

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra zoologie a rybářství**



**Zastoupení nekrofauny na kadáverech při různé hloubce pohřbení**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Lukáš Hakl**

**Vedoucí práce: prof. RNDr. Miroslav Barták, CSc.**

**Konzultantka: pplk. Ing. Hana Šuláková, PhD.**

© 2016 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Zastoupení nekrofauny na kadáverech při různé hloubce pohřbení" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12. 4. 2016

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce prof. RNDr. Miroslavu Bartákovi, CSc. a konzultantce mé bakalářské práce pplk. Ing. Haně Šulákové, Ph.D. za odborné vedení práce, vstřícný přístup a cenné rady. Dále děkuji Šárce Vrbenské, která mi poskytla užitečnou pomoc při provádění experimentů a pořizování fotodokumentace. Zároveň děkuji doc. Ing. Josefu Haklovi, Ph.D. za jeho pomoc při statistickém zpracování dat.

# Zastoupení nekrofauny na kadáverech při různé hloubce pohřbení

## Souhrn

Forenzní entomologie využívá znalostí o hmyzu a jiných bezobratlých při vyšetřování skutečností a ověřování důkazů v rámci občanského a trestního práva. Tyto znalosti se aplikují v oblasti problematiky skladištních škůdců, parazitologie lidí a zvířat a při vyšetřování doby úmrtí. Forenzní entomologie od svého vzniku výrazně pokročila a s objevením DNA a využitím toxikologie se neomezuje pouze na stanovení doby kolonizace, ale umožňuje odhalit manipulaci s tělem, užívání drog, spojitost mezi obětí a pachatelem a další poznatky, často nezjistitelné jiným způsobem.

Kolonizace volně exponované mrtvoly hmyzem probíhá v 5-8 sukcesních vlnách v závislosti na okolním prostředí. V rámci sukcese se složení nekrofauny postupně mění, od nekrofágních larev čeledi Calliphoridae, které kolonizují čerstvou mrtvolu, přes fermentaci proteinů, při níž dominují larvy čeledě Piophilidae, až po kosterní zbytky, kdy nekrofaunu zastupují hlavně roztoči.

Pohřbení mrtvoly způsobí, že se rozklad mnohonásobně zpomalí. To je způsobeno jednak tím, že půda zabraňuje v přístupu nekrofágů typických pro volnou expozici a zároveň tím, že nižší teploty a méně kyslíku omezují bakteriální činnost. Nejen samotné pohřbení, ale i jeho hloubka má vliv na kolonizaci hmyzem a následný rozklad. Čeď Calliphoridae, údajně dokáže kolonizovat i mělce pohřbené kadávery, v hloubce 10-20 cm dominují Muscidae a v hlubších vrstvách nacházíme nejvíce zástupců čeledi Phoridae.

V našem experimentu, který se zaměřil na kadávery v hloubkách 35 cm a 65 cm, jsme rozdíl v zastoupení nekrofauny prokázali pomocí chí-kvadrát testu. V hloubce 35 cm byla objevena čeď Elateridae, která hlouběji pohřbený kadáver nekolonizovala. Zároveň se ukázalo, že rozdíl 30 cm v hloubce pohřbení může ovlivnit rychlost rozkladu natolik, že v suchém období poskytuje hlouběji pohřbený kadáver dostatek potravy pro řád Diptera, jenž se ve stejné době na mělčeji pohřbeném kadáveru již nevyskytoval a byl osídlován pouze řádem Coleoptera.

**Klíčová slova:** forenzní entomologie, Phoridae, hloubka pohřbení, nekrofauna, rozklad

# Species composition of necrofauna on cadavers at different depth of burial

## Summary

Forensic entomology used knowledge about insect and other invertebrates to investigate facts and authentication of evidence in civil and criminal law. These knowledges are applied in the issue warehouse pests, human and animal parasitology and to investigate post mortem interval. Forensic entomology has greatly progressed since it's inception and is not limited only on determination of colonization time with the discovery of DNA and use of toxicology. Now it enables to detect manipulation with the body, using drugs, concetion between offender and the victim and other information which can not be detect otherwise.

Colonization of exposed body by the insect happens in 5-8 waves depending on environment. During succesion the composition of necrofauna changes over time from necrophagus larvae of Calliphoridae which lay eggs on fresh body, via fermentation of proteins where larvae of Piophilidae dominates, to skeletal remains where Acarina are typical.

Burial of the body causes significant slowing of decay. This is due to the fact that the soil prevents access of necrophagus typical for exposed body and also by decreased bacterial activity, which is limited by lower temperatures and less oxygen. Not only the burial itself but also it's depth affects colonization by insects and following decomposition. Calliphoridae family is reportedly able to colonize shallowly buried cadavers, at a depth 10-20 cm Muscidae dominates and Phoridae family is the most common in deeper layers.

In our experiment, which was aimed at the cadavers in the depths 35 cm and 65 cm, we demonstated the differences in necrofauna species composition by using the chi-square test. In the depth of 35 cm we discovered Elateridae family, which did not colonize the deeper buried cadavers. It has also been displayed, that the difference of 30 cm in burial depth is able to affect the rate of decompositon so that the deeper buried cadaver provides enough food for Diptera order in dry season. In the same season Diptera was not present on the shallowly buried cadaver and we found there only Coleoptera order.

**Keywords:** forensic entomology, Phoridae, depth of burial, necrofauna, decomposition

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>7</b>
<b>2 Cíl práce .....</b>	<b>8</b>
<b>3 Literární přehled.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1 Forenzní entomologie.....</b>	<b>9</b>
3.1.1 Historie forenzní entomologie .....	9
<b>3.2 Popis rozkladu na povrchu.....</b>	<b>11</b>
<b>3.3 Rozklad pod povrchem .....</b>	<b>17</b>
3.3.1 Specifika rozkladu pod povrchem .....	17
3.3.2 Hmyz vyskytující se na pohřbených kadáverech.....	18
<b>3.4 Tafonomické změny .....</b>	<b>23</b>
<b>4 Materiál a metody .....</b>	<b>25</b>
<b>4.1 Popis lokality.....</b>	<b>25</b>
<b>4.2 Popis experimentu.....</b>	<b>25</b>
<b>4.3 Přípravná fáze .....</b>	<b>25</b>
<b>4.4 Odběr vzorků.....</b>	<b>26</b>
<b>4.5 Hodnocení vzorků .....</b>	<b>27</b>
4.5.1 Hodnocení tafonomických změn na kadáverech .....	27
4.5.2 Hodnocení vzorků nalezeného hmyzu.....	27
<b>4.6 Rozbor půdy .....</b>	<b>27</b>
<b>4.7 Meteorologická měření .....</b>	<b>28</b>
<b>5 Výsledky.....</b>	<b>29</b>
<b>5.1 Tafonomické změny .....</b>	<b>29</b>
<b>5.2 Hmyz nalezený na kadáverech.....</b>	<b>33</b>
<b>5.3 Hmyz nalezený v pastech umístěných nad kadávery.....</b>	<b>36</b>
<b>5.4 Zhodnocení výsledků .....</b>	<b>36</b>
<b>6 Diskuze .....</b>	<b>39</b>
<b>7 Závěr.....</b>	<b>42</b>
<b>8 Seznam použité literatury.....</b>	<b>43</b>
<b>9 Seznam příloh .....</b>	<b>47</b>
<b>10 Přílohy .....</b>	<b>50</b>

# 1 Úvod

K mrtvolám jsou přitahovány stovky druhů členovců, převážně řádů Diptera a Coleoptera. Živí se a množí na mrtvém těle i uvnitř něho na základě své biologické preference a stadiu rozkladu kadáveru (Benecke, 2004).

Forenzní entomologie využívá znalosti o hmyzu a ostatních bezobratlých při vyšetřování skutečností a ověřování důkazů v rámci občanského a trestního práva. Jedná se o tři základní oblasti. První tvoří problematika skladištních škůdců, druhá se věnuje parazitům lidí a zvířat a třetí zahrnuje vyšetřování doby úmrtí (Šuláková, 2014). V případě vyšetřování doby smrti se využívá převážně znalostí o hmyzu, který se podílí na rozkladu těla. Na základě zjištěných informací může forenzní entomolog určit nejen dobu smrti zemřelého, ale i to, zda a jak se s tělem po smrti manipulovalo, zda bylo skladováno či najít spojitost mezi obětí a pachatelem (Campobasso a Introna, 2001).

Na rychlosti rozkladu se podílí kromě hmyzu i řada dalších faktorů. Jedním z nich je pohřbení těla, které patří mezi nejvýznamnější a pachateli pravděpodobně nejpoužívanější způsob maskování trestného činu vraždy (Gunn a Bird, 2011). Vyskytují se i případy použití chemikálií (Gunn a Bird, 2011), spálení, či ukrytí pod vodní hladinou (Smith, 1986). Pohřbením se zabrání přístupu hmyzu, který kolonizuje mrtvolu exponovanou na povrchu, omezí se přístup vzduchu a sníží se teplota. Všechny tyto faktory vedou k výraznému zpomalení rychlosti rozkladu (Smith, 1986).

Teoretická část této práce je věnována historii forenzní entomologie, rozkladu na povrchu a vlivu pohřební těla na jeho rozklad a kolonizaci hmyzem.

Experimentální část se věnuje sledování rozdílů kolonizace kadáverů hmyzem při různých hloubkách pohřbení.

## 2 Cíl práce

Cílem práce je vypracovat literární řešení na téma zastoupení nekrofágních druhů podílejících se na rozkladu kadáverů v různě hlubokých mělkých hrobech a provést terénní pokus s cílem zjistit, zda se při různé hloubce pohřbení na rozkladu kadáveru podílí druhově odlišná nekrofauna.

Hypotéza: Na rozkladu kadáverů, které jsou zakopané v různých hloubkách, se podílí rozdílná nekrofauna.



## 3 Literární přehled

### 3.1 Forenzní entomologie

Forenzní entomologie využívá znalosti o hmyzu a ostatních bezobratlých při vyšetřování skutečností a ověřování důkazů v rámci občanského a trestního práva. Tento obor lze v praxi rozdělit do tří základních kategorií: problematika potravinářských škůdců, oblast parazitů lidí a zvířat, nejčastěji se využívá pro určení délky intervalu mezi úmrtím člověka a nalezením mrtvoly (Šuláková, 2014). Ten se nazývá post mortem interval (PMI) (Leccese, 2004; Šuláková, 2014). Hlavním objektem zkoumání jsou saprofágní organismy a z nich zejména nekrofágové (Eliášová a Šuláková, 2012).

Doba smrti se často zjišťuje na základě teploty okolního prostředí a dalších povětrnostních podmínek na místě činu a jejich korelaci s vývojovými stadii hmyzu nalezených na a uvnitř mrtvoly. Jedná se převážně o larvy much, které jsou primárními a sekundárními dekompozitory zvířecích kadáverů. Za pomoci znalostí doby vývoje hmyzu, který se nachází na mrtvole za určitých teplot, je možné, poměrně přesně stanovit dobu smrti (Mullen a Durden, 2002). Využívá se především sumy efektivních teplot (SET). SET je základem pro stanovení doby kolonizace a vychází ze znalosti délky vývojových cyklů jednotlivých druhů. Zjišťuje se experimentálně a představuje součet efektivních teplot určitého druhu za celé vývojové období. Efektivní teplota je aktuální teplota snižená o dolní teplotní hranici, při níž se vývin zastavuje. Uvádí se v denních nebo hodinových stupních a zůstává pro každý druh v určité oblasti konstantní. SET vychází z předpokladu, že rychlost vývinu celé generace závisí na teplotě prostředí, kdy platí nepřímá úměra - při vyšších teplotách je vývojový cyklus kratší a při nižších delší. Délku generačního cyklu mohou ovlivnit i další faktory (vlhkost, délka fotoperiody, množství potravy a podobně). V podmínkách střední Evropy je možné, na základě znalostí druhů přítomných na mrtvole a jejich SET, stanovit počátek kolonizace s přesností na dny, ve výjimečných případech až na hodiny, během prvních 3-6 týdnů expozice. To v současné době neumožňuje žádná jiná metoda (Šuláková, 2014).

#### 3.1.1 Historie forenzní entomologie

První případ forenzní entomologie zdokumentoval čínský právník a vyšetřovatel vražd Sung Tzu ve 13. století. V případě bylo vyšetřováno pobodání poblíž rýžového pole. Den po vraždě nařídil vyšetřovatel všem pracovníkům, aby mu předložili své srpy. Pouhým okem

neviditelné stopy krve přilákaly mouchy z čeledi Calliphoridae k jednomu srpu, na základě čehož se vlastník srpu k vraždě přiznal (Benecke, 2001).

Další případy o přítomnosti hmyzu na mrtvolách jsou popsány ve spisech ze středověku. Dokumenty, jejich stáří se pravděpodobně datuje mezi 15. a 16. stoletím, ukazují význam hmyzu při rozkladu lidských těl (Gupta a Setia, 2004).

Kromě lékařských a právních expertů, pozorovali v období středověku rozklad lidských těl také sochaři, malíři a básníci, kteří si všímali zejména vlivu, který na rozklad těla mají krmící se larvy (Benecke, 2001).

Dle Gupty a Setia (2004) první případ moderní forenzní entomologie popisuje francouzský doktor Bergeret, který použil znalosti entomologie pro určení PMI v roce 1855. Bergeret byl povolán k případu mrtvého dítěte nalezeného v krbu jednoho domu. Na mrtvole našel vajíčka druhu *Musca carnaria* (Linnaeus, 1758), který je klade před tím, než tělo zcela mumifikuje. Při stanovování doby úmrtí dítěte se chybně domníval, že metamorfóza hmyzu probíhá celý jeden rok, přesto správně odhadnul, že samičky nakladly vajíčka v létě a larvy se zakuklily přes zimu. Líhnutí dospělců předpokládal během následujícího jara až léta. Na základě těchto zjištění odhadl, že tělo zde bylo ponecháno alespoň několik let a jeho odhad byl správný.

První systematickou studii forenzní entomologie provedl německý doktor Reinhard 6. dubna 1881 při zkoumání exhumovaných těl ze Saska. Na mrtvolách zjistil hlavně čeleď Phoridae, kterou taxonomicky zařadil entomolog Brauer z Vídně. Zároveň popsal brouky v hrobech, které byly starší než 15 let (Benecke, 2001).

Další entomologický záznam z té doby pochází z Frankenu a učinil jej Hofmann v roce 1886. Na exhumovaných tělech objevil čeleď Phoridae a druh identifikoval jako *Conicera tibialis* Schmitz, 1925 (Benecke, 2001).

Ve stejné době veterinář Jean Pierre Mégnin začal zpracovávat teorii o rozkladu mrtvol hmyzem v postupných vlnách. V jeho nejslavnější knize *La Faune des Cadavers* (Fauna mrtvolná), která vyšla v roce 1894, rozvinul svou původní teorii o čtyřech sukcesních vlnách hmyzu u volně exponovaných mrtvol na vln osm. U mrtvol pohřbených popsal pouze dvě rozkladné vlny. Kniha se zabývá larválními a dospělými formami nekrofágů různých čeledí, obsahuje kresby a také jednoduchý popis nejvýznamnějších druhů, který umožňuje jejich identifikaci. Publikace se stala velmi populární a oslovila řadu Mégniových následovníků (Benecke, 2001).

Další záznamy pochází od lékaře Eduarda Ritter von Niezabitowski, který v letech 1899-1900 prováděl experimenty v Krakově za použití potracených plodů a kadáverů koček, lišek, krys, krtků a telat. Pokusné kadávery umístil na parapet své pracovny a do nedaleké zahrady. Svá pozorování zaměřil hlavně na mouchy - *Lucilia caesar* (Linnaeus, 1758) (Calliphoridae), *Sarcophaga carnaria* (Linnaeus, 1758) (Sarcophagidae) a *Piophilidae* (Linnaeus, 1758) (Piophilidae). Dále pozoroval brouky rodů *Silpha*, *Necrophagus* a *Dermestes*. Důležitým příspěvkem pro forezní entomologii bylo jeho zjištění, že se na lidských a zvířecích kadáverech vyskytuje obdobná fauna (Benecke, 2001).

Další novinkou ve forezní entomologii se stalo popsání struktury DNA, Watsonem a Crickem v roce 1953. I tento objev se postupně začlenil do kriminalistické praxe a v současné době se znalost DNA používá k identifikaci hmyzu z místa činu (Gupta a Setia, 2004).

Ke konci 70. let 19. století vznikla entomotoxikologie, jakožto nový obor forezní entomologie. V entomotoxikologii se zjišťuje přítomnost toxinů v tělech bezobratlých nekrofágů (Gupta a Setia, 2004), kteří se živili na čerstvé mrtvole, a to v době, kdy klasická toxikologie z těla mrtvého vzhledem k vysokému stupni rozkladu již není možná (Eliášová a Šuláková, 2012). Tím pokročily možnosti forezní entomologie od zjišťování PMI k hledání příčiny smrti (Gupta a Setia, 2004).

Dnes má forezní entomolog významnou roli při vyšetřování úmrtí. Zjišťuje čas i místo smrti. Dále pomáhá zjistit, zda bylo s mrtvolou po smrti manipulováno, zda byla skladována, jestli a jak dlouho byla mrtvola pod vodou, konkrétní místa zranění na těle, postmortem stopy na těle a místě činu, užití drog před smrtí, spojení pachatele s místem činu, zanedbání dětí, sexuální obtěžování, identifikaci neznámých těl a podobně (Campobasso a Introna, 2001).

### 3.2 Popis rozkladu na povrchu

Dle Daňka (1990) v klimatických podmínkách střední Evropy rozlišujeme osm postupných vln, ve kterých nekrofágní fauna kolonizuje volně ležící mrtvé tělo. Ty však nelze časově přesně ohraničit. Dle Šulákové (2006) je počátek sukcese dán okamžikem „zpřístupnění“ mrtvolý hmyzu, a podle různých hledisek probíhá v pěti až osmi vývojových vlnách.

## První vlna - čerstvá mrtvola

Mrtvé tělo kolonizují zejména mouchy, které láká zápach krve, potu, tělních sekretů a čerstvého masa. Tato vlna nastupuje bezprostředně po smrti. Mouchy mohou klást vajíčka i na živé tělo, pokud oběť krvácí a je bezmocná (Daněk, 1990; Šuláková, 2006).

V této vlně jsou nejvýznamnější zástupci čeledi Calliphoridae, zejména bzučivky rodů *Lucilia* a *Calliphora* a dále druhy *Protophormia terraenovae* (Robineau-Desvoidy, 1830) a *Phormia regina* (Meigen, 1826) (Gullan a Cranston, 2005; Eliášová a Šuláková, 2012; Šuláková 2006 a 2014). Dle Leccese (2004) čeleď Calliphoridae charakterizuje hlavně *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy 1830, *Calliphora vomitoria* Linnaeus, 1758 a *Calliphora uralensis* Villeneuve 1922, *Lucilia caesar*, *Lucilia sericata* (Meigen, 1826). Zástupci čeledi Calliphoridae kladou vajíčka na tělo krátce po smrti (Leccese, 2004; Šuláková 2014). Vajíčka jsou kladena na přístupné sliznice očí, úst, nosu, uší, urogenitálního traktu, konečníku, ale i do ran a krví nasáklého oděvu (Šuláková, 2014).

Druhou významnou skupinou bezobratlých v první vlně jsou podle Šulákové (2014) zástupci řádu Hymenoptera - vosy a mravenci. Ti se živí přímo tkáněmi a setrvávají na mrtvole pouze nezbytnou dobu. Vzhledem k tomu, že se opakovaně vracejí, nemají z hlediska stanovení doby kolonizace téměř žádný význam.

Ve výjimečných případech jsou prvními organismy na mrtvole druhy čeledi Muscidae (Daněk, 1990; Gunn, 2006; Šuláková, 2014), zejména na mrtvolách, u kterých je aktivita čeledi Calliphoridae z nějakého důvodu omezena (chladná část roku, nepřístupné místo apod.) (Šuláková, 2014). Z moučovitých je typický rod *Musca* (Daněk, 1990; Gullan a Cranston, 2005), jmenovitě druhy - *Musca autumnalis* De Geer, 1776, *Muscina stabulans* (Fallen, 1817) a *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Daněk, 1990). *Musca domestica* se však podle Šulákové (2014) na mrtvolách vyskytuje pouze velmi vzácně a larvy se vyvíjí primárně na chlévském hnoji.

## Druhá vlna

Druhá vlna kolonizuje mrtvé tělo, když se začnou tvořit plynné látky, které tělo nadouvají a páchnou. K tomu může dojít v letních měsících, za příznivých klimatických podmínek, již druhý den po smrti (Daněk, 1990) či během několika hodin (Šuláková, 2014). Pokračuje destrukční činnost larev much z první vlny. Zároveň stále přilétají noví dospělci vlny předcházející (Daněk, 1990; Šuláková 2006), zejména rodu *Lucilia* a nově se objevují druhy *Protophormia terraenovae* a *Cynomya mortuorum* (Linnaeus, 1761) (Daněk, 1990). V této vlně se již objevují zástupci

čeledi Sarcophagidae (Daněk, 1990; Šuláková, 2014). Hlavním zástupcem masařek je v České republice druh *Sarcophaga argyrostoma* (Šuláková, 2014). Daněkem (1990) uváděné druhy *Sarcophaga carnaria*, *Sarcophaga serbica* Baranov, 1929 a *Sarcophaga subvicina* Rohdendorf 1937, Šuláková (2014) v našich podmínkách na lidských mrtvolách nepotvrzuje.

Během druhé vlny se prvně objevují brouci, kteří jsou však méně přesným indikátorem pro stanovení počátku kolonizace. Na rozkladný plyn, který se uvolňuje, reaguje nejprve skupina brouků čeledi Silphidae. Nejvýznamnější zástupce této čeledě je *Necrodes littoralis* (Linnaeus, 1758), jehož larvy se vyskytují pravidelně a v hojném počtu, proto jej lze zahrnout do výpočtu doby kolonizace. Podobným způsobem se využívají také larvy rodu *Thanatophilus*. Často zmiňovaný rod *Nicrophorus* má v praxi minimální význam, neboť se na lidském těle zdržují pouze dospělci (Šuláková, 2014).

Pro druhou vlnu sukcese jsou typické parazitoidní druhy řádu Hymenoptera, z nichž největší význam mají nadčeledě Chalcidoidea a Ichneumonoidea jejichž samičky kladou vajíčka do larev a kukel, které jsou přítomny na mrtvole. Vylíhlé larvy se pak živí uvnitř svého hostitele a následně se v něm i kuklí. Vzhledem k pevné vazbě vývojového cyklu na přítomnost mrtvého těla, konkrétně na nekrosaprofágy, na kterých parazitují, mohou tyto rody dobře sloužit při výpočtu doby kolonizace (Šuláková, 2014).

### **Třetí vlna - biochemicky aktivní**

Ke kolonizaci třetí vlnou dochází, když u tuků nastane proces zmýdelnění a vznikají těkavé mastné kyseliny, zejména kyselina máselná, která velmi nepříjemně zapáchá (Daněk, 1990; Šuláková, 2014). Na její aroma reagují především mouchy rodu *Hydrotaea* (Muscidae), v České republice se na lidských mrtvolách nejčastěji vyskytuje *Hydrotaea ignava* (Harris, 1780). Když samičky přiletí, tělo v té době obývají zpravidla tisíce larev Calliphoridae, a proto nekladou přímo na tělo, ale do lože mrtvoly. Vylíhlé larvy prvního instaru se živí hnilobnou tekutinou, která prosakuje do půdy. Od druhého instaru jsou dravé a začnou kolonizovat samotnou mrtvolu. Muscidae však mrtvolu plně obsadí a využijí teprve, když ji většina zástupců Calliphoridae opustí (Šuláková, 2014).

Z nekrofágních brouků zde nalézáme zejména čeleď Dermestidae jmenovitě druhy *Dermestes frischii* Kugelann, 1792, *Dermestes murinus* Linnaeus, 1758 a *Dermestes undulatus* Brahm, 1790. Z čeledi Cleridae se jedná o zástupce rodu *Necrobia* (Daněk, 1990; Šuláková, 2014), zejména *Necrobia violacea* (Linnaeus, 1758) a *Necrobia rufipes* (De Geer, 1775), vzácně *Necrobia ruficollis* (Fabricius, 1775) (Šuláková, 2014). Na mrtvole se stále

vyskytují nekrofágní druhy brouků druhé vlny, které na mrtvole setrvávají delší dobu. Pokračuje činnost larev výše uvedených druhů much, které mohou za 2-3 týdny zkonzumovat převážnou část mrtvoly, zvláště pokud není oblečená. Počátkem třetí vlny přilétá na mrtvolu značné množství biofágů, kteří se živí larvami přítomných much (Daněk, 1990). Z čeledi Staphylinidae jde především o druhy *Omalium rivulare* (Paykull, 1789), *Ontholestes tessellatus* (Geoffroy, 1785), *Ontholestes murinus* (Linnaeus, 1758), *Creophilus maxillosus* (Linnaeus, 1758) a zástupce rodů *Philonthus*, *Aleochara* (Daněk, 1990; Šuláková, 2014), *Atheta* a jiné (Daněk, 1990). Druh *Creophilus maxillosus*, který se na mrtvole pravidelně rozmnožuje, hraje při výpočtu doby kolonizace významnou roli (Šuláková, 2014). Z čeledi Histeridae se vyskytují rody *Hister* a *Saprinus* (Daněk, 1990) nejčastěji zastoupeny druhy *Margarinotus brunneus* (Fabricius, 1775) a *Saprinus semistriatus* (Scriba, 1790) (Šuláková, 2014). Z čeledi Nitidulidae se objevují některé druhy rodů *Nitidula* a *Omosita* (Daněk, 1990) především *Omosita discoidea* (Fabricius, 1775) a *Glischrochilus quadrisignatus* (Say, 1835) (Šuláková, 2014).

Pod ležícím a zejména neoblečeným tělem se vyvíjí přechodné společenství rostlinných a živočišných druhů, které láká řadu saprofágů z čeledi Staphylinidae a některé druhy rodu *Aphodius* a *Onthophagus* z čeledi Scarabaeidae. Za předpokladu, že již došlo k perforaci dutiny břišní, žaludku a střev, můžeme zaznamenat druh *Anoplotrupes stercorosus* (Scriba, 1791), který je na místo přitahován zápachem uvolněných výkalů. Bývá přítomen i zavíječ *Aglossa pingualis* (Linnaeus, 1758), kterého láká zápach žluklého tuku (Daněk, 1990).

#### **Čtvrtá vlna – sýrová fermentace - pokročilý rozklad**

Krátce po fermentaci tuků nastává na těle fermentace bílkovin, která je též nazývána „sýrová fermentace“ z důvodů výskytu hmyzu, který je přilákáván produkty připomínající zápach sýru (Daněk, 1990). Šuláková (2014) tuto vlnu uvádí společně s vlnou předcházející. Na vznikající kaseózní substance reaguje především čeleď Piophilidae, jejíž larvy se vyznačují tím, že skáčou (Daněk, 1990). Hlavním zástupcem u nás je především druh *Stearibia nigriceps* (Meigen, 1826). Tento druh je v pokročilém rozkladu nejdominantnějším druhem (Hrdinová a kol., 2013; Šuláková, 2014). V experimentu Hrdinové a kol. (2013) byly dále zaznamenány druhy *Parapiophila vulgaris* (Fallén, 1820), *Protopiophila latipes* (Meigen, 1838) a *Liopiophila varipes* (Meigen, 1830) avšak v mnohem menší míře. Ze stejného experimentu také vyplývá, že se výše zmíněné druhy, převážně však *Stearibia nigriceps*, mohou vyskytovat již v předcházejících vlnách a podílejí se na rozkladu těla.

Daněk (1990) ve čtvrté vlně uvádí také druh *Piophilina casei* (Linnaeus, 1758), ale dle Šulákové (2014) je tento druh v našich podmínkách velmi vzácný, na rozkladu mrtvoly se podílí zcela výjimečně a řadí se spíše ke skladištním škůdcům. Dle Daňka (1990) ve čtvrté vlně nově nalézáme druhy *Drosophila funebris* (Fabricius, 1787) (Drosophilidae), *Sepsis fulgens* Migen, 1826 (Sepsidae), *Madiza glabra* Fallen, 1820 (Milichiidae) a *Eristalis tenax* (Linnaeus, 1758) (Syrphidae). Z čeledi Ephydriidae je přítomen druh *Teichomyza fusca* Macquart, 1835. Může se vyskytovat druh *Fannia canicularis* (Linnaeus, 1761 z čeledi Fanniidae. Byly zaznamenány také druhy *Anthomyia* spp. (Anthomyidae).

Podle Daňka (1990) jsou dospělí jedinci brouků rodu *Necrobia* (Cleridae) přilákáni zápachem zmýdelňovacích procesů ve třetí vlně a jejich výskyt vrcholí ve vlně čtvrté na sušších částech mrtvoly. Jedná se převážně o druh *Necrobia violacea*, který mohou doplňovat druhy *Necrobia ruficollis* a *Necrobia rufipes* a to zejména v teplých biotopech. Jedná se o typické biofágy, kteří se živí larvami much a jiných drobných nekrofágů. Úměrně s úbytkem svalové hmoty a měkkých tkání mrtvoly klesá kvalitativní a kvantitativní počet typických nekrofágů, zejména z čeledi Silphidae. Zároveň probíhají na mrtvole, v jejím loži a okolí biologické cykly larev z čeledi Muscidae a řádu Coleoptera s kratším vývojovým cyklem.

### **Pátá vlna - čpavková fermentace**

Pátá vlna bezobratlých je přitahována amonnými a kaseózními substancemi a kolonizuje mrtvolu poté, co dosáhla čpavkové fermentace. U nás zahrnuje dominantně zastoupený druh *Hydrotaea ignava* z čeledi Muscidae (Daněk, 1990; Šuláková, 2014). Z čeledi Phoridae se jedná především o druhy *Phora aterrima* (Fabricius, 1794) a *Megaselia rufipes* (Meigen, 1804), které vyhledávají hnilobné a bílkovinné látky. Počet typických nekrofágů postupně klesá. Z toho důvodu dochází k výraznému poklesu počtu biofágů, kteří je využívali jako potravu. V podloží mrtvoly se nachází kukly brouků, čerstvě vylíhlé exempláře a uhynulí jedinci, kteří již splnili svou biologickou funkci (Daněk, 1990).

Šuláková (2014) uvádí tuto vlnu jako čtvrtou.

### **Šestá vlna**

Šesté období nastává podle Daňka (1990) zpravidla na konci prvního roku a ve druhém roce stáří mrtvoly, která se místy začíná jevit jako kostra. V této době na mrtvolu nalétají zástupci rodu *Trox* z čeledi Trogidae (Daněk, 1990; Šuláková 2014). Nejhojnější jsou *Trox sabulosus* (Linnaeus, 1758), *Trox hispidus* Pontoppidan, 1763 a *Trox scaber* (Linnaeus,

1767). Tyto nekrofágy a saprofágy nalézáme pod suššími částmi mrtvoly, pod kostmi, v dutinách velkých kostí, pod zaschlou kůží, ve vlasové pokrývce apod. Typičtí nekrofágové se vyskytují zcela ojediněle, protože jim ani jejich potomstvu současný stav mrtvoly neposkytuje dostatek potravy. Vyskytují se zde drobné saprofágní druhy a z čeledi Staphylinidae přežívá rod *Atheta* sp. Typický je například druh *Atheta mortuorum* Thomson, 1876. Občasné se vyskytuje vzácný *Borboropora kraatzi* Fuss, 1862 (Daněk, 1990).

V šesté vlně dochází k vysoušení zbytků měkkých tkání. To vede k výrazné změně přechodného společenství rostlinných a živočišných druhů na mrtvém těle a v jeho okolí a podloží mrtvoly pozvolna získává původní podobu. Tyto změny způsobují, že postupně mizí saprofágové z čeledí Hydrophilidae, Staphylinidae a Scarabaeidae, zejména některé druhy rodů *Aphodius* a *Onthophagus*. Objevují se různé druhy roztočů, především čeledě Uropodidae, Acaridae, Epidermoptidae a Anoetidae, kteří se živí proteiny živočišného původu, narušují kostní dřev a urychlují rozpad kostí (Daněk, 1990).

Šuláková (2014) označuje tuto vlnu jako pátou, která je charakteristická vysycháním zbytků měkkých tkání. Podílejí se na ni larvy čeledí Piophilidae a Phoridae, vyskytují se brouci čeledí Dermestidae a Cleridae. Nově přilétají již zmínění Trogidae, především *Trox scaber* a *Trox sabulosus*.

### **Sedmá vlna**

Tato vlna se objevuje, když je mrtvola již zcela vysušená a jeví se jako kostra. Chrupavky žeber jsou již rozrušeny, pouze při páteři jsou suché zbytky útrob, zejména jejich vazivových částí (Daněk, 1990).

Dle Daňka (1990) je v sedmé vlně zastoupen hmyz, který napadá suché mršiny, sušené maso, kosti, rohovinu, kůže, peří či přírodovědecké sbírky. Z řádu Coleoptera se nejčastěji vyskytuje *Dermestes atomarius* Erichson, 1846 vzácněji *Dermestes maculatus* De Geer, 1774 a *Dermestes haemorrhoidalis* Kuester, 1852, *Attagenus pellio* (Linnaeus, 1758), *Anthrenus museorum* (Linnaeus, 1761) či *Anthrenus olgae* Kalik, 1946. Z drobných zástupců řádu Lepidoptera to jsou *Tineola bisselliella* (Hummel, 1823), *Monopis rusticella* Hübner, 1813, *Tinea pellionella* Linnaeus 1758 a *Aglossa caprealis* (Hübner, 1809).

Vzhledem k tomu, že se jedná převážně o teplomilné a suchomilné druhy, se tato vlna nevyskytuje u mrtvol ve volném terénu, protože na mrtvolu působí různé povětrnostní vlivy. S těmito zástupci se můžeme u těl setkat pouze v případě, že byla po delší době objevena v nějakém uzavřeném prostoru, jako například v opuštěném bytě či skladišti (Daněk, 1990).



Šuláková (2014) tuto vlnu pro mrtvoly volně exponované v podmínkách České republiky neuvádí.

## **Osmá vlna**

Tato vlna se podle Daňka (1990) může objevit na mrtvole, která ležela v terénu více než 3 roky, kdy na jejích zbytcích nalézáme především zástupce řádu Acarina. Nově se objevuje čeleď Ptinidae (Daněk, 1990; Šuláková, 2014). Pokud se objeví zástupci čeledi Staphylinidae, jedná se zpravidla o náhodné přezimování, nebo o vyhledání úkrytu před přílišným vlhkem, horkem nebo suchem.

Šuláková (2014) tuto vlnu kosterních zbytků uvádí jako šestou. Je pro ni charakteristické, že většina měkkých tkání byla již rozložena a na místě už zůstávají pouze kosti, ojediněle vyschlé chrupavky a vazivo, vlasy a tělní ochlupení. Na rozkladu těchto zbytků se podílejí roztoči (Acarina), zřídka brouci čeledí Dermestidae a Trogidae.

## **3.3 Rozklad pod povrchem**

### **3.3.1 Specifika rozkladu pod povrchem**

Pohřbívání zavražděného je zřejmě nejběžnější způsob maskování trestného činu (Gunn a Bird, 2011). Tyto tzv. ilegální pohřby jsou velmi individuální v tom, že následný rozklad těla, jeho kolonizace řádem Diptera a ostatními bezobratlými je ovlivněna řadou proměnných, jako jsou fyzikální a chemické faktory půdy a/nebo krycího materiálu, hloubka pohřbení, velikost těla, roční období a zeměpisná lokace (Carter a Tibbett, 2008).

Dekompozice kadáveru hmyzem se pod povrchem mnohonásobně prodlužuje (Povolný, 1978; Rodriguez a Bass, 1985; Smith, 1986; Daněk, 1990; Gunn, 2006). Pohřbení zabraňuje přístupu vzduchu a běžní nekrofágové se bez jeho dostatku neobejdou, což vede k výraznému zpomalení rozkladu. U pohřbených kadáverů je rozklad přibližně čtyřikrát delší než u těch, které jsou volně exponovány na povrchu (Gunn, 2006). U pohřbených kadáverů 20 % původní hmotnosti zredukují mušičky larvy přibližně za šest týdnů. U volně exponovaných mrtvol při teplotě 20 °C zredukují mušičky larvy až 90 % hmotnosti, během jediného týdne (Payne et al., 1968, Povolný, 1978, Daněk, 1990). Dle Šulákové (2014) je proces dekompozice natolik pomalý, že jeden konkrétní druh nebo skupiny druhů setrvávají na mrtvém těle až po několik generací.

Turner a Wiltshire (1999) uskutečnili v prosinci roku 1996 experiment s kadávery prasat, které pohřbili do mělkých hrobů. Ukázalo se, že do konce února následujícího roku byly kadávery v relativně čerstvém stavu a nejevily známky rozkladu.

Půda slouží jako efektivní bariéra pro sluneční záření. To vede ke snížení teploty, což výrazně zpomalí rychlost rozkladu. Zakopání kadáverů zároveň omezí mnoha zástupcům nekrofágní fauny přístup k tělu (Rodriguez a Bass, 1985). Kolonizaci ovlivní i míra zhutnění půdy (Gunn a Bird, 2011) Absence členovců, kteří se podílejí na rozkladu těl na povrchu, je pravděpodobně nejdůležitější faktor prodloužení rozkladu těla (Rodriguez a Bass, 1985).

Pach rozkládajícího se pohřbeného těla může upoutat pozornost psů, lišek, krys a jiných zvířat. Ta jsou schopná vytáhnout kadáver na povrch, nebo vyhrabat díry, aby se k němu dostala, což vede k narušení kompaktnosti půdy. Mouchy, typické pro volnou expozici, pak mohou zaklást přímo odkrytý kadáver, nebo se k němu dostat skrze vyhrabané díry. Vajíčka Dipter a larvy prvního instaru jsou velmi náchylné k vysychání a vlhkost půdy může hrát významnou roli při kolonizování kadáveru. Vlhkost půdy pravděpodobně ovlivňuje, jestli dospělci nakladou vajíčka na povrch půdy, zda vajíčka přežijí do líhnutí a následného lokalizování a kolonizování zakopaných kadáverů (Gunn a Bird, 2011).

### 3.3.2 Hmyz vyskytující se na pohřbených kadáverech

Na exhumovaných kadáverech se vyskytuje odlišná fauna hmyzu než na volně exponované mrtvole (Méglin, 1894). Rozklad u pohřbených kadáverů je omezen tím, že se ho nemohou účastnit aerobní bakterie a bezobratlí typičtí pro sukcesní vlny na povrchu. Překrytí zeminou omezí přístup typických druhů, kteří jsou za normálních okolností přitahováni volně exponovanou mrtvolou. Ke kadáveru je však schopna se dostat odlišná nekrofauna, která se mění v závislosti na hloubce pohřbení a okolnímu prostředí (Smith, 1986).

Payne et al. (1968) popisují pět sukcesních vln nekrofágní fauny na pohřbených prasatech. 1. vlna - čerstvá mrtvola; 2. vlna - nadmutá mrtvola; 3. vlna - deflace a rozklad; 4. vlna - rozpad; 5. vlna - skeletonizace.

Nadýmání těla během rozkladu může narušit kompaktnost půdy a umožnit hmyzu kolonizaci. Kompaktnost půdy může také narušovat její přirozené sesedání způsobené například propady břišní dutiny, při rozkladu tkání. Sesedání půdy je velmi významné u hlubších hrobů, u mělkých jeho význam klesá (Gunn a Bird, 2011).

Dle mnohých autorů již mělké zakrytí půdou vyloučí čeled' Calliphoridae z kolonizace těla (Smith, 1986, Daněk, 1990; Gunn, 2006). Proti tomu Gunn a Bird (2011) uvádí,

že při zakrytí kadáveru tenkou vrstvou kypré půdy se čeleď Calliphoridae vyskytnout může. Ostatní druhy nekrofauny se mohou objevit v menším množství a později (Smith, 1986). Vyloučení čeledi Calliphoridae vede k výraznému snížení rychlosti rozkladu. Pokud je kadáver krytý 15-20 cm zeminy, dokážou ho kolonizovat larvy velkých zástupců čeledi Muscidae, rod *Muscina* (Povolný, 1978; Daněk, 1990) a z čeledi Helomyzidae, rod *Morpholeria* (Povolný, 1978). Lundt (1964) a Mariani et al. (2014) uvádějí rod *Muscina* u kadáverů pohřbených v horních vrstvách půdy jako dominantní. Samotnou čeleď Muscidae pak Mariani et al. (2014) uvádí jako nejběžnější skupinu na pohřbených kadáverech. Karapazarlioglu a Disney (2015) však považují za nejběžnější druh kolonizující pohřbené lidské mrtvoly druh *Conicera tibialis* Schmitz, 1925 patřící do čeledi Phoridae.

Rodriguez a Bass (1985) pozorovali, že Diptera nejsou schopna kolonizovat těla zakopaná hlouběji, než 30 cm a ve větších hloubkách není známka po relevantní aktivitě nekrofágního hmyzu. Iancu a Pârvu (2013) na jezevci (*Meles meles*, (Linnaeus, 1758)), který byl pohřbený v hloubce 40 cm, také neobjevili žádnou nekrofaunu. Tato tvrzení jsou však v rozporu se zjištěními, ke kterým dospěla většina citovaných autorů. Do hloubek 30-50 cm pronikají dospělci čeledi Phoridae - konkrétně rody *Conicera* a *Metopina* (Lundt, 1964; Povolný, 1978; Daněk, 1990). Gunn (2006) uvádí, že druh *Conicera tibialis* je schopen kolonizovat kadáver jeden a více metrů pod zemí, Bourel et al. (2004) uvádí dokonce dva metry.

V experimentu, který uskutečnili Campobasso et al. (2001) byly mouchy čeledi Sarcophagidae v březnu a dubnu schopny kolonizovat králičí kadáver, pohřbený v hloubce 10-20 cm.

V USA Payne et al. (1968) našli na zakopaných prasatech nekrofaunu, které dominovali mravenci druhu *Prenolepis imparis* (Says, 1836) (Formicidae) a čeleď Phoridae (rody *Dohniphora* a *Metopina*).

Na 22 exhumovaných lidských mrtvolách v severní Francii našli Bourel et al. (2004) 10 druhů hmyzu, 5 z nich se objevilo na více než jednom těle. *Hydrotaea capensis* (Wiedemann, 1818) (uvedena jako *Ophyra capensis*) (15 nálezů), *Conicera tibialis* (8 nálezů), *Leptocera caenosa* (Rondani, 1880) (7 nálezů), *Megaselia rufipes* (3 nálezy) a *Triphleba hyalinata* (Meigen, 1830) (2 nálezy). Druhy *Hydrotaea capensis*, *Conicera tibialis*, *Leptocera caenosa* se nacházely ve velkých počtech, ve všech stádiích vývoje, což svědčí o tom, že se v rakvích na kadáverech vyvinulo více generací.

*Leptocera* sp. (Sphaeroceidae) byl nalezen na pohřbených prasečích kadáverech zahrabaných několik dní až 3 měsíce (Bourel et al. 2004). Výskyt rodu *Leptocera* na pohřbených kadáverech potvrzuje i Daněk (1990).

Samičky druhu *Morpholeria kerteszi* Czerny 1924 z čeledi Heleomyzidae kladou vajíčka na povrch půdy a larvy se prohrabávají přímo ke kadáveru (Smith, 1986).

Z řádu Coleoptera se na pohřbených kadáverech vyskytují čeledě Rhizophagidae a Staphylinidae, jejichž zástupci se k mrtvole přímo prohrabávají (Smith, 1986). Staphylinidae se mohou vyskytovat i ve větších hloubkách (Lundt, 1964; Pastula a Merritt, 2013). Z této čeledě jsou běžné rody *Atheta* (Lundt, 1964; Daněk, 1990), *Aleochara*, *Philonthus* a *Oxytelus* (Daněk, 1990). *Aleochara* a *Oxytelus* našli na zakopaných prasatech v USA Payne et al. (1968). Na lidských mrtvolách v severní Francii objevili Bourel et al. (2004) druhy *Omalium rivulare* a *Philonthus* sp., které rovněž patří k čeledi Staphylinidae.

#### 3.3.2.1 Čeleď Calliphoridae u pohřbených kadáverů

Z výsledků experimentu Gunna a Birda (2011) vyplývá, že druhy *Calliphora vicina* a *Calliphora vomitoria* jsou schopny kolonizovat kadávery překryté 5 cm kypré zeminy, přestože u druhu *Calliphora vomitoria* nebyla prokázána schopnost kolonizovat ostatky ve větších hloubkách. Druh *Lucilia sericata* je sice schopný využít kadávery, které jsou pohřbeny 10 cm pod zemí, ale činí tak s proměnlivými výsledky. Data však ukazují, že ani jeden z těchto druhů striktně nevyžaduje přímý kontakt s kadáverem pro kladení vajíček. V laboratorních podmínkách může samičky much stimulovat ke kladení menší množství jiných příležitostí a v přirozených podmínkách by k tomu pravděpodobně nedošlo. Nález velkého počtu larev výše uvedených druhů na kadáverech pohřbených v hloubce 5 cm a více, může indikovat, že byly exponovány na povrchu po dostatečně dlouhou dobu, aby mohly být zaklady vajíčky.

Druh *Lucilia caesar* popisuje na pohřbených kadáverech ve dvou případech i Motter (1898).

#### 3.3.2.2 Čeleď Muscidae u pohřbených kadáverů

Rody *Muscina* a *Hydrotaea* (syn. *Ophyra*) z čeledi Muscidae kladou vajíčka na povrch půdy a čerstvě vylíhlé larvy se k mrtvole prohrabou půdním profilem (Smith, 1986; Gunn a Bird, 2011; Eliášová a Šuláková, 2012; Mariani et al., 2014).

V testu, který provedli Gunn a Bird (2011) se u druhů *Muscina stabulans* a *Muscina prolapsa* (Harris, 1720) ukázalo, že dospělé samičky jsou schopny klást vajíčka na povrch půdy a larvy se pohybují směrem k návnadě, kterou tvořila vepřová játra zakrytá 10-20 cm zeminy.

Druhy *Muscina stabulans* a *Muscina prolapsa* jsou schopny v kypré půdě detekovat a kolonizovat kadávery pohřbené 40 cm pod zemí. Jejich schopnost kolonizovat kadáver klesá, pokud je zakryt hutnou půdou, přesto že leží pouze 10 cm pod zemí. Larvy prvního instaru jsou dlouhé pouze 1-2 mm a musí být velmi dobře vybaveny smyslovým aparátem a dostatečnou silou na to, aby byly schopné lokalizovat zdroj potravy a dostat se k němu (Gunn a Bird, 2011).

V případě, kterým se zabývali Mariani et al. (2014) se z čeledi Muscidae nejvíce vyskytoval druh *Hydrotaea aenescens* (Wiedemann, 1830) (uvedena jako *Ophyra aenescens*). V případech, kdy jsou těla pohřbena v rakvích je rod *Hydrotaea* běžný. Druh *Hydrotaea aenescens* je často nacházen na lidských ostatcích v místnostech během aktivního nebo pokročilého rozkladu. Je také spjatý s městským prostředím a je více hojný v teplých měsících.

*Hydrotaea capensis* byl nejhojnějším druhem na exhumovaných kadáverech ve studii Bourela et al. (2004). Tento druh byl nalezen jak na hniјících tělech, tak na tělech mumifikovaných. Ostatní druhy nalezené během experimentu se zpravidla nacházely pouze na hniјících tělech (Bourel et al., 2004).

Pastula a Merritt (2013) na prasatech pohřbených v hloubkách 30 a 60 cm našli rod *Hydrotaea*.

### 3.3.2.3 Čeď Phoridae u pohřbených kadáverů

Čeď Phoridae popisuje na pohřbených kadáverech již Motter (1898). U této čeledě se dospělé samičky prohrabávají zeminou a kladou vajíčka přímo na mrtvolu (Smith, 1986; Eliášová a Šuláková, 2012). Compobasso et al. (2001) uvádí, že Phoridae se téměř vždy nachází na kadáverech, které byly zakopáním alespoň částečně chráněny před kolonizací vyššími zástupci řádu Diptera.

Na pohřbených lidských mrtvolách v Evropě byly nalezeny čtyři druhy čeledi Phoridae - konkrétně *Conicera tibialis*, *Megaselia rufipes*, *Megaselia scalaris* (Loew, 1866) a *Triphleba hyalinata* (Meigen, 1830) (Bourel et al., 2004). Přítomnost druhu *Megaselia rufipes* na pohřbených kadáverech potvrzují i Disney a Manlove (2005). Podle Bourela et al. (2004) se však na lidských mrtvolách nachází vzácně. Bourel et al. (2004) zároveň na základě

nálezu na třech exhumovaných tělech uvádí, že druh *Megaselia rufipes* může být hojnější na pohřbených kadáverech nebo na těch s obtížným přístupem.

*Conicera tibialis* je pravděpodobně nejznámější druh řádu Diptera, který je schopen kolonizovat pohřbené kadávery. Jedná se o velmi malou mouchu, která se k ostatkům dostává pohybem v puklinách v zemi (Gunn a Bird, 2011). Tento druh je schopen setrvat na kadáverech i po několik generací. Aktivní je od dubna do listopadu (Bourel et al., 2004). Schotsmans et al. (2014) popisují imaga a prázdná puparia druhu *Conicera tibialis* na prasatech, která byla vykopána po 17 a 42 měsících od pohřbení.

Karapazarlioglu a Disney (2015) objevili na exhumovaném kadáveru králíka několik zástupců druhu *Conicera similis* (Haliday, 1833), což je druh blízce příbuzný *Conicera tibialis*. Experiment proběhl v Turecku, kadáver byl zakopán 30 cm pod povrchem a exhumován po 45 dnech.

Lundt (1964) uvádí, že rod *Conicera* může dorazit na povrch půdy i když už je tělo více než 12 měsíců po smrti a slouží jako indikátor toho, že se pod povrchem nachází mrtvola.

Na pohřbených kadáverech nalezených v Argentině se z čeledi Phoridae, vyskytuje druh *Megaselia scalaris*. Tento druh se stává dominantním, pokud vyšší Diptera nemají přístup ke kadáveru. Larvy tohoto druhu se dokážou dostat k tělům pohřbených více než 50 cm pod zemí (Mariani et al., 2014).

Druh *Megaselia scalaris* popisují Campobasso et al. (2004) na po roce exhumované mrtvole, která byla pohřbená v rakvi v hloubce 30-40 cm. Na mrtvole se ve velkém množství nacházeli larvy, puparia i dospělí jedinci. Pastula a Merritt (2013) objevili tento druh v hloubce 60 cm.

Na oběti, která byla naposledy spatřena živá 26. října, a jejíž tělo bylo nalezeno 11. ledna, byly nalezeny larvy druhu *Megaselia abdita* Schmitz, 1959 (Disney a Manlove, 2005).

Disney a Manlove (2009) objevili na necelý měsíc staré mrtvole, pohřbené v těžké jílovité půdě v hloubce jednoho metru, druh *Triphleba nudipalpis* (Becker, 1901). Tento druh se nacházel ve stádiích imag, larev i puparii.

#### 3.3.2.4 Čeleď Staphylinidae u pohřbených kadáverů

Dle Mariani et al. (2014) je Staphylinidae rozšířená polyfágní čeleď půdní fauny, většina zástupců se živí vajíčky a larvami jiných druhů. Tito brouci jsou nejběžnější predátoři, které lze nalézt na povrchu mrtvol. Vyskytují se ve stadiu larev i dospělců, kolonizují mrtvolu ve fázi nadýmání a jsou přítomni, dokud je na mrtvole jiný hmyz. Často se nachází

na pohřbených mrtvolách, protože samičky se dokážou dostat skrze kyprou půdu a naklást vajíčka na mrtvolu, kde se hojně vyskytují larvy zástupců řádu Diptera. Čeleď Staphylinidae na kadáverech popisují také Motter (1898), Bourel et al. (2004) a Pastula a Merritt (2013). Bourel et al. (2004) uvádí druhy *Omalium rivulare* (Paykull, 1789) a *Philonthus* sp.

Rod *Atheta* je znám jako predátor vajíček a larev zástupců řádu Diptera na pohřbených tělech v hlubších vrstvách (25-50 cm) (Mariani et al., 2014).

### 3.4 Tafonomické změny

Hnití mrtvoly je směsí procesů v rozsahu od autolýzy jednotlivých buněk způsobenou vnitřním chemickým rozpadem, přes autolýzu tkání uvolněnými enzymy, po vnější procesy, které jsou vyvolané bakteriemi a houbami z vnitřního a vnějšího prostředí (Amendt et al., 2004; Campobasso et al., 2001). Struktura bakteriálních enzymů způsobí hnilobné zkapalnění tkání rozpadem proteinů, sacharidů a lipidů na jejich stavební komponenty. Tkáně jsou rozloženy do tekuté konzistence za produkce velkého množství páchnoucích plynů (Campobasso et al., 2001).

Sled hnilobných změn jde rozdělit do čtyř fází - odbarvení, nadýmání, zkapalnění a pokročilý rozklad nebo skeletizace (Campobasso et al., 2001).

Rychlost posmrtného rozkladu může být ovlivněna faktory různého původu, týkajících se mrtvoly samotné (vnitřní faktory) a okolního prostředí (vnější faktory) (Campobasso et al., 2001).

Teplota těla po smrti poklesne (*algor mortis*) a pokožka zčervená (*livor mortis*), což je způsobeno gravitačním sražením krve v určitých částech těla. Toto je obvykle zaznamenáno okolo dvou hodin po smrti. Po několika hodinách se barva změní z červené na fialovou, vlivem postupného uvolňování kyslíku od hemoglobinu červených krvinek. Po 4-6 hodinách od smrti je blednutí ustálené, protože podkožní tuk tuhne v kapilárách. Další známkou smrti je ztuhlost svalových vláken z důvodu rozpadu glykogenu a akumulace kyseliny mléčné (*rigor mortis*) (Amendt et al., 2004). K *rigor mortis* dochází dle Kobayashiho et al. (1999) kvůli pomalé posmrtné tvorbě a rychlé spotřebě ATP, což vede k jeho celkovému poklesu. Podle Amendt et al., (2004) je ztuhlost nejprve patrná na obličejových svalech 2-3 hodiny po smrti a dosáhne maxima po 24 hodinách. Doba trvání *rigor mortis* závisí na stavu metabolismu při smrti a na proměnných faktorech jako je velikost těla a teplota okolního prostředí. Později se pokožka odděluje od škáry a vlasy a nehty jdou snadno odtrhnout. Velké množství hnilobných plynů způsobí na těle fyzické deformace.

Sirovodík reaguje s hemoglobinem a vytváří zelený pigment, který je z počátku patrný v povrchových cévách, ale později se může projevit jako zelené zbarvení v gastrointestinální oblasti a v částech těla, kde je *livor mortis* nejvíce zřejmý. Všechny tyto příznaky se projeví během prvních 72-96 hodin po smrti. Přesná rychlost posmrtného rozkladu je však ovlivněna celou řadou proměnných souvisejících s mrtvolou a okolním prostředím. Teplota těla je navíc v rovnovážném stavu k okolnímu prostředí a po prvotním hnutí zpravidla nelze správně určit PMI. Hmyz nalezený na těle tak může sloužit jako důležitý zdroj informací (Amendt et al., 2004).



## 4 Materiál a metody

Metodika práce byla rozdělena na rešeršní činnost a realizaci terénního pokusu zaměřeného na rozdíly zastoupení nekrofauny na kadáverech v různé hloubce pohřbení.

### 4.1 Popis lokality

Terénní pokus byl proveden v městské části Praha 4 – Újezd u Průhonic, GPS souřadnice 50°00'49.7"S, 14°32'37.7"V, nadmořská výška 286 m n. m. (Obr. 1). Místem pohřbení kadáverů byla zahrada rodinného domu. V okolí se nachází ovocné stromy, lísky a na zahradě se pohybuje drůbež.

### 4.2 Popis experimentu

Pokus zahrnoval dvě základní varianty hloubky uložení kadáverů v 65 cm a 35 cm a byl založen formou samostatného bloku po třech kusech kadáverů pro každou variantu. Celý experiment byl realizován v období duben až srpen v letech 2014 a 2015. K experimentu bylo použito celkem dvanáct kadáverů kura domácího (*Gallus gallus f. domestica* Linnaeus, 1758), šest kusů v prvním a šest kusů v druhém roce, v daném roce vždy tři kusy na jednu variantu pokusu a tři na druhou. Průměrná hmotnost zvířat dosahovala cca 1,5 kg. Všechna pokusná zvířata byla usmrcena stejným způsobem (zlomením vazy), aby byly minimalizovány rozdíly mezi variantami a opakováními pokusu (Obr. 2). Všech šest kadáverů v daném roce bylo zakopáno ve stejném termínu. Vykopání dvou kadáverů po jednom z každé hloubky uložení a odběry entomologického materiálu byly prováděny v předem definovaných intervalech. V obou letech byl první odběr proveden po dvou měsících od zakopání a další dva odběry následovaly v měsíčním intervalu. Termín zahájení experimentů v obou pokusných letech a termíny odběrů jsou zaznamenány v Tab. 1.

### 4.3 Přípravná fáze

V roce 2014 bylo 5. dubna vykopáno 6 samostatných jam, tři o hloubce 65 cm a tři o hloubce 35 cm. Vzdálenost jednotlivých jam od sebe byla cca jeden metr (Obr. 3). Po výkopu byly jámy zakryty dřevěnými deskami. Čerstvě usmrcené slepice do nich byly vloženy (Obr. 4) 8. dubna 2014 a následně zasypány zeminou. Jednotlivé hroby byly překryty pletivem, aby nedocházelo k vyhrabání slepicemi nebo šelmami (kočka, kuna) (Obr. 5).

V roce 2014 byly na dva hroby, které byly určené pro poslední vykopání umístěny pasti na průběžný odchyt hmyzu. První past tvořil bezbarvý plastový kbelík s průměrem 22 cm a výškou 20 cm. Do jeho dna byl vyříznut otvor s průměrem 10 cm. Do otvoru byla vložena roura o výšce 12 cm, která byla vyrobena z PET lahve (Obr. 6). Druhá past byla vyrobena z neprůhledného hranatého kbelíku o rozměrech 20 cm kratší strana, 29,5 cm delší strana, 27,5 cm na výšku. Do dna kbelíku byl uprostřed vyříznut otvor o rozměrech 20x10 cm. Ve výšce 14 cm na delší straně byl vyříznut otvor s průměrem 1 cm. Do tohoto otvoru byla umístěna bezbarvá plastová hadice s průměrem 1 cm a délkou 30 cm. Druhý konec hadice byl umístěn do bezbarvé PET lahve s objemem 1 litr, u které byl ve výšce 14 cm vytvořen otvor s průměrem 1 cm (Obr. 7). První past byla umístěna nad mělčí hrob, který byl určen pro poslední vykopávání v daném roce. Plastová roura byla z poloviny zahrabána do zeminy, druhá polovina zůstala v kbelíku a byla po vnější okraj zasypána pískem (Obr. 8). Kbelík byl zakryt průhledným víkem. Druhá past byla umístěna nad hlubší hrob, který byl určen pro poslední vykopávání v daném roce (Obr. 9). Kbelík byl odspoda zakryt vrstvou zeminy vysokou 1 cm a vedle něj byla umístěna PET lahev z 1/3 naplněná formalínovou vodou v koncentraci 0,1 %.

V roce 2015 byly jámy vykopány 18. dubna 2015, opět tři o hloubce 65 cm a tři o hloubce 35 cm. Čerstvě usmrčené slepice do nich byly vloženy ještě tentýž den a následně zasypány zeminou. Shodně s prvním rokem byly hroby opět zakryty pletivem. V tomto roce nebyly umístěny žádné pasti.

#### 4.4 Odběr vzorků

Termíny zahájení experimentů v obou letech a intervaly vykopání pokusných kadáverů a odběru vzorků prezentuje Tab. 1.

V roce 2014 proběhl odběr vzorků i odběr nachytaného materiálu z pastí. Odběry z obou pastí byly prováděny od 9. 4. 2014 v týdenních intervalech až do ukončení pokusu. Písek z první pasti byl přesypán do nádoby, která byla vytvořena rozpulením dvoulitrové PET lahve. Ta byla zakryta silonovou punčochou a utěsněna gumičkou. Formalínová voda z druhé pasti byla přelita do prázdné PET lahve, která byla uzavřena víčkem.

Před odběrem byl na místo vykopávání připraven odchyťový materiál (Obr. 10). Odběr vzorků hmyzu byl rozdělen na dvě fáze a byl fotograficky dokumentován. V první fázi byl vyhledáván a zjišťován hmyz a jeho nižší vývojová stadia v půdním profilu nad kadáverem při jeho postupném odkrývání. Současně byla odebraná hlína ukládána na papírovou

podložku a následně opět prohlédnuta. V druhé fázi byl vyhledáván a odebírán hmyz přímo na těle a uvnitř kadáveru. Po vykopání byly na kadáveru popisovány tafonomické změny. Hmyz ze vzorků zeminy nad tělem a hmyz z kadáveru byl zajišťován do oddělených nádob.

Po zajištění byly larvy a puparia řádu Diptera ponechány živé za účelem laboratorního odchovu (Obr. 11). K převozu živého materiálu byly použity speciální nádoby umožňujících výměnu vzduchu (děrované víčko překryté síťovinou).

Všichni přítomní dospělci a larvy řádu Coleoptera a dospělci řádu Diptera byli usmrceni v 70% denaturovaném etanolu.

Veškerý zajištěný entomologický materiál byl nejpozději do druhého dne předán do laboratoře Kriministického ústavu Praha, kde byl proveden odchov živých larev a puparií řádu Diptera do stadia imaga a veškerý zajištěný hmyz následně determinován. Determinaci čeledi Leiodidae provedl Ing. Pavel Jakubec, vše ostatní pplk. Ing. Hana Šuláková, PhD.

Hmyz byl odchován v klimatické komoře Panasonic MLR-352H při teplotě 21 °C až 25 °C, relativní vlhkosti 50 % a světelném režimu 12:12 (světlo v intervalu 6:00 - 18:00).

Determinaci čeledí vzorků hmyzu nalezených v pastech provedl prof. RNDr. Miroslav Barták, CSc.

Nomenklatura je upravena podle Fauna Europaea (Rognes, 2013).

## **4.5 Hodnocení vzorků**

### **4.5.1 Hodnocení tafonomických změn na kadáverech**

Na vykopaných kadáverech byly vizuálně hodnoceny a slovně popsány tafonomické změny. Ty byly poté rozděleny do následujících skupin - celkový stav; stav peří; stav běháků; stav kůže; stav kostí a kloubů; stav svaloviny; ostatní změny.

### **4.5.2 Hodnocení vzorků nalezeného hmyzu**

Pro statistické vyhodnocení vzorků nalezeného hmyzu a vytvoření doplňkových grafů byl použit program Microsoft Excel.

## **4.6 Rozbor půdy**

Pro rozbor půdy byly odebrány vzorky zeminy z povrchu a z hloubek 5 cm, 10 cm a 15 cm v místech, kde byly zakopány kadávery.

Základní fyzikální vlastnosti půdy byly zjištěny použitím standardních laboratorních procedur při konstantní teplotě 20 °C za použití metody „Particle size distribution“ (Gee a Or, 2002) (Graf 1.).

#### **4.7 Meteorologická měření**

Průměrné denní teploty, vlhkost a srážky byly získány z pravidelného měření Českého hydrometeorologického ústavu, pobočka Praha - Libuš, GPS souřadnice 50°00'28"S, 14°26'49"V, nadmořská výška 302,04 m n. m.

## 5 Výsledky

### 5.1 Tafonomické změny

#### Rok 2014: První opakování

##### 26. 5. 2014 – mělký hrob, 35 cm

**Celkový stav** - Kadáver je v jednom kuse (Obr. 12)

**Stav peří** - Jde od kůže odtrhnout velmi snadno; na křídlech poškozená pera drží; obrysové peří velmi poškozené; krycí peří má zachovalou barvu

**Stav běháků** - Šupiny na běhácích lze snadno odtrhnout

**Stav kůže** - Pevná, nelze roztrhnout; na hlavě lze snadno oddělit do těla; zčernalá břišní krajina

**Stav kostí a kloubů** - Klouby drží na svých místech; chrupavka nepoškozená; šlachy nepoškozené

**Stav svaloviny** - Pevná

**Ostatní změny** - Oční bulvy jsou rozloženy; dutina zobáku zeleně zbarvena; plíseň na krku v oblasti volete; ze zobáku se odlupuje rohovina; hnědočervený výtok ze zobáku

##### 26. 5. 2014 – hlubší hrob, 65 cm

**Celkový stav** - Kadáver v jednom kuse (Obr. 13)

**Stav peří** - Jde od kůže odtrhnout velmi snadno; obrysové peří velmi poškozené; krycí peří má zachovalou barvu

**Stav běháků** - Šupiny se odlupují; drápy se odlupují

**Stav kůže** - Na zádech zelená; na břiše tmavomodrá až černá; snadno se trhá

**Stav kostí a kloubů** - Klouby drží na svých místech; chrupavka nepoškozená; šlachy nepoškozené

**Stav svaloviny** - Svalovina je protnutá kostí; blána na svalech nafouklá

**Ostatní změny**- Žlutý až žlutozelený tuk; červenohnědý výtok z hlavy

##### 28. 6. 2014 – mělký hrob, 35 cm

**Celkový stav** - Odpadávající končetiny; odpadlá hlava; obalená hlínou (Obr. 14)

**Stav peří** - Jde od kůže odtrhnout velmi snadno; obrysové peří velmi poškozené; krycí peří

má zachovalou barvu

**Stav běháků** - Odpadlé; bez šupin

**Stav kůže** - Zelená; trhá se; v oblasti volete tmavě modrá

**Stav kostí a kloubů** - Rozklad šlach; kosti se snadno lámou; lýtková kost drží u kadáveru

**Stav svaloviny** - Svalovina i mícha kolem krčních obratlů chybí; prsní svaly chybí

**Ostatní změny** - Plíseň na nohou a krku (Obr. 15); vnitřnosti nerozlišitelné

#### **29. 6. 2014 – hlubší hrob, 65 cm**

**Celkový stav** - Končetiny nedrží u těla

**Stav peří** - Jde od těla odtrhnout velmi snadno; částečně rozpadlé; zachovalá barva

**Stav běháků** - Odpadávající; šupiny jdou snadno odtrhnout

**Stav kůže** - Lze snadno roztrhnout; na nohou zelená

**Stav kostí a kloubů** - Oddělené - rozklad šlach

**Stav svaloviny** - Světlá barva; uvnitř těla kašovitá konzistence

**Ostatní změny** - Střeva rozeznatelná; srdce a játra rozpoznatelné; v místě kloaky žlutá tekutina

#### **31. 7. 2014 – mělký hrob, 35 cm**

**Celkový stav** - Porostlá plísní žluté a bílé barvy; rozpadá se; je velmi lehká

**Stav peří** - Peří jde od těla odtrhnout velmi snadno; krycí peří má zachovalou barvu

**Stav běháky** - Nalezeny pouze kosti

**Stav kůže** - Je měkká, snadno se trhá

**Stav kostí a kloubů** - Nedrží v původní pozici

**Stav svaloviny** - Kašovitá konzistence

**Ostatní změny** - Vnitřnosti mají kašovitou konzistenci; lebka je vyžraná

#### **31. 7. 2014 – hlubší hrob, 65 cm**

**Celkový stav** - Kadáver těžký; na povrchu vyschlý

**Stav peří** - Jde snadno od těla; obrysové i krycí peří má zachovalou barvu

**Stav běháků** - Rozpadlé na jednotlivé kosti

**Stav kůže** - Na zádech nelze snadno roztrhnout; velmi vyschlá; na břišní krajině vlhká a tmavá

**Stav kostí a kloubů** - Krční obratle se lámou; křídla drží v původní pozici

**Stav svaloviny** - Tmavé až černé barvy; v místech prsních svalů bílá

**Ostatní změny**- Z velké části porostlá bílou plísní; plíseň se vyskytuje i na kostech bez svaloviny a kůže; vnitřnosti tmavé (Obr. 16), nerozlišitelné a mají kašovitou konzistenci

### **Rok 2015: Druhé opakování**

#### **17. 6. 2015 – mělčí hrob, 35 cm**

**Celkový stav** - Porostlý plísní; odpadlá hlava

**Stav peří** - Jde snadno od těla; z křídel nejde snadno vytrhnout; obrysové i krycí peří má zachovalou barvu

**Stav běháků** - Šupiny se snadno loupou; drží ve své původní pozici; v kloubu jdou zlomit

**Stav kůže** - Břicho má namodralou barvu; na hrudníku se trhá; kůže s peřím jde v oblasti zad snadno od těla

**Stav kostí a kloubů** - Drží ve své původní pozici; lze snadno vykloubit

**Stav svaloviny** - Stehenní a lýtková svalovina má kašovitou konzistenci

**Ostatní změny**- Z hrudníku vytéká hmota kašovité konzistence

#### **17. 6. 2015 – hlubší hrob, 65 cm**

**Celkový stav** - Kadáver je nafouknutý; málo porostlý plísní

**Stav peří** - Pera jsou poškozená; nejde snadno odtrhnout; má zachovalou původní barvu

**Stav běháků** - Šupiny jdou snadno odtrhnout; na běhácích červená tekutina

**Stav kůže** - Nejde snadno roztrhnout; barva světlá, na hrudníku tmavě modrá

**Stav kostí a kloubů** - Drží na původních místech

**Stav svaloviny** - Málo kašovitá; znatelná struktura

**Ostatní změny** - Pod pravým křídlem zelený odstín; vnitřnosti zčernalé

#### **21. 7. 2015 – mělčí hrob, 35 cm**

**Celkový stav** - Obalená hlinou; v kaudální části porostlá plísní

**Stav peří** - Peří jde velmi snadno od těla; krycí peří má zachovalou barvu

**Stav běháků** - Šupiny jdou snadno odtrhnout

**Stav kůže** - Kůže jde velmi snadno od těla; snadno se trhá

**Stav kostí a kloubů** - Články běháků drží na šlachách; končetiny na původních místech

**Stav svaloviny** - Má kašovitou konzistenci

**Ostatní změny**- Mozek chybí; vnitřní orgány zelené - částečně znatelná struktura; lebka poškozená

#### **21. 7. 2015 – hlubší hrob, 65 cm**

**Celkový stav** - V jednom velkém kuse

**Stav peří** - Peří se láme; jde snadno od kůže i na hlavě; obrysové i krycí peří má zachovalou barvu; pera nejsou výrazně poškozená

**Stav běháků** - Jeden běhák se ulomil; šupiny chybí

**Stav kůže** - Jde snadno od hlavy; na hrudníku modrá; trhá se

**Stav kostí a kloubů** - Prsty drží na šlachách; ostatní kosti mírně poškozené

**Stav svaloviny** - Svalovina je kašovitá

**Ostatní změny** - Končetiny částečně porostlé plísní; vnitřnosti tmavé - kašovitě konzistence

#### **23. 8. 2015 – mělčí hrob, 35 cm**

**Celkový stav** - Slepice se celá trhá; velmi vyschlá; místy zcela plesnivá (Obr. 17)

**Stav peří** - Peří zůstává v hlíně

**Stav běháků** - Chybí; pouze samostatné články

**Stav kůže** - Porostlá houbou; barva zelená až žlutá; snadno se odtrhává; rozpadá se

**Stav kostí a kloubů** - Obratle zcela bez svaloviny, řada kostí také; bez míchy; v místě míchy plíseň; holé kosti porostlé plísní

**Stav svaloviny** - Svalovina vyschlá; bílá; rozpadá se

**Ostatní změny** - Z vnitřností identifikovatelný pouze žaludek černé barvy

#### **23. 8. 2015 - hlubší hrob, 65 cm**

**Celkový stav** - Kadáver z velké části v jednom kuse, ale snadno se rozpadá (Obr. 18)

**Stav peří** - Z peří zmizely prapory; barva peří je zachovaná

**Stav běháků** - Chybí; pouze samostatné články

**Stav kůže** - Částečně vyschlá; snadno se trhá

**Stav kostí a kloubů** - Stehenní a ramenní klouby stále drží

**Stav svaloviny** - Svalovina tmavá; částečně vyschlá

**Ostatní změny**- Místy bílý tuk; orgány nerozeznatelné - zelená hmota kašovitě konzistence; místy plíseň



## 5.2 Hmyz nalezený na kadáverech

### Rok 2014 - První opakování

#### 26. 5. 2014 - mělčí hrob, 35 cm

Nad kadáverem - čeled' Elateridae - larvy

#### 26. 5. 2014 - hlubší hrob, 65 cm

Nad kadáverem - čeled' Muscidae - 1 puparium

Na kadáveru- *Neoleria inscripta* (Meigen, 1830) (Heleomyzidae) - 1 puparium

*Conicera similis* (Phoridae) - 25 larev

#### 28. 6. 2014 - mělčí hrob, 35 cm

Nad kadáverem - *Conicera similis* - 20 imag

Na kadáveru - *Conicera similis* - 15 larev (Obr. 19)

#### 28. 6. 2014 - hlubší hrob, 65 cm

Na kadáveru - *Conicera similis* - 9 larev

#### 31. 7. 2014 - mělčí hrob, 35 cm

Na kadáveru - *Conicera similis* - 12 larev

*Calliphora vomitoria* (Calliphoridae) - 6 larev III. instaru

2 larvy čeledi Calliphoridae byly napadeny parazitoidními vosami,  
z pupárií se tedy vylíhly vosičky čeledi Chalcoidea

*Muscina pascuorum* (Meigen, 1826) (Muscidae) - 9 larev

#### 31. 7. 2014 - hlubší hrob, 65 cm

Na kadáveru - *Conicera similis* - 26 larev

*Calliphora vomitoria* - 3 larvy

*Lucilia sericata* (Calliphoridae) - 2 larvy

1 larva čeledi Calliphoridae byla napadena parazitoidními vosami,  
z pupária se tedy vylíhly vosy čeledi Chalcoidea

*Muscina pascuorum* - 11 larev

## Rok 2015 - Druhé opakování

### 17. 6. 2015 - mělčí hrob, 35 cm

- Nad kadáverem - Syrphidae - 1 larva (Obr. 20)  
Staphylinidae - 1 larva  
*Muscina cf. pascuorum* - 2 prázdná puparia  
Rod *Hydrotaea* - 1 prázdné puparium
- Na kadáveru - *Conicera similis* - cca 20 larev a 1 imago  
Čeleď Staphylinidae - 19 larev a 5 imag (5 rozdílných druhů)  
*Sciodrepoides watsoni* (Spence, 1815) (Leiodidae) - 1 imago

### 17. 6. 2015 - hlubší hrob, 65 cm

- Nad kadáverem - Rod *Hydrotaea* - 2 prázdná puparia  
*Muscina cf. pascuorum* - 3 prázdná puparia  
Čeleď Staphylinidae - 5 imag (4 druhy)
- Na kadáveru- *Conicera similis* - cca 16 larev, 5 plných puparií a 2 imaga  
Čeleď Staphylinidae - 16 larev a 11 imag (cca 5 druhů)

### 21. 7. 2015 - mělčí hrob, 35 cm

- Nad kadáverem - *Muscina pascuorum* - 1 larvy  
*Muscina cf. pascuorum* - 2 prázdná puparia  
Rod *Hydrotaea* - 13 prázdných puparií  
*Conicera similis* - 6 imag  
Čeleď Staphylinidae - 3 larvy a 3 imaga (1 druh)  
*Sciodrepoides watsoni* - 1 imago  
Čeleď Elateridae - 2 larvy
- Na kadáveru - *Conicera similis* - 3 prázdná puparia, 19 plných puparií, 18 larev a cca 60 imag  
Čeleď Staphylinidae - 3 larvy a 11 imag (cca 5 druhů)  
*Sciodrepoides watsoni* - 1 imago

**21. 7. 2015 - hlubší hrob, 65 cm**

Nad kadáverem - *Muscina pascuorum* - 3 plná puparia  
Čeled' Cicindelidae - 2 larvy  
Čeled' Staphylinidae - 8 imag (cca 5 druhů)

Na kadáveru - *Conicera similis* - 2 prázdná puparia, 5 plných puparií, 30 larev a 6  
imag  
Čeled' Staphylinidae - 9 larev a 9 imag

**23. 8. 2015 - mělčí hrob, 35 cm**

Nad kadáverem- *Muscina cf. pascuorum* - 9 prázdných puparií  
Čeled' Elateridae - 3 larvy  
Čeled' Staphylinidae - 5 imag (3 druhy)

Na kadáveru- *Trox scaber* (Trogidae) - 3 imaga  
Čeled' Staphylinidae - 4 larvy a 47 imag

**23. 8. 2015 - hlubší hrob, 65 cm**

Nad kadáverem- *Muscina cf. pascuorum* - 2 prázdná puparia  
*Muscina pascuorum* - 1 plné puparium  
*Conicera similis* - 3 larvy a 7 imag  
*Rhagoletis cerasi* (Linnaeus, 1758) (Tephritidae) - 5 plných puparií  
Čeled' Staphylinidae - 9 imag (cca 5 druhů)  
*Sciodrepoides watsoni* - 1 imago

Na kadáveru - *Conicera similis* - 18 plných puparií, cca 25 larev a 9 imag  
Čeled' Staphylinidae - 5 larev a 37 imag (cca 7 druhů) (Obr. 21)

### 5.3 Hmyz nalezený v pastech umístěných nad kadávery

V pasti, ve které byl použitý písek, se žádný hmyz neobjevil. V pasti, ve které byla použita formalínová voda, byl nalezen řád Hymenoptera a čeledi - Phoridae, Formicidae a Staphylinidae.

### 5.4 Zhodnocení výsledků

Celkem bylo z kadáverů, které byly pohřbeny v mělkých hrobech a půdy nad nimi odebráno 334 kusů hmyzu. Z čeledi Phoridae se na kadáverech a v půdě nad nimi nacházel pouze druh *Conicera similis*, jehož zastoupení činí 52,10 %. Z čeledi Muscidae (11,08 %) se na kadáverech nacházel rod *Hydrotaea* (4,19 %) a druh *Muscina pascuorum* (2,99 %). Celkem 13 prázdných puparií patřilo pravděpodobně k druhu *Muscina pascuorum* a celkové zastoupení tohoto druhu by činilo 6,88 %. Nejpočetnější čeledí z řádu Coleoptera byla čeleď Staphylinidae (30,24 %). Zbytek činí čeledě Calliphoridae s druhem *Calliphora vomitoria* (1,80 %), Elateridae (2,10 %), Trogidae - *Trox scaber* (0,90 %) Leiodidae - *Sciodrepoides watsoni* (0,90 %), Chalcoidea (0,60 %) a Syrphidae (0,30 %) - viz graf 2. a graf 3.

Objevily se rozdíly mezi hmyzem, který byl nalezen v půdě nad kadáverem a tím, který se nacházel přímo na něm. Z půdy nad kadáverem bylo odebráno 75 kusů hmyzu, oproti 259 kusům, které nacházely na kadáveru. Zatímco na kadáveru tvořil druh *Conicera similis* 57,14 % v půdě nad kadáverem pouze 34,67 %. Naopak čeleď Muscidae tvořila v půdě nad kadáverem 37,33 %, přímo na kadáveru pouze 3,47 % - viz graf 4. a graf 5.

Celkem bylo z kadáverů, které byly pohřbeny v hlubších hrobech a půdy nad nimi odebráno 335 kusů hmyzu. Z čeledi Phoridae se na kadáverech a v půdě nad nimi nacházel pouze druh *Conicera similis* jehož zastoupení činí 56,12 %. Z čeledi Muscidae (6,87 %) se na kadáverech nacházel druh *Muscina pascuorum* (4,48 %) a rod *Hydrotaea* (0,6 %). Celkem 5 prázdných puparií patřilo pravděpodobně k druhu *Muscina pascuorum* a celkové zastoupení tohoto druhu by činilo 5,97 %. Z čeledě Staphylinidae se na kadáverech a v půdě nad nimi nacházelo asi 6 druhů a celkové zastoupení této čeledi činí 32,54 %. Dále byly zaznamenány čeledě Tephritidae - *Rhagoletis carasi* (1,49 %), Calliphoridae (1,49 %) - *Calliphora vomitoria* (0,9 %) a *Lucilia sericata* (0,6 %), Leiodidae - *Sciodrepoides watsoni* (0,3 %), Chalcoidea (0,3 %) a Heleomyzidae - *Neoleria inscripta* (0,3 %) - viz graf 6. a graf 7.

Opět jsme zaznamenali rozdíly mezi zastoupením hmyzu přímo na kadáverech a tím, který byl nalezen v půdě nad ním. V půdě nad kadáverem byla nejdominantnější čeleď

Staphylinidae (42,31 %) následována čeledmi Muscidae (23,08 %) a Phoridae (19,23 %). U hmyzu, který byl nalezený přímo na kadáverech, byla nejdominantnější právě čeleď Phoridae (62,9 %), čeleď Staphylinidae tvořila 30,74 % a čeleď Muscidae pouhých 3,89 % - viz graf 8. a graf 9.

Z časového hlediska byla v obou mělkých hrobech během prvního vykopávání nejdominantnější čeleď Staphylinidae (49,02 %), následovaná čeledí Phoridae s druhem *Conicera similis* (41,18 %). Čeleď Muscidae (*Hydrotaea* sp. a *Muscina* cf. *pasuorum*) představovala pouhých 5,88 % (viz graf 10), Leiodidae (*Sciodreporides watsoni*) a Syrphidae obojí po 1,96 %. Během druhého vykopávání v půdě nad hrobem a na kadáveru samotném dominoval druh *Conicera similis* čeledi Phoridae (77,9 %). Staphylinidae tvořili 11,05 %, Muscidae 8,84 % (nejvíce zastoupená rodem *Hydrotaea* - 7,18 %). Během třetího vykopávání byla, stejně jako v případě prvního, nejdominantnější čeleď Staphylinidae (56 %). Druh *Muscina pasuorum* tvořil 18 %, *Conicera similis* 12 % a *Calliphora vomitoria* 6 %.

Z časového hlediska byl v obou hlubších hrobech během všech vykopávání nejdominantnější druh *Conicera similis* (viz graf 10.). U prvního vykopávání představoval 55,17 %, u druhého 62,65 % a u třetího 53,33 % ze všech druhů. Čeleď Staphylinidae dosahovala ve všech vykopáváních u hlubších hrobů přibližně stejných hodnot - 1. 36,78 %; 2. 31,33 % a 3. 30,91 % (viz graf 11.). Čeleď Muscidae tvořila v prvním vykopávání 6,9 % (*Hydrotaea* sp. 2,3 %, Muscidae spp. 1,15 % a *Muscina* cf. *pasuorum* 3,45 %), u druhého 3,61 % (*Muscina pasuorum*) a u třetího 8,48 % (*Muscina pasuorum* 7,27 % a *Muscina* cf. *pasuorum* 1,21 %).

K statistickému otestování hypotézy o vlivu různé hloubky na výskyt různých skupin hmyzu na kadáverech byl použit chí-kvadrát test (vstupní data - viz Tab. 2). Z výsledků (Chi-sq = 38,73 a p-value = 0,0007) vyplývá, že se zastoupení jednotlivých skupin na kadáverech zakopaných v různě hlubokých hrobech lišilo s více než 99,99% pravděpodobností. Výrazně se nelišilo z hlediska druhů *Conicera similis*, *Muscina pasuorum* a čeledi Staphylinidae. Významné rozdíly byly zjištěny v případě rodu *Hydrotaea* a čeledi Elateridae, které jsou výrazně více zastoupeny u mělce pohřbených kadáverů. V případě čeledi Syrphidae a Ciciliniidae a druhu *Neoleria inscripta* se jedná o obtížně interpretované výsledky, neboť absolutní četnost u těchto skupin byla velmi nízká. Tyto absolutní četnosti (v součtu za všech 6 opakování) jsou uvedeny v tabulce 2, zastoupení skupin v procentech je uvedeno v předcházejících odstavcích.

Druh *Conicera similis* měl podobnou absolutní četnost zastoupení v mělkých i hlubokých hrobech. Na základě výsledků chí-kvadrát testu, který vychází z tab. 3, však

bylo zjištěno, že se v mělkých a hlubokých hrobech liší zastoupení jednotlivých vývojových stadií druhu *Conicera similis* (Chi-sq = 61,1548, p=value =  $3,3304 \cdot 10^{-13}$ ). Nejvýraznější rozdíl se týkal larev. Larvy se v případě hlubokých hrobů vyskytovaly ze 71 %, ale u mělkých hrobů tvořily pouze 37 %. Stadium imaga se naopak hojně vyskytovalo u mělkých hrobů (50 %), méně u hrobů hlubokých (13 %). U stadia plných i prázdných puparií nebyl zaznamenán výrazný rozdíl (Tab. 3).

Pomocí chí-kvadrát testu byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi roky 2014 a 2015 v případě mělkých hrobů (Chi-sq = 102,9892, p=value =  $1,3913 \cdot 10^{-17}$ ) (Graf 12.). Výchozí hodnoty viz tab. 4. Zároveň byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi roky 2014 a 2015 u hlubokých hrobů (Chi-sq = 92,036, p=value =  $1,9899 \cdot 10^{-14}$ ) (Graf 13.). Výchozí hodnoty viz tab. 5.

Pomocí chí-kvadrát testu byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi intervaly zakopání (po dvou, třech a čtyřech měsících). Jednotlivé intervaly mělkých hrobů 2014 (Chi-sq = 94,8115, p=value =  $1,2498 \cdot 10^{-19}$ ) (Tab. 6 a graf 14.), jednotlivé intervaly mělkých hrobů 2015 (Chi-sq = 148,7484, p=value =  $3,5763 \cdot 10^{-28}$ ) (Tab. 7 a graf 15.). Jednotlivé intervaly hlubokých hrobů 2014 (Chi-sq = 21,112, p=value = 0,0018) (Tab. 8 a graf 16.), jednotlivé intervaly hlubokých hrobů 2015 (Chi-sq = 31,9422, p=value =  $4,162 \cdot 10^{-5}$ ) (Tab. 9 a graf 17.). Statisticky významné rozdíly mezi všemi vykopávanými jsou důkazem toho, že se složení nekrofauny v čase mění, tedy probíhá sukcese.

## 6 Diskuze

Potvrdili jsme tvrzení mnohých autorů (např. Povolný, 1978; Rodriguez a Bass, 1985; Smith, 1986; Daněk, 1990; Gunn, 2006), že rozklad pod povrchem je mnohonásobně delší než rozklad volně exponovaného těla. Z rozdílů tafonomických změn mezi jednotlivými variantami vyplývá, že při rozdílné hloubce zakopání, která činila 65 cm, byl ve větší hloubce pomalejší rozklad.

Nemůžeme souhlasit se závěry, ke kterým dospěli Rodriguez a Bass (1985), že na kadáverech pohřbených již do 30 cm není známka po relevantní aktivitě hmyzí nekrofauny.

Zastoupení čeledi Phoridae na pokusných objektech odpovídá literárním údajům, že pohřbená těla kolonizuje rod *Conicera* (Lundt, 1964; Povolný, 1978; Daněk, 1990; Gunn 2006). Druh *Conicera similis* tvořil u obou kadáverů dominantní faunu a jeho procentuální zastoupení bylo velmi podobné. V případě mělčejí uloženého kadáveru tvořil tento druh 52,10 % a u hlouběji uloženého kadáveru 56,12 %. Zároveň se tento druh hojně vyskytoval ve všech vývojových stádiích. Z toho lze usuzovat, že se na kadáverech vystřídalo více po sobě jdoucích generací. To je v souladu s tvrzením Šulákové (2014) i Bourel et al. (2004). Druh *Conicera similis* se nacházel ve stadiu imaga i v půdním profilu nad kadávěry. To je v souladu s tvrzením Eliášové a Šulákové (2012), že dospělci čeledi Phoridae, se k mrtvole přímo prohrabávají.

Přesto, že se druh *Conicera similis* vyskytoval přibližně ve shodných počtech, lišilo se zastoupení jednotlivých stadií. V případě hlouběji pohřbených kadáverů tvořily nejdominantněji zastoupené stadium larvy (71 %). Na mělčejí pohřbených kadáverech tvořily jen 37 %. V mělkých hrobech dominovalo stadium imaga (50 %), v hlubších hrobech tvořila pouze 13 %. Z toho lze usuzovat, že hlouběji pohřbené kadávěry byly kolonizovány později.

Druh *Conicera similis* byl též nalezen na kadáveru králíka v experimentu, který provedli Karapazarlioglu a Disney (2015), a to i přes rozdílnou geografickou polohu a podnebí.

Puparia čeledi Muscidae se vždy nacházela v hlíně nad kadáverem velmi blízko povrchu. Dá se tedy předpokládat, že larvy před kuklením migrují k povrchu, u něhož se kuklí. Migraci larev potvrzuje i nález larvy druhu *Muscina pascuorum* v půdním profilu nad kadáverem.

Potvrdilo se tvrzení autorů Lundt (1964), Payne et al. (1968), Smith (1986), Daněk (1990) a Bourel et al. (2004), že na pohřbených kadáverech se vyskytuje čeleď Staphylinidae. Tato čeleď tvořila u obou hloubek pohřební přibližně 30 % nekrofauny.

Dle Daňka (1990) a Gunna (2006), se čeleď Calliphoridae na pohřbených mrtvolách nevyskytuje. V našem experimentu nález čeledi Calliphoridae skutečně byl, ale pouze při vykopávání z 31. 7. 2014 v zastoupení druhů *Calliphora vomitoria* a *Lucia sericata*.

Gunn a Bird (2011) uvádí, že zástupci čeledi Calliphoridae jsou schopni kolonizovat pohřbený kadáver tak, že využijí praskliny nad kadáverem, aby se k němu dostali. Praskliny mohou vznikat postupným nadýmáním těla, případně sesedáním půdy (Gunn a Bird, 2011). Sesedání mohly podpořit pasti, které byly umístěné nad kadávery. Tuto domněnku může podporovat i fakt, že v druhém roce pasti umístěny nebyly a čeleď Calliphoridae se nevyskytla. Vzhledem k tomu, že kadávery byly jinak zcela zakryty půdou (Obr. 22), žádná jiná možnost, která by vysvětlovala přítomnost čeledi Calliphoridae se nenabízí. Pro potvrzení této domněnky by bylo třeba provést další terénní pokusy.

Přestože jsme na zakopaných kadáverech objevili čeleď Calliphoridae, vyskytla se až po čtyřech měsících od pohřbení. Tato skutečnost svědčí o tom, že i po této době je tělo ve stavu, kdy je atraktivní pro nekrofaunu, typickou pro úvodní vlny u volně exponované mrtvoly. Tato skutečnost se podobá zjištění, ke kterému dospěli Turner a Wiltshire (1999), tedy že se pohřbená mrtvola i po několika měsících jeví jako čerstvá.

Nález pupárií vrtule třešňové 23. 8. 2015 s největší pravděpodobností nesouvisí s rozkladem pohřbených slepic, ale s třešní, která roste v blízkosti pokusné oblasti.

Nízké srážky v roce 2015 (viz graf 18. a graf 19.) vedly k tomu, že úhrn srážek za celé sledované období činil 209 mm. V roce 2014 činil 309,7 mm a to i přes to, že sledované období bylo o 13 dní kratší. Tím byla zároveň ovlivněna i vzdušná vlhkost (graf 20. a graf 21.) Tyto faktory vedly k tomu, že mělčeji pohřbené kadávery více vyschly. To způsobilo změny ve složení nekrofauny 23. 8. 2015, kdy u mělčeji pohřbeného kadáveru nebyly nalezeny žádní zástupci Diptera. Oproti tomu jsme zaznamenali druh *Trox scaber*. Čeleď Trogidae sice Daněk (1990) spojuje s volně exponovanými kadávery, ale vyskytuje se až šesté vlně, když je již mrtvola vyschlá, nebo zbytky jejích tkání mumifikované. Zástupci této čeledě se pak dle Daňka (1990) nachází na sušších částech mrtvoly, což je v souladu se stavem kadáveru, na němž byl druh zaznamenán.

Terén nad pohřbenými kadávery se postupně vracel do původního stavu a v průběhu druhého vykopávání byl již částečně porostlý rostlinami (Obr. 23).

Pomocí chí-kvadrát testu jsme potvrdily hypotézu, že hloubka pohřbení ovlivní složení nekrofauny. U druhů *Conicera similis* a *Muscina pascuorum* a u čeledi Staphylinidae se výrazné rozdíly neobjevily. U mělčeji pohřbeného kadáveru byl zajištěn jeden zástupce čeledi Syrphidae a několik zástupců z čeledi Elateridae. Tyto čeledě jsme neobjevili



u hlouběji pohřbeného kadáveru. Larvy čeledi Syrphidae se živí různými způsoby jako je predace, herbivorie a detritovorie (Gunn, 2006). S kadávery bývá nejčastěji spojován druh *Eristalis tenax* (Linnaeus, 1758) (Gunn, 2006; Magni et al., 2013). Magni et al. (2013) také ve spojitosti s kadávery uvádí také druh *Syritta pipiensis* (Linnaeus, 1758) a rod *Brachyopa* sp. Nedá se tedy s jistotou tvrdit, že nález této čeledě byl způsoben přítomností kadáverů. Larvy čeledi Elateridae se živí predací, fytofágně či saprofágně a patří mezi významné škůdce plodin Morales-Rodriguez et al. (2014). Vyskytuje se i v některých záznamech forenzní entomologie (Kočárek, 2003; De Jong a Hoback, 2006), ale autoři mu nepřikládají význam. K prokázání souvislosti výskytů čeledí Syrphidae a Elateridae u pohřbených kadáverů by bylo třeba více pozorování. Druh *Neoleia inscripta* a čeleď Cicilidae byly naopak objeveny pouze u hlouběji pohřbeného kadáveru. U mělčeji pohřbeného kadáveru tvořila čeleď Muscidae 11,08 %, což mírně převyšuje zastoupení této čeledi u hlouběji pohřbeného kadáveru (6,67 %). To je v souladu s tvrzením Gunna a Birda (2011), že se tato čeleď vyskytuje spíše u mělčeji pohřbených kadáverů. Rod *Hydrotaea* byl vždy nalezen pouze ve formě prázdných pupáří, která se v hlubších hrobech vyskytovala pouze z 0,6 %, kdežto u mělce pohřbených tvořila 4,19 %. U hlouběji pohřbených kadáverů naopak mírně převažoval druh *Conicera similis* z čeledi Phoridae. S 99,78% pravděpodobností lze tvrdit, že hloubka pohřbení má vliv na složení nekrofauny.

Pomocí chí-kvadrát testu jsme zjistili, že se zastoupení nekrofauny mezi jednotlivými intervaly po dvou, třech a čtyřech měsících od zakopání liší. To dosvědčuje sukcesi hmyzu na zakopaných mrtvolách v obou hloubkách.

Vzhledem k tomu, že byl pomocí chí-kvadrát testu potvrzen rozdíl mezi roky 2014 a 2015, je zapotřebí více pokusů pro přesnější a věrohodnější výsledky.

Pasti na průběžný odchyt hmyzu byly použity pouze jeden rok, neboť nepřinesly očekávané výsledky, z hlediska odchyceného hmyzu. Dále vzniklo podezření, že umístění pastí, mohlo zpřístupnit larvám čeledi Calliphoridae pohřbené kadávery, a tím ovlivnit získané výsledky.

## 7 Závěr

- Na kadáverech v různé hloubce pohřbení se podílí odlišná nekrofauna. Vzhledem k malému počtu opakování a variant je však třeba dalších pokusů.
- Společenství nekrofauny se v průběhu času mění.
- V obou hloubkách byl ve většině případů nejdominantnější druh *Conicera similis*. Tento druh se vyskytoval na kadáveru i v půdním profilu nad ním. Čeleď Muscidae mírně převažovala v mělčích hrobech.
- Z řádu Coleoptera byla nejdominantnější čeleď Staphylinidae.
- Pohřbením se výrazně zpomalí rychlost rozkladu. Zároveň se kadávery pohřbené ve větší hloubce rozkládají pomaleji.
- Větší hloubka pohřbení zmírňuje vlivy okolního prostředí. V našem pokusu byly hlouběji pohřbené kadávery méně ovlivněny suchým počasím v roce 2015.

## 8 Seznam použité literatury

- Amendt, J., Krettek, R., Zehner, R. 2004. Forensic entomology. *Naturwissenschaften*. 91. 51-65.
- Benecke, M. 2001. A brief history of forensic entomology. *Forensic Science International*. 120. 2-14.
- Benecke, M. 2004. Forensic Entomology: Arthropods and Corpses. *Forensic Pathology Reviews*. 2. 207-240.
- Bourel, B., Tournel, G., Hédouin, V., Gosset, D. 2004. Entomofauna of buried bodies in northern France. *International Journal of Legal Medicine*. 118. 215-220.
- Campobasso, C. P., Introna, F. 2001. The forensic entomologist in the context of forensic pathologist's role. *Forensic Science International*. 120. 132-139.
- Campobasso, C. P., Di Vella, G., Introna, F. 2001 Factors affecting decomposition and Diptera colonization. *Forensic Science International*. 120. 18-27.
- Campobasso, C. P., Disney, R. H. L., Introna, F. 2004. A Case of *Megaselia scalaris* (Loew) (Dipt., Phoridae) breeding in human corpse. *Aggrawal's Internet Journal of Forensic Medicine and Toxicology*. 5(1). 3-5.
- Carter, D. O., Tibbett, M. 2008. In: Gunn, A., Bird J. 2011. The ability of blowflies *Calliphora vomitoria* (Linnaeus), *Calliphora vicina* (Rob-Desvoidy) and *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae) and muscid flies *Muscina stabulans* (Fallén) and *Muscina prolapsa* (Harris) (Diptera: Muscidae) to colonise buried remains. *Forensic Science International* 2011 (207). 198-204.
- Daněk, L. 1990. Možnosti využití entomologie v kriminalistice. *Kriminalistický ústav VB. Praha*. 140 s.
- De Jong, G. D., Hoback, W. W. 2006. Effect of investigator disturbance in experimental forensic entomology: succession and community composition. *Medical and Veterinary Entomology*. 20. 248-258.
- Disney, R. H. L., Manlove, J. D. 2005. First occurrences of the Phorid, *Megaselia abdita*, in forensic cases in Britan. *Medical and Veterinary Entomology*. 19. 489-491.
- Disney, R. H. L., Manlove, J. D. 2009. First report of *Triphleba nudipalpis* (Becker) (Diptera: Phoridae) in forensic case. *Forensic Science International*. 191. 1-3.

- Eliášová, H., Šuláková, H. 2012. Forenzní entomologie. In: Štefan, J., Hladík, J., a kol. Soudní lékařství a jeho moderní trendy. Grada Publishing. 315-325. Praha. ISBN: 978-80-247-3594-8.
- Gee, G. W., Or D. 2002. Particle-size analysis. In: Dane J.H., Topp G.C. (eds): Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods. Soil Science Society of America, Inc., Madison. 255-294.
- Gullan, P. J., Cranston, P. S. 2005. The insects: an outline of entomology. Blackwell Publishing. 3. vydání. Malden, MA. 505. ISBN: 978-1-4051-1113-3.
- Gunn, A. 2006. Essential forensic biology. John Wiley & Sons Ltd. Chichester. 285 p. ISBN: 978-0470-01277-2.
- Gunn, A., Bird J. 2011. The ability of blowflies *Calliphora vomitoria* (Linnaeus), *Calliphora vicina* (Rob-Desvoidy) and *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae) and muscid flies *Muscina stabulans* (Fallén) and *Muscina prolapsa* (Harris) (Diptera: Muscidae) to colonise buried remains. Forensic Science International. 207. 198-204.
- Gupta, A., Setia, P. 2004. Forensic Entomology – Past, Present and Future. Aggrawal's Internet Journal of Forensic Medicine and Toxicology 5(1). 50 - 53.
- Hrdinová, M., Šuláková, H., Barták, M. 2013. Využití čeledi Piophilidae (Diptera) ve forenzní praxi. In: Kubík, Š., Barták, M. (eds): Sborník prací z mezinárodního workshopu „Workshop on biodiversity, Jevany“. Česká zemědělská univerzita v Praze. 170-184.
- Iancu, L., Pârvu, C. 2013. Necrophagous entomofauna (Diptera, Coleoptera) on *Meles Meles* (L.) (Mammalia: Mustelidae) carcasses within different conditions of exposure in Bucharest (Romania). Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle "Grigore Antipa". 56 (1). 45-63.
- Karapazarlioglu, E., Disney R. H. L. 2015. First record of forensic species *Conicera similis* (Haliday, 1833) (Diptera:Phoridae) on exhumed rabbit carcasses in Turkey. 2015. European Scientific Journal. 11(9). 13-16.
- Kobayashi, M., Takatori, T., Nakajima, M., Saka, K., Iwase, H., Nagao, M., Nijjima, H., Matsuda, Y. 1999. Does the sequence of onset of rigor mortis depend on proportion of muscle fibre types and on intra-muscular glycogen content?. International Journal of Legal Medicine. 112.167-171.
- Kočárek, P. 2003. Decomposition and Coleoptera on exposed carrion of small mammal in Opava, the Czech Republic. European Journal of Soil Biology. 39. 31-45.

- Leccese, A. 2004. Insect as forensic indicators: methodological aspects. *Aggrawal's Internet Journal of Forensic Medicine and Toxicology*. 5(1). 26-32.
- Lundt, H. 1964. In: Smith, K. G. V. 1986. *A Manual of Forensic Entomology*. The Trustees of British Museum (Natural History). London.
- Magni, A. P., Pérez-Bañón, C., Borrini, M., Dadour, I. R. 2013. *Syritta pipiens* (Diptera: Syrphidae), a new species associated with human cadavers. *Forensic Science International*. 231. 19-23.
- Mariani. R., García-Mancuso, R., Varela, G. L., Inda A. M. 2014. Entomofauna of a buried body: Study of the exhumation a human cadaver in Buenos Aires, Argentina. *Forensic Science International*. 237. 19-26.
- Mégnin, P. 1894. *La Faune de Cadavres. Application de l'entomologie a la médecine légale*. Encyclopedie scientifique des Aides-Mémoire. Masson. Paris Gauthier-Villars. Paris. 214 p.
- Morales-Rodriguez, A., O'Neill, R. P., Wanner, K. W. 2014. A survey of wireworm (Coleoptera: Elateridae) species infesting cereal crops in Montana. *The Pan-Pacific Entomologist*. 90. 116-125.
- Motter, G. M. 1898. A contribution to the study of the fauna of the grave. A study of on hundred and fifty disinterments, with some additional experimental observation. *New York Entomological Society*. 6 (4). 201-231.
- Mullen, G., Durden, L. 2002. *Medical and veterinary entomology*. Academy Press. Boston. ISBN 978-0-12-510451-7.
- Pastula, E. C., Merritt. 2013. Insect Arrival Pattern and Succession on Buried Carrion in Michigan. *Journal of Medical Entomology*. 50 (2). 432-439.
- Payne, J. A., King, E. W., Beinhart, G. 1968. In Smith, K. G. V. 1986. *A Manual of Forensic Entomology*. The Trustees of British Museum (Natural History). London.
- Povolný, D. 1978. Hmyz v kriminologii. *Vesmír*. 57. 205-208.
- Rognes, K. 2013. Fauna Europaea: Calliphoridae In: Pape T. (ed): *Fauna Europaea: Diptera, Brachycera*. fauna Europaea version 2.6.2. <http://www.faunaeur.org>. Většina dat nezměněna od roku 2010. Poslední přístup: 20. 2. 2016.
- Rodriguez, W., C., Bass, W., M. 1985. In: Campobasso, C. P., Vella, G., D., Introna, F. 2001 *Factors affecting decomposition and Diptera colonization*. *Forensic Science International*. 120. 18-27.

- Schotsmans, E. M. J., Fletcher, J. N., Denton, J., Janaway, R. C., Wilson, A. S. 2014. Long-term effects of hydrated lime and quicklime on decay of human remains using pig cadaveres as human body analogues: Field experiments. *Forensic Science International*. 238. 141. 1-13.
- Smith, K. G. V. 1986. *A Manual of Forensic Entomology*. The Trustees of British Museum (Natural History). London. 196. ISBN: 0-565-00990-7.
- Šuláková, H. 2006. Speciální biologie: využití hmyzu při stanovení post mortem intervalu. *Kriminalistický sborník*. 3. 36-37.
- Šuláková, H. 2014. Forezní entomologie - když smrt je začátek. *Živa*. 5. 250-256.
- Turner, B., Wiltshire, P. 1999. Experimental validation of forensic evidence: a study of decomposition of buried pigs in heavy clay soil. *Forensic Science International*. 101. 113-122.

## 9 Seznam příloh

Tab. 1. Termíny zakopání a vykopání kadáverů

Tab. 2. Zastoupení jednotlivých skupin v mělkých a hlubokých hrobech v letech 2014 a 2015.

Tab. 3. Zastoupení vývojových stadií druhu *Conicera similis* v mělkých a hlubokých hrobech.

Tab. 4. Zastoupení jednotlivých skupin v mělkých hrobech v letech 2014 a 2015.

Tab. 5. Zastoupení jednotlivých skupin v hlubokých hrobech v letech 2014 a 2015.

Tab. 6. Zastoupení jednotlivých skupin během jednotlivých vykopávání mělkých hrobů v roce 2014.

Tab. 7. Zastoupení jednotlivých skupin během jednotlivých vykopávání mělkých hrobů v roce 2015.

Tab. 8. Zastoupení jednotlivých skupin během jednotlivých vykopávání hlubokých hrobů v roce 2014.

Tab. 9. Zastoupení jednotlivých skupin během jednotlivých vykopávání hlubokých hrobů v roce 2015.

Graf 1. Zrnitostní čára z rozboru půdy metodou "Particle size distribution".

Graf 2. Zastoupení čeledí, které se vyskytly na mělčeji pohřbených kadáverech a v půdním profilu nad nimi [%].

Graf 3. Zastoupení jednotlivých skupin nekrofauny, které se vyskytly na mělčeji pohřbených kadáverech a v půdním profilu nad nimi [%].

Graf 4. Zastoupení čeledí, které se vyskytovaly na mělce pohřbených kadáverech [%].

Graf 5. Zastoupení čeledí, které se vyskytly v půdním profilu nad kadávery [%].

Graf 6. Zastoupení čeledí, které se vyskytly na hlouběji pohřbených kadáverech a v půdním profilu nad nimi [%].

Graf 7. Zastoupení jednotlivých skupin, které se vyskytly na hlouběji pohřbených kadáverech a v půdním profilu nad nimi [%].

Graf 8. Zastoupení čeledí, které se vyskytly na hlouběji pohřbených kadáverech [%].

Graf 9. Zastoupení čeledí, které se vyskytly nad hlouběji pohřbenými kadávery [%].

Graf 10. Zastoupení čeledí Muscidae a Phoridae, z hlediska pořadí vykopávání, v mělčích a hlubších hrobech [%].

Graf 11. Zastoupení čeledí Staphylinidae, z hlediska pořadí vykopávání, v mělkých a hlubších hrobech [%].

Graf 12. Podíl jednotlivých skupin v mělkých hrobech v letech 2014 a 2015.

Graf 13. Podíl jednotlivých skupin v hlubokých hrobech v letech 2014 a 2015.

Graf 14. Podíl jednotlivých skupin v mělkých hrobech během jednotlivých intervalů v roce 2014.

Graf 15. Podíl jednotlivých skupin v mělkých hrobech během jednotlivých intervalů v roce 2015.

Graf 16. Podíl jednotlivých skupin v hlubokých hrobech během jednotlivých intervalů v roce 2014.

Graf 17. Podíl jednotlivých skupin v hlubokých hrobech během jednotlivých intervalů v roce 2015.

Graf 18. Průměrné denní teploty a suma srážek za sledované období v roce 2014.

Graf 19. Průměrné denní teploty a suma srážek za sledované období v roce 2015.

Graf 20. Průměrná relativní vzdušná vlhkost za sledované období v roce 2014 [%].

Graf 21. Průměrná relativní vzdušná vlhkost za sledované období v roce 2015 [%].

Obr. 1.: Mapa místa provedení experimentu. Červený bod označuje místo pohřbení kadáverů.

Obr. 2.: Usmrcené slepice před zakopáním.

Obr. 3.: Celkový pohled na vykopané hroby.

Obr. 4.: Slepice umístěná v mělkém hrobě před zakopáním.

Obr. 5.: Celkový pohled na zakopané hroby překryté pletivem.

Obr. 6.: Past na průběžný odběr hmyzu, ve které byl použit písek.

Obr. 7.: Past na průběžný odběr hmyzu, ve které byla použita formalinová voda.

Obr. 8.: Past na průběžný odběr hmyzu, ve které byl použit písek, umístěná nad kadáverem.

Obr. 9.: Past na průběžný odběr hmyzu, ve které byla použita formalinová voda, umístěná nad kadáverem.

Obr. 10.: Připravené pomůcky před vykopáváním.

Obr. 11.: Larvy a puparia v odběrné nádobě. Mělký hrob 31. 7. 2014.

Obr. 12.: Kadáver při vykopávání mělkého hrobu 26. 5. 2014.

Obr. 13.: Zástupce druhu *Lucilia sericata* na kadáveru z hlubšího hrobu při vykopávání 26. 5. 2014.



Obr. 14.:Kadáver z mělkého hrobu 28. 6. 2014.

Obr. 15.: Kadáver z mělkého hrobu při vykopávání 28. 6. 2014, porostlý plísní.

Obr. 16.:Larvy v břišní krajině, která má tmavě modrou barvu. 31. 7. 2014, kadáver z hlubšího hrobu.

Obr. 17.:Vyschlý kadáver porostlý plísní. 23. 8. 2015, mělčí hrob.

Obr. 18.:Kadáver z hlubšího hrobu, 23. 8. 2015.

Obr. 19.: Larvy na obsahu volete slepice z mělčího hrobu při vykopávání 28. 6. 2014.

Obr. 20.: Larva čeledi Syrphidae. 17. 6. 2015, mělčí hrob.

Obr. 21.:Zástupci čeledi Staphylinidae při vykopávání 23. 8. 2015.

Obr. 22.: Půda nad hlubším hrobem před vykopáváním 31. 7. 2014, po odstranění pasti.

Kadáver je pohřbený, bez zjevného odkrytí.

Obr. 23.: Mělký hrob před vykopáváním 28. 6. 2014 porostlý rostlinami.

## 10 Přílohy

	2014	2015
<b>Zakopání kadáverů</b>	8.4.	18.4.
<b>1. vykopávání</b>	26.5.	17.6.
<b>2. vykopávání</b>	28. a 29. 6.	21.7.
<b>3. vykopávání</b>	31.7.	23.8.

Tab. 1. Termíny zakopání a vykopání kadáverů

	<i>C. similis</i>	<i>M. pascuorum</i>	<i>Hydrotaea</i>	<i>M. cf. pascuorum</i>	Staphylinidae	Elateridae
<b>Mělké</b>	174	10	14	13	101	7
<b>Hluboké</b>	188	15	2	5	109	0
	<i>N. inscripta</i>	<i>C. vomitoria</i>	<i>L. sericata</i>	Syrphidae	<i>S. watsoni</i>	Chalcoidae
<b>Mělké</b>	0	6	0	1	3	2
<b>Hluboké</b>	1	3	2	0	1	1
	<i>T. scaber</i>	Cicilinidae	<i>R. cerasi</i>	Nez. Muscidae		
<b>Mělké</b>	3	0	0	0		
<b>Hluboké</b>	0	2	5	1		

Tab. 2. Zastoupení jednotlivých skupin v mělkých a hlubokých hrobech v letech 2014 a 2015.

	Imago	Larva	Plné puparium	Prázdňé puparium
<b>Mělké</b>	87	65	19	3
<b>Hluboké</b>	24	134	28	2

Tab. 3 - Zastoupení vývojových stadií druhu *Conicera similis* v mělkých a hlubokých hrobech.

	<i>C. similis</i>	<i>M. pascuorum</i>	<i>Hydrotaea</i>	<i>M. cf. pascuorum</i>	Staphylinidae	Elateridae
<b>2014</b>	47	9	0	0	0	2
<b>2015</b>	127	1	14	13	101	5

	<i>C. vomitoria</i>	Syrphidae	<i>S. watsoni</i>	Chalcoidae	<i>Trox scaber</i>
<b>2014</b>	6	0	0	2	0
<b>2015</b>	0	1	3	0	3

Tab. 4 - Zastoupení jednotlivých skupin v mělkých hrobech v letech 2014 a 2015.

	<i>C. similis</i>	<i>M.pascuorum</i>	<i>Hydrotaea</i>	<i>M. cf. pascuorum</i>	Staphylinidae
2014	60	11	0	0	0
2015	128	4	2	5	109

	<i>N. inscripta</i>	<i>C. vomitora</i>	<i>L.sericata</i>	<i>S. watsoni</i>	Chalcoidae
2014	1	3	2	0	1
2015	0	0	0	1	0

	Ciciliniidae	<i>R. cerasi</i>	N. Muscidae
2014	0	0	1
2015	2	5	0

Tab. 5 - Zastoupení jednotlivých skupin v hlubokých hrobech v letech 2014 a 2015.

	<i>C. similis</i>	<i>M. pascuorum</i>	Elateridae	<i>C. vomitora</i>	Chalcoidae
26. 5. 2014	0	0	2	0	0
28. 6. 2014	35	0	0	0	0
31. 7. 2014	12	9	0	6	2

Tab. 6 - Zastoupení jednotlivých skupin během jednotlivých vykopávání mělkých hrobů v roce 2014.

	<i>C. similis</i>	<i>M. pascuorum</i>	<i>M. cf. pascuorum</i>	<i>Hydrotaea</i>	Staphylinidae
17. 6. 2015	21	0	2	1	25
21. 7. 2015	106	1	2	13	20
23. 8. 2015	0	0	9	0	56

	Elateridae	Syrphidae	<i>S. watsoni</i>	<i>T. scaber</i>
17. 6. 2015	0	1	1	0
21. 7. 2015	2	0	2	0
23. 8. 2015	3	0	0	3

Tab. 7 - Zastoupení jednotlivých skupin během jednotlivých vykopávání mělkých hrobů v roce 2015.

	<i>C. similis</i>	<i>M. pascuorum</i>	<i>N. inscripta</i>	<i>C. vomitora</i>
<b>26. 5. 2014</b>	25	0	1	0
<b>29. 6. 2014</b>	9	0	0	0
<b>31. 7. 2014</b>	26	11	0	3

	<i>L. sericata</i>	Chalcoidae	N. Muscidae
<b>26. 5. 2014</b>	0	0	1
<b>29. 6. 2014</b>	0	0	0
<b>31. 7. 2014</b>	2	1	0

Tab. 8 - Zastoupení jednotlivých skupin během jednotlivých vykopávání hlubokých hrobů v roce 2014.

	<i>C. similis</i>	<i>M. pascuorum</i>	<i>M. cf. pascuorum</i>	<i>Hydrotaea</i>
<b>17. 6. 2015</b>	23	0	3	2
<b>21. 7. 2015</b>	43	3	0	0
<b>23. 8. 2015</b>	62	1	2	0

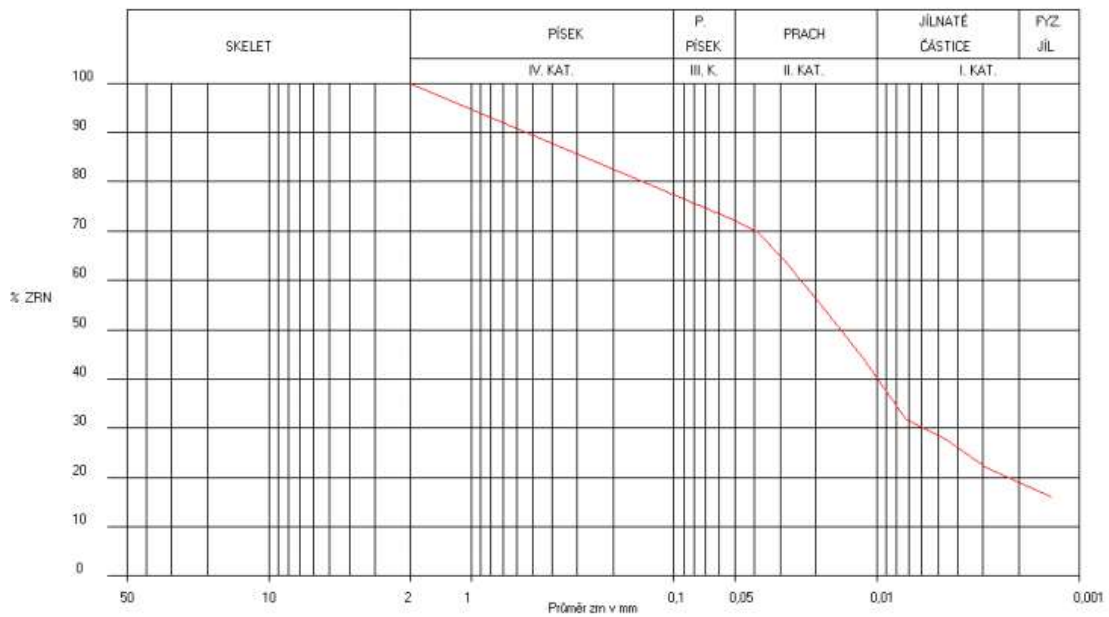
	Staphylinidae	<i>S. watsoni</i>	Cicilinidae	<i>R. cerasi</i>
<b>17. 6. 2015</b>	32	0	0	0
<b>21. 7. 2015</b>	26	0	2	0
<b>23. 8. 2015</b>	51	1	0	5

Tab. 9 - Zastoupení jednotlivých skupin během jednotlivých vykopávání hlubokých hrobů v roce 2015.

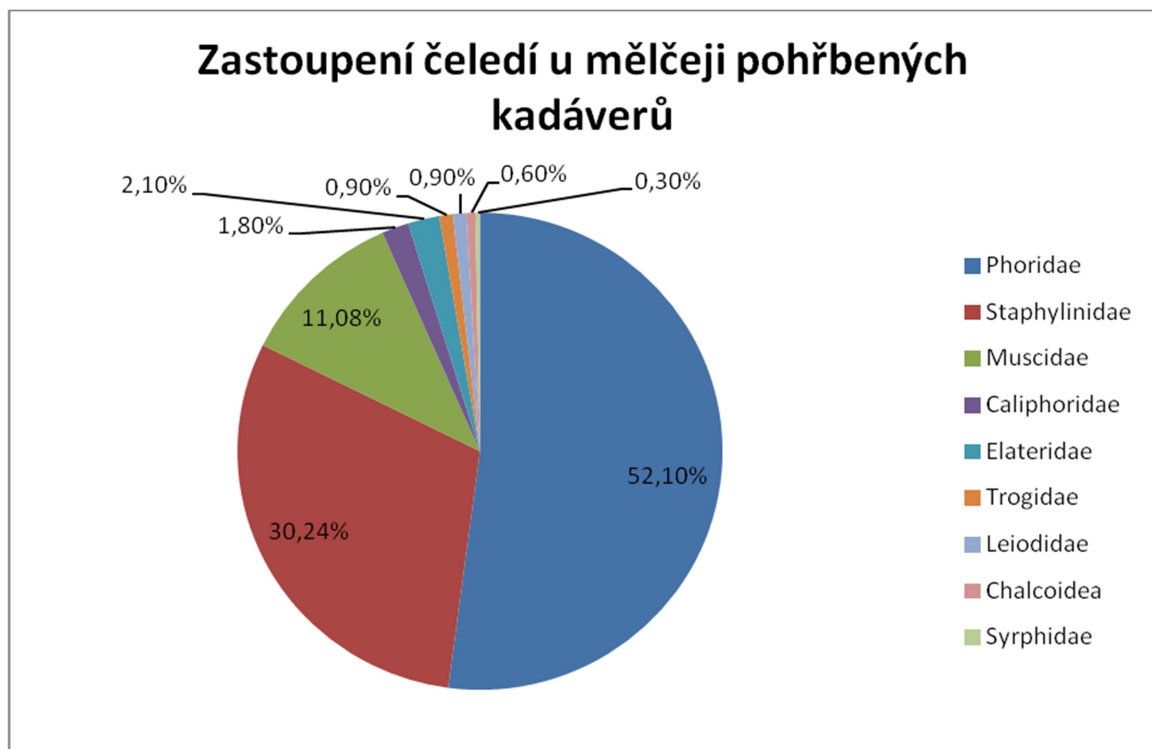
**ZRNITOSTNÍ ČÁRA:**

Půdní druh: Hlina písčita  
 Lokalita: ujezdB  
 Číslo sondy:  
 Hloubka:

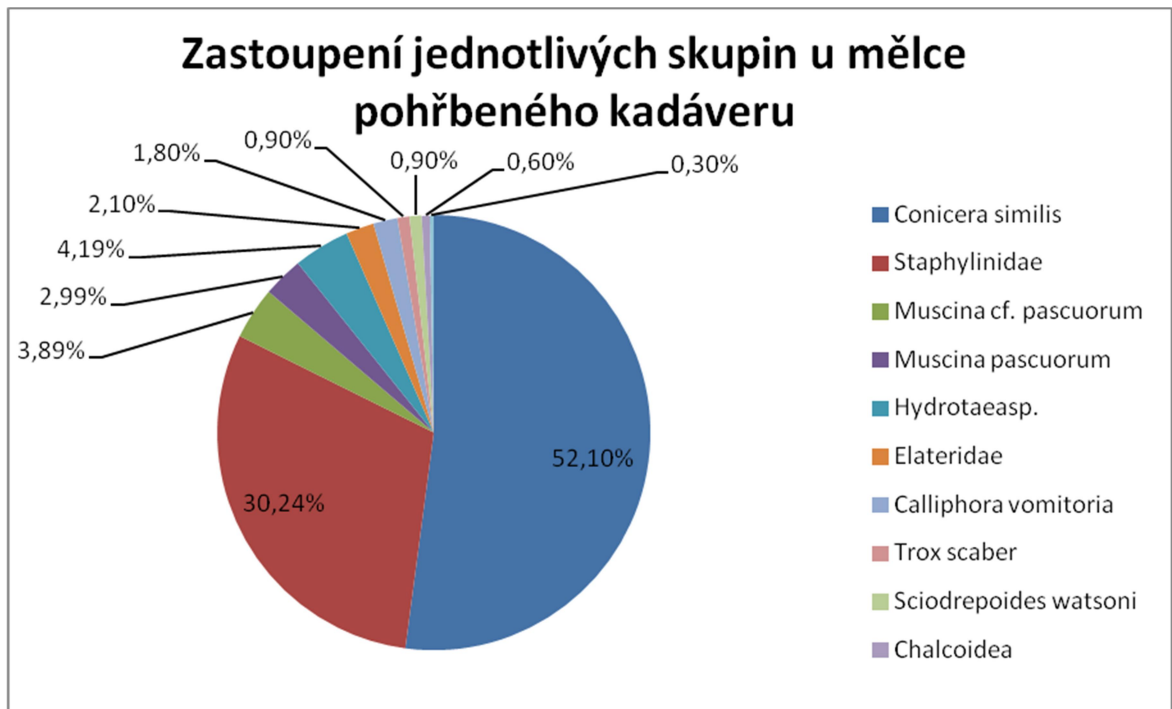
Zrnitostní kategorie:  
 < 0,002 mm (Fyz. jíl) 19,08 %  
 < 0,01 mm (I. Kat.) 40 %  
 0,01 - 0,05 mm (II. Kat.) 32,11 %  
 0,05 - 0,1 mm (III. Kat.) 5,28 %  
 0,1 - 2 mm (IV. Kat.) 22,59 %



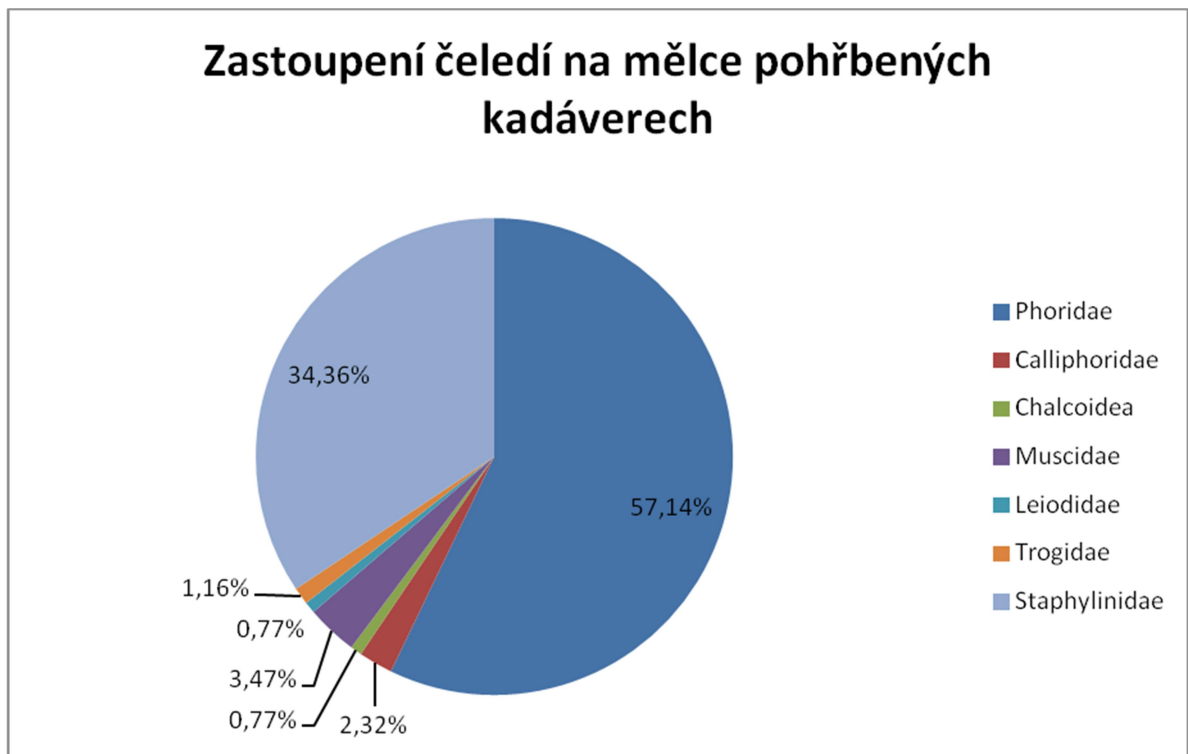
Graf 1. Zrnitostní čára z rozboru půdy metodou “Particle size distribution“.



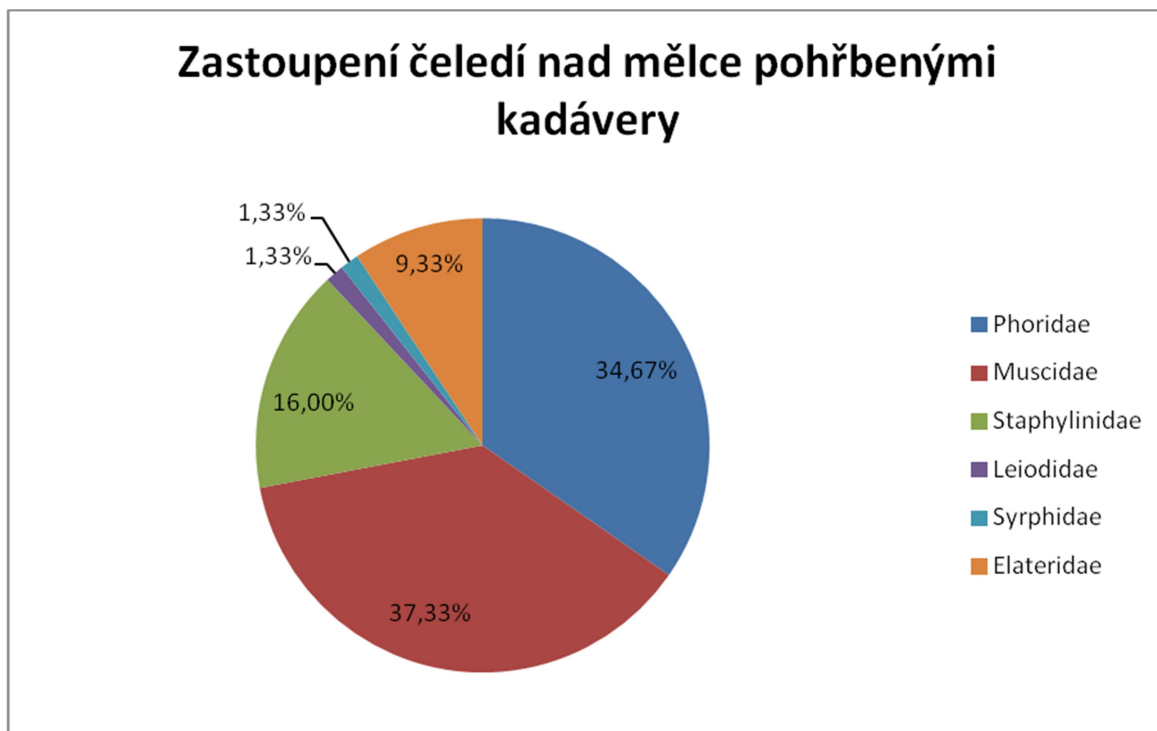
Graf 2. Zastoupení čeledí, které se vyskytly na mělčeji pohřbených kadáverech a v půdním profilu nad nimi [%].



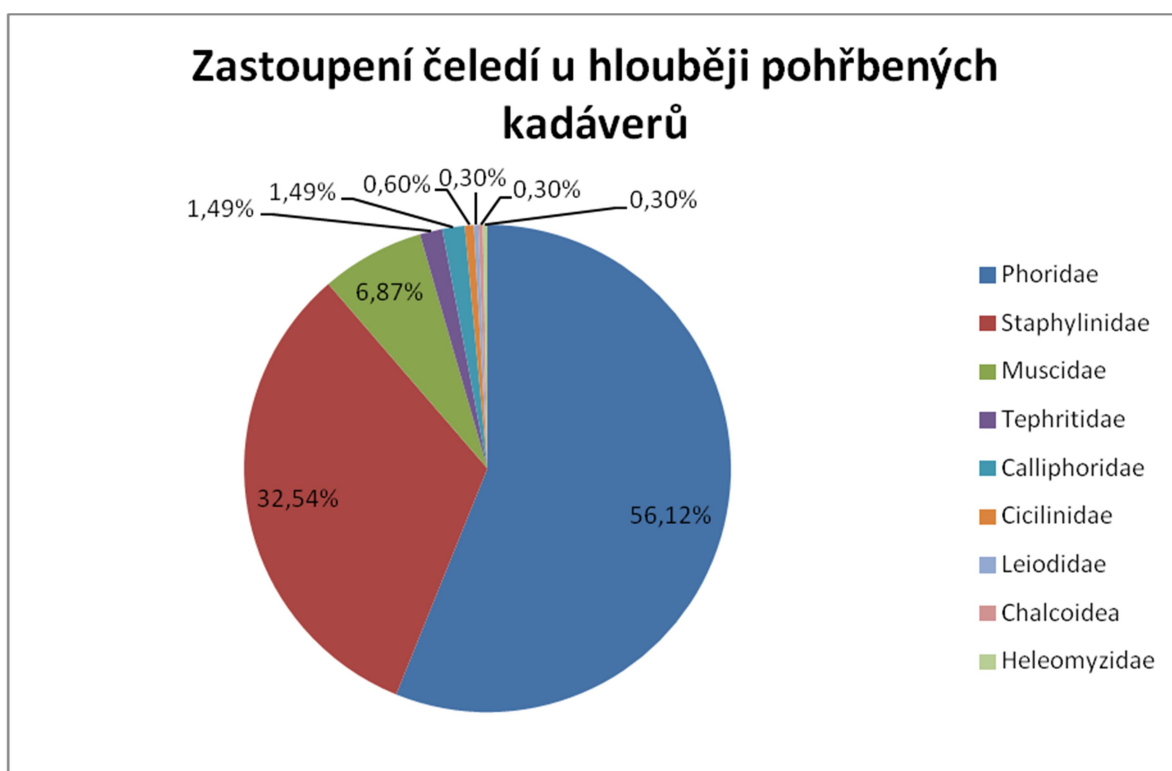
Graf 3. Zastoupení jednotlivých skupin nekrofauny, které se vyskytly na mělčejí pohřbených kadáverech a v půdním profilu nad nimi [%].



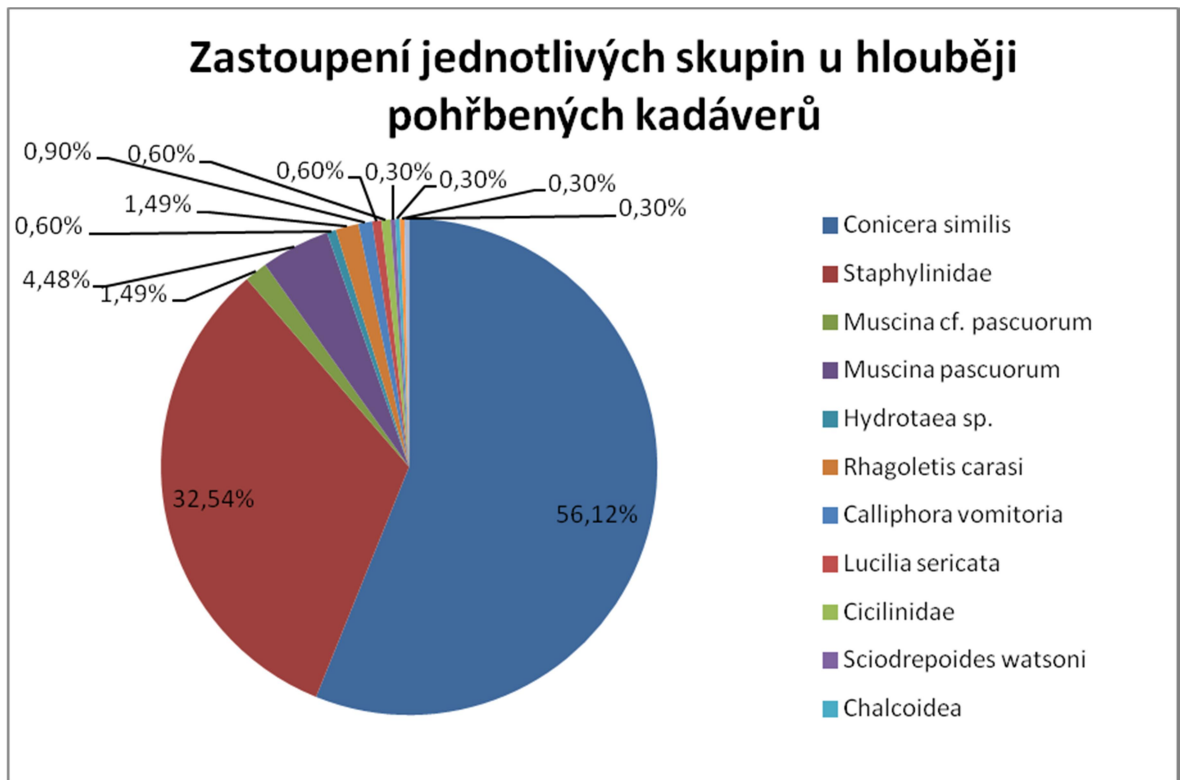
Graf 4. Zastoupení čeledí, které se vyskytovaly na mělce pohřbených kadáverech [%].



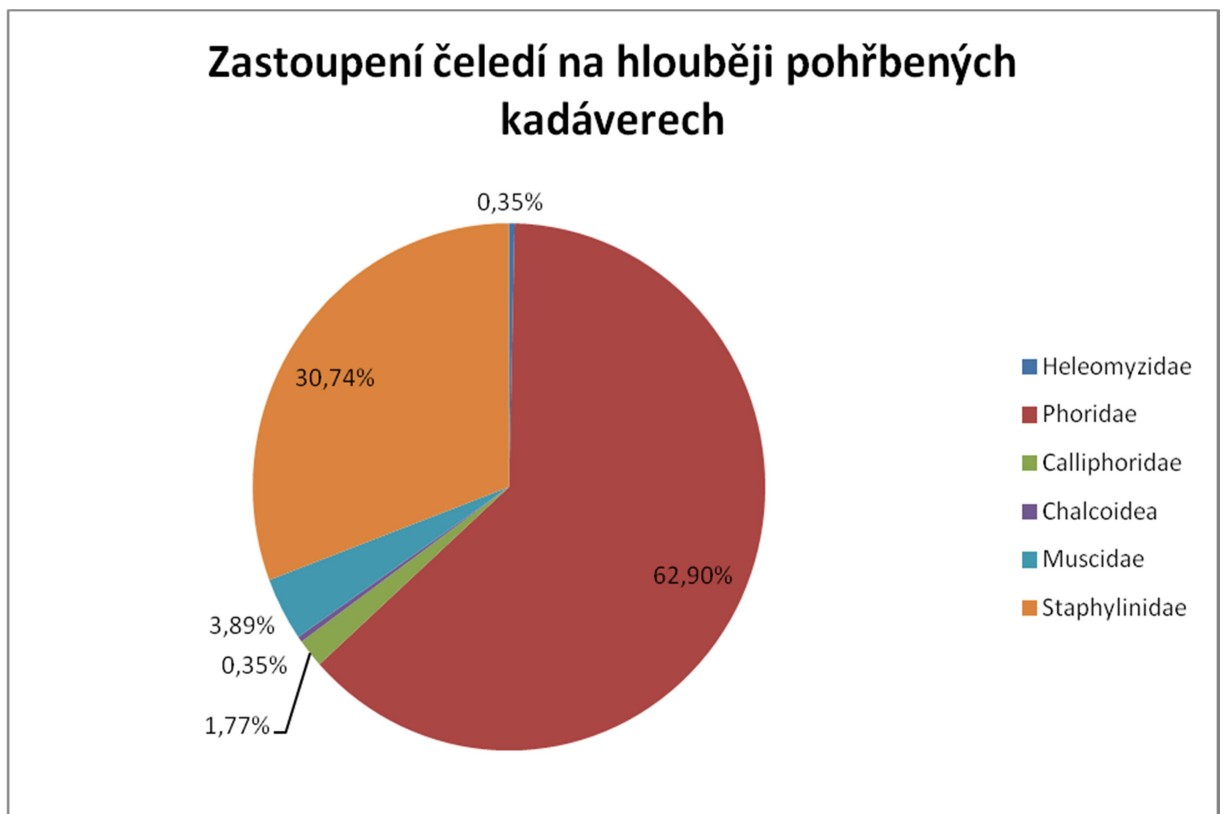
Graf 5. Zastoupení čeledí, které se vyskytly v půdním profilu nad kadávery [%].



Graf 6. Zastoupení čeledí, které se vyskytly na hlouběji pohřbených kadáverech a v půdním profilu nad nimi [%].

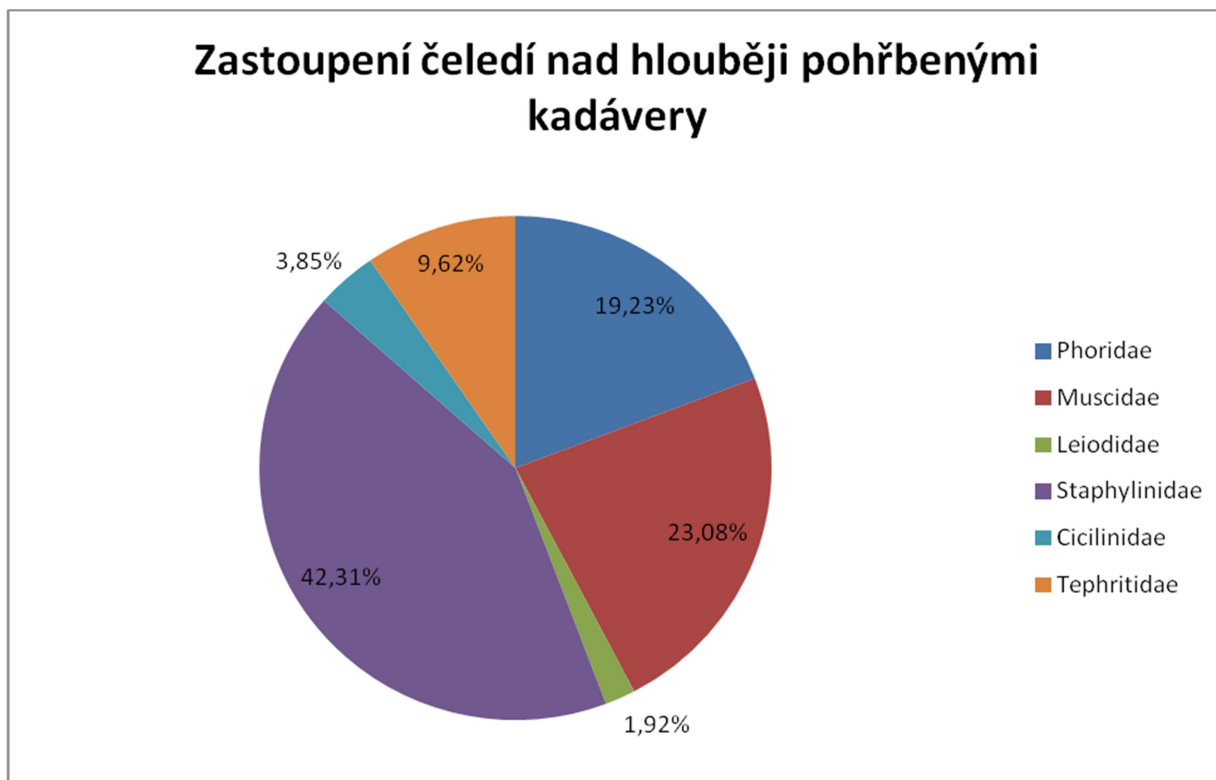


Graf 7. Zastoupení jednotlivých skupin, které se vyskytly na hlouběji pohřbených kadáverech a v půdním profilu nad nimi [%].

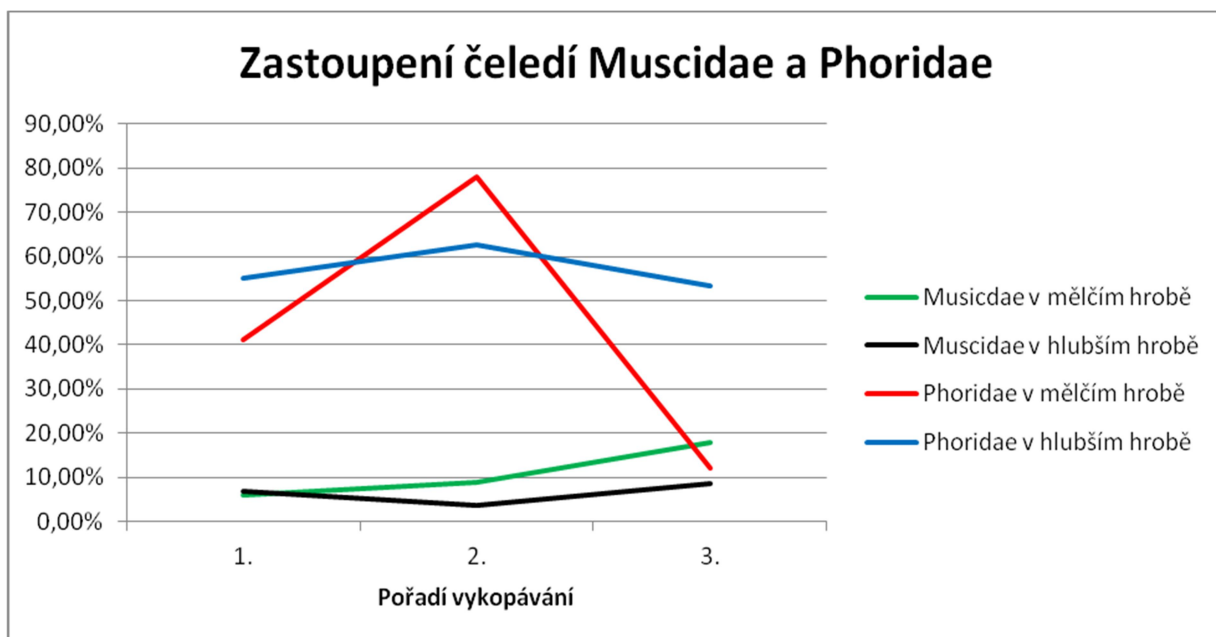


Graf 8. Zastoupení čeledí, které se vyskytly na hlouběji pohřbených kadáverech [%].

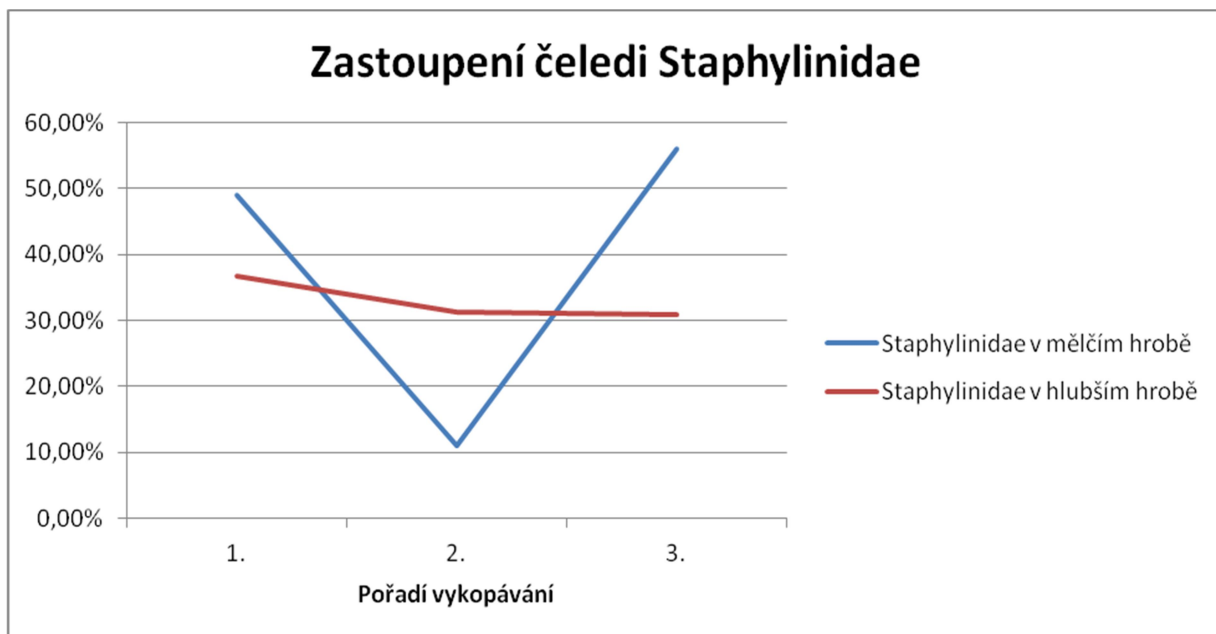




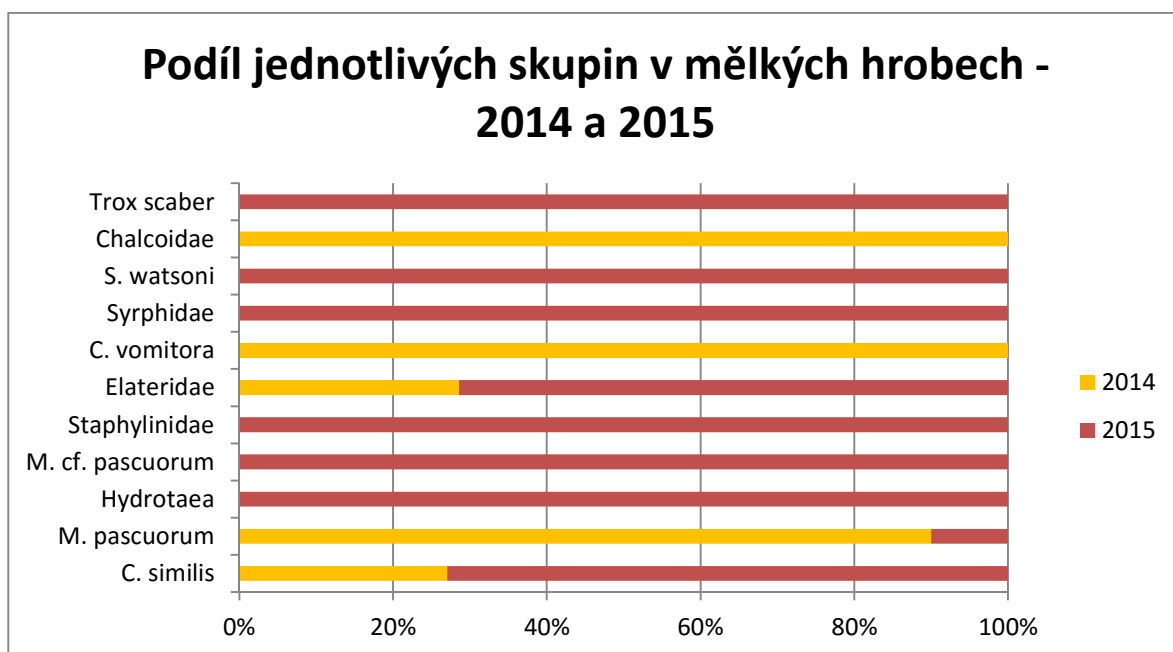
Graf 9. Zastoupení čeledí, které se vyskytly nad hlouběji pohřbenými kadávery [%].



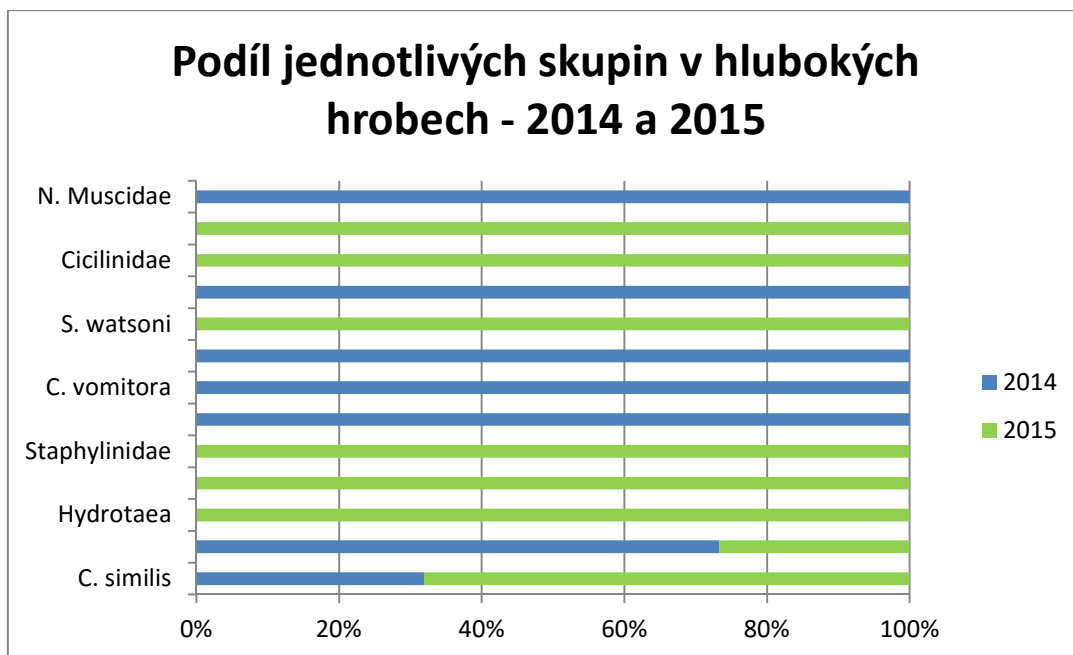
Graf 10. Zastoupení čeledí Muscidae a Phoridae, z hlediska pořadí vykopávání, v mělkých a hlubších hrobech [%].



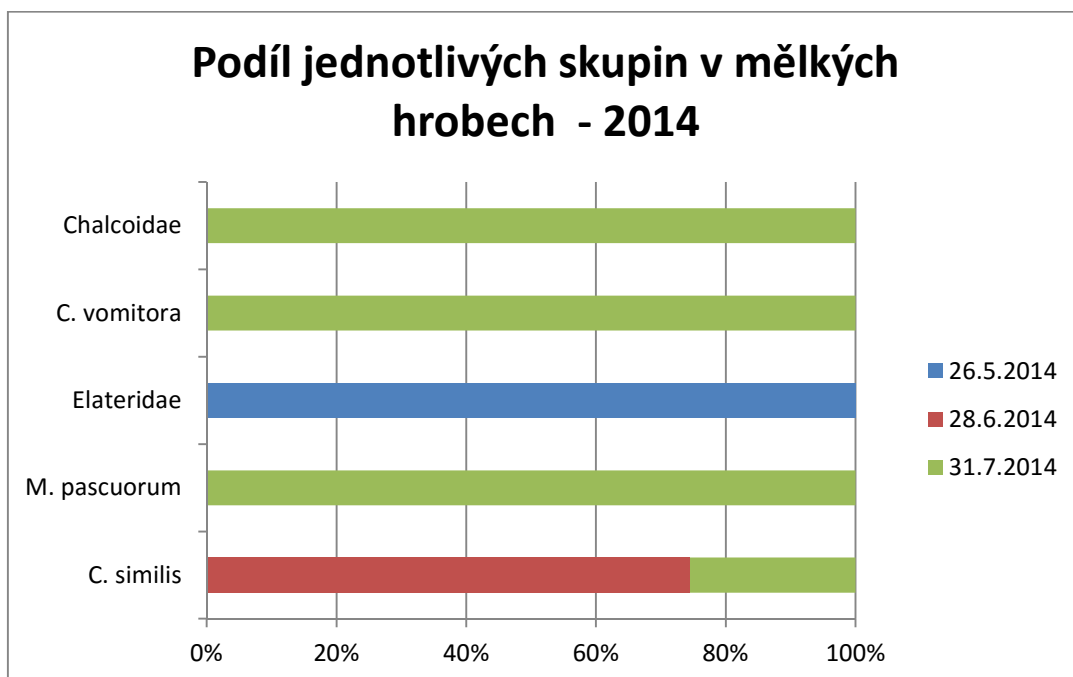
Graf 11. Zastoupení čeledi Staphylinidae, z hlediska pořadí vykopávání, v mělkých a hlubších hrobech [%].



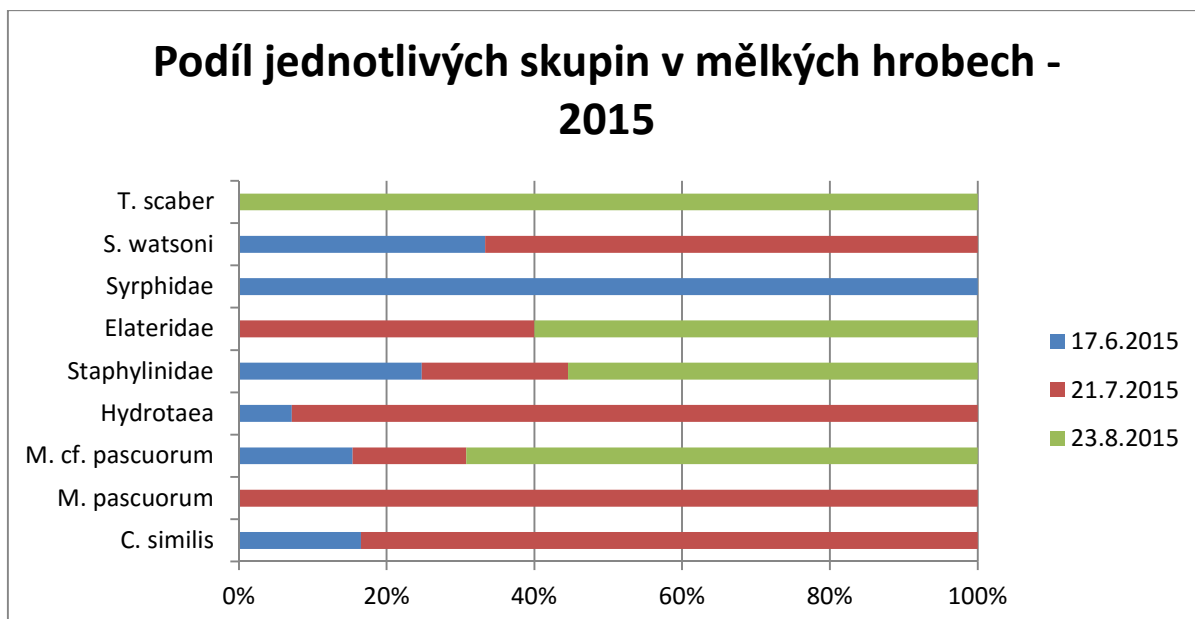
Graf 12. Podíl jednotlivých skupin v mělkých hrobech v letech 2014 a 2015.



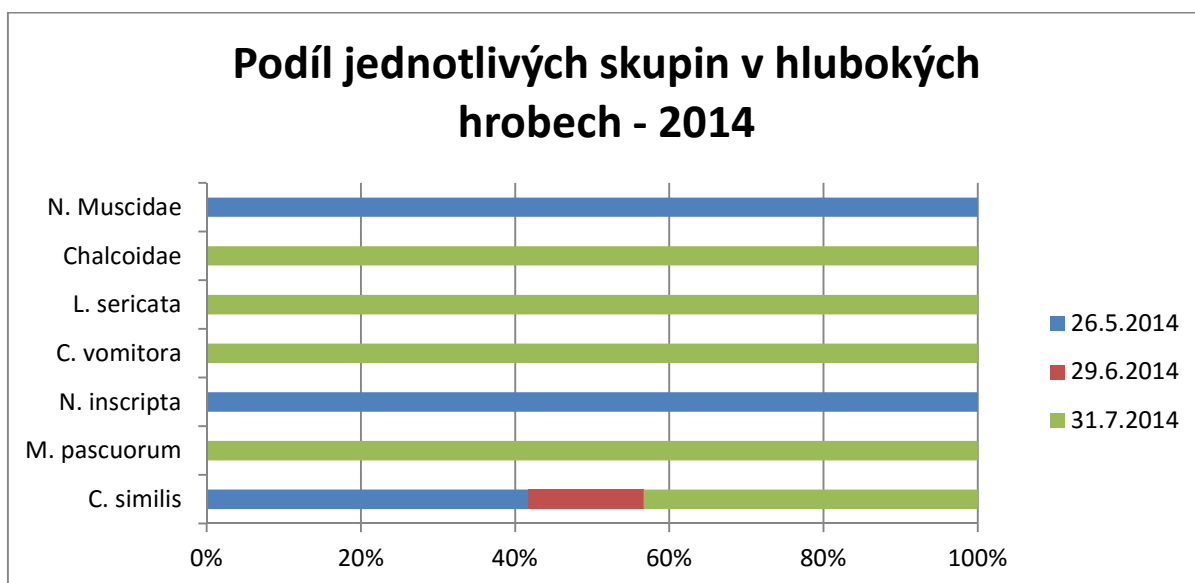
Graf 13. Podíl jednotlivých skupin v hlubokých hrobech v letech 2014 a 2015.



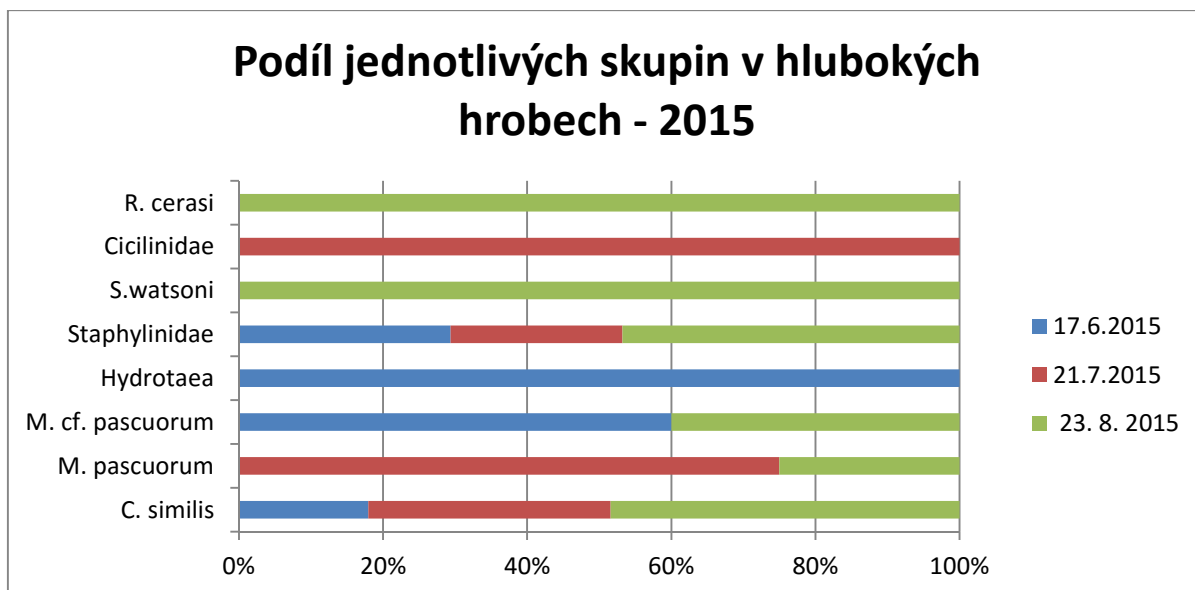
Graf 14. Podíl jednotlivých skupin v mělkých hrobech během jednotlivých intervalů v roce 2014.



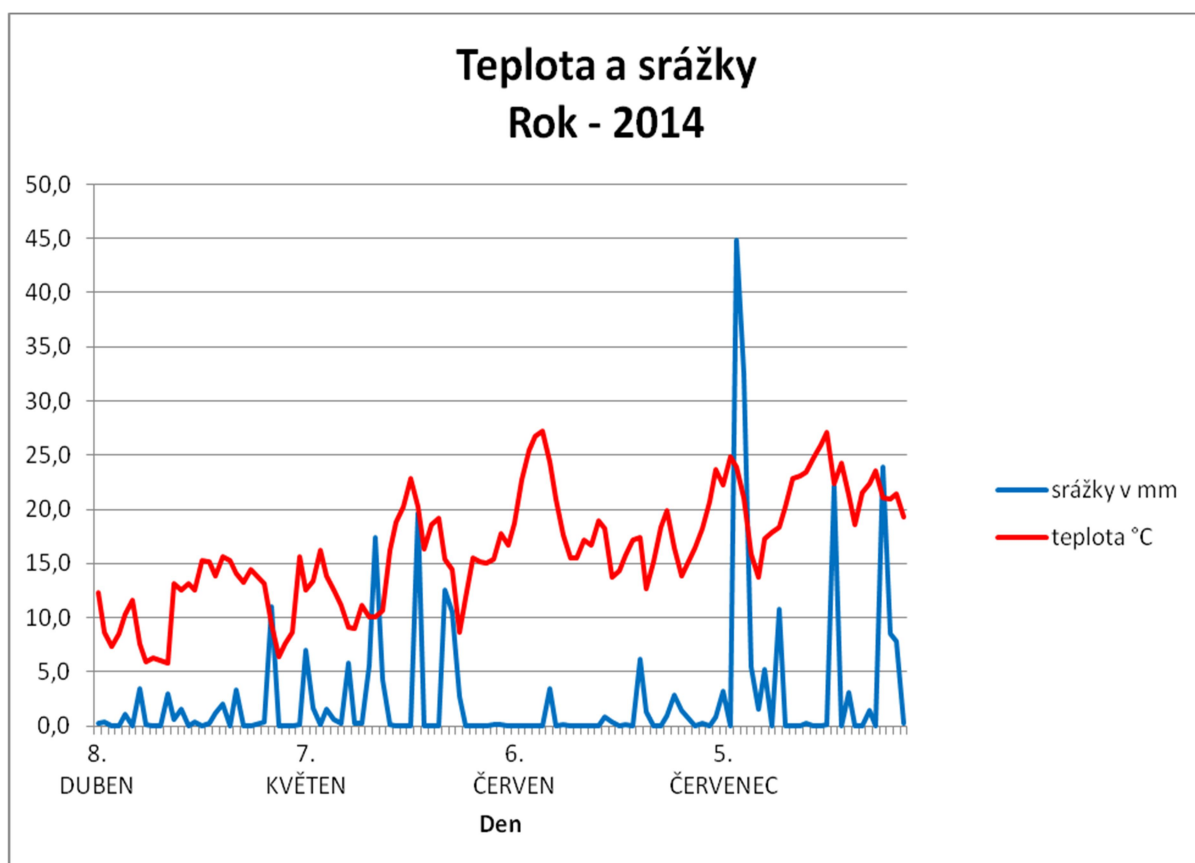
Graf 15. Podíl jednotlivých skupin v mělkých hrobech během jednotlivých intervalů v roce 2015.



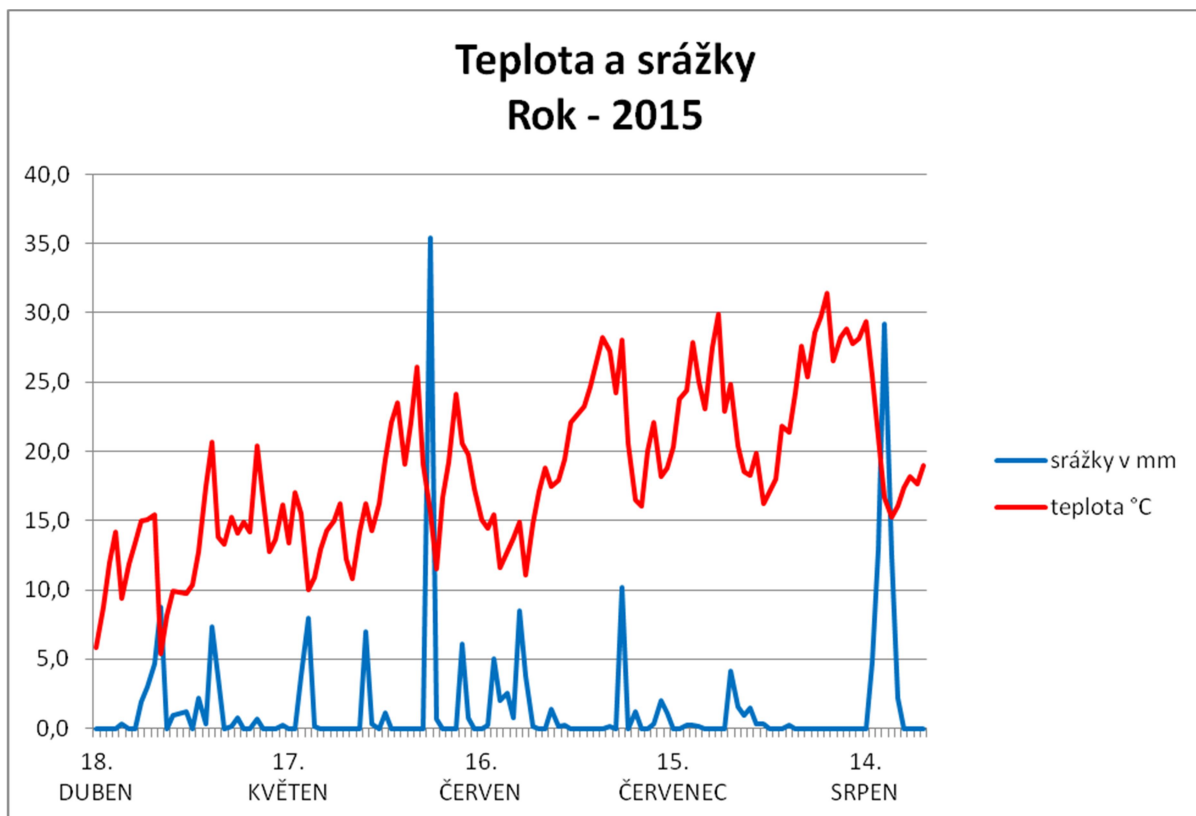
Graf 16. Podíl jednotlivých skupin v hlubokých hrobech během jednotlivých intervalů v roce 2014.



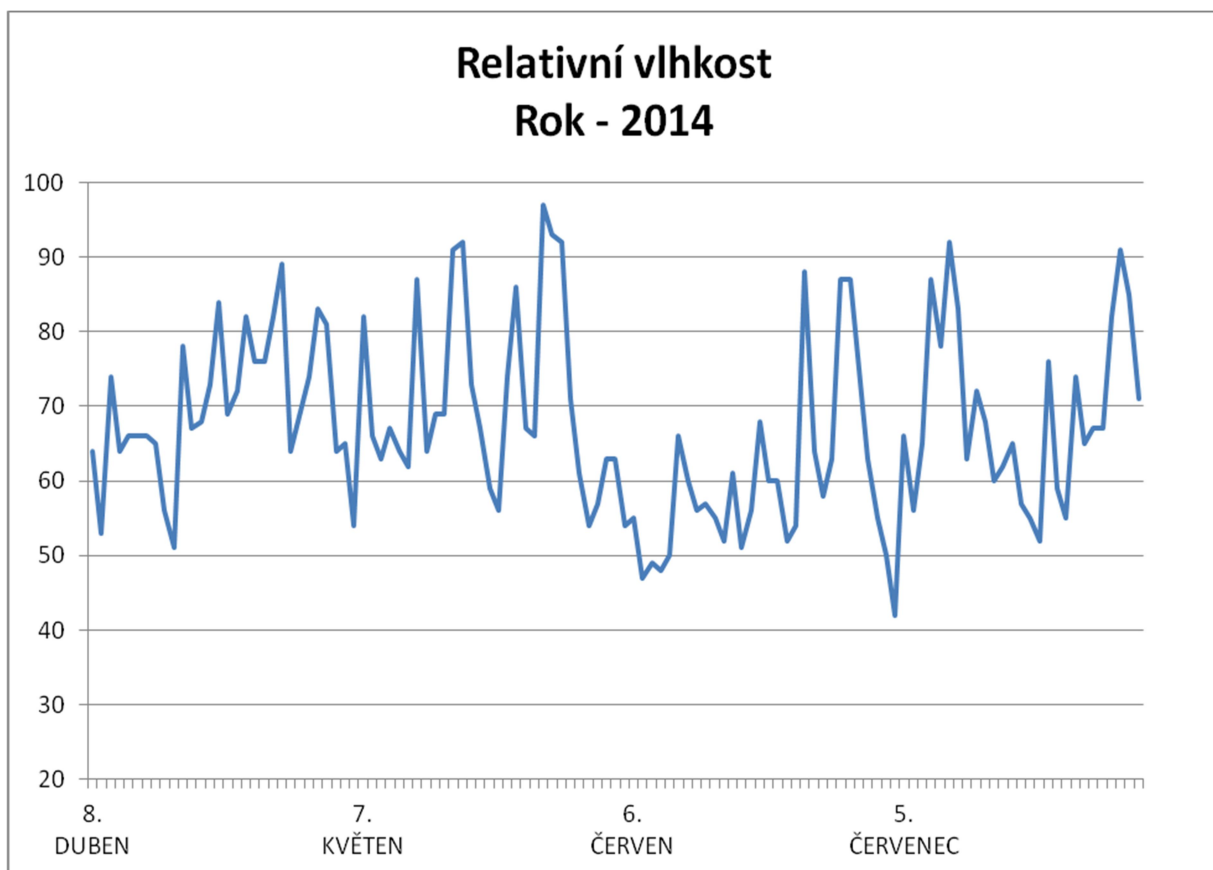
Graf 17. Podíl jednotlivých skupin v hlubokých hrobech během jednotlivých intervalů v roce 2015.



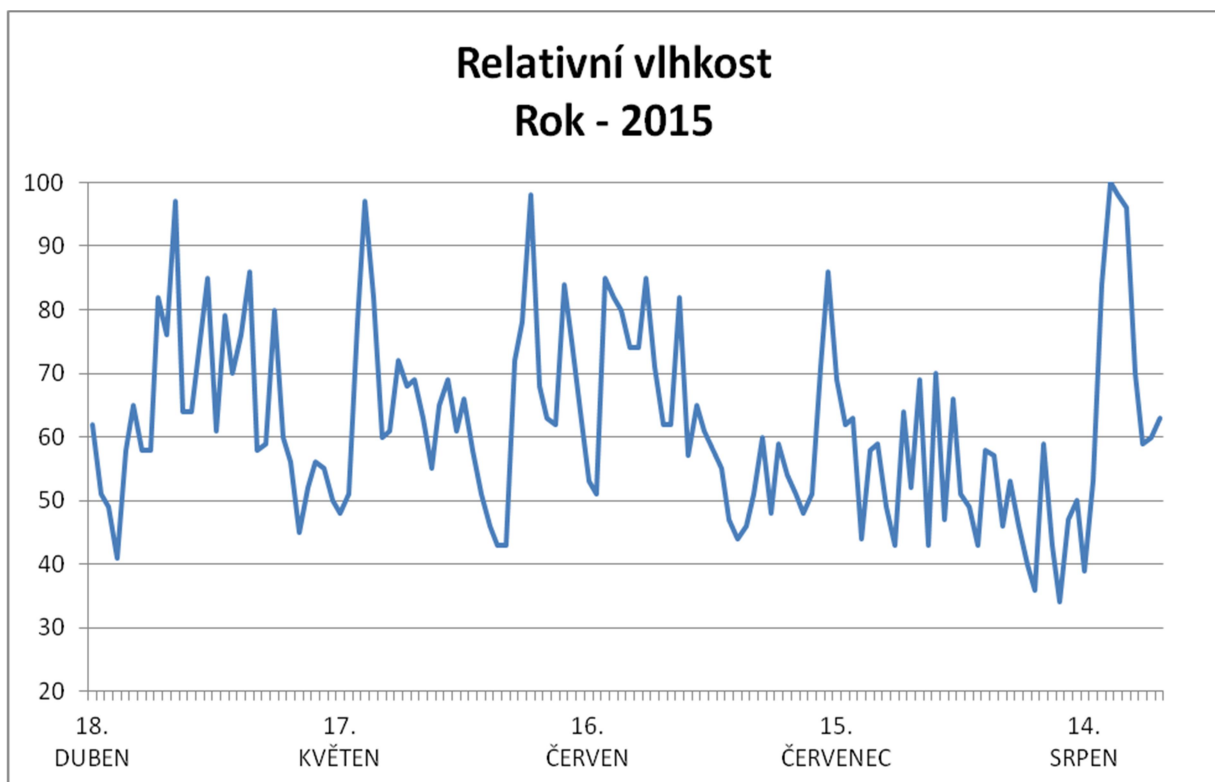
Graf 18. Průměrné denní teploty a suma srážek za sledované období v roce 2014.



Graf 19. Průměrné denní teploty a suma srážek za sledované období v roce 2015.



Graf 21. Průměrná relativní vzdušná vlhkost za sledované období v roce 2014 [%].



Graf 22. Průměrná relativní vzdušná vlhkost za sledované období v roce 2015 [%].



Obr. 1.: Mapa místa provedení experimentu. Červený bod označuje místo pohřbení kadáverů. (Staženo 7. 2. 2016 ze serveru [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))



Obr. 2.: Usmrcené slepice před zakopáním. (Foto: Šárka Vrbenská, 2014)



Obr. 3.: Celkový pohled na vykopané hroby. (Foto: Šárka Vrbenská, 2014)





Obr. 4.: Slepice umístěná v mělkém hrobě před zakopáním. (Foto: Šárka Vrbenská, 2014)



Obr. 5.: Celkový pohled na zakopané hroby překryté pletivem. (Foto: Šárka Vrbenská, 2014)



Obr. 6.: Past na průběžný odběr hmyzu, ve které byl použit písek. (Foto: Šárka Vrbenská, 2014)



Obr. 7.: Past na průběžný odběr hmyzu, ve které byla použita formalínová voda. (Foto: Šárka Vrbenská, 2014)



Obr. 8.: Past na průběžný odběr hmyzu, ve které byl použit písek, umístěná nad kadáverem. (Foto: Šárka Vrbenská, 2014)



Obr. 9.: Past na průběžný odběr hmyzu, ve které byla použita formalínová voda, umístěná nad kadáverem. (Foto: Šárka Vrbenská, 2014)



Obr. 10.: Připravené pomůcky před vykopáváním. (Foto: Šárka Vrbenská, 2014)



Obr. 11.: Larvy a puparia v odběrné nádobě. Mělčí hrob 31. 7. 2014. (Foto: Šárka Vrbenská, 2014)



Obr. 12.:Kadáver při vykopávání mělkého hrobu 26. 5. 2014. (Foto: Šárka Vrbenská, 2014)



Obr. 13.:Zástupce druhu *Lucilia sericata* na kadáveru z hlubšího hrobu při vykopávání 26. 5. 2014. (Foto: Šárka Vrbenská, 2014)



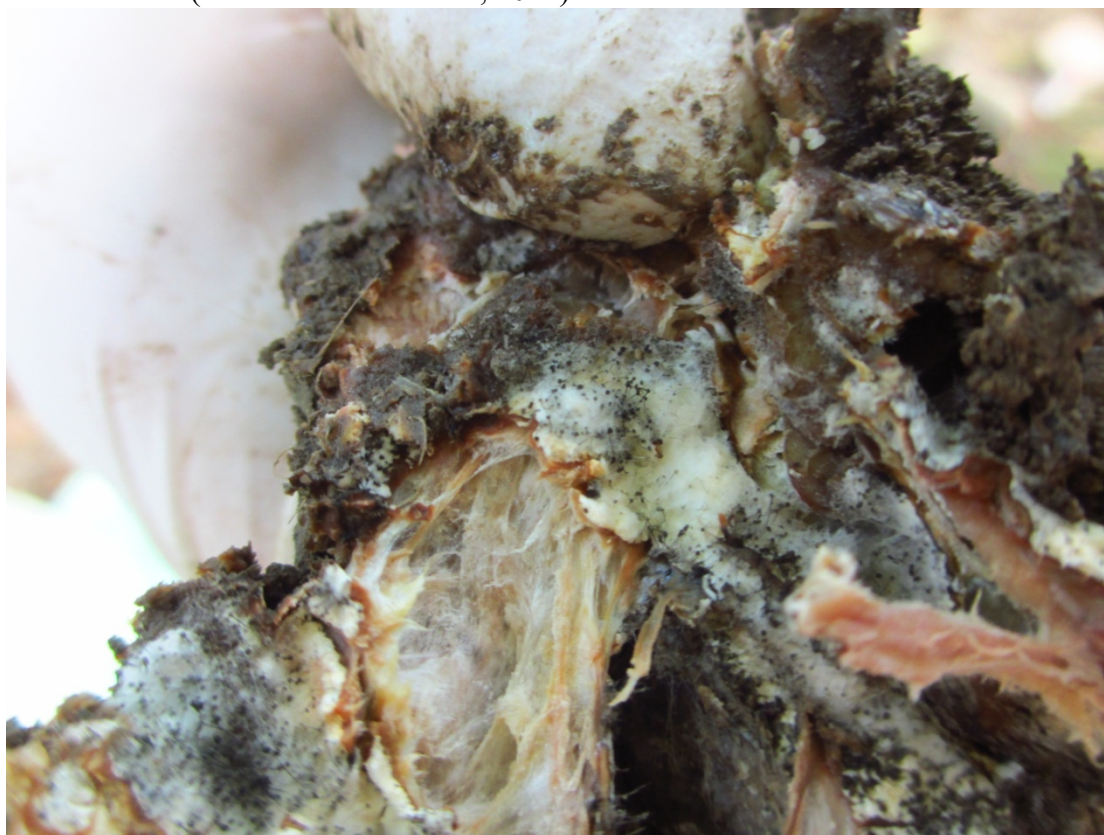
Obr. 14.:Kadáver z mělkého hrobu 28. 6. 2014. (Foto: Šárka Vrbenská, 2014)



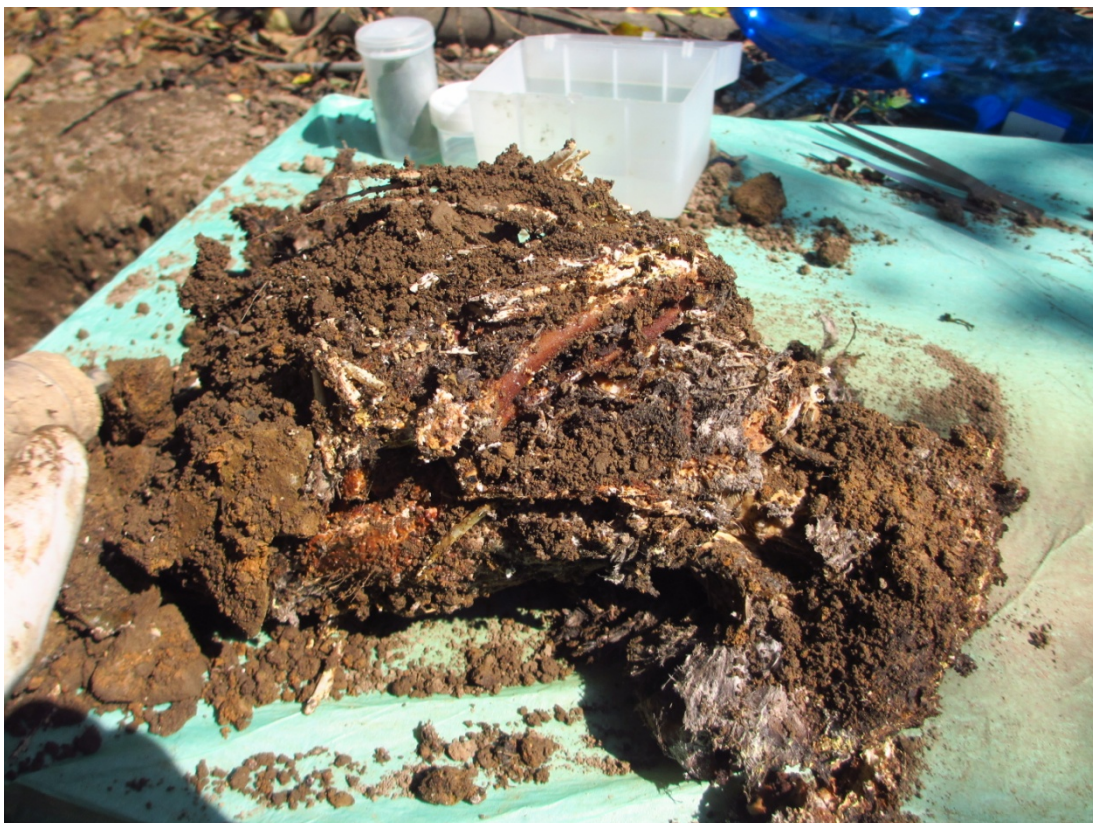
Obr. 15.: Kadáver z mělkého hrobu při vykopávání 28. 6. 2014, porostlý plísní. (Foto: Šárka Vrbenská, 2014)



Obr. 16.:Larvy v břišní krajině, která má tmavě modrou barvu. 31. 7. 2014, kadáver z hlubšího hrobu. (Foto: Šárka Vrbenská, 2014)



Obr. 17.:Vyschlý kadáver porostlý plísní. 23. 8. 2015, mělčí hrob. (Foto: Šárka Vrbenská, 2015)



Obr. 18.:Kadáver z hlubšího hrobu, 23. 8. 2015. (Foto: Šárka Vrbenská, 2015)



Obr. 19.: Larvy na obsahu volete slepice z mělčího hrobu při vykopávání 28. 6. 2014. (Foto: Šárka Vrbenská, 2014)





Obr. 20.: Larva čeledi Syrphidae. 17. 6. 2015, mělčí hrob. (Foto: Šárka Vrbenská, 2015)



Obr. 21.: Zástupci čeledi Staphylinidae při vykopávání 23. 8. 2015. (Foto: Šárka Vrbenská, 2015)



Obr. 22.: Půda nad hlubším hrobem před vykopáváním 31. 7. 2014, po odstranění pasti. Kadáver je pohřbený, bez zjevného odkrytí. (Foto: Šárka Vrbenská, 2014)



Obr. 23.: Mělký hrob před vykopáváním 28. 6. 2014 porostlý rostlinami. (Foto: Šárka Vrbenská, 2014)