae				0,005	0,000
Mandibula					0,000
Cal,Tal					

Tab. 28. Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání kompletnosti drobných kostí.

	n	Hc	<i>p</i>
Carpi	36		
Tarsi	66	22,070	0,000
Phalange	191		
Patella	29		
Párová srovnání			
	Carpi	Tarsi	Phalange
Carpi		0,000	0,066
Tarsi			0,000
Phalange			
Patella			0,129

Tab. 29. Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání lomu velkých dlouhých kostí.

	n	Hc	<i>p</i>
Femur	60		
Tibie	43	4,893	0,087
Humerus	29		
Párová srovnání			
	Femur	Tibie	Humerus
Femur		0,070	0,087
Tibie			0,890
Humerus			

Tab. 30. Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání lomu středních dlouhých kostí.

	n	Hc	<i>p</i>
Radius	48		
Ulna	33	1,326	0,515
Fibula	29		
Párová srovnání			
	Radius	Ulna	Fibula
Radius		0,612	0,451
Ulna			0,254
Fibula			

Tab. 31. Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání lomu malých dlouhých kostí.

	n	Hc	<i>p</i>
Clavicula	30		
MC	69	7,161	0,028
MT	81		
Párová srovnání			
	Clavicula	MC	MT
Clavicula		0,168	0,577
MC			0,009
MT			

Tab. 32. Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání charakteru lomu plochých kostí.

	n	Hc	<i>p</i>
Costae	274		
Scapula	40	0,575	0,750
Sternum	7		
Párová srovnání			
	Costae	Scapula	Sternum
Costae		0,547	0,621
Scapula			0,859
Sternum			

Tab. 33. Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání charakteru lomu mnohotvarých kostí.

	n	Hc	p			
Vertebrae	193					
Sacrum	16					
Coxae	40	11,940	0,018			
Mandibula	33					
Cal,Tal	46					
Párová srovnání						
	Vertebrae	Sacrum	Coxae	Mandibula	Cal,Tal	
Vertebrae		0,100	0,220	0,079	0,085	
Sacrum			0,505	0,011	0,011	
Coxae				0,021	0,021	
Mandibula					0,798	
Cal,Tal						

Tab. 34. Výsledky a párová srovnání Kruskal-Wallisova testu pro srovnání charakteru lomu drobných kostí.

	n	Hc	p				
Carpí	22						
Tarsi	51						
Phalange	102	16,620	0,001				
Patella	20						
Párová srovnání							
	Carpí	Tarsi	Phalange	Patella			
Carpí		0,007	0,285	0,001			
Tarsi			0,022	0,064			
Phalange				0,003			
Patella							

Separaci jsme sledovali pomocí relativních četností, kterých nabývaly možné kombinace dochovaných elementů a jejich fragmentů. Absolutní a relativní četnosti jsou zobrazeny v tabulce 35. – 37. Grafické znázornění podle jednotlivých kategorií dlouhých kostí v grafu 13. Malé dlouhé kosti se dochovávají nejčastěji jako kompletní, anebo ve formě soudržnosti proximální části a těla kosti. Velké a střední dlouhé kosti jsme nejčastěji zaregistrovali pouze jako tělo elementu. U středních a malých dlouhých kostí se málo samostatně zachovávají proximální a distální konce. Z grafu 13. je evidentní, že separace elementů a jejich fragmentů probíhá mezi těmito kategoriemi odlišně.

Tab. 35. Absolutní a relativní četnosti možných kombinací dochovaných u velkých dlouhých elementů.

Kombinace* P T D	Humerus		Femur		Tibie		Total	
	Abs	Rel	Abs	Rel	Abs	Rel	Abs	Rel
100	4	0,087	30	0,259	3	0,040	37	0,156
110	5	0,109	19	0,164	15	0,200	39	0,165
111	7	0,152	10	0,086	17	0,227	34	0,143
011	12	0,261	12	0,103	4	0,053	28	0,118
001	2	0,043	19	0,164	5	0,067	26	0,110
010	16	0,348	26	0,224	31	0,413	73	0,308
Total	46	1,000	116	1,000	75	1,000	237	1,000

*Kombinace: P – proximální část; T – tělo kosti; D – distální část. 0 – nepřítomnost; 1 – přítomnost.

Tab. 36. Absolutní a relativní četnosti možných kombinací dochovaných u středních dlouhých elementů.

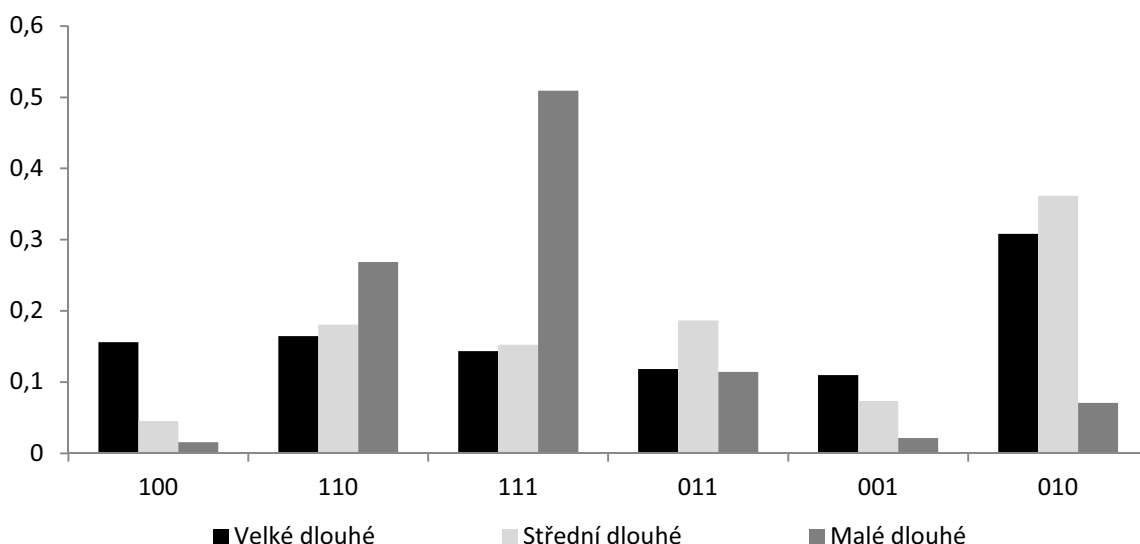
Kombinace* P T D	Radius		Ulna		Fibula		Total	
	Abs	Rel	Abs	Rel	Abs	Rel	Abs	Rel
100	6	0,091	2	0,033	0	0,000	8	0,045
110	13	0,197	12	0,200	7	0,137	32	0,181
111	17	0,258	10	0,167	0	0,000	27	0,153
011	8	0,121	9	0,150	16	0,314	33	0,186
001	6	0,091	3	0,050	4	0,078	13	0,073
010	16	0,242	24	0,400	24	0,471	64	0,362
Total	66	1,000	60	1,000	51	1,000	177	1,000

*Kombinace: P – proximální část; T – tělo kosti; D – distální část. 0 – nepřítomnost; 1 – přítomnost.

Tab. 37. Absolutní a relativní četnosti možných kombinací dochovaných u malých dlouhých elementů.

Kombinace* P T D	Clavicula		MC		MT		Total	
	Abs	Rel	Abs	Rel	Abs	Rel	Abs	Rel
100	2	0,038	0	0,000	3	0,021	5	0,015
110	7	0,135	21	0,162	59	0,415	87	0,269
111	18	0,346	81	0,623	66	0,465	165	0,509
011	13	0,250	15	0,115	9	0,063	37	0,114
001	3	0,058	4	0,031	0	0,000	7	0,022
010	9	0,173	9	0,069	5	0,035	23	0,071
Total	52	1,000	130	1,000	142	1,000	324	1,000

*Kombinace: P – proximální část; T – tělo kosti; D – distální část. 0 – nepřítomnost; 1 – přítomnost.



Graf 13. Grafické znázornění relativních četností v kategorii velkých, středních a malých dlouhých kostí pro možné kombinace dochování elementů.

Číselný kód podle tabulky 6.

Testováním v kontingenční tabulce (Tab. XXI. – XLIV. v příloze) jsme zjišťovali závislost ovlivnění tafonomickými činiteli, které zastupují proměnné Zvětrání a Poškození. Výsledky testování jsou uvedené v tabulce 38. Nejmarkantnější signifikantní vztahy se objevily mezi proměnnými Kompletnost – Poškození v kategorii dlouhé velké ($p=0,99$), dlouhé střední ($p=0,9$), ploché ($p=0,52$) a mnohotvaré kosti ($p=0,61$). Dále jsme pozorovali statisticky významné vztahy mezi proměnnými Kompletnost – Zvětrání v kategorii dlouhé střední ($p=0,06$), ploché ($p=0,17$) a mnohotvaré kosti ($p=0,12$). Dále mezi proměnnými Lom – Poškození u drobných elementů ($p=0,5$). Mezi proměnnými Lom – Zvětrání jsme nezaznamenali žádný signifikantní vztah ($p<0,05$). Z těchto výsledků vyplývá, že zvětrání nemá tak velký vliv na kompletnost elementů jako jejich poškození. Pouze u dlouhých malých kostí jsme nezaznamenali žádné ovlivnění. Naopak v kategorii dlouhých středních kostí, mnohotvarých a plochých elementů existuje ovlivnění jak zvětráním, tak i poškozením.

Tab. 38. *Výsledky testování závislosti mezi proměnnými pro sledování ovlivnění tafonomickými činiteli v kontingenční tabulce pro hypotézu 3.*

Kategorie	Proměnná		χ^2	p
Dlouhé velké	Komplenost	Zvětrání	26,74	0,00
		Poškození	0,01	0,99
	Lom	Zvětrání	21,14	0,00
		Poškození	10,14	0,00
Dlouhé střední	Komplenost	Zvětrání	9,15	0,06
		Poškození	0,20	0,90
	Lom	Zvětrání	7,64	0,02
		Poškození	12,11	0,00
Dlouhé malé	Komplenost	Zvětrání	11,72	0,02
		Poškození	11,72	0,00
	Lom	Zvětrání	7,57	0,02
		Poškození	8,12	0,00
Ploché	Komplenost	Zvětrání	6,39	0,17
		Poškození	1,32	0,52
	Lom	Zvětrání	6,57	0,04
		Poškození	14,09	0,00
Mnoho- tvaré	Komplenost	Zvětrání	7,38	0,12
		Poškození	0,99	0,61
	Lom	Zvětrání	28,37	0,00
		Poškození	20,81	0,00
Drobné	Komplenost	Zvětrání	9,96	0,04
		Poškození	17,20	0,00
	Lom	Zvětrání	20,49	0,00
		Poškození	0,45	0,50

Z předložených výsledků vyplývá, že fragmentace a separace neprobíhá u kostí rozdělených podle kategorií obdobným způsobem. Výjimkou jsou střední dlouhé a ploché kosti, které vykazují obdobnou fragmentaci mezi elementy v kategorii. Stejně tak i ovlivnění tafonomickými činiteli je u těchto kategorií shodné. Nulovou hypotézu nepřijímáme a přijímáme alternativní. Mezi elementy stejného typu probíhá fragmentace a separace odlišným způsobem.

8. Diskuze

Hodnocení fragmentace a separace kostních elementů probíhalo za pomoci sledování frekvenčního výskytu v souboru s přihlédnutím k tafonomickým a exkavačním faktorům. Pro tuto práci jsme využili část souboru lidských izolovaných kostí z archeologického záchranného výzkumu v Plzni U Zvonu. Pro testování byly stanoveny tři hypotézy, které refletovali pravděpodobné aspekty fragmentace a separace izolovaných kostí. Všechny tři nulové hypotézy jsme nepřijali a přijali alternativní. Z výsledků hypotéz je spíše patrné, že obsah souboru vznikl nahodilým způsobem. Při porovnání některé elementy a jejich fragmenty mezi sebou sice vykazují určité pravidelnosti a vzorce, ale často se jedná o velmi podobné nebo anatomicky blízké kosti. K utvoření souboru přispěl především antropogenní zásah, který na určitých elementech zanechal své stopy. Zdali se jednalo převážně o exkavační faktory nebo ovlivnění sekundárními zásahy během fungování hřbitova, nelze s jistotou říci. Většina souboru byla nejpravděpodobněji alterována již před delším časovým úsekem, než během exkavace. Nicméně exkavace se rovněž na souboru izolovaných kostí podepsala. Zvětrání ovlivnilo fragmentaci a separaci spíše u málo odolných elementů.

Ovlivňujícím faktorem v této práci může být výběr souboru. Výběr sice probíhal náhodným způsobem, ale teoreticky není vyloučeno, že obsah pytlů, ve kterých byly kosti uložené, nemohl být nějakým způsobem již předem ovlivněn. Například manipulací nebo při převozu z lokality do depozitáře muzea. Stejně tak velikost souboru může být omezující. V této práci jsme analyzovali 3276 kostních jednotek. Srovnáme-li tento počet se studií Margolise (2007), kde bylo analyzováno 1805 kostních jednotek a prací Píšové (2011), která analyzovala 6088 elementů a jejich fragmentů, pak se tato práce nachází mezi nimi. Počet elementů i tak nemusí být pro celé pohřebiště dostatečně reprezentativní. Na druhou stranu i nedostatečné zastoupení elementů má svou významnou výpovědní hodnotu. Nemůžeme rovněž vyloučit, že všechny analyzované elementy náležely ryze dospělým jedincům. V některých případech je stav osifikace na pomezí dospělosti velmi individuální (Čihák, 2011), nejasný nebo nepřítomný. Nelze tak s úplnou jistotou odhadnout věk. Některé patologické stavy jsou také obtížně sledovatelné nebo již nepřítomné. Jedná se o faktory, které badatel může usměrnit jen obtížně, nebo podle svých zkušeností.

Rozdělení elementů do kategorií hraje také svou roli. Porovnávání jednotlivých elementů čistě mezi sebou by se stalo velmi komplikovanou a nepřehlednou záležitostí. Některá srovnání by vyplynula jako nelogická. Vytvoření kategorií bylo nevyhnutelnou součástí této práce. V některých kategoriích došlo k silně nadpočetnému stavu jednotlivých elementů. Například u plochých kostí jsou velmi početně zastoupena žebra, u mnohotvarých elementů jsou to obratle apod.

Chybějící kontext izolovaných kostí je značným nedostatkem. Domníváme se, že kontakt kostí s artefakty, hloubka uložení, poloha uložení v rámci pohřebiště a stratigrafických vrstev apod., bude kvantitativně a kvalitativně ovlivňovat fragmentaci a separaci kostních jednotek. Stejně tak tato domněnka platí pro frekvenční výskyt elementů v souboru. Pokud by se tyto informace při výzkumu sledovali, bylo by možné uchopit precizněji tuto problematiku a mnohé otázky zodpovědět efektivněji.

Metodu této práce jsme ověřovali pomocí intra-observační chyby za použití koeficientu Cohenovy kappy. Metoda této práce byla vytvořena tak, aby umožňovala co nejmenší subjektivní pohled badatele. I přes to se však domníváme, že její aplikace na soubory izolovaných kostí dalšími badateli by mohla vést k jiným výsledkům hodnocení. To dokládají velmi (až podezřele) pozitivní výsledky intra-observační chyby. Pro další ověření metody, by bylo vhodné použít hodnocení mezi dvěma badateli, tj. inter-observační chyby. Teprve až po tomto kroku bychom považovali postup za validní. Důvodem velmi pozitivních výsledků může být krátký časový odstup mezi prvním a druhým hodnocením. Nebo blíže nespecifikovaná náhoda při výběru kostních jednotek, které byly k hodnocení intra-observační chyby použity.

Celkem jsme v této práci analyzovali 3276 izolovaných kostí, z toho se jich podařilo přesně identifikovat 2504. Zbylé zlomky kostních jednotek označené jako Neidentifikované, nenesly znaky umožňující přesnou identifikaci. Důvodem byla vysoká fragmentárnost i vysoká úroveň zvětrání, oproti elementům a jejich fragmentům, které se podařilo s jistotou rozpoznat. Výjimkou jsou kosti lebky, které měly také vysokou fragmentárnost i úroveň zvětrání. Tyto zlomky se ukázaly jako těžko zaměnitelné. Problém s identifikací byl především u elementů, které si jsou svou morfologií blízké a navíc značně fragmentované. Jedná se například o těla dlouhých kostí, jako je kost vřetení, loketní a lýtková, nebo záprstní a zánártní kosti. Dále se může jednat o zlomky obratlů a kostí křížových.

Stranově rozlišitelné elementy mají mezi pravou a levou stranou v souboru rovnoměrné zastoupení. Výjimkou jsou stehenní kosti, zánártní kosti a lopatky. V případě stehenních kostí by se mohlo jednat o specifické pohřební praktiky. Nicméně jsme nikde nezaznamenali kulturní selekci výhradně levých stehenních kostí. Může se jednat spíše o náhodu, protože stranově neurčených elementů bylo celkem 52. Je tedy možnost, že mezi neurčenými elementy stehenní kosti jsou další z levé strany, ale bez identifikačních znaků. Druhým případem jsou zánártní kosti, které jsou anatomicky periferně uložené a je zde vyšší pravděpodobnost jejich nedochování (Waldron, 1987). Na druhou stranu zápřstní kosti, jako elementy morfologicky nejbližší, mají shodně identifikovaných pravých a levých kostních jednotek (test dobré shody; $p=1,00$). Opak ve významnosti zachování pravých a levých elementů se vyskytl pouze u lopatky. Podhodnocené zachování pravých lopatek přikládáme k vysoké fragmentaci, mechanickým vlastnostem a obecně nízké zachovalosti tohoto elementu (Waldron, 1987).

Obecně je v souboru nejvyšší četnost fragmentárně dochovaných elementů (61,5 %). Domníváme se, že tento stav může odrážet dynamické a destrukční procesy, které zasahovaly do existence pohřebiště. Například Margolis (2007) ve své studii neuvádí takto vysoký počet fragmentárně zachovaných elementů (43,2 %). Jak již bylo zmíněno, nejvíce fragmentárních elementů jsme zaznamenali u neidentifikovaných kostí a kostí lebky. Kostra lebky se vlivem tafonomických činitelů a odstranění měkkých tkání stává křehkou dutou prostorou. Lehce tak může dojít ke zborcení lebeční klenby, jak vlivem váhy nadloží, tak i sekundárními zásahy do pohřebních kontextů. Kosti lebky také vykazují druhou nejvyšší četnost mezi silně zvětralými kostními jednotkami. Vliv na fragmentárnost bude mít i způsob exkavace.

Velmi křehké jsou i ploché kosti, u kterých jsme vysokou fragmentárnost očekávali. Nicméně velké dlouhé kosti mají také vysokou míru fragmentace. Roli zde hraje právě jejich relativní velikost. Tím, že jsou „velké a dlouhé“ více podléhají tafonomickým činitelům, především antropogenním zásahům. Délka kosti může být ovlivňující ve smyslu působení sil na jeden konec, kdy druhý je pevně ukotven. Tím dojde k efektu páky. Dlouhé velké kosti mají také nejvyšší zastoupení poškozených elementů v souboru.

V kategoriích dlouhých kostí jsme sledovali trend zvýšené fragmentace s narůstající velikostí elementu (Graf 4). V tomto případě lze tedy říci, že relativní

velikost dlouhých kostí je přímo úměrná kompletnosti dochovaných kostních jednotek. Stejně tak je tento trend viditelný v kategorii drobných kostí, která vykazuje nejvíce kompletních elementů a nejméně fragmentárních. Zajímavým zjištěním je, že tvarově rozličné elementy z kategorie mnohotvarých kostí mají přibližně stejné relativní zastoupení kompletních, částečných a fragmentárních kostních jednotek, jako kategorie středních dlouhých kostí. Členitá morfologie elementu tedy zcela nevysvětluje náchyllost k fragmentaci.

Problematicky hodnoceným elementem byla hrudní kost. Hodnocení kompletnosti je nastaveno tak, abychom hodnotili element jako kompletní, pouze v případě jeho dochování jako jednoho celku. Tento stav je však u hrudní kosti člověka variabilní. K celkovému srůstu může dojít i okolo 60-ti let věku (Čihák, 2011). V případě hrudní kosti existuje ještě jedna anomálie. Jednu kostní jednotku jsme hodnotili jako částečně dochovanou, ale bez lomu. Nejedná se o chybu, ale jde o reakci na stav osifikace, kdy je celá hrudní kost rozdělena na tři části, i když se jedná o dospělého jedince.

Podle sledování charakteru lomové plochy byly kosti fragmentované především před delším časovým obdobím, nežli recentně. Přesto nedokážeme říci, v jak dávné době ke zlomu došlo. Jedná se o padesát nebo dvě stě let? Pokud se podíváme na výsledné četnosti u elementů, na kterých se vyskytoval recentní i starší lom zároveň (Tab. 11.), pak zjistíme, že recentně fragmentovaných elementů nezanedbatelně přibylo. Na základě těchto zjištění je ale stále pravděpodobnější ovlivnění souboru ve starších obdobích. Je možné to připsat pohřebním praktikám, kdy docházelo k narušování pohřebních kontextů (Kostka a Šmolíková, 1998; Unger, 2006; Králíková, 2007; Chroustovský a Průchová, 2011), anebo předchozímu poválečnému archeologickému výzkumu a dalším zásahům na lokalitě (Orna, osobní konzultace).

Relativní četnosti jednotlivých charakterů lomové plochy jsou v souboru zastoupeny poněkud nejednotvárně (Graf 6.). Především drobné kosti a malé dlouhé kosti se nám podařilo zachytit i bez jakékoli fragmentace. V ostatních kategoriích (s výjimkou tří kostních jednotek u mnohotvarých kostí), jsme nezaznamenali žádné neporušené elementy. Pomineme-li kategorii neidentifikovaných kostí, drobných kostí a malých dlouhých kostí, pak jednotlivé stupně charakteru lomové plochy jsou v souboru zastoupeny přibližně rovnoměrně. Tento stav opět podporuje teorii, že

relativní velikost, hustota kostní tkáně a morfologie elementu hraje důležitou roli při jeho fragmentaci. Jednotlivé elementy a jejich fragmenty byly pravděpodobně „rovnoměrně“ alterovány po celou dobu existence pohřebiště až do svého vyjmutí při archeologickém výzkumu. Z výsledků je rovněž patrné, že menším elementům se fragmentace vyhnula, kdežto ostatní kosti podléhali fragmentaci ve větší míře. Hodnocení charakteru lomové plochy není příliš ověřeným postupem. Nejlepší variantou pro budoucí bádání, by bylo provést experimentální výzkum. Nicméně takový experiment by byl velmi časově náročný.

V případě proměnné zvětrání jsme nezaznamenali žádný trend, například co se týče velikosti nebo morfologie elementů. Úroveň zvětrání by mohla souviset s maximální délkou ostatků, ale pouze v případě nenarušených hrobů (Littleton, 2000). Například střední dlouhé, mnohotvaré a drobné kosti mají velmi podobné relativní zastoupení všech stupňů zvětrání. Vysoká míra silně zvětralých elementů se očekávaně projevila u neidentifikovaných elementů. Díky silnému zvětrání nebyly některé kostní jednotky rozpoznatelné, protože identifikační znaky se smazaly vlivem této tafonomie. Z kostí lebky jsme analyzovali především kosti neurocrania (plochá kost), které měly také vysoký podíl silně zvětralých elementů. Na druhou stranu z kategorie plochých kostí se dochovalo velmi málo silně zvětralých elementů. Tento stav je zřejmě způsoben odolností kostí lebeční klenby oproti žebřům, které převážně kategorii plochých kostí reprezentovaly. Domníváme se, že žebra a obecně elementy se slabou kompaktní kostí postižená silným zvětráním, podléhají snadno celkové destrukci. V porovnání s elementy, které tvoří hutná kompaktní kost (stehenní kost, holenní kost atd.). Tuto tezi by podporovali i výsledky hypotézy 2 (Tab. 21.), kdy byl zjištěn pozitivní vztah mezi kompletností a zvětráním u elementů se slabou kompaktní ($p=0,22$; viz dále). Nelze s jistotou říci, že určité elementy mají vyšší náchylnost ke zvětrání. Kostí, které v souboru vykazují značný počet silně zvětralých kostních jednotek, byly spíše na tolik odolné, že zvětrání nepodlehly. K obdobným závěrům došli také Janjua a Rogers (2008). Zvětrání se v jejich studii projevilo více na velkých, robustních a mechanicky odolných elementech, než na drobných kostech. Druhou variantou je, že některé kosti se dostaly na povrch, kde došlo ke zvětrání, kdežto jiné elementy se na povrch nedostaly a nebyly vystaveny okolnímu prostředí. Zde by pak zřejmě hrála roli určitá nápadnost těchto elementů nebo jejich selekce při sekundárních zásazích. Za nápadné elementy můžeme považovat velké

a střední dlouhé kosti a kosti lebky. Tyto kategorie mají v souboru velký podíl silně zvětralých elementů a jejich fragmentů (Graf 8.).

Úroveň zvětrání elementů jsme v této práci použili pro sledování tafonomických stop a diagenetických změn, které mohou být způsobené kontaktem kosterního materiálu s okolním otevřeným prostředím (Behrensmayer, 1978). Fernández-Jalvo et al. (2010) však uvádějí, že v mírném klimatu je zvětrání mnohem pomalejší a slabší na intenzitě, než ve vlhkých klimatech, jako tomu bylo v případě studie Behrensmayer (1978). Kosti, které byly v mírném klimatu vystaveny okolnímu otevřenému prostředí 20 – 30 let nevykazovaly žádné stopy po zvětrání (Fernández-Jalvo et al., 2010). Zvětrání také nemusí být vhodným nástrojem pro sledování diagenetických změn u sekundárně přemístěných ostatků (Littleton, 2000). Spojení původních šesti úrovní dle Behrensmayer (1978) na tři úrovně, se ukázalo jako efektivní krok. Celkově se metoda zjednodušila a výsledky se zpřehlednily. Domníváme se, že touto modifikací nedošlo ke zkreslení nebo k desinterpretacím výsledků.

Na kostních jednotkách jsme dále sledovali jejich poškození. Více bylo v souboru pozorováno nepoškozených elementů. Nejvíce poškozených jsme zaznamenali u velkých dlouhých kostí a mnohotvarých kostí. Předpokladem bylo, že velikost a členitost kostí bude hrát roli při jejich poškození. To se také potvrdilo. Drobné kosti vykazují vysoký podíl nepoškozených. Stejně tak kosti lebky a neidentifikované elementy mají také malé zastoupení poškozených kostních jednotek. Příčinou u kostí lebky by mohla být fragmentárnost, kdy při poničení dojde lehce k destrukci a identifikační znaky tak zaniknou nebo nejsou vůbec patrné. U neidentifikovaných elementů se jedná o podobný problém. Na neidentifikované elementy pravděpodobně působilo nejvíce vnějších podnětů. Jejich kombinací pak zmizela podstatná část informací.

Na začátku diskuze jsme hovořili o dostatečném a nedostatečném zastoupení elementů – respektive jejich frekvenci výskytu v souboru. Frekvence výskytu elementů v souboru je ovlivněna především jejich fragmentací a separací (Lyman, 1985). Absolutní i relativní četnost elementů v souboru izolovaných kostí, kde nevíme, jaký fragment náleží druhému, může být velmi zavádějící. Záleží na dochované kompletnosti a fragmentárnosti kostních jednotek. Tento argument je hlavním důvodem proč jsme nepočítali minimální počet jedinců v souboru. Pokud

nemáme párové elementy, výsledek je příliš strohý (Bradley a Konigsberg, 2004). Pro porovnání frekvencí byl tedy jako referenční soubor zvolen skelet jednoho jedince, od kterého jsme odvozovali i podhodnocení či nadhodnocení relativní četnosti.

V případě žeber nebo kostí lebky, které se dochovaly jako velmi fragmentární, je četnost kompletních elementů nebo elementů bez lomu blízka nule. Jejich frekvence v souboru není podhodnocená, naopak v případě žeber je nadhodnocená (Tab. 16.). Ploché kosti jsou v archeologickém záznamu velmi křehké, a tím jak často se fragmentují, zvyšují svoji absolutní četnost. Reálně však jejich četnost může být podhodnocená. Podobný případ je i u velkých dlouhých kostí a mnohotvarých kostí. Obě tyto kategorie vykazují vysoký počet fragmentovaných elementů. Mnohotvaré kosti nevykazují tak vysoký podíl poškozených a silně zvětralých kostních jednotek. Díky své členité morfologii se však lehce fragmentují. Velké dlouhé kosti, i přes svoji robusticitu a odolnost, podléhají tafonomickým činitelům nejčastěji. Především mechanickému poškození, ale i zvětrání. Poškození se na nich zřejmě projevilo nejvíce právě pro jejich odolnost. Jiné elementy by tento tlak pravděpodobně nevydržely. U těchto nápadných elementů je ještě otázka jejich selekce při sekundárních zásazích do pohřebních kontextů. Okolnosti selekce těchto kostí při narušení hrobů a rušení hřbitova nám však nejsou známy.

Oproti tomu kostní jednotky z kategorie drobných elementů se zachovaly nejčastěji jako kompletní a mají i nejvyšší podíl elementů bez lomu. Jejich frekvence v souboru je však podhodnocená. Evidentně blíže neurčený selektivní mechanismus neumožnil drobným kostem stát se součástí souboru. Kategorie drobných kostí je obdobná s malými elementy v případě hypotézy 1. I zde je četnost těchto elementů podhodnocená. Neprojevilo se signifikantní vztah spojený se zvětráním (Tab. 19., testování o nezávislosti znaků v kontingenční tabulce; $p < 0,05$). Signifikantní vztah se u malých elementů objevil v obdobném případě mezi proměnnými Lom a Poškození (Tab. 19., testování o nezávislosti znaků v kontingenční tabulce; $p = 0,26$). Zmiňované elementy a jejich fragmenty ze souboru jsou pravděpodobně ovlivněny antropogenní činností, spíše než environmentálními podmínkami. Otázkou zůstává, co se děje v zemi s těmito drobnými kostmi, pokud jsou podstatně tafonomicky ovlivněny. Dojde k jejich celkovému rozpadu a díky slabé kompaktní kosti k celkové destrukci? Nebo

jsou víceméně přehlíženy či neidentifikovány? Patrně dochází rychleji k jejich celkové destrukci nebo opomenutí, protože by se v souboru projevil vyšší četností.

Frekvence výskytu kostí je úzce spojená s fragmentací a separací kostí. V teoretickém vymezení práce jsme tuto problematiku již nastínili. Separace se ukázala jako těžko uchopitelná. Zřejmě díky svému nejasnému vymezení a možnostem, kterých nabývá. Separaci lze hodnotit například pomocí frekvence výskytu kostí v souboru. Ta je ovšem podmíněna kompletností a fragmentaritou elementů a jejich fragmentů. Tím pádem je separace zkreslená, protože chybějící části nemůžeme exaktně hodnotit, ale pouze nepřesně aproximovat. V kontextu této práce také nelze sledovat, jestli se separovaný element fragmentuje ve svém primárním uložení nebo až v sekundární poloze. Tento problém je do jisté míry odstranitelný precizní dokumentací a zachycením kontextu, nebo hledání souvisejících částí fragmentovaných elementů.

Jednou z dalších možností jak by se také dala sledovat separace a fragmentace elementů je metoda diagnostických zón (Knüsel a Outram, 2004). Tato metoda byla původně vytvořena pro účely zooarcheologie (Dobney a Reilly, 1988). Elementy jsou rozděleny na jednotlivé úseky – diagnostické zóny – které přibližně odpovídají anatomickým a morfologickým útvarům na kostech, což dobře reflektuje s předpoklady pro fragmentaci a separaci elementů a jejich fragmentů.

V hypotéze 1 jsme mezi sebou porovnávali relativně velké a relativně malé kosti. Cílem bylo zjistit, jestli se tyto elementy fragmentují a separují stejným nebo odlišným způsobem a jaké jsou jejich frekvence v souboru. Ovlivňujícím faktorem by mohl být výběr elementů. Relativně velké kosti zahrnují čtyři dlouhé kosti a jednu nepravidelnou. Tři z dlouhých kostí navíc tvoří kategorii velkých dlouhých kostí. Lýtková kost nemá, oproti ostatním kostem ve skupině, nosnou funkci. Obdobná situace je i u relativně malých kostí, která je tvořena třemi drobnými kostmi a dvěma z kategorie malé dlouhé kosti. Roli zde může hrát i nepoměr v celkové četnosti mezi těmito kategoriemi.

Výsledky ukazují na odlišnou fragmentaci relativně velkých a malých elementů (Mann-Whitney; $p < 0,05$). Velikost je v tomto případě podstatným prvkem. Relativně velké elementy jasně vykazují mnohem větší podíl fragmentárně dochovaných kostních jednotek i jako jednotlivé kosti. Relativně malé elementy jsou naopak často dochované jako kompletní. Navíc, díky velikosti mají relativně velké elementy vyšší

teoretickou možnost se rozpadnout na více fragmentů, které budou i nadále identifikovatelné. To u malých a drobných kostí není evidentně možné. Relativně velké elementy mají větší plochu, na kterou mohou působit tafonomičtí činitelé. To by potvrzovala závislost mezi kompletností a poškozením u těchto elementů (Tab. 19.; test nezávislosti v kontingenční tabulce; $p=0,67$). Na kompletnosti relativně velkých elementů se ale nepodepsalo zvětrání (tamtéž; $p<0,05$). Stejně tak kompletnost relativně malých elementů nebyla ovlivněna poškozením (tamtéž; $p<0,05$) ani zvětráním (tamtéž; $p<0,05$). Jediný signifikantní vztah u relativně malých elementů souvisí s časováním, kdy k poškození došlo (tamtéž; $p=0,26$).

Výsledky separace potvrzují předpoklad nadhodnocené frekvence velkých elementů oproti podhodnocené frekvenci malých elementů. Nadhodnocenou četnost má pouze stehenní kost. Ostatní elementy v této skupině jsou však ve shodě mezi relativními hodnotami souboru izolátů a referenčním souborem. Je možné, že po odstranění stehenní kosti by výsledky měly jinou formu. Ve skupině relativně malých elementů jsou frekvence třikrát podhodnocené, z toho dvakrát silně. Jedná se o zápěstní kosti a články prstů. Testové kritérium zánártních kostí se blíží kritické hodnotě (Tab. 18.). Záprstní kosti a nártní kosti jsou v souboru na shodné frekvenci jako u referenčního souboru. Přesto, že se jedná o elementy anatomicky blízké, je jejich frekvence odlišná. Narušením pohřbu se pravděpodobně drobnější kosti zcela vytrácejí nebo jsou při odkryvu snadno přehlédnuty či zaměněny. Způsob a rychlost exkavace na záchranném výzkumu pak neumožňuje dostatek prostoru k jejich vyzvednutí.

Ve druhé hypotéze jsme sledovali fragmentaci a separaci elementů se slabou a hutnou kompaktní kostí. Opět, jako v případě hypotézy¹, je zde možnost ovlivnění výběru kostí, které jsme k testování použili. Některé elementy se opakují z první hypotézy. Jedná se například o stehenní, holenní a pažní kost u kostí s hutnou kompaktnou. Ve skupině elementů se slabou kompaktnou se opakují zápěstní a zánártní kosti. Nicméně všechny tyto elementy splňují kritéria stanovená pro tuto hypotézu. U kostí se slabou kompaktnou mají téměř 75% zastoupení žebra. Jistě se jedná o ovlivňující faktor. Stejně tak platí i pro nepoměr absolutní četnosti mezi oběma porovnávanými skupinami.

Předložené výsledky uvádějí, že fragmentace u těchto elementů probíhá stejným způsobem (Mann-Whitney; Kompletnost: $p=0,16$; Lom: $p=0,13$). To je oproti

předpokladu překvapující výsledek. Již jsme diskutovali problematiku dlouhých kostí a jejich vysoké fragmentace. V tomto případě to platí stejně. Kosti se slabou kompaktností se snadno fragmentují díky jejich křehkosti. Kosti s hutnou kompaktností, které jsou z části i relativně velké elementy, podléhají fragmentaci díky své velikosti. Na druhou stranu robustičita a hutnost kompakty dává kostem větší šanci se do souboru dostat, protože i když se rozpadnou na menší fragmenty, tak nedojde k celkové destrukci právě díky zvýšené kompaktnosti kostní tkáně. Kdežto křehkým kostem se slabou kompaktností stačí pouhé narušení povrchu, kdy dojde k odhalení vnitřní trámčité struktury. Snáze tak dojde k jejich celkové destrukci. Tuto problematiku bychom mohli přirovnat k diamantu a tuze, které jsou také z jednoho prvku (stejně jako kostní tkáň je na histologické úrovni stejná [Kummer, 1970]), ale vnitřním uspořádáním se liší.

Kompletnost elementů se slabou kompaktností je závislá na zvětrání (Tab. 22.; test nezávislosti v kontingenční tabulce; $p=0,22$), kdežto kosti s hutnou kompaktností jsou ovlivněny především poškozením, a to jak ve své kompletnosti (tamtéž; $p=0,87$), tak i v časovém období, kdy k poškození došlo (tamtéž; $p=0,36$). Předpokládáme, že slabá kompakta není natolik odolná vůči vnějším vlivům. Zvětrání pak tyto kosti mohlo ovlivnit do té míry, že došlo k jejich fragmentaci anebo úplnému rozpadu. Z tohoto důvodu se poškození nemohlo na analyzovaných elementech a jejich fragmentech objevit (pokud zde původně bylo), protože došlo k jejich zániku nebo mohly být zařazeny mezi neidentifikované kosti. Kosti s hutnou kompaktností se jeví natolik odolné, že i když vykazují vysokou míru silného zvětrání, tak jejich kompletnost tím není ovlivněna.

Poslední, třetí hypotéza, porovnává fragmentaci a separaci kostí stejného typu. Rozhodli jsme se využít kategorií stanovených v této práci, které svým rozvržením hypoteticky reagují na fragmentaci a separaci elementů, působení tafonomických činitelů a frekvenčnímu výskytu v souboru.

Z výsledků Kruskal-Wallisova testu (Tab. 23. – 34.) vyplývá, že fragmentace probíhá obdobným způsobem pouze mezi elementy v kategorii dlouhých středních kostí (Kompletnost $p=0,465$; Lom $p=0,515$) a plochých kostí (Kompletnost $p=0,163$; Lom $p=0,75$). Elementy z kategorie střední dlouhé kosti jsou morfologicky podobné elementy. Vřetenní a loketní kost jsou navíc anatomicky velmi blízké. Napovídají tomu i párová srovnání mezi těmito elementy (Tab. 24. a 30.). Není překvapivé, že

fragmentace se u těchto kostí projevila obdobným způsobem. V případě plochých kostí, vzhledem k jejich časté náchylnosti se rozpadat, se rovněž projevil trend obdobné fragmentace. Kompletnost a Lom elementů v ostatních kategoriích mají statisticky odlišné hodnoty ($p < 0,05$). Výjimkou jsou elementy z kategorie dlouhých velkých kostí, kde se objevil slabý, ale signifikantní vztah u proměnné Lom ($p = 0,087$). Při sledování párových srovnání se významnější vztah objevil vždy mezi kostí holenní a pažní (Tab. 23. a 29.). Obdobnou fragmentaci jsme například očekávali v kategorii malé dlouhé kosti. Především mezi kostmi zánártními a záprstními. Tento předpoklad se ale nepotvrdil. Získali jsme překvapivé výsledky, které vypovídají o opaku. Statisticky silnější vztah se projevil i při porovnání těchto elementů s klíční kostí, než mezi sebou (Tab. 25. a 31.). V kategorii mnohotvarých kostí se prokázalo, že morfologicky členitější elementy s nepravidelným tvarem, budou vykazovat nespecifickou fragmentaci. Na stranu druhou, i v této kategorii, jsme u párových srovnání evidovali elementy, které vykazují obdobnou fragmentaci (Tab. 27. a 33.). Fragmentace u drobných kostí se také projevuje rozdílným až nahodilým způsobem (Tab. 28. a 34.). Mohlo by se jednat o důsledek jejich relativně malé velikosti a periferního uložení ve skeletu. Pokud se tyto drobné elementy jednoduše separují na neurčitou vzdálenost a neseparují se pohromadě, pak fragmentace může nabývat rozličných vzorců. Výsledky Kruskal-Wallisova testu by mohli být ovlivněny nedostatečným nebo nerovnoměrným počtem porovnávaných elementů. Například u plochých, mnohotvarých nebo drobných kostí. Fragmentace neprobíhá obdobným způsobem patrně pro morfologickou a strukturální originalitu každého elementu nebo typu elementu.

Separace byla u hypotézy 3 sledována pouze u prvních tří kategorií dlouhých kostí. Důvodem je jejich přibližná morfologická podobnost, respektive model kosti jako ho popisuje Čihák (2011). Tyto elementy se liší především svou relativní velikostí. Sledovali jsme zachování kombinace těla kostí, proximální a distální části. V kategorii velké dlouhé kosti jsme zaznamenali především zastoupení těl elementů. Ostatní možnosti nabývaly přibližně stejného relativního zastoupení od 11 – 16,5 %. Stehenní kost, na rozdíl od kosti pažní a holenní, neměla nejčtenější zastoupení u těl kostí, ale u proximální části. Roli by zde mohla hrát velmi silná struktura kostní tkáně, která se zde vyskytuje v oblasti svalových úponů. Rozdíl je však nepatrný. Nejčastěji kompletně zachovaným elementem v této kategorii je holenní kost (Tab. 35.). Střední

dlouhé kosti mají, stejně jako velké dlouhé kosti, nejvíce zachovaných těl. Nejméně se zachovávají samostatné proximální a distální konce. U loketní kosti jsme předpokládali, díky masivnímu okovci, početnější zastoupení proximálních částí, oproti distálním částem. To se potvrdilo pouze v případě dochování kombinace proximální části a těla kosti, která má druhou nejvyšší četnost mezi kombinacemi u loketní kosti. Samostatně se okovec dochoval nejméně krát. Lýtková kost se jako kompletní nedochovala ani v jednom případě (Tab. 36.). Malé dlouhé kosti se dochovaly nejvíce jako kompletní nebo jako celek proximální části a těla kosti. Očekávali jsme shodu u zánártních a záprstních kostí. Ta se částečně potvrdila, s tím rozdílem, že zánártní kosti mají mnohem větší četnost dochovaných kombinací proximálních částí s těly kostí, než záprstní kosti. Relativní rozdíl je circa 30 %. Záprstní kosti mají mnohem více kompletně zachovaných elementů. Příčinou by mohlo být odlišné umístění elementů na skeletu, kdy záprstní kosti se mnohdy vyskytují v pánevní nebo břišní oblasti, v důsledku pohřebních zvyklostí. Zánártní kosti jsou pak téměř vždy na okraji skeletu. Hodnoty získané pro klíční kost slabě souvisejí s hodnotami u zánártních a záprstních kostí. Především u kompletně zachovaných elementů je rozdíl největší. Samostatný akromiální a sternální konec se nezachovávají výrazně odlišně (Tab. 37.). Obdobných výsledků při sledování dochování částí elementů dosáhl také Willey et al. (1997). U velkých elementů zdůrazňuje především dochování těl dlouhých kostí.

Dále jsme sledovali jaký vliv má zvětrání a poškození na elementy rozdělené podle kategorií. U velkých a středních dlouhých kostí, plochých a mnohotvarých elementů existuje statisticky významný vztah mezi jejich kompletností a poškozením (Tab. 38.). Výsledek je odrazem vlastností těchto elementů, které jsme již zmiňovali. Jedná se o relativní velikost, morfologii a křehkost. Zajímavé je zjištění, že hodnoty pro ploché kosti se oproti výsledkům v hypotéze 2 (elementy se slabou kompakťou) liší. Rozdíl je nejpravděpodobněji v testovaných kostních jednotkách. V hypotéze 2 jsme došli k závěru, že vliv na elementy se slabou kompakťou má i zvětrání. Stejně tak je tomu i v případě plochých kostí. Zvětráním je ovlivněna kompletnost u mnohotvarých elementů ($p=0,12$) a středních dlouhých kostí jejich ($p=0,06$). Vztah je však velmi slabý. V žádné kategorii nevyšel signifikantní vztah pro časování lomu a zvětráním nebo poškozením. Jedinou výjimkou jsou drobné kosti, kde jsme zaznamenali statisticky významný vztah mezi charakteristikou lomu a poškozením

($p=0,5$). Drobné kosti jsou však nejméně poškozenými elementy v souboru (pokud nepočítáme neidentifikované kosti). Žádný vztah mezi proměnnými jsme nezaznamenali u malých dlouhých kostí. Tafonomiční činitelé pravděpodobně působí méně na drobnější a tvarově jednoduché elementy. Musí být ale splněny obě tyto podmínky. Na základě předložených výsledků se domníváme, že elementy rozdělené podle kategorií byly ovlivněné především antropogenním zásahem. Zvětrání hrálo roli pouze u plochých a mnohotvarých elementů.

9. Závěr

V této diplomové práci jsme se věnovali hodnocení fragmentace a separace kostních elementů a jejich frekvenčnímu zastoupení v souboru. Hodnocení bylo provedeno na základě analýzy souboru izolovaných lidských kostí z pohřebiště U Zvonu v Plzni. Jako všechny nálezy z archeologických lokalit, byl i tento soubor ovlivněn řadou procesů. Nejprve samotnou dekompozicí organismu, uplatněnými pohřebními praktikami, působením tafonomických činitelů a depozičních podmínek, a v neposlední řadě samotnou exkavací a laboratorním zpracováním. Toto působení zanechalo na izolovaných elementech a jejich fragmentech stopy, které jsou důkazem způsobu formování souboru a také dokladem událostí a procesů, které působily v rámci pohřebního areálu. Formování souboru probíhalo především jako selekční tlak, který zvýhodňoval, nebo naopak znevýhodňoval některé elementy. To se posléze odrazilo v jejich frekvenčním výskytu v souboru.

Stanovili jsme tři hypotézy, které na základě provedených analýz nebyly nepřijatý. Z výsledků vyplývají tyto závěry:

- 1) Malé a velké elementy se fragmentují odlišným způsobem.
- 2) Elementy se slabou kompaktní kostí se fragmentují obdobně jako elementy s hutnou kompaktní kostí.
- 3) Fragmentace zpravidla neprobíhá obdobným způsobem u morfologicky podobných elementů (s výjimkou středních dlouhých kostí a plochých kostí).
- 4) Velké a robustní elementy jsou v souboru frekvenčně nadhodnocené, oproti malým a drobným elementům, které jsou svou četností podhodnocené.
- 5) Tafonomie antropogenního původu ovlivňuje fragmentaci a separaci hlavně u velkých, robustních a morfologicky členitých elementů.

- 6) Tafonomie přírodního původu ovlivňuje fragmentaci a separaci především u málo odolných elementů.

Podařilo se nám potvrdit tvrzení některých autorů (např. Waldron, 1987; Willey et al., 1997; Margolis, 2007), kteří zmiňují vyšší šance pro dochování robustních elementů s hutnou kompaktní kostí. Stejně tak i podhodnocené výskyty malých a drobných elementů, které jsou při exkavaci snadno přehlédnutelné nebo zaměnitelné (Waldron, 1987). Většina kostních jednotek nebyla svým zastoupením v souboru podhodnocena nebo nadhodnocena, ale statisticky se jejich frekvenční výskyt shodoval s očekávanými četnostmi. V případě lehce fragmentovatelných elementů se pravděpodobně jedná o záležitost jejich neodolné vnější a vnitřní struktury.

Antropogenní tafonomičtí činitelé působili především na velké a robustní elementy. Otázkou zůstává, jestli i ostatní elementy byly takto poškozeny, nebo se právě vlivem poškození do souboru nedostaly. Důvodem může být i jejich úplný zánik či nemožnost je identifikovat. K antropogenním zásahům docházelo zpravidla před delším časovým úsekem. Samotný záchranný archeologický výzkum a předešlá stavební činnost na lokalitě složení souboru také kvantitativně a kvalitativně usměrnily. Tafonomie přírodního charakteru ovlivnila hlavně elementy se slabou kostní strukturou. Ovlivnění v tom smyslu, že došlo k jejich fragmentaci, úplnému zániku, anebo nebylo možné tyto kostní jednotky identifikovat. Vlivem všech tafonomických činitelů došlo ke smazání stop a informací na kostech. Ať už se jedná o stopy po poškození nástrojem nebo charakteristiku lomu, které jsme sledovali.

Předložená práce a její metoda, dává možnost sledovat události a procesy, které se v minulosti odehrávaly na pohřebištích. Díky analýze izolovaných kostí můžeme doplnit a obohatit výsledky při analýzách artikulovaných skeletů. Při nedostatku informací o dané lokalitě, může být analýza izolovaných kostí jedinečným pramenem. Studium izolovaných kostí má mnohem širší potenciál, než jaký představuje tato práce. Tím, že jsme zahrnuli pouze nepatologické elementy dospělých jedinců, se zúžil okruh témat, na které má analýza izolovaných kostí schopnost reagovat. Při modifikaci této metody by se využití mohlo rozšířit také pro studium paleodemografie, paleopatologie, zooarcheologie nebo forenzních věd. Pokud existuje požadovaný prostor pro hodnocení izolovaných kostí, pak by pro komplexní zodpovězení antropologiko-archeologických otázek, neměla tato analýza chybět.

10. Literatura

- Amtmann E. 1968. The Distribution of Breaking Strength in Human Femur Shaft. *J Biomech* Vol.1:271–277.
- Ariés P. 2000a. Dějiny smrti I. Doba ležící. Argo, Praha.
- Ariés P. 2000b. Dějiny smrti II. Zdivočelá smrt. Argo. Praha.
- Baxter K. 2004. The Extrinsic Factors that Effect the Preservation of Bone. *Nebraska Anthropologist* 19:38–45.
- Behrensmeyer A. 1978. Taphonomic and Ecologic Information from Bone Weathering. *Paleobiology* 4:150–162.
- Bell LS, Skinner MF, Jones SJ. 1996. The Speed of Post Mortem Change to the Human Skeleton and its Taphonomic Significance. *For Sci Int* 82:129–140.
- Bradley JA, Konigsberg LW. 2004. Estimation of the Most Likely Number of Individuals from Commingled Human Skeletal Remains. *Am J Phys Anthropol* 125:138–151.
- Buikstra J, Ubelaker D. 1994. Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains. Arkansas.
- Cowin SC. 1989. The Mechanical Properties of Cortical Bone Tissue. In: Cowin SC, editor. *Bone Mechanics*. Boca Raton: CRC Press:97–127.
- Currey JD. 1982. Bone as a Mechanical Structure. In: Huijskes R, van Campen D, de Wijn J, editors. *Biomechanics: Principles and Applications*. Hague: Martinus Nijhoff Publishers:75–85.
- Čihák R. 2011. *Anatomie 1*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Grada. Praha.

- Dobney KM, Rielly K. 1988. A Method for Recording Archaeological Animal Bones: The Use of Diagnostic Zones. *Circaea* 5:79–96.
- Duday H. 2009. *The Archaeology of the Dead. Lectures in Archaeoethanatology.* Oxford books.
- Fernández-Jalvo Y, Andrews P, Pesquero D, Smith C, Marín-Monfort M, Sánchez B, Geigl EM, Alonso A. 2010. Early Bone Diagenesis in Temperate Environments. Part I: Surface Features and Histology. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 288:62–81.
- Galeta P, Sládek V, Sosna D, Čechura M. 2008. Hodnocení distribuce izolovaných kostí na hřbitově u kostela sv. Ducha ve Všerubech: využití randomizačních metod. In: Macháček J, editor. *Počítačová podpora v archeologii II.* Masarykova Univerzita. Brno:61–75.
- Gordon CG, Buikstra JE. 1981. Soil, pH, Bone Preservation and Sampling Bias at Mortuary Sites. *Am Antiq* 46:566–571.
- Gutierrez MA. 2001. Bone Diagenesis and Taphonomic History of the Paso Otero 1 Bone Bed, Pampas of Argentina. *J Arch Sci* 28:1277–1290.
- Guy H, Masset C, Baud CA. 1997. Infant Taphonomy. *Inter J Osteoarch* 7:221–229.
- Hedges REM. 2002. Bone Diagenesis: An Overview of Processes. *Archaeometry* 44/3:319–328.
- Hedges REM, Milard AR. 1995. Measurements and Relationship of Diagenetic Alteration of Bone from Three Archaeological Sites. *J Arch Sci* 22: 201–209.
- Child AM. 1995. Microbial Taphonomy of Archaeological Bone. *Studies in Conservation* 40/1:19–30.

- Chroustovský L, Průchová E. 2011. Classification of Post-medieval Secondary Mortuary Practices and Disturbances. *Interdisciplinaria Archaeologica* 2/1:55–62.
- Janjua MA, Rogers TL. 2008. Bone Weathering Patterns of Metatarsal v. Femur and the postmortem interval in Southern Ontario. *For Sci Int* 178:16–23.
- Jans MME, Nielsen-Marsh CM, Smith CI, Collins MJ, Kars H. 2004. Characterisation of Microbial Attack on Archaeological Bone. *J Arch Sci* 31:87–95.
- Jakobsson U, Westergren A. 2005. Statistical Methods for Assessing Agreement for Ordinal Data. *Scand J Caring* 19:427–431.
- Jindrová A, Prášilová M, Zeipelt R. 2008. *Statistika 1*. ČZU. Praha.
- Karr LP, Outram AK. 2012. Bone Degradation and Environment: Understanding, Assessing and Conducting Archaeological Experiments Using Modern Animal Bones. *Int J Osteoarch*. Published online in Wiley Online Library.
- Knüsel CJ, Outram AK. 2004. Fragmentation: The Zonation Method Applied To Fragmented Human Remains from Archaeological and Forensic Context. *Env Arch* 9: 85–97.
- Kostka M, Šmolíková M. 1998. Archeologický výzkum hřbitova u kostela sv. Klimenta v Praze-Bubnech. O pohřebním ritu 19. století. *Archeologické rozhledy* 50/4:822–836.
- Kovacs CS, Kronenberg HM. 1997. Maternal-Fetal Calcium and Bone Metabolism During Pregnancy, Puerperium, and Lactation. *Endocrine Rev* 18/6:832–872.
- Králíková M. 2007. Pohřební ritus 16. – 18. století na území střední Evropy. In: Malina J, editor. *Panoráma biologické a sociokulturní antropologie*. Brno.

- Kummer BKF. Biomechanics of Bone: Mechanical Properties, Functional Structure, Function Adaptation. In: Fung YC, Perrone N, Anliker M, editors. Biomechanics: Its Foundation and Objectives. Englewood Cliffs, NJ:237–271.
- Landis JR, Koch GG. 1977. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. Biometrics 33:159–174.
- Lee-Thorp J, Sealy J. 2008. Beyond Documenting Diagenesis: The Fifth International Bone Diagenesis Workshop. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology 266:129–133.
- Lillie M, Smith R. 2007. The *in situ* Preservation of archaeological Remains: Using Lysimeters to Assess the Impact of Saturation and Seasonality. J Arch Sci 34:1494–1504.
- Littleton J. 2000. Taphonomic Effects of Erosion on Deliberately Buried Bodies. J Arch Sci 27:5–18.
- Lyman RL. 1985. Bone Frequencies: Differential Transport, in situ Destruction, and the MGUI. J Arch Sci 12/3:221–236.
- Lyman RL. 1994a. Quantitative Units and Terminology in Zooarchaeology. Am Antiq 59/1:36–71.
- Lyman RL. 1994b. Vertebrate Taphonomy. Cambridge University Press.
- Lyman RL. 2008. Quantitative Zooarchaeology. Cambridge University Press.
- Lyman RL. 2010. What Taphonomy Is, What it Isn't, and Why Taphonomists Should Care about the Difference. J Taphonomy 8/1:1–16.

- Manifold BM. 2012. Intrinsic and Extinsic Factors Involved in the Preservation of Non-Adult Skeletal Remains in Archaeology and Forensic Science. *Bull Int Assoc Paleodont* 6/2:51–69.
- Margolis MM. 2007. The Isolated Human Bone from Grasshopper Pueblo (AZ P:14:1[ASM]). For the Degree Master of Arts. Department of Anthropology University of Arizona.
- Nawrocki SP. 1991. Human Taphonomy and Historic Cemeteries: Factors Influencing the Loss and Subsequent Recovery of Human Remains. University of Indianapolis Archeology & Forensics Laboratory (<http://archlab.uindy.edu>).
- Neustupný E. 2007. *Metoda archeologie*. Aleš Čeněk, Plzeň.
- Outram AK, Knüsel CJ, Knight S, Harding AF. 2005. Understanding Complex Fragmented Assemblages of Human and Animal Remains: A Fully Integrated Approach. *J Arch Sci* 32:1699–1710.
- Pankowská A, Galeta P, Šmolíková L, Šneberger J, Jurman K. 2014. Hodnocení shody identifikace lidských stálých zubů v závislosti na jejich zachovalosti. *Stomatologie* 114/1:15–23.
- Píšová H. 2011. Distribuce izolovaných kostí v kumulaci na středověkém hřbitově ve Všerubech. Diplomová práce. Katedra antropologie, Západočeská Univerzita v Plzni.
- Prokeš L. 2007. Posmrtné změny a jejich význam při interpretaci pohřebního ritu. In: Z. Měřínský, editor. *Archeologica mediaevalis Moravica et Silesiana – Supplementum 1*. ÚAM FF MU, Brno.
- Reitz EJ, Wing ES. 2008. *Zooarchaeology*. Cambridge University Press. Second Edition.

- Sládek V, Galeta P, Sosna D, Čechura M, Friedl L. 2006. Pathology as a Factor Influencing Taphonomy of Human Burials: Covered Space versus Delineated Empty Space Assessment. Poster on 71st Annual Meeting of Society of American Archaeology.
- Sládek V, Galeta P, Sosna D, Čechura M. 2008. Metody terénní antropologie a dokumentace kosterních nálezů: Příklad hřbitova u kostela sv. Ducha ve Všerubech. In: J. Macháček, editor. Počítačová podpora v archeologii II. Masarykova Univerzita. Brno:314–339.
- Sosna D, Sládek V, Galeta P. 2010. Investigating Mortuary Sites: The Search for Synergy. *Anthropologie* 48/1:33–40.
- Souček E. 2006. *Základy Statistiky*. Vysoká škola manažerské informatiky a ekonomiky a.s. První vydání.
- Stehlíková B. 2012. Doklady hrobové výbavy z novověkého pohřebiště u kostela Sv. Máří Magdaleny v Plzni. Bakalářská práce. Katedra archeologie, Západočeská Univerzita v Plzni.
- Stodder ALW. 2008. Taphonomy and the Nature of Archaeological Assemblages. In: Katzenberg MA, Saunders SR, editors. *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. Second Edition.
- Turner-Walker G. 2012. Early Bioerosion in Skeletal Tissues: Persistence Through Deep Time. *M Jb Geol Pálaont Abh* 265:165–183.
- Ubelaker DH, Adams BJ. 1995. Differentiation of Perimortem and Postmortem Trauma Using Taphonomic Indicators. *J Forensic Sci* Vol.40/3:509–512.
- Unger J. 2002. Pohřební ritus a zacházení s těly zemřelých v českých zemích (s analogiemi i jinde v Evropě) v 1. – 16. století. In: Malina J, editor. *Panoráma biologické a sociokulturní antropologie*. Brno.

- Unger J. 2006. Pohřební ritus 1. – 20. století v Evropě z antropologicko-archeologické perspektivy. In: Malina J, editor. Panoráma biologické a sociokulturní antropologie. Brno.
- Vass AA. 2001. Beyond the Grave – Understanding Human Decomposition. *Microbiology Today* 28:190–192.
- Waldron T. 1987. The Relative Survival of the Human Skeleton: Implications for Paleopathology. In: Boddington A, Garland A, Janaway R, editors. *Death Decay and Reconstruction: Approaches to Archaeology and Forensic Science*. Manchester: Manchester University Press:55–64.
- Walker PL, Johnson JR, Lambert PM. 1988. Age and Sex Biases in the Preservation of Human Skeletal Remains. *Am J Phys Anthropol* 76:183–188.
- Weiss E. 2009. *Bioarchaeological Science: What we have Learned from Human Skeletal Remains*. Nova Science Publishers, Inc.
- White EM, Hannus LA. 1983. Weathering of Bone in Archaeological Soils. *Am Antiq* Vol.48/2:316–322.
- White TD, Folkens PA. 2005. *The Human Bone Manual*. Elsevier Academic press. Amsterdam.
- Wieberg DAM, Wescott DJ. 2008. Estimating the Timing of Long Bone Fractures: Correlation Between the Postmortem Interval, Bone Moisture Content, and Blunt Force Trauma Fracture Characteristics. *J Forensic Sci* Vol.53/5:1–7.
- Willey P, Galloway A, Snyder L. 1997. Bone Mineral Density and Survival of Elements and Element Portions in the Bones of the Crow Creek Massacre Victims. *Am J Phys Anthropol* 104:513–528.

Wood WR, Johnson DL. 1987. A Survey of Disturbance Process in Archaeological Site Formation. In: Schiffer MB, editor. *Advances in Archaeological Method and Theory* Vol.1:325–381.

Zar JH. 2009. *Biostatistical Analysis*. Fourth Edition. New Jersey: Prentice Hall.

Živný M. 2005. Pohřební ritus na Moravě v 11. – 15. století ve Středoevropském kontextu. Disertační práce. Katedra antropologie, Masarykova Univerzita v Brně.

10.1. Ostatní prameny

Galeta P. 2011. Software pro výpočet chyby opakovaných měření (doplněk MS Excel). Příručka pro použití. Katedra antropologie. Západočeská univerzita v Plzni.

Orna J. 2010. „Galerie U Zvonu“. Projekt záchranného archeologického výzkumu. Západočeské muzeum v Plzni.

Orna J. Osobní konzultace. Duben 2014.

Online kalkulátor pro výpočet Cohenovy kappy:
http://www.statstodo.com/CohenKappa_Pgm.php

11. Resumé

This paper is aimed by assessing of human bone fragmentation and separation of elements with regard to taphonomic factors and excavation procedures. This work on target to evaluate separation and fragmentation of isolated human skeletal remains with their frequencies in a assemblage with a view to clarify which taphonomic factors (natural processes and / or anthropogenic activities) can play a major role in the formation of a set of isolated human bones. Competent material is arised during an archaeological research in Pilsen U Zvonu from years 2010-2011. During archaeological reseachs were accumulated enormous amounts of isolated human bones. The material does not contain teeth, juvenile specimens and bone disabled by pathologies.

Methodology of this paper was based on identification of specimens and its lateral determination, the recording of three levels of completeness, characteristic of breakage surface and maximum length of bone element. Supplemented by monitoring the taphonomic agents as weathering and traces of mechanical damages. In work we discuss the effect of deposition conditions, bone mechanical properties, morphology and formal properties of human bones.

For this diplom thesis were determine three hypotheses. Hypotheses are tested as zero (H0). Thats mean that deviations from zero expectations will be interpreted as a result of the influence of specific taphonomic factors. Hypotheses 1 reflect the relative size of elements, hypothesis 2 reflect the structure of bone tissue and hypothesis 3 reflect the morphology of human bones. All hypothesis were rejected.

We summarize the results of this paper in six points:

- 1) Relative small elements have different fragmentation patterns as relative large elements.
- 2) Bones with weak of thin cortical bone have anologous fragmentation patterns as bones with solid or robust cortical bone.
- 3) Fragmentation usualy does not have the same pattern in morphological congenerous elements. Except two cathegories. Which first include *radius*, *ulna* and *fibula*. And second include *costae*, *scapula* and *sternum*.

- 4) Large and robust bones are surplus valued, small elements are undervalued in assemblage.
- 5) Anthropogenic tafonomical agents first of all affect the fragmentation and separation of large, robust and morphological varied elements.
- 6) Nature tafonomical agents first of all affect the fragmentation and separation of weak and less robust elements.

Thru this work and methodology we are able to observe events and processes which affect and create the assemblages of isolated human bones in past. We can upgrade and enrich our results from common researches of articulated skeletons. Sometimes should be the analysis of isolated bones a unique source of our information. This paper does not spent a most of the possibilities. Study of isolated bones have a great potencial to many associated scholastic fields as paleopathology, paleodemography, zooarchaeology or forensic studies. If we want to answer a complex of archaeo-anthropological issues, then the study of isolated human bones should not be ignore.

12. Seznam příloh

Seznam přiložených obrázků

Obrázek I Situační plán lokality U Zvonu zobrazující překrývání hrobů. Evidentní jsou také izolované kosti v prostoru mezi jednotlivými hroby. Z dokumentace vedoucího výzkumu Jiřího Orny.

Obrázek II Situační plán lokality U Zvonu s dokladem variability v orientaci hrobů. Evidentní je rovněž překrývání hrobů a izolované kosti v prostoru mezi hroby. Z dokumentace vedoucího výzkumu Jiřího Orny.

Obrázek III Recentní fragmentace kosterního elementu s ostrou a světlou hranou lomu. Foto autor.

Obrázek IV Fragmentace staršího charakteru. Šipky ukazují na zabarvený a obroušený lom. Foto autor.

Obrázek V Rovná plocha žlábků jako stopa po zásahu blíže neurčeným nástrojem.

Obrázek VI Poškození krumpáčem, zásah vzniklý před delším časovým úsekem. Šipka ukazuje na obdélný otvor s dovnitř vtaženými okraji. Foto autor.

Seznam přiložených tabulek

Tabulka I Kontingenční tabulka proměnné Kompletnost k zobrazení intra-observační chyby. První pozorování v řádcích, druhé pozorování ve sloupcích.

Tabulka II Kontingenční tabulka proměnné Zvětrání k zobrazení intra-observační chyby. První pozorování v řádcích, druhé pozorování ve sloupcích.

Tabulka III Kontingenční tabulka proměnné Lom k zobrazení intra-observační chyby. První pozorování v řádcích, druhé pozorování ve sloupcích.

Tabulka IV Kontingenční tabulka proměnné Poškození k zobrazení intra-observační chyby. První pozorování v řádcích, druhé pozorování ve sloupcích.

Tabulka V Hypotéza 1: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u relativně velkých elementů mezi proměnnými Kompletnost a Zvětrání.

Tabulka VI Hypotéza 1: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u relativně velkých elementů mezi proměnnými Kompletnost a Poškození.

Tabulka VII Hypotéza 1: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u relativně velkých elementů mezi proměnnými Lom a Zvětrání.

Tabulka VIII Hypotéza 1: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u relativně velkých elementů mezi proměnnými Lom a Poškození.

Tabulka IX Hypotéza 1: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u relativně malých elementů mezi proměnnými Kompletnost a Zvětrání.

Tabulka X Hypotéza 1: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u relativně malých elementů mezi proměnnými Kompletnost a Poškození.

Tabulka XI Hypotéza 1: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u relativně malých elementů mezi proměnnými Lom a Zvětrání.

Tabulka XII Hypotéza 1: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u relativně malých elementů mezi proměnnými Lom a Poškození.

Tabulka XIII Hypotéza 2: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u elementů s hutnou kompakťou mezi proměnnými Kompletnost a Zvětrání.

Tabulka XIV Hypotéza 2: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u elementů s hutnou kompakťou mezi proměnnými Kompletnost a Poškození.

Tabulka XV Hypotéza 2: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u elementů s hutnou kompakťou mezi proměnnými Lom a Zvětrání.

Tabulka XVI Hypotéza 2: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u elementů s hutnou kompakťou mezi proměnnými Lom a Poškození.

Tabulka XVII Hypotéza 2: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u elementů se slabou kompakťou mezi proměnnými Kompletnost a Zvětrání.

Tabulka XVIII Hypotéza 2: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u elementů se slabou kompakťou mezi proměnnými Kompletnost a Poškození.

Tabulka XIX Hypotéza 2: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u elementů se slabou kompakťou mezi proměnnými Lom a Poškození.

Tabulka XX Hypotéza 2: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u elementů se slabou kompakťou mezi proměnnými Lom a Poškození.

Tabulka XXI Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé velké kosti mezi proměnnými Kompletnost a Zvětrání.

Tabulka XXII Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé velké kosti mezi proměnnými Kompletnost a Poškození.

Tabulka XXIII Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé velké kosti mezi proměnnými Lom a Zvětrání.

Tabulka XXIV Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé velké kosti mezi proměnnými Lom a Poškození.

Tabulka XXV Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé střední kosti mezi proměnnými Kompletnost a Zvětrání.

Tabulka XXVI Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé střední kosti mezi proměnnými Kompletnost a Poškození.

Tabulka XXVII Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé střední kosti mezi proměnnými Lom a Zvětrání.

Tabulka XXVIII Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé střední kosti mezi proměnnými Lom a Poškození.

Tabulka XXIX Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé malé kosti mezi proměnnými Kompletnost a Zvětrání.

Tabulka XXX Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé malé kosti mezi proměnnými Kompletnost a Poškození.

Tabulka XXXI Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé malé kosti mezi proměnnými Lom a Zvětrání.

Tabulka XXXII Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé malé kosti mezi proměnnými Lom a Poškození.

Tabulka XXXIII Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii plochých kostí mezi proměnnými Kompletnost a Zvětrání.

Tabulka XXXIV Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii plochých kostí mezi proměnnými Kompletnost a Poškození.

Tabulka XXXV Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii plochých kostí mezi proměnnými Lom a Zvětrání.

Tabulka XXXVI Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii plochých kostí mezi proměnnými Lom a Poškození.

Tabulka XXXVII Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii mnohotvarých kostí mezi proměnnými Kompletnost a Zvětrání.

Tabulka XXXVIII Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii mnohotvarých kostí mezi proměnnými Kompletnost a Poškození.

Tabulka XXXIX Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii mnohotvarých kostí mezi proměnnými Lom a Zvětrání.

Tabulka XL Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii mnohotvarých kostí mezi proměnnými Lom a Poškození.

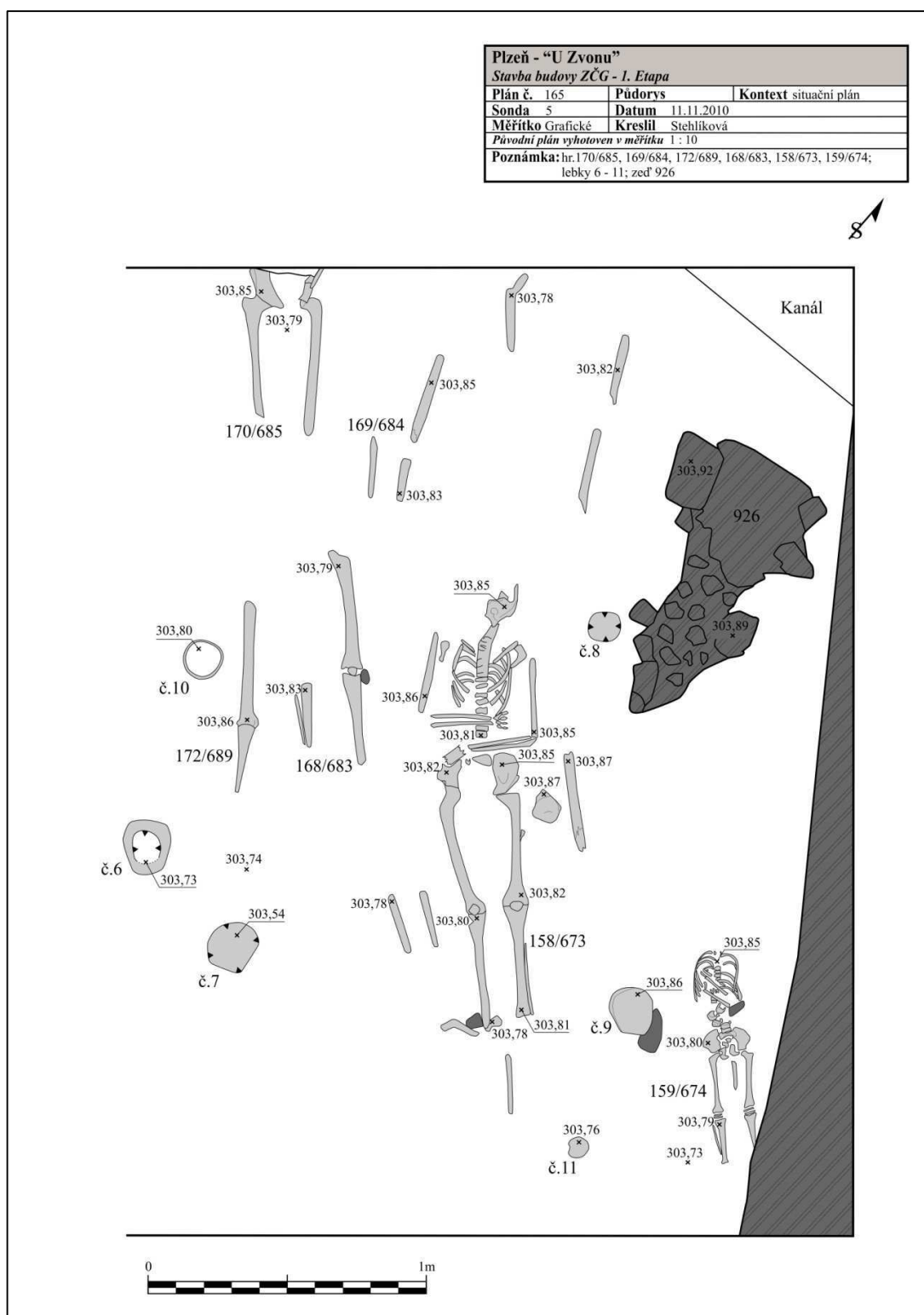
Tabulka XLI Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii drobných kostí mezi proměnnými Kompletnost a Zvětrání.

Tabulka XLII Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii drobných kostí mezi proměnnými Kompletnost a Poškození.

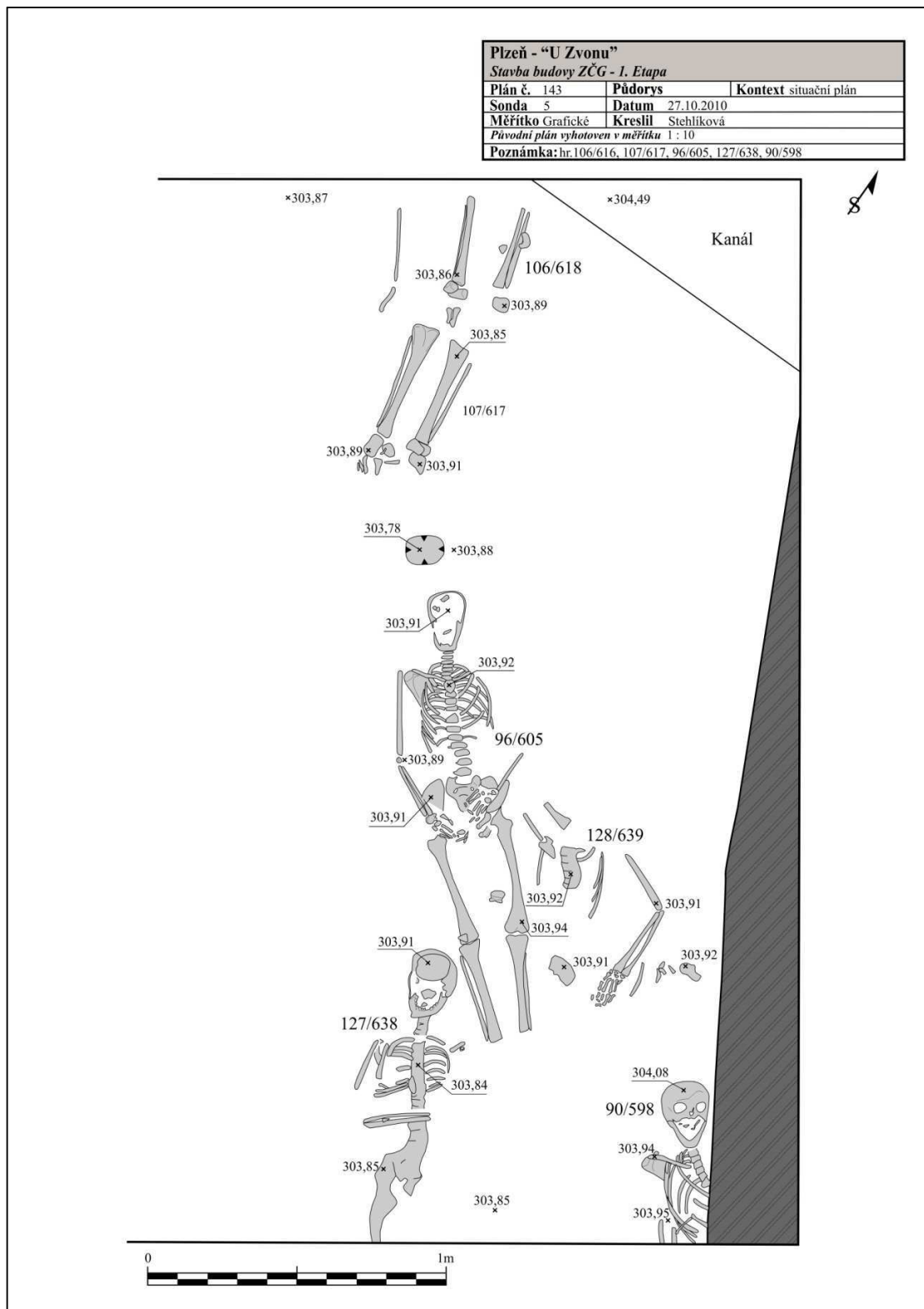
Tabulka XLIII Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii drobných kostí mezi proměnnými Lom a Zvětrání.

Tabulka XLIV Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii drobných kostí mezi proměnnými Lom a Poškození.

Obrazové přílohy



Obř. I. Situační plán lokality U Zvonu zobrazující překrývání hrobů. Evidentní jsou také izolované kosti v prostoru mezi jednotlivými hroby. Z dokumentace vedoucího výzkumu Jiřího Orny.



Obr. II. Situační plán lokality U Zvonu s dokladem variability v orientaci hrobů. Evidentní je rovněž překrývání hrobů a izolované kosti v prostoru mezi hroby. Z dokumentace vedoucího výzkumu Jiřího Orny.



Obr. III. Recentní fragmentace kosterního elementu s ostrou a světlou hranou lomu. Foto autor.



Obr. IV. Fragmentace staršího charakteru. Šipky ukazují na zabarvený a obroušený lom. Foto autor.



Obr. V. Rovná plocha žlábků jako stopa po zásahu blíže neurčeným nástrojem.



Obr. VI. Poškození krumpáčem, zásah vzniklý před delším časovým úsekem. Šipka ukazuje na obdélný otvor s dovnitř vtaženými okraji. Foto autor.

Tabulkové přílohy

Tab. I. Kontingenční tabulka proměnné Kompletnost k zobrazení intra-observační chyby. První pozorování v řádcích, druhé pozorování ve sloupcích.

	K	Č	F	Total
K	41	1	0	42
Č	40	3	0	43
F	0	0	53	53
Total	81	4	53	138

*K – kompletní; Č – částečné; F – fragmentární.

Tab. II. Kontingenční tabulka proměnné Zvětrání k zobrazení intra-observační chyby. První pozorování v řádcích, druhé pozorování ve sloupcích.

	MZ	SZ	VZ	Total
MZ	75	7	0	82
SZ	3	31	3	37
VZ	0	2	17	19
Total	78	40	20	138

*MZ – malé zvětrání; SZ – střední zvětrání; VZ – velké zvětrání.

Tab. III. Kontingenční tabulka proměnné Lom k zobrazení intra-observační chyby. První pozorování v řádcích, druhé pozorování ve sloupcích.

	Bez lomu	Recentní	Starší	Kombinace*	Nejasný	Total
Bez lomu	0	0	1	0	0	1
Recentní	0	14	0	0	1	15
Starší	0	0	67	1	1	69
Kombinace*	0	4	4	41	0	49
Nejasný	0	0	1	1	2	4
Total	0	18	73	43	4	138

*Kombinace – kombinace recentního a staršího lomu.

Tab. IV. Kontingenční tabulka proměnné Poškození k zobrazení intra-observační chyby. První pozorování v řádcích, druhé pozorování ve sloupcích.

	Ano	Ne	Total
Ano	35	1	36
Ne	8	94	102
Total	43	95	138

*Ano – přítomné poškození; Ne – bez poškození.

Tab. V. Hypotéza 1: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u relativně velkých elementů mezi proměnnými Kompletnost a Zvětrání.

		Kompletnost			Total
		K	Č	F	
Zvětrání	Malé	12	17	119	148
	Střední	36	39	97	172
	Velké	5	15	26	46
	Total	53	71	242	366

Tab. VI. Hypotéza 1: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u relativně velkých elementů mezi proměnnými Kompletnost a Poškození.

		Kompletnost			Total
		K	Č	F	
Poškození	Ne	25	28	100	153
	Ano	28	43	142	213
	Total	53	71	242	366

Tab. VII. Hypotéza 1: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u relativně velkých elementů mezi proměnnými Lom a Zvětrání.

		Lom		Total
		Recentní	Starší	
Zvětrání	Malé	39	37	76
	Střední	13	82	95
	Velké	1	29	30
	Total	53	148	201

Tab. VIII. Hypotéza 1: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u relativně velkých elementů mezi proměnnými Lom a Poškození.

		Lom		Total
		Recentní	Starší	
Poškození	Ne	14	81	95
	Ano	39	67	106
	Total	53	148	201

Tab. IX. Hypotéza 1: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u relativně malých elementů mezi proměnnými Kompletnost a Zvětrání.

		Kompletnost			Total
		K	Č	F	
Zvětrání	Malé	293	97	19	409
	Střední	89	54	2	145
	Velké	4	6	1	11
	Total	386	157	22	565

Tab. X. Hypotéza 1: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u relativně malých elementů mezi proměnnými Kompletnost a Poškození.

		Kompletnost			Total
		K	Č	F	
Poškození	Ne	333	107	12	452
	Ano	53	50	10	113
	Total	386	157	22	565

Tab. XI. Hypotéza 1: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u relativně malých elementů mezi proměnnými Lom a Zvětrání.

		Lom		Total
		Recentní	Starší	
Zvětrání	Malé	81	146	227
	Střední	12	80	92
	Velké	0	6	6
	Total	93	232	325

Tab. XII. Hypotéza 1: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u relativně malých elementů mezi proměnnými Lom a Poškození.

		Lom		Total
		Recentní	Starší	
Poškození	Ne	71	190	261
	Ano	22	42	64
	Total	93	232	325

Tab. XIII. Hypotéza 2: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u elementů s hutnou kompaktností mezi proměnnými Komplettnost a Zvětrání.

		Komplettnost			Total
		K	Č	F	
Zvětrání	Malé	21	24	116	161
	Střední	48	37	68	153
	Velké	6	17	26	49
	Total	75	78	210	363

Tab. XIV. Hypotéza 2: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u elementů s hutnou kompaktností mezi proměnnými Komplettnost a Poškození.

		Komplettnost			Total
		K	Č	F	
Poškození	Ne	37	38	97	172
	Ano	38	40	113	191
	Total	75	78	210	363

Tab. XV. Hypotéza 2: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u elementů s hutnou kompaktností mezi proměnnými Lom a Zvětrání.

		Lom		Total
		Recentní	Starší	
Zvětrání	Malé	35	51	86
	Střední	13	80	93
	Velké	1	33	34
	Total	49	164	213

Tab. XVI. Hypotéza 2: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u elementů s hutnou kompakťou mezi proměnnými Lom a Poškození.

		Lom		Total
		Recentní	Starší	
Poškození	Ne	13	55	68
	Ano	36	109	145
	Total	49	164	213

Tab. XVII. Hypotéza 2: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u elementů se slabou kompakťou mezi proměnnými Kompletnost a Zvětrání.

		Kompletnost			Total
		K	Č	F	
Zvětrání	Malé	73	90	278	441
	Střední	31	50	106	187
	Velké	0	1	7	8
	Total	104	141	391	636

Tab. XVIII. Hypotéza 2: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u elementů se slabou kompakťou mezi proměnnými Kompletnost a Poškození.

		Kompletnost			Total
		K	Č	F	
Poškození	Ne	85	94	287	466
	Ano	19	47	104	170
	Total	104	141	391	636

Tab. XIX. Hypotéza 2: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u elementů se slabou kompakťou mezi proměnnými Lom a Poškození.

		Lom		Total
		Recentní	Starší	
Zvětrání	Malé	71	201	272
	Střední	16	100	116
	Velké	0	6	6
	Total	87	307	394

Tab. XX. Hypotéza 2: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků u elementů se slabou kompakťou mezi proměnnými Lom a Poškození.

		Lom		Total
		Recentní	Starší	
Poškození	Ne	54	247	301
	Ano	33	60	93
	Total	87	307	394

Tab. XXI. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé velké kosti mezi proměnnými Kompletnost a Zvětrání.

		Kompletnost			Total
		K	Č	F	
Zvětrání	M	9	11	81	101
	S	28	20	53	101
	V	3	12	20	35
	Total	40	43	154	237

Tab. XXII. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé velké kosti mezi proměnnými Kompletnost a Poškození.

		Kompletnost			Total
		K	Č	F	
Poškození	Ne	14	15	55	84
	Ano	26	28	99	153
	Total	40	43	154	237

Tab. XXIII. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé velké kosti mezi proměnnými Lom a Zvětrání.

		Lom		Total
		Recent	Starší	
Zvětrání	M	24	28	52
	S	10	48	58
	V	0	22	22
	Total	34	98	132

Tab. XXIV. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé velké kosti mezi proměnnými Lom a Poškození.

		Lom		Total
		Recent	Starší	
Poškození	Ne	7	27	34
	Ano	51	47	98
	Total	58	74	132

Tab. XXV. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé střední kosti mezi proměnnými Kompletnost a Zvětrání.

		Kompletnost			Total
		K	Č	F	
Zvětrání	M	15	15	45	75
	S	26	24	30	80
	V	5	8	9	22
	Total	46	47	84	177

Tab. XXVI. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé střední kosti mezi proměnnými Kompletnost a Poškození.

		Kompletnost			Total
		K	Č	F	
Poškození	Ne	33	34	63	130
	Ano	13	13	21	47
	Total	46	47	84	177

Tab. XXVII. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé střední kosti mezi proměnnými Lom a Zvětrání.

		Lom		Total
		Recent	Starší	
Zvětrání	M	12	30	42
	S	5	44	49
	V	1	18	19
	Total	18	92	110

Tab. XXVIII. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé střední kosti mezi proměnnými Lom a Poškození.

		Lom		Total
		Recent	Starší	
Poškození	Ne	9	79	88
	Ano	9	13	22
	Total	18	92	110

Tab. XXIX. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé malé kosti mezi proměnnými Kompletnost a Zvětrání.

		Kompletnost			Total
		K	Č	F	
Zvětrání	M	115	73	23	211
	S	43	48	7	98
	V	3	9	3	15
	Total	161	130	33	324

Tab. XXX. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé malé kosti mezi proměnnými Kompletnost a Poškození.

		Kompletnost			Total
		K	Č	F	
Poškození	Ne	132	87	20	239
	Ano	29	43	13	85
	Total	161	130	33	324

Tab. XXXI. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé malé kosti mezi proměnnými Lom a Zvětrání.

		Lom		Total
		Recent	Starší	
Zvětrání	M	38	77	115
	S	10	48	58
	V	0	7	7
	Total	48	132	180

Tab. XXXII. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii dlouhé malé kosti mezi proměnnými Lom a Poškození.

		Lom		Total
		Recent	Starší	
Poškození	Ne	29	107	136
	Ano	19	25	44
	Total	48	132	180

Tab. XXXIII. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii plochých kostí mezi proměnnými Kompletnost a Zvětrání.

		Kompletnost			Total
		K	Č	F	
Zvětrání	M	16	73	276	365
	S	10	45	106	161
	V	0	1	7	8
	Total	26	119	389	534

Tab. XXXIV. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii plochých kostí mezi proměnnými Kompletnost a Poškození.

		Kompletnost			Total
		K	Č	F	
Poškození	Ne	20	82	287	389
	Ano	6	37	102	145
	Total	26	119	389	534

Tab. XXXV. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii plochých kostí mezi proměnnými Lom a Zvětrání.

		Lom		Total
		Recent	Starší	
Zvětrání	M	55	162	217
	S	14	84	98
	V	0	6	6
	Total	69	252	321

Tab. XXXVI. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii plochých kostí mezi proměnnými Lom a Poškození.

		Lom		Total
		Recent	Starší	
Poškození	Ne	42	207	249
	Ano	27	45	72
	Total	69	252	321

Tab. XXXVII. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii mnohotvarých kostí mezi proměnnými Kompletnost a Zvětrání.

		Kompletnost			Total
		K	Č	F	
Zvětrání	M	70	115	200	385
	S	37	64	73	174
	V	1	8	9	18
	Total	108	187	282	577

Tab. XXXVIII. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii mnohotvarých kostí mezi proměnnými Kompletnost a Poškození.

		Kompletnost			Total
		K	Č	F	
Poškození	Ne	61	96	156	313
	Ano	47	91	126	264
	Total	108	187	282	577

Tab. XXXIX. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii mnohotvarých kostí mezi proměnnými Lom a Zvětrání.

		Lom		Total
		Recent	Starší	
Zvětrání	M	85	138	223
	S	9	86	95
	V	1	9	10
	Total	95	233	328

Tab. XL. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii mnohotvarých kostí mezi proměnnými Lom a Poškození.

		Lom		Total
		Recent	Starší	
Poškození	Ne	35	150	185
	Ano	60	83	143
	Total	95	233	328

Tab. XLI. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii drobných kostí mezi proměnnými Kompletnost a Zvětrání.

		Kompletnost			Total
		K	Č	F	
Zvětrání	M	195	32	4	231
	S	64	16	0	80
	V	6	5	0	11
	Total	265	53	4	322

Tab. XLII. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii drobných kostí mezi proměnnými Kompletnost a Poškození.

		Kompletnost			Total
		K	Č	F	
Poškození	Ne	236	37	2	275
	Ano	29	16	2	47
	Total	265	53	4	322

Tab. XLIII. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii drobných kostí mezi proměnnými Lom a Zvětrání.

		Lom		Total
		Recent	Starší	
Zvětrání	M	48	83	131
	S	4	52	56
	V	0	8	8
	Total	52	143	195

Tab. XLIV. Hypotéza 3: Kontingenční tabulka pro testování vztahu o nezávislosti znaků v kategorii drobných kostí mezi proměnnými Lom a Poškození.

		Lom		Total
		Recent	Starší	
Poškození	Ne	45	118	163
	Ano	7	25	32
	Total	52	143	195