

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Čeled' Muscidae na velkých kadáverech s počátkem rozkladu
v zimě a její využití v kriminalistické praxi**

Bakalářská práce

Autor práce: Tereza Dočekalová

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

Konzultantka: pplk. Ing. Hana Šuláková, Ph.D.

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Čeled' Muscidae na velkých kadáverech s počátkem rozkladu v zimě a její využití v kriminalistické praxi" jsem vypracovala 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 autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15. 04. 2016

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce, panu prof. RNDr. Miroslavu Bartákovi, CSc. za vstřícný přístup a odborné vedení při zpracování. Dále děkuji konzultantce pplk. Ing. Haně Šulákové, Ph.D. za všechny informace, cenné rady z praxe, ochotu, trpělivost a všechnen čas, který mi věnovala. Na závěr bych chtěla poděkovat Lukáši Urbančokovi a svému dědovi za výpomoc při odběrech vzorků z pasti a pořízením následné fotodokumentace.

Čeď Muscidae na velkých kadáverech s počátkem rozkladu v zimě a její využití v kriminalistické praxi

Souhrn

Forenzní entomologie je jedním ze speciálních oborů kriminalistiky. Využívá znalostí z oblasti biologie, ekologie a především hmyzu a dalších bezobratlých, kteří se vyskytují na mrtvém těle či v jeho okolí. Tito a ostatní členovci slouží jako nepřímé důkazy v průběhu vyšetřování a zároveň ověřují i ostatní důkazy v oblastech občanského a trestního práva.

Tato bakalářská práce se zabývá využitím dvoukřídlého hmyzu ve forenzní praxi se zaměřením na čeď Muscidae formou vědecké práce. Úvodní část práce pojednává o historii a současném využití forenzní entomologie. Následuje popis vybraných případů s využitím čeledi Muscidae a uvádí přehled vybraných druhů této čeledě. Experimentální část je zaměřena na terénní pokus, při kterém bylo sledováno zastoupení čeledi Muscidae v průběhu rozkladu modelového organismu (kadáver prasete domácího) a možnost jejího využití v kriminalistické praxi.

Klíčová slova: Diptera, Muscidae, forenzní entomologie, post-mortem interval, sukcese hmyzu

The use of Muscidae in forensic practice at large cadavers with early exposure in the cold part of the year

Summary

Forensic entomology is a one of the special fields of criminology. That uses knowledge of biology, ecology and especially insects and other invertebrates, which occur on cadavers or in its vicinity. These and other arthropods are used as circumstantial evidences during the investigation and also verify other evidence in civil and criminal law.

This bachelor thesis deals with the use of Diptera of forensic practice with focusing on family Muscidae by form of a scientific work. The first part of the thesis is focuses on history and current use of forensic entomology, advances in characterization of thematic cases in which the family Muscidae was used as well as describes main species of the family. The second part describes the field experiment in which the presence of the family Muscidae on model organism (pig carrion) was studied and its use in forensic practice.

Keywords: Diptera, Muscidae, forensic entomology, post-mortem interval, insect succession

Obsah

1. Úvod	8
2. Cíl práce	9
3. Přehled literatury	10
3.1 Historie forenzní entomologie	10
3.1.1 Rozvoj forenzní entomologie.....	10
3.1.2 První případy moderní forenzní entomologie	10
3.1.3 Rozvoj forenzní entomologie v Americe.....	13
3.1.4 Forenzní entomologie v České republice.....	13
3.2 Sukcese hmyzu	13
3.3 Faktory ovlivňující vývoj hmyzu na kadáverech	17
3.4 Zajišťování stop na místě nálezů mrtvého těla	21
3.4.1 Zajištění a uchování vývojových stadií much	22
3.5 Čeleď Muscidae (mouchovití)	23
3.5.1 Zařazení čeledi Muscidae	23
3.5.2 Popis čeledi	24
3.5.2.1 Morfologie dospělců	24
3.5.2.2 Vývoj larev	24
3.5.2.3 Biologie a chování	24
3.5.3 Muscidae v České republice	29
3.5.4 Muscidae ve forenzní praxi ve světě	33
3.5.5 Muscidae v automobilové dopravě v roce 1980	40
3.5.6 Muscidae ve forenzní praxi v České republice	40
4 Materiál a metody	42
4.1. Experiment Troja	42
4.1.1. Popis lokality	42
4.1.2. Odběrová metoda	43
4.1.3. Zpracování vzorků	44
4. 1. 4. Zpracování výsledků	44
5 Výsledky	45
6 Diskuze	47
7. Závěr	53
8. Seznam literatury	54
9. Seznam použitých zkratk	57
10. Samostatné přílohy	58

1. Úvod

Nejznámější a nejčastěji využívanou metodou stanovení doby smrti je tzv. post-mortem interval (PMI), neboli doba od smrti jedince do okamžiku jeho nálezu. Pro stanovení odhadu tohoto intervalu je využíván hmyz, který se vyskytuje, nebo vyskytoval na těle mrtvého. Šuláková (2014) uvádí, že pokud jsou nalezena mrtvá těla po více než 72 hodinách, jsou tyto forenzně entomologické metody jedny z nejpřesnějších a stanoví dobu kolonizace mrtvolky hmyzem a následně i post-mortem interval s přesností na den i po dobu několika týdnů.

Forenzní entomologie je v kriminalistice využívána v mnoha odvětvích. Zabývá se zejména saprofágním hmyzem, který se živí mrtvými těly jiných živočichů včetně člověka. Pomocí hmyzu lze odvodit dobu úmrtí jak na mrtvolách volně ležících v terénu, tak pohřbených a v omezené míře i nacházejících se pod vodou. Další oblastí využití je zjišťování příčin náhlé smrti, nebo vliv hmyzu na dopravní nehody. Entomologie v kriminalistice zkoumá i hmyzí jedy, pomocí kterých lze určit příčinu smrti člověka. Ve střední Evropě se jedná především o sršně, včely, vosy a čmeláky. Po bodnutí hmyzem může vzniknout sekundární infekce či nastat anafylaktický šok, případně i smrt (Daněk 1980a; Daněk, 1990).

Odhad doby úmrtí se stanovuje dle délky vývoje jednotlivých hmyzích druhů, a druhovém zastoupení dle určité fáze rozkladu. U mrtvých těl nalezených do pěti týdnů od jejich smrti se přesnost pohybuje mezi 1 až 5 dny. Doba úmrtí se určuje s přesností na den s možnou odchylkou 1 – 2 dny. Čím je nález starší, tím je přesnost stanovení nižší a postupně klesá na určitý týden, měsíc nebo čtvrtletí. U mrtvol po 1 – 2 letech rozkladu lze jen určit, zda zemřely v letošním nebo v loňském roce. U kadáverů rozkládajících se 2 a více let většinou již nelze konkrétní počet předcházejících let určit (Eliášová a Šuláková, 2012).

Daněk a kol. (1983) uvádějí, že pro stanovení doby smrti je nejvhodnější dvoukřídlý hmyz, zvláště mouchy, neboť mají dosti krátký vývojový cyklus. Šuláková (2006) zmiňuje, že z celkového počtu jedinců na kadáverech nejvíce dominují mouchy. Mrtvá těla obsahují velké množství bílkovin a jsou lehce dostupným a stravitelným potravním zdrojem.

Larvy mnoha druhů dvoukřídlého hmyzu se většinou živí částmi mrtvého těla jiného živočicha či odumřelou organickou hmotou, zatímco imaga se na kadáverech vyskytují jen po dobu kopulace a kladení vajíček. Brouci využívají mrtvá těla jako zdroj potravy, a to jak ve stadiu larev, tak i dospělců. Někteří zástupci brouků jsou výhradní nekrofágové a jiní vyhledávají larvy dvoukřídlého hmyzu jako svou potravu (Daněk, 1980b).

2. Cíl práce

Cílem práce bylo shromáždit údaje o využití čeledi Muscidae v kriminalistické praxi za pomoci tištěných odborných publikací, internetových databází ze serveru infozdroje.czu.cz a mnohých dalších. U zoologických nomenklatur byla uvedena data z internetového zdroje www.biolib.cz. Experimentální část práce byla zaměřena terénní pokus spojený s odběrem materiálu zaměřeným na čeleď Muscidae a jeho následným vyhodnocením.

Nulová hypotéza: Určité zástupce čeledi Muscidae lze využít jako důkazy ve forenzním vyšetřování.

3. Přehled literatury

3.1 Historie forenzní entomologie

Počátek forenzní entomologie je spojován s případem zabití muže u rýžového pole, ke kterému došlo ve 13. století v Číně. Den po vraždě nechal vyšetřovatel Sung Tzu zajistit všechny pracovní nástroje podezřelých. Předpokládal, že i když pachatel svůj srp omyl, přesto na něm zůstalo malé množství krve ve spárách a v místech spojů. Tato hypotéza se potvrdila, když byly všechny zajištěné nástroje vystaveny na volné prostranství, na jeden ze srpů začaly nalétávat mouchy přilákané pachem krve (Benecke, 2001).

3.1.1 Rozvoj forenzní entomologie

Již Ch. Linné, který se zabýval aktivitou much na mrtvolách, v roce 1767 poznamenal, že: „Tři mouchy sežerou mrtvolu koně tak rychle jako lev“ (Daněk, 1990; Benecke, 2001). Přesto teprve od poloviny 19. století jsou doloženy první záznamy ze soudního lékařství, které prokazují, že hmyz na mrtvolách se skutečně vyvíjí a lze jej využít (Benecke, 2001).

Od poloviny 19. století sledovalo hmyz na mrtvolách již několik soudních lékařů. K nejvýznamnějším patřili Francouzi Bergeret, Tardieu, Orfila, Megnin a Yovanovith (Daněk, 1990).

Během 18. a 19. století probíhaly v Německu a ve Francii velké počty exhumací. Účastnil se jich i francouzský lékař Orfila, který v roce 1831 potvrdil, že larvy hmyzu mají podstatný význam při rozkladu mrtvol (Benecke, 2001).

3.1.2 První případy moderní forenzní entomologie

Jako první využití moderní forenzní entomologie je považován případ z roku 1855, který zaznamenal francouzský lékař Bergeret. Po nalezení mrtvého dítěte ukrytého ve stěně krbu, stanovil dobu jeho úmrtí na základě přítomných larev a kukel, které našel na mrtvém tělíčku. Bergeret se sice mylně domníval, že přeměna hmyzu trvá u všech druhů celý rok, a že ke kladení vajíček dochází jen v letním období, přesto jím stanovená doba úmrtí byla správná a vedla k usvědčení rodiny, která mrtvé dítě do krbu schovala (Povolný 1979; Benecke, 2001).

V roce 1894 sepsal Jean Pierre Ménégin, armádní veterinář, významnou studii *La faune des cadavres* (Fauna mrtvolná). Sumarizuje v ní některé poznatky ze starších dokumentů a popisuje několik let vlastního studia rozkladu lidských těl, jež byla nalezena nejčastěji v domech ve Francii. Zaměřil se také na popis rozkladných vln, ve kterých hmyz kolonizuje mrtvoly. V této oblasti doplnil poznatky Georga P. Yovanovitche, který ve své teorii původně uváděl 4 sukcesní vlny, a rozšířil jejich počet na 8 (Benecke, 2004).

Již v roce 1895 kanadští vědci Wyatt Johnston a Geoffrey Villeneuve z Montrealu navázali na Ménéginovi poznatky a zahájili výzkumy s lidskými těly s cílem upřesnit jeho výsledky a přizpůsobit jej místní fauně a podnebí. V roce 1897 Murray Galt Motter se svými kolegy vydali pod názvem *Podzemní zoologie a soudní lékařství* vědecké pojednání, ve kterém popisují přes 150 exhumovaných těl z Washingtonu. Ve svých spisech popisují rozkladné změny na tělech, entomologické nálezy a také typ a hloubku půdy (Benecke, 2001).

Koncem 19. století se německý lékař Klingelhöffer, a soudní patologové Horoszkiewicz a Mashka zabývali posmrtnými změnami na těle způsobenými hmyzem. V roce 1889 zemřelo ve Frankfurtu devíti měsíční dítě. Při jeho pitvě bylo zjištěno, že má obličej pokrytý skvrnami neznámého původu. Klingelhöffer oznámil případ na policii, která poté otce zatkla s podezřením, že se snažil dítě zabít kyselinou sírovou. Bližším prozkoumáním skvrn se však ukázalo, že odřeniny na těle dítěte byly způsobeny švábi až po smrti a otec byl z vězení propuštěn (Benecke, 2001).

Mnoho experimentů provedl i soudní lékař Eduard Ritter von Niezabitowski v roce 1899 až 1900 na univerzitě v Krakově. Ke svému výzkumu použil nedonošené plody kočky, lišky, křavy, krtek a telete. Pokusný materiál zkoumal v nedaleké zeleninové zahradě a okenním parapetu institutu. Zabýval se především mouchami a brouky, kteří mrtvá těla kolonizovali, a svým experimentem potvrdil, že lidské mrtvoly kolonizuje stejná fauna jako kadávery zvířat. Ve Francii a Německu se poté postupně zvýšil zájem o forenzní entomologii a bylo vydáno několik publikací, které jsou dodnes známé po celé střední Evropě (Benecke, 2001).

Pozornost larvám věnoval i Karl Meixner, profesor Institutu soudního lékařství ve Vídni a Innsbrucku. V roce 1922 informoval veřejnost o případu mrtvých těl, která se rozkládala v suterénu institutu a jejichž rozklad byl rychlejší než u těl novorozenců. O několik let později rozšířil Meixnerovy poznatky Hermann Merkel, profesor Institutu soudního lékařství v Mnichově (Benecke, 2001).

Merkel popisuje případ z léta roku 1919. V daném roce zabil syn své rodiče a těla nechal tři týdny položena vedle sebe. Následnou pitvou bylo zjištěno, že obě těla byla nalezena v jiném stupni rozkladu. Tělo matky, která měla silnější postavu a průstřel srdce, bylo nafouklé a oční bulvy byly narušeny činností larev, které již byly aktivní i uvnitř mozkové tkáně. Vnitřní orgány byly neporušeny a nebyly zde ani přítomny žádné larvy. Naopak při pitvě otce, který byl štíhlé postavy, bylo přítomno mnohem více larev včetně vyvinutých kukel. Nacházeli se jak v dutinách, tak i ve vnitřních porušených orgánech. Důvodem většího množství larev nebyla jen menší tělesná hmotnost, ale i přítomnost bodných ran, které otec, na rozdíl od matky, utrpěl (Benecke, 2001). V roce 1930 se patolog Institutu pro soudní lékařství v Innsbrucku Josef Holzer zabýval rozsahem poškození tkání na mrtvolách způsobené chrostíky (Trichoptera). Experiment prováděl na mrtvolách ponořených ve sladké vodě. Při zkoumání případu z roku 1937 zjistil, že chrostíci dokáží rozrušit všechny vrstvy kůže včetně pokožky obličeje. Tím bylo také prokázáno, že chrostíci byli příčinou lézí pozorovaných u dětí (Benecke, 2001).

V polovině 60. let Američan Payne popsal jednotlivé části rozkladu dle biochemicky-fyzikálního stavu mrtvoly: čerstvá, nadmutá, biochemicky aktivní, v pokročilém rozkladu, vysychající a zbytky (Povolný 1982).

Od roku 1948 byla forenzní entomologie nejvíce rozvíjena belgickým lékařem Marcelem Leclercquem a profesorem biologie Pekkem Nourtevou (Daněk, 1990). Její rozvoj poté pokračoval i v USA, Rusku, Kanadě, Francii, Japonsku, Anglii a dalších zemích. Dnes jsou znalosti forenzní entomologie celosvětově využívány nejen ve vyšetřování trestných činů, ale i v mnoha dalších odvětvích (Benecke, 2001).

3.1.3 Rozvoj forenzní entomologie v Americe

V roce 1980 bylo v antropologickém ústavu Univerzity v Tennessee založeno výzkumné antropologické pracoviště nazývané také jako Farma těl. Zakladatelem tohoto projektu byl profesor William M. Bass, který zrealizoval tento výzkum za účelem studia antropologie. Později bylo pracoviště využíváno i dalšími institucemi a sloužilo například ke kriminalistickým účelům a biomedicínským, genetickým a entomologickým experimentům (Fürbach, 2008; University of Tennessee, 2013).

V současné době se na území nachází přes 1200 mrtvých rozkládajících se těl, 40 zpopelněných, přes 650 koster a je zde zaregistrováno přes 3400 budoucích dárců (University of Tennessee, 2013).

3.1.4 Forenzní entomologie v České republice

Forenzní entomologie se začala rozvíjet již v Československu. Mezi prvními entomology byli RNDr. Milan Laupy, profesor a soudní znalec Dalibor Povolný, profesor Jan Obenberger, který vydal např. publikace *Entomologie* či *Hmyz a kriminalistika*. Profesor Jaromír Tesař v knize *Soudní lékařství* a JUDr. Ladislav Daněk v knize *Možnosti využití entomologie v kriminalistice* poprvé popisují postupné rozkladné pochody u lidských mrtvol. V neposlední řadě přispěl k tomuto oboru i Ján Pješčak a kolektiv s knihou *Základy kriminalistiky*.

Dnes je jediným profesionálním forezním entomologem v České republice Ing. Hana Šuláková, Ph.D. z Kriminalistického ústavu v Praze. Dříve spolupracovala s profesorem Povolným, který učil na Mendlově univerzitě v Brně. Nyní je členkou Evropské společnosti pro forenzní entomologii (European Association for Forensic Entomology) a také spolupracuje s policisty z Rosny sous Bois v Paříži (Drahošová, 2011).

3.2 Sukcese hmyzu

Sukcesi jako první popsal Jean-Pierre Mégnin ve svém díle *La faune des cadavres*. Celý proces trvá 3 roky a rozdělil jej do 8 vln: čerstvá mrtvola, počínající rozklad, zmýdelnění, sýrovatění, amoniakální ztekutění zbytků, vysychání, úplné vyschnutí a trouchnivění. Později M. E. Fuller rozdělil sukcesi jen na tři fáze: čerstvé tělo, hniloba a vysušení zbytků. Sukcesní vlny mohou proběhnout ve 3 – 8 vlnách v závislosti na zeměpisném pásmu, biotopu a ročním

období. Například v oblasti rovníku bude rozklad probíhat rychleji v závislosti na teplotě a sukcesních vln v této oblasti bude méně než např. ve středním pásmu (Šuláková, 2014).

Dle Smitha (1986) lze rozdělit organismy na mrtvých tělech do 4 ekologických skupin. V první skupině jsou zastoupeni nekrofágové, živící se tkáněmi čerstvě mrtvého těla. Ve druhé skupině jsou zařazeni predátoři a paraziti nekrofágů skupiny první, tzv. saprofágové. Třetí skupina patří „všežravým“ druhům. Tito zástupci se živí jak odumřelými tkáněmi, tak i dravým způsobem. Jsou zde zahrnuti například vosy, mravenci a vybrané druhy brouků. Do poslední čtvrté skupiny jsou zařazeni živočichové, kteří využívají mrtvé tělo jako potravu jen náhodně či příležitostně. Jedná se například o chvostoskoky (*Collembola*) a pavouky.

V České republice sukcese probíhá v 6 sukcesních vlnách, které vychází ze základního dělení sukcese dle D. A. Crossleyho z roku 1966 (Šuláková, 2014).

První vlna nastává na čerstvém těle ve volné expozici ihned po smrti (Eliášová a Šuláková, 2012). Na tělo se slétávají především bzučivky, které kladou vajíčka na sliznice očí a dalších tělních otvorů včetně urogenitálního traktu a konečníku. Vajíčka lze nalézt i v otevřených ranách a krvi nasáklém oděvu (Šuláková, 2006). Jestliže smrt nastane důsledkem poranění, při kterém jsou na těle přítomny stopy čerstvého masa, potu, krve, zvratků či dalších tělních tekutin, může mouchy vábit zejména jejich aroma. Obecně platí, že pokud oběť utrpěla jakákoli zranění, bude její tělo kolonizováno hmyzem rychleji, než těla bez traumat (Eliášová a Šuláková, 2012). Z čeledi Muscidae se již může objevit *Musca domestica* Linnaeus, 1758, *Musca autumnalis* De Geer, 1776 a *Muscina stabulans* (Fallén, 1817). Nachází se zde i někteří zástupci brouků z čeledi Carabidae (střevlíkovití), dále škvoři, jejichž přítomnost lze prokázat pomocí typických stop po kousání, které na těle zanechávají. V neposlední řadě se vyskytují i vosy, které pomocí kusadel oddělují narušenou svalovou hmotu a oční bělmo a odnáší si je do hnízda (Daněk a kol., 1987). Před koncem první sukcesní vlny se objevují hrobařiči, kteří se podhrabávají půdní zeminou a tím zároveň umožňují snadnější kuklení larev mouchovitých v již nakypřené půdě (Povolný, 1982).

Během druhé vlny se na kadáveru začínají bakteriálním rozkladem tvořit plynné látky. Ty mají za následek nadmutí těla a silný zápach (Daněk a kol., 1987). V teplém období může tato vlna nastat již během několika hodin. Na tělo stále nalétávají mouchy první vlny

a přidávají se k nim další zástupci čeledi Sarcophagidae a Muscidae. Z moučovitých se jedná zejména o rod *Muscina*. Někteří zástupci tohoto rodu se mohou objevit mezi prvními kolonizátory spolu s bzučivkami (Šuláková, 2006).

Z brouků se objevují mrchožroutovití – Silphidae, zejména rod *Thanatophilus* Leach, 1815 a druh *Necrodes littoralis* (Linnaeus, 1758), a z blanokřídlých chalcidky – Chalcidoidea, lumci a lumčící – Ichneumonoidea (Šuláková, 2014). Na mrtvole lze najít i některé roztoče, kteří parazitují na broucích, nejčastěji se jedná o savenku hrobařickou *Poecilochirus necrophori* Vitzthum, 1930. Během druhé vlny se již začíná měnit i složení půdy pod mrtvolou. Na travnatém povrchu dochází ke ztrátě chlorofylu, tráva je světlejší a kratší (Daněk a kol., 1987).

Ve třetí vlně nastává aktivní rozklad (Šuláková, 2006). Dochází k fermentaci proteinů, zmýdelnění tuků a vzniku těkavých mastných kyselin, z nichž nejintenzivnější zápach tvoří kyselina máselná (Daněk a kol., 1987). Ta přitahuje mouchy z čeledi moučovití, zejména rod *Hydrotaea* Robineau-Desvoidy, 1830. Na lidských mrtvolách je nejvíce zastoupen *Hydrotaea ignava* (Harris, 1780), jehož samice mohou začít kolonizovat mrtvolu již během prvních dnů od úmrtí jedince (Šuláková, 2006). Šuláková a kol. (2013) uvádí, že čeleď Muscidae má nejvyšší četnost během třetí a čtvrté vlny. Povolný (1982) popisuje, že rod *Muscina* je velmi přizpůsobený na vysoké koncentrace amoniaku a larvy jsou schopny se kuklit přímo v mrtvém těle.

Z brouků se objevují druhy z čeledi Dermestidae (kožojedovití) a rod *Necrobium* z čeledi Cleridae (Eliášová a Šuláková, 2012), jejichž potravou jsou larvy much a ostatních brouků, které se zde vyvíjí již od první a druhé vlny (Daněk a kol., 1987).

Ve čtvrté vlně během pokročilého rozkladu nastává čpavková fermentace. Jsou přítomny mouchy čeledi Phoridae (hrbilkovití) a stále aktivní larvy sýrohlodek, kmitalek a slunílek spolu s larvami brouků (Šuláková, 2006). Z čeledi Muscidae se objevuje nejčastěji slunilka pokojová *Fannia canicularis* (Linnaeus, 1761). Během čtvrté vlny dochází k maximálnímu výskytu brouků, které lákal zápach procesů zmýdelnění. Ke konci této vlny kadáver obývají již jen na sušších místech (Daněk, 1980b). Daněk (1990) dodává, že mrtvolu, které byly ukryty pod vodní hladinou a poté vyplaveny jsou kolonizovány pouze mouchami

typickými pro čtvrtou vlnu. Zástupci větších druhů much z předchozích vln se na mrtvých tělech již neobjevují.

Během páté vlny dochází k vysychání zbytků měkkých tkání. Na rozkladu se stále podílí zástupci čtvrté vlny a přidávají se k nim brouci z čeledi Trogidae (hlodáčovití). Dochází k procentuálním změnám všech zastoupených druhů hmyzu a kadáveru začínají dominovat roztoči (Šuláková, 2006). Během páté vlny se vyskytuje již jen malé zastoupení nekrofágních imág a snižuje se i počet biofágních zástupců hmyzu, jelikož nastal úbytek larev, které byly jeho potravou (Daněk a kol., 1980b). Tesař (1985) dodává, že pro pátou vlnu je častým zástupcem z čeledi Muscidae i *Hydrotaea ignava* (uváděna jako *Ophyra leucostoma*).

V šesté vlně jsou již měkké tkáně rozloženy a viditelné jsou jen kosti, chrupavky, vazivo, vlasy a ochlupení (Šuláková, 2006). Na některých kostech se zbytky tkání mohou být ještě přítomny sýrohloďky a hrbilkovití, kteří dokončují svůj vývoj. Nalézt lze brouky rodu *Trox* z čeledi Trogidae, Dermestidae a Glaresidae (hlodáči) (Eliášová a Šuláková, 2012). Nově lze nalézt čeled' Ptininae (vrtavci) a na kostech se mohou začít objevovat řasy (Šuláková, 2006). Na pozůstatcích mrtvoly začínají převládat roztoči, kteří se živí proteiny, narušují kosti a napadají kostní dřev (Eliášová a Šuláková, 2012). Daněk a kol. (1980b) doplňují, že šestá vlna je vhodná pro určení stáří kostry. Šuláková (2006) uvádí, že v našich podmínkách k této fázi dochází na přelomu prvního a druhého roku stáří mrtvoly.

Sedmá a osmá vlna jsou charakteristické spíše jen pro suchomilné a teplomilné druhy hmyzu (Šuláková, 2006). Sedmá vlna nastává, jestliže je mrtvola již celá vysušená a je patrná kostra. Skelet napadá hmyz, který v přírodě běžně vyhledává suché mršiny, kosti, kůže, peří, chlupy a sušené maso. Jedná se zejména o hmyz, který vyhledává sucho a teplo. V přírodě se sedmá vlna většinou neobjevuje. Je charakteristická především pro mrtvá těla nalezená v uzavřených prostorách, kde leží delší dobu a nepůsobí na ně přírodní vlivy (Daněk a kol., 1980b). Z brouků stále setrvává čeled' Ptinidae a roztoči (Eliášová a Šuláková, 2012), případně i kožojedi, rušníci a z motýlů moli (Šuláková, 2006).

Osmá vlna se objevuje již jen výjimečně. Nastává na mrtvole, která se nachází v terénu déle než 3 roky. Tělo kolonizují především rozmanité druhy roztočů a ojediněle z brouků ještě čeled' Ptinidae a Staphylinidae. Lze je nalézt většinou pod kostmi nebo

v kostních dutinách. Mrtvolu již nicméně nevyužívají jako potravní zdroj, ale jako zimoviště nebo úkryt před suchem či vlhkem (Daněk a kol., 1987; Šuláková, 2006).

Povolný (1982) klasifikuje mouchy vyskytující se na mrtvém těle do tří skupin. Do první skupiny zařazuje konzumenty bílkovin, do druhé mouchy koprofágní, mezi které řadí z čeledi Muscidae druh *Muscina stabulans*. Ten zpravidla reaguje na obsah střev mrtvol, který zpřístupnilo mouchy první skupiny. Do třetí skupiny, která představuje druhy dravé, řadí rod *Hydrotaea* (včetně druhů původně řazených do rodu *Ophyra*), jehož larvy jsou predátory a napadají larvy předchozích dvou skupin.

Povolný (1978) uvádí, že čeleď Muscidae je nejvíce zastoupena na počátku rozkladu, během první a druhé vlny, a její stav klesá ve $\frac{3}{4}$ pokročilého rozkladu.

3.3 Faktory ovlivňující vývoj hmyzu na kadáverech

Pro odhad stanovení post-mortem intervalu se vychází z fyzikálních, chemických a biologických proměnných činitelů, kteří mají zásadní vliv na intenzitu, dobu a průběh rozkladu mrtvého těla. Čím více je tělo degradováno, tím se zmenšuje i přesnost určení doby úmrtí (Laupy, 1994).

U sukcesních vln nelze přesně určit hranice, kdy jedna vlna končí a druhá začíná. Jednotlivá stadia rozkladu ovlivňuje působení stanovištních a klimatických podmínek, charakter podkladu či působení obratlovců, plísní nebo hub. V neposlední řadě je významná i antropogenní činnost (Šuláková, 2006). Eliášová a Šuláková (2012) uvádí, že každý typ prostředí, má své specifické faktory ovlivňující rozklad a tím se odlišují i jednotlivé druhy hmyzu osidlující mrtvolu.

Prvním významným faktorem, který zásadně ovlivňuje sukcesi hmyzu je samotný stav mrtvol. Pokud se na těle nachází poranění a oběť krvácí, může kolonizace buď začít ještě na živém jedinci, nebo může doba úmrtí a začátek kolonizace nastat současně. Jestliže se na těle či v jeho blízkosti nachází zvratky, fekálie či jiné tělní tekutiny nebo např. dojde k perforaci střev, žaludku, poškození svalové hmoty apod., začnou mouchy klást vajíčka podstatně dříve (Šuláková, 2014). Obenberger (1953) popisuje, že u lidských mrtvol hmyz obecně nejdříve napadá odkryté části těla a poté se může dostávat i do oděvů.

Vždy je nutné zjistit, o jak velká poškození se jedná. U lidských mrtvol jsou dále významné následující faktory: věk, pohlaví, výška, hmotnost, množství podkožního tuku, zdravotní stav, příčina úmrtí, stav oblečení, množství vlasů a ochlupení a stupeň fermentativní autolýzy (Šuláková, 2006).

Chemickým rozbořem lze z larev a kukel určit i výskyt těžkých kovů, jedů, drog a léků, které se nacházely v těle v době úmrtí. Tento rozbor za pomoci hmyzu se provádí většinou v případech, kdy již jsou tělní tkáně natolik degradovány, že rozbor z tkání již není možný. Pachatelé také mohou použít chemikálie při pokusu znemožnit zjištění totožnosti oběti či polít tělo benzínem a ovlivnit tak rozklad těla a průběh sukcese (Elišová a Šuláková, 2012).

Klimatologické faktory prostředí velmi významně ovlivňují výskyt a aktivitu hmyzu, vývoj larev a činnost enzymatických dějů v mrtvém těle (Šuláková, 2006). Mezi nejvíce působící faktory patří roční doba, délka a intenzita slunečního záření, vlhkost vzduchu, množství srážek, teplota a povětrnostní podmínky. Většina větších druhů much, včetně čeledi Muscidae, je aktivní jen za dne (Obenberger, 1953). Pokud je mrtvola nalezena v noci, lze předpokládat, že vajíčka byla nakladena již předchozí den. Naopak je tomu s intenzitou slunečního záření, např. mouchy čeledí Calliphoridae, Sarcophagidae a Muscidae zpravidla kladou jen na zastíněné části těla mrtvoly či jejího oděvu (Povolný, 1979).

Ve střední Evropě je teplota významným činitelem (Daněk, 1980b). Čím vyšší jsou denní teploty a více srážek, tím jsou jednotlivá stadia rozkladu kratší. Naopak, čím je nižší teplota vzduchu a vyšší vlhkost, tím je aktivita much nižší (Obenberger, 1953). V chladném období či ve vyšší nadmořské výšce může proces rozkladu trvat i velmi dlouhou dobu. V našich podmínkách je hmyz nejaktivnější od poloviny jara do prvních podzimních dní. Přibližně od poloviny podzimu do začátku jara mohou nízké teploty a sníh přerušit činnost much a larev. Ty přečkávají v klidovém stadiu, nazývaném diapauza, ale při velmi nízkých teplotách může dojít i k jejich úhynu. Pokud jsou během zimy na mrtvole nalezeny larvy much, lze předpokládat, že vajíčka byla nakladena již na podzim. Následující rok jsou zbylé nerozložené tkáně znovu kolonizovány (Daněk, 1980b; Obenberger, 1953). Šuláková (2014) uvádí, že čím je větší teplo, tím je rozklad rychlejší a na těle je více druhů hmyzu. V letním období tak může dojít ke střetnutí více generačních cyklů z více sukcesních fází najednou.

Pro stanovení post-mortem intervalu vyšetřovatelé spolupracují s Českým hydrometeorologickým ústavem a jejich nejbližší stanicí v místě nálezu, která jim poskytne veškeré klimatologické informace, v období od předpokládané doby úmrtí do data nálezu (Eliášová a Šuláková, 2012).

Vlhkost je dalším faktorem, který ovlivňuje výskyt hmyzu a jeho letovou aktivitu. Většina druhů vyhledává suché prostředí, jen jižní zástupci jsou více vlhkomilní. Významná je i vlhkost kadáveru. Při nízké vlhkosti se larvy dostávají jen stěží skrze kůži mrtvého těla (Šuláková, 2006). V první polovině degradace se v tělech vyvíjí larvy, které svou chemicko-fermentativní činností, při které mimotělně vylučují své enzymy (fermenty a kolagenázy), mrtvé tělo ještě více ztekucují. Od druhé poloviny rozkladu tělo vysychá a narůstá přítomnost brouků, kteří vyhledávají sušší prostředí (Povolný 1979).

Prostředí je dalším faktorem, který ovlivňuje přístupnost hmyzu a degradaci těl. Jedním z činitelů, který působí na rozklad kadáveru, je i typ povrchu, na kterém se nachází. K jeho degradaci může přispět okolní rostlinstvo či půda s půdním edafonem včetně jejího pH (Šuláková, 2006).

Při stanovení PMI rozhoduje, nakolik je kadáver izolován od vnějšího prostředí. Nejčastěji se jedná o případy nálezu mrtvol v lidských obydlích či v mělkých hrobech (Eliášová a Šuláková, 2012). Laupy (1994) uvádí, že u mrtvých těl, která se nachází v uzavřených prostorech, vzniká kvůli nesnadné dostupnosti časová prodleva.

U mrtvol nacházejících se v uzavřených prostorech se vyskytuje jen úzké spektrum bezobratlých a ostatních organismů. V lidských obydlích nebo v jejich blízkosti se hojně vyskytují druhy synantropní, žijící v přítomnosti lidí po celý rok, nebo druhy hemisynantropní, které žijí v blízkosti obydlí a dovnitř zalétávají například přezimovat (Eliášová a Šuláková, 2012). Povolný (1979) uvádí, že pokud je mrtvola nalezena v uzavřeném prostoru, je možné zjistit, zda mouchy nalezené v daném prostoru skutečně pochází z mrtvého těla. Jejich stáří se určuje přezkoumáním stupně vývinu gonád a vaječnicků.

Jestliže jsou u pohřbených těl přítomna vajíčka, larvy či imága některých druhů typických pro volnou expozici, lze určit, kdy bylo tělo po smrti pohřbeno či bylo odkryto sesuvem půdy, nebo vyhrabáno zvířaty (Eliášová a Šuláková, 2012). Svůj význam mají i ekologická stanoviště charakteristická pro města, zahrady, rozlehlý terén, lesy a další. Každý

biotop osidlují typická společenstva much, která svá vajíčka kladou na mrtvolu (Povolný, 1979). A v případech, že jsou na mrtvém nalezena kterákoli vývojová stadia jiného druhu, než jsou příznačná pro daný biotop, lze předpokládat, že bylo tělo po smrti přemístěno (Eliášová a Šuláková, 2012).

Dalším faktorem ve vztahu k prostředí je i hmotnost kadáveru. U mrtvol ležících ve volné expozici, jsou larvy much schopné zmenšit její váhu při přibližné teplotě 20 °C o 80 – 90 % během 7 – 10 dnů (Laupy, 1994; Obenberger, 1953). Laupy (1994) uvádí, že: „Jeden gram larev dokáže během svého individuálního vývoje rozložit 3,2 – 3,5 g masa.“ U mrtvých těl, která jsou pohřbena, se po šesti týdnech podílejí na úbytku váhy mrtvého jen kolem 20 % (Obenberger, 1953).

Vliv ostatních organismů, např. drobných obratlovců, bakterií, plísní a hub, může mít příčinu na vznik sekundárních poškození mrtvoly, oddělení některých částí těla a roznesení do okolí. V zimních měsících se mohou místo hmyzu na rozkladu mrtvých těl podílet i vrány a havrani (Obenberger, 1953). Na dekompozici mrtvol nalezených ve vodě se účastní zejména řasy, korýši, měkkýši a ryby (Eliášová a Šuláková, 2012). Z řas mají největší význam *Diatomeae* (rozsivky), které se dle druhového zastoupení vyskytují jak ve sladkých vodách, tak v mořích či vodách brakických (Delabarde et al., 2013). Rozsivky se v našich podmínkách vyskytují po celý rok. Jsou také schopny pokrývat povrchy v blízkosti vodních zdrojů včetně skal a mohou být přenášeny i větrem (Znachor, 2008). Jejich křemičité schránky jsou odolné proti hnilobě a lze je využít jako jeden z indikátorů pro odhad post-mortem intervalu (Delabarde et al., 2013). Při využití ryb a korýšů lze odhadnout PMI většinou jen s přesností na měsíce. Při bližším ohledání mrtvého těla a oblečení lze na základě přítomného bezobratlého hmyzu určit např., zda bylo tělo vhozeno do vody po smrti, nebo se jedinec utopil. Pokud se nachází některé části těla nad vodou či jsou vyplavena na hladině, tak se jejich rozkladu může účastnit i hmyz, který se běžně vyskytuje u těl ležících volně v terénu (Eliášová a Šuláková, 2012). Laupy (1994) uvádí, že u vodního hmyzu jsou významné zeměpisné podmínky, roční období a druhové zastoupení v místě nálezu.

Výše uvedení činitelé mohou rozklad pozastavit nebo naopak urychlit. Tyto změny mají výrazný vliv na druhové složení hmyzu. Pro účely vyšetřování má největší význam dvoukřídlý hmyz, především ten, který se vyskytuje v rozmezí první až páté vlny. Pomocí něho lze určit dobu smrti s přesností na 1 až 2 dny (Šuláková, 2006).

Sukcesní vlny mohou v závislosti na přístupnosti těla být prodlouženy, dočasně pozastaveny či zkráceny. Ve výjimečných situacích může být tělo pokryto ledem a v tomto případě může být uchováno i po velmi dlouhou dobu (Laupy, 1994).

Obecně lze rozdělit faktory dle jejich vlivu na post-mortem interval následujícím způsobem:

Faktory zkracující délku PMI: vysoké denní teploty s jen malými teplotními odchylkami během dne, vyšší teplota tkání např. při uložení na slunci a přítomnost poranění na mrtvém těle (Laupy, 1944).

Faktory prodlužující délku PMI: zamezení přístupu hmyzu, nejčastěji pohřbením či ukrytím do uzavřeného prostoru, nízké denní teploty či delší chladná období, úbytek vody spojený s procesem vysychání mrtvol, mumifikace, použití insekticidních látek zpomalující nárůst společenstev (Laupy, 1944), či znečištění těla toxickými látkami. Například otravy sloučeninami arzenu nebo organofosfáty (Obenberger, 1953).

3.4 Zajišťování stop na místě nálezu mrtvého těla

Při nálezu mrtvého těla se zajišťují vzorky přímo z těla, z povrchu na kterém mrtvola leží a z okolí nálezu (Eliášová a Šuláková, 2012). Během ohledání mrtvol v místě nálezu je důležité, aby nebyly narušeny entomologické stopy. V době nálezu je podrobně popsán stav mrtvol, místo nálezu a jeho okolí v rozsahu 100 – 200 metrů a zaznamenány klimatické faktory včetně nadmořské výšky. Vyšetřovatel na místě pořídí detailní fotodokumentaci jak mrtvého těla, tak i jeho okolí (Daněk, 1980b).

Během sběru entomologických stop je nezbytné pohybovat s mrtvým tělem co nejméně, jelikož manipulací se velmi často snižují početní stavy či dochází k úbytku hmyzích druhů. Zajištění konkrétní fauny z místa nálezu v určitý čas nelze později znovu přesně uskutečnit a je důležité tak učinit hned na poprvé. Pokud jsou například entomologické stopy zajištěny až při pitvě a zpětně se dohledávají z místa nálezu a v jeho okolí, může docházet k nepřesnému stanovení doby smrti. Pomocí fotodokumentace či videozáznamu lze zachytit i druhové složení hmyzu, které se například nezdařilo jinak zajistit (Eliášová a Šuláková, 2012).

Následuje ohledání viditelných poranění, přítomnost a množství všech biologických stop a stop ostatních makro a mikro organismů. Za pomoci soudního lékaře se určí stupeň fermentativního rozkladu a změří se pH mrtvoly (Šuláková, 2006). Z mrtvých těl se zajišťují vzorky s nejmenším stupněm degradace. Všechny biologické stopy jsou na místě činu zajištěny a poté předány k analýze Kriministickému ústavu Praha. Ohledání stop v okolí mrtvoly se provádí v okruhu 2 – 10 metrů. V okolí se vyhledávají larvy, které mohou migrovat, či pupária (Eliášová a Šuláková, 2012). U čerstvě mrtvých těl se často nacházejí shluky vajíček a malé larvy v očních koutcích, pod víčky, kolem úst, nosu, uší, podpaží, pohlavního ústrojí a v místech poranění. U mrtvol nalezených v přírodě se zhodnotí stav podloží a jsou odebrány vzorky z lože mrtvoly (Daněk, 1990). U pohřbených mrtvých těl se zjišťuje hloubka, ve které se nachází a zda jsou nějakým způsobem přikryta či zabalena nebo jen volně vložena do země. Je odebrána zemina obklopující tělo a ze sebraných vzorků půdy jsou následně vyjmuta všechna vývojová stadia. U mělce pohřbených kadáverů se hmyz dostává skrze půdu několika způsoby. Například samice rodu *Muscina* z čeledi Muscidae, kladou vajíčka na povrch půdy a larvy se dostávají k zahrabanému tělu samy (Eliášová a Šuláková, 2012).

Veškeré živé zajištěné vzorky musí být včas a náležitě uchovány. Změnou vnějšího prostředí může dojít k zastavení jejich vývoje či ke smrti. Usmrcený materiál má na skladování menší náročnost (Eliášová a Šuláková, 2012). Důležité je kadáver zkontrolovat i po převozu. Mohl by se objevit i další hmyz, který byl například ukryt v oblečení nebo vylezl z tělních dutin a orgánů (Šuláková, 2006). Entomolog poté determinuje jednotlivé druhy hmyzu, čas kdy hmyz přibližně osídlil a nakladl vajíčka na mrtvolu a vyhodnotí data z meteorologického ústavu (Daněk 1980b).

3.4.1 Zajištění a uchování vývojových stadií much

V mnoha dřívějších publikacích autoři doporučovali odebírat jen nejstarší vývojová stadia. Dnes je již prokázáno, že se na kadáveru většinou vyvíjí z jedné čeledi více druhů much a z mrtvého těla se odebírají všechny nalezené druhy a vývojová stadia. Je však důležité zajistit vzorky všech zastoupených druhů a nesbírat velké množství stejného hmyzu (Eliášová a Šuláková, 2012).

Odběr vajíček se nejčastěji provádí entomologickou pinzetou, pomocí které se seškrábne pokud možno alespoň 100 ks vajíček z více míst na těle. Třetina či polovina je poté usmrcena vroucí vodou nebo 80% etanolem a zbylá část je uchována k umělému odchovu (Eliášová a Šuláková, 2012).

Larvy různých velikostí jsou stejně jako vajíčka zajištěny pinzetou v minimálním množství 100 kusů z více částí těla a třetina až polovina vzorků je opět usmrcena a vložena do etanolu. Zbylá část se uchová živá, ale je nezbytné, beznohé larvy much izolovat od larev brouků (3 páry končetin), protože broučí larvy jsou zpravidla dravé a mohou tak poškodit odebrané vzorky (Eliášová a Šuláková, 2012). Pro larvy mouchovitých je charakteristické, že se nejdříve nachází pod tělem mrtvého, teprve dodatečně kolonizují samotnou mrtvolu (Šuláková, 2014).

Pupária, neboli vnější schránky či kukly, se zajišťují jak s dospělci v průběhu metamorfózy, tak i prázdná již po jejich vylíhnutí. Lze je nalézt nejen na mrtvole, ale i v oděvu a v okolí mrtvoly. Minimální množství by se mělo pohybovat okolo 50 ks a všechna pupária se ponechávají živá (Eliášová a Šuláková, 2012). Stáří pupárií se určuje dle zbarvení. Čerstvá pupária jsou žluto bělavé barvy, starší hnědé barvy a nejstarší hnědá až černá (Povolný, 1978).

Dospělci se odchyťávají pomocí entomologické sítě. Sběr živých much je jen doporučený nikoli nutný. Po odchytu jsou imaga vložena do octanu etylnatého, nebo 70 – 80% etanolu. Při nálezů mrtvých dospělců se jedinci odeberou entomologickou pinzetou a také uchovávají v etanolu (Eliášová a Šuláková, 2012).

3.5 Čeleď Muscidae (mouchovití)

3.5.1 Zařazení čeledi Muscidae

Čeleď Muscidae celkem zahrnuje 10 podčeledí (Skidmore, 1985), 180 rodů a 4500 druhů (Klimešová a kol., 2014). Z tohoto počtu Evropu obývá 562 druhů s 572 poddruhy ve 44 rodech (Gregor a Rozkošný, 2009).

Říše	Animalia	Živočichové
Kmen	Arthropoda	Členovci
Podkmen	Hexapoda	Šestinozí
Třída	Insecta	Hmyz
Podtřída	Pterygota	Křídlatí
Řád	Diptera	Dvoukřídlí
Podřád	Brachycera	Mouchy
Infrařád	Muscomorpha	—
	Schizophora	—
	Calyptratae	—
Nadčeleď	Muscoidea	—
Čeleď	Muscidae	—

3.5.2 Popis čeledi

Zástupci této čeledi jsou malé až střední mouchy, rozšířené na všech osídlených kontinentech. Velikost se většinou pohybuje v rozmezí od 2 do 18 mm. Barva těla je nejčastěji tmavá, někdy s méně výrazným vzorem na hrudi nebo břicho. Některé druhy jsou zbarveny do odstínů žluté barvy, nebo s kovovým leskem a lze je tak zaměnit za některé druhy z čeledi Calliphoridae, bzučivkovití (Gregor et al., 2002).

3.5.2.1 Morfologie dospělců

Tělo tvoří hlava, hrud' a zadeček. Celé je složeno celkem z deseti segmentů, přičemž prvních pět je nad ostatními vyvýšeno a poslední je u samců zmenšený. Všechny články pokrývá zesílená vícevrstevná kutikula, obsahující dusíkatý polysacharid chitin (Gregor et al., 2002). Chitin je odolný vůči vnějším a klimatickým podmínkám (Šuláková, 2006). Exoskelet se skládá z hřbetní části (terga) a břišní části (sterna) spojených pružnou boční částí, pohrudniční membránou, ve které je na každém segmentu umístěna dvojice průduchů (Gregor et al., 2002).

Hlava je zaoblená a směřuje k hrudi. Na hlavě se nachází jeden pár tříčlánkových tykadel s vnějším rozštěpem na dvě stopky (Gregor et al., 2002). První článek tykadel je sjednocen s hlavovou kapsulou, druhý je vybaven Johnstovovým orgánem, pomocí kterého vnímají směr a rychlost vzdušného proudění. Samečci jím navíc zachytávají zvuky vydávané samičkami (Rosický a kol., 1989). Třetí tykadlový článek je jedním z rozpoznávacích znaků

u několika zástupců. Některé druhy jej mají většinou krátký a zaoblený a u dalších může být delší a úzký (Gregor et al., 2002).

Horní část hlavy je rozdělena švem, který je typický pro mouchy podřádu krátkorozí (Brachycera) sekce kruhošví (Cyclorrhapha). Střední část hlavy je u všech samic stejně široká, jen u samců je tento znak zachován pouze u některých druhů. Z boční části hlavy nasedají na obou stranách velké složené oči, jejichž okolí může být holé či ochlupené (Gregor et al., 2015).

Ústní ústrojí je lízavé nebo bodavě savé. Kusadla jsou zcela redukována. Na zevní část ústní dutiny sacího typu navazuje sosák skládající se ze základní krátké či delší trubice zakončené spodním pyskem a distálními párovými rozdělenými laloky nazývanými labely (Rosický a kol., 1989). Potravu přijímají buďto v tekuté formě nebo vylučují na labely výměšky slinných žláz, které pomocí procesu zvaného regurgitace natravují, rozpouští a zředují potravu, kterou poté slízávají (Hrudová, 2014).

Sosák je v porovnání s labelami obvykle krátký, ale některé krev sající druhy jej mají tuhý, štíhlý a prodloužený. U bodalek (Stomoxyni) je tuhý a protáhlý sosák přeměněn na bodavý orgán. U většiny dravých druhů je štíhlý a lesklý, například u podčeledě Coenosiinae, a labely mohou být zúžené a protažené. Tento typ ústního ústrojí mají i některé druhy, živící se pouze rostlinnou potravou. Specifické prestomální zuby se vyskytují u většiny druhů, jsou však velmi slabé. Jen u dravých druhů jsou zvětšené, silnější ale v menším počtu (Gregor et al., 2002). Kovacs et al. (1990) se zabývali významem prestomálních zubů u druhu *Musca domestica* a došli k závěru, že tyto zuby jsou škodlivější, než se domnívali. Při krmení na tkáňových kulturách a na prasečí rohovce zjistili, že moucha domácí dokáže roztrhat a nasávat buňky. Tento proces však probíhal velmi rychle a poškozeno bylo jen malé množství buněk, které nebylo možné vidět pouhým okem. Dále uvádí, že ústní ústrojí může mít několik dalších struktur, jimiž jsou způsobené škody pozorovatelné.

Hrudní články jsou srostlé v jeden celek, který se skládá ze tří částí: předohruď, středohruď a zadohruď. Na každé se nachází pár končetin (Rosický a kol., 1989). Hřbetní část dělí příčný steh a často je podélně pruhovaná. Hrudník je klenutý a největší část zaujímá středohruď, ze které vystupuje jeden pár blanitých křídel a jeden pár kyvadélek. Křídla jsou poměrně velká a dobře vyvinutá. Mají bohatou žilnatinu s dvěma přerušenými úseky

na hlavní žíle. Středové žíly mohou být nepatrně nebo viditelně zakřiveny směrem nahoru a u některých druhů mohou být na postranních stranách křídel tvarově odlišné buňky. Tento jev je velmi častý například u skupiny Muscini (Gregor et al., 2002).

Dýchací soustava je tvořena z tzv. pseudotrachejí, nacházejících se na vnitřní straně label (Rosický a kol., 1989). U samic většiny druhů chybí na 6. segmentu dvojice břišních průduchů (Gregor et al., 2015).

Dutina břišní je u samců oválná, válcovitá či zploštělá a obvykle na vrcholu zduřelá. Samčí genitálie jsou velmi podobné ostatním druhům, ale mohou vykazovat i některé druhově rozlišující specifické znaky. Vnitřní kopulační orgán je tvořen 9. sternitem a přídatnými orgány, kterými jsou vylučovány spermie během páření se samicemi. Samice mají na konci těla krátké vysouvací kladélko. Osmý hřbetní štítek je mediálně rozdělen a devátý je díky uložení pohlavních orgánů zvětšen (Gregor et al., 2015).

Nohy jsou u většiny druhů jednoduché. Jen někteří samci z rodů *Hydrotaea* a *Thricops* Rondani, 1856, mohou mít na nohou trny nebo různé výstupky na nejdelším a nejsilnějším třetím článku nohy, nebo na holeních (Gregor et al., 2015). U všech zástupců jsou nohy zakončeny drápkami, mezi kterými jsou polštářky umožňující přichycení k hladkému povrchu a umožňují lézt mouchám např. po skle (Hrudová, 2014).

Hlavu, hrud', břicho a nohy pokrývají chitinózní štětiny (setae), jejichž uspořádání je velmi charakteristické a lze je využít jako další z rozpoznávacích znaků. Chlupy v úrovni čela jsou uspořádány v podélné řadě na každém oddíle přední části hlavy a u samců dosahují až k úrovni předních očí. U samic jsou tyto štětiny výrazně překřížené. Oční a přilehlé štětiny jsou většinou dobře vyvinuty a může být obtížné je od sebe vzájemně rozpoznat. V blízkosti spodní strany hlavy se nachází delší tuhé chloupky, které slouží jako orgány doteku. Hřbetní štětiny jsou uspořádány v podélných řadách a spárovány. Nejvíce je jimi pokryta přední a zadní plocha zad a dutiny břišní. Dle seřazení a počtu lze opět nalézt mezidruhové rozdíly. U všech zástupců této čeledi chybí tyto hřebenovité výrůstky na zadní holenní kosti (Gregor et al., 2015).

3.5.2.2 Vývoj larev

Po oplodnění vajíček v těle samičky, nastává embryonální vývoj, který již probíhá ve vnějším prostředí. Úplný ontogenetický vývoj v imago, je tvořen larválními instary, mezi kterými dochází ke svlékání kutikuly (Rosický a kol., 1989). Samice většiny druhů kladou vajíčka a malé procento je zastoupeno i samicemi živorodými (Gregor et al., 2015). U druhů, které kolonizují pohřbené mrtvoly, jsou larvy kladeny na povrch půdy, a poté samy prostupují do hloubky 15 až 20 cm pod povrch země (Obenberger, 1953). Samice se v průměru dožívají přibližně 70 dní a během života mohou naklást 600 – 800 vajíček. Vývoj obvykle probíhá přes tři larvální instary, ale může být snížen jen na dva či na jeden (Gregor et al., 2015).

Gregor et al. (2015) rozdělují larvy do pěti morfologicko-ekologických skupin:

V první skupině jsou zařazeny larvy s trojvývojovým cyklem, jenž je obvyklý u saprofágních druhů. Larvy žijí v tlející organické hmotě rostlinného či živočišného původu včetně výkalů a hnoje. Během třetího instaru se u nich příležitostně objevuje masožravé chování.

Do druhé skupiny jsou začleněni zástupci živící se výhradně rostlinnou potravou.

Třetí skupina zaujímá převážně larvy se třemi instary, které jsou během prvních vývojových stádií jen příležitostní masožravci, ale ve třetím instaru převládá dravý způsob života. Menšinu zde tvoří i zástupci dimorfní či monomorfní, kteří se nacházejí v houbách, výkalech, mršinách a ptačích nebo vosích hnízdech.

Do čtvrté skupiny jsou zahrnuty výhradně masožravé dimorfní a monomorfní larvy. Jejich vývoj probíhá na několika různorodých stanovištích. Mohou se vyvíjet například pod kůrou, na shnilém dřevě, půdním humusu, v houbách, ve zvířecím trusu nebo na lidských výkalech.

Poslední skupina je určena pro vodní dravé larvy. Žijí především v tekoucí vodě, mokřím písku či bahně. Potravou jsou jim ostatní larvy hmyzu.

Z morfologického hlediska jsou larvy tvarově vřetenovité nebo válcovitě protáhlé. Hlava chybí. Ústní ústrojí je háčkovité a přizpůsobeno odlišnému způsobu života. Vyznačující se především přítomností přídatných skleritů v oblasti mandibulárních háčků. Vzácně mohou mít jeden pár falešných nohou. Většina larev žije především dravým způsobem života, zvláště ve třetím instaru, jen larvy skupin Muscinae a Stomoxyini jsou výhradně koprofágní. U saprofágních larev je v oblasti hltnu dobře vyvinut filtrační aparát (Gregor et al., 2015).

3.5.2.3 Biologie a chování

Muscidae nemají jednotný způsob života. Některé samičky jsou oviparní, jiné viviparní. Rozdílná jsou i prostředí, ve kterém žijí (Hrudová, 2014). Většina druhů je v určité míře vázána na volnou přírodu. Dospělci nejčastěji obývají jehličnaté a listnaté lesní oblasti. Méně častý výskyt je zejména na odkrytých, otevřených, nebo suchých stanovištích. Přesto je mnoho druhů přizpůsobeno k antropogenním ekosystémům a vyskytují se tak i formy žijící přechodně či výhradně synantropně (Gregor et al., 2015).

Odlišná je i potrava, kterou přijímají. Někteří dospělci se živí rostlinnou mízou a dalšími cukernými roztoky. Hematofágové vyhledávají krev, případně jiné tělní tekutiny jako jsou např. pot či slzy (Hrudová, 2014). Rosický a kol. (1989) však podotýkají, že většina hematofágů jsou jen fakultativní a krev je pro ně pouze doplňkovým nebo příležitostným zdrojem výživy. Jediní Stomoxyini vyhledávají krev jako základní příjem potravy. Gregor et al. (2015) zmiňují, že další zástupci preferují rozkládající se organický materiál nebo mohou být výhradně draví, například podčeleď Coenosiinae.

Rosický a kol. (1989) popisují, že čeleď Muscidae je svým fylogenetickým vývojem úzce propojena s existencí velkých býložravců. Společným soužitím byla koprofágie larev a imag na přirozených původních pastvinách. U nás se dnes tento typ objevuje u rodů *Neomyia* Walker, 1859, *Dasyphora* Robineau – Desvoidy, 1830, *Mesembrina* Meigen, 1826 a *Pyrellia* Robineau – Desvoidy, 1830. Během dalšího vývojového stupně koprofágie larev přetrvávala, ale dospělci díky těsnému soužití se zvířaty postupně přešly na sekretofágií, jenž byla spojena s příležitostnou hematofágií. Přesto se u některých druhů rodu *Musca* Linnaeus, 1758 a *Hydrotaea* dále vyvinula schopnost narušovat pokožku hostitele zesílenými

pre stomálními zoubky sosaču. Tyto druhy mohou aktivně získávat krev a lymfu z malých ranek.

S ohledem na svůj fylogenetický vývoj jsou Muscidae, stejně jako většina dvoukřídlých, způsobilí pasivně přenášet různé patogeny. Nejedná se přitom jen o druhy krev sající a sekretofágní, ale i všechny ostatní, které mohou přenášet například i malé množství výkalů na nohou (Gregor et al., 2015). Rosický a kol. (1989) zařazují zástupce této čeledi mezi nesespecifické cizopasníky, parazitující na obratlovcích. Není u nich vyvinut vztah vnitřní regulace početnosti parazitů a silné napadení je pro hostitele často smrtelné. Největší význam mají hygienicko-epidemiologické faktory synantropních much, vázaných na přítomnost člověka. Nejčastěji jsou přenášeny střevní infekce (Rosický a kol., 1989). Z veterinárního hlediska jsou důležité především sekretofágní a krev sající druhy. Nekrofágní a saprofágní larvy mohou způsobovat myiáze (Gregor et al., 2015).

Nejčastěji se jedná o myiáze intestinální, střevní a urogenitální, které vznikají při postižení zažívacího traktu larvami much. Nakladené larvy po pozření s nápoji a potravinami migrují z dutiny ústní do hltanu, žaludku, až po rektum, které poškozují svými trny, ústními orgány i vylučovacími látkami (Khoobdel et al., 2011). Rosický a kol. (1989) uvádějí, že ve většině případů se zde jedná jen o pseudomyiáze, nikoli o pravé myiáze. Lidské zdraví může ohrozit například kontakt imag se závadnými substráty, kontaminace potravin a těla jak v přírodě, tak v místnostech. U lidí se nejčastěji objevují střevní pseudomyiáze zapříčiněné druhy: *Muscina levida* (Harris, 1780), *Muscina stabulans* a *Musca domestica*.

3.5.3 Muscidae v České republice

Českou republiku celkem obývá 307 druhů (Klimešová a kol., 2014). Z toho v Čechách se vyskytuje 278 druhů a na Moravě 260 (Gregor a Rozkošný, 2009).

Mezi nejznámější a nejčetnější zástupce patří:

***Musca domestica* Linnaeus, 1758**

Moucha domácí je jako jediná přizpůsobena nepřetržitě obývat vnitřní prostory budov a obydlí (Rosický a kol., 1989). Velikost se pohybuje mezi 7 až 8 mm. Je šedočerné barvy a hrud' lemují čtyři podélné černé pruhy. Dospělci se nejčastěji vyskytují

v domácnostech, potravinářském průmyslu a stájích. Ústní ústrojí je lízavého typu a živí se tekutou potravou nebo si jí pomocí slin ztekutí (Hrudová, 2014). Obenberger (1953) řadí mouchu domácí mezi další mouchy, které se objevují nad mrtvolou již během prvního dne, ale jen nad ní poletují. Povolný (1979) uvádí, že *Musca domestica* je přítomná u mrtvol nacházejících se jen v centru měst.

Dle Šulákové (2006), se *Musca domestica* na mrtvolách vykytuje spíše ojediněle. Pro vývoj larev je jeho přirozeným prostředím chlévský hnůj nebo hnijící odpad, který samičky pro kladení vajíček vyhledávají častěji než kadáver (Hrudová, 2014; Šuláková, 2006). Pokud jsou vajíčka nalezena na mrtvém těle, většinou jsou v blízkosti přítomny budovy či statky. Nejčastěji jej lze nalézt na mrtvolách, které se nachází v bytech či jiných uzavřených prostorech (Šuláková, 2006).

Rosický a kol. (1989) popisují, že samice mohou klást vajíčka i okolo vývodu močového ústrojí, do kterého vnikají 6 až 9 mm dlouhé larvy. Dle Hrudové (2014), mohou samice během jedné snůšky naklást až 200 vajíček. Larvy jsou beznohé a dvakrát se svlékají. Tesař (1985) uvádí, že se larvy mohou začít kuklit po 6 - 7 dnech, pokud se teplota pohybuje okolo 25 °C. Při teplotách kolem 10 °C se larvy kuklí po 9 – 10 dnech.

Celý vývojový cyklus probíhá v závislosti na vnitřních a vnějších faktorech. Nejen přeměna larvy v dospělce je závislá na teplotě, ale je jí ovlivněná i délka jeho života. U dospělců se délka života nejčastěji pohybuje v rozmezí od 2 do 13 týdnů. Zimu nejčastěji přečkávají ve stadiu larvy, nebo kukly, výjimečně jako dospělci. U nás patří k nejvýznamnějším škůdcům a představuje jisté hygienicko-epidemiologické riziko (Hrudová, 2014). Larvy vyskytující se ve znečištěných ranách, způsobují sekundární rané, traumatické myiáze, jež jsou charakteristické především pro oblasti mírného pásu (Rosický a kol., 1989). Na povrchu svého těla přenáší různé patogeny, které mimo jiné získává při regurgitaci. Další může šířit i pomocí výkalů. Mouchy mohou přenášet přibližně 26 druhů původců onemocnění. Nejčastěji se jedná o „letní průjmy“ způsobené bakterií *Schigella dysenterica*. Mezi závažné patogeny přenášející mouchou domácí patří například původce tyfu, cholery a antraxu. Patří i mezi významné přenašeče parazitů a je vexasorem jak zvířat, tak i člověka (Hrudová, 2014).

***Phaonia pallida* (Fabricius, 1787)**

Phaonia pallida (Fabricius, 1787), česky slunilka, měří přibližně 6 až 7 mm a má charakteristickou okrově žlutou barvu. Hruď je obrvená a na hlavě se nachází červené oči. Larvy se nacházejí v houbách, např. v muchomůrce červené. Nejčastěji obývá lesy, jejich okolí a mýtiny. Nejvíce ji lze vidět od května do července (Hrudová, 2014).

***Muscina stabulans* (Fallén, 1817)**

Velikost mouchy domovní se pohybuje od 5,5 do 9 mm (Gregor et al., 2015). Je šedočerné až černé barvy, boky jsou lehce načervenalé a nohy hnědé. Stejně jako *Musca domestica* patří mezi synantropní druhy, obývající podobná prostředí (Hrudová, 2014). Povolný (1979) doplňuje, že kromě městských center ji lze vidět také v zahradách. Častý výskyt je i na zdechlinách či výkalech, především v pozdním stadiu rozkladu (Hrudová, 2014). Pro larvy je příznačné napadání jiných larev na stejném stanovišti (Rosický, 1989). Patří i mezi jedny z mnoha přenašečů patogenů. Nejčastěji přenos vzniká kontaktem s nekontaminovanými potravinami (Hrudová, 2014). V některých publikacích může být tento druh také nazýván jako *Musca stabulans*.

***Musca autumnalis* De Geer, 1776**

Moucha dobytčí, syn. *Musca corvina* Fabricius, 1781. Velikost této mouchy se pohybuje od 4,5 mm do 7,8 mm. Břišní tergity mají typickou oranžovožlutou barvu s černým pruhem po okrajích článků. Zbarvení břišní oblasti je u samic tmavší než u samců. Larvy se živí výkaly, zatímco dospělé samice sekretofágně na živém skotu. Samice často přenáší na dobytek i různé patogenní organismy, jimiž může být například *Moraxella bovis*, či *Thelazia spp.* (Gregor et al., 2015). Tesař (1985) (uvádějící druh jako *Musca corvina*) popisuje, že její výskyt je nejčastěji v blízkosti polí. Gregor et al., (2015) doplňují, že přítomnost tohoto druhu je i na pastvinách a je rozšířen od Evropy přes Asii, Sibiř až do Číny.

***Stomoxys calcitrans* (Linnaeus, 1758)**

Bodalka stájová se vyskytuje v mírném pásu a je zařazena do čeledi krevsajících much (Rosický a kol., 1989). Ústní ústrojí je bodavě savé a výrazně dlouhé, přizpůsobené k sání krve (Hrudová, 2014). Krev sají obě pohlaví a je jediným zdrojem potravy. Intervaly mezi dvěma sáními se pohybují v rozmezí 12 hodin až několika dní a jedno sání trvá přibližně 5 – 10 minut (Rosický a kol., 1989). Dospělci se vzhledem podobají mouše domácí. Je-li bodalka na vodorovném povrchu, jedním z jejích poznávacích znaků je hlava směřující nahoru (Hrudová, 2014).

***Hydrotaea ignava* (Harris, 1780)**

V některých publikacích uváděna také jako *Ophyra leucostoma* či *Hydrotaea leucostoma* (Wiedemann, 1817) je 5,2 až 8 mm velká moucha modročerné lesklé barvy (Gregor et al., 2015). Povolný (1979) uvádí, že (*Ophyra leucostoma*) nejčastěji osidluje městská centra, zahrady, kulturní stepi a smíšené lesy.

Tento nekrofágní druh, česky nazývaný také jako moucha lesklá, se na kadáverech objevuje během druhé a třetí fáze rozkladu (Klimešová a kol., 2014). Je pro ně charakteristické, že vajíčka kladou pod tělo, do lože mrtvoly. Larvy v prvním instaru vyhledávají jako potravu odumřelou organickou hmotu, poté postupně začínají kolonizovat mrtvolu a živí se dravým způsobem. Kolonizace mrtvoly nastává až po opuštění mrtvého těla bzučivkami (Šuláková, 2014). Lze je nalézt na zdechlinách, výkalech, nebo v ptačích hnízdech (Gregor et al., 2015).

***Hydrotaea capensis* (Wiedemann, 1918)**

Velikost jedinců tohoto druhu se pohybuje mezi 4 až 5,5 mm. Tělo má tmavou zelenomodrou kovovou barvu. Larvy lze stejně jako u předchozího druhu nalézt na mršinách, výkalech a ptačích hnízdech (Gregor et al., 2015). Vývoj trvá přibližně 17 dnů při teplotě 25 °C a 29 dnů při teplotě 20 °C (Šuláková a kol., 2013).

Šuláková a kol. (2013) dále poznamenávají, že rod *Hydrotaea* se na mrtvých tělech vyskytuje nejvíce při fermentaci proteinů. Ovšem pokud je aktivita much čeledi Calliphoridae, jež

kolonizují těla během první vlny, z kteréhokoli důvodu pozastavena, lze pozorovat rod *Hydrotaea* již během pár dnů po smrti jedince.

3.5.4 Muscidae ve forenzní praxi ve světě

Watson a Carlton (2005) sledovali degradaci u celkem 14 mrtvých těl zvířat ve smíšeném lese ve východní části Baton Rouge nacházející se v Louisianě ve Spojených státech amerických. Těla byla rozmístěna na sedmi místech a dělila je od sebe vzdálenost nejméně 300 m. Výzkum byl rozdělen na dvě období. První probíhal od 5. 10. do 7. 12. 1999 a druhý od 18. 1. do 30. 3. 2000. K experimentu byla použita dvě mrtvá těla jelenů běloocasých, aligátorů, prasat a jedna mršina medvěda černého.

Rozhodující pro ukončení sběru vzorků byl stupeň rozkladu, kdy z kadáverů zůstaly jen suché zbytky, a čas, ve kterém k této konečné fázi rozkladu došlo. Tyto faktory byly rozdílné pro každý druh. V případě prasat byla studie ukončena 30. listopadu 1999. Všechny zvířecí kadávery byly sledovány po dobu 73 dnů. Mrtvá těla prasat zůstala během 23 dnů neporušena. Od 24. dne, kdy vzrostla teplota a zvýšila se aktivita hmyzu, pokročil i rozklad těla a došlo k nadýmání kadáverů. Během celého období se teplota vzduchu pohybovala v rozmezí 3,9 – 12,8 °C. Autoři také poznamenávají, že na všech pokusných kadáverech během zimního období došlo k výraznému mikrobiálnímu růstu na vnějším povrchu těl zvířat (Watson and Carlton, 2005).

Během studie byly o čeledi Muscidae získány následující informace:

V podzimních a zimních měsících byl nalezen rod *Graphomya* a druhy *Hydrotaea dentipes* (Fabricius, 1805) a *Hydrotaea leucostoma*. Během zimy byli navíc pozorováni ještě zástupci rodu *Potamia* Robineau-Desvoidy, 1830. Nejčtenější zastoupení na prasečích kadáverech měly larvy a imága *Hydrotaea leucostoma*. Larvy se nejčastěji nacházely ve vnitřních tkáních a orgánech, zejména v žaludku a ve svalové tkáni. Ostatní druhy se na prasatech vyskytovaly jen zřídka. Rod *Graphomya* se vyskytoval na obou pokusných prasatech, imága byla nalezena 12. – 32. den rozkladu. *Hydrotaea dentipes* se vyskytoval na obou prasatech v zimním období, přítomnost dospělců byla od 2. do 31. dne. *Hydrotaea leucostoma* byl nalezen na obou tělech prasat, imága byla na podzim přítomna od 6. do 23. dne a v zimně

od 8. do 73. dne. *Potamia* byl pozorován jen u druhého prasete v zimě. Vývojové stadium ani počet dní není uveden (Watson and Carlton, 2005).

Při podobném experimentu, který však Watson a Carlton (2003) uskutečnili dříve, byly sledovány kadávery stejných druhů a počtu, lišila se pouze doba výzkumu. Experiment započal 1. dubna a skončil 1. července 1999. Prasata byla opět zabita střelnou zbraní. Po dobu experimentu se průměrná teplota vzduchu pohybovala v intervalu 22 – 27 °C a ve 40. a 65. dnu rozkladu se vyskytlo větší množství srážek.

Z čeledi Muscidae byla nejpočetnějším zástupcem druh *Hydrotaea leucostoma*, jehož výskyt byl nejčetnější mezi 8. a 14. dnem rozkladu a byl přítomen na obou kadáverech. Druh *Hydrotaea dentipes* a zástupci rodu *Graphomyia* byly pozorovány vždy jen na jednom kadáveru. Dominantní vliv na degradaci prasečích těl měly především larvy bzučivek a moučovitých (Watson and Carlton, 2003).

Celkově se nejvíce dospělců této čeledi vyskytovalo mezi 3. a 10. dnem. Největší množství larev v růstové fázi a kukel bylo zaznamenáno od 7. do 14. dne rozkladu (Watson and Carlton, 2003).

Schroeder et al. (2003) z Německa uvádějí, že mezi 8 nejčastějších druhů much, které kolonizují lidské tělo, je z moučovitých *Muscina stabulans*. Její aktivita oproti letním měsícům převládá hlavně brzy na jaře a v pozdním podzimu. V březnu tvoří až 66 % ze všech nejčastějších zástupců, v květnu 16,5 %, v červenci 19 %, v srpnu 29,5 % a v září 20 %.

Arnaldos et al. (2004b) se rozhodli na základě skutečných soudních případů realizovat i své vlastní pokusy na jihovýchodě Španělska, 6 km severně od města Murcia. Ke svému prvnímu experimentu, ve kterém zkoumali výskyt členovců, použili dvě mrtvá těla kuřat. Všechny níže vypsání druhy byly zaznamenávány během 4 fází rozkladu (čerstvé tělo, rozklad, pokročilý rozklad a skeletonizace) po dobu všech ročních období s výjimkou skeletonizace, která byla zaznamenána jen v létě.

Musca domestica se na čerstvé mrtvole vyskytoval od jara do podzimu, na začínajícím i pokročilém rozkladu a v létě na kosterních zbytcích.

Muscina stabulans byl přítomen ve všech fázích rozkladu za každého ročního období.

Ostatní druhy čeledi Muscidae byly následující:

Muscina pabulorum Fallén 1817 byl přítomen na podzim a v zimě ve fázi rozkladu.

Muscina assimilis (Fallén, 1823) byl pozorován na jaře v čerstvém rozkladu a na podzim a v zimě v rozkladu pokročilém (Arnaldos et al., 2004b).

Ve druhém experimentu použili Arnaldos et al. (2004b) opět dva kadávery drůbeže. Pro každou sezónu byla využita jedna mršina. Výsledky ukázaly, že nejvíce podobný rozklad probíhal na podzim a v zimě během čerstvé a pokročilé fáze rozkladu a poté na jaře a v létě.

Z čeledi Muscidae byl nejvýznamnější druh *Musca domestica*, který se v létě objevil hned od prvního dne a měl největší zastoupení ze všech druhů. V zimním období nebyl přítomen vůbec. Druhým zjištěným zástupcem této čeledi byl *Muscina stabulans*, jehož výskyt byl rovnoměrný po celý rok (Arnaldos et al., 2004b).

Procentuální zastoupení Muscidae ze všech přítomných Dipter (dle Arnaldos et al., 2004b):

Období	jaro	léto	podzim	zima
<i>Musca domestica</i>	6,65 %	61,13 %	32,23 %	—
<i>Muscina stabulans</i>	27,68 %	12,62 %	35,40 %	24,29 %

Arnaldos et al. (2004a) také zmiňují případ ze Španělska, kde bylo nalezeno tělo 29letého muže, jenž se nacházel v blízkosti hřbitova ve městě Lugo. Tělo bylo částečně pohřbeno a jeho končetiny přečnívaly skrze písčitou půdu. Smrt nastala důsledkem poranění oblasti hlavy a krku způsobeným střelnou zbraní. Muž byl nalezen v říjnu, kdy se průměrná teplota pohybovala v rozmezí 12 – 16,8 °C. Jako entomologické důkazy byly mimo jiné použity i larvy *Muscina stabulans*, jenž byly nalezeny ve třetím instaru především na krku a hrudníku. Post-mortem interval byl stanoven na 6 – 7 dní a pro jeho určení byly důležité následující informace: stálá průměrná teplota 12,8 °C, inkubační doba vajec 38 hodin, první larvy nalezeny po 49 hodinách, další po 58 hodinách. Vzhledem k chladnějšímu období bylo zaregistrováno i mírné zpoždění kladení vajíček.

V posledním případě se jedná o 44 letého muže ze Španělska, který byl nalezen v listopadu ve městě Murcia. Tělo leželo na dně mělké díry ve stojaté vodě. Oběť měla na těle srolovanou košili a kalhoty včetně spodního prádla byly staženy. Tělo bylo částečně

pokryto lepicí páskou. Na břicho se vyskytovala hojná poranění s odkrytými částmi střev, ve kterých se nacházelo velké množství larev. Část z nich byla na místě zajištěna a další byly odebrány na odchov do laboratoře, kde byly chovány za stejné teploty jako na místě nálezů, tj. 15,8 °C (Arnaldos et al., 2004a).

Z čeledi Muscidae byly nalezeny larvy druhého a třetího instaru a pupária druhu *Muscina stabulans* a několik larev druhého a třetího instaru rodu *Muscina* (bez určení druhu). Přítomnost *Muscina stabulans* byla zaznamenána od 3. do 22. dne expozice. Je zajímavé, že *Muscina stabulans* je autory řazen mezi pozdní druhy a v tomto případě se objevuje již s výskytem prvních instarů ostatních druhů much, typických pro počáteční fázi rozkladu (Arnaldos et al., 2004a).

Khoobdel a Behroz (2011) se zabývali početností much čeledí Muscidae a Fanniidae v Teheránu (Írán). Přestože patří k celosvětově rozšířeným druhům, teprve nedávno byly v Íránu poprvé zmapovány. Z čeledi Muscidae se jednalo jmenovitě o druhy *Musca domestica* a *Musca stabulans* (Fallén, 1817). Pomocí velké sítě odchytili dospělé mouchy v pěti různých lokalitách – na severu, jihu, východě, západu a v centru Teheránu ve všech ročních obdobích. Pokaždé zkoumali četnost jednotlivých druhů na čtyřech stanovištích v rámci jedné lokality, jimiž byly: lidská obydlí, mrtvoly (lidské, ptačí, hospodářských zvířat), odpady a hnilý organický materiál a zvířecí mršiny. Teplota vzduchu se v době odchytu pohybovala v rozmezí 22 – 34°C.

Musca domestica z celkového počtu druhů vyskytujících se v lidských obydlích měl zastoupení 65 % (71 jedinců), na mrtvých tělech 72 % (519 jedinců), na rozkládajících se materiálech 43 % (161 jedinců) a na zvířecích kadáverech 24 % (103 jedinců) (Khoobdel and Behroz, 2011).

Musca stabulans se v lidských obydlích nevyskytoval (0 jedinců). Na mrtvých tělech byl nalezen pouze v 6 % případů (42 jedinců), v organických materiálech 12 % (45 jedinců) a na zvířecích kadáverech jen 3 % (13 jedinců) (Khoobdel and Behroz, 2011).

Chin et al. (2008) studovali postupnou kolonizaci hmyzem a rychlost rozkladu částečně spáleného prasečího kadáveru na plantáži v Malajsii. K tomuto experimentu byla použita dvě prasata o hmotnosti à 10 kg, která uhynula na zápal plic. Na jedno prase bylo vylito 1 litr

benzínu a částečně spáleno. Druhé prase sloužilo jako kontrola. Během experimentu, který započal 3. srpna 2007, bylo zjištěno, že na obou prasatech probíhala přibližně stejně rychle jak sukcese hmyzu, tak dekompozice kadáveru. Dospělé mouchy byly odchyceny do sítě a zabity chloroformem. Larvy byly z části uchovány v laboratorních podmínkách a zbylé byly naloženy do etylalkoholu. Prasata ležela na plantáži 16 dní, během kterých se teplota vzduchu pohybovala v rozmezí 27 - 31°C, průměrná vlhkost 85,19 % a srážky se vyskytly 9., 10. a 13. den rozkladu. Povrchová teplota spáleného prasete byla v průměru 30,12 °C a vnitřní průměrná teplota 33,3 °C. Průměrná teplota povrchu těla kontrolního prasete byla 29,42 °C a vnitřní teplota těla 32,6 °C. Během rozkladu bylo sledováno 5 fází sukcese: čerstvá mrtvola, nadmutí těla, aktivní rozklad, pokročilý rozklad a suché zbytky.

Již během první hodiny po umístění kontrolního prasete, se objevil *Musca domestica*, který začal klást vajíčka okolo ústní dutiny a v dorso-laterální části těla. Teprve až druhý den, se objevily bzučivky. Během aktivního rozkladu se z čeledi Muscidae vyskytoval jen *Ophyra spinigera* Stein, 1910, který se 7. – 8. dnem rozkladu stal dominantní (Chin et al., 2008).

Rozklad obou prasat probíhal přibližně stejně dlouhou dobu. Fáze čerstvé mrtvoly trvala od prvního do druhého dne, fáze nadýmání 3. den, aktivní rozklad 4. – 6. den, pokročilý rozklad 7 – 8. den a suché zbytky od 9. do 16. dne. Autoři uvádějí, že na kadáverech bylo celkově nalezeno jen malé množství much, které vysvětlují přítomností rudých mravenců, kteří potlačovali muší populace a v případě ohořelého prasete i teplota těla v prvních několika hodinách, měla podstatný vliv na kolonizaci prvními mouchami (Chin et al., 2008).

Grassberger a Frank (2004) se zabývali studií rozkladu prasat v Rakousku, ve Vídni. K experimentu byla použita dvě střední oděná prasata, která byla zabita střelnou zbraní. Každé bylo vystaveno ve volné expozici po dobu 60 dní. Autoři uvádí, že oblečená prasata mohou zpomalit kladení vajíček a rozklad až o 50 %.

První prase vážící 44 kg bylo studováno v období od 2. května od 1. července 2001. Během prvního pokusu byla z čeledi Muscidae přítomna jen imága *Muscina stabulans*. Jeho výskyt byl nejvyšší od 1. do 5. dne, kdy se teplota pohybovala okolo 20 °C. Naopak nejmenší četnost byla pozorována od 17. do 34. dne, kdy teplota nejdříve klesla k 15 °C, poté vzrostla na 23 °C a poté opět klesla až k 10 °C. Od 35. dne již nebyl zaznamenán (Grassberger and Frank, 2004).

Ophyra leucostoma byl pozorován od 5. do 34. dne. Od 15. dne se četnost druhu pozvolna zmenšovala. Byli nalezeni jak dospělci, tak larvy.

Posledním druhem byl *Muscina pabulorum*, jehož dospělci byli přítomni od 7. do 30. dne.

Druhý experiment probíhal od 20. srpna do 20. října 2001. Bylo použito prase, které vážilo jen 37 kg a mělo otevřenou zlomeninu na levé zadní noze (Grassberger and Frank, 2004).

Muscina stabulans se nejvíce vyskytoval od 1. do 15. dne, kdy teploty klesaly od 25 °C k 15 °C. Poté se do 43. dne objevoval už jen malý počet jedinců.

Ophyra leucostoma patřil v tomto období k velmi početným a byl rovnoměrně zaznamenán po celých 60 dní. Nalezeni byli dospělci i larvy.

Muscina pabulorum nebyl ve druhém období nalezen (Grassberger and Frank, 2004).

Gunn a Bird (2010) uskutečnili mnoho experimentů s čeleděmi Calliphoridae a Muscidae. Ve všech studiích používali jako návnady čerstvá nezpracovaná vepřová játra a čerstvou nezpracovanou vepřovou krev. Většina experimentů byla provedena za účelem zjištění, zda v praxi nalezená mrtvá těla byla dříve pohřbena, a také zjišťovali dobu, kdy mohlo k případnému pohřbení dojít.

Pokusné mouchy byly odchytány nedaleko centra Liverpoolu a poté odchovány další generace v inkubátoru. Z laboratorních kultur byli uměle odchováni dva zástupci čeledi Muscidae: *Musca stabulans* a *Muscina prolapsa* (Harris, 1780) (Gunn and Bird, 2010).

V prvním experimentu položili Gunn a Bird játra jen na povrch půdy a sledovali chování obou druhů larev. Přestože měly larvy snadný přístup ke zdroji živin, tak i nadále pronikaly pod povrch země. V dalším pokusu ukryli návnady pod vrstvu zeminy a pozorovali, že samice kladou vajíčka jen na takové místo do půdy, pod jejichž povrchem se nachází dostatek zdrojů pro larvy. Samičky *Muscina prolapsa* a *Muscina stabulans* kladly svá vajíčka jen na povrch zeminy. U dospělců nebyl spatřen žádný pokus o zahrabání vajíček do živného substrátu. Mouchy byly mimořádně citlivé na přítomnost návnad a následné kladení vajíček. Kladení bylo pozorováno do 30 minut po vložení návnad (Gunn and Bird, 2010).

Při druhém pokusu se sčítaly počty dospělých much vábených na specifické návnady po dobu tří dnů. První návnadou byla prasečí játra položena volně na povrchu, druhou byla prasečí játra vložena 5 cm pod zeminu, třetí byla játra 5 cm pod zemí a zalita 30 ml čerstvé prasečí krve. Jako poslední návnadou bylo rozlito 30 ml samotné krve (Gunn and Bird, 2010).

Z čeledi Muscidae se na játrech ležících volně na povrchu objevili jen druhý den 3 dospělci *Muscina prolapsa*. V játrech, která ležela 5 cm pod zemí, bylo nalezeno první den 6 imág *Muscina prolapsa* a 3 imága *Muscina stabulans*. Druhý den se zvýšil počet dospělců *Muscina prolapsa* na 37 a objevilo se 5 imág *Muscina levida*. Třetí den byla přítomna jen 4 imága *Muscina prolapsa*. Nejčetnější počty dospělců byly nalezeny na pohřbených játrech přelitých krví. První den bylo nalezeno 75 imág *Muscina prolapsa*, 86 imág *Muscina stabulans* a 2 jedinci *Muscina levida*. Druhý den převládá *Muscina prolapsa* s celkovým počtem 105 jedinců, další *Muscina stabulans* s 50 jedinci a *Muscina levida* se 2 jedinci. Poslední den bylo nalezeno 12 imág *Muscina prolapsa* a 59 imág *Muscina stabulans*. Na samotné krvi měli Muscidae nejmenší zastoupení. Druhý a třetí den zde bylo přítomno pouze 6 dospělců *Muscina levida* (Gunn and Bird, 2010).

Třetí experiment měl stejné parametry jako první, s tím rozdílem, že nyní byl zjišťován vliv stlačené zeminy na kolonizaci jater. Autoři uvádí, že ke zhutnění půdy může v přírodě dojít v mnoha způsoby, např. prošlapáním či sesuvem půdy, která se sesype do břišní oblasti těla vlivem degradace tkání. Již z předchozích experimentů také zjistili, že *Muscina prolapsa* a *Muscina stabulans* jsou schopny volně v přírodě kolonizovat ostatky pohřbené v nezpevněné půdě až do hloubky 40 cm (Gunn and Bird, 2010).

Stlačená půda nezabránila žádnému druhu, aby pod stlačenou zemí založil kolonii. Výsledky ukázaly, že druh *Muscina stabulans* dokázal prolézt k návnadě jen 5 cm pod povrch, zato *Muscina prolapsa* osídlil návnadu i 10 cm pod udusanou půdou. V laboratorních podmínkách larvy měřily pouze 1 – 2 mm, přesto měly velmi dobře vyvinuté smyslové orgány a predispozice k tomu, aby dokázaly vyhledat zdroj potravy a dostat se k němu. Nicméně se ukázalo, že oba druhy měly jen omezenou schopnost kolonizovat návnadu ve stlačené půdě (Gunn and Bird, 2010).

Gunn a Bird (2010) uvádí, v případě, že návnada leží v hloubce 10 cm a více ve stlačené zemi je kolonizace obtížná pro většinu Dipter. Také potvrzují, poznatky z literatury, že Muscidae jsou více přizpůsobeny k osidlování výkalů a rozloženým živočišným materiálům oproti čerstvým mrtvolám. Zajímavostí ovšem je, že po aplikování návnad byli dospělci do 30 minut přilákáni pachem krve a začali klást vajíčka na půdu v okolí jater.

3.5.5 Muscidae v automobilové dopravě v roce 1980

Weber (1980) se v Německu zaměřila na četnost výskytu eusynantropních a hemisynantropních druhů much na parkovištích a odpočívadlech u silničních tahů a na jejich epidemiologické hledisko. Uvádí, že každoročně uhynie na německých dálnicích a silnicích přes 120 000 zajíců, 60 000 srnců, 1000 divokých prasat a 700 jelenů. Mrtvá zvířata ležící na silnici nebo nedaleko ní poté vábí hmyz, který přistupuje blíže k vozovce a dostává se i do přilehlých stavení či odpočinkových míst. G. Weber se ve svém výzkumu zaměřila na jednotlivé zóny v oblasti parkovišť (fekální, odpadkové, zelené a stolové), místnosti a toalety. Vzorokly much byly poté sebrány a roztříděny. Výsledky ukázaly, že ze všech čeledí má Muscidae následující zastoupení: na toaletách cca 72 %, v místnostech cca 60 %, ve stolové zóně cca 6 %. Dominujícím druhem této čeledi byl *Musca domestica*. Na druhém místě byl nejpočetnější zástupce *Polietes lardarius* (Fabricius, 1781) s cca 43% zastoupením ve fekální zóně.

Rosický a kol. (1989) uvádějí, že k velmi četným úhynům zvířete na silnicích docházelo i u nás a uvedené údaje z Německa platí i na našem území. Jen dodávají, že v nejteplejších částech našeho státu je vyšší podíl jedinců teplomilných a eusynantropních druhů, jako například *Musca domestica*, a úbytek chladnomilných (*Polietes lardarius*), především ve vrcholném létě. Důležitým faktorem byl samozřejmě i hygienický standard zmíněných stanovišť.

3.5.6 Muscidae ve forenzní praxi v České republice

1. září 2010 byla v panelovém bytě nalezena mrtvola muže vyššího věku v pokročilém hnilobném rozkladu s již probíhající mumifikací. Muž ležel na zádech na podlaze a byl oblečený jen do spodního prádla. Na těle mrtvého byl z čeledi Muscidae nalezen jediný druh, a to *Hydrotaea capensis*. Jeho přítomnost byla prokázána až po přiletu čeledi Calliphoridae.

Živé larvy druhého a třetího instaru byly nalezeny ve zbývajících vlhkých tkáních v pánevní oblasti. Z těchto informací šlo předpokládat, že hlavní vývoj tohoto druhu právě probíhal a kolonizace mrtvoly hmyzem začala mezi koncem dubna a začátkem května 2010 (Šuláková a kol., 2013).

V pražských Hrdlořezích probíhal od července 2011 do října 2012 experiment, během kterého bylo ve volné expozici vystaveno oděné mrtvé prase domácí. Na kadáveru se nacházela krvácející poranění, která napodobovala traumata oběti vraždy. Z čeledi Muscidae bylo celkem determinováno přes 200 jedinců z 8 druhů seřazených dle početnosti: *Hydrotaea ignava* (s celkovým zastoupením 80,4 %), dále *Graphomya maculata* (Scopoli, 1763), *Hydrotaea pilipes* (Stein, 1903), *Hydrotaea dentipes*, *Hydrotaea armipes* (Fallén, 1825), *Muscina prolapsa*, *Thricops simplex* (Wiedemann, 1817) a *Hydrotaea meteorica* (Linnaeus, 1758) (Klimešová a kol., 2014).

V Praze – Troji byl od března 2012 do června 2013 proveden pokus, který však musel být důsledkem povodně v červnu 2013 předčasně ukončen. K experimentu bylo použito oblečené prase, které skonalo přirozenou cestou, a imitovalo tak lidskou smrt, ke které by mohlo dojít následkem onemocnění, podchlazením nebo vinou další osoby. Výsledky experimentu, během kterého bylo determinováno téměř 20 000 jedinců, přinesly následující zjištění. Nejpočetnějšími druhy byly: *Hydrotaea ignava* (77,5 %), *Hydrotaea armipes*, *Hydrotaea pilipes*, *Hydrotaea dentipes*, *Muscina prolapsa* a *Hydrotaea meteorica*. Mezi další méně početné zástupce Muscidae patřili: *Hydrotaea aenescens* (Wiedemann, 1830), *Hydrotaea cyrtoneurina* (Zetterstedt, 1845), *Hydrotaea floccosa* (Macquart, 1835), *Hydrotaea similis* (Meade, 1887), *Musca stabulans*, *Muscina levida*, *Muscina pascuorum* (Meigen, 1826), *Coenosia testacea* (Robineau-Desvoidy, 1830), *Coenosia tigrina* (Fabricius, 1775), *Coenosia humilis* (Meigen, 1826), *Coenosia nigridigita* (Rondani 1866), *Azelia trigonica* (Hennig, 1956), *Azelia zetterstedti* (Rondani, 1866), *Azelia triquetra* (Wiedemann, 1817), *Azelia cilipes* (Haliday, 1838), *Helina latitarsis* (Ringdahl 1924), *Helina impuncta* (Fallen, 1825), *Helina reversio* (Harris, 1780) *Helina sexmaculata* (Preyssler, 1791), *Mydaea ancilla* (Meigen, 1826), *Mydaea urbana* (Meigen, 1826), *Mydaea corni* (Scopoli, 1763), *Hebecnema vespertina* (Fallen, 1823), *Hebecnema umbratica* (Meigen, 1826), *Hebecnema nigra* (Robineau-Desvoidy, 1830), *Phaonia subventa* (Harris, 1780), *Graphomya maculata*, *Potamia littoralis* (Robineau-Desvoidy, 1830), *Myospila meditabunda* (Fabricius, 1781), *Limnophora*

nigripes (Robineau-Desvoidy, 1830), *Lispe tentaculata* (De Geer, 1776) a *Thricops simplex* (Klimešová a kol., 2014).

4 Materiál a metody

Bakalářská práce zaměřená na rozklad mrtvého prasete a čeled' Muscidae byla zpracována formou literární rešerše a vyhodnocením dat z terénního experimentu.

4.1. Experiment Troja

Experiment probíhal na pozemku Demonstrační a výzkumné stanice České zemědělské univerzity v Praze Troji od 9. prosince 2014. Čeled' Muscidae byla pro účely této bakalářské práce sledována od zahájení experimentu 9. prosince 2014 do 31. prosince 2015. Ve volné expozici bylo vystaveno mrtvé prase domácí (*Sus scrofa* f. *domestica* Linnaeus, 1758) vážící cca 50 kg. Z důvodu napodobení rozkladu lidského těla, bylo pokusné zvíře oblečeno do pánské košile, tepláků a ponožek. Hmyz, který pokusný objekt postupně kolonizoval, byl v pravidelných intervalech odebírán, tříděn a následně zpracován.

4.1.1. Popis lokality

Pokus byl prováděn v prostorách Demonstrační a výzkumné stanice České zemědělské univerzity v Praze Troji, Podhoří 6, 171 00 Praha 7, která je začleněna pod katedru zahradnictví České zemědělské univerzity v Praze. Stanice leží na pravém břehu Vltavy a sousedí s Pražskou zoologickou zahradou a Pražskou botanickou zahradou v Troji.

Celková oplocená plocha tvoří 50 763 m², z toho je zastaveno 2 577 m². Na pozemku se pěstuje polní zelenina a brambory. Velkou část zaujímají i ovocné sady, skleníky a pařeniště. Pro závlahu pozemku je využívána převážně voda z vlastní studny na pracovišti a případně i voda z Vltavy. Je zde umístěna i meteorologická stanice, která je součástí meteorologické sítě Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Měření probíhá na standardním travnatém povrchu. Stanice je v provozu od 21. 1. 2008.

Zeměpisné souřadnice: 50°7'22.486"N, 14°23'58.181"E

Nadmořská výška: 196 m n. m.

4.1.2. Odběrová metoda

K odběru všech zástupců čeledi Muscidae byla použita pyramidová past a entomologická pinzeta.

Pyramidová past, byla vyrobena z jemné polyesterové tkaniny, ve tvaru šikmé pyramidy a umístěna nad pokusným objektem. Spodní část pasti byla pomocí provazu přivázána ke kúlům ukotvených v zemi. Na vrcholu pasti byl otvor, kterým vedl plastový tunel, vedoucí do sběrné pětilitrové PET lahve, ve které byl v horní části vystřižen druhý otvor pro plastový tunel. PET lahev byla naplněna do poloviny smrtícím a současně konzervačním roztokem, který představoval cca 1‰ vodný roztok formaldehydu (formalínu) s přídavkem detergentu (mycího prostředku) pro snížení povrchového napětí tekutiny. PET lahev byla přivázána k pevnému cca 2 metry vysokému kúlu ukotvenému v zemi. Vzorky se odebíraly v následujících intervalech: počátkem experimentu, tj. od prosince 2014 byly vzorky odebírány jednou za měsíc. Od ledna do začátku března 2015 jednou za 14 dní a od března byly vzorky odebírány jednou týdně až do října. V říjnu byl odběrový interval opět prodloužen na 14 dní. Odběrové intervaly vycházely z množství hmyzu zastoupeného na kadáveru, resp. odchyceného v pyramidové pasti. Během kontrolních návštěv byl obsah odchytové nádoby pyramidové pasti přelit přes sítko a takto zajištěný vzorek hmyzu byl pomocí trychtýře přesypán do menší nádoby a přelit cca 70% denaturovaným lihem.

Entomologická pinzeta sloužila k odběru dospělých jedinců a živých larev z kadáveru. Imága byla vložena do zkumavek s 70% denaturovaným lihem. Živé larvy byly umístěny do prázdných zkumavek o objemu nejméně 45 ml na 20 – 40 kusů a předány do laboratoře Kriministického ústavu Praha k odchovu. Larvy byly odchovány do stadia imaga 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).

Všechny nádoby byly poté přehledně označeny a uloženy.

4.1.3. Zpracování vzorků

Zajištěný materiál z jednotlivých odběrů pyramidové pasti byl nejdříve zhodnocen do počtu odchycených kusů. U početných odběrů byly vzorky pomocí síta o velikosti ok 4 mm x 4 mm rozděleny na malou a velkou frakci. Příliš početné frakce (několik tisíc kusů much) byly dále rozděleny na menší podíly (1/2 až 1/30 dle skutečné velikosti frakce), které se následně zpracovávaly. Takto připravený materiál byl následně roztříděn do čeledí. Rozdělení materiálu na frakce a podíly a výběr některých čeledí (mimo tuto práci) provedla Ing. Hana Šuláková, Ph.D., Ing. Vanda Klimešová a Ing. Tereza Olekšáková. Druhy čeledi Muscidae z uvedeného materiálu vytrídil prof. RNDr. Miroslav Barták.

Pro účely této práce jsem zpracovala mouchy čeledě Muscidae. Vytříděný materiál mi byl předložen v nádobách, uložený v 70% etanolu. Každá nádoba byla opatřena štítkem s označením lokality, data odběru, typem frakce (VF vs. MF), příp. jejím podílem. Nádoby byly až do zpracování uloženy v mrazícím zařízení při teplotě cca – 20 °C. Poté následovala preparace a determinace jednotlivých druhů.

Preparace byla uskutečněna pomocí tří roztoků. Do každého z nich bylo vždy na 24 hodin vloženo určité množství much po jednotlivých nádobách z etanolového média. Roztokem č. 1 byl 96% denaturovaný líh smísený s 36 – 38% formaldehydem v poměru 3:1, druhý obsahoval 96% denaturovaný líh a ester kyseliny octové v poměru 1:1 a třetím byl čistý ester kyseliny octové. Vložením much do roztoků došlo ke zpevnění exoskeletu a zabránilo se tak deformaci povrchu těla, a tím ztratě determinačních znaků při následném vysušení vzorků. Takto vypreparované mouchy byly následně nalepeny vodorozpuštěným lepidlem (Herkules) na entomologické štítky a napíchnuty na entomologické špendlíky. Následnou determinaci do druhů provedl prof. RNDr. Miroslav Barták, CSc.

4. 1. 4. Zpracování výsledků

Přehled výsledků je shrnut v samostatných tabulkách a grafech. Druhové zastoupení a četnost jedinců byly sledovány ve vztahu k ročnímu období a sumě kumulativních teplot. Suma kumulativních teplot byla dána součtem všech průměrných teplot vyšších než nula od začátku experimentu až do jeho konce. Z důvodu častých výpadků meteorologické stanice v Praze Troji, byly údaje o teplotách převzaty z meteorologické stanice České zemědělské

univerzity v Praze nacházející se v areálu školy. Statistické vyhodnocení získaných dat bylo provedeno v programu Microsoft Office Excel za využití regresní křivky, která vyjadřovala vztah počtu zajištěných druhů k sumě kumulativních teplot.

5 Výsledky

Během terénního pokusu bylo pyramidovou pastí zachyceno celkem 9 093 jedinců čeledi Muscidae, determinovaných do 41 druhů. První zástupci byli nalezeni 6. 3. 2015, naopak poslední 12. 11. 2015. Největší počty jedinců byly zaznamenány od 27. 5. 2015 do 10. 6. 2015 (Tab. 1).

Vzhledem k stále probíhajícímu rozkladu bylo zatím pozorováno jen 5 sukcesních vln.

První vlna – čerstvý kadáver – započala dnem uložení kadáveru na pozemku Demonstrační a výzkumné stanice České zemědělské univerzity, tj. 9. 12. 2014 a trvala přibližně do konce března 2015. Kumulativní sumy teplot se tehdy pohybovaly od 0 °C do 390,5 °C. Během první vlny byly od 6. 3. 2015 pozorovány první druhy Muscidae, z nichž nejčetnějšími byly *Muscina prolapsa* a *Muscina levida* (Obr. 1).

Druhá vlna – nadmutí – probíhala od začátku dubna do konce května, kdy se rozsah kumulativních teplot pohyboval od 390,5 °C do 1 025,9 °C. Na pokusném kadáveru se bakteriálním rozkladem začaly tvořit plynné látky, které měly za následek nadmutí těla a počínající zápach. Druhové zastoupení i počet jedinců se začal pozvolna navyšovat (Obr. 2).

Třetí vlna – biochemicky aktivní – byla pozorována od konce května do konce září. Nejdříve proběhlo zmýdelnění tuků (Obr. 3.) a přibližně po měsíci nastala fermentace proteinů (Obr. 4). Nastal tak aktivní rozklad a na kadáveru se nacházelo velké množství forenzně významných druhů Muscidae, z nichž největší zastoupení měl *Hydrotaea ignava*. Kumulativní teploty se v tomto období pohybovaly v rozsahu 1 025,9 °C až 3 405,9 °C.

Čtvrtá vlna – pokročilý rozklad – nastala začátkem října a trvala do konce prosince. Na kadáveru probíhala čpavková fermentace, a přítomnost zástupců Muscidae začala velmi rychle klesat. Nalezeno bylo jen malé množství jedinců. Rozsah kumulativních teplot se pohyboval od 3 405,9 °C do 4 057,5 °C (Obr. 5).

Počátek páté vlny – vysychání zbytků – byl zaznamenán koncem prosince 2015. V tomto období nebyl pozorován žádný zástupce čeledi Muscidae (Obr. 6).

Z celkového zastoupení byl eudominantním druhem (více než 15 %) *Hydrotaea ignava*, jehož zastoupení odpovídalo 41 %.

Mezi dominantní druhy (v intervalu 14 – 9 %) patřily: *Hydrotaea similis* (14 %), *Hydrotaea armipes* (11 %), a *Muscina prolapsa* (9 %) (Graf 1, Tab. 2).

K subdominantním druhům (7 – 2 %) náležely: *Muscina levida* (7 %), *Hydrotaea dentipes* (6 %), *Hydrotaea floccosa* (5 %), *Muscina stabulans* (3 %) a *Hydrotaea aenescens* (2 %), (Graf 1, Tab. 3).

Recedentně (0,36 % – 0,02 %) byly nalezeny druhy: *Coenosia tigrina* (0,36 %), *Phaonia subventa* (0,31 %), *Helina reversio* (0,29 %), *Musca domestica* (0,23 %), *Hydrotaea pilipes* (0,22 %), *Helina lasiophthalma* (Macquart, 1835) (0,22 %), *Coenosia testacea* (0,18 %), *Thricops simplex* (0,08 %), *Myospila meditabunda* (0,07 %), *Phaonia tuguriorum* (Scopoli, 1763) (0,06 %), *Coenosia rufipalpis* Meigen, 1826 (0,05 %), *Gymnodia humilis* (Zetterstedt, 1860) (0,03 %), *Eudasyphora zimini* (Henning, 1963) (0,02 %), *Hebecnema vespertina* (0,02 %), *Helina impuncta* (0,02 %), *Coenosia infantula* Rondani, 1866 (0,02 %), *Graphomya maculata* (0,02 %), *Stomoxys calcitrans* (0,02 %) (Tab. 4 – 8).

Následující druhy se vyskytovaly jen sporadicky (0,01 %): *Coenosia atra* Meigen, 1830, *Coenosia humilis*, *Helina depuncta* (Fallén, 1825), *Helina setiventris* Ringdahl, 1924, *Musca autumnalis*, *Musca osiris* Wiedemann, 1830, *Azelia nebulosa* Robineau-Desvoidy, 1830, *Azelia triquetra*, *Mydaea ancilla* Meigen, 1826, *Mydaea corni*, *Muscina pabulorum*, *Phaonia errans* (Meigen, 1826), *Phaonia trimaculata* (Bouché, 1834) a *Pyrellia vivida* Robineau-Desvoidy, 1830 (Tab. 8 – 11).

Nejčetnějším druhem byl *Hydrotaea ignava*, jehož zastoupení činilo 41 %. Na kadáveru byl zaznamenán od března do listopadu 2015. Počty jedinců začaly narůstat od dubna do června, poté četnost pozvolna klesala. V červnu bylo na pokusném praseti největší zastoupení *Hydrotaea ignava*. Druhým nejčetnějším druhem byl *Hydrotaea similis*

jehož výskyt byl pozorován od dubna do listopadu. Největší počty jedinců byly nalezeny v květnu a červnu (Tab. 2).

Ve většině fází rozkladu převažoval vyšší poměr samic oproti samcům. Výjimkou byl květen 2015, kdy *Coenosina tigrina* vykazoval 5 samců a žádné samice a u druhu *Muscina prolapsa* překročil poměr samců jedenácti násobek počtu samic. Během října 2015 byl u druhu *Muscina levida* pozorován více než trojnásobek samců oproti samicím (Tab. 2 – 4).

Pomocí statistické metody lineární regrese kumulativní sumy teplot k počtu jedinců bylo zjištěno, že zastoupení druhů čeledi Muscidae, jako celku, bylo jen nevýrazně ovlivněno sumou kumulativních teplot (stupněm rozkladu). Nejvyšší závislost mezi zastoupením jedinců a sumou kumulativních teplot se projevila u druhů *Hydrotaea similis*, *Hydrotaea armipes*, *Hydrotaea dentipes* a *Hydrotaea floccosa* (Graf 3 – 9).

6 Diskuze

Daněk a kol. (1987) a Povolný (1978) uvádějí, že čeleď Muscidae kolonizuje kadáver od první vlny. Daněk a kol. (1987) uvádí, že mezi prvními zástupci se objevují *Musca domestica*, *Musca autumnalis* a *Muscina stabulans*.

Přítomnost *Muscina stabulans* byla zaznamenána od března 2015, tj. v období první fáze rozkladu, až do listopadu. V roce 2012, (kdy byl tento druh uváděn jako *Musca stabulans*) byl zjištěn od dubna do září jen v 0,25 % zastoupení, zato nyní se jeho četnost zvýšila na 3,1 %, Rosický (1989) uvádí, že pro larvy tohoto druhu je příznačné napadání jiných larev na stejném stanovišti. Toto tvrzení by mohlo částečně vysvětlovat nízké zastoupení Muscidae během tohoto experimentu.

Schroeder et al. (2003) uvádějí, že *Muscina stabulans* patří mezi 8 nejčastějších druhů much, které kolonizují lidské tělo. Dle jejich studie aktivita tohoto druhu převládá zejména brzy na jaře a v pozdním podzimu. Při tomto experimentu byla nejvyšší četnost jedinců sledována v červnu.

Arnaldos et al. (2004b), kteří realizovali pokusy ve Španělsku, zjistili, že *Muscina stabulans* byl na tělech mrtvých kuřat přítomný ve všech fázích rozkladu pravidelně po všechna roční období. Arnaldos et al. (2004b), rovněž odkazují na případ zavražděného muže ze Španělska,

a také uvádí, že *Muscina stabulans* byl v tomto případě objeven během první fáze rozkladu, přestože ho ostatní autoři řadí mezi pozdní druhy. Během experimentu v Praze Troji v roce 2015 byl tento druh nejčetnější během třetí vlny rozkladu, kdy probíhala aktivní fermentace proteinů.

Z výsledků studie v Teheránu, pomocí které Khoobdel a Behroz (2011) zjišťovali četnost a výskyt druhu *Muscina stabulans*, (rovněž uváděného jako *Musca stabulans*), zjistili, že tento druh měl na zvířecích kadáverech 3% četnost. Stejně procentuální zastoupení (3 %) vykazují i výsledky nynějšího pokusu v Praze Troji.

Musca domestica byl v tomto experimentu pozorován od dubna do října, tj. v době druhé až čtvrté fáze rozkladu. Arnaldos et al. (2004b), také zaregistrovali, že *Musca domestica* se na tělech mrtvých kuřat vyskytoval od jara do podzimu, a to jak na čerstvém kadáveru, tak na začínajícím i pokročilém rozkladu a rovněž na kosterních zbytcích.

Při dalším pokusu, který Arnaldos et al. (2004b) uskutečnili na kuřecích kadáverech, zjistili, že *Musca domestica* byl nejvýznamnějším druhem, který se objevil hned od prvního dne a měl nejvyšší zastoupení ze všech druhů, i když během zimního období nebyl přítomný. Jeho četnost ve všech fázích rozkladu lze vysvětlit místním podnebím.

Taktéž Chin et al. (2008), kteří studovali rozklad částečně spáleného prasečího kadáveru v Malajsii, zjistili, že *Musca domestica* se na kadáveru objevil již během první hodiny. Touto studií opět potvrzují hypotézu Daňka a kol. (1987), Povolného (1978) a Arnaldos et al. (2004b), že *Musca domestica* začíná kolonizovat kadáver od první vlny.

Z výsledků studie v Teheránu, pomocí které Khoobdel a Behroz (2011) zjišťovali početnost *Musca domestica*, došli k následujícímu zjištění: *Musca domestica* se z celkového počtu zastoupených druhů nejvíce vyskytoval na mrtvých tělech (72 %), až na druhém místě měl zastoupení v lidských obydlích (65 %), poté na rozkládajících se materiálech (43 %) a v poslední řadě na zvířecích kadáverech (24 %). Přestože jsou na našem území rozdílné klimatické podmínky, je zajímavé, že četnost *Musca domestica* v tomto i předchozím experimentu byla taktéž nízká.

Musca autumnalis byl přítomný až během třetí vlny, kdy docházelo k biochemicky aktivnímu zmydelnění tuků. V předchozích pokusech *Musca domestica* ani *Musa autumnalis* pozorovány nebyly.

V průběhu druhé vlny se začaly tvořit plynné látky. Tělo bylo nadmuté a byl cítit zápach bakteriálního rozkladu, jak popisuje Šuláková (2006) a Daněk a kol. (1987). Taktéž byl zaznamenán rod *Muscina*, který zmiňuje Šuláková (2006). Lože mrtvoly začalo pozvolna měnit svůj charakter, jak uvádí Daněk a kol. (1987).

Třetí vlna byla charakteristická aktivním rozkladem, fermentací tuků a proteinů, kterou taktéž popisují Šuláková (2006) a Daněk a kol. (1987). Jak píše Šuláková (2006) i nyní měl nejvyšší zastoupení rod *Hydrotaea*.

Dle Šulákové a kol. (2013) dosahuje Muscidae nejvyšší četnosti ve třetí a čtvrté vlně rozkladu. To nebylo možné jednoznačně potvrdit, nebo vyvrátit, protože čtvrtá vlna v roce 2015 nastala až v průběhu října a prosince, kdy měli Muscidae vlivem nízkých teplot již malé zastoupení.

Během páté vlny došlo k vysychání zbytků, jak uvádí Šuláková (2006). Vlivem ročního období již však nebyli pozorováni žádní jedinci čeledi Muscidae.

Nejpočetnějším druhem za celé období byla *Hydrotaea ignava*, kterou mezi eudominantní řadí i Šuláková (2006), Grassberger a Frank (2004), Daněk (1990), Klimešová a kol. (2014) a Průchová (2014), v jejíž bakalářské práci byla podrobněji zpracována data z experimentu v Praze Troji z roku 2012 – 2013. Při porovnání experimentů z pražských Hrdlořez v roce 2011 a v Praze Troji měla nyní *Hydrotaea ignava* velmi malé zastoupení z celkového počtu druhů, jen 41 %, zatímco v Hrdlořezích představovala 80,4 % a v Praze Troji 77,5 %.

Dle Šulákové (2006) mohou samice *Hydrotaea ignava* začít kolonizovat mrtvolu již během prvních dnů od úmrtí jedince. Tesař (1985) uvádí, že *Hydrotaea ignava* je častým zástupcem pro pátou fázi rozkladu. Při tomto pokusu byli nejspíše vlivem nízkých teplot první jedinci zaznamenáni až v průběhu druhé fáze rozkladu. Nejvyšší četnost byla také zaznamenána v průběhu třetí vlny, toto zjištění odpovídá tvrzení Klimešové a kol. (2014). V páté sukcesi

vlně jejich přítomnost pozorována nebyla, zejména s ohledem na zimní období, resp. nízké teploty, které v této fázi panovaly.

Výsledky našeho experimentu odpovídají pokusu, který uskutečnili Watson a Carlton (2003) ve Spojených státech amerických v roce 1999, kdy největší zastoupení larev i imág vykazoval také druh *Hydrotaea ignava* (uveden jako *Hydrotaea leucostoma*).

Hydrotaea similis byl v roce 2012 taktéž pozorován v Praze Troji. V roce 2012 bylo zaznamenáno 2,9 % jedinců, a to jen v období od května do června 2012 (Průchová, 2014). Nyní byl *Hydrotaea similis* přítomný již od dubna až do října 2015 v celkovém zastoupení 14 %.

Hydrotaea armipes náležel stejně jako v Hrdlořezích, tak v Praze Troji v roce 2012 k početným druhům. V Praze Troji v roce 2012 dle Průchové (2014) představoval 8,9 % z celkového zastoupení, nyní jeho počet vzrostl o 2,1 % (11 %). *Hydrotaea armipes* byl v roce 2012 pozorován od května do října a nyní od dubna až do listopadu 2015.

Muscina prolapsa byl registrován jak v Hrdlořezích, tak v Praze Troji, kde tvořil 1,2 % z celkového zastoupení (Průchová, 2014). Nyní *Muscina prolapsa* vykazoval 9% zastoupení.

Muscina levida při tomto experimentu rovněž patřil k četným druhům, i když jen s 7% zastoupením, zato v roce 2012 na stejném místě vykazoval přítomnost pouze 0,82 %. Výskyt tohoto druhu byl v předchozím pokusu zaznamenán od března do května, poté od července do listopadu a jedena samice byla nalezena ještě v dubnu 2013 (Průchová, 2014). Nyní byla přítomnost druhu *Muscina levida* pozorována od března až do října 2015.

Hydrotaea dentipes měl v tomto experimentu vyšší četnost oproti roku 2012. V roce 2015 tvořil z celkového zastoupení Muscidae 6 % a v letech 2012 – 2013, dle Průchové (2014), pouze 1,3 %. V roce 2012 byl pozorován od dubna do října a v roce 2015 od dubna až do listopadu. Výskyt tohoto druhu byl zaznamenán i v pražských Hrdlořezích.

Při studii, kterou uskutečnili Watson a Carlton (2005), zaznamenali výskyt *Hydrotaea dentipes* jen v zimních měsících.

Hydrotaea floccosa měl při tomto pokusu 5% zastoupení a byl pozorován od dubna do listopadu 2015, zatímco v roce 2012, dle Průchové (2014), jeho četnost vykazovala jen 1,1 % a vyskytoval se od května do července.

Graphomya maculata byl při tomto experimentu sledován v dubnu a srpnu v celkovém zastoupení 0,02 %. V roce 2012 byl zaznamenán v červenci, září a říjnu s četností 0,09 %. Při pokusu, který zrealizovali Watson a Carlton (2005) v roce 1999 v USA, zjistili, že rod *Graphomya* se na kadáverech vyskytoval v podzimních a zimních měsících.

Muscina pabulorum byl nyní sledován v dubnu 2015, Arnaldos et al., (2004b) naopak tento druh zaznamenali ve fázi rozkladu mrtvých těl kuřat na podzim a v zimě.

pplk. Ing. Hana Šuláková, Ph.D. (2016) z praxe uvádí, že v zimním období trvá rozklad déle a na kadáveru se nachází více druhů v menším početním zastoupení. Danému tvrzení odpovídají výsledky této práce, oproti experimentu v letech 2012 – 2013 bylo zaznamenáno 14 nových druhů a rozklad kadáveru začal až po třech měsících, zatímco v letech 2012 – 2013 degradoval již od prvního týdne.

Mezi celkovým počtem jedinců čeledi Muscidae a sumou kumulativních teplot byla zjištěna velmi nízká korelace (Graf 3), kterou lze vysvětlit současným odchytem druhů, které nemají forenzní význam, a nereagovaly tak na stupeň rozkladu. Jejich četnost byla dána jiným faktorem, kterým bylo například roční období. Podobně byla nízká i celková vazba mezi počty druhů a sumou kumulativních teplot zjištěná u jednotlivých druhů, která indikuje působení dalšího faktoru, kromě teploty.

Příčina nízkého statistického zastoupení druhu *Hydrotaea ignava* (Graf 1) a také jeho nízká závislost na sumě kumulativních teplot (Graf 4) mohla být zapříčiněna například mezidruhovým tlakem, kdy na počet tohoto druhu mělo vliv zastoupení ostatních druhů, např. *Hydrotaea dentipes*, *Hydrotaea similis*, *Hydrotaea armipes* a *Hydrotaea floccosa*. Také nelze vyloučit, že všichni zástupci čeledi Muscidae, zejména *Hydrotaea ignava*, byli ovlivněni faktorem, který nebyl zcela podchycen.

Rovněž jako v letech 2012 – 2013 bylo pozorováno mnoho druhů, které se běžně na mrtvolách nevyskytují. Patřili mezi ně např.: *Coenosia atra*, *Coenosia humilis*, *Coenosia tigrina*, *Coenosia testacea* či *Helina impuncta*.

Oproti předchozím experimentům byly nyní v Praze Troji nově zaznamenány následující druhy: *Helina lasiophthalma* (0,22 %), *Phaonia tuguriorum* (0,06 %), *Coenosia rufipalpis* (0,04 %), *Gymnodia humilis* (0,03 %), *Eudasyphora zimini* (0,02 %), *Coenosia atra* (0,01 %), *Helina depuncta* (0,01 %), *Helina setiventris* (0,01 %), *Musca osiris* (0,01 %), *Azelia nebulosa* (0,01 %), *Myadea ancilla* (0,01 %), *Phaonia errans* (0,01 %), *Phaonia trimaculata* (0,01 %), *Musca autumnalis* (0,01 %) a *Pyrellia vivida* (0,01 %).

Mezi nově pozorovanými druhy se také od května do června vyskytl *Musca domestica* (0,23 %) a v květnu a červnu *Stomoxys calcitrans* (0,02 %). V roce 2012 tyto druhy nebyly vůbec zaznamenány. Přítomnost *Musca domestica* lze vysvětlit vysokými teplotami a budovami nacházejícími se v blízkosti pozemku, ze kterých se tento eusynantropní druh mohl rozšířit do okolí. O možnosti přítomnosti druhu *Musca domestica* na kadáveru v blízkosti budov, píše i Šuláková (2006). Výskyt *Stomoxys calcitrans* byl pravděpodobně dán nedalekou stájí s kozami, která se od pokusného kadáveru nacházela přibližně 220 metrů.

7. Závěr

Cílem práce bylo shromáždit informace o čeledi Muscidae a jejím využití ve forenzní praxi formou literární rešerše a vyhodnocením dat z terénního pokusu.

Byla potvrzena nulová hypotéza, že některé zástupce čeledi Muscidae lze využít jako důkaz ve forenzní praxi.

Experiment potvrzuje, že k nejvýznamnějším forezním druhům patří *Hydrotaea ignava*, kterou na první místo řadí i mnoho dalších autorů.

Přestože Daněk (1990), Daněk a kol. (1987), Chin et al. (2008), Povolný (1978) a Arnaldos et al. (2004b) zmiňují druh *Musca domestica* a dále Daněk (1990) *Musca autumnalis* jako forenzně významné, zvláště pro první sukcesní vlnu, při tomto experimentu byly přítomny jen v malém zastoupení od druhé do začátku čtvrté fáze rozkladu. V Praze Troji v letech 2012 – 2013 a v Praze Hrdlořezích nebyly zaznamenány vůbec.

Pro následující experimenty navrhuji uskutečnit opětovný odchyt much čeledi Muscidae ve stejné lokalitě, bez přítomnosti kadáverů, a zjistit tak, jaké druhy a v jakém poměru se zde přirozeně vyskytují.

8. Seznam literatury

Arnaldos M. I., García M. D., Romera E., Presa J. J., Luna A. 2004a. Estimation of post mortem interval in real cases based on experimentally obtained entomological evidence. *Forensic Science International*. 149. 57-65.

Arnaldos M. I., Romera E., Presa J. J., Luna A., García M. D. 2004b. Studies on seasonal arthropod succession on carrion in the southeastern Iberian Peninsula. *Internet J. Legal. Med.* 118. 197-205.

Benecke, M. 2001. A brief history of forensic entomology. *Forensic Science International*. 120. 2-14.

Benecke, M. 2004. *Arthropods and Corpses. Forensic Pathology Reviews.* Humana Press Inc. Totowa. 207-240.

Chin H., Marwi M., Salleh A., Jeffery J., Kurahashi H., Omar B. 2008. Study of insect succession and rate of decomposition on a partially burned pig carcass in an oil palm plantation in Malaysia. *Tropical Biomedicine*. 25 (3). 202-208.

Daněk L. 1980a. Hmyzí jedy v kriminalistice. *Kriminalistický sborník*. 11(24). 689 – 694.

Daněk L. 1980b. Možnosti využití entomologie v kriminalistice. *Čs. kriminalistika* 13.(1). 44 – 55.

Daněk L. 1990. Možnosti využití entomologie v kriminalistice. *Kriminalistický ústav VB. Praha*. 140s.

Daněk L., Eliášová H., Šubrt J., Zuska J. 1983. Odběr hmyzu z místa neúplného kosterního nálezu umožnil identifikaci zemřelého. *Kriminalistický sborník*. 11. 691 – 700.

Daněk L., Levý S., Zuska J., Máca J. 1987. Entomologická hlediska v případě nálezu mrtvoly muže ve značném stupni rozkladu. *Kriminalistický sborník*. 12(31). 742 – 747.

Delabarde T., Keyser Ch., Tracqui A., Charabidze D., Ludes B. 2013. The potential of forensic analysis on human bones found in riverine environment. *Forensic Science International*. 5. 1 – 5.

Drahošová, B. Hmyz nad mrtvým tělem pomáhá odhalovat vrahy [online]. *Technet.idnes*. únor 2011. [cit. 2015-12-10]. Dostupné z <http://technet.idnes.cz/hmyz-ukryva-tajemstvi->

zlocinu-a-hana-sulakova-je-umi-rozlustit

pwj/veda.aspx?c=A110211_1531102_tec_tecnika_vse.

Elišová H., Šuláková H. 2012. Forezní biologie. In Štefan J., Hladík J. a kol. Soudní lékařství a jeho moderní trendy. Grada. Praha. 448s. ISBN 978-80-247-3594-8

Fürbach, M. Farma na mrtvoly. Podívejte se, co dokáží brouci a slunce s lidským tělem[online]. Technet.idnes. červen 2008. [cit. 2015-12-10]. Dostupné z http://technet.idnes.cz/farma-na-mrtvoly-podivejte-se-co-dokazi-brouci-a-slunce-s-lidskym-telem-1mp-/tec_tecnika.aspx?c=A080610_170447_tec_tecnika_fur

Grassberger M., Frank C. 2004. Initial Study of Arthropod Succession on Pig Carrion in a Central European Urban Habitat. *Journal of Medical Entomology*. 41 (3). 511 – 523.

Gregor F., Rozkošný R., Barták M., Vaňhara J. 2002. The Muscidae (Diptera) of Central Europe. FOLIA. Brno. 280s. ISBN 80-210-2773-8

Gregor F., Rozkošný R. 2009. Muscidae Latreille, 1802. Checklist of Diptera of the Czech Republic and Slovakia. Bratislava. Comenius university. ISBN 978-80-969629-4-5. Dostupné také z <http://www.edvis.sk/diptera2009/families/muscidae.htm>. Elektronická verze 2.

Gregor F., Rozkošný R., Barták M., Vaňhara J. 2015. Manual of Central European muscidae (Diptera). Schweizerbart Science Publishers. Stuttgart. In press. p. 283.

Gunn A., Bird J. 2010. The ability of the blowflies *Calliphora vomitoria* (Linnaeus), *Calliphora vicina* (Rob-Desvoidy) and *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae) and the muscid flies *Muscina stabulans* (Fallén) and *Muscina prolapsa* (Harris) (Diptera: Muscidae) to colonise buried remains. *Forensic Science International*. 207 (2011). 198 – 204.

Hrudová E. 2014. Poznáváme hmyz (37. díl) Řád dvoukřídílí VI. – čeleď moučovití, bodalkovití, slunilkovití a klošovití. *Agromanuál*. 9 (8). 54 – 55.

Klimešová V., Slobodová M., Šuláková H., Barták M. 2014. Využití čeledi Muscidae (Diptera) ve forezní praxi. 6th Workshop on biodiversity, Jevany. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha – Suchbát. 198s. ISBN: 978-80-213-2527-2

- Khoobdel M., Davari B. 2011. Fauna and abundance of medically important flies of Muscidae and Fanniidae (Diptera) in Tehran, Iran. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. 15. 2. 2011. 220 – 223.
- Kovacs F, Medveczky I, Papp L, Gondar E. 1990. Role of prestomal teeth in feeding of the house fly, *Musca domestica* (Diptera; Muscidae). *Medical and Veterinary Entomology*. 4. 331 – 335.
- Laupy M. 1994. Post mortem interval a nekrofilní mouchy. *Kriminalistika*. 27. 2. 1994. 121 – 135
- Obenberger J. 1953. Hmyz a kriminalistika (Zjišťování doby smrti podle působení hmyzu na tělo). Separát knihovny SNB II/ 3. 14s.
- Průchová M. 2014. Využití živočichů v kriminalistice se zaměřením na čeleď Muscidae. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. 42s.
- Povolný D. 1978. Hmyz v kriminologii. *Vesmír*. 57 (7). 205 – 208.
- Povolný D. 1979. Některá hlediska praktického využití hmyzu v kriminalistice. *Kriminalistický sborník*. (10). 620 – 632.
- Povolný D. 1982. Několik úvah o osudech mrtvol obratlovců v přírodě. *Živa*. 1. 24 – 28.
- Rosický B., Daniel M. 1989. Lékařská entomologie a životní prostředí. Academia. Praha. 437s. ISBN: 21-058-89
- Schroeder H., Klotzbach H., Püschel K. 2003. Insects' colonization of human corpse in warm and cold season. *Legal Medicine*. 5. p. 372 – 374.
- Skidmore P. 1985. The biology of the Muscidae of the world. W. Junk Publisher. Dordrecht. p. 550. ISBN 90-6193-190-8
- Smith K. G. V. 1986. A manual of forensic entomology. British Museum (Natural History) and Cornell University. Oxford. p. 205. 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. Forenzní entomologie – když smrt je začátek. *Živa*. 5. 250 – 256.

Šuláková, H. 2015. Ústní sdělení. Forezní znalec, Kriminalistický ústav Praha Policie České republiky, 18. února 2016.

Šuláková H., Markvartová J., Beran M. 2013. Hmyz a mrtvý muž v bytě. Soudní lékařství. 1. 1 – 5.

Tesař J. 1985. Soudní lékařství. Avicenum, Praha. 800s.

University of Tennessee. Collections and Research[online]. fac.utk.edu. leden 2013. [cit. 2016-01-05]. Dostupné z <http://fac.utk.edu/facilities.html>

Watson E. J., Carlton C. E. 2003. Spring Succession of Necrophilous Insects on Wildlife Carcasses in Louisiana. Journal of Medical Entomology. 40 (3). 338 – 347.

Watson E. J., Carlton C. E. 2005. Insect Succession and Decomposition of Wildlife Carcasses During Fall and Winter in Louisiana. Journal of Medical Entomology. 42 (2). 193 – 203.

Weber G. 1980. Untersuchungen zur hygienischen Bedeutung der Fliegen auf Autobahnparkplätzen (Diptera, Muscidae, Calliphoridae). Giessen. p. 140.

Znachor P. 2008. Rozsivky – podivuhodné řasy v krabičce. Živa. 1. 10 – 11.

9. Seznam použitých zkratek

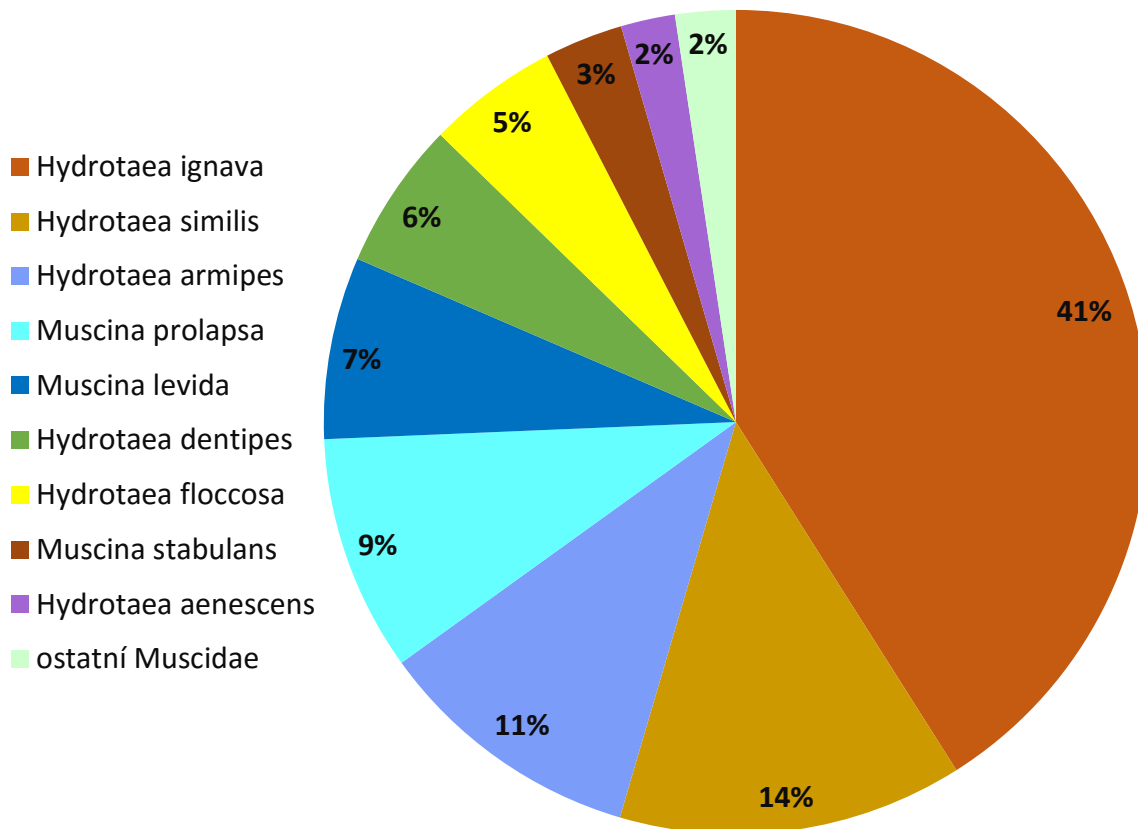
PMI – Post mortem interval

10. Samostatné přílohy

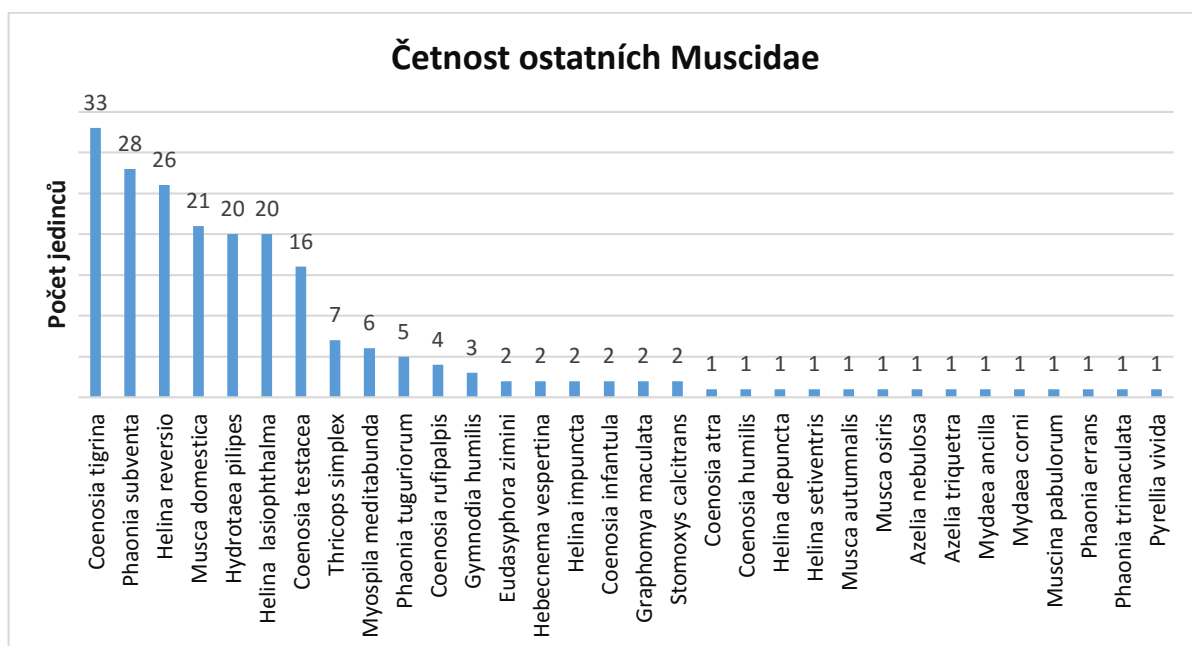
Den expozice	Datum výběru pasti	Celkový počet Muscidae
88	06. 03. 15	3
100	18. 03. 15	156
107	25. 03. 15	353
114	01.04. 15	122
120	07. 04. 15	12
127	14. 04. 15	70
141	28. 04. 15	162
149	06. 05. 15	0
157	14. 05. 15	105
162	19. 05. 15	220
170	27. 05. 15	1 318
176	02. 06. 15	918
184	10. 06. 15	3 136
191	17. 06. 15	60
196	22. 06. 15	55
204	30. 06. 15	867
211	07. 07. 15	133
219	15. 07. 15	92
225	21. 07. 15	49
232	28. 07. 15	11
238	03. 08. 15	74
246	11. 08. 15	40
254	19. 08. 15	156
261	26. 08. 15	233
267	01. 09. 15	98
275	09. 09. 15	140
283	17. 09. 15	80
290	24. 09. 15	96
297	01. 10. 15	34
310	14. 10. 15	142
322	26. 10. 15	63
339	12. 11. 15	77

Tab. 1 Součty zástupců čeledi Muscidae za jednotlivé odběrové dny

Procentuální zastoupení Muscidae



Graf 1 Procentuální zastoupení Muscidae



Graf 2 Četnost ostatních Muscidae

Období		Hydrotaea ignava		Hydrotaea similis		Hydrotaea armipes		Muscina prolapsa	
měsíc	rok	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
prosinec	2014	0	0	0	0	0	0	0	0
leden	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
únor	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
březen	2015	0	1	0	0	0	0	1	129
duben	2015	8	20	1	10	34	47	1	60
květen	2015	176	455	20	386	121	137	34	3
červen	2015	737	1 971	44	734	224	256	43	230
červenec	2015	11	95	3	4	10	15	7	27
srpen	2015	6	67	0	14	9	36	56	130
září	2015	2	91	0	1	0	10	35	71
říjen	2015	1	80	0	9	0	37	6	8
listopad	2015	0	1	0	2	0	19	0	0
prosinec	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
celkem	—	941	2 781	68	1 160	398	557	183	658

Tab. 2 Přehled dominantních Muscidae

Období		Muscina levida		Hydrotaea dentipes		Hydrotaea floccosa		Muscina stabulans		Hydrotaea aenescens	
měsíc	rok	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
prosinec	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
leden	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
únor	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
březen	2015	37	327	0	0	0	0	1	11	0	0
duben	2015	20	116	9	83	0	1	7	18	0	0
květen	2015	0	3	19	157	1	103	2	4	1	1
červen	2015	1	19	17	139	16	262	25	68	81	84
červenec	2015	1	1	1	6	0	36	13	17	7	11
srpen	2015	2	26	0	9	0	33	14	35	1	6
září	2015	16	65	1	11	0	1	21	30	1	0
říjen	2015	11	3	0	46	0	6	3	6	0	0
listopad	2015	0	0	0	28	0	9	1	3	0	0
prosinec	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
celkem	—	88	560	47	479	17	451	87	192	91	102

Tab. 3 Přehled subdominantních druhů

Období		Coenosia tigrina		Phaonia subventa		Helina reversio		Musca domestica	
měsíc	rok	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
prosinec	2014	0	0	0	0	0	0	0	0
leden	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
únor	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
březen	2015	0	0	2	0	0	0	0	0
duben	2015	0	0	2	0	0	4	0	0
květen	2015	5	0	1	0	0	0	0	2
červen	2015	3	5	0	1	0	1	0	4
červenec	2015	3	6	2	0	0	0	0	1
srpen	2015	1	5	0	1	0	4	0	9
září	2015	2	3	0	0	0	14	0	4
říjen	2015	0	0	0	19	0	3	0	1
listopad	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
prosinec	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
celkem	—	14	19	7	21	0	26	0	21

Tab. 4 Přehled recedentních druhů

Období		Hydrotaea pilipes		Helina lasiophthalma		Coenosia testacea		Thricops simplex	
měsíc	rok	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
prosinec	2014	0	0	0	0	0	0	0	0
leden	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
únor	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
březen	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
duben	2015	0	0	0	0	1	0	0	0
květen	2015	0	2	1	0	0	1	0	0
červen	2015	0	8	0	2	0	1	0	0
červenec	2015	1	5	0	0	1	1	1	1
srpen	2015	0	1	0	0	2	0	0	3
září	2015	0	2	0	12	6	3	0	2
říjen	2015	0	1	0	5	0	0	0	0
listopad	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
prosinec	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
celkem	—	1	19	1	19	10	6	1	6

Tab. 5 Přehled recedentních druhů II.

Období		Myospila meditabunda		Phaonia tuguriorum		Coenosia rufipalpis		Gymnodia humilis	
měsíc	rok	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
prosinec	2014	0	0	0	0	0	0	0	0
leden	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
únor	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
březen	2015	0	0	0	1	0	0	0	0
duben	2015	0	1	0	1	0	0	0	0
květen	2015	0	0	0	0	0	4	0	0
červen	2015	0	1	0	1	0	0	0	0
červenec	2015	0	0	0	0	0	0	0	2
srpen	2015	1	2	0	1	0	0	0	1
září	2015	0	1	1	0	0	0	0	0
říjen	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
listopad	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
prosinec	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
celkem	—	1	5	1	4	0	4	0	3

Tab. 6 Přehled recedentních druhů III.

Období		Eudasyphora zimini		Hebecnema vespertina		Helina impuncta		Coenosia infantula	
měsíc	rok	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
prosinec	2014	0	0	0	0	0	0	0	0
leden	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
únor	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
březen	2015	1	1	0	0	0	0	0	0
duben	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
květen	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
červen	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
červenec	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
srpen	2015	0	0	1	0	0	0	0	0
září	2015	0	0	0	0	0	2	0	2
říjen	2015	0	0	0	1	0	0	0	0
listopad	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
prosinec	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
celkem	—	1	1	1	1	0	2	0	2

Tab. 7 Přehled recedentních druhů IV.

Období		Graphomya maculata		Stomoxys calcitrans		Coenosia atra		Coenosia humilis	
měsíc	rok	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
prosinec	2014	0	0	0	0	0	0	0	0
leden	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
únor	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
březen	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
duben	2015	0	1	0	0	0	0	0	0
květen	2015	0	0	0	0	0	0	0	1
červen	2015	0	0	0	1	0	0	0	0
červenec	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
srpen	2015	0	1	0	0	1	0	0	0
září	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
říjen	2015	0	0	0	1	0	0	0	0
listopad	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
prosinec	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
celkem	—	0	2	0	2	1	0	0	1

Tab. 8 Přehled recedentních a sporadicky se vyskytujících druhů

Období		Helina depuncta		Helina setiventris		Musca autumnalis		Musca osiris	
měsíc	rok	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
prosinec	2014	0	0	0	0	0	0	0	0
leden	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
únor	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
březen	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
duben	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
květen	2015	0	0	0	0	0	0	0	1
červen	2015	0	0	0	0	1	0	0	0
červenec	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
srpen	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
září	2015	0	0	0	1	0	0	0	0
říjen	2015	0	1	0	0	0	0	0	0
listopad	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
prosinec	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
celkem	—	0	1	0	1	1	0	0	1

Tab. 9 Přehled sporadicky se vyskytujících druhů I.

Období		Azelia nebulosa		Azelia triquetra		Mydaea ancila		Mydaea corni	
měsíc	rok	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
prosinec	2014	0	0	0	0	0	0	0	0
leden	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
únor	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
březen	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
duben	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
květen	2015	0	1	0	1	0	0	0	0
červen	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
červenec	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
srpen	2015	0	0	0	0	0	1	0	0
září	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
říjen	2015	0	0	0	0	0	0	0	1
listopad	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
prosinec	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
celkem	—	0	1	0	1	0	1	0	1

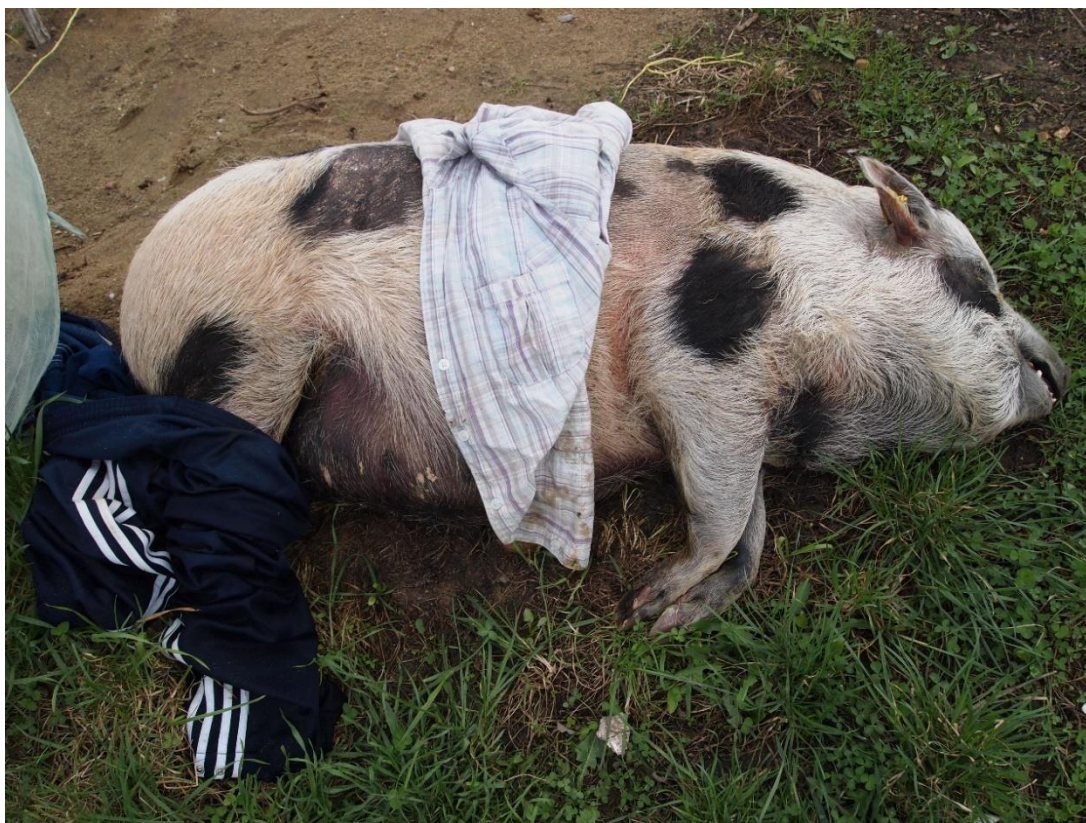
Tab. 10 Přehled sporadicky se vyskytujících se druhů II.

Období		Muscina pabulorum		Phaonia errans		Phaonia trimaculata		Pyrellia vivida	
měsíc	rok	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
prosinec	2014	0	0	0	0	0	0	0	0
leden	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
únor	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
březen	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
duben	2015	0	1	0	0	1	0	0	0
květen	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
červen	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
červenec	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
srpen	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
září	2015	0	0	0	0	0	0	0	1
říjen	2015	0	0	0	1	0	0	0	0
listopad	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
prosinec	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
celkem	—	0	1	0	1	1	0	0	1

Tab. 11 Přehled sporadicky se vyskytujících se druhů III.



Obrázek 1 První vlna: 9. 12. 2014, čerstvé tělo (Zdroj: H. Šuláková)



Obrázek 2 Druhá vlna: 1. 4. 2015, nadmuté tělo (Zdroj: H. Šuláková)



Obrázek 3 Třetí vlna: 27. 5. 2015, biochemicky aktivní zmýdelnění tuků (Zdroj: H. Šuláková)



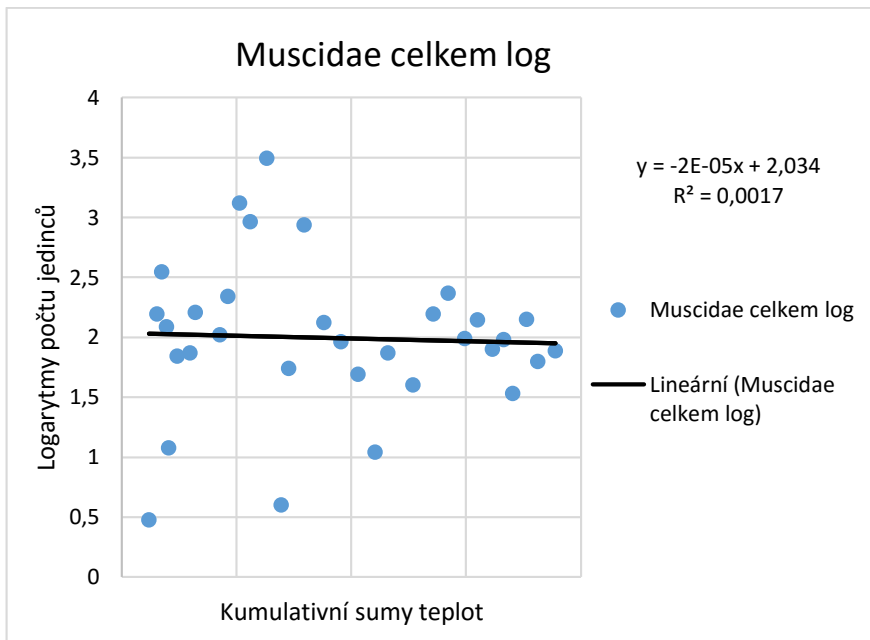
Obrázek 4 Třetí vlna: 30. 6. 2015, biochemicky aktivní fermentace proteinů (Zdroj: H. Šuláková)



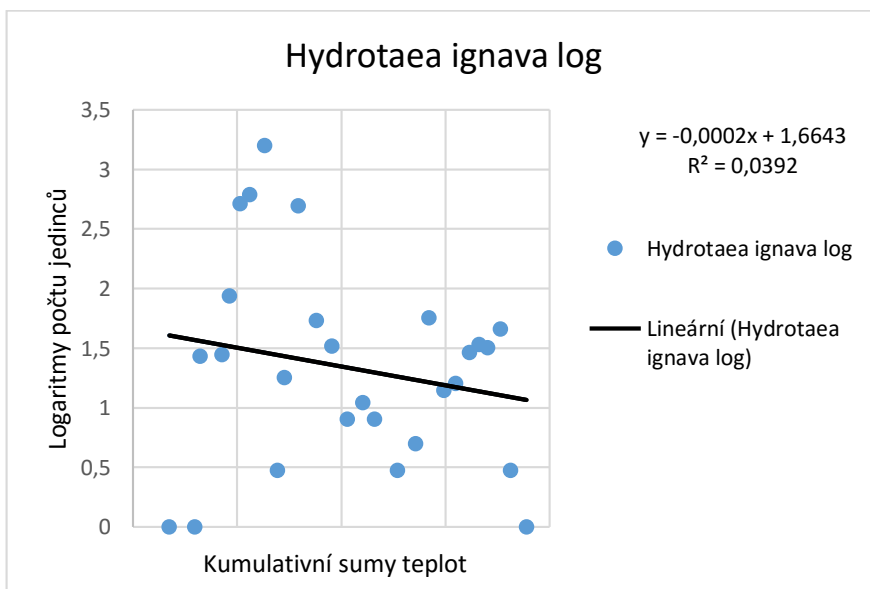
Obrázek 5 Čtvrtá vlna: 1. 10. 2015, pokročilý rozklad (Zdroj: H. Šuláková)



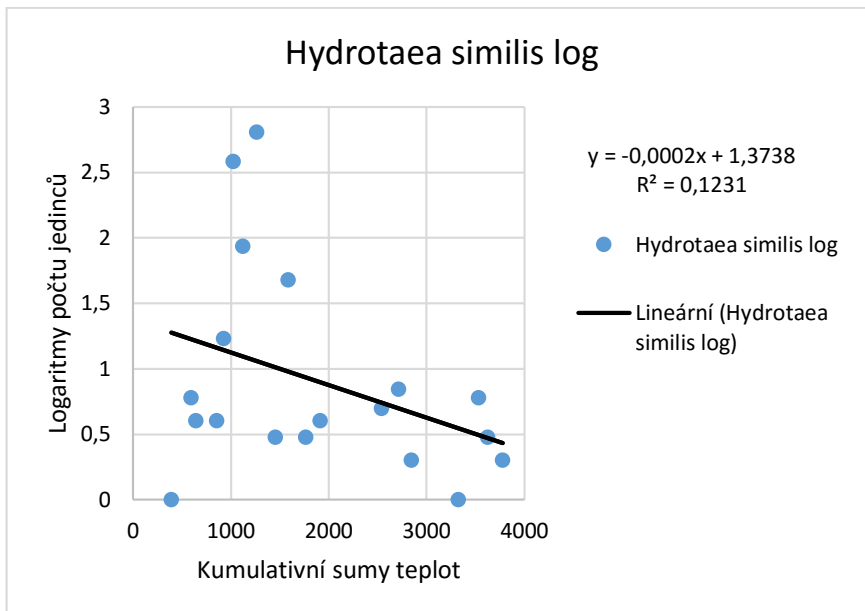
Obrázek 6 Počátek páté vlny: 27. 12. 2015, postupné vysychání zbytků (Zdroj: H. Šuláková)



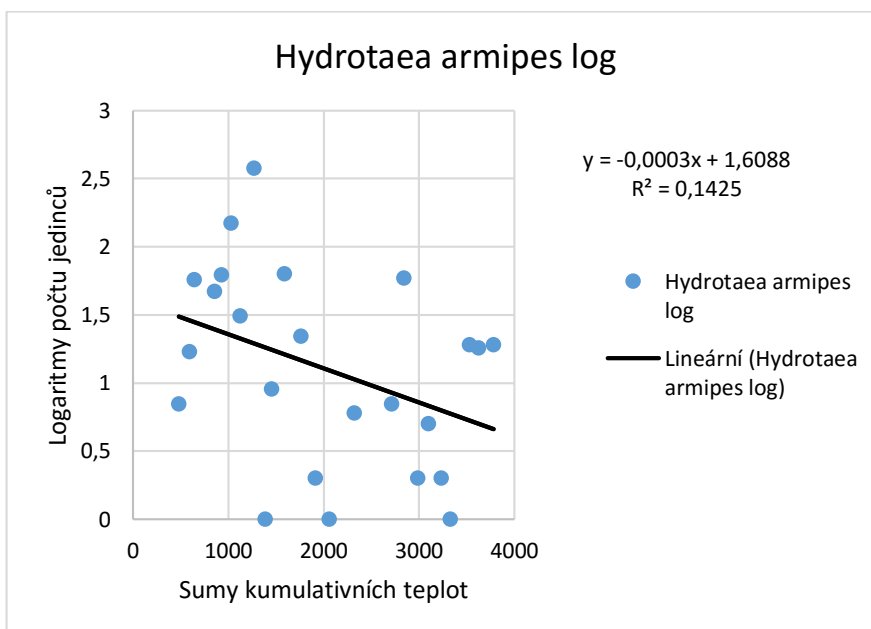
Graf č. 3 Vyhodnocení závislosti kumulativní sumy teplot k celkovému počtu Muscidae



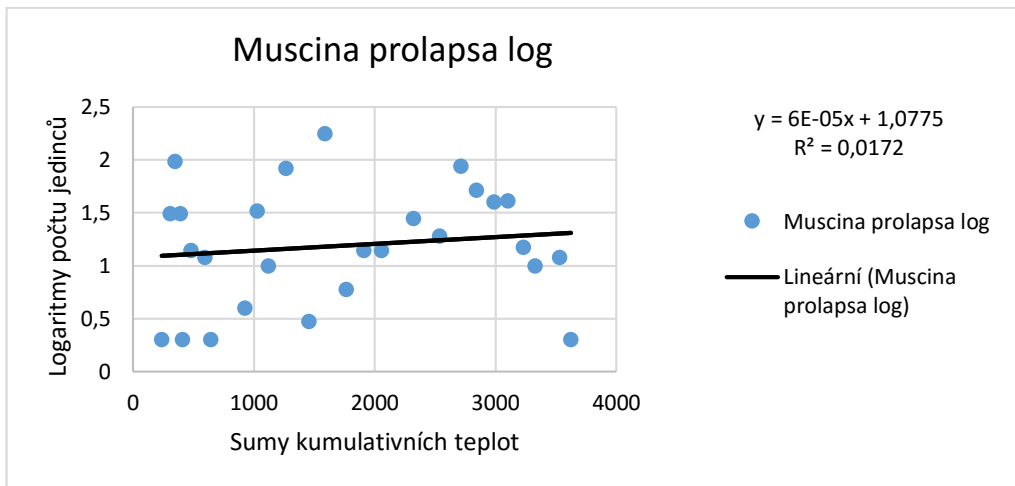
Graf č. 4 Vyhodnocení závislosti kumulativní sumy teplot k počtu jedinců *Hydrotaea ignava*



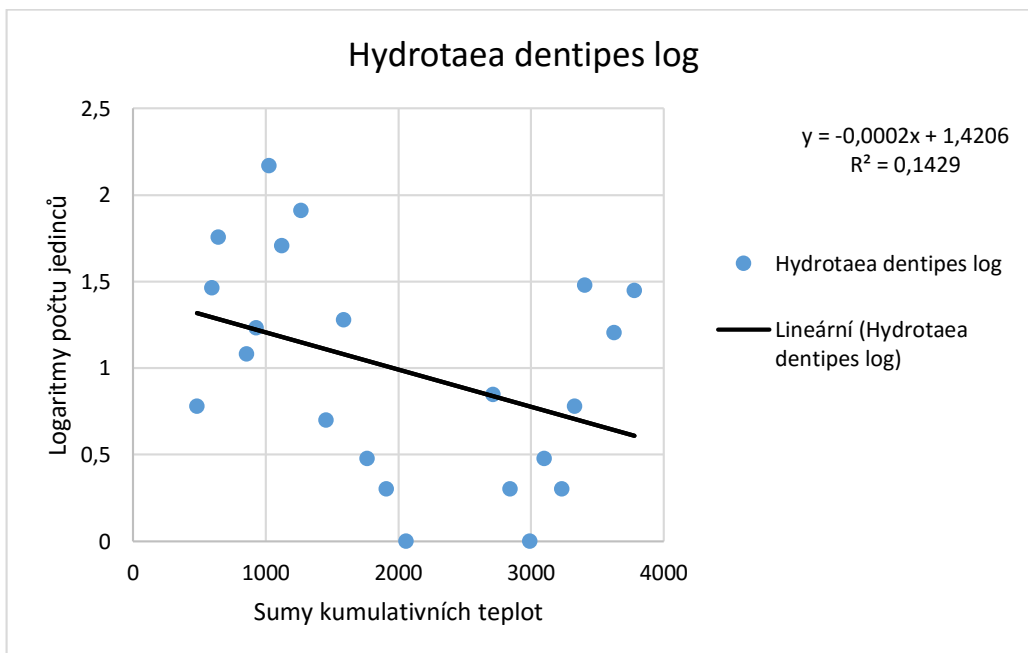
Graf č. 5 Vyhodnocení závislosti kumulativní sumy teplot k počtu jedinců *Hydrotaea similis*



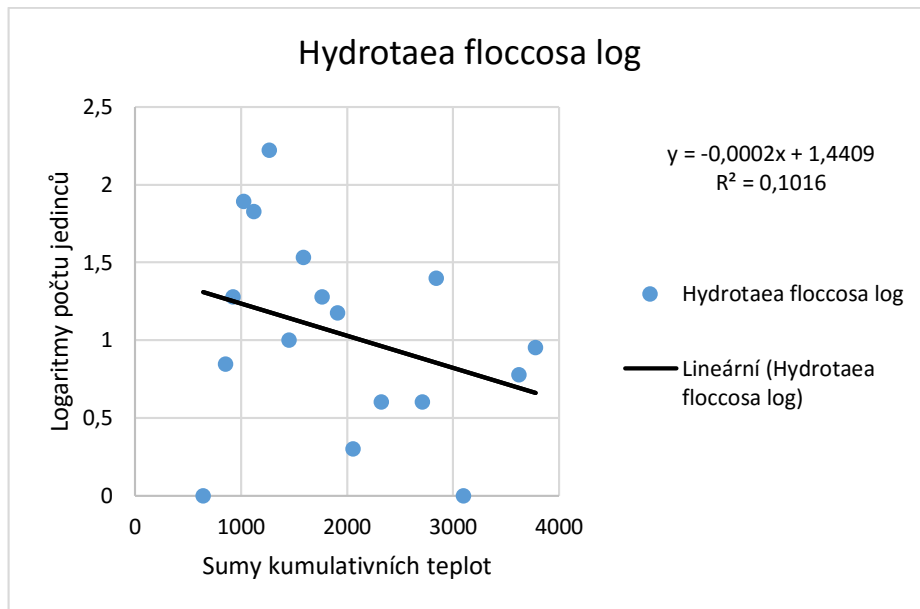
Graf č. 6 Vyhodnocení závislosti kumulativní sumy teplot k počtu jedinců *Hydrotaea armipes*



Graf č. 7 Vyhodnocení závislosti kumulativní sumy teplot k počtu jedinců *Muscina prolapsa*



Graf č. 8 Vyhodnocení závislosti kumulativní sumy teplot k počtu jedinců *Hydrotaea dentipes*



Graf č. 9 Vyhodnocení závislosti kumulativní sumy teplot k počtu jedinců *Hydrotaea floccosa*