

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Rozdíly v zastoupení forenzně významných druhů řádů
Diptera a Coleoptera mezi odlišnými biotopy**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Tereza Dočekalová

Obor studia: Zájmové chovy zvířat

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

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Rozdíly v zastoupení forenzně významných druhů řádů Diptera a Coleoptera mezi odlišnými biotopy" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12. 4. 2019

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. RNDr. Miroslavu Bartákovi, CSc. za odborné vedení, ochotu a rady při zpracování diplomové práce. Ing. Jiřímu Martiňákovi za výpomoc při výběru pastí v květnu 2017. Mámě a dědovi za výpomoc s identifikací přírodnin v příslušných biotopech.

Rozdíly v zastoupení forenzně významných druhů řádů Diptera a Coleoptera mezi odlišnými biotopy

Souhrn

Tato diplomová práce se zabývá rozdíly v zastoupení forenzně významných druhů řádů Diptera a Coleoptera mezi odlišnými biotopy a jejich využitím v kriminalistické praxi. První část práce je zaměřena na sepsání literární rešerše, která pojednává o současném využití hmyzu ve forenzní entomologii a uvádí významné nekrofágní zástupce, charakteristické pro určitý biotop. Ve druhé části je popsán terénní experiment, během kterého byla zjišťována četnost a druhové zastoupení forenzně významných druhů hmyzu mezi odlišnými biotopy (město, les a rybník) v kraji Vysočina. Za pomoci výpočtů kvantitativní synekologické analýzy bylo zjištěno, že největší druhová podobnost mezi dvoukřídlými byla při porovnání biotopů město vs. rybník (84,63 %) a nejmenší les vs. rybník (66,41 %). U brouků byla naopak největší druhová podobnost při porovnání les vs. rybník (78,49 %) a nejmenší město vs. les (37,47 %). Vysoká procentuální podobnost společenstev mohla být způsobena několika faktory. Např. vysázené stromy kolem rybníku, které vykazovaly u brouků podobnost s lesem ze 78,49 % nebo statek se zvířaty a osada v okolí rybníku, které u dvoukřídlých měli podobnost z 84,63 %.

Klíčová slova: forenzní entomologie, Diptera, Coleoptera, diverzita biotopů, sukcese, post-mortem interval

Differences in species composition of forensically important Diptera and Coleoptera among different habitats

Summary

This thesis deals with differences in species composition and frequency of occurrence of necrophagous Diptera and Coleoptera between various habitats and use this knowledge in forensic practice. The first part of the thesis focuses on the literary review about the contemporary use of insects in forensic entomology and presents significant representatives, characteristic of a particular biotope. The second part describes the field experiment in which the frequency and species distribution of forensic species among the different biotopes (city, forest and pond) was detected in Vysočina region. The differences were found in species similarity between habitats using quantitative synecological analysis. The highest species similarity in Diptera was observed between city and pond (84.63 %). The smallest similarity was found between forest and pond (66.41 %). Concerning Coleoptera, the highest similarity was found between forest and pond (78.49 %) and the smallest between city and forest (37.47 %). The high similarity between studied communities may be due to several factors, e.g. some trees occurred around the pond, which increased the similarity with forest (78.49 %) in Coleoptera or a farm with animals and a small settlement in the vicinity of the pond, increasing similarity between those habitats in Diptera (84.63 %).

Keywords: forensic entomology, Diptera, Coleoptera, diversity of biotopes, insect succession, post-mortem interval

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce	2
3 Literární rešerše	3
3.1 Sukcese hmyzu	3
3.2 Dvoukřídlí (Diptera).....	7
3.2.1 Morfologie dvoukřídělých.....	8
3.2.2 Anatomie a fyziologie	10
3.2.3 Významní zástupci ve forenzní praxi	12
3.2.3.1 Calliphoridae (bzučivkovití).....	12
3.2.3.2 Piophilidae (sýrohloďkovití)	15
3.2.3.3 Sarcophagidae (masařkovití)	16
3.2.3.4 Muscidae (mouchovití)	18
3.2.3.5 Fanniidae (slunilkovití)	21
3.2.3.6 Scathophagidae (výkalnicovití)	22
3.2.3.7 Sepsidae (kmitalkovití).....	23
3.2.3.8 Phoridae (hrbilkovití)	23
3.2.3.9 Drosophilidae (octomilkovití)	24
3.3 Brouci (Coleoptera)	25
3.3.1 Způsob života	25
3.3.2 Morfologie řádu Coleoptera	26
3.3.3 Vývojový cyklus	27
3.3.4 Významní zástupci ve forenzní praxi	29
3.3.4.1 Silphidae (mrchožroutovití)	29
3.3.4.2 Dermestidae (kožojedovití).....	31
3.3.4.3 Staphylinidae (drabčíkovití)	33
3.3.4.4 Histeridae (mršníkovití)	35
3.3.4.5 Nitidulidae (lesknáčkovití)	36
3.3.4.6 Cleridae (pestkrovecňikovití).....	37
3.4 Rozdíly mezi biotopy v kriminální praxi	38
3.4.1 Studie a případy ze světa	38
3.4.2 Studie z České republiky	41

4 Metodika	44
4.1 Popis lokality	44
4.1.1 Město Chotěboř	44
4.1.2 Les–přírodní rezervace.....	46
4.1.3 Rybník Lhotka.....	50
4.2 Popis experimentu	52
4.3 Odběrová metoda	53
4.4 Zpracování vzorků a výsledků	54
5 Výsledky	55
5.1 Výsledky–souhrnné	55
5.2 Výsledky–město	55
5.3 Výsledky–les	56
5.4 Výsledky–rybník	57
6 Diskuze	58
7 Závěr	67
8 Literatura.....	68
9 Seznam použitých zkratk a symbolů	75
10 Samostatné přílohy.....	I

1 Úvod

Forenzní entomologie představuje speciální obor aplikované biologie, která nalézá uplatnění v kriminalistice a v oblasti trestního a občanského práva. Zaměřuje se zejména na hmyz a ostatní členovce, kteří kolonizují mrtvá těla, podílejí se na různých fázích degradace, ovlivňují zastoupení nekrofágní fauny a napomáhají jako nepřímé důkazy v průběhu soudního vyšetřování. Nejznámější a nejčastěji využívanou metodou je tzv. stanovení doby kolonizace mrtvého těla hmyzem na základě které lze odvodit post-mortem interval (PMI), neboli dobu, která uplynula od smrti jedince do okamžiku jeho nálezu. Stanovení tohoto odhadu vychází ze znalostí postupných změn rozkladu mrtvých těl v přírodě, kde jsou kadávery na základě předem známého schématu postupně kolonizovány hmyzem. Forenzní entomologie se uplatňuje především tehdy, pokud jsou mrtvá těla natolik degradována, že již není možné přesně určit dobu úmrtí prostřednictvím soudně lékařských metod (Šuláková a kol., 2013). Jestliže jsou mrtvá těla nalezena po více než 72 hodinách, jsou 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 nejčastěji zmiňována v souvislosti s hmyzem, který osidluje lidské tkáně v průběhu posmrtných změn. Ovšem kromě odhadu post-mortem intervalu lze pomocí forenzně entomologických metod zjistit například i příčiny vlivů na dopravní nehody, určit zeměpisný původ oběti, prokázat přesun pozůstatků, zneužívání dětí či zanedbávání starších osob (Šuláková, 2014). Tato diplomová práce je zaměřena na dvoukřídlé a brouky. Dle Daňka a kol. (1983) je to právě dvoukřídlý hmyz, který se zdá být pro určení doby úmrtí nejvhodnější, jelikož většina má velmi krátký vývojový cyklus. Významný rozdíl mezi zástupci druhů Diptera a Coleoptera spočívá ve způsobu života. Zatímco larvy much využívají mrtvá těla jako potravu, dospělci jsou na kadáveru přítomni jen po dobu kopulace a kladení vajíček. U brouků jsou odumřelé tkáně zdrojem potravy po celý život. Jak uvádí Daněk (1980) mrtvá těla zvířat jsou v přírodě příznačnou návnadou pro určitý biotop, ve kterém se vyskytují v převážné většině jen typické druhy hmyzu. Předpokladem této práce je rovněž domněnka, že v proteinových pastech, umístěných jednotlivě v každém biotopu, budou zachyceny především druhy charakteristické pro dané prostředí. Je však nutno brát v úvahu i různé faktory, které mohou ovlivnit druhové zastoupení typické pro určité biotopy.

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce bylo shromáždit informace o forenzně významných druzích řádů Diptera a Coleoptera a jejich vztahu k vybraným biotopům prostřednictvím literární rešerše a ověřit tyto poznatky terénním experimentem. Literární rešerše byla sepsána za pomoci tištěných odborných publikací, internetových databází ze serveru infozdroje.czu.cz a mnohých dalších. U zoologických a botanických nomenklatur byly uvedeny údaje z internetového zdroje www.eu-nomen.eu.

Experimentální část je zaměřena na terénní pokus, při kterém bylo sledováno zastoupení a druhová četnost nekrofágního hmyzu mezi odlišnými biotopy (město, les a břeh rybníku). Všechny forenzně významné druhy odchycené do proteinových pastí byly následně determinovány, statisticky vyhodnoceny a porovnány s druhy uvedenými v zahraniční literatuře.

Nulová hypotéza: Druhové spektrum forenzně významných druhů dvoukřídlých a brouků se liší mezi jednotlivými biotopy.

3 Literární rešerše

3. 1 Sukcese hmyzu

Sukcesi definoval roku 1916 F. E. Clements jako nesezónní, směřovaný a kontinuální proces kolonizace a zániku populací jednotlivých druhů na určitém místě (Šuláková, 2006). Dnes je sukcese definována jako časově zákonitý sled nástupu určité fauny, která je zároveň ovlivňována klimatickými změnami a dalšími jevy z prostředí (Šuláková, 2006; Povolný, 1978).

Podrobnému popisu rozkladu lidských těl se věnoval francouzský vojenský veterinář a entomolog Jean Pierre Mégnin. Ve svém díle *La faune des cadavres* (Fauna mrtvolná) uvedl, že celý proces sukcese trvá po dobu tří let a rozdělil ji do osmi období, tzv. vln: 1. čerstvé tělo, 2. začátek rozkladu, 3. zmýdelnění, 4. sýrovatění, 5. ztekucování zbytků, 6. vysychání zbytků, 7. vysušené zbytky a 8. trouchnivění (Šuláková, 2006). Později bylo M. E. Fullerem (1934) období sukcese sníženo jen na tři fáze: čerstvé tělo, hniloba a vysoušení zbytků. Dnes jsou již sukcesní vlny rozděleny dle zeměpisných pásem, biotopů a ročních období. Obecně lze říci, že v oblastech rovníku, kde je vyšší teplota vzduchu lze očekávat méně sukcesních vln než v oblastech mírného pásu. V České Republice je sukcese členěna do šesti fází dle stupnice J. A. Peyneho a D. A. Crossleyho z roku 1966 (Šuláková, 2014).

První vlna nastává na čerstvém těle ve volné expozici bezprostředně po smrti jedince a ve výjimečných případech i v průběhu jeho umírání (Eliášová a Šuláková, 2012; Šuláková, 2014; Šuláková, 2006). Na mrtvole dominují bzučivky. Největší zastoupení mají zejména bzučivky rodu *Lucilia* Robineau-Desvoidy, 1830, *Calliphora* Robineau-Desvoidy, 1830 a druhy *Protophormia terraenovae* (Robineau-Desvoidy, 1830) a *Phormia regina* (Meigen, 1826). Běžně se v našich podmínkách na kadáverech vyskytuje asi třináct forenzně významných druhů bzučivek. Vajíčka jsou nejčastěji kladena do přístupných tělních otvorů, očních sliznic, ale také do různých poranění na kůži či do oděvu mrtvolky nasáklého tělními tekutinami (Šuláková, 2014). Daněk (1980) dále uvádí, že se v průběhu první sukcesní vlny mohou na mrtvolách vyskytovat i někteří jedinci z čeledi Muscidae, konkrétně uvádí druhy: *Musca domestica* Linnaeus, 1758, *Musca autumnalis* De Geer, 1776 a *Muscina stabulans* (Fallén, 1817). Z brouků se mohou objevit někteří zástupci z čeledi Carabidae (střevlíkovití) a některé

druhy vos, mravenců a škvorů. Šuláková (2014) doplňuje, že blanokřídlí (*Hymenoptera*) využívají mrtvé tkáně jen jako zdroj potravy a poté mrtvá těla zase opouštějí. Proto z hlediska stanovení post-mortem intervalu nemají skoro žádný význam. Daněk a kol. (1987) potvrzují, že vosy přilétající na kadévery, pomocí kusadel oddělují svalovou hmotu a oční bělmo a odnáší si je do hnízd. Povolný (1982) popisuje, že před koncem první vlny se kromě střevlíků mohou objevit i brouci z podčeledi *Nicrophorinae* (hrobařiči).

V průběhu druhé sukcesní vlny dochází činností bakteriálního rozkladu v trávicím ústrojí ke vzniku plyných látek a tělo se pozvolna nadýmá. Pokud ovšem dekompozice probíhá v letním období, kdy jsou vysoké teploty, může tento proces nastat již během několika hodin (Šuláková, 2014). Plyn, který se v těle rozkládá a uvolňuje do okolí, přitahuje nejen bzučivkovité, ale i další nekrofágní druhy z čeledí *Muscidae* (mouchovití) a *Sarcophagidae* (masařkovití) (Šuláková, 2006; Eliášová a Šuláková, 2012). Kromě dvoukřídlých začínají mrtvolu zpravidla kolonizovat i první druhy brouků (*Coleoptera*) (Šuláková, 2006). Nejčastěji se objevuje čeleď *Silphidae* (mrchožroutovití), zvláště rod *Thanatophilus* Leach, 1815 a druh *Necrodes littoralis* (Linnaeus, 1758) (Šuláková, 2014). Daněk (1980) zmiňuje, že v průběhu druhé fáze rozkladu mohou být přítomni i hrobařiči rodu *Nicrophorus* Fabricius, 1775. Kromě dvoukřídlých a brouků se na mrtvole mohou vyskytovat i někteří blanokřídlí, jejichž nejvýznamnějšími zástupci jsou chalcidky (*Chalcidoidea*), lumci a lumčiči (*Ichneumonoidea*). Samice blanokřídlých vyhledávají pro kladení vajíček ostatní hmyz, který kolonizuje mršiny. Vylíhlé larvy poté cizopasí uvnitř hostitele, kterého využívají jako zdroj potravy a současně se v něm i kuklí. Právě pro svůj pevný vztah těchto blanokřídlých na ostatní kolonizující hmyz, jsou vhodným bioindikátorem pro stanovení PMI (Šuláková, 2014). Daněk a kol. (1987) dodávají, že v průběhu druhé fáze dekompozice se mohou vyskytovat i první roztoči parazitující na broucích. Uvádějí zvláště savenku hrobařikovou *Poecilochirus necrophori* Vitzthum, 1930. V průběhu druhé sukcesní vlny se již značně mění i povrch pod mrtvolou, tzv. lože mrtvol. Pokud kadáver leží na travnatém povrchu, začíná tráva v důsledku ztráty chlorofylu žloutnout a zpomaluje svůj růst (Šuláková, 2006).

Ve třetí fázi degradace nastává biochemicky aktivní rozklad. Postupně dochází ke ztekucení kadáveru, za pomoci dvou procesů: zmýdelnění tuků a fermentace proteinů (Šuláková, 2014). V průběhu zmýdelnění tuků vznikají těkavé mastné kyseliny, z nichž nejintenzivnější zápach tvoří kyselina máselná (Šuláková, 2014; Daněk a kol., 1987). Ta vábí především mouchy rodu *Hydrotaea* Robineau-Desvoidy, 1830 a zvláště druh *Hydrotaea ignava* (Harris, 1780) (Šuláková, 2014). Dle Šulákové a kol. (2013) a Eliášové a Šulákové (2012) má z dvoukřídlých nejvyšší četnost v průběhu třetí a čtvrté vlny čeled' Muscidae. Povolný (1982) uvádí, že larvy rodů *Protophormia* Townsend, 1908 *Muscina* Robineau-Desvoidy, 1830 a zvláště *Fannia* Robineau-Desvoidy, 1830 jsou velmi dobře přizpůsobeny na vysoké koncentrace amoniaku, a proto ke kuklení dochází přímo v mrtvole.

Těkavé mastné kyseliny přitahují i mnoho druhů brouků. Z čeledi Staphylinidae (drabčíkovití) se objevuje druh *Creophilus maxillosus* (Linnaeus, 1758) a někteří zástupci rodů *Ontholestes* Ganglbauer, 1895, *Philonthus* Stephens, 1829 a *Aleochara* Gravenhorst, 1802. Mezi Histeridae (mršníkovití) mají svůj význam zvláště následující druhy: *Margarinotus brunneus* (Fabricius, 1775) a *Saprinus semistriatus* (L. G. Scriba, 1790). V neposlední řadě se na kadáverech vyskytují i Nitidulidae (lesknáčkovití), zvláště *Omosita discoidea* (Fabricius, 1775) a *Glischrochilus quadrisignatus* (Say, 1835) (Šuláková, 2014).

Ve druhé části třetí sukcesní vlny nastává fermentace proteinů, při které vznikají kaseózní látky. Ty mají charakteristické aroma, podobné zápachu přezrálého sýra, které vábí z čeledi Piophilidae (sýrohlodkovití) druhy *Stearibia nigriceps* (Meigen, 1826) a *Piophila casei* (Linnaeus, 1758). Dále z čeledi Sepsidae (kmitalkovití) je typický *Nemopoda nitidula* (Fallen, 1820) a pro čeled' Fanniidae (slunilkovití): *Fannia canicularis* (Linnaeus, 1761), *Fannia scalaris* (Fabricius, 1794) a *Fannia manicata* (Meigen, 1826) (Šuláková, 2014). Šuláková (2006) a Eliášová a Šuláková (2012) uvádějí, že při fermentaci proteinů se také nově objevuje čeled' Drosophilidae (octomilkovití). Z brouků se v dominantním zastoupení vyskytují z čeledi Dermestidae (kožojedovití), především *Dermestes frischii* Kugelann, 1792, *Dermestes undulatus* Brahm, 1790 a *Dermestes murinus* Linnaeus, 1758. Pro čeled' Cleridae (pestrokrovečnickovití) jsou forenzně významní: *Necrobia violacea* (Linnaeus, 1758) a *Necrobia rufipes* (De Geer, 1775). Jak kožojedi, tak pestrokrovečnickovití začínají kolonizovat mrtvoly od okrajových, již vysušených a částečně i skeletovaných částí těla (Šuláková, 2014). Potravou

jim však nejsou vysychající zbytky tkání, ale larvy ostatního hmyzu, které se zde vyvíjí od první a druhé fáze rozkladu (Daněk a kol., 1987). Ve třetí fázi rozkladu mohou oba procesy, jak zmýdelnění tuků, tak fermentace proteinů probíhat v jednom čase na jednotlivých částech kadáveru zvlášť, a proto může docházet i k osidlování výše zmíněných druhů v odlišném sledu (Šuláková, 2014).

Ve čtvrté sukcesní vlně nastává pokročilý rozklad. Ve zbylých částech měkkých tkání dochází k čpavkové fermentaci, při které se do okolí uvolňují amoniakální páry a nakyslý zápach kaseózních látek. Vzniklé produkty uvolňované v průběhu této fáze degradace nově vábí mouchy z čeledi Phoridae (hrbilkovití) (Eliášová a Šuláková, 2012; Šuláková, 2014; Vega, 2011). Daněk (1980) uvádí, že z hrbilkovitých jsou přítomny zvlášť: *Phora aterrima* (Fabricius, 1794) a *Megaselia rufipes* (Meigen, 1804). Kadáver nadále osidlují i larvy kmitalkovitých, sýrohlodkovitých, slunilkovitých a z brouků larvy pestrokrovečnickovitých a kožojedovitých. Z dospělých brouků jsou přítomny čeledi: Staphylinidae, Histeridae a Nitidulidae, kteří se zde mohou i rozmnožovat (Šuláková, 2014). Daněk (1990) a Šuláková (2006) uvádějí, že čtvrtá vlna je charakteristická i pro mrtvolu, ležící pod vodní hladinou. Pokud je mrtvé tělo uloženo pod vodou a vyplaveno až po několika měsících, nebudou se již v něm tvořit plynné látky, které by přitahovaly mouchy z předchozích fází rozkladu. Vyplavenou oběť budou kolonizovat výhradně zástupci typičtí pro fermentaci proteinů.

Pátá sukcesní vlna je typická vysycháním zbytků měkkých tkání. Dekompozice se nadále účastní larvy hrbílek, sýrohlodek a z brouků pestrokrovečníci a kožojedi. V průběhu páté fáze degradace se nově objevují Trogidae (hlodáčovití), zvlášť *Trox scaber* (Linnaeus, 1767) a *Trox sabulosus* (Linnaeus, 1758) (Šuláková, 2014). Na zbylých částech kadáveru dominují různé druhy roztočů, kteří se živí proteiny, narušují kosti, napadají kostní dřev a hojně se zde i rozmnožují (Eliášová a Šuláková, 2012; Šuláková, 2006; Šuláková, 2014). Roztoči však nejsou typickými zástupci páté vlny. Vyskytují se na mrtvých tělech již od první fáze sukcese, kdy je sem na svých tělech zanáší ostatní hmyz. Poté co larvy dvoukřídlých a brouků dokončí na kadáveru svůj vývoj, opět přenáší na svých tělech roztoče na další mrtvolu (Šuláková, 2014). Na mršinách postupně dochází i ke snížení počtu dospělých nekrofágů, neboť se výrazně snížil i počet larev, které byly jejich potravou (Daněk, 1980; Šuláková, 2006).

V průběhu šesté sukcesní vlny jsou obvykle patrný jen vlasy, somatické ochlupení, kosterní zbytky a výjimečně vyschlé chrupavky a vazivo. Degradace těchto pozůstatků se účastní především roztoči a nově přítomná čeleď Ptinidae (vrtavci). Ojediněle je ještě možný výskyt hlodáčů a kožojedů. Kromě fauny se mohou na rozkladu kostí podílet i některé zelené řasy, tzv. řasorosty (Algae) (Šuláková, 2014). Tato fáze sukcese na našem území zpravidla nastává ke konci prvního roku a ve druhém roce stárí kadáveru (Šuláková, 2006).

Výjimečně může nastat i 7. a 8. sukcesní vlna u mrtvol, které jsou již zcela vysušené a je patrný jen jejich skelet, případně zbylé části kůže, svalové tkáně či chrupavek. Přítomni jsou typičtí zástupci teplomilných a suchomilných druhů hmyzu. Sedmá vlna se objevuje jen u mrtvých těl nacházejících se v uzavřených prostorech, kde na ně nepůsobí povětrnostní vlivy (Šuláková, 2006; Daněk, 1980). Nejčastějšími zástupci, které je možné na zbytcích spatřit, jsou kožojedi, rušníci a moli. Osmá vlna nastává již velmi ojediněle a pouze u mrtvol ležících ve volné expozici déle než tři roky. Charakterističtí jsou pro ni různé druhy roztočů (Šuláková, 2006; Daněk, 1980). Případně lze ještě nalézt některé drabčičky, kteří vyhledávají úkryt pro přezimování či jen přechodné nepříznivé klimatické vlivy (Daněk, 1980).

3. 2 Dvoukřídlí (Diptera)

Dvoukřídlý hmyz patří mezi nejpočetnější hmyzí řády. Zhang (2011) uvádí, že celosvětově je známo 160 000 druhů. Diptera jsou skupinou hmyzu s proměnou dokonalou. U většiny dvoukřídlých, kromě některých krev sajících komárů, převládá denní aktivita (Sebastiano a Castro, 2019). Některé druhy přijímají rostlinné či ovocné nektary, ale existuje i mnoho druhů, které jsou koprofágní, nekrofágní či saprofágní. Pro účely této práce jsou nejvýznamnějšími zástupci synantropní druhy a přenašeči různých onemocnění. Gerhardt a Hribar (2019) uvádějí, že z veškerého hmyzu mají právě dvoukřídlí největší vliv na zdraví lidí a zvířat.

Diptera se tradičně dělí na dva podřády: *Nematocera* (komáři) a *Brachycera* (mouchy) (Bellmann, 2015). Pro komáry jsou charakteristická tykadla, jejichž bičík je složen nejméně ze 4 stejných článků (Obenberger, 1964). Mouchy mají naopak tykadla krátká (Bellmann, 2015) s jednočlenným bičíkem+. Z hlediska využití ve forenzní praxi se dvoukřídlí řadí mezi první

kolonizátory a primární konzumenty mrtvol, na rozdíl od brouků, kteří začínají dominovat kadáverům až v pokročilejších stádiích rozkladu (Madra et al., 2014).

3.2.1 Morfologie dvoukřídlých

Tělo je rozděleno na tři části: hlavu, hrud' a zadeček. Hlava je velmi pohyblivá a jsou na ní umístěny velké nápadné složené oči. Nejčastěji jsou zbarveny od červenohnědé, přes hnědou až po černou barvu. Výjimkou jsou například některé druhy čeledi Tabanidae (ovádovití), jejichž oči jsou rozmanitě zbarvené. Složené oči mohou být dvojího typu. Pokud se oči vnitřními okraji stýkají a čelo je tak zmenšeno, označují se takové oči jako holoptické. Naopak, pokud čelo ostře ohraničuje oči od sebe, nazývají se dichoptické. Všeobecně platí, že u mnoha druhů dvoukřídlého hmyzu mají samci mezioční prostor užší než samice. Okolo očí se mohou nacházet chloupky, které chrání oči před nečistotami a některé mají i funkci smyslovou (Javorek, 1967). Složené oči ovšem nemusí být jediné, které se na hlavě nacházejí. Některé druhy mohou mít ještě tři jednoduchá očka na temenní trojúhelníkovité vyvýšenině. Ta ale nemusí být vždy vyvinuta (Čepelák et al., 1977; Javorek, 1967).

Dalším důležitým orgánem na hlavě jsou tykadla, která mohou být složena ze 3 až 39 článků (Javorek, 1967). U podřádu Nematocera (komáři) jsou tykadla u většiny druhů buď dlouhá, nitkovitá nebo růžencovitá, složena z velkého počtu článků. Jen výjimečně mohou být zkrácená a stlačená. Podřád Brachycera (mouchy) má naopak tykadla zpravidla krátká a většinou tříčlenná (Čepelák et al., 1977).

Ústní ústrojí je dvojího typu, a to buď bodavě savé či lízavě savé. Od kořene sosáku odstupují čelistní makadla. U některých druhů však může být sosák redukován či zcela chybět (Javorek, 1967; Čepelák et al., 1977). Nižší Diptera, kteří sají krev, mají sosák utvořen dolním pyskem, v jehož pochvě jsou uložena dvě kusadla a dvě čelisti. A dále horním pyskem a jazýčkovitou vychlípeninou nazývanou hypofarynx. U vyšších dvoukřídlých tvoří sosák jen tři části. První část se nachází u kořene a vyrůstají z ní čelistní makadla. Na konci třetí části jsou umístěny polštářovité útvary, označované jako labely (Javorek, 1967).

Hrud' je tvořena ze třech částí: předohrud', středohrud' a zadohrud'. Z každého oddílu odstupuje jeden pár nohou a ze střední části i jeden pár blanitých křídel (Čepelák et al., 1977; Javorek, 1967). Druhý pár křídel vyrůstá na zadohrudí a je přeměněn v kyvadélka neboli haltery (Javorek, 1967; Čepelák et al., 1977; Hrudová, 2014b). Některé druhy, zvláště ty žijící na území se silnými a stálými povětrnostními podmínkami či druhy cizopasně, mohou mít kyvadélka redukována nebo mohou zcela chybět (Javorek, 1967). K letu jsou především vyvinuta přední křídla. Haltery mají jen podpůrnou funkci při udržování rovnováhy (Javorek, 1967; Hrudová, 2014b). Zatímco přední a zadní část hrudi je poměrně slabě utvářena, střední část je velmi robustní, důsledkem umístění mohutných svalů křídel (Čepelák et al., 1977; Javorek, 1967). Čepelák et al. (1977) i Javorek (1967) uvádějí, že právě díky silné svalovině patří dvoukřídlí mezi nejlepší a nejrychlejší letce z hmyzí říše. Exoskelet hrudi dvoukřídlych je tvořen ze tří částí: z horní (terga), spodní (sterna) a boční (pleury), ve které je na každém oddílu umístěna dvojice průduchů (Gregor et al., 2002; Čepelák et al., 1977).

Končetiny Dipter se skládají ze tří párů a druhově se liší dle tvaru a velikosti. První pár je mnohdy posunut více kraniálně v důsledku malé předohrudí. Zadní pár nohou může být uzpůsoben k přidržení samice během kopulace (Čepelák et al., 1977). K hrudi je připojena kyčel, na ní navazuje příkyčlí, následně nejsilnější část – stehno, které je kolenem připojeno k holeni a pětičlenné chodidlo. První chodidlový článek je často silnější či delší a označuje se jako pata. Naopak na posledním chodidlovém článku jsou umístěny dva drápky, pod kterými mohou být uloženy dva polštářky (Javorek, 1967). Ty umožňují přichycení k hladkému povrchu a usnadňují pohyb např. po skle (Hrudová, 2014b). Každý druh nese na nohou specifické ochlupení, které je jedním z několika determinačních znaků (Čepelák et al., 1977; Javorek, 1967). Přestože jsou štětiny na holeních druhově odlišné, u většiny zástupců jsou ještě jedním společným znakem více či méně vyvinuté koncové ostruhy na vnitřní straně holení před chodidlem (Javorek, 1967).

Základ zadečku je původně utvářen z 11 článků, ze kterých jsou nejméně poslední tři přetvořeny na součást kopulačního ústrojí (Čepelák et al., 1977). Výjimku tvoří podřád *Cyclorrhapha* (kruhošví), u kterých je v základu patrné jen 4 až 5 článků (bez kopulačního ústrojí) (Javorek, 1967). Samčí pohlavní soustava je tvořena 9.–11. zadečkovým článkem, přičemž v 9. článku je uložen penis. U samic se pohlavní otvor nachází na spodní straně

8.–9. článku. Jednotlivé dorzální části zadečku se podílejí na utváření kladélka, které může být u některých druhů i velmi výrazné (Čepelák et al., 1977; Javorek, 1967).

3.2.2 Anatomie a fyziologie

Povrch těla je pokryt jednou vrstvou pokožky, která na svůj povrch vylučuje kutikulu z chitinu. Kutikula vytváří vnější kostru těla a spolu s dalšími trámci vstupujícími do tělní dutiny se upínají příčně pruhované svaly, které se mohou rychle smršťovat. Svůj význam mají i tuková tělíska uložena volně v tělní dutině. Ta v sobě mohou dočasně či trvale hromadit jedovaté metabolity látkové přeměny (Javorek, 1967).

Trávicí soustavu utváří trávicí trubice, jejíž první část je složena z dutiny ústní, hltanu a jícnu. Tekutá potrava je nasávána pomocí svalů, jejichž umístění je druhově rozdílné. Mohou být umístěny v dutině hltanu nebo až v jícnu. U dvoukřídlých je v jícnu velmi charakteristický i objemný vak neboli vole. Kromě vaku jsou typické i slinné žlázy, které svou délkou mohou přesahovat celé tělo a svým uložením zasahovat až do zadečku (Javorek, 1967). Sliny obsahují enzymy, které štěpí některé živiny ještě dříve, než jsou vpraveny do trávicí soustavy. Druhy hematofágní mají ve svých slinách, kromě těchto fermentů i látky, které zabírají předčasně srážení krve (Javorek, 1967). Střední část trubice vystýlá sliznice, jejíž epitel vyměšuje trávicí enzymy a vstřebává natrávené živiny. Vyšší dvoukřídlí mají první oddíl střední části trubice rozšířen v žaludek a druhý kličkovitě ztenčený (Javorek, 1967). Na začátku třetí části ústí do trávicí trubice malpigické žlázy, které plní funkci vylučovacích orgánů. Počet žláz může být odlišný (2–5), často jsou však přítomny čtyři vývody. Zadní střevo může být rozděleno na dvě části: tenké delší a silnější kratší, na jehož konci je konečník (Javorek, 1967).

Dýchací soustava je tvořena vzdušnicemi, které jsou vystlány dýchacím epitelem. Po obvodu těla se rozprostírají dva tracheální kmeny, které jsou zvláště u komárů po celé délce těla až na konec zadečku rovnoměrně vyvinuty. Oproti komárům mají vyšší dvoukřídlí postranní kmeny utvářeny v objemné vzdušné vaky, především v hlavě, hrudi a zadečku. Obecně lze říci, že čím vytrvalejší jsou mouchy při letu, tím jsou jejich vzdušné vaky objemnější (Javorek, 1967).

Krev v těle dvoukřídlých je bezbarvá či nepatrně zbarvená tekutina, rozvádějící po těle pouze živiny. Kyslík se do tkání dostává přímým kontaktem se vzdušnicemi. Hlavními komponenty krve jsou krevní plazma a krevní buňky tzv. hemocyty. Některé hemocyty jsou schopny hromadit toxické metabolity a jiné mohou odstraňovat cizí částice, například bakterie. Krev v tělních dutinách koluje volně a do oběhu ji vypuzuje srdce trubicovitého tvaru, které je vzadu slepě zakončeno. Na průtoku krve se mimo jiné podílí i svalstvo, které je aktivováno pohybem (Javorek, 1967).

Nervová soustava je rozdělena na část centrální, obvodovou a sympatickou. Hmatové ústrojí tvoří štětiny, vlásky a brvy rozložené na mnoha částech těla, především na nohou, tykadlech a sosáku. Vysoce citlivé jsou i štětiny nacházející se v hrudní krajině a na zadečku, které jsou často také označovány jako centrum hmatu. Specifickou skupinou nervových buněk jsou specializované buňky na svrchní straně křídelních žilek, které reagují na tah, tlak a prohnutí křídla (Javorek, 1967).

Čich a chuť jsou rozpoznávány jamkovitými útvary, pod kterými se nachází smyslové buňky. Pachové stimuly jsou nejvíce vnímány na třetím tykadlovém článku, ale nacházejí se i na ostatních tykadlových člancích, čelistních makadlech, labelách sosáku apod. Taktéž chuťové buňky jsou mnohočetně rozmístěny. Ty nejsenzitivnější se rozprostírají na kraji sosáku, v okolí ústního otvoru a v blízkosti slinných žláz. U některých druhů bzučivek a mouchy domácí jsou přítomny chuťové buňky i na spodních stranách chodidlových článků (Javorek, 1967). Čichové ústrojí dvoukřídlých, zvláště druhů masožravých, koprofágních a cizopasných je velmi příznivě vyvinuto k vyhledávání potravy a patrně jsou tyto druhy zaměřeny jen na specifické pachy (Javorek, 1967). Statické a orientační ústrojí je uloženo v Johnstonovu orgánu, u kořene tykadel a na kyvadélkách. Johnstonův orgán je umístěn ve druhém tykadlovém článku a je uzpůsoben i pro vnímání záchvěvů vzduchu. Smyslové receptory umožňují hmyzu udržovat rovnováhu těla nejen ve fázi klidu ale i za letu (Javorek, 1967). Ústrojí zraku tvoří oči, které mohou být jednoduché či složené. U většiny druhů jsou oči přizpůsobeny pouze k vidění na krátkou vzdálenost. Na delší vzdálenost je rozpoznatelný jen pohyb nikoliv tvar. Stavba oka je odlišná dle způsobu života. Např. draví dvoukřídlí mají strukturu oka složitější. Vnímání barev je u každého druhu odlišné (Javorek, 1967).

Diptera jsou odděleného pohlaví a rozmnožují se oplozenými vajíčky. Samčí pohlavní soustava je tvořena párovými varlaty, ve kterých zrají spermie. Z varlat vycházejí chámovody, které dále vyústí ve společný vývod na konci zadečku. Na ústí abdomenu se nachází velmi složitý kopulační orgán. V kopulačním ústrojí jsou umístěny i žlázy, které vylučují tekutinu, v níž spermie plavou. Samičí pohlavní soustava je tvořena párovými vaječníky složenými z vaječných váčků. Ovaria jsou nejčastěji hroznovitého či keříčkovitého tvaru a ústí do vejcovodu. Součástí pohlavní soustavy samic jsou i semenné schránky, ve kterých jsou přechovávány spermie. U některých druhů masařek a dalších živorodých much se oplozená vajíčka vyvíjí v děloze a samice poté klade již vyvinuté larvy. U samičích pohlavních orgánů je také často popisováno mnoho přídatných žláz. Některé z nich například uvolňují lepkavou substanci, která umožňuje přichycení vajíček k podkladu (Javorek, 1967).

Časté jsou rozdíly mezi samci a samicemi (druhotné pohlavní znaky). Nejčastěji se týkají velikosti těla, zbarvení, tvaru a velikosti tykadel, tvaru nohou, ochlupení, a zvláště velikosti očí (Javorek, 1967). U mnoha Dipter mají samci oči holoptické a samice dichoptické (Javorek, 1967; Čepelák et al. 1977).

3.2.3 Významní zástupci ve forenzní praxi

3.2.3.1 Calliphoridae (bzučivkovití)

Bzučivky jsou středně velké až velké mouchy, mnohdy s kovově modrým či zeleným leskem (Čepelák et al., 1977). Celosvětově je známo více než 1 500 druhů (v širokém pojetí čeledi) (Zhang, 2011). Evropu obývá 113 druhů, z nichž 58 je přítomno v České republice (Jedlička et al., 2009). Dospělci vyhledávají hnilý organický materiál, zdechliny, výkaly, květy a mízu stromů. Většina larev je saprofágních, přestože původně byly nekrofágní. Některé druhotně přešly na příležitostný parazitický způsob života v poraněných částech těl obratlovců, či k obligátnímu sání krve zdravých hostitelů. Z některých druhů se stali i vnitřní cizopasníci žíhal a hlemýžďů. Nejvýznamnějšími bzučivkami jsou druhy rodu *Lucilia* a *Calliphora*, některé kromě synantropního způsobu života mají i velký význam ve zdravotnictví (Čepelák et al., 1977). Hrudová (2014a) také potvrzuje významnost bzučivek jak ve forenzní entomologii, tak i v medicíně a uvádí, že ve zdravotnictví se využívají především larvy *Lucilia sericata* (Meigen, 1826). Larvy bzučivky zelené, chované ve sterilním prostředí, se používají

k terapii špatně se hojících ran. Výskyt této čeledi je velmi častý, kromě mršin a výkalů i na květech rostlin.

Jak uvádí Šuláková (2014), o četnosti bzučivek na kadáveru rozhoduje několik faktorů mezi kterými je např. typ prostředí, ve kterém se mrtvola nachází, druhové zastoupení všech zástupců Calliphoridae v určité fázi rozkladu, roční období a aktuální klimatické jevy. Larvy bzučivek se na mrtvých tělech nacházejí jen v místech, kde došlo k poškození tkání, jelikož samy nejsou schopny proniknout skrze neporušenou kůži. Pokud oběť trpí otevřeným krvácejícím poraněním, mohou zvláště *Lucilia sericata*, *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy, 1830 (bzučivka obecná) a *Phormia regina* klást vajíčka ještě do tkáně živého člověka a způsobovat myiáze. Na mrtvole se obvykle vyvíjí dva až pět druhů bzučivek najednou a jeden či dva druhy v převažujícím zastoupení. Jednotlivé rody bzučivek lze od sebe odlišit dle zbarvení těla. Zatímco bzučivky rodu *Lucilia* mají tělo zelené, bzučivky rodu *Calliphora* mají modré zbarvení (Eliášová a Šuláková, 2012).

Jak uvádí Šuláková (2014) bzučivky mají ve forenzní praxi velký význam. Mrtvá těla vyhledávají primárně za účelem naklazení vajíček a časová prodleva mezi příletem prvních jedinců a naklazením vajíček je velmi malá. Daněk (1980) uvádí, že z čeledi Calliphoridae se během první sukcesní vlny na těle vyskytují zvláště *Calliphora vicina* (bzučivka obecná), *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758) (bzučivka rudohlavá) *Calliphora uralensis* Villeneuve, 1922, *Lucilia caesar* (Linnaeus, 1758) a *Lucilia sericata*.

***Lucilia caesar* (Linnaeus, 1758)**

Velikost druhu *Lucilia caesar* se pohybuje v rozmezí 6 až 11 mm (Hrudová, 2014a; Čepelák et al., 1977). Tělo je zelenonomodře kovově lesklé. Nejčastěji ji je možné spatřit v okolí tlejících zbytků a na hnojištích (Hrudová, 2014a). Dle Javorka (1967) a Čepeláka et al. (1977) je velmi častý výskyt bzučivky zlaté také na listech křovin a listnatých lesů. V přírodě vyhledávají mrtvá těla a výkaly, ve kterých se později vyvíjejí larvy (Javorek, 1967). Bzučivka zlatá se v našich podmínkách běžně vyskytuje od dubna do října (Čepelák et al., 1977).

***Lucilia sericata* (Meigen, 1826)**

Tento druh lze nejčastěji pozorovat od dubna do října (Čepelák et al., 1977). Larvy tohoto druhu jsou mj. i předmětem studie v lékařských oborech a jsou využívány k experimentálním účelům (Hrudová, 2014a). Javorek (1967) uvádí, že myiáze způsobené larvami druhu *Lucilia sericata* mají velmi výrazné bakteriostatické účinky a pozitivní vliv na rány, které se rychle a čistě hojí. Tyto poznatky byly uplatněny již v průběhu obou světových válek a využity při léčbě raněných vojáků.

***Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy, 1830**

Zbarvení bzučivky obecné je modré až zelené metalické barvy. Velikost těla se pohybuje od 5 do 12 mm (Hrudová, 2014a; Javorek, 1967; Čepelák et al., 1977). Tyto bzučivky jsou na našem území rozšířeny na všech biotopech (Javorek, 1967; Čepelák et al., 1977). Období výskytu je od února do listopadu (Čepelák et al., 1977). Stejně jako *Lucilia caesar* vyhledává intenzivně zapáchající a rozkládající se organické látky (Hrudová, 2014a). Samice nejčastěji v domácnostech kladou vajíčka na maso a do starých sýrů, v přírodě vyhledávají kadávery a výkaly (Javorek, 1967). Larvy se vyvíjí především v mršinách (Hrudová, 2014a).

***Protophormia terraenovae* (Robineau-Desvoidy, 1830)**

Protophormia terraenovae je holarktický druh (Barták a Kubík, 2005). Žije synantropně a vyskytuje se od března do listopadu. Tělo je černé s tmavě modrým leskem. Velikost se pohybuje od 8 do 12 mm. Larvy i imaga (dospělci) jsou přítomny především na hniječím materiálu živočišného původu (Čepelák et al., 1977).

***Phormia regina* (Meigen, 1826)**

Phormia regina je v USA znám jako sekundární původce myiází u kastrováných a dehornovaných ovcí. Zároveň bylo zjištěno, že larvy této bzučivky představují 67% zastoupení ze všech larev nalezených u poraněných domácích zvířat. I když byly larvy tohoto druhu v minulosti používány při terapiích, nově bylo prokázáno, že mají sklony k napadení zdravých tkání (Byrd a Allen, 2001). Velikost těla se pohybuje v rozmezí 8–10 mm (Čepelák et al., 1977). Dospělci se vyskytují v blízkosti lidských obydlí, domácích zvířat a hnoje (Byrd a Allen, 2001). Způsob života je nekrofágní i saprofágní (Čepelák et al., 1977). Byrd a Allen (2001) uvádí, že tento druh je v severní Americe pro forenzní entomologii velmi významný.

Využívá se jako jeden z prvních indikátorů ke stanovení post-mortem intervalu u lidských kadáverů. V České republice je přítomný na celém území (Gregor a Rozkošný, 1977).

3.2.3.2 Piophilidae (sýrohlodkovití)

Sýrohlodky jsou poměrně málo zastoupenou čeledí, přesto jsou kosmopolitně rozšířeny. Nejčastěji se pohybují v mírnějších a chladnějších oblastech severní polokoule. Celosvětově je známo 83 druhů (Zhang, 2011). Evropu obývá 29 druhů a z toho 17 se nachází v České republice. Larvy se vyvíjejí zvláště na mršinách, ale svůj vývoj mohou dokončit i v jiných substrátech, jako jsou například exkrementy, shnilé rostliny či houby (Barták a Kubík, 2005). Například Vega (2011) zmiňuje, že kromě kadáverů u nich byla pozorována i preference pro bílkovinné produkty v potravinářském průmyslu. Některé druhy tak představují i významné riziko jako synantropní potravinoví škůdci (Čepelák et al., 1977; Vega, 2011).

Tělo sýrohlodek je malé a tmavě zbarvené. Samice mají mečovité, silně sklerotizované kladélko (Čepelák et al., 1977). Piophilidae představují důležité forenzní bioindikátory zvláště v pokročilých stadiích rozkladu. Z degradujících mrtvých těl se uvolňují bílkoviny, které na sýrohlodky působí jako atraktanty (Vega, 2011).

Larvy této čeledi se vyznačují schopností skákat (Barták a Kubík, 2005; Šuláková, 2014; Vega, 2011). K vymrštění do vzduchu dochází poté, co se larva stočí a ústními háčky se uchytí svého zadečku. Následně uvolní své stisknutí a prudce se narovná. Tímto způsobem se mohou larvy přemísťovat několik desítek centimetrů jak do výšky, tak i do dálky (Šuláková, 2014).

***Piophila casei* (Linnaeus, 1758)**

Sýrohlodka drobná je kosmopolitně rozšířeným druhem. Známá je také jako častý původce myiázi a vektor mnoha patogenů (Vega, 2011). Velikost těla se pohybuje v rozmezí 2,5–5 mm (Čepelák et al., 1977). Jedná se o typický nekrofágní druh teplých oblastí (Šuláková, 2014). O významnosti tohoto druhu pro forenzně entomologické studie pojednával již Mégnin ve svém díle *La faune des cadavres*, kde uvedl, že je příznačným zástupcem pro čtvrtou fázi sukcese. Samice kladou vajíčka v různém časovém období dle klimatických podmínek a zeměpisné poloze. V závislosti na těchto dvou faktorech mohou být larvy přítomny jak na mrtvolách v pokročilém stadiu rozkladu, tak i na sklerotizovaných zbytcích (Vega, 2011).

Například na havajských ostrovech pozorovali Goff a Odom (1987) kolonizaci lidského těla larvami *Piophilidae casei* přibližně po 20 dnech od smrti jedince, zatímco u lidských mrtvol nalezených v Německu, západu USA a Thajsku byly tyto larvy nalezeny v rozmezí 3–5 měsíců (Vega, 2011). V Malajsii byly larvy tohoto druhu nalezeny i u mrtvol v pokročilém stadiu rozkladu s již mumifikovanými končetinami (Kumara et al., 2009). V České republice je sýrohlodka drobná eusynantropním druhem, vyskytujícím se od března do prosince (Čepelák et al., 1977). Ve volné přírodě se téměř nevyskytuje. Objevuje se jen jako skladištní škůdce s lokálním výskytem a jen zřídka může být přítomen na mrtvolách nalezených v domácnostech (Šuláková, 2014).

***Stearibia nigriceps* (Meigen, 1826)**

Stearibia nigriceps je synantropní malá moucha vyskytující se v holarktické a neotropické oblasti (Vega, 2011). Dle Šulákové (2014) to je četný zástupce kolonizující většinu mrtvých těl. Stejně jako *Piophilidae casei* je i tato sýrohlodka typickým kolonizátorem kadáverů v pokročilé fázi rozkladu (Vega, 2011). Během studie, kterou uskutečnili Barták a Kubík (2005) v České republice, pozorovali tento druh v národním parku Podyjí od května do června. V průběhu několika výzkumů, které ve Francii realizovali Lefebvre a Gaudry (2009), zjistili, že na lidských tělech je *Stearibia nigriceps* zastoupen mnohem častěji než *Piophilidae casei*. O tom, že je *Stearibia nigriceps* spojován s pokročilými stadii rozkladu píše již Anderson (2001), který našel larvy tohoto druhu spolu s *Piophilidae casei* v mumifikované lidské mrtvole, která ležela více než 10 měsíců od úmrtí uvnitř automobilu. Skowronek et al. (2015) zjistili, že larvy některých dvoukřídlých, zvláště *Stearibia nigriceps*, *Liophilidae varipes* (Meigen, 1830) a *Lucilia sericata* mohou být přítomny i v dutinách kostní dřevě. Populace těchto skrytých larev byly již nalezeny v dutinách kostí jelena (kost holenní, zápěstí, kost pažní) a po jejich vlastní studii objevili tyto larvy i v kostech několika lidských ostatků.

3.2.3.3 Sarcophagidae (masařkovití)

Celosvětově je známo necelých 3 000 druhů masařkovitých, z čehož 143 druhů je známo z České republiky (Verves a Barták, 2018). Imaga se nejčastěji zdržují na vysluněných a vyvýšených místech, písčínách, cestách, listech okrajových stromů, květinách, a zvláště na rostlinách čeledi Apiaceae (mrkvovitě) (Čepelák et al., 1977).

Bionomie masařkovitých je odlišná mezi jednotlivými taxony a může být rozdílná i mezi druhy stejného rodu. Larvy mohou být dravé, saprofágní nebo mít parazitický způsob života. Několik druhů rodu *Wohlfahrtia* je také známo jako fakultativní či obligatorní producenti myiáz, a to jak u lidí, tak u zvířat. Dospělci dosahují délky 2,0–25 mm (Jedlička et al., 2009). Na hlavě se rozprostírají výrazné oči, lízací ústní ústrojí a tykadla (Hrudová, 2014c). Tělo je světle šedé, případně žluté či leskle černé se třemi tmavými pruhy a šachovnicovitou kresbou na břiše (Jedlička et al., 2009). Samice kladou vajíčka, ze kterých se krátce po naklazení líhnou larvy. Ke klazení preferují kadávery, rozkládající se organickou hmotu, zvláště živočišného původu, dále trus a otevřená poranění savců (Hrudová, 2014c). Některé druhy larev se mohou vyvíjet i jako vnitřní parazité jiného hmyzu či bezobratlých (Čepelák et al., 1977; Hrudová, 2014c). Typické jsou například žížaly (Hrudová, 2014c). Zatímco Hrudová (2014c) uvádí, že čeleď Sarcophagidae je využívána forenzními entomology ke stanovení post-mortem intervalu, Šuláková (2014) uvádí, že masařky nejsou nikterak forenzně významnou čeledí, kolonizující lidské mrtvolu, minimálně pro oblasti mírného pásu.

V České republice, na Slovensku, v Německu, Polsku, severní Francii a Belgii byly na kadáverech nalezených ve volné přírodě, přítomny larvy masařek zcela výjimečně. Naopak typickým prostředím, ve kterém larvy kolonizují mrtvá těla, jsou bytové domy. Přestože je mezi forenzně významné zařazeno okolo 25 druhů masařek, v České republice a přilehlých státech mají největší zastoupení (více než 95 %) larvy druhu *Sarcophaga argyrostoma* (Robineau-Desvoidy, 1830) (Šuláková, 2014).

***Sarcophaga carnaria* (Linnaeus, 1758)**

Masařka obecná patří mezi euroasijské druhy (Barták a Kubík, 2005). V České republice je velmi známým druhem. Nejčastěji se vyskytuje od března do října, ale při vyšších venkovních teplotách, poletují i dříve na jaře či později na podzim. Velikost těla dosahuje délky 15–20 mm (Hrudová, 2014c; Čepelák et al., 1977). Na hrudi se rozprostírají podélné černošedé pruhy a na zadečku je šedočerná kresba šachovnicovitého vzoru (Elišková a Šuláková, 2012; Hrudová, 2014c; Javorek, 1967). Samice jsou ovarviparní. Ke klazení vajíček dochází těsně před líhnutím larev (Šuláková, 2018). Ke klazení vyhledávají zbytky potravin, zejména maso (Hrudová, 2014c).

3.2.3.4 Muscidae (mouchovití)

Do čeledi Muscidae je celosvětově zařazeno 187 rodů a 2 118 druhů (Zhang, 2011). Zástupci jsou přítomni na všech osídlených kontinentech (Hrudová, 2014b). Evropu obývá 570 druhů, z toho se 304 druhů vyskytuje v České republice (Gregor et al., 2016).

Dospělci mají štíhlé až robustní tělo žluté až tmavě černé barvy. Velikost se pohybuje v rozmezí 1,8-18,0 mm. Larvy se vyvíjejí v mnoha rozkládajících se organických materiálech a jsou fakultativně či obligatorně masožravé ve třetím larválním stadiu. Někteří dospělci se živí rostlinnou mízou nebo nektarem, jiní jsou koprofágní, draví či sekretofágní. Některé krevsající druhy mohou přenášet různé patogeny jak na zvířata, tak na lidi. Jsou mezi nimi druhy, které jsou zcela přizpůsobeny antropogenně pozměněným ekosystémům a jsou označovány jako hemisynantropní či eusynantropní (Jedlička et al., 2009).

Šuláková (2014) uvádí, že mouchovití nalétávají na mrtvá těla již v průběhu druhé rozkladné fáze. Mezi prvními kolonizátory jsou přítomni zástupci rodu *Muscina* Robineau-Desvoidy, 1830, kteří se výjimečně mohou objevit na těle již v průběhu první vlny. Přestože několik autorů včetně Daňka (1980) uvádí, že *Musca domestica* (moucha domácí), nalétává na mrtvoly ihned po smrti jedince, Šuláková (2014) uvádí, že *Musca domestica* se na kadáverech objevuje jen ojediněle. Typickým substrátem, který samice mouchy domácí vyhledávají ke kladení vajíček, je primárně chlévský hnůj. *Musca domestica* patří mezi synantropní druhy, a proto ji kromě okolí chlévů lze běžně najít i v blízkosti lidských obydlí.

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

= *Ophyra leucostoma* (Wiedemann, 1817)

Moucha lesklá je 6,5–8 mm velká moucha, hojná zvláště na mršinách. V našich podmínkách se vyskytuje od května do října (Čepelák et al., 1977). Dle Šulákové (2014) je nejvíce zastoupeným druhem na lidských mrtvolách v České republice. Některé samice mohou být přítomny u kadáveru již v průběhu první sukcesní vlny spolu se bzučivkami. Pro samičky je charakteristické, že nekladou svá vajíčka přímo na mrtvé tělo, ale pod něj, do lože mrtvoly. Čerstvě vylíhlé larvy se zpočátku živí odumřelou organickou hmotou. Teprve od druhého instaru začínají být dravé a osidlují samotnou mrtvolu. Přestože mohou být larvy přítomny

již v první fázi rozkladu, kuklit se začínají až poté co kadáver většina bzučivek opustí (Šuláková, 2014). Daněk (1980) uvádí, že na mrtvá těla tento druh nalétává až v páté sukcesní vlně. Někteří autoři, např.: Tesař (1968), Javorek (1967), Doskočil (1977) a Daněk (1980) uvádějí tento druh pod synonymním názvem *Ophyra leucostoma* (Wiedemann, 1817).

***Musca domestica* Linnaeus, 1758**

Moucha domácí patří mezi nejvíce obtěžující hmyz nejen člověka, ale i zvířat. Dospělí jedinci mají velmi četný výskyt v domácnostech, potravinářském provozu či stájích (Hrudová, 2014b). Velikost této mouchy je od 7 do 8 mm. Tělo je šedočerné barvy se čtyřmi černými podélnými pruhy na hrudi (Hrudová, 2014b; Javorek, 1967). Ústní ústrojí je lízavého typu. Potravu přijímá buď v tekuté formě, nebo si ji pomocí svých slin, procesem zvaným regurgitace, ztekutí. Pro kladení vajíček samice vyhledávají především hnůj nebo hnilý odpad. Jedna snůška může obsahovat až 200 vajíček. Larvy se líhnou beznohé, dvakrát se svlékají a po 7 až 8 dnech se kuklí. V závislosti na podmínkách prostředí se imaga mohou líhnout již po 3 dnech nebo až po 5 měsících. Pokud se však larvy vyskytují v prostředí s teplotou vzduchu 20–25 °C, může celý vývojový cyklus proběhnout za jeden týden. Délka života dospělých jedinců je rovněž omezena teplotou okolí a život jedince trvá 2–13 týdnů (Hrudová, 2014b). Zimu přečkávají dle Javorka (1967) nejčastěji ve stadiu larvy či kukly. Hrudová (2014b) uvádí, že ojedinele mohou zimu přežít i imaga. V podzimních měsících většina dospělců podléhá nákaze způsobenou houbou *Empusa muscae* (Cohn) Fresen. *Musca domestica* je v ČR zařazena mezi nejvýznamnější hygienicko-epidemiologické škůdce. Patogeny jsou přenášeny celým povrchem těla. Největší význam při přenosu patogenů má právě regurgitace, ale původci nemocí mohou být mj. šířeny i pomocí výkalů (Hrudová, 2014b).

Hrudová (2014b) dále uvádí, že *Musca domestica* může přenášet přibližně 26 druhů patogenů. Poměrně časté střevní onemocnění je doprovázeno bakterií *Schigella dysenteriae*, pro které jsou charakteristické tzv. letní průjmy. Ze závažných patogenů mohou být přenášeny např. původci cholery, tyfu nebo antraxu. Kromě původců onemocnění může moucha domácí přenášet i řadu patogenů. Javorek (1967) popisuje, že moucha domácí je celosvětově rozšířena a v teplých oblastech může být přenašečem až 30 druhů nákaz.

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

Velikost tohoto druhu je zhruba 8 mm. Tělo je šedočerné či černé barvy s načervenalým zbarvením na bocích a hnědýma nohama. Obdobně jako moucha domácí se vyskytuje v blízkosti lidských obydlí a je ji možné pozorovat taktéž na výkalech a mršinách, zvláště v pokročilém stadiu rozkladu. Kromě společného výskytu může i *Muscina stabulans* přenášet mnoho patogenů, především při kontaktu s nekontaminovanými potravinami, jako je např. ovoce (Hrudová, 2014b). *Muscina stabulans* se v přírodě běžně vyskytuje od března do října (Čepelák et al., 1977).

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

Velikost se pohybuje v rozmezí 4,5-7,8 mm. Larvy jsou koprofágní, dospělé samice se živí sekretofágně na živém skotu. Samice mohou také často přenášet na dobytek různé patogeny, kterými může být například *Moraxella bovis* nebo *Thelazia spp.* (Gregor et al., 2015). Tesař (1985) uvádí, že mouchu dobytčí je možné nejčastěji pozorovat v blízkosti polí. Dle Gregora et al., (2015) je možné tuto mouchu pozorovat i na pastvinách a je rozšířena od Evropy přes Asii, Sibiř, až po Čínu. V České republice je rozšířena na celém území (Čepelák et al., 1977).

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

Bodalka stájová je kosmopolitní druh, běžně se vyskytující po celé Evropě (Barták a Kubík, 2005). Charakteristickým prostředím jsou stáje a chlévy ve kterých napadá hospodářská zvířata (Hrudová, 2014b). Dospělci mohou rovněž napadat i člověka a bodnutí jsou velmi bolestivá (Hrudová, 2014b; Čepelák et al., 1977). Hojně se vyskytují především na venkově. Ve městech se objevují jen zřídka, a to zvláště imaga v blízkosti bytů (Javorek, 1967). Bodalky jsou cca 7 mm velké, šedé barvy se čtyřmi tmavými podélnými pruhy na hrudi (Hrudová, 2014b; Javorek, 1967). Samice ke kladení vajíček vyhledávají hnůj či čerstvé výkaly, ve kterých dokončují svůj vývoj i larvy (Hrudová, 2014b; Čepelák et al., 1977). Snůška obvykle obsahuje okolo 200 vajíček. Vývojový cyklus v závislosti na podmínkách prostředí trvá nejčastěji okolo 14 dní (Hrudová, 2014b). Stejně jako moucha domácí mohou i bodalky přenášet mnoho chorob včetně antraxu (Javorek, 1967). Nejběžnější výskyt bodalek je od dubna do října (Čepelák et al., 1977).

3.2.3.5 Fanniidae (slunilkovití)

Celosvětově bylo popsáno přes 360 druhů slunilek (Pape et al., 2011), z nichž 85 je známo v Evropě (Barták et al., 2016) V České republice je známo 71 druhů (Barták et al., 2016). Slunilky jsou čeledí obyvající zejména lesní biotopy, ale imaga lze spatřit i v otevřených krajinách v mokřadech, v domácnostech apod. Malé procento druhů vykazuje i úzké spojení s člověkem a odpady, které lidé produkují. Samci většiny druhů vytvářejí roje pod větvemi stromů a u lesních cest. Samice vyhledávají rozkládající se materiály a exkrementy. Některé z nich jsou i sekretofágní a napadají hospodářská zvířata na pastvinách a potíci se lidi v letním období. Velikost dospělců se pohybuje v rozmezí 3,0 – 5,0 mm, výjimečně může dosahovat až 9,0 mm (Jedlička et al., 2009). Většina larev se živí odumřelou organickou hmotou, některé se vyvíjejí v houbách či v různých hnízdech obratlovců (Barták a Kubík, 2005). Dle Gregora et al. (2005) se na červeném seznamu nachází devět druhů, čtyři jsou ohrožené a pět je zranitelných.

Na našem území mají největší forenzní význam *Fannia canicularis*, *Fannia scalaris* (Fabricius, 1794) a *Fannia manicata*, které upřednostňují biochemicky aktivní těla s polotekutým substrátem (Šuláková, 2014).

***Fannia canicularis* (Linnaeus, 1761)**

Slunilka pokojová je kosmopolitní druh, vyskytující se od dubna do září (Barták a Kubík, 2005). Jde o forenzně významného zástupce této čeledi. Pro slunilky je charakteristický přenos choroboplodných zárodků a znečišťování okolí, ve kterém se vyskytují (Hrudová, 2014b). Jak uvádí Čepelák et al. (1977) jedná se koprofágní druh. Javorek (1967) informuje, že zvláště v letních měsících může být přenašečem různých střevních onemocnění. Velikost těla se dle Hrudové (2014b) a Čepeláka et al. (1977) pohybuje od 4 do 7 mm. Na hrudi jsou přítomny 3 tmavé pruhy (Hrudová, 2014b; Čepelák et al., 1977). Při snůšce samice kladou až 200 vajíček. Nejvyhledávanějším místem pro kladení vajíček jsou hnůj a odpady, kde se poté vyvíjejí nahnědlé larvy, které se zde i kuklí (Hrudová, 2014b).

***Fannia scalaris* (Fabricius, 1794)**

Fannia scalaris je téměř celosvětově rozšířen a několik populací je i synantropních. Rozšířeny jsou v západní palearktické oblasti od Islandu po Azory, dále na severu Afriky a po celé Evropě od nížin až po hory (Barták and Kubík, 2005). Velikost těla se pohybuje v rozmezí 6–7 mm a lze ho pozorovat v blízkosti otevřených tolaet (Čepelák et al., 1977). Vyskytuje se od července do září (Barták a Kubík, 2005).

***Fannia manicata* (Meigen, 1826)**

Typický holoarktický druh vyskytující se v Evropě a od Islandu až po Španělsko, Korsiku, Albánii, Bulharsko a severní Afriku. V České republice byl pozorován od března do listopadu (Barták and Kubík, 2005). Tato slunilka je hojná především ve výkalech, hnoji a lesních biotopech. Velikost těla se pohybuje v rozmezí od 6 do 7,5 mm (Čepelák et al., 1977).

3.2.3.6 Scathophagidae (výkalnicovití)

Výkalnicovití žijí dravým způsobem života (Čepelák et al., 1977). Imaga jsou nejčastěji přítomna na stinných nebo vlhkých stanovištích jako jsou bažiny, pastviny, křoviny, smíšené či opadavé lesy, podhorské a horské louky (Barták and Kubík, 2005; Čepelák et al., 1977). Čeleď zahrnuje i druhy, které jsou vázány na výkaly či rozkládající se organický materiál. Některé druhy jsou však přítomny jen na rostlinách. Larvy mohou být koprofágní, saprofágní či fytofágní (Čepelák et al., 1977). Některé dokončují svůj vývoj výhradně v jednom typu substrátu, kterým mohou být například rostliny, půda, tekuté či stojaté vody nebo exkrementy. Vývoj larev je obecně velmi málo známý a byl pozorován jen u malého počtu druhů. (Barták a Kubík, 2005). Tělo je druhově zbarveno do žluté, červené či černé barvy. Velikost těla je značně variabilní, nejčastěji se pohybuje se v intervalu od 3 do 12 mm (Hrudová, 2014c; Čepelák et al., 1977). Výkalnicovití jsou rozšířeni zejména v severní a střední části palearktické a nearktické oblasti a některé druhy mají cirkumpolární rozšíření (Čepelák et al., 1977). V Evropě se vyskytuje 157 druhů, z toho 77 je přítomno přímo na území České republiky (Jedlička et al., 2009).

***Scatophaga stercoraria* (Linnaeus, 1758)**

V České republice je výkalnice hnojní hojný druh. Imága jsou nejčastěji přítomna na rozkládající se organické hmotě či výkalech, kde vyhledávají a pojídají drobný hmyz (Hrudová, 2014c; Javorek, 1967). Velikost mouchy se pohybuje od 6 do 12 mm. Nejčtenější výskyt této výkalnice je od dubna do října (Čepelák et al., 1977).

3.2.3.7 Sepsidae (kmitalkovití)

Kmitalky jsou malé až střední mouchy, většinou tmavé barvy (Čepelák et al., 1977). Larvy mohou být koprofágní, saprofágní či nekrofágní. Dospělci se nejčastěji vyskytují na pastvinách a v antropogenně diverzifikovaném prostředí, kterým může být například hnůž či jiné skládky biologického odpadu (Barták and Kubík, 2005). Čepelák et al. (1977) uvádí, že imága lze kromě výkalů spatřit i v míze poraněných stromů nebo na rostlinách. Z celkového počtu 44 evropských druhů se na našem území vyskytuje 30 (Jedlička et al., 2011).

***Nemopoda nitidula* (Fallen, 1820)**

Tato kmitalka se vyskytuje v holarktické a afrotropické oblasti. Ve střední Evropě je běžným druhem přítomným na vlhkých loukách a lesích rozprostírajících se od nížin až po hory (Barták, and Kubík, 2005). Tělo dospělců dorůstá velikosti 3,5–5 mm (Čepelák et al., 1977). Larvy dokončují svůj vývoj v hnilobných houbách, mršinách a výkalech (Barták a Kubík, 2005). Dle Čepeláka et al. (1977) se tento druh nejčastěji se vyskytuje od května do října. Barták a Kubík (2005) pozorovali tuto kmitalku v národním parku Podyjí od dubna do září.

3.2.3.8 Phoridae (hrbilkovití)

Hrbilky jsou malé mouchy s velikostí těla od 0,5 do 5,5 mm s redukovanou žilnatinou na křídlech. Larvy často osidlují houby či tlející zbytky rostlinného původu. Kromě výše zmíněných substrátů mohou být přítomny i v mrtvých tělech obratlovců, plžů, červů a ostatního hmyzu. U larev se může projevit i cizopasný způsob života, zvláště na mravencích, stonožkách, kuklách brouků čeledi Coccinellidae (sluněčkovití), housenkách apod. Dospělci se často vyskytují na květinách, v listech stromů, na křovinách, v norách savců, v hnízdech

ptáků či vos, ve včelích úlech, v jeskyních nebo v blízkosti bytů (Čepelák et al., 1977). Celosvětově je známo 4 200 druhů, z toho v Čechách 230 (Jedlička et al., 2011).

***Phora aterrima* (Fabricius, 1794)**

Hrbilka sametová obvykle dosahuje velikosti 1,6–3 mm. Běžně se vyskytuje od května do července. Způsob života larev není ještě zcela znám, ale lze předpokládat, že larvy žijí v napadaných vrstvách listů či jehličí v různém stupni humifikace a živí se rostlinnými zbytky (Čepelák et al., 1977).

***Megaselia rufipes* (Meigen, 1804)**

V našich podmínkách velmi hojný druh. Dorůstá velikosti 2–3 mm, často ho lze spatřit na oknech v průběhu celého roku (Čepelák et al., 1977). Larvy druhu *M. rufipes* využívají široký rozsah zejména hnijích substrátů jako jsou hnijící listy, plody, ovoce, semena, houby, trus obratlovců vč. člověka, mrtvý hmyz, kadávery obratlovců a často je uváděna i z lidských těl exponovaných na povrchu země nebo mělce zakopaných (Disney a Mandlove, 2005). Na Slovensku se běžně vyskytují od března do prosince (Čepelák a kol., 1986).

3.2.3.9 Drosophilidae (octomilkovití)

Octomilky jsou většinou malé, ojediněle středně velké mouchy. Tělo je žluté či hnědé barvy s tmavšími kresbami nebo celé tmavé (Čepelák et al., 1977). Mnoho druhů dokončuje svůj vývoj na kvasících organických látkách, jak jsou např. ovoce či houby. Synantropní druhy jsou častými škůdci potravin a druhy vázané na stromovou mizu jsou i potenciálními přenašeči houbových a bakteriálních nákaz dřevin. Některé druhy lze snadno odchovat na uměle připravených substrátech a jsou tak i vhodnými objekty experimentálních studií (Čepelák et al., 1977). V Evropě je známo 77 druhů, z toho 75 se vyskytuje na území ČR (Jedlička et al., 2009). K nejčastějším zástupcům je řazen druh *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830 (Javorek, 1967).

3. 3 Brouci (Coleoptera)

Brouci patří k velmi rozsáhlým hmyzím řádům. Celosvětově je známo 387 100 druhů (Zhang, 2011). Tento údaj je ovšem poněkud nepřesný, neboť stále dochází k určitým taxonomickým změnám. Některé již popsané druhy mohou být dále rozděleny do dvou a více druhů či naopak více popsaných podobných druhů může být jen synonymy. Přesto jsou každý rok zaznamenány stovky až tisíce nových druhů z celého světa (Zbuzek, 2003a). Na území České republiky je známo přibližně 6000 druhů (Bellmann, 2015; Bezděk, 2012a). Všechny druhy vyskytující se na území Česka jsou dle Hrudové (2011) rozčleněny do 78 čeledí. Brouci tvoří ve forenzní praxi význam až v pozdějších stadiích dekompozice (Madra et al., 2014). Dle Kulshrestha a Satpathyho (2001) jsou to právě brouci, kteří tvoří hlavní entomologický důkaz pro stanovení post-mortem intervalu od druhé poloviny degradace mrtvých těl. K nejvýznamnějším zástupcům uvádějí následující čeledi: Staphylinidae, Scarabaeidae, Carabidae, Histeridae, Silphidae a Dermestidae.

3.3.1 Způsob života

Život brouků je velmi různorodý. Existují druhy suchozemské i druhy přizpůsobené životu ve vodním prostředí (Hrudová, 2011; Zbuzek, 2003a). Vodních zástupců je však mnohem méně a k nejznámějším patří například Dytiscidae (potápníkovití), Hydrophilidae (vodomilovití) či Gyrinidae (vírníkovití). Suchozemské druhy mají velmi rozmanité rozšíření, od oblastí velehor, přes jeskyně, močály, pouště až po lidská obydlí (Zbuzek, 2003a).

I potravní strategie je u brouků značně rozdílná. Jsou mezi nimi druhy dravé, které vyhledávají živočišnou potravu. Těmi jsou například čeledi Carabidae (střevlíkovití), nebo Staphylinidae (drabčíkovití) (Zbuzek, 2003a). Kočárek (2003) dále rozděluje tyto druhy na ty, které mají enzymatické komplexy podobné masožravým druhům, např. Silphidae (mrchožroutovití) a na ty, které dokáží pomocí chemických činidel štěpit peptidové řetězce keratinu, kolagenu nebo elastinu. Typickými zástupci s touto schopností trávení jsou například Dermestidae či Trogidae (Zbuzek, 2003a).

Další skupinou jsou druhy fytofágní, kteří se živí rostlinnou potravou. Z hlediska forenzní entomologie mají největší význam druhy saprofágní, které se živí rozkládající se organickou hmotou. Jedná se například o čeledi Scarabaeidae (vrubounovití) nebo Tenebrionidae (potemníkovití). Tato potravní strategie byla dále popsána např. u vybraných zástupců čeledi Nitidulidae (lesknáčkovití), Histeridae (mršníkovití), Staphylinidae (drabčíkovití) a mnohých dalších (Zbuzek, 2003a).

Mezi brouky se nachází i řada škůdců, kteří poškozují nejen rostliny, ale i zemědělské plodiny. Dle způsobu života napadají různé druhy brouků, specifické části rostlin. Například chrousti či kovařici se líhnou v půdě a jejich larvy poté poškozují kořeny a ostatní podzemní části rostlin. Mandelinky naopak osidlují povrch rostlin a živí se listy. Další škůdci napadají rostlinná pletiva. Zde se ještě dělí dle typu pletiva. Měkkou strukturu napadají nosatci a dřevnatou tesařici či krasci. Poslední skupinou tohoto typu jsou škůdci skladištní, kteří jsou zároveň synantropní a ve skladech působí značné škody (Zbuzek, 2003a).

3.3.2 Morfologie řádu Coleoptera

Dospělci jsou velmi rozmanití jak velikostí či tvarem těla, tak i barevností, pohyblivostí, ale i specifickými nároky na prostředí (Hrudová, 2011; Zbuzek, 2003a). Tělo je stejně jako u ostatního hmyzu rozděleno na hlavu, hrud' a zadeček (Zbuzek, 2003a). Na hlavě jsou umístěny ústní a zrakové orgány a jeden pár tykadél. Kusadla jsou u brouků většinou mohutná a silně sklerotizovaná. Slouží především k uchopení a rozmělnění potravy. Na čelisti se nacházejí pětičlánková čelistní makadla, kterými následně zpracovávají hrubě rozdrčenou potravu a posunují ji dále do dutiny ústní. Na spodním pysku je uložen pár tříčlenných makadel, která stejně jako makadla čelistní plní funkci hmatových orgánů (Zbuzek, 2003a).

Na hlavě je dále uložen jeden pár složených očí, který je složen z rozmanitého počtu jednotlivých oček. Některé druhy jako např. čeleď Dermestidae (kožojedovití), mají na temeni ještě další jednoduchá očka (ocelli). Naopak druhy žijící v podzemí, jeskyních či norách obratlovců, mohou mít oči částečně či zcela redukovány. Tykadla na hlavě představují velmi významný orgán čichu. Dle jejich utváření se dělí na tykadla nitkovitá, pilovitá, hřebenitá,

paličkovitá, listovitá či lomená. Např. nitkovitá tykadla jsou typická pro čeleď Carabidae (střevlíkovití). (Zbuzek, 2003a).

Hruď je taktéž jako u dvoukřídlých tvořena třemi částmi: předohrudí, středohrudí a zadohrudí (Zbuzek, 2003a). Dorzálně jsou uloženy dva páry křídel a ventrálně tři páry nohou (Zbuzek, 2003a; Hrudová, 2011). Typickým znakem většiny brouků jsou zpevněná přední křídla, která jsou přeměněna v tvrdé krovky (Bellmann, 2015; Bezděk, 2012a; Hrudová, 2011; Zbuzek, 2003a). Ty slouží broukům hlavně jako ochrana těla. Při letu je používají jen pasivně k rozrážení vzduchu. K aktivnímu letu jsou naopak přizpůsobena zadní blanitá křídla uložena pod krovkami (Bellmann, 2015; Bezděk, 2012a; Zbuzek, 2003a). Funkce krovek spočívá v ochraně svrchní části zadečku včetně druhého páru blanitých křídel a křídel složených, uložených pod krovkami. Existují ovšem i druhy u kterých jsou krovky redukovány či zcela chybí. Stejně jako krovky, i blanitá křídla nemusí být přítomna u všech druhů. Brouci s absencí blanitých křídel se pohybují jen pomocí svých nohou. Typickým příkladem jsou střevlíci rodu *Carabus* Linnaeus, 1758 (Zbuzek, 2003a).

3.3.3 Vývojový cyklus

Brouci jakožto hmyz s proměnou dokonalou, procházejí čtyřmi vývojovými stádii: vajíčkem, larvou, kuklou a imagem. Vajíčka brouků mohou mít kulovitý, oválný či vřetenovitý tvar. Ihned po vykladení jsou průsvitná, ale v průběhu několika hodin se zbarvují. Nejčastěji od mléčně bělavé barvy až po krémovou. Ovšem výjimkou nejsou ani vajíčka nažloutlá či zelené barvy. Velikost vajíček se odvíjí od velikosti dospělců. Nejmenší mohou dosahovat jen několika setin milimetru, zatímco velké druhy jako například tesaříci, roháci či vrubounovití mohou mít vajíčka velká i několik milimetrů. Každé vajíčko je uloženo v ochranném obalu, který může být jak hladký, tak hrbolatý nebo například svaštělý. Počty vykladených vajíček jednou samicí jsou rovněž odlišné, a to jak mezi dílčími druhy, tak i mezi samicemi stejného druhu. V průměru se počet vajíček u jednotlivých druhů pohybuje mezi desítkami až stovkami kusů, ale může dosahovat i několika tisíc. Doba od vykladení vajíčka po vylíhnutí larvy je taktéž rozdílná a pohybuje se v rozmezí několika dnů a po několik týdnů (Zbuzek, 2003a).

Larvální stadium patří u mnoha druhů brouků k nejdelším vývojovým etapám a u některých druhů jeho délka může přesáhnout i 4 roky. Nejdelší fáze vývoje mají zvláště druhy živící se dřevem nebo odumřelými částmi rostlin včetně humusu. Obecně platí, že pokud larvální vývoj probíhá v nevhodných podmínkách, může se jeho délka značně prodloužit. Naopak druhy fytofágní, které jsou uzpůsobeny na specifické vývojové období rostlin a u druhů dravých, trvá larvální stadium jen několik týdnů či měsíců (Zbuzek, 2003a).

Morfologie larev je velmi rozmanitá (Hrudová, 2011; Zbuzek, 2003a). Na její diverzitě se podílí zejména podmínky prostředí a způsob života (Zbuzek, 2003a). Společným znakem je vyvinutá hlava a tři páry hrudních končetin (Hrudová, 2011). Larvy jsou beznohé a dravé. Svou kořist aktivně vyhledávají a loví. Jejich nohy jsou dlouhé a přizpůsobené k rychlému pohybu. Kusadla jsou dlouhá, tenká, zahnutá, uzpůsobena k uchycení nalezené kořisti. Dravé larvy mají oproti ostatním i více sklerotizovaný povrch těla. Nejběžnějšími zástupci jsou například Carabidae (střevlíkovití), Staphylinidae (drabčíkovití), a Silphidae (mrchožroutovití (Zbuzek, 2003a). Naopak larvy žijící v rostlinných pletivech mají pohyb pouze minimální a jejich nohy jsou proto zcela zakrnělé. Taktéž povrch jejich povrch těla je jemný a bělavý. Jedinou velmi pevnou částí jejich těla je hlava s kusadly, pomocí kterých se larva zvládne prokousat i značně tvrdým dřevem. Tykadla larev jsou oproti dospělcům složena pouze z malého počtu článků. Je to především z důvodu, že tykadla jsou orgánem čichu a u dospělců hrají významnou roli při vyhledávání partnerů opačného pohlaví v době rozmnožování. U larev plní funkci při vyhledávání potravy (Zbuzek, 2003a).

Kukly jsou téměř nepohyblivé a velmi citlivé. Jakýkoli negativní faktor z vnějšího prostředí může mít nepříznivý vliv na dokončení vývoje. Neblaze na vývoj kukel působí například změna teploty nebo vlhkosti ale i mechanické poškození. Zatímco larva může tyto nepříznivé podmínky ovlivnit svým pohybem, kukla těmto podmínkám musí odolat. Brouci si vytváří např. volný typ kukly, který se nachází v různorodém prostředí dle toho, kde se zrovna vyskytovalo předchozí stadium larvy. Pokud například larvy žijí v rostlinách, před zakuklením si vytváří tzv. kukelní komůrku. Druhy, které se vyvíjí v tvrdém dřevě si naopak před zakuklením prokousávají dřevem chodbičky až k lýkové části, ze které se poté vylíhnutý dospělec snadněji a rychleji dostane ven. Na kuklách jsou už viditelné dílčí části těla imág, které

jsou prozatím nezpevněné. Rozpoznatelná je již i hlava s tykadly, hrud' s nohama a dvěma páry křídel. Krovky jsou však měkké, kratší a stočené podél boků zadečku (Zbuzek, 2003a).

Dospělci mají krovky ihned po vylíhnutí měkké a zkroucené. Ty se postupně narovávají, prodlužují, zpevňují a rovněž dochází i k jejich charakteristickému zbarvení. Nejdříve ale dojde ke zpevnění těla, aby se dospělci mohli začít pohybovat. Zbarvení se objevuje až sekundárně, v rozmezí několika hodin až dnů. U většiny imág dochází po vylíhnutí k tzv. zralostnímu žiru, v průběhu kterého, se vyvíjí jejich pohlavní orgány a po ukončení této fáze jsou dospělci schopni se rozmnožovat. Samice po kopulaci kladou oplodněná vajíčka a vývojový cyklus se opakuje (Zbuzek, 2003a). Imaga se nejčastěji dožívají několika týdnů až měsíců. Výskyt víceletých dospělců je velmi ojedinělý a lze se s ním setkat například u některých střevlíků rodu *Carabus* (Bezděk, 2012a).

3.3.4 Významní zástupci ve forenzní praxi

Z hlediska forenzní entomologie jsou brouci méně vhodným důkazem pro stanovení post-mortem intervalu (Madra et al., 2014). Jak uvádí Šuláková (2014), brouci začínají osidlovat kadáver až v průběhu druhé sukcesní vlny. Mouchy kolonizují mrtvolu již v průběhu první fáze rozkladu za účelem naklazení vajíček (popř. larev), zatímco brouci vyhledávají mrtvá těla jako zdroj živin. Potravou jim mohou být samotné degradované tkáně, ale i přítomný hmyz, který zde v danou chvíli dokončuje svůj vývoj. Brouci tak mohou kadáver osidlovat i několik dní předtím, než u nich dojde k samotnému kladení. Mezi prvními druhy se objevují zástupci čeledi Silphidae (mrchožroutovití), z nichž největší význam má *Necrodes littoralis*.

3.3.4.1 Silphidae (mrchožroutovití)

Mrchožrouti jsou středně velcí brouci. Velikost se pohybuje v intervalu 15–25 mm (Daněk, 1980). V přírodě se podílejí na rozkladu živočišných tkání (Zbuzek, 2003b). Jako potravu vyhledávají odumřelou organickou hmotu, kterou jsou například kadávery. Čeleď je zastoupena také druhy dravými a býložravými (Daněk, 1980).

Šuláková (2014) řadí čeled' Silphidae mezi jedny z prvních zástupců brouků, které přitahuje zápach související s posmrtnou degradací. Diskutabilní skupinou jsou zde hrobařiči rodu *Nicrophorus*. Zatímco Daněk (1980) řadí hrobařičky mezi charakteristické zástupce druhé fáze dekompozice, které ke kadáveru přitahují zapáchající plynné látky, Šuláková (2014) uvádí, že hrobařiči se na lidských tělech zdržují jen ve formě imág, a tak z hlediska forenzní entomologie mají jen velmi malý význam. Kromě výše zmíněného druhu se z mrchožroutovitých objevují i larvy rodu *Thanatophilus* (Daněk, 1980; Šuláková, 2014). Celosvětově je známo 200 druhů (Zhang, 2011).

***Necrodes littoralis* (Linnaeus, 1758)**

Larvy mrchožrouta pobřežního osidlují mrtvá těla pravidelně a ve velkém počtu. Proto lze tento druh nepochybně přiřadit k jednomu z mnoha indikátorů, pomocí kterých je odhadován post-mortem interval (Šuláková, 2014). Kromě Šulákové (2014) uváděl přítomnost tohoto druhu v průběhu druhé fáze dekompozice již Daněk (1980).

***Thanatophilus rugosus* (Linnaeus, 1758)**

Mrchožrout vrásčitý je rozšířen po celém palearktickém pásu od Evropy až po Japonsko. Tento druh se často vyskytuje na kadáverech velkých obratlovců včetně lidí, a proto je i vhodným bioindikátorem ve forenzní praxi (Novák a kol., 2018). Jedná se o typického zástupce pro druhou sukcesní vlnu (Daněk, 1980).

***Oiceoptoma thoracicum* (Linnaeus, 1758)**

= *Oecoptoma thoracicum*

Dospělci jsou v přírodě přítomni celoročně. Vyskytují se poměrně často v lesích a na otevřených plochách, kde vyhledávají mrtvá těla, trus a hniající houby. Z hub osidlují zvláště hadovku smrdutou (*Phallus impudicus* L.), na které vyhledávají larvy much a ty pak požírají. Tělo je velké cca 7–11 mm a poměrně často pokryto roztoči, kteří využívají mrchožrouta k přemístění na ostatní potravní zdroje. Charakteristickými znaky tohoto druhu je červené zbarvení štítu, šedočerné krovky a paličkovitá tykadla (Bellmann, 2015). Daněk (1980) zmiňuje, že tento zástupce je typický pro druhou sukcesní vlnu.

3.3.4.2 Dermestidae (kožojedovití)

Kožojedovití jsou kosmopolitně rozšířenou čeledí zahrnující okolo 1 200 popsanych druhů (Zhang, 2011). Háva (2011) uvádí, že na území České a Slovenské republiky mohou některé druhy rodu *Dermestes* Linnaeus, 1758 dorůstat délky až 1,5 cm.

Tělo je robustní, oválné či podlouhlé se světle šedým až hnědým zbarvením (Kulshrestha a Satpathy, 2001). Na těle se dále nacházejí buď šupinky, nebo husté chloupky. Hlava směřuje dolů. Ústní ústrojí je kousací. Tykadla mají 5–11 článků. Kožojedi mají i poměrně výrazný pohlavní dimorfismus, kdy u samců jsou výrazněji patrné druhové znaky. Například mají zvětšený poslední tykadlový článek a vnější pohlavní ústrojí je na rozdíl od samic silně sklerotizované (Háva, 2011). Samice kladou až 150 vajíček, ze kterých se přibližně po třech týdnech líhnou již ochlupené larvy. Larvální stadium trvá v závislosti na okolní teplotě a druhu dostupné potravy 5–15 týdnů (Kulshrestha a Satpathy, 2001). Většina larev vyhledává potravu především živočišného původu, jako jsou například mršiny, maso, kůže a kosti. Fáze kukly trvá od dvou týdnů až po dva měsíce. Po tomto období se z kukel již líhnou dospělci. U dospělců bylo pozorováno i specifické chování, které se projevuje, jestliže jsou kožojedi rozrušeni. Pokud jsou nečekaně pozdrážděni jakýmkoli podnětem z vnějšího prostředí, lehají si na záda, sklopí nohy a předstírají smrt (Kulshrestha a Satpathy, 2001).

Většina druhů je v České republice známa spíše jako škůdci domácností, skladišť či muzejních sbírek. Na našem území bylo celkem popsáno 57 druhů a vzhledem ke stále narůstajícímu importu ze všech zemí světa, lze do budoucna předpokládat i s výskytem nových druhů, zvláště skladištních škůdců (Háva, 2011).

Převážná část kožojedů v přírodě kolonizuje mrtvé zvířecí tkáň nebo jako svou potravu vyhledávají různé živočišné ostatky (Zbuzek, 2003b). Háva (2011) uvádí, že na živočišných zbytcích jsou přítomny rody *Attagenus* Latreille, 1802 a *Dermestes*. Pro Dermestidae je typický výskyt během fermentace proteinů, někdy též nazývané jako sýrové fermentace (Šuláková, 2014; Kulshrestha a Satpathy, 2001). V Česku mají z kriminalistického hlediska největší význam následující druhy: *Dermestes frischii*, *Dermestes undulatus* a *Dermestes murinus* (Šuláková, 2014).

***Dermestes frischii* Kugelann, 1792**

Je druh kožojeda, který je kosmopolitně rozšířen a je velmi hojný i na našem území. Tělo je hnědé až černé barvy. Velikost se pohybuje od 6 do 10 mm. Krovky jsou bez výběžků a hladce zaoblené. Na štítu po stranách a na posledním zadečkovém článku jsou přítomny bílé chloupky s malou černou skvrnou. Vyskytuje se zvláště na mršinách a lze jej dobře chovat i v insektáriích. Způsob života je zoonekrofágní (Háva, 2011).

***Dermestes undulatus* Brahm, 1790**

Dermestes undulatus je druh vyskytující se jen v holarktické oblasti. V České republice je však hojně rozšířen po celém území. Charakteristické jsou pro něho šedo-modře mramorově ochlupené krovky, velká tykadlová palička a žlutě ochlupený štít s velkým množstvím skvrn. Tělo je podlouhlé, hnědé až černé barvy a velké 5,5–9 mm. Stejně jako předchozí druh, má i tento zoonekrofágní způsob života (Háva, 2011).

***Dermestes murinus* Linnaeus, 1758**

Dermestes murinus je rozšířen jen v palearktické oblasti a je velmi hojný na celém území Česka. Způsob života je zoonekrofágní. Vyznačuje se černým 7–9 mm podlouhlým tělem. Má velké, široké černé tykadlové paličky a šedo-černě mramorově ochlupenou vrchní stranu těla. Na štítu se nachází dvě žluté skvrny a štítek je taktéž žlutě ochlupen (Háva, 2011).

***Dermestes lardarius* Linnaeus, 1758**

Kožojed obecný je zoonekrofágní druh, vyskytující se po celém světě v blízkosti lidských obydlí a hnízdech obratlovců (Háva, 2011). Velikost se pohybuje v rozmezí 7 až 9,5 mm (Háva, 2011; Hrudová, 2012a). Tělo je hnědočerné a podlouhlé. Charakteristickým znakem je široký pás hnědožlutých chloupků s tmavšími skvrnami, nacházející se v přední části krovek (Háva, 2011). Samice kladou během života 100–200 vajíček na mnoho různých organických materiálů jako jsou vlna, kožešiny či jiné přírodní materiály. Rovněž i potraviny jsou vhodným substrátem pro kladení vajíček. Larvy jsou charakteristické souvislým ochlupením s delšími chlupy v abdominální části. Nasycené larvy jsou schopny přežít poměrně dlouhou dobu bez příjmu potravy. Velikost plně vyvinutých larev je cca 10 mm. Kuklení probíhá v tvrdých materiálech

jako je například dřevo. Celý vývojový cyklus je závislý na teplotních podmínkách prostředí a běžně trvá od 1,5 do 5 měsíců. Kožojed obecný má denní aktivitu a světlo je pro něho taktéž přírodním atraktantem (Hrudová, 2012a). V České republice je rozšířen po celém území a je známý především jako škůdce v domácnostech (Háva, 2011). Dle Hrudové (2012d) jsou kožojedi velmi často přítomni v místech, kde hnízdí holubi. Vyhledávají zde potravu, kterou tvoří různé organické zbytky včetně uhynulých ptáků. Háva (2011) popisuje, že kožojedy lze mimojiné spatřit i na nevyčištěných kůžích. Šuláková (2014) uvádí, že na našem území se vyskytuje na mršinách jen výjimečně. V těchto ojedinělých případech je přítomen pouze na mrtvolách nalezených v bytech, na půdách či ve sklepech.

3.3.4.3 Staphylinidae (drabčíkovití)

Drabčíci patří dle Madra et al. (2014) k nejhojnějším broukům. Čeleď celosvětově zahrnuje 3 500 rodů, do kterých náleží 56 000 druhů (Zhang, 2011). Bezděk (2012b) uvádí, že drabčíci jsou v České republice druhově nejpočetnější čeledí brouků. Dle Boháče a Matějčka (2003) se na našem území nachází 1 412 druhů. Charakteristickým znakem pro většinu druhů drabčíků jsou zkrácené krovky, které zakrývají jen první část ohebného zadečku (Bezděk, 2012b; Boháč a Matějček, 2003; Hrudová, 2011; Zbuzek, 2003a). Tělo je oválné až protáhlé, nejčastěji nažloutlé až tmavě hnědé, případně černé barvy. Vzácně však lze nalézt i drabčíky s červeným, žlutým, či modrým zbarvením. Tělo je rozděleno do tří segmentů: hlava, štít a zadeček. Tvar končetin a ústní ústrojí je druhově vyvinuto ke způsobu jejich pohybu a přijímání potravy. Stejně tak i tvar očí je druhově velmi odlišný, od velmi redukovaných až po silně zvětšené (Boháč a Matějček, 2003). Vajíčka drabčíků jsou kulatá či oválná s dobře vyvinutým chorionem. V průběhu vývoje absorbují vodu a zvětšují se. O larvách je doposud známo jen malé množství informací, jelikož jsou často součástí edafonu. Od larev ostatních brouků se však odlišují přídatným párem článkovitých přívěsků na konci devátého zadečkového terga. Larvy ve svém vývoji prodělávají tři stadia metamorfózy. Velikost těla dospělců se globálně pohybuje v intervalu od 0,5 mm do 60,0 mm. Ve střední Evropě je nejčastější velikost 1–35 mm. Druhy s takto rozdílnou velikostí těla mají i odlišnou roli v ekosystémech a jejich území jsou často od sebe vzájemně oddělena (Boháč a Matějček, 2003). Studium velikosti drabčíků v závislosti na různých biotopech střední Evropy se zabývali již Boháč a Růžička (1990). Ti následně rozdělili drabčíky do pěti velikostních skupin:

skupina I. délka těla do 3,0 mm, skupina II. velikost těla od 3,1–4,5 mm, skupina III. 4,6–7,0 mm, skupina IV. 7,1–11,0 mm a ve skupině V. byly zahrnuty druhy s délkou těla větší než 11,0 mm. Zároveň dodávají, že největší drabčíky pozorovali v rumištních biotopech (Boháč a Růžička, 1990). Dle Bezděka (2012b) se drabčíkovití vyskytují v mnoha lokalitách. Nalézt je lze například na květinách, v hrabance, v mraveništích, degradujících částech rostlin, pod kůrou či v trouchnivém dřevě.

Potravní vztahy jsou u drabčků velmi rozmanité a slouží jako klasifikace jejich životních forem (Boháč a Matějček, 2003). Většina z nich se označuje jako tzv. nespecifiční predátoři, kteří se živí celou řadou půdních bezobratlých živočichů jako jsou například: roztoči, hlístice, chvostokoci, mšice, malé druhy hmyzu a její larvy apod. (Hrudová, 2011; Boháč a Matějček, 2003). Některé druhy podčeledi Oxytelinae vyhledávají v přírodě jako zdroj potravy různé organické zbytky. Existuje však ještě několik dalších druhů, které jsou dle své potravní specializace např. mykofágní, myrmekofilní, termitofilní nebo se živí řasami. V dřívějších studiích byli drabčci dle své potravní strategie a preferencí území rozděleni do pěti tříd. Následně bylo zjištěno, že největší zastoupení životních forem bylo pozorováno v přirozených a polopřirozených biotopech jako byly: lesy, stepy, neregulované břehy řek a potoků, horské louky a břehy rybníků. Diverzita dospělých jedinců prokázala vyšší počet životních forem v polopřirozených biotopech oproti antropogeně upraveným biotopům a krajinám (Boháč a Matějček, 2003).

U drabčků převládá denní aktivita zvláště v zastíněných biotopech. Lze je nalézt například pod kameny, pod dřevem, v listí nebo v odpadu. Intenzita světla má na jejich aktivitu dosti velký vliv a většina z nich má proto i značné migrační schopnosti (Boháč a Matějček, 2003). Převážná část drabčků se živí jako predátoři, a proto je lze velmi často nalézt na mrtvolách (Madra et al., 2014). Dle Madra et al. (2014) mají drabčíkovití největší forenzní význam ze všech brouků. Drabčci se kromě schopnosti šíření do rozmanitých stanovišť vyznačují také celoroční aktivitou. Lze je využít nejen jako indikátory při odhadu post-mortem intervalu, ale například i jako nepřímé důkazy při přemístění kadáverů na jiná stanoviště (Madra et al., 2014).

Staphylinidae se dle Šulákové (2014) objevují ve třetí fázi dekompozice, kdy se z těla uvolňují těkavé mastné kyseliny. K forenzně významným druhům patří rody: *Ontholestes*, *Philonthus* a *Aleochara* (Šuláková, 2014). U zástupců rodu *Aleochara* byla již dříve pozorována parazace pupáří dvoukřídleho hmyzu (Boháč a Matějček, 2003).

***Creophilus maxillosus* (Linnaeus, 1758)**

Drabčik páskovaný je černý brouk s lesklou hlavou a štítem. Na krovkách je viditelná nepravidelná příčná skvrna utvářena ze šedobílých chloupků. Na postranních částech zadečku se nachází husté šedobílé ochlupení. Na krovkách jsou dále patrné skvrny zlatožluté až rezavě-hnědé barvy. Oči jsou velké, uloženy v horní části hlavy. Okraje štítu a přední nohy zdobí zřetelná tečkovaná kresba. Celková délka těla se pohybuje v rozmezí 15–23 mm (Smetana, 1958).

Creophilus maxillosus patří k hlavním zástupcům čeledi Staphylinidae (Madra et al., 2014; Šuláková, 2014). Jedná se o holarktický druh (Boháč a Matějček, 2003). Smetana (1958) dodává, že zasahuje i do palearktické oblasti a je rozšířen i v Irsku, Grónsku a dále ještě v severní Americe, na Havajských ostrovech a v západní a jižní Asii. V České republice je rozšířen po celém území. Obývá většinu biotopů včetně rumišť, agrocenóz a intravilánu obcí. Vyskytuje se na hnilých látkách (hnůj, kadávery, houby apod.), kde vyhledává jako svou potravu živé larvy dvoukřídleho hmyzu (Boháč a Matějček, 2003). Na mršinách se také pravidelně rozmnožuje, a proto je významným bioindikátorem pro stanovení doby kolonizace (Šuláková, 2014).

3.3.4.4 Histeridae (mršníkovití)

Mršníci jsou malí až středně velcí brouci. Velikost těla se pohybuje v intervalu 0,5–15 mm (Zahradník, 2008). Dospělci se vyznačují tvrdým, lesklým a robustním tělem (Macek, 2001; Pokorný, 2002). Celosvětově čeleď zahrnuje zhruba 4 300 druhů (Zhang, 2011). Z nichž se přibližně 80–100 vyskytuje ve střední Evropě (Zahradník, 2008). Na hlavě jsou patrná typická ostrá a nesouměrná kusadla. Nohy jsou krátké a široké. Pokud jsou mršníci ohroženi, stahují nohy pod tělo a předstírají smrt. Vyskytují se na rozmanitých biotopech a živí se hmyzími larvami. Dožívají se poměrně dlouhého stáří, okolo dvou až tří let (Macek, 2001).

Mršníci začínají kolonizovat mrtvá těla během třetí sukcesní vlny. Mezi významné zástupce jsou řazeni *Margarinotus brunneus* a *Saprinus semistriatus*: (Šuláková, 2014).

***Margarinotus brunneus* (Fabricius, 1775)**

Margarinotus brunneus patří dle Daňka (1990) mezi nejpočetnější nekrofágní zástupce z čeledi Histeridae. Velikost těla se pohybuje okolo 7 mm. Bueutel a Leschen (2016) uvádějí, že se jedná o druh vyhledávající mršiny a rozkládající se maso. Majka a Klimaszewski (2008) toto zjištění potvrzují a informují, že se tento druh může vyskytovat i na rozkládajících se rostlinách.

***Saprinus semistriatus* (L. G. Scriba, 1790)**

Mršník lesklý je brouk s černě lesklým zavalitým tělem a čtyřmi červenými skvrnami na krovkách. Nohy jsou krátké, ale silné a rychle pohyblivé (Dmitrijeva, 1987). Velikost těla je zhruba 5 mm (Daněk, 1990). Jako potravu vyhledává larvy dvoukřídlého hmyzu, které jsou přítomny na mršinách (Dmitrijeva, 1987). Löbl a Löbl (2015) uvádějí, že tento druh je synonymem *Hister nitidulus* Fabricius, 1801.

3.3.4.5 Nitidulidae (lesknáčkovití)

Lesknáčkovití jsou malí brouci s oválným či vejčitým tvarem těla. Někteří zástupci mají tělo vyklenuté, jiní naopak shora zploštělé. Zbarvení těla je tmavé a u některých jedinců má kovový lesk, případně je i mírně ochlupené. Typické jsou i druhy s barevnými skvrnami na tmavém, nejčastěji černém povrchu. Popsány jsou však i druhy s hnědým zbarvením. Okraje krovek jsou také druhově rozdílné, někteří mají krovky směřující svisle dolů, u jiných směřují ploše dolů a utvářejí skoro vodorovný okraj. Velikost lesknáčků se pohybuje v rozmezí od 1 do 8 mm, ovšem dle některých dalších zdrojů může jejich velikost dosahovat až 12 mm. Celosvětově je známo 4 500 druhů (Zhang, 2011). Charakteristickým znakem lesknáčkovitých jsou krátká tykadla zakončena nápadnou paličkou. Vyvinuty jsou dva páry křídel, ale u některých druhů jsou krovky zkráceny či zcela redukovány.

I způsob života je velmi odlišný. Většina druhů je vázána na květy rostlin a volné plodiny, ale jsou mezi nimi i druhy, které upřednostňují lesní biotopy. Způsob získávání potravy

se také značně liší. Dravé druhy vyhledávají malé bezobratlé nebo loví menší hmyz. Druhy mycetofágní jsou často přítomny v tlejícím odpadu a obdobném materiálu, kde se živí myceliem hub. Fytofágní druhy přijímají rostlinnou potravu nejčastěji v podobě pylu či nektaru a někteří vyhledávají i mízu stromů. Výskyt lesknáčků lze pozorovat i na spadlém přezrálém ovoci, které pozvolna hnije a kvasí. U larev je způsob potravy buď fytofágní, nebo jsou dravé a jejich potrava je obdobná potravě imag (Hrudová, 2012b). Nitidulidae jsou taktéž typičtími zástupci třetí fáze degradace mrtvých těl. K nejvýznamnějším druhům patří *Omosita discoidea* a *Glischrochilus quadrisignatus* (Šuláková, 2014). O častém výskytu čeledi Nitidulidae na mrtvých tělech a degradujících částech rostlin se zmiňuje i Zbuzek (2003b).

***Omosita discoidea* (Fabricius, 1775)**

Velikost těla tohoto druhu obvykle nepřesahuje 6 mm. Jde typického zástupce pokročilejší fáze rozkladu obývající sušší místa (Elias a Mock, 2013). Kromě kadáverů se také často vyskytuje ve smíšených lesních porostech, zemědělských oblastech, na vysušených mršinách, kostech, kůži, houbách a rozkládající se vegetaci. Jedná se o palearktický introdukovaný druh, který je široce rozšířen v Evropě, Kanadě a ve Spojených státech (Majka a Klimaszewski, 2008).

***Glischrochilus quadrisignatus* (Say, 1835)**

Lesknáček čtyřtečný dorůstá velikosti přibližně 6,5 mm a vyskytuje se pod kůrou jehličnatých stromů, kde se živí larvami kůrovců. Tělo je černé a na krovkách jsou přibližně čtvercové skvrny červené barvy. Přítomnost byla prokázána i na poraněných listnatých stromech, ze kterých vytékala míza, zvláště na břízách, ale také na spadlém ovoci, ze kterého přijímá šťávu (Hrudová, 2012b).

3.3.4.6 Cleridae (pestrokrovečnickovití)

Stejně jako pro kožojedy je i pro pestrokrovečnický charakteristická fáze fermentace proteinů ve třetí vlně sukcese. Mezi nejvýznamnější zástupce jsou zahrnuty druhy rodu *Necrobium* Olivier, 1795, zvláště: *Necrobium violaceum*, *Necrobium rufipes* a ojediněle i *Necrobium ruficollis* (Fabricius, 1775): (Šuláková, 2014). Daněk (1980) zmiňuje, že výše uvedení zástupci

rodu *Necrobia* mají nejvyšší četnost ve třetí sukcesní vlně a ve čtvrté obývají již jen sušší části kadáveru. Na světě je celkem 4 300 druhů (Zhang, 2011).

***Necrobia violacea* (Linnaeus, 1758)**

Druh *Necrobia violacea* se příležitostně vyskytuje ve skladech s uloženými potravinami, kde se živí ostatky jiného hmyzu (Rees, 2004). Velikost těla je zhruba 4,5 mm (Daněk, 1990). Dle Daňka (1980) je *Necrobia violacea* nejčastěji se vyskytující druh z rodu *Necrobia*.

***Necrobia rufipes* (De Geer, 1755)**

Paličník rudonohý je 3,5–6 mm velký brouk kovově modré či zelené barvy. Vyznačuje se tmavými tykadly a červenohnědýma nohama (Kulshrestha a Satpathy, 2001). Je známý i jako škůdce potravin. Nejčastěji napadá kokosové ořechy, olejnatá semena, kakaové boby, sušené ryby a další živočišné produkty spolu s kožojedy (Rees, 2004). Je celosvětově rozšířen a jedná se o typického zástupce pro třetí a čtvrtou vlnu dekompozice. Kadávery osidluje poté, co tuky projdou procesem zmýdelnění a vznikají těkavé mastné kyseliny (Daněk, 1990).

***Necrobia ruficollis* (Fabricius, 1775)**

Paličník pestrý napadá především materiály živošného původu (Rees, 2004). Stejně jako paličník rudonohý je i tento zástupce z čeledi Cleridae charakteristický pro třetí a čtvrtou sukcesní vlnu a je taktéž kosmopolitně rozšířen (Daněk, 1990).

3. 4 Rozdíly mezi biotopy v kriminální praxi

3.4.1 Studie a případy ze světa

Kulshrestha a Satpathy (2001) popisují několik případů z kriminální praxe, ve kterých byly jako důkazy použity entomologické stopy brouků čeledí Dermestidae a Cleridae.

V prvním vyšetřování popisují případ mrtvé osmnáctileté ženy nalezené v lese v Bhópálu v Indii ze dne 26. 5. 1998. Při nařízené pitvě nebyla zjištěna žádná příčina ani způsob úmrtí. Pozůstatky byly proto následně zaslány lékařskému institutu, kde z kostí bylo zjištěno, že se jedná o ženu. Zranění na lebce nasvědčovala tomu, že bylo pravděpodobně spácháno

ublížení na zdraví s následkem smrti, tvrdým či ostrým předmětem (Kulshrestha a Satpathy, 2001).

Entomologické vyšetření ze dne 18. 10. 1998 prokázalo přítomnost dvou druhů brouků. Z čeledi Dermestidae, *Dermestes maculatus* De Geer, 1774 a to jak dospělce, tak i larvy a kukly. A z čeledi Cleridae dva dospělce *Necrobia rufipes*. Všechny tyto nálezy byly přítomny v období, kdy průměrná denní teplota dosahovala 20 °C a průměrná vlhkost 46 % (Kulshrestha a Satpathy, 2001).

Ve druhém případě byly v lékařském institutu vyšetřovány lidské ostatky, ze kterých se dochovaly následující pozůstatky: lebka, čelisti, kyčelní, stehenní a lýtkové kosti, kost křížová, lopatka, kost pažní, loketní a žebra. Tyto zbylé části těla patřili ženě ve věku zhruba 35 let. Na lebce byly nalezeny stopy nasvědčující úmyslnému poranění tvrdým a těžkým předmětem s následkem smrti (Kulshrestha a Satpathy, 2001). Z entomologických stop bylo zajištěno několik dospělých jedinců *Dermestes maculatus* a *Necrobia rufipes*. Z kožojedovitých bylo dále nalezeno ještě malé množství larev. Kukly ani jednoho druhu zjištěny nebyly. Teplota prostředí v době nálezu dosahovala 16,5 °C při průměrné vlhkosti 71 % (Kulshrestha a Satpathy, 2001).

Na základě těchto studií Kulshrestha and Satpathy (2001) uvádějí, že Dermestidae a Cleridae mají z brouků dominantní zastoupení na kadáverech v období 4 až 5 měsíců od úmrtí jedince. Ovšem toho tvrzení je platné jen pro oblast Bhópálu a jeho blízkém okolí. Zastoupení výše zmíněných zástupců se může měnit v závislosti na zeměpisné oblasti.

Madra et al. (2015) po dobu tří let studovali postupnou degradaci deseti prasečích těl na suchomilných a teplomilných pastvinách, bez křovin a stromů, v západním Polsku. První dvě jatečně upravená těla byla exponována na jaře 17. 5. 2012, další čtyři začátkem léta, tj. 16. 7. 2012 a poslední čtyři v pozdním létě tj. 27. 8. téhož roku. Průměrné denní teploty se na jaře pohybovaly v rozmezí od 10 do 25 °C, na začátku léta v intervalu 16–28 °C, v pozdním létě od 14 do 22 °C a začátkem podzimu teploty dosahovaly hodnot 4–16 °C. Tyto průměrné teploty byly podobné i v letech 2013 a 2014. V zimním období byl sběr dat z důvodu nízkého

zastoupení entomofauny na kadáverech přerušen. Výsledky terénního experimentu jsou znázorněny v přílohách 7–10.

Madra et al. (2014) se v roce 2011 zaměřili na výzkum čeledi Staphylinidae jako ukazatelů při odhadu post-mortem intervalu a důkazů při přemísťování mrtvých těl na jiná stanoviště. Ve své studii porovnávali výskyt drabčků na následujících stanovištích: habr-dubový les, zatravněné otevřené plochy a přechodná stanoviště (travní porosty na okraji lesa a břízy na pastvinách). Jako návnad bylo použito 26 kadáverů prasat o průměrné hmotnosti 21,3 kg. Vzdálenost mezi lesními a otevřenými stanovišti byla nejméně 1 km a prasečí těla byla od sebe rozmístěna na vzdálenost nejméně 50 metrů. Experiment probíhal od dubna do října v západním Polsku.

Dominantní zastoupení po dobu celé studie měl *Creophilus maxillosus*, ačkoli nevykazoval jednoznačnou preferenci pro určitý typ stanoviště. Přesto jeho nejvyšší četnost byla pozorována na dvou otevřených stanovištích, a to na pastvinách s břízami a loukách na okrajích lesa. Podobně široká ekologická valence byla prokázána i u následujících šesti druhů: *Philonthus politus* (Linnaeus, 1758), *Philonthus succicola* Thomson, 1860, *Philonthus addendus* Sharp, 1867, *Philonthus concinnus* (Gravenhorst, 1802), *Ocypus olens* (O. Müller, 1764) a *Gabrius osseticus* (Kolenati, 1846). Vyskytovaly se ale i druhy, které vykazovaly značnou preferenci vůči konkrétním stanovištím (Madra et al. (2014). Například *Philonthus lepidus* (Gravenhorst, 1802) byl přítomen výhradně na kadáverech umístěných v otevřených stanovištích, a proto se Madra et al. (2014) domnívají, že by tento druh mohl být užitečný jako nepřímý důkaz při přemístění mrtvol z otevřených do lesních stanovišť. *Philonthus decorus* (Gravenhorst, 1802) byl naopak typický druh osidlující pouze mrtvá těla umístěna v lesích. Dále byla pozorována jasná sezónnost u celkem devíti druhů (Madra et al., 2014).

V jarním období a začátkem léta se hojně vyskytovali: *Philonthus lepidus*, *Bisnius nitidulus* (Gravenhorst, 1802), *Philonthus concinnus*, *Gabrius osseticus*, *Bisnius fimetarius* (Gravenhorst, 1802) a *Staphylinus erythropterus* Linnaeus, 1758). Výhradně letním zástupcem pak byl *Platydracus stercorarius* (Olivier, 1795). V pozdním létu a začátkem podzimu převládaly *Philonthus spinipes* Sharp, 1874 a *Ocypus olens* (Müller, 1764). Nejhojnějšími druhy v průběhu celé studie byly *Creophilus maxillosus* (44,4 %), *Philonthus politus* (9,3 %),

Ontholestes murinus (Linnaeus, 1758) (7,3 %), *Philonthus addendus* (Sharp, 1867) (7,2 %) a *Philonthus decorus* (6,7 %). Druhová diverzita byla vyšší na otevřených stanovištích (32 druhů) oproti lesům (28 druhů). Dále bylo v travních porostech zjištěno 27 druhů a v březovém lese 15 druhů. Nejvyšší četnost druhů byla pozorována od května do července (Madra et al. (2014). Madra et al., (2014) k těmto výsledkům dále poznamenávají, že oproti otevřeným stanovištím mají lesy stabilnější teplotní podmínky, které zapříčiňují výskyt méně specializovaných druhů.

Druhy *Philonthus decorus*, *Philonthus laminatus* (Creutzer, 1799), *Philonthus splendens* (Fabricius, 1793) a *Philonthus rectangulus* Sharp, 1874 v tomto experimentu osidlovaly kadávery od dubna do září (Madra et al. (2014). Madra et al. (2014) dále uvádí, že výskyt druhu *Philonthus rectangulus* byl také pozorován i v předchozí studii dle Matuszewkého et al. (2008). *Creophilus maxillosus* byl ve studii dle Madry et al. (2014) pozorován od května do října. Özdemir a Sert (2009) ve své studii z Turecka uvádí, že tento druh byl zaznamenán od dubna do konce října a v Portugalsku byl dle Castra et al. (2013) přítomen během celého roku. Naproti tomu Dekeirsschieter et al. (2013) zmiňují, že v Belgii byl *Creophilus maxillosus* zaregistrován jen na jaře a v létě.

Madra et al. (2014) uvádějí, že druhy, které jsou přítomny buď po celý rok, nebo alespoň po jeho většinu, mají nejvyšší četnost od května do července (viz příloha č. 12). Kompletní přehled zaznamenaných brouků na jednotlivých stanovištích je uveden v příloze č. 11. Sezónní výskyt Staphiliinae je znázorněn v příloze č. 12.

3.4.2 Studie z České republiky

V letech 1997–1998 byla u Opavy, v obci Suché Lazce a v opavské pahorkatině, provedena terénní studie na exponovaných tělech potkanů. Během experimentu byla sledována degradace kadáverů a postupná kolonizace brouky. Brouci byli sledováni a odebíráni v průběhu tří po sobě jdoucích čtyřicetidenních intervalech realizovaných na jaře v létě a na podzim, ve dvou odlišných biotopech. První čtyřicetidenní období trvalo od 16. 7.–24. 8. 1997, druhé od 1. 10.–9. 11. 1997 a třetí od 5. 5.–13. 6. 1998. Prvním stanovištěm byla louka a druhým listnatý les. Lokality byly od sebe vzdáleny 1,5 km a obě se nacházely

v postupných severozápadních svazích v nadmořské výšce okolo 320 m. Oblast je dle místní observatoře charakterizována průměrnou roční teplotou 7,9 °C a průměrným ročním úhrnem srážek 629 mm. Jako návnady byli použiti šedí laboratorní potkani *Rattus norvegicus* (Berkenhout, 1769) o hmotnosti 70–80 g. Potkani byli vloženi do dvou zemních pastí. První vnitřní past byla zapuštěna do země a zasypána půdou. Vnější nádoby byly naplněny konzervačním roztokem (formaldehydem) a detergentem. Na každém stanovišti byly uloženy vždy dvě návnady. Jedna byla volně přístupná pro hmyz a druhá sloužila jen jako kontrolní. Hmyz měl do kontrolní pasti zamezen přístup a bylo tak možno porovnat rozkladné procesy jak s účastí hmyzu, tak s jeho absencí. Stadia rozkladu během této studie byla klasifikována na čtyři následující části: čerstvé tělo, nafouklé tělo, aktivní rozklad a suché zbytky (Kočárek, 2003).

Pozorováním bylo zjištěno, že mrtvá těla potkanů se nejrychleji rozkládala v létě. Na jaře a na podzim byla dekompozice pomalejší. Dále bylo zjištěno, že usmrčená těla potkanů se rychleji rozkládala na louce, kde byla oproti lesu i vyšší průměrná teplota. V letních dnech dosáhly mršiny na louce stadia vysušení za šest dnů, při průměrné teplotě 17,4 °C, zatímco na podzim byla mrtvá těla na louce vysušena až po osmnácti dnech. Průměrná denní teplota podzimních dní se tehdy pohybovala okolo 10,9 °C. Celkem bylo v průběhu studie determinováno 145 druhů brouků náležejících do 22 čeledí. Z toho na jaře bylo zachyceno 118 druhů, v létě 106 a na podzim 74 druhů. V lesní lokalitě bylo celkem zastoupeno 121 druhů a na louce 93 druhů. Diverzita druhů byla velmi početná od samého počátku rozkladu, tj. v jarním období, a svého maxima dosáhla v pokročilém rozkladu. Dále bylo zjištěno, že v lese bylo zachyceno více druhů než na louce. Přehled druhového zastoupení brouků v jarním a letním období je znázorněn v přílohách č. 13 a 14. Kompletní výpis druhového zastoupení Coleoptera vč. znázornění preference k vybraným biotopům, je znázorněn v příloze č. 15 (Kočárek, 2003).

V roce 2016 uskutečnila Dostálová (2017) terénní experiment v okolí obce Kleny v okrese Náchod. Ve svém pokusu porovnávala druhové zastoupení nekrofágních druhů řádu Diptera a Coleoptera v následujících třech odlišných biotopech: intravilán vesnice–zahrada, okraj listnatého lesa v přírodní rezervaci a listnatý les v přírodní rezervaci. Vzdálenost mezi stanovišti nepřesáhla 1200 metrů. Na každém biotopu umístila tři proteinové pasti v období

od 10. 7. do 30. 9. 2016. Proteinové pasti byly vytvořeny z plastových lahví o objemu 1,5 litru s vletovým otvorem v horní části. V každé lahvi byla zavěšena zkumavka s 30 g vepřového masa a do její spodní části bylo nalito 700 ml vodného roztoku kyseliny citrónové a detergent (Dostálová, 2017).

Během experimentu bylo dohromady odchyceno 8 745 jediňů náležejících do 8 čeledí a 43 druhů. Řád Diptera zahrnoval 5 čeledí a Coleoptera 3 čeledi. Zastoupené čeledi měli následující celkové zastoupení: Muscidae: 34,37 %, Calliphoridae: 32,84 %, Fanniidae: 26,46 %, Piophilidae: 2,92 %, Sarcophagidae: 2,73 %, Silphidae: 0,49 %, Staphylinidae: 0,17 % a Dermestidae: 0,01 %. Dominantní čeledí v intravilánu vesnice byli Calliphoridae (77,57 %), v lese měli největší zastoupení Muscidae (85,48 %) a v listnatém lese v přírodní rezervaci byli nejpočetnější Fanniidae (64,69 %). Z hlediska poměrového zastoupení brouků na jednotlivých biotopech, dominovali loukám a lesům Silphidae a na zahradě v intravilánu byl poměr všech tří čeledí (Silphidae, Staphylinidae a Dermestidae) vyvážený (Dostálová, 2017).

4 Metodika

4.1 Popis lokality

Experiment byl uskutečněn na třech odlišných biotopech v rámci jednoho regionu, který se nachází v severozápadní části Českomoravské vrchoviny, ve městě Chotěboř a jeho přilehlém okolí (Mapa 1). Na každém ze tří biotopů byly umístěny tři proteinové pasti. Celkový počet pastí byl devět. Nadmořská výška mezi vybranými stanovišti se pohybovala v rozsahu 440–554 metrů nad mořem.

4.1.1 Město Chotěboř

Město Chotěboř se nachází v kraji Vysočina v okrese Havlíčkův Brod. Jedná se o středně velké město, jehož součástí jsou základní úřady a instituce, školy a další vzdělávací, zdravotní, ubytovací a restaurační zařízení, dále sportoviště, kulturní střediska a prodejní řetězce. Je zde rozvinut především strojírenský, dřevozpracující, zemědělský a drobný průmysl. Půdorys města je přibližně kruhového tvaru (Mapa 2). Na severu se nachází památková zóna starého města a ve východní části je situováno několik sportovních zařízení, která pozvolna přecházejí do volné přírody v chráněné krajinné oblasti Železné hory s nedalekým Údolím řeky Doubravy. Katastrální výměra podle územního plánu města Chotěboř činí 5 405 ha (USB, 2010) a dle českého statistického úřadu zde žije 9 343 obyvatel (Odbor statistiky obyvatelstva, 2017). K městu dále náleží 8 přilehlých obcí, mezi nimiž je i obec Bílek.

Stanoviště 1–centrum

První stanoviště se nacházelo v samém centru města (Mapa 3, Obr. 1). Ohraničeno bylo panelovými domy, státními institucemi, parkovištěm a hlavní silnicí vedoucí přes Chotěboř. Z přírodnin zde měly velké zastoupení zejména: lípa srdčitá (*Tilia cordata* Mill.), líska obecná (*Corylus avellana* L.), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior* L.), javor mléč (*Acer platanoides* L.), třešeň obecná (*Prunus avium* (L.) L.), smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) H. Karst.), zerav západní (*Thuja occidentalis* L.), cypřišek tupolistý (*Chamaecyparis obtusa* (Siebold & Zucc.) Siebold & Zucc. ex Endl.), jalovec virginský (*Juniperus virginiana* L.), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica* L.), vikev ptačí (*Vicia cracca* L.), jetel plazivý (*Trifolium repens* L.), kerblík lesní (*Anthriscus sylvestris*

(L.) Horffm.), vrbovka Lamyova (*Epilobium lamyi* F. W. Schultz) a srha laločnatá (*Dactylis glomerata* L.)

Zeměpisné souřadnice: N 49°43.06835', E 15°40.15470'

Nadmořská výška: 528 m n. m.

Stanoviště 2–hřbitov

Hřbitov je umístěn na samém okraji jižní části města. Severní strana hřbitova sousedí se zahradnictvím, na západní se nacházejí rodinné domy. Východní část ohraničuje průmyslový areál a jižní je propojena se sousedním židovským hřbitovem (Mapa 4, Obr. 2). Hřbitov je po svém obvodu a ve středu ohraničen lípami velkolistými (*Tilia platyphyllos* Scop.). Z dalších přírodnin se zde vyskytují bříza černá (*Betula nigra* L.), zerav západní (*Thuja occidentalis*), zimoztráz malolistý (*Buxus microphylla* Siebold & Zucc.), břečťan popínavý (*Hedera helix* L.), sedmikráska obecná (*Bellis perennis* L.), jetel plazivý (*Trifolium repens*), jahodník obecný (*Fragaria vesca* L.), jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata* L.) a smetánka lékařská (*Taraxacum sect. Rudaralia* Kirschner, H. Ollgaard & Štěpánek).

Zeměpisné souřadnice: N 49°42.66002', E 15°40.26527'

Nadmořská výška: 554 m n. m.

Stanoviště 3–rodinné domy

Třetí stanoviště bylo umístěno ve východní části Chotěboře za sportovním areálem, mezi rodinnými domy, pod prudkým svahem (Mapa 5, Obr. 3). Ve stráni se nacházela místní černá skládka, která kromě uměle vyrobeného odpadu obsahovala i velké množství hniječného bioodpadu vyváženého z přilehlých zahrad. Z rostlin zde dominovaly: lípa srdčitá (*Tilia cordata*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), bříza bělokorá (*Betula pendula* Roth), javor klen (*Acer pseudoplatanus* L.), růže šípková (*Rosa canina* L.), líska obecná (*Corylus avellana*), dub letní (*Quercus robur* L.), jilm drsný (*Ulmus glabra* Huds.), smrk ztepilý (*Picea abies*), jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia* L.), trnovník akát (*Robinia pseudoacacia* L.), violka vonná (*Viola odorata* L.), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), hloh obecný (*Crataegus laevigata* (Poir.)

DC.), divizna velkokvětá (*Verbascum densiflorum* Bertol.), tis červený (*Taxus baccata* L.), netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora* DC.), mahónie cesmínolistá (*Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt.) a bršlice kozí noha (*Aegopodium podagraria* L.).

Zeměpisné souřadnice: N 49°43.10247', E 15°40.91358'

Nadmořská výška: 525 m n. m.

4.1.2 Les–přírodní rezervace

Lesní biotop se nachází jihovýchodně od Chotěboře, mezi obcemi Bílek a Horní Sokolovec (Mapa 6). Rozkládá se v katastrálním území města Chotěboř a obcí Horní Sokolovec, Bílek a Malochyně. Celková výměra lesa činí 92,55 ha (Faltysová, Bárta a kol., 2002). Klimaticky je území zařazeno do mírně teplé oblasti s ročním úhrnem srážek 700 až 800 mm (Kopecký, 2008). Les je díky svým geomorfologickým jevům vč. jeskyní a typické fauně a floře součástí přírodní rezervace Údolí Doubravy, která leží v chráněné krajinné oblasti Železné hory. Kaňonovité údolí vzniklo erozní činností řeky Doubravy a její tok má charakter lososové vody. Dolina je členitá a prudce se svažující, kamenitého až balvanitého rázu. V místech, kde řeka překonává několikametrová převýšení, jsou četné peřeje a vodopády. Kaňonovité údolí a zeměpisná poloha rezervace včetně umístění a sklonu svahu zapřičiňuje vlivem povětrnostních podmínek charakteristické mikroklima, ve kterém se vyskytuje několik chráněných druhů rostlin a živočichů.

Kulturní les je smíšeného typu s dominujícím zastoupením následujících stromů: borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.), jedle bělokorá (*Abies alba* Mill.), modřín opadavý (*Larix decidua* Mill.), smrk ztepilý (*Picea abies*), buk lesní (*Fagus sylvatica* L.), bříza bělokorá (*Betula pendula*), dub letní (*Quercus robur*) a dub zimní (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), habr obecný (*Carpinus betulus* L.), jilm horský (*Ulmus galbra* Huds.), jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia* L.), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), lípa velkolistá (*Tilia platyphyllos*) a lípa srdčitá (*Tilia cordata*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) a topol osika (*Populus tremula* L.). Dle Kopeckého (2014) se zde vyskytují i některé reliktní kyselé bukové bory.

Mezi četné druhy rostlin jsou zařazeny: hvězdnice alpská (*Aster alpinus* L.), silně ohrožený hvozdík sivý (*Dianthus gratianopolitanus* Vill.), lomikámen trsnatý (*Saxifraga rosacea* Moench), metlička křivolaká (*Avenella flexuosa* (L.) Drejer), lipnice hajní (*Poa nemoralis* L.), a lipnice luční (*Poa pratensis* L.). Z kapradin mají největší zastoupení zejména sleziníky (*Asplenium* spp.). K dalším více početným druhům je zařazen například kaprad' samec (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott) či kapradina laločnatá (*Polystichum aculeatum* (L.) Roth) (Kopecký, 2014).

Inverzní údolí podrostu suťových lesů, kde dochází k hromadění chladného a vlhkého vzduchu je charakteristické zvláště pro následující druhy: osladič obecný (*Polypodium vulgare* L.), zimolez černý (*Lonicera nigra* L.), růže převislá (*Rosa pendulina* L.), vrbina hajní (*Lysimachia nemorum* L.), kokořík přeslenitý (*Polygonatum verticillatum* (L.) All.), bažanka vytrvalá (*Mercurialis perennis* L.), silenka dvoudomá (*Silene dioica* (L.) Clairv.), svízel vonný (*Galium odoratum* (L.) Scop.) a měsíčnice vytrvalá (*Lunaria rediviva* L.) (Faltysová H., Bárta F. a kol., 2002). Dle Gadurkové (1985) se velmi hojně vyskytuje i pstroček dvoulistý (*Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt). Hluboká inverzní údolí jsou dále bohatá zejména na mechorosty, a to jak acidofilní, tak bazofilnější. Mezi nejčetnější zástupce jsou zařazeni: klaminka ztenčená (*Anomodon attenuatus* (Hedw.) Huebener), roženka dutolistá (*Lejeunea cavifolia* (Ejrv.) Lindb.), pohárovec Mougeotův (*Amphidium mougeotii* (Bruch & Schimp.) Schimp) (Faltysová H., Bárta F. a kol., 2002) a dle Gadurkové (1985) i kopytník evropský (*Asarum europaeum* L.).

V okolí vodních toků jsou značně rozšířeny následující druhy: violka bahenní (*Viola palustris* L.), řeřišnice hořká (*Cardamine amara* L.), mokryš střídavolistý (*Chrysosplenium alternifolium* L.), sedmikvítek evropský (*Trientalis europaea* L.), jednokvítek velekvětý (*Moneses uniflora* (L.) A. Gray), konopice sličná (*Galeopsis speciosa* Mill.) a prvosenka vyšší (*Primula elatior* (L.) Hill) (Faltysová, Bárta a kol., 2002). Dále jak uvádí Gadurková (1985) byl na vlhkých místech zaregistrován v hojném počtu čistec lesní (*Stachys sylvatica* L.), udatna lesní (*Aruncus vulgaris* Rafin.), a na vlhkých stinných místech samorostlík klasnatý (*Actaea spicata* L.), zvonečník klasnatý (*Phyteuma spicatum* L.), hluchavka žlutá (*Galeobdolon luteum* Huds.) a intenzivně zapáchající devětsil bílý (*Petasites albus* (L.) Gaertn.). Naopak pro slunné nezalesněné svahy je typický klinopád obecný (*Clinopodium vulgare* L.) a smolníčka obecná (*Steris viscaria* (L.) Jessen) (Faltysová, Bárta a kol., 2002).

Na území bylo zjištěno celkem 208 druhů brouků, z nichž mezi zvláště chráněné jsou zahrnuty následující druhy: svižník polní *Cicindela campestris campestris* Linnaeus, 1758 a svižník lesomil *Cicindela sylvicola* Dejean in Latreille & Dejean, 1822, dva druhy ohrožené: (EN) dle Červeného seznamu bezobratlých, a to krytohlav *Cryptocephalus pusillus* Fabricius, 1777 a dřepčík *Chaetocnema conducta* (Motschulsky, 1838). Dále dva druhy se statutem zranitelný (VU): kovařík *Quasimus minutissimus* (Germar, 1817) a lesák *Silvanoprus fagi* (Guérin-Ménéville, 1844) a jeden druh se statutem téměř ohrožený (NT): kovařík *Athous zebei* Bach, 1854 (Kopecký, 2008). Úplný seznam všech zaznamenaných brouků v přírodní rezervaci Údolí Doubravy dle Kopeckého (2008) je uveden v příloze 1 - 6.

Kromě ohrožených druhů se zde nachází i mnoho bioindikátorů, mezi které se řadí např.: mandelinka *Aphthona atrocaerulea* (Stephens, 1831) typický druh výsluních strání, lenec *Abdera flexuosa* (Paykull, 1799), *Tetratoma fungorum* (Fabricius, 1790), trojáč *Triplax rufipes* (Fabricius, 1775) obývající především dřevní houby a zachovalé listnaté lesy pralesního typu. Červotoč šiškový *Ernobius abietis* (Fabricius, 1792) vyskytující se zejména na odumřelých částech stromů, mokřadníci *Elodes marginata* (Fabricius, 1798), a *Elodes hausmanni* (Gredler, 1857), *Cyphon palustris* C.G. Thomson, 1855. Všichni mokřadníci mají význam jako bioindikační vodní druhy v zachovalých tocích a mokřadech. Posledním uvedeným bioindikátorem obývající zachovalejší lesní porosty je střevlík svařštělý *Carabus intricatus intricatus* Linnaeus, 1761 (Kopecký, 2008).

Stanoviště 4–koleje

První lesní stanoviště se nacházelo v jižní části lesa přibližně 1 km vzdušnou čarou od obce Bílek (Mapa 7, Obr. 4). Proteinová past byla zavěšena mezi stromy 24 metrů od kolejí, které oddělovaly zbylou jihovýchodní část lesa (přibližně 830 metrů vzdušnou čarou). Z rostlin zde dominovaly: smrk ztepilý (*Picea abies*), modřín opadavý (*Larix decidua*), jedle bělokorá (*Abies alba*), bříza bělokorá (*Betula pendula*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), jilm horský (*Ulmus galbra*), sleziník netíkovitý (*Asplenium adiantum-nigrum* L.), kapraď samec (*Dryopteris filix-mas*), kapraď rozložená (*Dryopteris dilatata* (Hoffm.) A. Gray.), osladič obecný (*Polypodium vulgare*), kapradina laločnatá (*Polystichum aculeatum*), jahodník obecný

(*Fragaria vesca*) a borůvčí (*Vaccinium myrtillus* L.). Při sběru pasti dne 8. 7. 2017 zde byla také nalezena hadovka smrdutá (*Phallus impudicus* L.).

Zeměpisné souřadnice: N 49°42.46485', E 15°43.19215'

Nadmořská výška: 551 m n. m.

Stanoviště 5–lesní školka

Druhé lesní stanoviště se nacházelo zhruba 81 metrů od řeky Doubravy, v nově vysázené lesní školce, která rozdělovala hranici lesa a paseky. Vykácená část lesa tvořila přibližně čtvercový půdorys o velikosti 122 x 137 metrů. Past byla umístěna na okraji lesní školky, vletovým otvorem směřujícím do volného prostoru louky (Mapa 8, Obr. 5). Z jehličnanů se zde vyskytovaly borovice lesní (*Pinus sylvestris*), které se nacházely na pomezí lesa před lesní školkou. Dále smrk ztepilý (*Picea abies*), který byl spolu s jedlí bělokorou (*Abies alba*) a modřínem opadavým (*Larix decidua*) součástí lesní školky. Z listnatých stromů měl své zastoupení buk lesní (*Fagus sylvatica*) a bříza bělokorá (*Betula pendula*). Z rostlin dominovaly zejména: zkrutek vláhojevný (*Funaria hygrometrica* Hedw.), kostřava luční (*Festuca pratensis* Huds.), kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea* Schreb.), kostřava červená (*Festuca rubra* L.), jílek vytrvalý (*Lolium perenne* L.), psineček obecný (*Agrostis capillaris* L.), psineček výběžkatý (*Agrostis stolonifera* L.), medyněk vlnatý (*Holcus lanatus* L.), metlice trsnatá (*Deschampsia cespitosa*), metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*), lipnice hajní (*Poa nemoralis*), lipnice luční (*Poa pratensis*), česnek chlumní horský (*Allium senescens* subsp. *montanum* (Pohl) Holub), dvouhrotec chvostnatý (*Dicranum scoparium* Hedw.), borůvčí (*Vaccinium myrtillus*), ostružiník maliník (*Rubus idaeus* L.), kaprad' samec (*Dryopteris filix-mas*), osladič obecný (*Polypodium vulgare*), kapradina laločnatá (*Polystichum aculeatum*), a kaprad' rozložená (*Dryopteris dilatata*).

Zeměpisné souřadnice: N 49°42.62280', E 15°42.89313'

Nadmořská výška: 554 m n. m.

Stanoviště 6—mýtina

Poslední lesní stanoviště se nacházelo cca 147 metrů východně od vodního toku (Kamenný potok) a 2 km od Chotěboře. Past byla uložena na okraji nově vzrostlého lesa a mýtinou, na které jsou již rovněž vysázeny nové stromy (Mapa 9, Obr. 6). Vletový otvor pasti směřoval do otevřeného prostoru mýtiny. Z lesního porostu měly největší zastoupení: borovice lesní (*Pinus sylvestris*), smrk ztepilý (*Picea abies*), modřín opadavý (*Larix decidua*), bříza bělokorá (*Betula pendula*), dub letní (*Quercus robur*), buk lesní (*Fagus sylvatica*), habr obecný (*Carpinus betulus*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*) a borůvčí (*Vaccinium myrtillus*). Na mýtině se vyskytovaly zvláště: kostřava luční (*Festuca pratensis*), kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea*), kostřava červená (*Festuca rubra*), jílek vytrvalý (*Lolium perenne*), metlice trsnatá (*Deschampsia cespitosa*), psineček obecný (*Agrostis capillaris*), srha laločnatá (*Dactylis glomerata*), psineček výběžkatý (*Agrostis stolonifera*), medyněk vlnatý (*Holcus lanatus*), metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*), lipnice hajní (*Poa nemoralis*) a lipnice luční (*Poa pratensis*).

Zeměpisné souřadnice: N 49°42.83677', E 15°42.50915'

Nadmořská výška: 541 m n. m.

4.1.3 Rybník Lhotka

Rybník Lhotka leží v zachovalém krajinném rázu v chráněné krajinné oblasti Železných hor. Lhotka je součástí obce Bezděkov v katastrálním území Bezděkov u Libice nad Doubravou. Rybník je lokalizován 1 km od obce Bezděkov, celková rozloha vodní plochy činí 54 671 m². V blízkosti se nachází statek, na kterém je chován skot a ovce. Rybník je ohraničen převážně listnatými stromy a v nejbližším okolí obklopen polem a loukami (Mapa 10). Ve vzdálenosti zhruba 460 metrů jižně od rybníka je nachází osada se dvěma obyvateli.

Stanoviště 7–severní strana

Proteinová past uložena v severní části rybníka se nacházela přibližně 36 metrů od statku se zvířaty a 80 metrů od pole (Mapa 11, Obr. 7). V tomto místě do rybníku přitékal menší potok ze 450 metrů vzdáleného druhého rybníku nacházejícího se v přírodní rezervaci Mokřadlo. Z rostlin zde měli největší zastoupení: smrk ztepilý (*Picea abies*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), bříza bělokorá (*Betula pendula*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), buk lesní (*Fagus sylvatica*), kostřava luční (*Festuca pratensis*), kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea*), kostřava červená (*Festuca rubra*), lipnice luční (*Poa pratensis*), jílek vytrvalý (*Lolium perenne*), psineček výběžkatý (*Agrostis stolonifera*), bez černý (*Sambucus nigra* L.), chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.), rákos obecný (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud.), orobinec širokolistý (*Typha latifolia* L.), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), a netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora* DC.).

Zeměpisné souřadnice: N 49°43.60143', E 15°44.66855'

Nadmořská výška: 442 m n. m.

Stanoviště 8–východní strana

Předposlední stanoviště bylo umístěno na západní straně rybníka (Mapa 12, Obr. 8). Podél této strany se nachází pole, v jehož popředí byl vysazen oves setý (*Avena sativa* L.) a za ním kukuřice setá (*Zea mays* L.). Zhruba 120 metrů za polem vede cesta, která odděluje pole od nedaleké louky.

Z významných rostlinných druhů se zde nacházely: dub letní (*Quercus robur*), buk lesní (*Fagus sylvatica*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), kostřava luční (*Festuca pratensis*), kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea*), kostřava červená (*Festuca rubra*), lipnice luční (*Poa pratensis*), jílek vytrvalý (*Lolium perenne*) a psineček výběžkatý (*Agrostis stolonifera*).

Zeměpisné souřadnice: N 49°43.55445', E 15°44.81918'

Nadmořská výška: 444 m n. m.

Stanoviště 9—jižní strana

Poslední past se nacházela na jižní straně rybníka (Mapa 13, Obr. 9). Stanoviště rozdělovalo plochu za rybníkem na dvě části. Do západní strany zasahovalo ovesné pole a od východu se rozprostíraly louky. Přibližně 50 metrů před rybníkem se nacházel mokřad, před kterým byla umístěna proteinová past. Z dominantních rostlin zde byly zastoupeny: olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), dub letní (*Quercus robur*), buk lesní (*Fagus sylvatica*), modřín opadavý (*Larix decidua*), smrk ztepilý (*Picea abies*), papratka samičí (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth), puchýrník křehký (*Cystopteris fragilis* (L.) Bernh.), kaprad' rozložená (*Dryopteris dilatata*), bez černý (*Sambucus nigra* L.), konopice sličná (*Galeopsis speciosa*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), kostřava luční (*Festuca pratensis*), kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea*), kostřava červená (*Festuca rubra*), netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*), chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), rákos obecný (*Phragmites australis*) a orobinec širokolistý (*Typha latifolia*).

Zeměpisné souřadnice: N 49°43.73337', E 15°44.72455'

Nadmořská výška: 440 m n. m.

4.2 Popis experimentu

K experimentu bylo použito 9 proteinových pastí, které byly vyrobeny z totožných plastových lahví zelené barvy o objemu 1,5 litru. V horní třetině byl vystřižen vletový otvor o průměru cca 3 cm. Do každé lahve byl nalit 1 l konzervačního roztoku. Na jeden roztok bylo použito 3 ml formaldehydu a 2 ml detergentu v litru vody. Zatímco detergent byl v roztoku využit pro snížení povrchového napětí vodní hladiny, formaldehyd byl přidán za účelem usmrcení a konzervace odchyčeného hmyzu.

Do každé pasti byla jako návnada použita nakrájená vepřová plec o hmotnosti 13 g. Každý kus masa byl zabalen do identické bavlněné látky a poté celý vložen do igelitového sáčku, který byl v horní polovině (směřující k hrdlu lahve) propíchnut jehlou (Obr. 10). Takto zabalená návnada byla následně provlečena vletovým otvorem a přivázána k hrdlu lahve. Na každý biotop byly umístěny tři proteinové pasti.

Vzdálenost mezi jednotlivými biotopy vzdušnou čarou nepřesáhla 5 kilometrů a mezi pastmi v rámci jednoho biotopu nepřekročila 1200 metrů. Všechny pasti byly zavěšeny ve výšce zhruba 150 cm nad zemí, vletovým otvorem směřujícím do volného prostoru. K umístění pastí na jednotlivá stanoviště došlo 15. 4. 2017 a návnady byly ponechány přirozenému procesu degradace. Dne 29. 4. byl proveden pouze zkušební odběr. Pro účely této diplomové práce probíhal experiment v období od 29. 4. 2017 do 5. 8. 2017. Návnady nebyly pravidelně vyměňovány za čerstvé. Jen pokud došlo přivábeným hmyzem k prokousání igelitového obalu a následnému uvolnění masa do roztoku, byla návnada vyměněna za novou. Navázání nových návnad proběhlo ve dnech: 13. 5. ve městě na hřbitově a v centru. Dále 27. 5. ve městě mezi rodinnými domy a u rybníku na východní straně a 8. 7. v lesní školce.

Každý den byly z místní meteostanice, umístěné cca 100 metrů západně od Chotěboře (Mapa 1, bod 10), zaznamenávána data o teplotě, srážkách a vlhkosti vzduchu. Ke každému dni bylo zaznamenáno minimum, maximum a dopočítán průměr (Tab. 1). Tyto meteorologické hodnoty jsou podrobněji zobrazeny na grafech 1–3).

4.3 Odběrová metoda

Sběr odchyceného hmyzu z proteinových pastí se uskutečňoval 1x za 14 dní. Obsah každé pasti byl přelit skrze vletový otvor přes čajové sítko. Přelitý roztok byl vrácen zpět do proteinové pasti a případně doplněn roztokem novým. Plastové lahve a zkumavky, do kterých byl vložen odchycený hmyz, byly naplněny novým čistým roztokem, který měl stejné složení jako roztok v pastech. Každá nádoba byla poté řádně označena dnem odběru a příslušnou lokalitou. Po přepravě vzorků do laboratoře byl odchycený hmyz uchováván v chladícím zařízení v plastových uzavřených nádobách naplněných 70% etanolem do doby determinace a preparace.

4.4 Zpracování vzorků a výsledků

Za účelem snadnější determinace odchyceného hmyzu do druhů, byly vybrány z každého biotopu odběry z května a července 2017. Vybrané sběry z proteinových pastí byly vypreparovány a využity jako vzor pro identifikaci ostatních jedinců ze zbylých odběrů, které již byly určeny jen z lihu. Preparována byla pouze imaga, larvy byly determinovány z lihu. Preparace byla provedena s využitím tří roztoků, pomocí kterých došlo ke zpevnění exoskeletu a zamezilo se tak deformaci těla a ztrátě determinačních znaků při následném sušení jedinců. Prvním roztokem byl 96% denaturovaný líh smísený s 38% formaldehydem v poměru 3:1, druhý roztok obsahoval 96% denaturovaný líh a ester kyseliny octové v poměru 1:1 a třetím byl čistý ester kyseliny octové. V každém ze tří roztoků byl odebraný vzorek uložen na 24 hodin. Po vyjmutí vzorků ze třetího roztoku byl všechn hmyz vysušen a poté přilepen vodorozpustným lepidlem na ručně nastříhané štítky, napíchnut na entomologické špendlíky a uložen do entomologických krabic. Celkem bylo takto vypreparováno Bc. Terezou Dočekalovou přes 4 570 jedinců (Obr. 11). Následnou determinaci všech jedinců do druhů provedla plk. Ing. Hana Šuláková, Ph.D., z Kriministického ústavu Praha.

Přehled výsledků je shrnut v příloze – Statistické vyhodnocení. Druhové zastoupení a četnost jedinců byly sledovány ve vztahu k rozdílným biotopům, ročnímu období (duben–srpen) a meteorologickým vlivům (teplota, vlhkost a množství srážek). Statistické vyhodnocení získaných dat bylo zpracováno v programu Microsoft Office Excel, pomocí kterého byly zjištěny indexy kvantitativní synekologické analýzy (Sørensenův index, Jaccardův index a index podobnosti společenstev).

5 Výsledky

5.1 Výsledky–souhrnné

Dohromady bylo odchyceno 12 381 jedinců ze 14 čeledí. Řád Diptera zahrnoval 8 čeledí a řád Coleoptera 6 čeledí. Celkem bylo determinováno 53 druhů. Naprostá většina odchycených jedinců náležela do řádu Diptera (93,85 %), pouze 6,15 % jedinců patřilo do řádu Coleoptera.

Jednotlivé čeledi měli následující zastoupení: Fanniidae 39,53 % (4 894 ks), Piophilidae 17,66 % (2 187 ks), Muscidae 9,46 % (1 171 ks), Phoridae 9,05 % (1 120 ks), Calliphoridae 7,81 % (967 ks), Sarcophagidae 6,70 % (830 ks), Silphidae 2,74 % (339 ks), Staphylinidae 2,68 % (332 ks), Drosophilidae 2,20 % (273 ks), Heleomyzidae 1,44 % (178 ks), Nitidulidae 0,65 % (80 ks), Dermestidae 0,04 % (5 ks), Histeridae 0,03 % (4 ks) a Cleridae 0,01 % (1 ks). Celkové procentuální zastoupení jednotlivých čeledí je znázorněno na grafu č. 4. Počty všech odchycených jedinců dle druhů a biotopů jsou uvedeny v tabuce č. 2. Celkové procentuální zastoupení druhů u jednotlivých čeledí je vyzobrazeno na grafech č. 5–12.

Z výpočtů indexů kvantitativní synekologické analýzy bylo zjištěno, že nejméně podobné druhy brouků jsou v porovnání lesního a městského prostředí. (37,47 %). Naopak při porovnání lesa s rybníkem si byla společenstva brouků podobná ze 78,49 %. U Dvoukřídých byla největší podobnost zjištěna při srovnání města s rybníkem (84,63 %) a nejmenší mezi lesem a rybníkem (66,41 %).

5.2 Výsledky–město

Ve městě bylo celkem odchyceno 3 948 jedinců (32,17 %), z nichž 2 377 bylo nalezeno mezi rodinnými domy, 1 131 na hřbitově a 440 v centru. Celkové procentuální zastoupení nekrofágních druhů bylo následující: Fanniidae 40,10 % (1 583 ks), Piophilidae 19,50 % (770 ks), Muscidae 12,28 % (485 ks), Calliphoridae 11,85 % (468 ks), Phoridae 9,90 % (391 ks), Sarcophagidae 2,68 % (106 ks), Heleomyzidae 1,37 % (54 ks), Nitidulidae 0,76 % (30 ks),

Drosophilidae 0,61 % (24 ks), Silphidae 0,58 % (23 ks), Staphylinidae 0,33 % (13 ks) a Cleridae 0,03 % (1 ks) (Graf č. 13). Zcela chybějící čeledí byli Dermestidae.

Z čeledi Calliphoridae měli největší zastoupení *Lucilia caesar* 32,05 % (150 jedinců), *Calliphora vicina* 29,91 % (140 jedinců) a *Lucilia sericata* 19,66 % (92 jedinců). Z čeledi Muscidae byly dominantními druhy: *Muscina prolapsa* (Harris, 1780) 40,82 % (198 jedinců), *Muscina stabulans* 24,33 % (118 jedinců) a *Hydrotaea dentipes* (Fabricius, 1805) 11,34 % (55 jedinců) a z čeledi Piophilidae byl eudominantním druhem *Parapiophila vulgaris* (Fallén, 1820) 95,45 % (735 jedinců). Z brouků byly nejčetnější čeledi Nitidulidae, Staphylinidae a Silphidae. Z lesknáčkovitých byl jediným druhem *Omosita discoidea* (30 jedinců). Z drabčků převládal *Aleochara curtula* (Goeze, 1777) 92,31 % (12 jedinců), a z mrchožroutů *Nicrophorus vespilloides* Herbst, 1784 47,83 % (11 jedinců). Podrobný přehled všech druhů je znázorněn v přílohách—podrobný přehled odchycených druhů ve městě (grafy 14–17).

5. 3 Výsledky—les

V lesním biotopu bylo celkem odchyceno 3 323 nekrofágních jedinců (27,08 %). Procentuální zastoupení přítomných čeledí bylo následující: Fanniidae 30,15 % (1 002 ks), Sarcophagidae 15,95 % (530 ks), Phoridae 11,47 % (381 ks), Piophilidae 9,21 % (306 ks), Calliphoridae 7,16 % (238 ks), Drosophilidae 6,77 % (225 ks), Staphylinidae 5,84 % (194 ks), Silphidae 5,18 % (172 ks), Muscidae 4,75 % (158 ks), Heleomyzidae 3,04 % (101 ks), Nitidulidae 0,21 % (7 ks), Dermestidae 0,15 % (5 ks) a Histeridae 0,12 % (4 ks) (Graf č. 18). Zcela chybějící čeledí byli Cleridae.

Z čeledi Calliphoridae měl největší zastoupení *Calliphora vomitoria* 34,03 % (81 jedinců), dále *Calliphora vicina* 24,79 % (59 jedinců) a *Lucilia caesar* 21,01 % (50 jedinců). Z čeledi Muscidae byly nejčetnějšími druhy *Muscina prolapsa* 37,34 % (59 jedinců), *Hydrotaea dentipes* 20,89 % (33 jedinců) a *Muscina levida* (Harris, 1780) 19,62 % (31 jedinců). Čeledi Sarcophagidae dominoval druh *Sarcophaga carnaria* 20,19 % (107 jedinců). Z čeledi Piophilidae převládaly *Stearibia nigriceps* 56,21 % (172 jedinců) a *Parapiophila vulgaris* 42,48 % (130 jedinců). Z brouků měly největší zastoupení čeledi Silphidae a Staphylinidae. Z mrchožroutů měl eudominantní zastoupení *Nicrophorus vespilloides* 90,12 % (155 jedinců)

a z drabčičů převládala *Aleochara curtula* 95,36 % (185 jedinců). Podrobný souhrn všech druhů je znázorněn v přílohách–podrobný přehled odchycených druhů v lesním biotopu (grafy 19–22).

5. 4 Výsledky–rybník

V okolí rybníku bylo dohromady odchyceno 5 001 ks (40,75, %) nekrofágního hmyzu. Celkové procentuální zastoupení přítomných čeledí bylo následující: Fanniidae 46,17 % (2 309 ks), Piophilidae 22,22 % (1 111 ks), Muscidae 10,56 % (528 ks), Phoridae 6,96 % (348 ks), Calliphoridae 5,22 % (261 ks), Sarcophagidae 3,88 % (194 ks), Staphylinidae 2,50 % (125 ks), Nitidulidae 0,86 % (43 ks), Silphidae 0,70 % (35 ks), Drosophilidae 0,48 % (24 ks) a Heleomyzidae 0,46 % (23 ks). Zcela chybějícími byli Dermestidae, Cleridae a Histeridae (Graf č. 23).

Z čeledi Calliphoridae byly dominantními druhy *Lucilia caesar* 28,74 % (75 jedinců), *Calliphora vicina* 27,20 % (71 jedinců), *Calliphora vomitoria* 21,84 % (57 jedinců) a *Pollenia rudis* (Fabricius, 1794) 18,39 % (48 jedinců). Z Muscidae převládaly druhy *Muscina prolapsa* 41,48 % (219 jedinců) a *Hydrotaea dentipes* 30,87 % (163 jedinců). Z čeledi Piophilidae měl nejčetnější zastoupení *Parapiophila vulgaris* 85,33 % (948 jedinců). U brouků se vyskytovalo nejvíce jedinců u čeledí Staphylinidae a Nitidulidae. Z drabčičů převládala *Aleochara curtula* 96,80 % (121 jedinců) a z lesknáčkovitých *Omosita discoidea* 88,37 % (38 jedinců). Podrobný souhrn všech druhů je znázorněn v přílohách–Podrobný přehled odchycených druhů v okolí rybníku (grafy 24–27).

6 Diskuze

Terénním experimentem byly zjištěny jisté rozdíly v druhovém zastoupení nekrofágního hmyzu jak na rozdílných biotopech, tak i v jednotlivých fázích degradace proteinových návnad.

Z hlediska celkového zastoupení nekrofágních čeledí měli ve všech třech biotopech nejčtenější zastoupení Fanniidae (město–40,10 %, les–30,15 % a rybník–46,17 %). Na druhém místě se již nekrofágní fauna na specifických biotopech lišila. Ve městě a v okolí rybníku měli největší zastoupení Piophilidae (19,50 %–město, 22,22 %–rybník), jemuž v obou prostředích vévodil druh *Parapiophila vulgaris*, zatímco v lesním biotopu byli nejčtenějšími Sarcophagidae. Na třetím místě městu a okolí rybníku dominovali Muscidae (12,28 %–město, 10,56 %–rybník) v čele s *Muscina prolapsa* v obou prostředích. V lese byli třetí nejčtenější čeledí Phoridae.

Z brouků převládali v městském prostředí Nitidulidae v čele s *Omosita discoidea* (44,78 %). Následovali Staphylinidae, jemuž vévodil *Aleochara curtula* (17,91 %) a Silphidae jehož nejčtenějším zástupcem byl *Nicrophorus vespilloides* (16,42 %). V lesním biotopu byli dominantní čeledí Staphylinidae, které taktéž dominoval *Aleochara curtula* (48,43 %) a za níž těsně následovali Silphidae v čele s *Nicrophorus vespilloides* (40,58 %). V okolí rybníku byli eudominantní Staphylinidae s rovněž dominantním *Aleochara curtula* (59,61 %). Početnou čeledí byli i Nitidulidae v čele s *Omosita discoidea* (18,72 %). Z celkového počtu jedinců měli brouci zastoupení jen 6,15 %. Lze předpokládat, že pokud by byly použity jiné typy pastí, např. podobné pastem na kůrovce, bylo by zaznamenáno i více brouků.

Čeď Calliphoridae

Eliášová a Šuláková (2012) a Šuláková (2014) uvádí, že bzučivky patří mezi první nekrofágy, kteří začínají osidlovat mrtvá těla ihned po smrti jedince. Toto zjištění se zde potvrdilo. Na každém biotopu byli zaregistrováni jedinci již v prvním termínu výběru pastí. Taktéž Madra et al. (2015) pozoroval bzučivky již během prvních fází dekompozice, především *Lucilia caesar* a *Lucilia sericata*. Daněk (1980) uvádí, že ze bzučivek se během první fáze rozkladu vyskytují zvláště *Calliphora vicina*, *Calliphora vomitoria*, *Calliphora uralensis*

Villeneuve, 1922, *Lucilia caesar* a *Lucilia sericata*. Většina těchto druhů odpovídá i výsledkům tohoto experimentu. *Calliphora vomitora*, *Lucilia caesar* a *Calliphora vicina* se taktéž objevily již v první sukcesní vlně. Jen druh *Lucilia sericata* byl přítomen až od druhé rozkladné fáze (tj. 27. 5.) a *Calliphora uralensis* nebyl v tomto experimentu přítomen vůbec.

Druh *Lucilia caesar* měl v tomto experimentu největší zastoupení v městské aglomeraci ze všech bzučivek. Tomu odpovídá tvrzení Hrudové (2014), která uvádí, že tento druh je možné nejčastěji zpozorovat v okolí tlejících zbytků a na hnojištích. Madra et al. (2015) studovali postupnou degradaci deseti prasečích těl na suchomilných a teplomilných pastvinách v západním Polsku a pozorovali larvy i dospělce *Lucilia caesar* od jara do konce léta (tj. 17. 5. 2012–27. 8. 2012), přičemž nejvíce prasečích kadáverů bylo kolonizováno v letních měsících.

Během tohoto experimentu bylo nejvíce jedinců nalezeno ve městě mezi rodinnými domy. V blízkosti se nacházela černá skládka, kde bylo mj. i velké množství hnilícího bioodpadu z přilehlých zahrad. Čepelák et al. (1977) popisuje, že velmi častý výskyt je také na listech křovin a listnatých lesů. V lesním biotopu byl *Lucilia caesar* třetím nejzastoupenějším druhem.

Jak uvádí Daněk (1980) četný výskyt druhů *Calliphora vicina* a *Calliphora vomitora* v první sukcesní vlně byl taktéž potvrzen i v tomto pokusu. Jen *Lucilia sericata* se v okolí rybníku a v lese vůbec nevyskytoval. *Lucilia sericata* byl naopak četným zástupcem ve studii, kterou uskutečnil Madra et al. (2015), kdy se tento druh vyskytoval od jara až do pozdního léta hned na několika prasečích kadáverech. Teplota se tehdy pohybovala v rozmezí 10–25 °C na jaře, 16–28 °C začátkem léta a 14–22 °C v pozdním létě, přičemž nejvíce kadáverů bylo osídleno v letním období. V tomto experimentu byla jeho četnost jen ve městě, a to především v období 27. 5.–24. 6. 2017, tedy v období druhé a třetí sukcesní vlny. Průměrná teplota se tehdy pohybovala okolo 16, 26 °C.

Calliphora vicina byl druhý nejčetnější druh vyskytující se na všech třech biotopech. Největší počty jedinců byly zaregistrovány v druhé a třetí fázi dekompozice, tj. v období 27. 5.–24. 6. 2017. Tomu odpovídá i tvrzení Javorka (1967) a Čepeláka et al. (1977), kteří uvádějí, že na našem území se *Calliphora vicina* běžně vyskytuje na všech biotopech.

Druh *Calliphora vomitoria* byl i během tohoto experimentu přítomen na všech biotopech od první sukcesní vlny. Jen na přelomu července a srpna byl výskyt jedinců spíše ojedinělý. Největší počty jedinců byly zaregistrovány v lesním biotopu. Madra et al. (2015) uvádí, že druh *Calliphora vomitoria* byl v jeho experimentu hojně přítomen začátkem dekompozice po období jara až do pozdního léta (17. 5. 2012–27. 8. 2012).

Čeľad' Fanniide

Přestože Šuláková (2014) zařazuje čeľad' Fanniidae až do druhé poloviny třetí sukcesní vlny, během tohoto experimentu bylo dosti jedinců odchyceno v okolí rybníka a ve městě již v průběhu první fáze rozkladu. Tyto výsledky mohly způsobit klimatické faktory, které mohly urychlit rozklad proteinových návnad. Teplota se v období začátku experimentu pohybovala od 16 °C do 20 °C a vlhkost od 57 % do 95 %. Barták a Kubík (2005) uvádí, že slunilky jsou typickou čeledí zvláště pro lesní biotopy a jen malé procento druhů je přítomno v blízkosti lidí. Během experimentu byly zjištěny následující počty jedinců: město–1 583 ks, les–1 002 ks a rybník–2 309 ks.

Čeľad' Piophilidae

Stejně jako Fanniidae byly i sýrohloďky přítomny v prvních termínech sběru proteinových pastí. Zvláště *Parapiophila vulgaris* a *Liopiophila varipes*. Šuláková (2014) řadí tuto čeľad' taktěž jako slunilky do druhé části třetí fáze dekompozice.

Parapiophila vulgaris měl v tomto experimentu největší zastoupení jak ve městě (735 ks), tak u rybníku (948 ks). Velké počty jedinců byly pozorovány již v první sukcesní vlně ve městě mezi rodinnými domy, zatímco v lese a u rybníku začaly počty jedinců narůstat až v průběhu druhé a třetí fáze rozkladu. Vega (2011), který řadí *Stearibia nigriceps* mezi

synantropní druhy, byl v tomto experimentu naopak druhem s nejmenší četností v okolí lidských obydlí. Nejvíce jedinců bylo zaznamenáno v lese–172 ks, v okolí rybníku–45 ks, a naopak nejméně ve městě–10 ks. Větší počty jedinců se začali objevovat v proteinových pastech od 27. 5. 2017, tj. od druhé fáze rozkladu. Tomu odpovídá i tvrzení Šulákové (2014), Vegy (2011) i Andersona (2001), že *Stearibia nigriceps* je typický pro pokročilá stadia rozkladu. Taktéž Madra et al. (2015) ve své studii pozorovali největší četnost tohoto druhu až v pokročilé fázi dekompozice v období 17. 5.–16. 7. 2012.

Čeled' Sarcophagidae

Masařkovití byli nejhojnější v lesním biotopu, kde bylo odchyceno 530 jedinců, zatímco u rybníku 194 jedinců a ve městě jen 106 jedinců. Zatímco Šuláková (2014) uvádí, že v České republice a přilehlých státech je nejhojnější *Sarcophaga argyrostoma*, v tomto experimentu byl nejhojnějším determinovaným druhem *Sarcophaga carnaria*. Šuláková (2014) dále uvádí, že v Česku, v přilehlých státech, ve Francii a Belgii se masařky nachází na kadáverech zcela ojediněle a naopak, charakteristickým prostředím, ve kterém se lze setkat s masařkami na mrtvých tělech jsou bytové domy. Při tomto experimentu bylo naopak v městském prostředí odchyceno nejméně jedinců.

Čeled' Muscidae

Jak uvádí Daněk (1980) moučovití se mohou na mrtvolách vyskytovat již v průběhu první fáze rozkladu. Konkrétně uvádí druhy: *Musca domestica*, *Musca autumnalis* a *Muscina stabulans*. Během experimentu byly taktéž v první fázi dekompozice zaregistrovány druhy *Musca domestica*, *Musca autumnalis* a *Muscina stabulans*. Navíc byly ještě odchyceny následující druhy: *Hydrotaea armipes*, *Hydrotaea dentipes*, *Hydrotaea ignava*, *Muscina levida* a *Muscina prolapsa*. Největší počty zástupců této čeledi se vyskytovaly v městské aglomeraci a u rybníka.

Šuláková (2006) a Eliášová a Šuláková (2012) řadí čeled' Muscidae až do druhé sukcesní vlny. Největší četnosti na mrtvolách by měli dle Šulákové a kol. (2013) a Eliášové a Šulákové (2012) dosahovat v průběhu třetí a čtvrté fáze rozkladu. Toto tvrzení se také potvrdilo, zvláště

ve městě, kde bylo nejvíce jedinců odchyceno dne 10. 6. 2017, což odpovídá třetí sukcesní vlně.

Na všech biotopech měl z mouchovitých největší zastoupení *Muscina prolapsa* (město: 40,82 %, les: 37,34 %, rybník: 41,48 %). Zatímco Madra et al. (2015) pozoroval tento druh jen v letních měsících, v tomto experimentu byla jeho přítomnost již v květnu, tedy o 2 měsíce dříve. Ve městě dále převládali *Muscina stabulans* a *Hydrotaea dentipes*. Jak uvádí Hrudová (2014b) výskyt tohoto druhu je obvyklý v blízkosti lidských obydlí a především v pokročilých fázích rozkladu. Toto zjištění bylo potvrzeno. Ve městě bylo odchyceno 118 jedinců, zatímco u rybníka jen 10 jedinců a v lese poze 2 jedinci. Nejvíce jedinců bylo odchyceno dne 10. 6. 2017, tedy v době kdy, již byla návnada ve značném stupni rozkladu a období odpovídalo třetí sukcesní vlně. V lese i u rybníka se nacházeli ve velkém zastoupení mimo jiné i *Hydrotaea dentipes* a *Muscina levida*.

Madra et al. (2015) pozorovali z čeledi Muscidae druh *Muscina prolapsa* začátkem léta (tj. 16. 7. 2012), kdy byly na kadáverech přítomny první larvy a v pozdním létě jak larvy, tak i imága (27. 8. 2012). Teplota se tehdy ve zdejším prostředí pohybovala v rozmezí 16–28 °C začátkem léta a 14–22 °C v pozdním létě. V tomto experimentu byl *Muscina prolapsa* pozorován již při prvním sběru proteinových pastí, tedy v první fázi rozkladu (tj. 13. 5. 2017) ve městě a u rybníka, kde se průměrná teplota pohybovala okolo 15,2 °C.

Druh *Hydrotaea dentipes* se ve studii, kterou uskutečnil Madra et al. (2015) začal vyskytovat na jaře a brzkém létě ve stadiu larev a teprve od pozdního léta byla přítomna i imága. V tomto experimentu bylo ovšem jen v okolí rybníka již při prvním termínu odběru, (první sukcesní vlně), odchyceno přes 70 dospělých jedinců. Průměrná teplota se tehdy pohybovala okolo 9,84 °C.

Čeď Phoridae

Jak uvádí Eliášová a Šuláková (2012), Šuláková (2014) a Vega (2011) hrbilky začínají osidlovat kadávery v průběhu čtvrté fáze rozkladu. V proteinových pastech umístěných ve městě a v lese bylo zaznamenáno největší množství jedinců v období od 13. 5.–24. 6. 2017.

Tedy v období první až třetí fáze rozkladu. U rybníku se začali jedinci kumulovat až v období 27. 5.–22. 7. 2017, což odpovídá druhé, až třetí sukcesní vlně. Na všech třech biotopech byl zjištěn přibližně stejný počet jedinců za celé období (město: 391, les: 381, rybník: 348).

Čeľad Nitidulidae

Lesknáčkovití byli nejhojnější čeledí z brouků, která byla odchycena ve městě. V proteinových pastech byl nejčastějším druhem *Omosita discoidea*. Šuláková (2014) řadí lesknáčky do třetí až čtvrté fáze dekompozice a zmiňuje, že *Omosita discoidea* patří k velmi častým druhům. Rovněž i Zbuzek (2003) uvádí, že lesknáčci jsou častými brouky osidlující mrtvá těla.

Omosita discoidea je dle Eliase a Mocka (2013) typický zástupce pro pokročilejší fáze dekompozice. Kočárek (2003) pozoroval, že *Omosita discoidea* má větší preferenci k lesním biotopům oproti loukám a jeho přítomnost byla nejčastější od jara do léta, při průměrné teplotě 17,4 °C. V tomto terénním experimentu byla jeho největší četnost pozorována v první sukcesní vlně (13. 5.–27. 5. 2017) ve městě a v období druhé až třetí fáze rozkladu (27. 5.–24. 6. 2017) u rybníka. Průměrná teplota se v tomto období pohybovala okolo 22,9 °C. V lese byl naopak odchycen pouze jeden jedinec. Dle studie Kopeckého (2008), který vytvořil přehled všech zaznamenaných brouků v přírodní rezervaci Údolí Doubravy se zde žádný jedinec z čeledi Nitidulidae nevyskytoval.

Čeľad Staphylinidae

Drabčíkovití byli nejčetnější čeledí brouků zachycenou v lese a u rybníka s dominantním zastoupením *Aleochara curtula* (les: 48,43 %, rybník: 59,61 %). Bezděk (2012b) uvádí, že drabčíci jsou nejpočetnější čeledí brouků v České republice. Dle Boháče a Matějčka (2003) se vyšší počty životních forem nacházejí v přirozených a polopřirozených biotopech oproti antropogenně upraveným prostředím a krajinám. V tomto experimentu bylo zjištěno, že biotopy mají vliv i na početnost. Zatímco ve městě bylo dohromady zaregistrováno 13 jedinců, u rybníka vzrostl počet odchycených jedinců na 125 a v lese na 194.

Šuláková (2014) řadí drabčíky do třetí až čtvrté sukcesní vlny, kdy nastává biochemicky aktivní rozklad. V tomto experimentu bylo nejvíce jedinců nalezeno 10. 6.–22. 7. 2017. Toto období odpovídá třetí fázi rozkladu a návnady již byly taktéž značně degradovány. Šuláková (2014) dále uvádí, že k forenzně významným druhům patří rody *Philonthus* a *Aleochara*. Zatímco z rodu *Philonthus* bylo dohromady zaznamenáno jen 7 jedinců, z rodu *Aleochara* bylo celkem nalezeno 321 jedinců.

Kočárek (2003) ve své studii pozoroval druh *Aleochara curtula* v jarním období od 4. do 22. dne rozkladu na jatečně upravených tělech potkanů. Největší početnost jedinců byla též v pokročilé fázi rozkladu, mezi 14. a 18. dnem, když již byla mrtvá těla vysušena. V letním období byl taktéž pozorován od 4., ale jen do 18. dne, přičemž největší četnost měl mezi 9. a 16. dnem rozkladu. Průměrná teplota se v létě pohybovala okolo 17,4 °C. Během tohoto experimentu byla rovněž průměrná teplota 17,83 °C v období největšího výskytu jedinců. Kočárek (2008) dále uvádí, že druh *Aleochara curtula* vykazovala větší preferenci k vlhkým loukám oproti lesu a od jara do podzimu byl přítomna v přibližně stejném zastoupení počtu jedinců. V tomto pokusu byla zjištěna opačná preference. Zatímco v lesním biotopu bylo odchyceno 185 jedinců, v okolí rybníka jen 121 jedinců.

Čeled' Silphidae

Mrchožroutovití byli druhou nejčetnější čeledí v lese i ve městě.

Šuláková (2014) přiřazuje mrchožrouty ke druhé fázi rozkladu. Kulshrestha a Sapathy (2001) uvádí, že Silphidae patří mezi významné zástupce, kteří tvoří hlavní entomologický důkaz od druhé poloviny rozkladu mrtvých těl. Během experimentu byly největší počty jedinců odchyceny v období 27. 5.–10. 6. 2017, což odpovídá druhé až třetí fázi rozkladu. Šuláková (2014) dále uvádí, že mrchožrouti jsou jedni z prvních brouků, které vábí zápach rozkládajících se tkání. V průběhu experimentu byli mrchožrouti jako první z brouků odchyceni v lese a v okolí rybníku. Naopak ve městě byli mezi prvními lesknáčkovití.

Ze všech mrchožroutů měl největší četnost na všech biotopech *Nicrophorus vespilloides*. Kočárek (2003) ve své studii pozoroval, že hrobařík malý měl větší preferenci k listnatým lesům oproti vlhkým loukám a nejvíce jedinců bylo pozorováno na jaře. Během

tohoto experimentu bylo nejvíce jedinců nalezeno v lese (155 ks) a u rybníku (112 ks). Naopak nejmenší četnost byla pozorována ve městě, kde bylo zjištěno jen 11 jedinců.

Charakteristické druhy pro specifické biotopy

V průběhu experimentu bylo zaznamenáno i několik druhů, které byly nalezeny jen na specifických stanovištích.

Ve městě z čeledi Calliphoridae byly nalezeny *Lucilia ampullacea* Villeneuve, 1922 a ve velmi hojném zastoupení *Lucilia sericata* (92 ks). Z moučovitých *Musca autumnalis* a dosti zastoupený *Musca domestica* (38 ks). Přestože Čepelák et al. (1977) uvádí, že *Musca autumnalis* je nejčastěji na našem území pozorována na pastvinách, v tomto experimentu byli jediní zástupci zaznamenáni v městské aglomeraci. Bylo však potvrzeno, jak uvádí Daněk (1980), že se tento druh objevuje již v průběhu první fáze dekompozice. *Musca domestica* je dle Šulákové (2014) a Hrudové (2014b) synantropní druh a jeho výskyt v blízkosti lidských obydlí je zcela běžný. Proto není nijak překvapující, že byl tento zástupce nalezen jen ve městě. Z masařkovitých bych charakteristický *Sarcophaga neverca* Rondani, 1860 a z brouků pestrokrovečník *Necrobia violacea*.

Lesní biotop byl naopak více druhově rozmanitý pro brouky, kteří se ovšem vyskytovali jen v malém zastoupení. Z lesnáčkovitých byl typický *Omosita depressa* (Linnaeus, 1758), z mršníkovic *Margarinotus brunneus* a z drabčků *Aleochara lata* Gravenhorst, 1802. Z kožojedů byl příznačný *Dermestes murinus*, přestože Háva (2011) uvádí, že je tento druh kožojeda hojný na celém území České republiky. Pro Diptera byly charakteristické jen následující druhy bzučivek: *Calliphora loewi* Enderlein, 1903 a poměrně četným byl druh *Cynomya mortuorum* (Linnaeus, 1761) (12 ks).

V okolí rybníku byl příznačným zástupcem z čeledi Calliphoridae *Pollenia griseotometa* (Jacentkovský, 1944), z Muscidae *Muscina pascuorum* (Meigen, 1826) a z Fanniidae *Fannia fuscata* (Fallén, 1825) a *Fannia postica* (Stein, 1895). Z brouků byl jediný typický druh *Nitidula rufipes* (Linnaeus, 1767).

Terénním experimentem bylo zjištěno, že druhové rozdíly v zastoupení nekrofágního hmyzu vykazovaly jen částečné rozdíly mezi odlišnými biotopy. To mohlo být způsobeno několika faktory, které v příslušných biotopech působily. Například vysázené stromy kolem rybníku, které měly dle Sörensónova indexu podobnost s lesním biotopem 78,49 % u brouků a 66,41 % u dvoukřídlých nebo přilehlý statek se zvířaty a osada v okolí rybníku, které naopak vykazovaly podobnost s městským prostředím z 51,63 % u brouků a 84,63 % u dvoukřídlých.

Lze předpokládat, že pokud by biotopy byly mezi sebou více izolované nebo by mezi nimi byla vzdálenost větší než 5 km, byla by i výraznější druhová četnost nekrofágního hmyzu. Jak popisuje Šuláková (2006), Eliášová a Šuláková (2012) a Povolný (1978) sukcesi hmyzu na kadáverech ovlivňuje i mnoho dalších faktorů jako jsou například různé fyzikální, chemické a klimatické vlivy či například působení obratlovců, rostlin a hub, popř. i antropogenní činnost, které mohou ovlivnit jak samotnou dekompozici mrtvých těl, tak i složení nekrofágní fauny.

7 Závěr

- Terénním experimentem bylo prokázáno, že druhová četnost forenzně významných druhů dvoukřídlých a brouků vykazuje jisté rozdíly mezi odlišnými biotopy (město, les a rybník), které ovšem byly statisticky jen málo významné. Celkem byli odchyceni zástupci 14 čeledí, z nichž 8 náleželo do řádu Diptera a 6 do řádu Coleoptera. Přestože ve všech biotopech měli dominantní zastoupení zástupci čeledi Fanniidae, na druhém a třetím místě se již nekrofágní fauna lišila.

Ve městě měli Fanniidae zastoupení 40,10 %, následovali Piophilidae (19,50 %) s dominancí druhu *Parapiophila vulgaris* a Muscidae (12,28 %), mezi nimiž byl nejpočetnější druh *Muscina prolapsa*. Z brouků byli pro městský biotop charakterističtí zástupci čeledi Nitidulidae s dominancí druhu *Omosita discoidea*. V lese taktéž dominovali Fanniidae, ale jen s 30,15% zastoupením. Následovali Sarcophagidae (15,95 %) a Phoridae (11,47 %). Z brouků byli nejčetnější zástupci čeledi Staphylinidae s hlavním zastoupením druhu *Aleochara curtula*. V okolí rybníku dosáhli Fanniidae největšího zastoupení (46,17 %), následovali Piophilidae (22,22 %) s dominancí druhu *Parapiophila vulgaris* a Muscidae (10,56 %) s dominancí druhu *Muscina prolapsa*. Z brouků byli nejčetnější zástupci čeledi Staphylinidae, mezi kterými měl dominantní zastoupení druh *Aleochara curtula*.

- Působení hub na složení nekrofágní fauny by mohlo vysvětlovat i zvýšený výskyt nekrofágního hmyzu na 4. stanovišti v lese u kolejí, kde byla 8. 7. 2017 nalezena hadovka smrdutá (*Phallus impudicus*) a z proteinové pasti bylo celkem odchyceno 137 jedinců, zatímco na stanovišti č. 5–lesní školce bylo ten samý den odebráno jen 68 jedinců a na lesní mýtině 60 jedinců.
- Byla potvrzena nulová hypotéza, že druhové spektrum forenzně významných druhů dvoukřídlých a brouků je odlišné mezi rozdílnými biotopy.

8 Literatura

- Anderson G. S. 2001. Insect succession on carrion and its relationship to determining time of death. In: Byrd J. H., Castner J. L. (Eds.) *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. CRC. London. p. 143–175. ISBN: 0-8493-8120-7.
- Barnard P. C., 2011. *Royal Entomological Society Book of British Insects*. John Wiley & Sons, Incorporated. Hoboken. p. 397. ISBN: 978-1-4443-3256-8.
- Barták M., Kubík Š. 2005. *Diptera of Podjíz National Park and its Environs*. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha 6–Suchbát. p. 432. ISBN: 80-213-1434-6.
- Barták M., Preisler J., Kubík Š., Šuláková H., Sloup V. 2016. Fanniidae (Diptera): new synonym, new records and an updated key to males of European species of Fanniia. *ZooKeys* 593: 91-115.
- Bellmann H. 2015. *Hmyz: Nový průvodce přírodou*. Knižní klub. Praha. 256 s. ISBN: 978-80-242-4708-3.
- Beutel R. G., Leschen R. A. B. (eds.) 2016. *Coleoptera, Beetles: Morphology and Systematics*. De Gruyter, Inc., Berlin/Boston. p. 704. ISBN: 978-3-11-024906-4.
- Bezděk A. 2012a. Hmyz na zahradě – Brouci I. *Zahrádkář* 44 (3). 41.
- Bezděk A. 2012 b. Hmyz na zahradě – Brouci II. *Zahrádkář* 44 (4). 36.
- Boháč J., Růžička V. 1990. Size groups of staphylinid beetles (Coleoptera, Staphylinidae). *Acta Entomologica Bohemoslovaca*. 87 (5). 342–348.
- Boháč J., Matějček J. 2003. *Katalog brouků (Coleoptera) Prahy Catalogue of the beetles (Coleoptera) of Prague*. Svazek–volume 4. Čeleď Drabčíkovití–Staphylinidae. FLÓRA. Praha. 256s. ISBN 80-239-2027-8.
- Byrd J. H., Allen C. J. 2001. The development of the black blow fly, *Phormia regina* (Meigen). *Forensic Science International*. 120 (1-2). 79–88.
- Castro C., García M., Silva P., Silva I., Serrano A. 2013. Coleoptera of forensic interest: A study of seasonal community composition and succession in Lisbon, Portugal. *Forensic Science International*. 232 (1–3) 73–83.

- Čepelák, J. 1977. Klíč zvířeny ČSSR. Díl 5, Dvoukřídlí. 1. vyd. Praha: Academia. 373, [1] s.
- Čepelák j., Barták M., Dirlbek K., Gregor F., Hanko J., Hůrka K., Chalupský J., Chvála M., Karnecká H., Kozánek M., Krištofík J., Lapáček V., Laštovka P., Máca J., Martinek V., Minář J., Moravčík P., Roháček J., Rozkošný R., Slamečková M., Šifner F., Vála M., Vaňhara J., Zuska J. 1986. Diptera Slovenska II. VEDA. Bratislava. 436 s.
- Daněk L. 1980. Možnosti využití entomologie v kriminalistice. Čs. kriminalistika 13.(1). 44–55.
- 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.
- Daněk L. 1990. Možnosti využití entomologie v kriminalistice. Kriminalistický ústav VB. Praha. 140 s.
- Dekeirsschieter J., Frederick Ch., Verheggen F. J., Drugmand D., Haubruge E. 2013. Diversity of Forensic Rove Beetles (Coleoptera, Staphylinidae) Associated with Decaying Pig Carcass in a Forest Biotope. Journal of forensic sciences 58 (4). 1032–1040.
- Disney R. H. L., Manlove J. D. 2005. First occurrences of the Phorid, *Megaselia abdita*, in forensic cases in Britain. Medical and Veterinary Entomology. 19. (4.). 489–491.
- Dmitrijev J. 1987. Hmyz známý i neznámý pronáležovaný chráněný. Lidové nakladatelství. Praha. 192 s.
- Dostálová L. 2017. Vliv biotopu na druhové složení nekrofágů řádu Diptera. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta agrobiologie, přírodních a potravinových zdrojů. Praha. 63 s.
- Elias S., Mock C. 2013. Encyclopedia of Quaternary Science. 2. vydání. Newnes. London. p. 3888. ISBN: 0444536426.
- Eliášová H., Šuláková H. 2012. Forezní biologie. In Štefan J., Hladík J. a kol. Soudní lékařství a jeho moderní trendy. Grada. Praha. 448 s. ISBN 978-80-247-3594-8

- Faltysová H., Bárta F. a kol. 2002. Pardubicko. In: Mackovčín P. a Sedláček M. (eds.): Chráněná území ČR, svazek IV. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha. 316 s. ISBN: 80-86064-44-1.
- Fuller M. E. (1934) The Insect Inhabitans of Carrion: A study in Animal Ekology. Bulletin of the Council for Scientific and Industrial Research. Australia. 82. 1–62.
- Gaďurková I. 1985. Květena údolí doubravy a přilehlých oblastí. Podkladová studie k vyhlášení chráněného území a k vybudování přírodovědné naučné stezky. Obor 08 Ochrana a tvorba životního prostředí. Gymnázium Chotěboř. Depon. in Ústřední seznam ochrany přírody a krajiny (AOPK ČR).
- Gerhardt R., Hribar L. J., 2019. Chapter 11 – Flies (Diptera). Medical and Veterinary Entomology (3.). Academic Press. 171-190. ISBN: 9780128140437
- Goff M. L., Odom Ch. B. 1987. Forensic Entomology in the Hawaiian Islands: Three Case Studies. The American Journal of Forensic Medicine and Pathology. 8 (1). 45–50.
- Gregor F., Rozkošný R. 1997. Calliphoridae. In: Chvála M. (ed.). Check List of Diptera (Insecta) of the Czech and Republics. Karolinum – Charles University, Praha. p. 97. ISBN: 80-7184-476-4
- 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., Barták M. 2005. Fanniidae. In: Farkač J. Král D., Škropík M. (eds). Červený seznamohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Red List of Threatened Species in the Czech Republic. Evertbrates. Příroda. Depon. in Ústřední seznam ochrany přírody a krajiny (AOPK ČR).
- Gregor F., Rozkošný R., Barták M., Vaňhara J. 2015. Manual of Central European muscidae (Diptera). Schweizerbart Science Publishers. Stuttgart. p. 283.
- Gregor, F. – Rozkošný, R. – B, M. – Vaňhara J. 2016. Manual of Central European Muscidae (Diptera). Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers Stuttgart 219 s.
- Hamet A., Vancl Z., Boukal D., Boukal M., Dušek M., Háva J., Horák J., Jelínek J., Kovář I., Mertlík J., Mikát M., Prouza J., Průdek P., Růžička J., Švihla V., Sekera L., Trávníček D. 2005. Katalog bouků (COLEOPTERA) CHKO Broumovsko. Catalogue of beetles (Coleoptera)

- of the Broumovsko Protected Landscape Area. Olga Čermáková, grafické a reklamní studio. Hradec Králové. 126 s. ISBN: 80-86703-07-X.
- Háva J. 2011. Brouci čeledi kožojedovití (Dermestidae) České a Slovenské republiky Beetles of the family Dermestidae of the Czech and Slovak Republics. Academia. Praha. 102s. ISBN 978-80-200-1894-6.
- Hrudová E. 2011. Poznáváme hmyz (6. díl) Brouci–střevlíkovití, potápníkovití, mrchožroutovití. Agromanuál 6 (4). 50–51.
- Hrudová E. 2012a. Poznáváme hmyz (11. díl) Brouci–kožojedovití, vrtavcovití. Agromanuál. 7 (1). 22
- Hrudová E. 2012b. Poznáváme hmyz (13. díl) Brouci –lesknáčovití. Agromanuál. 7 (3). 47.
- Hrudová E. 2014a. Poznáváme hmyz (36. díl) Řád dvoukřídlí V.–čeleď pestřenkovití, bzučivkovití a květilkovití. Agromanuál. 9 (7). 48–49.
- Hrudová E. 2014b. Poznáváme hmyz (37. díl) Řád dvoukřídlí VI. –čeleď moučovití, bodalkovití, slunilkovití a klošovití. Agromanuál. 9 (8). 54–55.
- Hrudová E. 2014c. Poznáváme hmyz (38. díl) Řád dvoukřídlí VII. –čeleď masařkovití, puklicovití, střečkovití, výkalnicovití. Agromanuál. 9 (9/10). 34–35.
- Javorek V. 1967 Kapesní atlas dvoukřídlého hmyzu. Státní pedagogické nakladatelství. Praha. 272 s.
- Jedlička L., Kúdela M., Stloukalová V. (eds). 2009. Kontrolní seznam Diptera České republiky a Slovenska. Elektronická verze 2. Dostupné také z: <http://zoology.fns.uniba.sk/diptera2009>. ISBN: 978-80-969629-4-5.
- 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.
- Kočárek P. 2003. Decomposition and Coleoptera succession on exposed carrion of small mammal in Opava, the Czech Republic. European Journal of Soil Biology. 39 (1). 31–45.
- Kopecký A. 2014. Plán péče o Přírodní rezervaci Údolí Doubravy na období 2014–2023. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. Správa CHKO Železné hory a KS

- Pardubice. Nasavrky listopad 2013. 45 s. Depon. in Ústřední seznam ochrany přírody (AOPK ČR).
- Kopecký T. 2008. Zpráva z průzkumu brouků (Coleoptera) v PR Oheb, PR Údolí Doubravy, PP Vršovská olšina 2008–CHKO Železné hory. Mánesova 712, CZ-500 02 Hradec Králové. Depon. in Ústřední seznam ochrany přírody (AOPK ČR).
- Kulshrestha P. Satpathy D. K. 2001. Use of beetles in forensic entomology. *Forensic Science International* 120. 15–17.
- Kumara T. K., Hassan A., Salmah C., Bhupinder S. 2009. The infestation of *Dermestes ater* (DeGeer) on a human corpse in Malaysia. *Tropical Biomedicine*. 26 (1). 73–79.
- Lefebvre F., Gaudry E. 2009. Forensic entomology: A new hypothesis for the chronological succession pattern of necrophagous insect on human corpses. *Annales de la Société entomologique de France*. 43 (3). 377–392.
- Löbl D. Löbl I. 2015. Catalogue of Palaearctic Coleoptera Hydrophiloidea–Staphylinoidea. 2 vols: Revised and Updated Edition. Brill. Boston. p. 1702. ISBN: 978-90-04-30277-8.
- Macek J. 2001. Svět zvířat XI. Bezobratlí (2). Albatros. Praha. 170 s. ISBN : 80-00-00918-8.
- Madra A., Konwerski S., Matuszewski S. 2014. Necrophilous Staphylininae (Coleoptera: Staphylinidae) as indicators of season of death and corpse relocation. *Forensic Science International*. 242 (2014). 32–37.
- Madra A., Fratczak K., Grywacz A., Matuszewski S. 2015. Long-term study of pig carrion entomofauna. *Forensic Science International* 252 (2015). 1–10.
- Majka Ch. G., Klimaszewski J. 2008. ZooKeys 2 (Special Issue) Biodiversity, Biosystematics, and Ecology of Canadian Coleoptera. Pensoft. Sofia–Moscow. p. 402. ISBN: 978-954-642-451-8.
- Matuszewski S., Bajerlein D., Konwerski S., Szpila K. 2008. An initial study of insect succession and carrion decomposition in various forest habitats of Central Europe. *Forensic Science International* 180 (2–3). 61–69
- Novák M., Jakubec P., Qubaiová J., Růžička J., Šuláková H. 2018. Revisited larval morphology of *Thanotophilus rugosus* (Coleoptera: Silphidae). *International Journal of Legal Medicine*. 132 (3). 939–954.

- USB. 2010. Chotěboř–ÚZEMNÍ PLÁN–NÁVRH ODŮVODNĚNÍ. Evidenční číslo: 29-002-298. Brno září 2010. In: CHOTĚBOŘ ÚZEMNÍ PLÁN. 95 s. Dostupné také z < http://www.chotebor.cz/assets/File.ashx?id_org=5283&id_dokumenty=2791>.
- Odbor statistiky obyvatelstva. 2017. POČET OBYVATEL V OBCÍCH POPULATION OF MUNICIPALITIES k 1. 1. 2017 / 1 January 2017. Český statistický úřad. Praha 28. dubna 2017. Kód publikace: 130072-27. 120 s. ISBN: 978-80-250-2770-7. Dostupné také z < <https://www.czso.cz/documents/10180/45964084/13007217.pdf/16152f21-3984-4ada-8599-be35c0e31ad6?version=1.1>>.
- Obenberger J. 1964. Entomologie. V, Systematická část 4. Nakladatelství Československé akademie věd. Praha. 775 s.
- Özdemir S., Sert O. 2009. Determination of Coleoptera fauna on carcasses in Ankara province, Turkey. *Forensic Science International*. 183 (1–3). 24–32.
- Pape T., Blagoderov V., Mostovski M. B., 2011. Animal biodiversity. *Zootaxa*. 3148. 222–229.
- Pokorný V. 2002. Atlas brouků. Paseka. Praha. 144 s. ISBN: 80-7185-484-0.
- Povolný D. 1978. Hmyz v kriminologii. *Vesmír*. 57 (7). 205–208.
- Povolný D. 1982. Několik úvah o osudech mrtvol obratlovců v přírodě. *Živa*. 1. 24–28.
- Rees D. 2004. *Insects of Stored Products*. Csiro Publishing. Collingwood. p. 192. ISBN: 0 643 06903 8.
- Sebastiao, M & Castro, CPE: A Preliminary Study of Carrion Insects and Their Succession in Luanda, Angola. *Journal of medical Entomology*, 56 (2) 378–383.
- Skowronek R., Tomsia M., Szpila K., Drożdżiak K., Kabiesz J. 2015. The presence of Diptera larvae in human bones. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*. 5. 235–237.
- Smetana A. 1958. Fauna ČSR. Svazek 12. Drabčíkovití–Staphylinidae I. Československá akademie věd. Praha. 435 s.
- Šuláková H. 2006. Speciální biologie: využití hmyzu při stanovení post mortem intervalu. *Kriminalistický sborník*. 3. 36–37.

- Šuláková H., Markvartová J., Beran M. 2013. Hmyz a mrtvý muž v bytě. Kazuistika. Soudní lékařství. 58 (1). 2–5.
- Šuláková H. 2014. Forenzní entomologie–když smrt je začátek. Živa. 5. 250–256.
- Šuláková, H. 2018. Osobní sdělení. Forenzní znalec, Kriminologický ústav Praha Policie České republiky, 13. května 2018.
- Tesař J. 1985. Soudní lékařství. Avicenum, Praha. 800 s.
- Vega D. M. 2011. Skipping clues: Forensic importance of the family Piophilidae (Diptera). Forensic Science International. 212 (1-3). 1–5.
- Verves, Y. – Barták, M. New distributional data and an updated and commented list of Czech and Slovak Sarcophagidae (Diptera). Annales de la Societe Entomologique de France, 2018, roč. 54, č. 5, s. 410-416.
- Zahradník J. 2008. Brouci. AVENTINUM. Praha. 288 s. ISBN: 978-80-86858-43-2.
- Zahradík P. 2013. Brouci čeledi červotočovití (Ptinidae) střední Evropy Beetles of the family Ptinidae od Central Europe. Academia. Praha. 349s. ISBN 978-80-200-2247-9
- Zbuzek B. 2003a. Živočišní škůdci. Brouci (Coleoptera). Rostlinolékař. 14 (4). 11–13.
- Zbuzek B. 2003b. Živočišní škůdci. Brouci (Coleoptera)–II. část. Rostlinolékař. 14 (5). 12–16.
- Zhang Z-Q. 2011. Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. Zootaxa. 3148. 1-237. ISBN: 978-1-86977-850-7.

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

CHKO – chráněná krajinná oblast

KS – krajské středisko

PMI – post-mortem interval

PR – přírodní rezervace

USB – Urbanistické středisko Brno