

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Využití zelenušek (Diptera, Chloropidae) ve forenzní
entomologii
Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Dominik Olšák
Obor studia: Zájmové chovy zvířat**

**Vedoucí práce: Ing. Štěpán Kubík, Ph.D.
Konzultant: Prof. RNDr. Miroslav Barták, CSc**

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Využití zelenušek (Diptera, Chloropidae) ve forenzní entomologii" jsem vypracoval 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 autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26.4.2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu Ing. Štěpánu Kubíkovi, Ph.D. za vstřícný přístup, odborné vedení, rady a čas, který vložil do vedení této práce. Nadále bych chtěl poděkovat své rodině a přítelkyni, kteří při mně po celou dobu psaní této práce stáli a podporovali mě.

Využití zelenušek (Diptera, Chloropidae) ve forenzní entomologii

Souhrn

Forenzní entomologie je součástí kriminalistiky. Zabývá se ekologií, biologií hmyzu a ostatních členovců, které lze nalézt u rozkládajících se těl. Tělo při rozkladu prochází různými fázemi se specifickými zástupci členovců. Rychlost rozkladu je závislá na okolním prostředí a teplotě. U odebraných vzorků hmyzu a členovců se určuje druh, stupeň vývoje a jak jsou jejich populace ovlivněny okolním prostředím. Výsledky pak slouží jako nepřímé důkazy v průběhu vyšetřování.

Zelenuškovití (Chloropidae) mají velice rozsáhlou biologii. Potravní specializace této čeledi sahá přes fytofáгии, predátory a parazitoidy až k saprofáгии. Některé druhy se řadí mezi důležité bioindikátory a, nebo naopak mezi škůdce travin a některých plodin. Určité druhy rodů *Eutropha*, *Tricimba*, *Siphunculina* se saprofágními larvami byly zaznamenány u rozkládajících se těl různých živočichů, proto vzrostl o zelenušky zájem i z forenzního hlediska.

Hypotézou práce bylo, že některé saprofágní druhy zelenušek lze využít ve forenzní entomologii. Během experimentálního pokusu na modelovém organismu (kadáver prasete domácího) bylo zachyceno pyramidovou pastí celkem 5433 jedinců. Většina se vyskytovala ke konci druhé sukcesní vlny, tedy konec fáze nafouknutí až po začátek čtvrté sukcesní vlny, tedy počátek zbytkové fáze rozkladu. Celkově bylo zaznamenáno 21 druhů zelenušek, z toho nejpočetnější byly druhy *Siphunculina simulata* Kanmiya, 1982 (81,3 %) a *Siphunculina aenea* (Macquart, 1835) (7,74 %). Pouze tyto druhy rodu *Siphunculina* mají určitý forenzní význam. Podle výsledků a dosavadních znalostech o čeledi byly ostatní druhy zachyceny náhodou. Sumy kumulativních teplot ukázaly, že od prvního náletu nemá postupující rozklad příliš velký vliv na početnost jedinců jednotlivých druhů. V České republice se jedná o první práci zaměřenou na forenzní druhy zelenušek, proto je důležité v budoucnu provést další pokusy.

Klíčová slova: forenzní entomologie, zelenušky, dvoukřídlí, kriminalistika, nekrofágové

Using of frit flies (Diptera, Chloropidae) in forensic entomology

Summary

Forensic entomology is a part of criminology. It deals with the ecology, biology of insects and other arthropods that can be found in decaying bodies. During decomposition, the body goes through various stages with specific representatives of arthropods. The rate of decomposition depends on the environment and temperature. For the taken samples of insect and arthropods, the species, stage of development is determined and then how their populations are affected by the environment. The results then serve as circumstantial evidence during the investigation.

Frit flies (Chloropidae) have a very extensive biology. The food specialization of this family extends from phytophagy, predators and parasites to saprophage. Some species are important bioindicators or, conversely, pests of grasses and some crops. Certain species of the genera *Eutropha*, *Tricimba*, *Siphunculina* with saprophagous larvae have been recorded in the decaying bodies of various animals, therefore, interest in them has also increased from a forensic point of view.

The hypothesis of the thesis was that some saprophagous species of frit flies can be used in forensic entomology. During the experimental experiment on a model organism (domestic pig cadaver), a total of 5433 individuals were captured by a pyramid trap. Most occurred at the end of the second succession wave, i.e. the end of the bloated stage up to the beginning of the fourth succession wave, i.e. the beginning of the residual decomposition phase. A total of 21 species of frit flies were recorded, the most numerous of which were *Siphunculina simulata* Kanmiya, 1982 (81,3 %) and *Siphunculina aenea* (Macquart, 1835) (7,74 %). Only these species of the genus *Siphunculina* have some forensic significance. According to the results and current knowledge about the family, other species were caught by random. The sums of the cumulative temperatures showed that from the first invasion, the progressive decomposition does not have a very large effect on the number of individuals of individual species. In the Czech Republic, this is the first work focused on forensic species of frit flies, so it is important to carry out further experiments in the future.

Keywords: forensic entomology, frit flies, Diptera, criminology, necrophages

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce	2
3 Literární rešerše	3
3.1 Forenzní entomologie	3
3.1.1 Historie.....	3
3.1.2 Význam	4
3.1.3 Hmyz jako indikátor	4
3.1.4 Biotypy hmyzu, které se vyskytují na kadáveru.....	5
3.1.5 Rozklad těla.....	6
3.1.5.1 Čerstvé stádium	7
3.1.5.2 Stádium nafouknutí	8
3.1.5.3 Hnilobná fáze	9
3.1.5.4 Po hnilobná fáze	9
3.1.5.5 Skeletální fáze	10
3.1.6 Sukcesní vlny hmyzu	11
3.1.6.1 1. sukcesní vlna: čerstvé tělo	12
3.1.6.2 2. sukcesní vlna: nadmuté tělo	12
3.1.6.3 3. sukcesní vlna: biochemicky aktivní rozklad	13
3.1.6.4 4. sukcesní vlna: pokročilý rozklad.....	15
3.1.6.5 5. sukcesní vlna: vysychání zbytků měkkých tkání	15
3.1.6.6 6. sukcesní vlna: kosterní zbytky	15
3.1.7 Identifikace druhů.....	16
3.1.8 Faktory ovlivňující populace hmyzu	16
3.1.8.1 Biologické faktory	16
3.1.8.2 Vliv klimatu	17
3.1.8.3 Zpožděná invaze na mrtvé tělo.....	17
3.1.9 Stanovení stáří larev	17
3.2 Zelenuškovití (Chloropidae)	18
3.2.1 Taxonomické zařazení	19
3.2.2 Popis.....	19
3.2.3 Obecný popis těla	19
3.2.3.1 Vejce	19
3.2.3.2 Larva.....	19

3.2.3.3	Dospělec.....	20
3.2.4	Role v ekosystémech.	26
3.2.5	Larvy.....	27
3.2.5.1	Vývoj larev.....	27
3.2.6	Adaptivní zóny larev jednotlivých podčeledí.....	28
3.2.7	Historický vývoj potravní specializace	29
3.2.8	Fytofágové	30
3.2.9	Predátoři a parazitoidi	31
3.2.10	Saprofágové	32
3.2.11	Rody zaznamenané na odumřelé živočišné tkáni.....	34
3.2.11.1	Rod <i>Eutropha</i> Loew, 1866	34
3.2.11.2	Rod <i>Tricimba</i> Liroy, 1864	35
3.2.11.3	Rod <i>Siphunculina</i> Rondani, 1856.....	36
3.2.12	Záznamy zelenušek na pokusných kadáverech	37
4	Metodika	39
4.1	Experiment Troja.....	39
4.1.1	Popis lokality	39
4.1.2	Odběrová metoda	39
4.1.3	Zpracování vzorků	40
4.1.4	Zpracování výsledků.....	41
5	Výsledky	42
6	Diskuze	63
7	Závěr.....	65
8	Zdroje	66
9	Seznam zkratk	74
10	Přílohy	75

1 Úvod

Forenzní entomologie je věda využívána v kriminalistice. Jde o studium hmyzu, který má nějakou spojitost s vyšetřováním. Nejčastěji se jedná o zjištění tzv. post mortem intervalu (PMI), tedy doby mezi nalezením těla a úmrtím. Dále lze pomocí forenzní entomologie zjistit příčinu náhlé smrti, nebo vliv hmyzu na dopravní nehody. Forenzní entomologie zkoumá i hmyzí jedy, pomocí kterých lze určit příčinu smrti člověka. Ve střední Evropě se jedná především o jedy sršňů, včel, vos a čmeláků.

Na tělech se pomocí forenzní entomologie zkoumají vývojová stádia jednotlivých nalezených druhů. Pokud je u daných druhů dobře známa biologie je odhad PMI značně přesný. U těl nalezených do 5 týdnů od úmrtí, lze dobu smrti odhadnout s přesností na 1-5 dnů. S prodlužujícím se PMI se přesnost odhadu snižuje. U těl, která se rozkládají 1-2 roky, lze určit jen zda k úmrtí došlo v letošním nebo loňském roce.

Nejvhodnějším hmyzem k určení PMI jsou dvoukřídlí (Diptera). Z dvoukřídlných jsou využívány čeledi s krátkým generačním intervalem, mezi něž patří bzučivkovití (Calliphoridae) a masařkovití (Sarcophagidae). Jako další skupina hmyzu se využívají brouci. Brouci narozdíl od dvoukřídlného hmyzu využívají mrtvolu jak v larválních stádiích, tak i jako dospělci, případně loví larvy jiného hmyzu.

Zelenuškovití (Chloropidae) byli na mrtvých tělech často přehlíženou čeledí dvoukřídlného hmyzu. Předmětem zájmu bylo jejich využití jako bioindikátorů, a také jako škůdců na travinách a některých plodinách. Některé druhy ovšem mohou být využity i ve forenzní entomologii. Tato skutečnost zatím nebyla v našich podmínkách řádně probádána.

2 Cíl práce

Ověřit, že se některé druhy čeledi Chloropidae (Diptera) dají využít ve forenzní entomologii.

Hypotéza: Saprofágní druhy zelenušek (Diptera, Chloropidae) jsou vhodnou skupinou využitelnou ve forenzní entomologii.

3 Literární rešerše

3.1 Forenzní entomologie

Forenzní entomologie využívá studií hmyzu a dalších členovců k řešení právních otázek. Byly klasifikovány tři hlavní kategorie forenzní entomologie: městská, aplikovaná entomologie skladovaných potravin a lékařská (Lord & Stevenson 1986).

Městská forenzní entomologie se zabývá problematikou týkající se členovců v obydlích nebo škůdců v domácnostech a na zahradách. Řeší právní otázky jako jsou soudní spory a občanskoprávní žaloby. Dále jsou zde zahrnuty soudní spory týkající se zneužívání pesticidů (Catts & Goff 1992).

Forenzní entomologie skladovaných potravin se obecně zabývá zamořením členovci nebo kontaminací širokého spektra produktů např. brouků a jejich částí v cukrovinkách nebo mušek v kečupu. Tato kategorie, stejně jako její městský protějšek, obvykle zahrnuje soudní spory (Catts & Goff 1992).

Lékařská forenzní entomologie je nejpopulárnější kategorií dané vědy. Zabývá se členovci, kteří jsou nějakým způsobem zapojeni do událostí kolem zločinů a násilných trestných činů, jako jsou vraždy, sebevraždy a znásilnění, ale zahrnuje i jiná porušení zákona jako je fyzické zneužívání a pašování (Smith 1986).

Forenzní entomologie se ve vyšetřování využívá již několik let. Pomáhá osvětlit způsob smrti, povahu okolního prostředí anebo určit, zdali bylo mrtvé tělo přesunuto z jednoho místa na druhé. K tomu se využívá znalostí o druzích hmyzu a jejich biologických vlastnostech spojených s mrtvolou. (Lane 1975).

3.1.1 Historie

Nejčasnějším záznamem použití forenzní entomologie je z roku 1235 našeho letopočtu v knize nazvané "The Washing Away of Wrongs". Zde bylo popsáno vyšetřování vraždy, při kterém mouchy přistávaly na srpu a tím naznačovaly vražednou zbraň. Případ vyústil vrahovým přiznáním (Song 1981).

V Evropě se forenzní entomologie rozvinula v 19. století prací Bergereta (Bergeret 1855), Brouardela (Brouardel 1879) a Yovanovitche (Yovanovitch 1888) (Keh 1985). Zmíněné práce rozšířil Mégnin (Mégnin 1887; Mégnin 1894), který pečlivě a podrobně zpracoval a zaznamenal předvídatelnou posloupnost členovců spojenou s rozkladem mrtvého těla. První studie a případ forenzní entomologie v Evropě spočíval ve zproštění viny francouzského páru

na smrti dítěte, jehož mumifikované pozůstatky, a s ním související fauna byly objeveny za římsou v jejich domě (Bergeret 1855).

3.1.2 Význam

Existuje několik důvodů, proč využít hmyz při vyšetřování úmrtí. Za prvé, hmyz obvykle jako první najde rozkládající se tělo. Pokud mají masařky přístup k mrtvému tělu, budou na něj klást vejce během několika prvních hodin po smrti (Catts 1992). Tato akce nastartuje biologické hodiny, přičemž následné stanovení věku vyvíjejícího se létavého potomstva, je základem pro odhad posmrtné doby (Payne 1965).

Za druhé, fauna členovců se v mrtvém těle a kolem něj mění v dobře předvídatelném pořadí, v závislosti na postupu rozkladu. Mrtvé tělo, jako dočasný zdroj, je využíváno širokou škálou organismů od mikrobů až po mrchožrouty vyšších řádů. Členovci obvykle tvoří hlavní prvek této fauny, a hmyz převládá jako nejvíce konstantní, různorodá a nápadná přítomná skupina. Výjimkou jsou mořské oblasti, kde převládají korýši Crustacea. Ve studiích v Jižní Karolíně bylo z prasečích kadáverů determinováno 522 různých druhů mnohobuněčných organismů, z nichž hmyz tvořil 84 % (Payne 1965). Podobné studie na Havajských ostrovech uvedly srovnatelný výsledek, 83 % hmyzu ze 140 taxonů členovců (Goff et al. 1986).

V dnešní době lze entomologický důkaz v lékařsko-právních postupech použít při studiích postmortálního přesunu, entomologické toxikologie, spojování podezřelého s obětí, detekcí lidské DNA přítomné u hmyzu, a dokonce i sexuálních zločinů (Byrd & Castner 2001; Tomberlin et al. 2011). Žádný z těchto užitečných nástrojů nelze ověřit bez řádných znalostí bionomiky hmyzu, chování a geografického rozšíření. (Vasconcelos & Araujo 2012).

Studium oblasti ekologie mrtvých těl bylo zanedbáváno nejspíše z estetického hlediska. Tyto studie jsou však důležité ze dvou důvodů. Za prvé, kvůli rostoucímu zájmu o aplikaci entomologie na forenzní vědu a zadruhé, jako studie o postupné kolonizaci nového, byť dočasného stanoviště organismy (Lane 1975).

3.1.3 Hmyz jako indikátor

Hmyz a další členovci jsou primární organismy, které se podílejí na hlavním rozkladu těla. Na odhalené části dorazí krátce po smrti, často za méně než 10 minut, a rychle zahájí svou činnost (Goff 2009).

Klíčovým prvkem je správně určit dobu náletu nekrofagního hmyzu na mrtvé tělo a díky tomu odhadnout minimální PMI, který je nejrozšířenějším přínosem forenzní entomologie. K tomu slouží informace o abiotických faktorech v kombinaci s časovým intervalem,

který larvy potřebují k dosažení každého vývojového stádia. Tyto faktory mohou poskytnout spolehlivý odhad doby, která uplynula mezi kolonizací mrtvého těla hmyzem a jeho objevením (Catts & Goff 1992; Grassberger et al. 2003; Tomberlin et al. 2011).

Druhy řádu Diptera, přesněji čeledí Sarcophagidae (masařkovití) a Calliphoridae (bzučivkovití), jsou schopné nalézt kadáver během několika hodin po smrti a jsou tak prvními kolonizátory (Bornemissza 1957; Payne 1965; Hall & Doisy 1993; Anderson & Van Laerhoven 1996; Tabor et al. 2004; Tabor et al. 2005). Tato vlastnost vedla k častému využívání Sarcophagidae a Calliphoridae jako důkazů při vyšetřování v trestněprávních věcech (Catts & Goff 1992). Časný nálet nekrofágních druhů Diptera na mrtvé tělo však napomáhá přehlížet druhy jiných čeledí, jako jsou Piophilidae, Anthomyiidae a Fanniidae. Terénní průzkumy založené pouze na sběru dospělých nemusí odhalit, zda druh skutečně kolonizuje mrtvé tělo jako zdroj obživy pro vývoj larev (Oliveira & Vasconcelos 2010).

3.1.4 Biotypy hmyzu, které se vyskytují na kadáveru

Určité skupiny hmyzu jsou k mrtvému tělu přitahovány z různých důvodů. Každé stanoviště má určité podmínky a prvky, které vyhovují určitým druhům. Populace hmyzu a dalších členovců, bude obsahovat druhy jedinečné pro dané stanoviště. V populaci členovců kadáveru budou druhy, které mají nějaký vztah k rozkládajícímu se živočišnému substrátu. Každý taxon má tento vztah jiný, a ne všechny vztahy budou mít pro vyšetřování stejnou hodnotu. Mezi rozkládajícím se tělem, hmyzem a dalšími členovci existují čtyři základní vztahy. Ty se vážou ke 4 základním biotypům (Goff 2009):

(a) Nekrofágní druhy: Tyto druhy se živí rozkládající se tkání samotného kadáveru. Jedná se především o druhy z čeledí: Diptera: Calliphoridae, Sepsidae, Drosophilidae, Syrphidae; Lepidoptera: Tineidae; Coleoptera: Dermestidae. Tato skupina zahrnuje druhy, které mohou být nejvýznamnějšími forenzními taxony pro odhad minimální doby aktivity hmyzu na těle během prvních stádií rozkladu (1–14 dnů) (Goff 2009).

(b) Predátoři a druhy parazitoidů využívající hmyz přitahovaný k mrtvému tělu: Jedná se o druhou nejvýznamnější skupinu taxonů, která často navštěvuje kadáver. Zahrnuje mnoho brouků (Coleoptera: Silphidae, Staphylinidae, Histeridae), mouchy (Diptera: Calliphoridae, Stratiomyidae) a vosy z řádu blanokřídlí (Hymenoptera) parazitující na larvách a kuklách jiného hmyzu. U některých druhů jsou larvy během jejich raných fází vývoje nekrofágní. S postupujícím vývojem se z nich stávají predátoři lovcí larvy jiného hmyzu. V pozdějších fázích rozkladu živočišné tkáně lze zaznamenat druhy z čeledí

Macrochelidae, Parasitidae a Uropodidae živící se organismy vyskytujícími se v půdě okolo a pod rozkládajícím se tělem (Goff 2009).

(c) Hmyz, který kromě predace využívá také rozkládající se tkáně: Do této kategorie patří taxony jako jsou vosy, mravenci a někteří brouci, kteří se živí tkání a přidruženými členovci (Goff 2009). Velké populace daných taxonů mohou ve skutečnosti zpomalit rychlost odstraňování kadáverů, protože jejich činnost vede ke snížení populací nekrofágních druhů (Early & Goff 1986).

(d) Druhy s nahodilým výskytem: Druhy, které mohou využít kadáver pro jiný účel, tzn. že je lze nalézt při vyšetřování na místě činu, např. Collembola; Diptera: Chloropidae; pavouci (Lane 1975).

3.1.5 Rozklad těla

Když se živočišné tkáně rozkládají, procházejí stejně jako odumřelé dřevo a, nebo exkrementy několika fázemi. Proces rozkladu je nepřetržitý, ale dělíme ho na fáze. Každá fáze je charakterizována zvláštními biochemickými procesy hniloby, díky čemuž je tělo obydleno určitou faunou (Easton & Smith 1970; Smith 1973).

Ve forenzních studiích je rozklad rozdělen do fází, jejichž počet a doba trvání se liší v závislosti na regionu, klimatu a dalších faktorech prostředí. Změny v mrtvém těle, k nimž dochází bezprostředně po smrti, jsou často rychlejší než změny, ke kterým dojde později během rozkladu (Goff 2009). Aby se dosáhlo dostatečné spolehlivosti, je nutné, provádět odběry nekrofágního hmyzu v co nejkratším časovém intervalu a posléze podle nich potvrdit entomologické důkazy související s určitou činností hmyzu. Kromě toho je důležité pochopit, jak dlouho trvá detekce mrtvých těl hmyzem a jeho kolonizace, jakmile nastane smrt (Vasconcelos et al. 2013).

V přírodě neexistují u rozkladu diskrétní fáze charakterizované fyzickými vlastnostmi a výraznými soustavami hmyzu. Bez ohledu na to se prakticky každá provedená studie pokusila tento proces rozdělit do fází. Bylo navrženo několik různých fází. Tyto fáze jsou sice umělé, ale mají jednoznačnou užitečnost (Goff 2009).

Ve studiích prováděných na Havaji bylo uznáno pět fází, jež jsou snadno aplikovatelné na studie prováděné v oblastech s mírným klimatem (Lord & Goff 2003). Tyto fáze jsou: čerstvá, nafouknutá, hnilobná, po hnilobná a kosterní nebo zbytková. Nejobvyklejší úpravou této sady je rozdělení fáze hniloby na fáze aktivní hniloby a pokročilé hniloby. Vzhledem k subjektivní povaze těchto stádií, je zde fáze hniloby považována za jednu fázi (Goff 2009).

3.1.5.1 Čerstvé stádium

Čerstvé stádium (Obr. 1) začíná okamžikem smrti a pokračuje, dokud není patrné nadýmání těla. Během tohoto stádia je s tělem spojeno několik výrazných a hrubých dekompozičních změn. Může být pozorováno nazelenalé zbarvení břišní oblasti, popraskání kůže a černé skvrny. Invaze hmyzu do těla obvykle začíná přirozenými otvory v těle (oči, nos, ústa a uši), konečníkem, pohlavními orgány a ranami na těle. První hmyz, který dorazí za většiny okolností, je z čeledi Calliphoridae (bzučivkovití) a Sarcophagidae (masařkovití) (Goff 2009).

Samičky přiletí a začnou zkoumat potenciální místa pro naklazení vajec nebo larev. Tyto mouchy často lezou hluboko do otvorů a buď kladou vajíčka, první instar larev, nebo rovnou larvy. Zatímco otvory spojené s hlavou jsou přitažlivé pro mouchy rovnoměrně, přitažlivost konečníku a genitálních oblastí může záviset na jejich odhalení nebo zahalení oblečením. Bylo zjištěno, že rány způsobené před smrtí jsou pro mouchy přitažlivější pro kolonizaci díky tekoucí krvi než rány způsobené po smrti. V této fázi se vejce uložená v těle začínají líhnout a dochází ke krmicí aktivitě uvnitř těla, přestože na povrchu může být jen málo tomu nasvědčujících důkazů (Goff 2009).



Obrázek 1: Čerstvé stádium (Goff 2009).

3.1.5.2 Stádium nafouknutí

Během fáze nafouknutí (Obr. 2) anaerobní bakterie přítomné ve střevech a dalších částech těla začnou trávit tkáň. Jejich metabolické procesy vedou k produkci plynů, které způsobují (ze začátku mírné) nafouknutí břicha. Když je tento jev zaznamenán, má se za to, že je to začátek fáze nafouknutí. Jak jev postupuje, tělo může zaujmout plně nafouknutý vzhled podobný balónu. Kombinované procesy rozkladu a metabolické aktivity larev začnou způsobovat zvýšení vnitřní teploty těla. Tyto teploty mohou být výrazně nad okolní teplotou (>50 °C), a tělo se stává odlišným stanovištěm v mnoha ohledech nezávisle na okolním prostředí. Během tohoto stádia rozkladu jsou dospělí Calliphoridae silně přitahováni k tělu a jsou pozorovány významné masy larev spojené s hlavou a dalšími místy prvotní invaze. Zatímco tyto populace jsou viditelné na povrchu, uvnitř se nachází mnohem početnější populace. Vnitřní tlaky způsobené produkcí plynů, vedou v této fázi k prosakování tekutin z přirozených otvorů těla a je zaznamenán silný zápach amoniaku. Tekutiny pronikají do substrátu pod tělem, a ten se stává zásaditým. V důsledku změny pH opustí normální půdní fauna oblast pod tělem a nahradí ji soubor organismů těsněji spojených s rozkladem (Goff 2009).



Obrázek 2: Stádium nafouknutí (Goff 2009).

3.1.5.3 Hnilobná fáze

Zatímco počáteční a koncový bod pro stádia rozkladu jsou do značné míry subjektivní, existuje určitá fyzická událost označující začátek hnilobné fáze. Ta nastává, když kombinované činnosti živení larev a bakteriálního rozkladu vedou k roztržení vnější vrstvy kůže a úniku plynů z břicha. V tomto okamžiku se tělo vypustí a začíná hnilobná fáze (Goff 2009).

Během této fáze je přítomný silný zápach rozkladu. Převládajícím rysem této fáze je přítomnost velkých společenstev krmících se larev dvoukřídlého hmyzu. Jsou přítomny interně, externě a často je jich tolik, že se rozlézají okolo těla. I když některé druhy řádu Coleoptera (brouci) přicházejí v dřívějších fázích rozkladu, jejich počet se během fáze hniloby zvyšuje a jsou dobře rozpoznatelné (Goff 2009).

Některé predátory čeledi Staphylinidae je možné zpozorovat už během fáze nafouknutí, ale nyní jsou společně s dalšími predátory, jako jsou Histeridae, zřetelnější. Kromě predátorů, jsou také patrní různí nekrofágové, jejichž počet se v průběhu procesu zvyšuje. Na konci této fáze většina Calliphoridae a Sarcophagidae dokončí svůj vývoj a na místě zanechají zbytky kadáveru a pupária v okolní půdě. Na konci hnilobné fáze odstraní larvy Diptera z těla většinu masa a zanechají pouze kůži a chrupavku (Goff 2009).



Obrázek 3: Hnilobná fáze (Goff 2009).

3.1.5.4 Po hnilobná fáze

Když je tělo redukováno na kůži, chrupavku a kost, přestává být Diptera převládajícím rysem. Jsou nahrazeny různými skupinami Coleoptera, s nejvíce viditelnými druhy z čeledi

Dermestidae (kožojedovití). Jejich dospělci dorazí v druhé polovině hnilobné fáze, ale převládají během po hnilobné fáze. Jejich krmení odstraní zbývající usušené maso a chrupavku z kostí. V mokřých stanovištích (bažiny, deštné pralesy atd.) jsou Coleoptera obvykle neúspěšné, v procesu je nahrazují další skupiny, včetně několika čeledí Diptera, jako jsou Psychodidae spolu s příslušnými skupinami predátorů a parazitoidů. S touto fází je u obou typů stanovišť spojen nárůst počtu přítomných predátorů a parazitoidů a jejich rozmanitosti, která je většinou vyšší (Goff 2009).



Obrázek 4: Po hnilobná fáze (Goff 2009).

3.1.5.5 Skeletální fáze

Tato fáze je dosažena, když zůstanou pouze kosti a vlasy. Během této fáze obvykle nejsou pozorovány žádné zjevně přítomné taxony. Na začátku kosterní fáze lze pozorovat řadu taxonů nacházejících se v půdě, včetně roztočů a Collembola (chvostokoci), které se mohou použít při odhadování posmrtné doby. Postupem času se pH půdy začíná vracet na původní hodnotu, a během této fáze dochází k postupnému návratu normální půdní fauny. Neexistuje žádný definitivní koncový bod této fáze, a zjistitelné rozdíly v půdní fauně mohou existovat po dobu

měsíců, někdy i let, což nasvědčuje tomu, že se na daném místě v určitém časovém okamžiku nacházelo tělo (Goff 2009).



Obrázek 5: Skeletální fáze (Goff 2009).

3.1.6 Sukcesní vlny hmyzu

S popisem rozkladu lidského těla činností hmyzu přišel jako první v r. 1894 Jean-Pierre Mégnin. Ten ve své knize “La faune des cadavres“ uvedl, že sukcese trvá přibližně tři roky a rozdělil ji do 8 fází: čerstvé tělo, počátek rozkladu, zmýdelnění, sýrovatění, ztekucování zbytků, vysychání zbytků, vysušené zbytky a trouchnivění. Mégninova stupnice byla ovšem v průběhu let upravována a často spíše redukována na menší počet fází. např. M. E. Fuller (1934) ponechal v sukcesi pouze tři fáze: čerstvého těla, hniloby a vysoušení zbytků. Dle ekologických pozorování je zjevné, že rozhodujícím faktorem, který určuje v kolika fázích celý proces proběhne, zůstává hlavně oblast, v níž rozklad probíhá (např. v jižní Evropě, kde teploty dosahují vyšších hodnot, postupuje rozklad rychleji a sukcesních vln je méně). Další výrazný aspekt je roční období na počátku sukcese a biotop. Sukcese, nebo přesněji její fáze nemusí být popsány pouze stupněm rozkladu, ale také podle společenstev, která se na kadáveru vyvíjejí. Jako příklad slouží práce G. F. Bornemissza (1957), kde byl rozklad rozdělen na období, kdy se postupně mění společenstva nekrofágní (čerstvé tělo), saprofágní (biochemicky aktivní), dermatofágní (vysychající zbytky) a keratofágní (dehydrované zbytky). V oblastech mírného klimatu, tedy i v ČR, zpravidla u sukcese rozlišujeme 6 stadií, jejichž základ tvoří stupnice, kterou navrhli J. A. Payne a D. A. Crossley v r. 1966. Jednotlivé fáze definuje postupující rozklad těla, na nějž jsou fixovány specifické druhy (Šuláková 2014).

3.1.6.1 1. sukcesní vlna: čerstvé tělo

Představuje počátek sukcese v momentu smrti člověka, ojediněle již během umírání. Pro tuto sukcesní vlnu jsou typické dvě skupiny bezobratlých. Do první skupiny se řadí např. z blanokřídlých (Hymenoptera) vosy a mravenci, kteří se živí přímo živočišnými tkáněmi. Na těle většinou nesetrvávají dlouhou dobu, zůstávají pouze při přijímání potravy, a poté ho opouštějí. I když je příjem potravy opakovaný, nelze zjistit po jak dlouhou dobu tělo využívají, proto nemají téměř žádný význam z hlediska stanovení doby kolonizace těla. Důležitá je druhá skupina, kde jsou přítomné mouchy z čeledi bzučivkovití (Calliphoridae). V ČR je známo 61 druhů, z nichž je kriminalisticky relevantních 13. Z těchto nekrofágních druhů mají v našich podmínkách nejčastější zastoupení zelené bzučivky rodu *Lucilia* Robineau-Desvoidy, 1830, modré rodu *Calliphora* Robineau-Desvoidy, 1830 a dále druhy *Protophormia terraenovae* (Robineau-Desvoidy, 1830) a *Phormia regina* (Meigen, 1826). Na jednom kadáveru se velice často současně vyvíjejí dva až pět druhů. Jeden, nebo dva druhy v dominantním postavení, ostatní pak v nižší početnosti. Důležitým poznatkem je, že dospělci se samotným kadáverem neživí, jsou k němu pouze přitahováni. Jejich potravu tvoří nektar květů, medovice mšic, šťávy z přezrálého ovoce atd. Dospělci mohou na těle „lízat a sát“ krev a jiné tekutiny, jedná se však jenom o příležitostný zdroj potravy (Šuláková 2014). Vyhledávají ho zejména samičky, aby získaly živiny, převážně proteiny potřebné k dozrání vajíček v jejich těle (Erzinçlioğlu 1996). Skutečně nekrofágní jsou jejich larvy. O přítomnosti dospělců nemusíme najít žádný důkaz, protože si můžou odletět nebo naopak přiletět dle libosti, jakmile však dojde k naklazení vajíček, zůstává na těle stopa, kterou je možné analyzovat a hodnotit. Bzučivky využívají kadáver primárně kvůli kladení a vysoký kriminalistický význam je jim přikládán zejména z toho důvodu, že časová prodleva mezi přiletem prvních jedinců a naklazením prvních vajíček je minimální (Šuláková 2014).

3.1.6.2 2. sukcesní vlna: nadmuté tělo

Činnost bakterií v trávicím traktu během rozkladu vytváří plynné látky. Vznikající plyn funguje jako atraktant, který láká nové skupiny kolonizátorů. Reagují na něj opět bzučivky a nově také mouchy čeledi masařkovití (Sarcophagidae) a mouchovití (Muscidae). V literatuře jsou masařky značně přeceňovanou skupinou a přinejmenším se v oblastech mírného pásu vůbec neřadí mezi běžné zástupce na lidských kadáverech. Nejen v ČR, ale také na Slovensku, v Polsku, Německu, severní Francii a Belgii se s larvami masařek na tělech exponovaných ve volné přírodě setkáme pouze výjimečně, zato jsou typické pro nálezy v bytech. Nejčastěji

citovaný druh je masařka obecná (*Sarcophaga carnaria*) (Linnaeus, 1758), nicméně výzkumy posledních let zpochybňují forenzní význam tohoto druhu a jeho přímou vazbu na kadáver. Mezi forenzně relevantní se řadí 25 druhů masařek, přesto u nás i v okolních státech patří více než 95 % zajištěných larev z této čeledi pouze druhu *Sarcophaga argyrostoma* (Robineau-Desvoidy, 1830). Z mouchovitých jde zejména o rod *Muscina* Robineau-Desvoidy, 1830, jehož zástupci jsou schopni v některých případech převzít bzučivkám roli prvních kolonizátorů (Šuláková 2014).

V průběhu druhé sukcesní vlny tělo osídlují i první brouci. Brouci jsou pro stanovení počátku kolonizace méně přesný indikátor, protože se na těle objevují později než mouchy, vzniká u nich tedy delší časový interval mezi smrtí člověka a počátkem kolonizace. Jejich nižší forenzní význam vychází také ze skutečnosti, že mouchy mají za cíl na vyhledané tělo naklást vajíčka či larvy, ovšem dospělec brouka, který se živí rozkládajícími se tkáněmi, nebo na těle loví jiný hmyz, může před naklazením vajec na mrtvole setrvat i několik dnů. Přesný výpočet doby kolonizace u brouků je možný pouze zhodnocením vývojových cyklů (Šuláková 2014).

Na uvolňované plynné látky reagují mezi prvními mrchožroutoví (Silphidae). Z pohledu forenzní praxe je nejvýznamnější mrchožrout *Necrodes littoralis* (Linnaeus, 1758), jehož larvy se na kadáverech vyskytují pravidelně a v hojném počtu. Obdobně se lze setkat i s larvami rodu *Thanatophilus* Leach, 1815. Často jsou v literatuře zmiňováni hrobařiči rodu *Nicrophorus* Fabricius, 1775, ti mají však v praxi minimální využití, protože se na lidském těle vyskytují pouze dospělci (Šuláková 2014).

Do poslední typické skupiny druhé sukcesní vlny jsou řazeny parazitoidní druhy z řádu blanokřídlí, z nich mají největší forenzní význam chalcidky (Chalcidoidea), případně lumci (Ichneumonoidea) a lumčiči. Samičky zmíněných čeledí kladou vajíčka do larev a kulek ostatního hmyzu a jejich larvy posléze cizopasí v hostiteli, kterým se živí a následně se uvnitř jeho těla i kuklí. Vzhledem k přímé vazbě vývojového cyklu na přítomnost kadáveru, resp. nekrosapofágy, na nichž parazitují, lze zmíněné blanokřídlé využít při výpočtu doby kolonizace (Šuláková 2014).

3.1.6.3 3. sukcesní vlna: biochemicky aktivní rozklad

Pro tuto fázi je charakteristické ztekucování živočišného substrátu a zahrnuje dva procesy: zmýdelnění tuků a fermentaci proteinů. Při zmýdelnění tuků se vytváří těkavé mastné kyseliny a atraktant kyselina máselná, která láká další skupinu hmyzu. Na aroma kyseliny máselné reagují mouchy rodu *Hydrotaea* Robineau-Desvoidy, 1830, v České republice je na lidských kadáverech nejčastěji zastoupena moucha lesklá (*Hydrotaea ignava*) (Harris,

1780). První samičky se mohou objevit již v prvních dnech od úmrtí jedince, v té době se na těle vyskytují tisíce larev bzučivek, proto samičky nenakladou vajíčka přímo na tělo, ale pod něj. Vylíhlé larvy prvního instaru jsou saprofágní a živí se v podstatě rozkladnou tekutinou prosakující do půdy. Od druhého instaru začínají být dravé a kolonizují samotný kadáver. K tomuto dochází ve chvíli, kdy většina bzučivek tělo opustí kvůli zakuklení (Šuláková 2014).

Z řad brouků lákají těkavé mastné kyseliny drabčíkovité (Staphylinidae). Při výpočtu doby kolonizace má významnou úlohu drabčík páskovaný (*Creophilus maxillosus*) (Linnaeus, 1758), který se na živočišném substrátu pravidelně rozmnožuje. Z dalších jsou zastoupeny nejčastěji rody *Ontholestes* Ganglbauer, 1895, *Philonthus* Stephens, 1829 a *Aleochara* Stephens, 1829. Dále se začínají vyskytovat i první mršníkovití (Histeridae), zejména *Margarinotus brunneus* (Fabricius, 1775) a *Saprinus semistriatus* (Scriba, 1790), a dále lesknáčkovití (Nitidulidae), především *Omosita discoidea* (Fabricius, 1775) a *Glischrochilus quadrisignatus* (Say, 1835) (Šuláková 2014).

Při fermentaci proteinů se vytvářejí kaseózní látky připomínající svým zápachem přezrálý sýr, proto se označuje také termínem sýrová fermentace. Zápach vábí drobné mušky hlavně z čeledí sýrohlodkovití (Piophilidae), kmitalkovití (Sepsidae) a slunilkovití (Fanniidae). V ČR je typickým zástupcem sýrohlodek *Stearibia nigriceps* (Meigen, 1826), druh běžně nalézáný v hojném počtu téměř na všech kadáverech. Dalším častým druhem je sýrohlodka drobná (*Piophila casei*) (Linnaeus, 1758), bývá zmíněna i v naší literatuře. V jižních evropských státech, jako je Portugalsko, Španělsko a Itálie, se řadí mezi typické zástupce nekrofauny, u nás se ve volné přírodě prakticky nevyskytuje. V ČR představuje pouze skladištního škůdce s lokálním výskytem, který je vzácně k nalezení na mrtvých tělech v domácnostech. Z ostatních dvoukřídlých se na tělech pravidelně rozmnožují kmitalky *Nemopoda nitidula* (Fallén, 1820) a slunilky, například slunilka pokojová (*Fannia canicularis*) (Linnaeus, 1761), a dále slunilky *Fannia scalaris* (Fabricius, 1794) a *Fannia manicata* (Meigen, 1826), kterým vyhovuje polotekutý substrát biochemicky aktivního těla (Šuláková 2014).

Mezi typické brouky lze zařadit zástupce čeledí kožojedovitých (Dermestidae) a pestrokrovečnickovitých (Cleridae). Běžní zástupci kožojedovitých jsou u nás *Dermestes frischii* Kugelann, 1792, *Dermestes undulatus* Brahm, 1790 a *Dermestes murinus* Linnaeus, 1758. Z pestrokrovečníků to jsou naše tři druhy rodu *Necrobia* Latreille, 1797, časté jsou *Necrobia violacea* (Linnaeus, 1758) a *Necrobia rufipes* (De Geer, 1775), naopak *Necrobia ruficollis* (Fabricius, 1775) se vyskytuje jen vzácně. Kožojedovití i pestrokrovečnickovití preferují sušší substrát, z toho důvodu jejich kolonizace začíná od krajních, nebo

již skeletovaných částí těla. Na aktivní biochemický rozklad lze nahlížet jako na jednu komplexní sukcesní fázi, protože obě části mohou probíhat současně. Druhy této sukcesní vlny mohou tělo kolonizovat v různém pořadí (Šuláková 2014).

3.1.6.4 4. sukcesní vlna: pokročilý rozklad

Stadium je typické čpavkovou fermentací zbývajících měkkých tkání. Další zástupce bezobratlých přitahují uvolňované amoniakální páry a nakyslý zápach kaseózních látek. Na jejich aroma reagují drobné mušky z čeledi hrbilkovití (Phoridae). Stále na těle zůstávají aktivní larvy sýrohlodek, kmitalek a slunilek; z brouků larvy kožojedů a pestrokrovečníků; z dospělců menší drabčící; dále mršníci a lesknáčci, kteří se zde rozmnožují jen příležitostně (Šuláková 2014).

3.1.6.5 5. sukcesní vlna: vysychání zbytků měkkých tkání

Z měkkých tkání zůstávají pouhé vysychající zbytky. Rozklad nadále probíhá za přítomnosti larev sýrohlodek a hrbilek, kožojedů a pestrokrovečníků. Na zbytcích se nově objevují brouci z čeledi hlodáčovití (Trogidae), především *Trox scaber* (Linnaeus, 1767) a *Trox sabulosus* (Linnaeus, 1758). Poměrově se začíná zvyšovat zastoupení roztočů (Acari), které lze nalézt již na začátku první sukcesní vlny, resp. od okamžiku, kdy se na mrtvém těle objeví první hmyz, protože většinu z roztočů na mrtvolu dovleče právě hmyz (Šuláková 2014).

3.1.6.6 6. sukcesní vlna: kosterní zbytky

Většina měkkých tkání byla již spotřebována, nebo rozložena a po kadáveru zůstávají pouze kosti a ojedinělé vyschlé chrupavky a vazivo, vlasy a tělní ochlupení. Na rozkladu zmíněných zbytků se podílejí roztoči a zřídka kožojedi a hlodáči. Mezi nově příchozí v této vlně se řadí vrtavci (Ptininae) z čeledi červotočovití (Anobiidae), někdy uváděni jako čeleď Ptinidae. Na rozkladu kostí ležících na povrchu se podílejí i řasy (Algae) a mnoho dalších (Šuláková 2014).

Ve všech sukcesních vlnách se můžeme nadále setkat s dalšími čeleděmi bezobratlých. Kromě již zmíněných nalézáme z dvoukřídlých také zástupce čeledí lanýžkovití (Heleomyzidae), octomilkovití (Drosophilidae), koutulovití (Psychodidae), smutnicovití (Sciaridae), pestřenkovití (Syrphidae), stružilkovití (Anisopodidae) a mrvnatkovití (Sphaeroceridae). Z brouků jde o čeledi chrobákovití (Geotrupidae), vrubounovití (Scarabaeidae) a lanýžovníkovití (Leiodidae). Z řádu motýli je možné nalézt housenky z čeledí zavíječovití (Pyralidae), molovití (Tineidae) a vzácně některých krásněnkovitých

(Oecophoridae). U těl nalezených ve vodě lze očekávat výskyt vodních korýšů (Crustacea) a měkkýšů (Mollusca) (Šuláková 2014).

3.1.7 Identifikace druhů

Jedním z problémů, kterým čelí entomolog, je přesná identifikace larev získaných z mrtvého těla. Často se stává, že se k identifikaci předkládají pouze mrtvé exempláře, a to špatně uchované. I když je místní fauna dobře známa, identifikace může být obtížná, zejména u vývojových stádií larev. Práce Erzinclioglu (1985) v Anglii a Liu & Greenberg (1989) v USA vedla k vytvoření identifikačních klíčů pro vejce a larvy některých forenzně důležitých druhů. Práce Haskell et al. (1989) a Hawley et al. (1989) popsaly situace pro identifikaci larev vodních druhů Diptera na mrtvých tělech. Nicméně věda přišla s novou metodou, která umožňuje identifikaci hmyzu nebo izolovaných částí jeho těla pomocí sondy DNA. Tento způsob identifikace by mohl být užitečný pro rozlišení mezi druhy, u jejichž larev nejsou morfologické rozdíly (Johnson 1975).

Ve čtyřech až pěti dnech po smrti jsou nejvýznamnějším přítomným hmyzem bzučivkovití. S ohledem na tuto skutečnost je nezbytné rozlišovat mezi dvoukřídlými druhy, které hodují na mrtvém těle během jejich larválního stádia, a těmi, které se živí pouze mrtvou tkání v dospělosti. Pouze první skupina přispívá k dynamice konkurence a ovlivňuje výslednou sukcesi na mrtvém těle. Larvy totiž ovlivňují rychlost rozkladu, a to tím, že vylučují trávicí šťávu, šíří bakterie a provádí mechanické procesy: tunelování a zavrtávání (Lane 1975).

3.1.8 Faktory ovlivňující populace hmyzu

3.1.8.1 Biologické faktory

Fuller (1934), Nicholson (1950) a výsledky jejich studií naznačují, že primárními faktory ovlivňujícími populace přítomného hmyzu jsou biotické, zejména vnitrodruhové a mezidruhové konkurence. Konkurence se vyskytuje ve větší míře na úrovni larválních stádií než na úrovni dospělých jedinců. Potrava a prostor jsou primární zdroje, o které se v průběhu larválního vývoje soutěží (Lane 1975).

Podíl jakéhokoli druhu v populaci hmyzu na mrtvém těle může být řízen čtyřmi faktory:

a) Vnitrodruhová konkurence: Populace jednoho druhu je tak početná, že si jednotlivci začnou navzájem brát životně důležité zdroje. Zpočátku může snížit velikost larev a následně počet jedinců.

b) Konkurence invazních druhů: Ty omezují vývojová stádia, ve kterých mohou druhy obývat mrtvé tělo.

c) Mezidruhová konkurence: Tato konkurence je podobná jako v bodě a).

d) Predátoři a parazitoidi: Selektivní predace na jednom druhu je výhodná pro ostatní konkurenční druhy (Lane 1975).

3.1.8.2 Vliv klimatu

Výše uvedené faktory regulující hojnost druhů se překrývají s vlivem klimatu. Klimatické podmínky jsou pozoruhodné ze dvou důvodů. Zaprvé, klima určuje sezónní hojnost druhů, a to má vliv na mezidruhovou konkurenci. Za druhé, samotné klima prostředí, i mikroklima v okolí mrtvol ovlivňují prostředí, ve kterém se nachází larvy. Je známo, že vysoké teploty a vlhkost urychlují rozklad. V důsledku takto zkráceného období dochází k nárůstu konkurence mezi druhy, např. vyšší rychlost odpařování vede k vysychání tkání, což značně ztenčuje zásobu zdrojů potravy a zmenšuje prostor. Tento fakt vede k zesílení vnitrodruhové a mezidruhové konkurence (Lane 1975).

3.1.8.3 Zpožděná invaze na mrtvé tělo

Okolnosti kolem smrti mohou výrazně ovlivnit dobu počátečního náletu hmyzu na mrtvé tělo. U několika popsanych vyšetřování vražd byl nálet bzučivek do mrtvého těla zpožděn o několik dní, protože tělo bylo zabaleno do několika vrstev přikrývek (Erzinclioglu 1985; Goff 1992). V prvním případě byl nálet zpožděn, i když bylo mrtvé tělo odkryté celé čtyři dny před jeho zabalením. Ve druhém případě vyšetřovatelé následně simulovali scénář vraždy nahrazením mrtvého těla za jatečně upravená těla prasat, aby určili předpokládané zpoždění náletu hmyzu (Goff 1992). V Louisianě proběhly studie, které určily časové zpoždění náletu hmyzu na těla uvnitř uzavřeného prostoru kufru automobilu. Pro tělo prasete v kufru během podzimní sezóny ukázaly předběžné výsledky zpoždění tří dnů. Tyto studie také zahrnují zpoždění náletu hmyzu na spálené maso. Spálení masa zpomaluje jeho okamžitou lákavost k náletu. Ke zpoždění náletu hmyzu přibližně o týden došlo na prasečí tělo umístěné v kufru zapáleného automobilu (Meek & Andis 1983).

3.1.9 Stanovení stáří larev

Při analýze odebraných vzorků hmyzu z mrtvého těla je odhad stáří larev klíčovým prvkem (Smith 1986). Kamal (1958) uvádí ve své práci vývojové časy pro jednotlivá stádia u 13 druhů bzučivek (Calliphoridae) a masařek (Sarcophagidae). Jeho výsledky se staly základními údaji často používanými k odhadu věku larev převedením těchto dat na místní podmínky. V této práci ovšem byly provedeny chyby. Většina pracovníků upřednostňuje

použití vlastních údajů o vývoji na daném místě. Nishida a jeho spolupracovníci (Nishida 1984; Nishida et al. 1986) vytvořili přesné růstové tabulky pro sedm druhů z čeledí Calliphoridae a Sarcophagidae.

Vinogradova & Marchenko (1984) představili prahové vývojové teploty pro devět druhů much. Introna et al. (1988; 1989) chovali mouchy v programovatelné řádkové komoře a byli schopni znovu vytvořit proměnlivé cykly tepla a světla v polní situaci. Haskell & Williams (1990) doporučovali zaznamenávat okolní podmínky na místě smrti po dobu 3-5 dnů po objevení a odstranění mrtvého těla. Posléze záznam podmínek porovnat se záznamem z výzkumné stanice a s rozdíly, které se berou v úvahu při pokusu o popis předchozích podmínek v lokalitě nálezu (Catts 1992).

Dalším důležitým faktorem spojeným s vývojem larev a odhadem věku je množství metabolického tepla generovaného larvami, které jsou nahromaděné v těle (Catts 1992; Marchenko & Vinogradova 1984.). Teploty okolí se často neshodují s teplotami, kterým jsou larvy vystaveny (Catts 1992). Payne (1965) poznamenal, že teploty jatečně upravených těl mohou být zvýšené. Early & Goff (1986) a Tullis & Goff (1987) zaznamenali v mírném klimatu Havaje vnitřní teploty jatečně upravených těl až o 22 °C vyšší než okolní teplota. Úroveň generovaného tepla může také selektivně ovlivnit zastoupené druhy larev. Larvy generující metabolické teplo můžou mít vliv na:

- a) rychlost vývoje larev,
- b) rozvoj fauny v mrtvém těle,
- c) charakter společenství v mrtvém těle,
- d) účinnost ochlazení těla před pitvou (Catts 1992).

3.2 Zelenuškovití (Chloropidae)

V systému Diptera patří čeleď Chloropidae do infrařádu Muscomorpha (dříve Cyclorrhapha). Tato skupina zahrnuje asi 80 čeledí ve světové fauně s velmi odlišnými ekologiemi. Jsou zde řazeny velké čeledi jako je Agromyzidae a Tephritidae nebo naopak menší, mezi něž patří Opomyzidae (Nartshuk 2014).

V těchto čeledích jsou larvy fytofágní a biologicky docela podobné, s výjimkou některých představitelů Tephritidae žijících pod kůrou stromů. Jiná situace je pozorována u čeledi Chloropidae (Nartshuk 2014), jež zahrnuje se světové fauny asi 3 000 známých druhů zařazených do 200 rodů (Nartshuk 2012), z nichž se asi 700 druhů vyskytuje v palearktické oblasti. Ačkoli nebyla biologie studována u všech druhů, je známo, že jejich larvy se mohou

vyskytovat v mnoha odlišných prostředích a mají širokou škálu trofických preferencí (Nartshuk 2014).

3.2.1 Taxonomické zařazení

- Říše Animalia (živočichové)
- Kmen Arthropoda (členovci)
- Třída Insecta (hmyz)
- Řád Diptera (dvoukřídlí)
- Nadčeleď Carnoidea

3.2.2 Popis

Jedná se o malé až středně velké mouchy, u většiny druhů zřetelně zbarvené. Chybí jim anální žíla a často mají lesklý čelní (ocellární) trojúhelník (Sabrosky 1980). Většina zelenušek obývá louky, bažiny, slániska, písčité pobřeží a další otevřené prostory, tj. hlavně intrazonální nebo azonální biotopy. Lesní biotopy v mírném pásmu holarktické oblasti obývá jen málo druhů, mezi něž spadají některé druhy rodů *Apotropina* Hendel, 1907; *Gaurax* Loew, 1863; *Lasiambia* Enderlein, 1936; *Siphunculina* Rondani, 1856; *Gampsocera* Schiner, 1862; *Aspistyla* Duda, 1993 a *Hapleginella* Duda, 1933 (Nartshuk 2014).

3.2.3 Obecný popis těla

3.2.3.1 Vejce

Vejce jsou podlouhlá, oválná, mírně zakřivená, s mřížkovaným nebo pruhovaným povrchem, při malém zvětšení bez dalších zjevných struktur. Dosud nebyly použity při klasifikaci čeledi (Andersson 1977).

3.2.3.2 Larva

Popsány byly jen některé larvy, zejména ty ekonomicky významných druhů. Zatím však nebyl nalezen způsob, kterým lze rozlišit larvy všech druhů zelenušek od larev ostatního dvoukřídleho hmyzu. Důkladně je prozkoumáno jen málo druhů, z tohoto důvodu larvy nemohou poskytnout mnoho informací o čeledi. Stejně jako u jiných čeledí řazených do Schizophora jsou i larvy zelenušek beznohé, se špatně rozeznatelnou hlavou a jsou světle žluté (Andersson 1977).

Hlava má většinou složitou obličejovou masku, kterou lze použít alespoň k rozlišení mezi druhy. Stejně tak, lze využít i řady hrudních a břišních kutikulárních spikul (Andersson 1977).

Pupárium

Pupárium je válcovité, červenohnědé až hnědé, s krátkými výběžky nesoucími průduchy v přední i zadní části hrudníku. Povrch ukazuje spikulární zóny larvy (Andersson 1977).

3.2.3.3 Dospělec

3.2.3.3.1 Hlava

Hlava (Obr. 6): Obrys hlavy je mezi rody poněkud odlišný a byl často používán jako klíčový znak k rozpoznání rodů. Obrys je při pohledu z boku obvykle zaoblený nebo čtvercový, čelo a vibrissální trojúhelník vybíhají stejně za úroveň očí, v mnoha případech však vyčnívají zřetelně za oči (Andersson 1977).

Jak je pro Schizophora typické, zelenušky mají dobře vyvinuté *ptilinum*. Ptilinální steh je někdy částečně otevřený, čelo je široké a mírně sklerotizované, holometopového typu. Hlavy suchých vzorků jsou proto často deformovány. Čelní trojúhelník (ocellární trojúhelník) je obvykle silně sklerotizovaný a zřetelný, někdy je tak velký, že pokrývá celou čelní část. Tvar, barva a plastika čelního trojúhelníku mají značnou taxonomickou hodnotu. Štětinky hlavy mohou být nevýrazné, i tak lze většinu z níže uvedených obvykle rozlišit. Frontální štětinky (fr) bývají hojně zastoupeny na čelní části obličejové masky, podél okrajů čelního trojúhelníku jsou vnitřní frontální štětinky (if), které se stáčí směrem nad něj. Do této skupiny se řadí i štětinky uspořádané v řadách nebo rovnoměrně rozptýlené na povrchu čelního trojúhelníku (Andersson 1977).

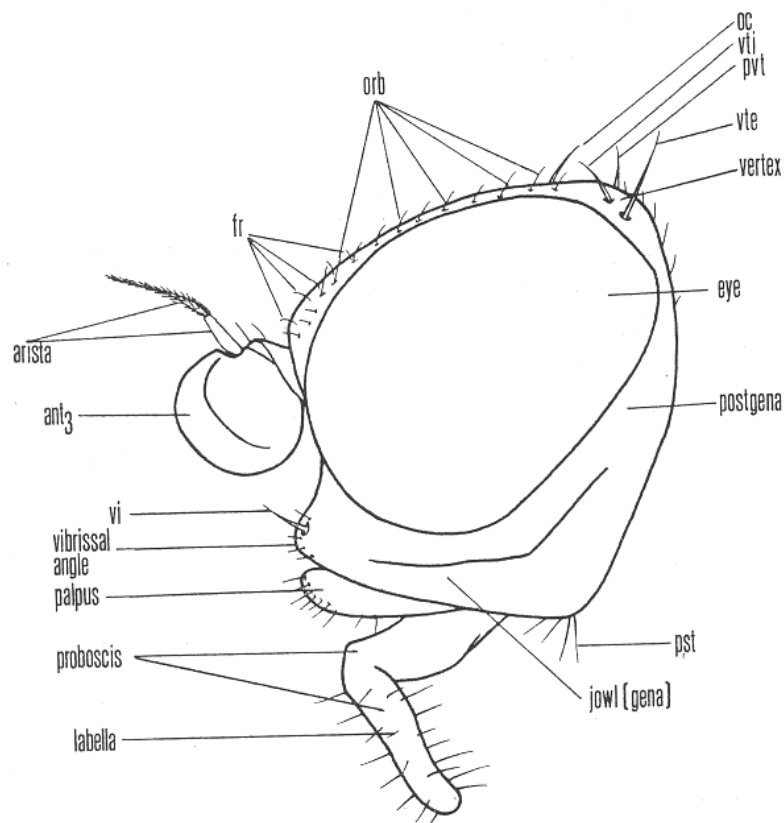
Pod každým očním obloukem je jedna nebo více orbitálních štětin (orb), jež jsou v závislosti na druhu odlišně zahnuté. Na čelním trojúhelníku jsou na ocellárním callusu tři oční skvrny a šikmé nebo sklopené konvergentní a, nebo divergentní (ocellární) štětinky (oc) (Andersson 1977).

Na temenu hlavy jsou zakřivené vnější vertikální štětinky (vte), a vnitřní vertikální štětinky (vti), v prostřední části za okem postvertikální štětinky (pvt), pod nimiž je část týlního výběžku (occ), který má často tmavší barvu (Andersson 1977).

Složené oko je velké, kruhové nebo oválné se svislou, vodorovnou nebo úhlopříčnou dlouhou osou. Může být se štětinkami nebo bez. Pod okem se nachází čelist (gena), jejíž šířka byla použita jako rozlišovací znak. Čelist nese peristomální štětinky (pst) a její širší zadní část (postgena) je někdy oddělena nízkou carinou. Zadní povrch postgeny bývá plochý a klouže proti povrchu propleuronu. Dolní přední výběžek čelisti tvoří vibrissální trojúhelník (vi) s vibrissální štětinkou (vi) (Andersson 1977).

Mezi obličejem a předním okrajem oka je lící orbita. Oblast pod ptilinálním stehem, vymezená na bocích lícími hřebeny je obličej (prefrons). Nad místem zasunutí tykadla se často nachází malý trojúhelníkový sklerit (*lunule*), který občas přechází do cariny obličeje a dolů do epistomu. Epistom je nejspodnější část obličeje těsně nad štítem (*clypeus*). Tykadlo tvoří tři tykadlové články, první z nich (*ant1*) je u většiny druhů docela malý a zakrytý druhým, většinou krátkým, tykadlovým článkem (*ant2*). Výjimečně může být u některých druhů dlouhý. Třetí tykadlový článek (*ant3*) vykazuje velkou rozmanitost, může být: zaoblený, podlouhlý, lichoběžníkový atd. Arista se skládá ze tří segmentů, odlišné jsou obvykle pouze dva. Může být tenká nebo široká a zploštělá, většinou je téměř holá (Andersson 1977).

Proboscis (sosák) bývá měkký a krátký, ovšem není neobvyklé, že může být více sklerotizovaný a prodloužený s dlouhým štítkem. V tomto případě se vytváří vibrissální trojúhelník. *Palpi* jsou střední velikosti, v průřezu kruhové, a mírně zvlňené (Andersson 1977).



Obrázek 6: Hlava, pohled z boku: *ant3* – třetí tykadlový článek, *fr* – frontální štětinky, *oc* – ocellární štětinky, *orb* – orbitální štětinky, *pst* – peristomální štětinky, *pvt* – postvertikální štětinky, *vi* – vibrissální štětinky, *vte* – vnější vertikální štětinky, *vti* – vnitřní vertikální štětinky (Andersson 1977).

3.2.3.3.2 Hrudník (*thorax*)

Hrudník (Obr. 7) je obvykle krátký a široký s poměrně konvexním mesonotem. U některých druhů je dlouhý, štíhlý a dorzálně plochý. Mesonotum poskytuje mnoho dobrých

rozlišovacích znaků, jeho povrch je lesklý nebo matný, hladký a tvarovaný různými způsoby. Podle druhu je holý, nebo chlupatý, s chlupy rovnoměrně rozloženými nebo uspořádanými v řadách. Z chlupů uspořádaných v řadách jsou nejvýraznější dorsocentální štětinky (dc) a acrosticální štětinky (acr). Jako rozlišující znaky jsou využívány přední a zadní scapulární štětinky (scp), dorsocentrální makrochety (dc), prescutellární štětinky (psc) a scapulární štětinky (scp). Mesonotum je jednobarevné, obvykle černé, nebo pruhované se světlou základní barvou (žlutá, zelená, hnědá) a pěti tmavšími podélnými pruhy (černé, hnědé, červené). Centrální mesonotální pruh (M1) obvykle končí zřetelně před štítkem (*scutellum*) a někdy je rozdělen světlým pruhem podél linie acrostických štětin (acr). Laterálně se od M1 táhne vnitřní laterální mesonotální pruh (M2), ten pokračuje od humerálního callusu k dorsocentrálním štětkám (dc). Obvykle je širší na předním konci. Postranně od M2 a za notopleurálním řezem je vnější laterální mesonotální pruh (M3). U tmavších exemplářů a výrazně pruhovaných druhů může nevýrazná tmavá barva pokračovat až za M1 ke štítu (*scutum*) nebo jsou tmavší pruhy víceméně sloučené (Andersson 1977).

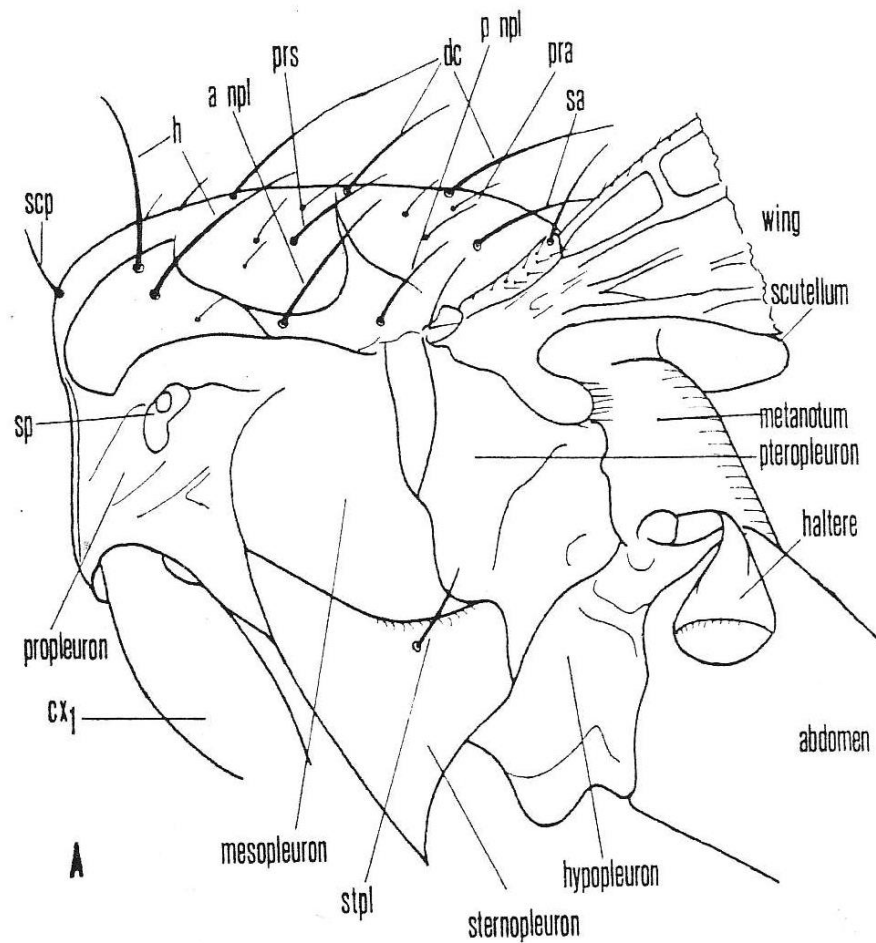
Tvar štítu (*Scutum*: Obr. 8) může být u jednotlivých druhů zcela odlišný: velmi krátký, půlkruhový nebo značně prodloužený, zploštělý nebo bez zploštění, s mnoha nebo bez scutellárních štětin, které mohou vyrůstat z prstů podobných tuberkul. Apikální scutellární štětinky (ap 'sc) jsou obvykle dobře vyvinuté. Laterální scutellární štětiny (la sc) jsou většinou menší a četné (Andersson 1977).

Humerální callus (humerus) tvoří anterodorsální výběžek hrudníku a na něm se obvykle nachází tmavá humerální skvrna (H) a jedna (nebo více) humerální štětinka (h) (Andersson 1977).

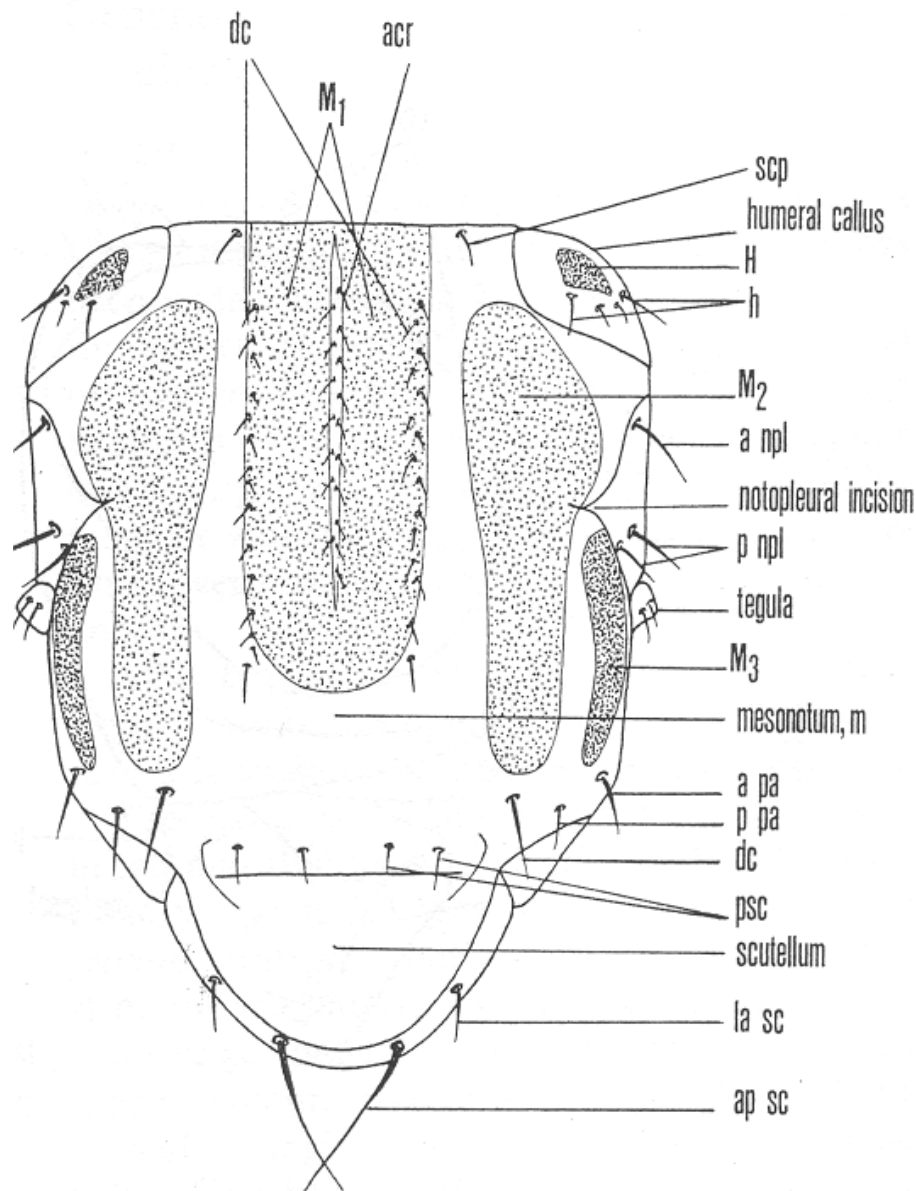
Po stranách hrudníku je pohrudnice. Může být chlupatá nebo holá, lesklá nebo matná, jednobarevná nebo skvrnitá. Notopleuron (npL) tvoří trojúhelníkovou proláklínu po stranách mezonotumu. Má jednu přední notopleurální štětinku (npl) a jednu nebo dvě zadní notopleurální štětiny (p npl). Pod notopleuronem je mezopleuron (mpl), často s jednou nebo dvěma mezopleurálními skvrnami (MPL). Propleuron, přední část mezopleuronu, může mít na dolní části jednu nebo několik propleurálních štětin (prpl) (Andersson 1977).

Bez předem sundané hlavy může být pro zelenušky charakteristická propleurální carina špatně vidět. U ne zcela černých druhů má sternopleuron (stpi) velkou sternopleurální skvrnu (STPL), jejíž barva a matnost mají velký význam. Pouze u Siphonellopsinae je přítomna skutečná sternopleurální štětinka (stpl). Sklerit nad zadní kýčlí (coxa) se nazývá hypopleuron (hpl) a nad ním, přímo pod křídlem, se nachází pteropleuron (ptpl), se specifickými skvrnami

(HPL a PTPL). Pod štítem je hrudník ukončen obvykle černým metanotem (mn) (Andersson 1977).



Obrázek 7 Thorax: *a npl* – anterior notopleurální štětinky, *cx1* – první kyčel, *dc* – dorsocentrální štětinky, *h* – humerální štětinky, *p npl* – zadní notopleurální štětinky, *pra* – prealární štětinky, *sa* – supraalární štětinky, *scp* – skapulární štětinky, *sp* – stigma, *stpl* – sternopleurální štětinky (Andersson 1977).



Obrázek 8 Scutum: *acr* – acrosticální štětinky, *a npl* – přední notopleurální štětinky, *a pa* – anterior postalární štětinky, *ap sc* – apikální scutellární štětinky, *dc* – dorsocentrální makrochety, *h* – humerální štětinky, *la sc* – laterální scutellární štětinky, *p npl* – zadní notopleurální štětinky, *p pa* – posterior postalární štětinky, *psc* – prescutellární štětinky, *scp* – scapulární štětinky, *M1* – centrální mesonotální pruh, *M2* – vnitřní laterální mesonotální pruh, *M3* – vnější laterální mesonotální pruh (Andersson 1977).

Nohy jsou obvykle jednoduché a relativně krátké. Zadní stehna (femory) (f3) bývají zesílená a zadní hleň (tibiie) (t3) je odpovídajícím způsobem zakřivená. U tropických forem mohou být také zesílena přední stehna (f1) a na ventrální straně f1 nebo f3 lze nalézt trny. Nohy jsou pokryty krátkými chlupy, bez odlišně pojmenované skupiny štětin, kromě ventrálního apikálního výběžku na holeni střední končetiny (t2) a někdy na zadní holeni (t3) (Andersson 1977).

V mnoha formách, nejčastěji v podčeledi Oscinellinae, je na posterodorsální straně t2 podlouhlá oválná oblast pokrytá hustými krátkými a jemnými chlupy, obvykle pojmenovaná „smyslová oblast“. Podobný orgán se vyskytuje u některých druhů čeledi Sepsidae, u kterých se zjistilo, že má sekreční funkci. Samci mnoha druhů z podčeledi Oscinellinae mají femorální orgán, který se skládá ze shluku bradavic s krátkými špičatými chlupy na stehně střední končetiny. *Empodium*, polštářky (*pulvilli*) a drápky, jsou normálního vzhledu (Andersson 1977).

3.2.3.3.3 Křídla

Žeburní žíla (*costa*, *c*) přechází v třetí nebo čtvrtou žílu. V blízkosti první žíly je místo žilního přerušení. Postranní segmenty jsou označeny *mg1*, *mg2* atd. Subkostální žíla (*sc*) je udržována pouze na krátkou vzdálenost v blízkosti křížové žíly humeru nebo jako nevýrazný slabý záhyb podél první žíly. První tři podélné žíly tvoří poloměr (*r1*, *r2* + *3*, *r4* + *5*), další dvě jsou střední větve (*m1* + *2*, *m3* + *4*), *cubitus* a *analis* chybí. Z tohoto důvodu chybí na křídle také anální buňka. Přední křížová žíla (*r-m*, *ta*) dokončuje první (přední) bazální buňku. Bazální křížová žíla (*t6*) chybí, a proto je druhá (zadní) bazální buňka spojena s diskální buňkou, která je zakončena zadní křížovou žílou (*m-m*, *tp*). Pro chloropidy je typické ohnutí větve *m3* + *4* přibližně ve středu jejího bazálního článku. Ve většině případů je alula dobře vyvinutá (Andersson 1977).

Vyvažovací orgány (*halteres*) jsou střední velikosti s trojúhelníkovým knoflíkem. Jsou bílé, žluté nebo černé (Andersson 1977).

3.2.3.3.4 Břicho

Břicho je vejčité, oválné nebo téměř válcovité. Část před břichem, která je vidět shora, je složena ze článků 1–5. Tergity (sklerotizované desky tvořící zadní část každého článku) 1+ 2, 3, 4 a 5 jsou dobře vyvinuté, jejich boční části jsou převrácené a částečně pokrývají ventrální povrch břicha. Sternity (sklerotizovaná deska tvořící hrudní část článku) 1-5 jsou obvykle malé. Někdy mohou být větší nebo rozdělené na průduchy (*spiracles*). Průduchy 1-5 jsou umístěny v membráně poblíž tergitů (Andersson 1977).

U samců je za břišní částí mezi tergitem 5 a epandriem pouze jeden dorzální sklerit. Existuje předpoklad, že tento sklerit představuje kondenzované sternity 7-8. Na obou stranách nese dva průduchy (Andersson 1977).

Hypopygium

Předpokládá se, že epandrium prezentuje tergite 9. V kaudálním pohledu má tvar podkovy; otvor je uzavřen pohyblivými kleštěmi (*surstyli*), které v některých skupinách zřejmě

představují komplex skleritů. Zde pojmenované zadní, střední a přední lalok surstyly. Obklopený epandriem je supraanální lalok, subanální lalok, anus a cerci (Andersson 1977).

Epandrium a jeho okolí tvoří kaudální stěnu genitálního váčku. Když je hmyz v klidu, epandrium a jeho okolí se pohybuje dolů a dopředu, tak aby zakrylo genitální váček. Genitální váček je také omezen půlkruhovým hypandriem, který představuje sternit 9. Kaudálně se tento sklerit pojí s epandriem. Před tímto členěním existují hypandriální výběžky, které se pojí s předními laloky surstyly nebo do samostatného ventrálního epandriálního skleritu, který se dá rozdělit (Andersson 1977).

Vnitřní kopulační orgány jsou falus a gonity. Bazální konec falusu (basiphallus) se pojí se zadním koncem *phallapodeme*. Přední část falusu, *phallapodeme*, tvoří plochý nebo víceméně miskovitý (phallapodemický) sklerit, který obvykle dosahuje hypandria. Volným koncem falusu je obvykle membránový distiphallus. Spárovaný postgonit a pregonit mají různý tvar a jsou také v odlišných rodech uspořádány různými způsoby. S falusem je spojena ejakulační baňka se svým velmi malým ejakulačním apodémem (Andersson 1977).

V samičí podbřišní části jsou články 6-8 různě modifikovány tak, aby tvořily ovipositor. Sternity 6-8 jsou rozděleny téměř vždy, ale tergity 6-8 jsou rozděleny pouze někdy. Kladélko je zakončeno cerci a supraanálními a subanálními destičkami. Nartshuk (1955) popsala samičí reprodukční systém rodu *Oscinella* Becker, 1909 (Andersson 1977).

3.2.4 Role v ekosystémech.

V souvislosti s rozmanitostí trofických preferencí larev Chloropidae je jejich význam v ekosystémech, zejména v travnaté krajině značný. Navzdory malé individuální velikosti je mnoho druhů poměrně početných a mohou dosáhnout velké biomasy (Nartshuk 2014). Například druh *Thaumatomyia notata* (Meigen, 1830) hledající úkryty před blížící se zimou, se může objevit v budovách ve skupinách několika milionů jedinců. Díky tomu byly jejich roje poblíž horních podlaží vysokých budov občas brány jako oblaky kouře (Nartshuk 2000). V mírném pásu tvoří zelenušky značnou část fauny na loukách, bažinách, pobřežní hydrofilní vegetaci, na pastvinách, na polích v obilí, pícninách a v korunách stromů tropických lesů (Floren 2003). Tyto mušky často převládají mezi dvoukřídlým hmyzem odchyceným v síťových sběračích na pastvinách. V lesní krajině jsou znatelnými dekompozitory, kde využívají hniјící dřevo, šišky a makromycety (Nartshuk 2014).

V travnaté krajině zelenušky konzumují kromě mrtvých rostlinných tkání také živou fytomasu a tím někdy způsobují značné škody. Larvy a pupária zelenušek slouží jako potrava pro mnoho parazitoidů z řádu blanokřídlých (Hymenoptera) (Nartshuk 2006). Hálky druhů

z rodu *Lipara* Meigen, 1830 obsahujících larvy jsou v zimě využívány jako potrava datlí, kozami a dalšími přítomnými druhy (Kramer 1917; Mook 1967). Během letního období jsou dospělé mušky aktivně chytány hmyzožravými ptáky, převážně rorýsi (Parmenter & Owen 1954), a také vosami rodu *Bembix* Fabricius, 1775 a dalších rodů (Nartshuk 2014). Zejména u rorýsů tvoří 20% stravy mláďat (Parmenter & Owen 1954). Dravé a parazitoidní larvy zelenušek jsou konzumenti druhého řádu (Nartshuk 2014).

3.2.5 Larvy

Ve fauně mírného pásma holarktické oblasti má fytofágní larvy pouze asi 50 % druhů. Ty jsou řazeny do velkých rodů jako jsou *Meromyza* Meigen, 1830, *Chlorops* Meigen, 1803, *Dicraeus* Loew, 1873, *Oscinella*, *Pseudopachychaeta* Strobl, 1902, *Cetema* Hendel, 1907, *Centorisoma* Becker, 1910; *Camarota* Meigen, 1830 atd. Larvy dalších druhů mírného pásma jsou koprofágové, mycetofágové, fytoprofágové, dravci apod. (Nartshuk 2014).

3.2.5.1 Vývoj larev

Ferrar (1987) shrnul záznamy biologie larev čeledi Chloropidae. Návyky larev jsou rozmanité. Mnoho druhů se vyvíjí ve výhoncích trav, a proto mají některé druhy význam jako škůdci trav a obilovin (Kirk-Spriggs et al. 2001).

V podčeledi Oscinellinae bylo zaznamenáno pět rodů, jejichž larvy se živily rozkládající se živočišnou tkání. Zjistilo se, že *Anatrichus pygmaeus* Lamb, 1918 se v Thajsku živí mrtvými housenkami zavrtnými do rýžových stonků (Wongsiri et al. 1974). Podobně je na tom i saprofágní druh *Polyodaspis ruficornis* (Macquart, 1835), který se vyvíjí na mrtvých housenkách (Nartshuk 1972). Zvláštní varianta nekrofágie byla zaznamenána u druhu *Aphanotrigonum darlingtoniae* Jones, 1916, kdy se larvy živí zbytky hmyzu uvnitř masožravé rostliny *Darlingtonia californica* Torr, 1853 (Sarraceniaceae) (Jones 1916). Je známo, že *Cadrema pallida* Loew, 1866 se v Austrálii rozmnožuje v tělech mořských měkkýšů (Colless & McAlpine 1970). *Conioscinella hinkleyi* Malloch, 1915 se vyvíjí v tělech rozkládajících se ostrorepů (Norrbom 1983).

Všechny tyto záznamy pocházejí z bezobratlých, zatímco Nartshuk EP. má nepublikované záznamy o druzích z rodů *Siphunculina* a *Tricimba* Lioy, 1864, vyvíjejících se na mrtvolách koček, hadů a ryb. Bylo zjištěno, že dospělí *Eutropha lindneri* Sabrosky, 1972 jsou přitahováni k rozkládajícím se tělům tuleňů *Arctocephalus pusillus* Schreber, 1776 (Carnivora: Otariidae), která byla vyplavena na pobřeží. Larvy a pupária byly objeveny ve velkém počtu pod kůží a pod těly v písku. Bylo také vyzorováno, že jsou dospělci

přítahování k ovčí krvi v pytlích a na rozkládající se potravinové zbytky (Kirk-Spriggs et al. 2001).

3.2.6 Adaptivní zóny larev jednotlivých podčeledí

Adaptivní zóny larev čeledi Chloropidae se skládají z několika celků. Tyto celky odpovídají typu prostředí, ve kterém se larvy vyvíjejí, a jejich trofické úrovni. Příkladem je biologie larev z podčeledi Siphonellopsinae, která je málo známá, ale je spojována s hnízdy blanokřídlých. Zde se larvy vyskytovaly v buňkách obsahujících hostitelské potomstvo. Je obtížné přesně určit, zda se jedná o dravce, nekrofágy nebo saprofágy, protože je složité určit, zdali se živí samotnými larvami blanokřídlých, jejich mrtvými těly nebo zbytky jejich potravy. Palearktické druhy rodu *Apotropina* lze obvykle sbírat na vlhkých stanovištích poblíž vody, kde se hnízda blanokřídlých obvykle nevyskytují. To poukazuje na fakt, že je jejich trofická úroveň odlišná (Nartshuk 2014).

O larvách podčeledi Rhodsiellinae je známo málo. Larvy rodů *Aspistyla* a *Rhodsiella* Adams, 1905 jsou spojovány s odumřelým dřevem a plodnicemi vyšších hub. Larvy rodu *Scoliophthalmus* Becker, 1903 žijí ve výhoncích trav (Dawah & Abdullah 2006).

Největší rozmanitost trofických úrovní a larválních stanovišť, od různých typů saprofágie po predaci na obratlovcích a bezobratlých, až po fytofágiu, je charakteristická pro podčeleď Oscinellinae. Tato podčeleď také zahrnuje druhy vyskytující se v hnízdech blanokřídlých, podobně jako u Siphonellopsinae, a druhy vyvíjející se v odumřelém dřevě a plodnicích hub, podobně jako u Rhodsiellinae. Opravdová fytofágie, podobná té u Chloropinae, je typická pro larvy několika rodů: *Lipara*, *Calamoncosis*, *Oscinella*, *Dicraeus*, *Sacatonina* Sabrosky, 1967, *Conioscinella* Duda, 1929 a *Incertella* Sabrosky, 1980. Larvy některých druhů těchto dvou podčeledí se vyvíjí a žijí ve výhoncích trav a ostřic, ale živí se odumřelými tkáněmi. V podčeledi Oscinellinae se larvy mnoha druhů z některých dalších rodů vyskytují také ve výhoncích trav a ostřic, ale jsou saprofágní nebo dokonce nekrofágní. Z tohoto je zřejmé, že podčeledi Rhodsiellinae a Oscinellinae mají spojení s lesními biotopy. Jediný typ potravní specializace, který se u nich nevyskytuje, je fytofágie na jednoděložných rostlinách (Nartshuk 2014).

Na druhou stranu, podčeleď Chloropinae nevykazuje žádnou spojitost s lesními biotopy. Ačkoli existují některé druhy se saprofágními nebo dravými larvami, většina zástupců podčeledí jsou fytofágové trav a ostřic (Nartshuk 2014). Saprofágové z této podčeledí se vyvíjejí hlavně v mrtvých nebo poškozených výhoncích trav (Nartshuk 2014). Dále v nich také žijí larvy některých predátorů (*Camarota cylindrica* Deeming, 1981) (Deeming 1981).

Ostatní dravé larvy (rod *Thaumatomyia* Zenker, 1833) žijí volně v rhizosféře bylinných jednoděložných a dvouděložných rostlin. Podčeleď Chloropinae nemá tak širokou škálu stanovišť jako Oscinellinae. Mezi fytofágní formy v obou podčeledích patří druhy žijící ve vegetativních a generativních výhoncích, generativních orgánech, ve vlastních hálkách, ale i v hálkách jiných druhů hmyzu (Nartshuk 2014). Viviparita je známa pouze u fytofágních Chloropinae, konkrétně u rodu *Pachylophus* Loew, 1858, který se vyskytuje v orientálních a afrotropických regionech (Spencer 1985; Nartshuk 1992). Pohlavní orgány těchto mušek se skládají pouze z jednoho vaječníku. V břiše mouchy se vyvine jediná larva a ta je mouchou připevněna na rostlinu. Vyspělejší podčeleď Chloropinae tedy jasně demonstruje snížení diverzity larválních stanovišť a převahu fytofágie na jednoděložných rostlinách, ve srovnání s primitivnějšími Rhodesiellinae a Oscinellinae (Nartshuk 2014).

3.2.7 Historický vývoj potravní specializace

Čeleď Chloropidae, stejně jako mnoho čeledí s Acalyptratae, se pravděpodobně vyvinula na začátku křídly (Nartshuk 2014). První fosilie zelenušek jsou známy z doby horního eocénu. Zaniklý rod *Protoscinella* (Hennig, 1965) a rod *Tricimba* byly nalezeny u Baltského moře, což poukazuje na spojení s lesními biotopy (Hennig 1965; Tschirnhaus & Hoffeins 2009).

Čeleď Milichiidae je považována za sesterskou čeleď Chloropidae (Brake 2000; Buck 2006; Wiegmann et al. 2011). Milichiidae má v porovnání s Chloropidae rozmanitější vazby na dřeviny (Nartshuk 2014).

Malá velikost primitivních zelenušek umožnila jejich larvám vyvinout se na malém množství krmného substrátu, což umožnilo jejich společný výskyt s jiným fytofágním hmyzem. Tato schopnost by mohla v budoucnu vést k výskytu nekrofágie na oslabených a umírajících primárních hostitelích a také k predaci na takových nechráněných objektech, jako jsou vejce ostatních členovců. Zdá se, že schopnost extraintestinálního trávení, která je charakteristická pro všechny larvy vyšších dvoukřídlých, usnadňuje přechod k vývoji ve zdravých nepoškozených tkáních bylin, kolonizaci různých rostlinných orgánů a tvorbě hálek. Pravděpodobně to byl přechod k fytofagii, který v čeledi Chloropidae vyvolal takový rozvoj druhů (Nartshuk 2014). Jak již bylo zmíněno, tato čeleď zahrnuje asi 200 rodů a 3000 druhů a zdaleka překonává sesterský taxon Milichiidae, který se na světové fauně reprezentuje pouze 240 druhy v 18 rodech (Brake 2000). Podobný podíl počtu rodů a druhů ve světové fauně lze pozorovat u dalších párů sesterských čeledí, to: Agromyzidae a Clusiidae. Čeleď Agromyzidae, reprezentovaná fytofágními formami, zahrnuje více než 2000 druhů, zatímco čeleď Clusiidae, jejichž druhy si zachovaly počáteční saprofágní v různých lesních substrátech,

tvoří něco málo přes 200 druhů. Toto hypotetické schéma zkoumání adaptivních zón je podpořeno údaji o morfogenezi dospělých zelenušek (Nartshuk 2014).

Další rozmnožování zelenušek bylo spojeno s fytofágií na trávách, ostřicích a dalších jednoděložných rostlinách. Krajiny s převahou těchto rostlin, zejména travních porostů, se rozšířily v miocénu (Elias 1942; Prokhanov 1965). Lze se spolehnout na obecný závěr, že během této doby se zvýšilo využívání bylinných rostlin fytofágy k vývoji (Nartshuk 2014). Existuje předpoklad, že predace rodu *Thaumatomyia* na kořenových mšicích vznikla z fytofágie, protože všechny blízké příbuzné rody mají fytofágní larvy a většina druhů kořenových mšic je spojována s trávami (Zwölfer 1958).

3.2.8 Fytofágové

Fytofágové tvoří mezi zelenuškami velkou skupinu, zejména v podčeledi Chloropinae. Skuteční fytofágové se vyvíjejí většinou na jednoděložných rostlinách, zejména na travinách a ostřicích, ovšem můžeme zde zařadit také rostlinné taxony Liliaceae, Iridaceae, Pontedoriaceae, Musaceae, Juncaceae, Amaryllidaceae, Alismataceae a Zingiberaceae. Jako krmné rostliny byli celkově označeni zástupci 11 čeledí zařazených do třídy Liliopsida (Nartshuk 2014).

Mezi fytofágy řadíme rody *Oscinella*, *Calamoncosis* Enderlein, 1911, *Incertella*, *Strobliola* Czerny, 1909, *Meromyza*, *Chlorops*, *Cetema*, *Centorisoma*, *Camarota*, *Elliponeura* Loew, 1869, *Pachylophus*, *Anthracophaga* Loew, 1866, *Anthracophagella* Andersson, 1977, *Meromyzella* Andersson, 1977, *Chloropsina* Becker, 1911, *Mepachymerus* Speiser, 1910, *Neoloxotaenia* Sabrosky, 1964, *Diplotoxa* Loew, 1863, *Elachiptereicus* Becker, 1909, *Lagaroceras* Becker, 1903, *Lasiosina* Becker, 1910, *Steleocerellus* Frey, 1961, *Parectecephala* Becker, 1910, *Platycephala* Fallén, 1820, *Neohaplegis* Beschovski, 1981, *Anomoeoceros* Lamb, 1918, *Scoliophthalmus*, *Pseudopachychaeta*, *Sacatonina*, *Dicraeus*, *Lipara*, *Pseudeurina* Meijere, 1904, *Eurina* Meigen, 1830, *Cryptonevra* Lioy, 1864, *Hippelates* Loew, 1863 a *Trichieurina* Duda, 1933 (Nartshuk 2014).

Analýza velikosti dospělých zelenušek ukazuje, že larvy největších druhů jsou buď paraziti obratlovců (rod *Batrachomyia* Kreffft, 1863) nebo fytofágové (rod *Platycephala*, *Platycephalisca* Nartshuk, 1959, *Pachylophus*, *Eurina*, *Capnoptera* Loew, 1866, *Cetema* a *Lipara*). Obzvláště velký je *Lipara lucens* Meigen, 1830, jehož larvy vytvářejí na rákosí háčky; samice s podsaditým tělem mohou být až 8 mm velké. Dospělí rodů *Platycephala*, *Eurina*, *Platycephalisca* a *Pachylophus* mají úzká protáhlá těla a mohou dorůstat délky 7–8 mm (Nartshuk 2014).

3.2.9 Predátoři a parazitoidi

Celá řada zástupců Chloropidae jsou ve stádiu larvy dravci nebo parazitoidi. Larvy rodů *Pseudogaurax* Duda, 1930, *Polyodaspis* Duda, 1933, *Speccafrons* Sabrosky, 1980, *Lioscinella* Duda, 1929, *Oscinisoma* Lioy, 1864 a *Tricimba* se vyvíjejí ve vaječných kokonech pavouků, vaječných pouzdrech kudlanek, vaječných luscích kobylek a vaječných pouzdrech dalšího hmyzu. Ve vaječných luscích kobylek dále žijí druhy *Lasiambia palposa* (Fallén, 1820), *Lasiambia coxalis* (von Roser, 1840), *Fiebrigella oophaga* (Sabrosky, 1967), *Lasiambia theryi* (Seguy, 1946), *Dysartia latigena* Sabrosky, 1991, zatímco *Polyodaspis picardi* Séguéy, 1946, *Lasiambia theryi* a *Lasiambia mantivora* Nartshuk, 2010 se vyvíjejí v kokonech kudlanky (Nartshuk & Sánchez 2010). Druhy rodu *Oscinisoma* žijí ve shlucích vajec mandelinkovitých brouků (Chrysomelidae) a vaječných pouzdrech sítinovek z rodu *Graphocephala* Van Duzee, 1916. Palearktický druh *Speccafrons halophila* (Duda, 1933) klade vejce na rákosové listy, kde pavouci rodu *Clubiona* Latreille, 1804 umísťují své vaječné kokony. Dravá larva spotřebovává část vajíček, zatímco nedotčená vejce se vyvíjejí v mladé pavouky. Druhy rodu *Lasiambia* se chovají stejným způsobem ve vaječných pouzdrech kudlanky. Na druhou stranu se larvy australského druhu *Oscinisoma confluens* (Malloch, 1941) vyvíjí v rámci jednoho vajíčka brouka, tj. chovají se jako praví vaječní parazitoidi (Colless & Whittle 1977). Druhy rodu *Pseudogaurax* žijí ve vaječných kokonech pavouků a kudlanky. Druhy *Pseudogaurax anchora* (Loew, 1866) a *Pseudogaurax signatus* (Loew, 1876) se vyvíjejí na kuklách jedovaté černé vdovy v Severní Americe, přičemž první zmíněný druh byl také chován z vaječného pouzdra *Corydalus cornutus* (Linnaeus, 1758) (Nartshuk 2014).

Některé druhy, obývající strukturované vaječné agregáty se mohou také vyvíjet v kokonech císařských mūr, bource morušového, širopasých a dokonce i v pomalých larvách vakonošovitých (Psychidae) (Nartshuk 2014). Australský druh *Lioscinella tonnoiri* (Malloch, 1931) byl chován z vaječných kokonů pavouků, vaječných pouzder kudlanek a z larev mūry *Hyalarcta huebneri* (Westwood, 1855) obývající borovice (Spencer 1978).

Larvy druhů *Lasiambia albidipennis* (Strobl, 1893), *Apotropina proxima* (Rayment, 1959) a *Apotropina raymentiy* (Curran, 1930) žijí v hnízdních buňkách vos a včel. Druhy rodů *Siphonella* Macquart, 1835 a *Conioscinella* jsou známé jako dravci žijící v hálkách vytvořených z pochev listů nebo z čepelí travních porostů (Nartshuk 1962; Nartshuk 1972). Mouchy *Conioscinella gallarum* (Duda, 1933) se vyvíjí v hálkách druhu *Biorrhiza pallida* (Oliver, 1791) na dubu, ale krmný substrát není zatím znám (Nartshuk 2014).

Mšice tvoří další možnou kořist zelenušek, druhy rodu *Thaumatomyia* se na tuto potravu specializují. Larvy většiny palearktických druhů tohoto rodu žijí v půdě a živí se kořenovými mšicemi. Druh *Thaumatomyia elongatula* (Becker, 1910) žije otevřeně na listech v koloniích mšic, podobně jako larvy čeledi Chamaemyiidae (Raspi 1996). Larvy rodu *Lioscinella* konzumují trásněnky (Nartshuk 2014).

Úplně odlišný způsob specializace byl popsán pro rod *Batrachomyia*, který zahrnuje 10 druhů v australské fauně. Larvy žijí pod kůží obojživelníků z čeledi Hylidae a Leptodactylidae. Samičky neumísťují vejce na kůži hostitele, ale do prostředí. Larvy si najdou své hostitele samy a proniknou pod jeho kůži. V dutinách vyplněných lymfatickou tekutinou, jež jsou viditelné jako otoky na hostitelském těle, byly nalezeny pouze dorostlé larvy. Larvy propíchnou krevní cévy a živí se krví (Zumpt 1965).

3.2.10 Saprofágové

Hojnost druhů podčeledi Rhodesiellinae převládá ve fauně tropických oblastí Starého světa. Jak ukazují studie o fauně tropických lesů, druhy rodu *Rhodesiella* převážně drží korun stromů (Floren 2003). Jejich biologie je prakticky neznámá., existuje jediná dosud nepotvrzená zpráva o rozšířeném palearktickém druhu *Rhodesiella plumiger* (Meigen, 1830) vyvíjejícím se v plodnicích choroše. Kromě toho byla *Rhodesiella scutellata* de Meijere, 1908 chována a odebrána z odumřelého dřeva napadeného broukem rodu *Xyletinus* Latreille, 1809 (Hardy & Delfinado 1980).

Mnoho druhů podčeledi Oscinellinae, zejména rod *Hippelates* a *Liohippelates* Duda, 1929, se vyskytuje v tropických oblastech Nového světa. Většina jejich larev je typicky saprofágní, vyvíjející se v hnoji, organicky bohaté půdě a různých rozkládajících se substrátech. V tropech však existuje také řada saprofágních zástupců z jinak fytofágních podčeledí, včetně endemických rodů *Pachylophus*, *Meromyzella*, *Mepachymerus*, *Paracamarota* Cherian, 1991, *Elachiptereicus* a ostatních (Nartshuk 2014).

Larvy lesních druhů se vyvíjejí v následujících stanovištích:

1. Hnijící dřevo, kůra stromů a zvlhlý dřevěný prach – Chloropidae se usazují na kmenech a uvnitř kmenů poškozených jiným hmyzem. Např. larvy rodu *Gaurax* se často vyskytují v tunelech kůrovců na jehličnanech; druhy rodu *Lasiambia* a případně *Rhodesiella* dávají přednost listům. Larvy druhu *Lasiopleura itasca* Sabrosky, 1951, žijí v rozkládajících se kmenech osikových stromů (Sabrosky 1951). Druhy troficky spojené s dřevinami jsou tedy přítomny ve 3 ze 4 podčeledí, s výjimkou nejpokročilejších Chloropinae (Nartshuk 2014).

2. Šišky jehličnanů poškozené jiným hmyzem – Tento substrát používá *Hapleginella conicola* (Greene, 1918), *Hapleginella laevifrons* (Loew, 1858) a *Gaurax maculipennis* (Zetterstedt, 1848). Dva z posledních jmenovaných druhů byly také pozorovány v rozpadajících se mladých výhoncích *Pinus sibirica* Du Tour, 1803 (Nartshuk 2014).

3. Plodnice hub a chorošů – Slouží jako stanoviště a trofický substrát pro rod *Tricimba*, *Gaurax*, *Gampsocera* a *Aspistyla* (Krivosheina et al. 1986). Umístění těchto rodů do skupiny pravých mycetofágů je zavádějící, protože stejné a úzce příbuzné rody lze nalézt také ve shnilém dřevě nebo v tkáních bylinných rostlin, kde nebyl stanoven jejich přesný trofický substrát (Nartshuk 2014).

4. Výkaly obratlovců – Moucha *Siphunculina aenea* (Macquart, 1835) byla chována z exkrementů medvědů (*Ursus arctos yezoensis* Linnaeus, 1758) a kravského trusu (Kanmiya 1982). V exkrementech se také vyvíjejí další druhy tohoto rodu: *Siphunculina ornatifrons* (Loew, 1858) a *Siphunculina striolata* (Wiedemann, 1830) (Nartshuk 2014).

5. Mrtvá těla obratlovců – V tomto substrátu byly nalezeny larvy rodu *Tricimba* a *Siphunculina* (Nartshuk 2014).

6. Hnízda ptáků a některých savců (plši, veverky) – Obsahují hojně odumřelé rostliny a živočišný materiál, včetně výkalů a hostitelů. Využívají je druhy rodů *Apotropina*, *Aphanotrigonum* Duda, 1932, *Gaurax*, *Elachiptera* Macquart, 1835 a *Siphunculina* (Nartshuk, 2014). Druh *Siphunculina nidicola* Nartshuk, 1971, a *Siphunculina loici* Nartshuk, 2001, byly nalezeny v hnízdech luňáků a jiných ptáků (Krivokhatskii & Nartshuk 2001; Nartshuk 2001).

Larvy žijící ve výše uvedených stanovištích jsou saprofágy v širokém slova smyslu a je obtížné přesně určit jejich krmný substrát. Mohou konzumovat exkrementy ostatních přítomných druhů, jejich mrtvá těla, bakterie, hyfy plísní a rozložené rostlinné tkáně (Nartshuk 2014).

Mnoho druhů Chloropidae využívá rozkládající se organické látky živočišného původu, jako jsou exkrementy, mrtvá těla atd. jako potravu a místo vývoje. Orientální muška *Siphunculina funicola* (de Meijere, 1905) se vyvíjí v mršinách, rozkládajících se rybách a exkrementech. V hnoji se vyvíjí několik druhů rodu *Elachiptera* (Nartshuk 2014).

Druhy rodů *Cadrema* Walker, 1850, *Apallates* Sabrosky, 1980, a *Conioscinella* používají k vývoji mrtvá těla bezobratlých (měkkýši). Druhy rodu *Cadrema* obývají kokosové ořechy, mrtvá těla mořských měkkýšů, využívají rozkladu květenství rostlin čeledi Araceae a tobolky rostlin bavlny. Stejná rozmanitost trofických substrátů je charakteristická pro druh *Polydospis ruficornis* (Macquart, 1835), který je široce rozšířený v palearktickém a orientálním regionu. Spolu s dalšími druhy hmyzu obývají jeho larvy háčky vytvořené z listů jiným hmyzem, tunely

vytvořené larvami motýlů v kukuřičných stoncích, poškozené plody kosatců a dalších rostlin, kde se živí oslabeným hmyzem, jejich mrtvými těly a případně i myceliem a rozpadajícími se tkáněmi rostlin (Nartshuk 2014).

Larvy rodu *Siphunculina* jsou známy jako mrchožrouti. Larvy druhu *Siphunculina nidicola* byly chovány z hnízda volavky (Ardeidae) (Kanmiya 1982; Kanmiya 1983). Některé larvy jsou nekrofágní a živí se živočišnou tkání (Ismay & Nartshuk 2000).

Biologie dospělců je také rozmanitá, rody *Eutropha* (Loew, 1866) a *Pemphigonotus* (Lamb, 1917) se pohybují na mořském pobřeží nebo v jeho blízkosti a živí se rybami a medúzami. Rod *Eutropha* byl dokonce chován z mrtvých tuleňů (Deeming & Al-hafer 2012). O nekrofágních druzích zelenušek je však málo informací (Kanmiya 1989).

3.2.11 Rody zaznamenané na odumřelé živočišné tkáni

3.2.11.1 Rod *Eutropha* Loew, 1866

Rod velký 2–3 mm, černý s hnědými až žlutými znaky, bílými štětinkami, chlupy a velmi krátkou aristou (Andersson 1977).

Hlava je stejně dlouhá jako vysoká, s krátkými žlutými nebo hnědými štětinkami, někdy s černým čelním trojúhelníkem a týlním výběžkem. Oči jsou široké a oválné, případně oválné s dlouhými šikmými nebo téměř vodorovnými osami, holé nebo s velmi krátkými chlupy. Čelisti jsou velmi široké, výrazně širší než třetí článek tykadla (ant3), obvykle širší než polovina výšky očí, zašedlé, s chlupy v jedné řadě nebo rozprostřenými přes čelisti. Vibrissální trojúhelník je rovný a vyčnívající. Líce jsou úzké. Čelo vyčnívá, u většiny druhů bývá delší než širší. Je lesklé, hnědé nebo nažloutlé s mnoha frontálními štětinkami (fr). Čelní trojúhelník je střední velikosti, černý, žlutý nebo černý se žlutými okraji, hladký, lesklý, s rovnými nebo poněkud konkávními bočními okraji dosahujícími 1/2–1/3 délky vnitřních frontálních štětin (if) v jedné řadě podél okrajů trojúhelníku. Divergentní ocellární štětinky (oc) jsou krátké, tenké, zaoblené a vychýlené. Postvertikální štětinky (pvt) jsou malé, zaoblené a sbíhavé. Zakřivené vnitřní vertikální štětinky (vti) a zakřivené vnější vertikální štětinky (vte) jsou stejné, zřetelně silnější než divergentní ocellární štětinky (oc). Tvář je rovná nebo konkávní. Carina obličeje se zřetelně zužuje mezi tykadly a dosahuje středu obličeje. *Clypeus* je žlutě nebo černě lesklý. *Proboscis* je krátký. Palpi je krátká a štíhlá. Tykadla jsou žlutá až černá, druhý tykadlový článek (ant2) je krátký. Třetí tykadlový článek (ant3) je v průřezu čtvercový, jeho výška odpovídá jeho délce. Arista je velmi krátká, kratší než tykadla (Andersson 1977).

Hrudník je pokrytý krátkými štětinkami. Mezonotum je mírně vypouklé, hladké, lesklé, může být se světlým potahem nebo pokryté podélnými lesklými pruhy. Mezonotum je rovnoměrně pokryté krátkými bílými chlupy. Štítek (*scutellum*) je hnědý až světle žlutý, zaoblený, konvexní nebo plochý, zašedlý, s chlupy na disku. Pleura je hladká a nohy jednoduché. Holeň středního páru (t2) má ostruhu. Tibiální orgán je dobře vyvinutý, oválný (Andersson 1977).

Křídla jsou typu Chlorops s relativně štíhlými žilkami.

Břicho je oválné, nahoře pokryté světlým potahem. Samčí genitálie jsou se špičatým hákovitým středním lalokem (surstylem) (Andersson 1977).

Rozšíření: Rod *Eutropha* je rozšířený po celém světě: Evropa, Asie, Afrika a Tichomoří (Andersson 1977).

3.2.11.2 Rod *Tricimba* Liroy, 1864

Druhy 1,5–2,5 mm malé, černé, silně šedavé se třemi ostrými podélnými brázdami nebo mesonotem (Andersson 1977).

Hlava je vyšší, černá, s nažloutlou tváří a čelními plochami. Na hlavě jsou k nalezení krátké a žlutě nebo tmavě zbarvené chlupy a štětinky. Oči jsou zaoblené se svislými nebo šikmými dlouhými osami. Podle druhu u očí vyrůstají řídké a krátké, nebo četné a delší chlupy. Čelisti jsou užší než třetí tykadlový článek (ant 3) s jednou řadou chlupů vyrůstající ve spodní části. Mušky rodu *Tricimba* mají vyčnívající vibrissální trojúhelník (vi). Tváře nejsou z boku viditelné. Čelo poněkud vyčnívá, je široké a dlouhé, šedivě zbarvené. Dle druhu se na čele může vyskytovat několik až velké množství frontálních štětin (fr). Čelní trojúhelník je malý, z 1/3–3/4 široký jako čelo, s rovnými bočními okraji sahajícími maximálně doprostřed čela. Je hladký, šedivý a tmavý (Andersson 1977).

Mezičelní štětiny jsou v jedné řadě podél okraje čelního trojúhelníku. Zakřivené krátké a silné divergentní ocellární štětiny (oc) a vertikální štětiny. Postvertikální štětiny (pvt) jsou zakřivené a vzpřímené. Zakřivené vnitřní vertikální štětiny (vti) většinou chybí. Carina obličej je výrazná, úzká, nahoře trojúhelníková, v dolní polovině membránová, dosahující epistomu. *Clypeus* je černý nebo žlutý a lesklý. *Proboscis* je střední velikosti. Palpi je válcovitá, žlutě zbarvená. Tykadla jsou žlutá, apikálně více či méně tmavá. Ant2 je krátký, ant3 zaoblený, vyšší než širší, dole rozšířený. Arista je štíhlá, bazálně nažloutlá, apikálně tmavá (Andersson 1977).

Hrudník je černý, značně pokrytý šedou nebo žlutou barvou, obvykle s krátkými a silnými, světle žlutými a tmavými chlupy a štětinkami. Humerus je matný s několika chlupy. Mezonotum je mírně konvexní, se třemi podélnými, ostrými, hlubokými rýhami, dvěma

podélnými liniemi dorsocentrálních štětin (dc) a jednou linií štětin uprostřed. Brázdy podél (dc) linií mají dvě řady rozdílných chloupků pocházejících z odlišných granulí. Střední brázda má jednu řadu chlupů, které mohou být rozdělené nebo nerozdělené, pocházející z jedné granule. Na povrchu mezonotumu mimo brázdy jsou spíše méně početné krátké chlupy. Hrudní štětiny jsou relativně krátké, ale obvykle velmi silné. Oblast notopleury je zřetelně ohraničená a propadá dovnitř. Scutellum dorzálně zploštělé, tenký nebo silný s konvexními bočními okraji, zašedlý a pokrytý mnoha chlupy. Když je štítek tenký, štítkové štětiny (sc) vyrůstají na stejné úrovni jako horní povrch, pokud je štítek tlustý, sc vyrůstají na stejné úrovni jako spodní povrch. Sc někdy vyrůstají z odlišných bradavic (Andersson 1977).

Nohy jsou jednoduché, nažloutlé, holeň předního páru (t1) a holeň středního páru (t2) často s 1 nebo 2 tmavými kroužky. Tibiální orgán je výrazný a oválný. Femurální orgán chybí nebo je přítomný ve dvou řadách bradavic. Křídla jsou typu Oscinellinae. První bazální buňka je někdy rozšířená. Břicho je oválné, nažloutlé až černé, se žlutými nebo tmavými chlupy. Samičí cerci jsou štíhlé, samčí jsou fúzované nebo volné a oddělené (Andersson 1977).

Rozšíření: Druhy rodu *Tricimba* byly hlášeny ze všech regionů (Andersson 1977).

3.2.11.3 Rod *Siphunculina* Rondani, 1856

Mouchy rodu *Siphunculina* zahrnují 35 druhů a jsou na světě široce rozšířeny. Jediný kontinent, kde se nevyskytují, je Jižní Amerika. V orientální oblasti bylo zaznamenáno 15 druhů a v palearktické 8 (Kanmiya 1989; Kanmiya 1994; Ismay & Nartshuk 2000). V Japonsku bylo registrováno 7 druhů (Kanmiya 1989). Larvy jsou rozkladači nebo skatofágové (Kanmiya 1983). Dospělci některých druhů jsou dobře známí jako oční mušky a na člověka a domácí zvířata mohou přenášet zánět spojivek a jiná onemocnění (Graham-Smith 1930).

Černé druhy malé 1,5–2,5 mm, s velkým lesklým čelním trojúhelníkem (Andersson 1977).

Hlava je vyšší, černá, s velmi krátkými chlupy a štětinami. Oči jsou holé, zaoblené s poněkud šikmými dlouhými osam. Čelisti mohou být užší nebo širší, šířka se nerovná výšce třetího tykadlového článku (ant3). Vibrissální trojúhelník je krátký a vyčnívá za přední část čela. Tváře jsou lineární nebo z boku nepozorovatelné. Čelo poněkud vyčnívá, je stejně široké jako dlouhé, s tmavým nebo bílým potahem, často s lesklými skvrnami kolem frontálních štětin (fr) a několika čelními štětinami. Čelní trojúhelník je velký, vzadu téměř stejně široký jako čelo. Jeho okraje jsou poněkud konvexní a dosahují před čelo. Čelní trojúhelník je hladký, s mělkou podélnou střední drážkou nebo oválnou prohlubní, která se černě leskne (Andersson 1977).

Vnitřní frontální štětiny (if) jsou v jedné řadě na okraji trojúhelníku zakřivené. Divergentní ocellární štětky (oc) jsou zakřivené, spolu s vertikálními štětkami velmi krátké. Postvertikální štětky (pvt) jsou vzpřímené, vnitřní vertikální štětky (vti) ohnuté a vnější vertikální štětky (vte) vyčnívají. Tvář je s velkou obličejovou carinou, která je mezi tykadly široce trojúhelníková. Dosahuje epistomu, zužuje se a znovu rozšiřuje, čímž tvoří dvě hluboké tykadlové jamky. *Clypeus* je velký, černý a lesklý. *Proboscis* je poměrně dlouhý s poněkud prodlouženým štítkem. Palpi je dlouhý, válcovitý a žlutý. Tykadla jsou žlutá, podle druhu více či méně tmavá a kráká. Druhý tykadlový článek (Ant2) je dobře vyvinutý. Třetí tykadlový článek (Ant3) je zaoblený, vyšší než delší, velmi silný, cibulovitý. Arista je štíhlá, bazálně bledá, bez štětín, ke špičce tmavá (Andersson 1977).

Hrudník je černý, se žlutými až černými krátkými chlupy a štětinami. Humerus je lesklý s několika chlupy. Mezonotum je mírně konvexní s velmi nezřetelnými prohlubněmi podél linií dorsocentrálních štěteček (dc). Mezonotum je lesklé nebo s mřížkováním vzorem bílého potahu a četnými velmi krátkými, obvykle bledými chlupy. Tyto chlupy nejsou rovnoměrně rozmístěny a zřetelně rozděleny, ale jsou uspořádány v nevýrazných liniích podél linií acrosticálních štěteček (acr) a dorsocentrálních štěteček (dc). Chlupy vyrůstají z malých hvězd, které tvoří poněkud zvláštní mikrokresbu. Hrudní štětky jsou velmi krátké a silné. Scutellum je zaoblený, často poměrně krátký, konvexní, s krátkými chlupy. Pleura je lesklá s několika matnými místy a lehce nerovným povrchem. Mesopleuron (mpl) je buď bez nebo s několika chloupky. Sternopleurální puntík (stpl) má několika krátkých chlupů. Nohy jsou krátké, jednoduché a černé; tibie a tarsi jsou víceméně žluté. Femurální orgán chybí (Andersson 1977).

Křídla jsou bělavá s bledými žilkami. První bazální buňka je velmi krátká a široká. Břicho je oválné, černé, lehce poseté bledými a tmavými chlupy (Andersson 1977).

3.2.12 Záznamy zelenušek na pokusných kadáverech

Dle Kirk-Spriggs et al. (2001) bylo zjištěno, že dospělí *Eutropha lindneri* jsou lákáni k rozkládajícím se tělům tuleňů druhu *Arctocephalus pusillus*, která byla vyplavena na pobřeží. Larvy a pupária byla objevena ve velkém počtu pod kůží a pod těly v písku. Existují také záznamy, podle kterých byli dospělci přitahováni k ovčí krvi v pytlích a k rozkládajícím se potravinovým zbytkům (Dle Kirk-Spriggs et al. 2001).

Na pokusných prasečích kadáverech ve Španělsku v lesnatém prostředí, byly zaznamenány 4 druhy: *Oscinella frit* (Linnaeus, 1758), *Siphunculina aenea*, *Siphunculina quinquangula* (Loew, 1873) a *Tricimba cincta* (Meigen, 1830). Druh *Oscinella frit* má ovšem fytofágní larvy a podle autorů se tedy jednalo spíše o náhodný nález. Druhy *Siphunculina*

aenea, *Siphunculina quinquangula* a *Tricimba cincta* mají spojitost s kadávery a určitý forenzní potenciál. Podle autorů je potřeba i nadále sledovat výskyt druhu *Tricimba cincta* (Nartshuk et. al 2013).

4 Metodika

4.1 Experiment Troja

Experiment probíhal od 9. prosince 2014 na pozemku Demonstrační a výzkumné stanice ČZU v Praze Troji. Čeď Chloropidae byla pro účely experimentu sledována a sbírána od zahájení experimentu 9. prosince 2014 do 31. prosince 2015. Na volném prostranství bylo umístěno mrtvé prase domácí (*Sus scrofa f. domestica* Linnaeus, 1758) vážící cca 50 kg (Přílohy: Obr. 9). Pro napodobení rozkladu lidského těla, bylo pokusné prase oblečeno do pánské košile, tepláků a ponožek. Hmyz, který pokusný objekt postupně kolonizoval, byl v pravidelných intervalech odebírán, tříděn a následně zpracován.

4.1.1 Popis lokality

Pokus byl prováděn v prostorách Demonstrační a výzkumné stanice ČZU v Praze Troji, Podhoří 6, 171 00 Praha 7, která je řazena pod katedru zahradnictví ČZU v Praze. Stanice se nachází na pravém břehu Vltavy a sousedí s Pražskou zoologickou zahradou a Pražskou botanickou zahradou v Troji.

Celková plocha pozemků Demonstrační a výzkumné stanice činila 50 763 m². Plocha staveb a přístavků činila 2 577 m². Na pozemku se pěstovaly polní plodiny. Velkou oblast pokrývaly i ovocné sady, skleníky a pařeniště. Zavlažování pozemku bylo zajištěno vodou z vlastní studny nacházející se na pracovišti a v případě potřeby i vodou z řeky Vltavy. V oploceném areálu byla v době experimentu umístěna meteorologická stanice, která spadá do meteorologické sítě FAPPZ. Stanice je v provozu od 21. 1. 2008 a je vystavena na udržovaném travnatém povrchu.

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

Nadmořská výška: 196 m n. m.

4.1.2 Odběrová metoda

K odběru všech zástupců nekrofágního hmyzu včetně čeďi Chloropidae byla použita entomologická pinzeta a pyramidová past.

Pyramidovou past (Přílohy: Obr. 10, Obr. 11) tvořila jemná polyesterová tkanina, ve tvaru šikmé pyramidy a past byla vystavena nad pokusným prasetem. Spodní část pasti byla upevněna pomocí provazu ke kůlům ukotvených v zemi. Otvorem na vrcholu pasti vedl plastový tunel končící ve sběrné pětilitrové PET láhvi. V horní části PET láhve byl vyříznut druhý otvor pro plastový tunel. Láhev byla do poloviny naplněna smrtícím a současně konzervačním

roztokem, který byl tvořen cca 1% vodným roztokem formaldehydu (formalínu) s přidávkou detergentu (mycího prostředku) pro snížení povrchového napětí tekutiny. PET láhev byla připevněna provazem k cca 2 metry vysokému kůlu, který byl zapíchnutý v zemi. Odběr vzorků probíhal v následujících intervalech: začátkem experimentu, tedy od prosince 2014 byly vzorky odebírány jednou za 14 dní až do začátku března 2015. V březnu se zkrátil interval odběrů na jednou týdně, a to až do října. V říjnu byl odběrový interval opět prodloužen na 14 dní. Odběrové intervaly se upravovaly podle množství hmyzu zastoupeného na kadáveru, resp. odchyceného v pyramidové pasti. Při kontrolních odběrech byl obsah PET láhve pyramidové pasti přelit přes sítko. Zajištěný vzorek hmyzu byl pomocí trychtýře přesypán do odběrové nádoby a zalit cca 70 % denaturovaným lihem. Všechny nádoby byly poté přehledně označeny a uloženy. Zelenušky byly chytány pouze do pyramidové pasti vzhledem ke své drobné velikosti.

4.1.3 Zpracování vzorků

V zajištěném materiálu z jednotlivých odběrů pyramidové pasti byl nejdříve zjištěn počet odchycených kusů. Početné odběry vzorků byly rozděleny na malou a velkou frakci pomocí síta o velikosti ok 4 mm x 4 mm. Frakce, které byly početné až příliš (několik tisíc kusů much), byly posléze rozděleny na menší podíly (1/2 až 1/30 dle skutečné velikosti frakce). Tyhle podíly se následně zpracovávaly. Tímto postupem nachystaný materiál byl tříděn do čeledí. Rozdělení materiálu na frakce a podíly a výběr některých čeledí provedla Ing. Hana Šuláková, Ph.D., Ing. Vanda Klimešová, Ing. Tereza Olekšáková a prof. RNDr. Miroslav Barták, CSc.

Pro účely této práce byly zpracovány jedinci čeledi Chloropidae. Vytríděný materiál byl uskladněn v epruvetách se 70% roztokem etanolu. Každá epruveta byla opatřena štítkem s označením lokality, data odběru, frakcí. Čeleď zelenuškovití byla řazena pouze v malé frakci. Až do času zpracování byly epruvety uloženy v mrazícím zařízení při teplotě cca – 20 °C. Poté následovala preparace a determinace jednotlivých druhů. Jednotlivé druhy čeledi Chloropidae z materiálu determinoval Ing. Štěpán Kubík, Ph.D.

Před preparací musely být vzorky vloženy do tří roztoků. V každém roztoku byly vzorky ponechány 24 hodin. První roztok obsahoval 36–38% formaldehyd a 96% etylalkohol v poměru 3:1, druhý obsahoval ester kyseliny octové a 96% etylalkohol v poměru 1:1 a třetí obsahoval čistý ester kyseliny octové. Vložením vzorků do roztoků se zabránilo deformaci povrchu těla, protože tímto procesem došlo ke zpevnění exoskeletu. Tento postup zajistí zachování determinačních znaků při následném vysušení vzorků. Determinaci jednotlivých vzorků

provedl Ing. Štěpán Kubík, Ph.D. pomocí identifikačních klíčů (Duda (1933), Nartshuk et al. (1970), Ismay & Nartshuk (2000), Andersson (1977), Beschovski (1985) a Zuska (1977)).

4.1.4 Zpracování výsledků

Výsledky jsou slovně popsány a zpracovány v samostatných tabulkách a grafech. Druhové zastoupení a četnost jedinců byly sledovány ve vztahu k ročnímu období a sumě kumulativních teplot. Suma kumulativních teplot byla dána součtem všech průměrných teplot vyšších než nula od začátku experimentu, až do jeho konce. Kvůli častým výpadkům Trojské meteorologické stanice umístěné v areálu Demonstrační a výzkumné stanice, byly využity teplotní údaje z meteorologické stanice ČZU v Praze nacházející se v areálu školy. Statistické vyhodnocení získaných dat bylo provedeno v programu Microsoft Office Excel a Statistica 12, za využití regresní křivky, která vyjadřovala vztah počtu zajištěných jedinců u jednotlivých druhů k sumě kumulativních teplot.

5 Výsledky

Během celého terénního pokusu bylo zachyceno 5433 jedinců zelenušek (1457 samců a 3976 samic), a to celkem ve 21 druzích. Největší početnost byla zaznamenána od 14. 4. 2015 až do 28. 4. 2015 (Tab.1).

Tab. 1: Přehled odběrů a celkový počet jedinců Chloropidae v jednotlivých odběrech.

Den expozice	Datum sběru	Počet jedinců
100	18.03.2015	3
107	25.03.2015	1
114	01.04.2015	2
120	07.04.2015	0
127	14.04.2015	3088
137	24.04.2015	527
141	28.04.2015	328
149	06.05.2015	0
157	14.05.2015	28
162	19.05.2015	36
170	27.05.2015	3
176	02.06.2015	68
184	10.06.2015	22
191	17.06.2015	4
196	22.06.2015	254
204	30.06.2015	10
211	07.07.2015	152
219	15.07.2015	40
225	21.07.2015	108
232	28.07.2015	0
238	03.08.2015	68
246	11.08.2015	296
256	21.08.2015	48
261	26.08.2015	53
267	01.09.2015	50
275	09.09.2015	78
283	17.09.2015	98
290	24.09.2015	46
297	01.10.2015	14
311	15.10.2015	2
322	26.10.2015	6

V průběhu odběrů vzorků proběhlo jen 5 sukcesních vln:

První sukcesní vlna – začala 9. 12. 2014 uložením kadáveru na pozemku Demonstrační a výzkumné stanice ČZU a trvala přibližně do konce března 2015 (Obr. 12). Kumulativní sumy teplot se v daném datovém rozmezí pohybovaly od 0 °C do 375,65 °C. V první sukcesní vlně byly zachyceny celkově 2 druhy zelenušek ve velice malé početnosti, a to *Tricimba humeralis* (Loew, 1858) a *Elachiptera cornuta* (Fallen, 1820).



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

Druhá sukcesní vlna – byla zaznamenána na začátku dubna a trvala přibližně do konce května (Obr. 13), kdy se rozsah kumulativních teplot pohyboval v rozmezí od 375,65 °C do 1 069,9 °C. Vlivem bakteriální a larvální činnosti se v pokusném kadáveru začaly tvořit plynné látky, které způsobily nadmutí těla a počínající zápach. Ve druhém týdnu druhé sukcesní vlny došlo k prudkému nárůstu jedinců zelenušek, převážně *Siphunculina simulata* Kanmiya, 1982.



Obrázek 13 Druhá vlna: 1. 4. 2015, nadmuté tělo (Zdroj: H. Šuláková)

Třetí sukcesní vlna –započala koncem května a přetrvávala do konce září. Prvně proběhlo zmýdelnění tuků (Obr. 14) a zhruba za měsíc následovala fermentace proteinů (Obr. 15). Nastalo tak období aktivního rozkladu. I přesto, že nebyla početnost zelenušek na tak vysoké úrovni, jako v předchozí sukcesní vlně, tak se zde vyskytovalo největší druhové zastoupení. V tomto časovém rozhraní bylo zaznamenáno celkově 20 druhů zelenušek. Suma kumulativních teplot se v tomto období pohybovala v rozsahu 1 069,9 °C až 3 385,6 °C.



Obrázek 14 Třetí vlna: 27. 5. 2015, biochemicky aktivní zmýdelnění tuků (Zdroj: H. Šuláková)



Obrázek 15 Třetí vlna: 30. 6. 2015, biochemicky aktivní fermentace proteinů (Zdroj: H. Šuláková)

Čtvrtá sukcesní vlna – nastala začátkem října a setrvala do konce prosince. Na kadáveru probíhala čpavková fermentace (Obr. 16). Jak početnost, tak i druhová rozmanitost zelenušek se v tomhle období oproti třetí sukcesní vlně výrazně snížila. Zachyceny byly pouze 3 druhy, a to o velmi malé početnosti (tab.1). Rozsah sumy kumulativních teplot se pohyboval od 3 385,6 °C do 4 026,95 °C.



Obrázek 16 Čtvrtá vlna: 1. 10. 2015, pokročilý rozklad (Zdroj: H. Šuláková)

Počátek páté sukcesní vlny – byl zaznamenán koncem pokusu, a to na konci prosince 2015. V tomto období již nebyli zaznamenáni žádní zástupci zelenuškovitých (Obr. 17).



Obrázek 17 Počátek páté vlny: 27. 12. 2015, postupné vysychání zbytků (Zdroj: H. Šuláková)

Z celkového zastoupení 21 druhů byl eudominantním druhem (více než 10 %) *Siphunculina simulata*, jehož zastoupení odpovídalo (81 %) (Graf č. 1).

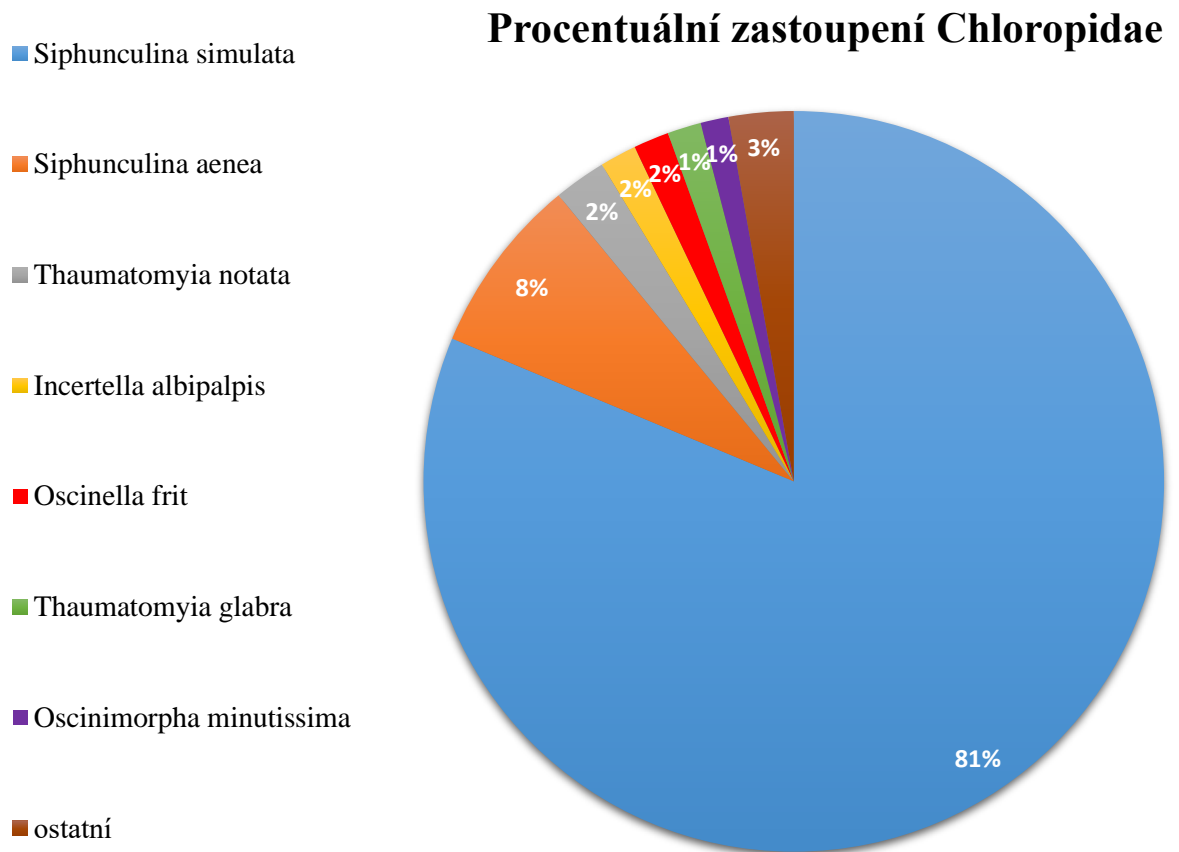
Mezi dominantní druhy (v intervalu 10–5 %) patřila pouze *Siphunculina aenea* (8 %) (Graf č. 1).

K subdominantním druhům (5–2 %) náležela *Thaumatomyia notata* (2 %) (Graf č. 1) (Tab. 2).

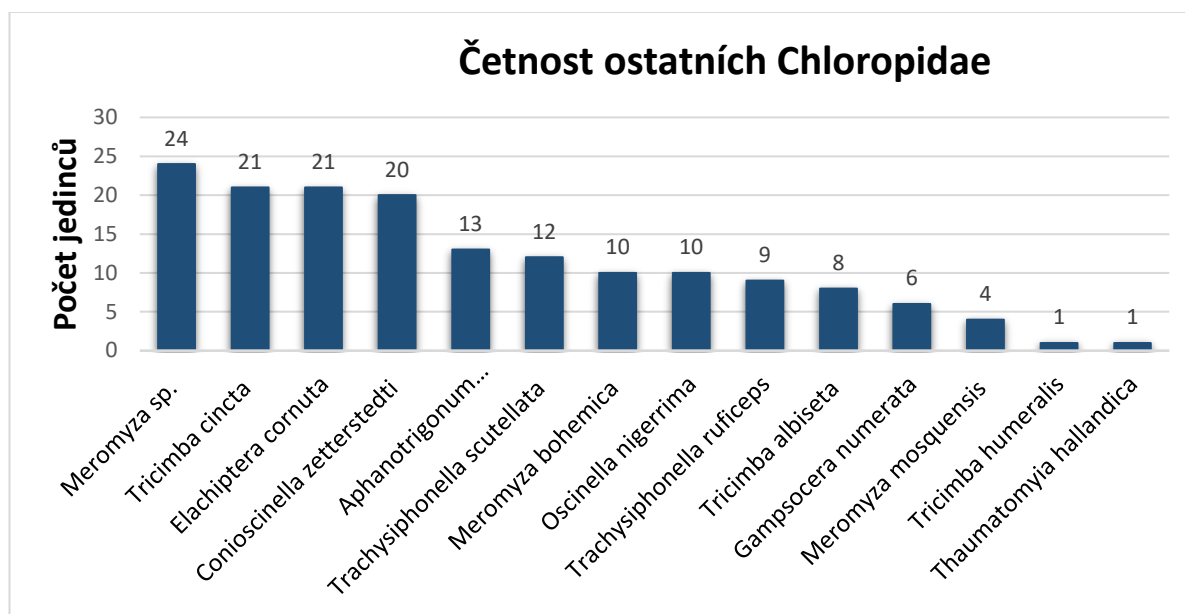
Recedentně (2–1 %) byly zaznamenány druhy: *Incertella albipalpis* (Meigen, 1830) (1,6 %), *Oscinella frit* (1,55 %), *Thaumatomyia glabra* (Meigen, 1830) (1,46 %) a *Oscinimorpha minutissima* (Strobl, 1900) (1,21 %) (Graf č. 1) (Tab. 3).

Následující druhy se vyskytovaly jen subrecedentně (méně než 1 %): *Meromyza sp.* (0,43 %), *Tricimba cincta* (0,38 %), *Elachiptera cornuta* (0,38 %), *Conioscinella zetterstedti* Andersson, 1966 (0,36 %), *Aphanotrigonum trilineatum* (Meigen, 1830) (0,23 %), *Trachysiphonella scutellata* (von Roser, 1840) (0,21 %), *Meromyza bohémica* Fedoseeva, 1962

(0,18 %), *Oscinella nigerrima* (Macquart, 1835) (0,18 %), *Trachysiphonella ruficeps* (Macquart, 1835) (0,16 %), *Tricimba albiseta* Dely-Draskovits, 1983 (0,14 %), *Gampsocera numerata* (Heeger, 1858) (0,1 %), *Meromyza mosquensis* Fedoseeva, 1960 (0,07 %), *Tricimba humeralis* (0,02 %), *Thaumatomyia hallandica* Andersson, 1966 (0,02 %) (Tab. 4–7) (Graf č. 2).



Graf č. 1 Procentuální zastoupení Chloropidae



Graf č. 2 Četnost ostatních Chloropidae

Tab. 2 Přehled eudominantního, dominantního a subdominantního druhu Chloropidae

Období		Siphunculina simulata		Siphunculina aenea		Thaumatomyia notata	
Měsíc	Rok	M	F	M	F	M	F
Prosinec	2014	0	0	0	0	0	0
Leden	2015	0	0	0	0	0	0
Únor	2015	0	0	0	0	0	0
Březen	2015	0	0	0	0	0	0
Duben	2015	1018	2457	160	256	0	52
Květen	2015	24	22	0	0	0	9
Červen	2015	72	250	0	5	0	5
Červenec	2015	14	158	0	0	0	18
Srpen	2015	60	226	0	0	0	40
Září	2015	48	68	0	0	0	0
Říjen	2015	0	0	0	0	0	0
Listopad	2015	0	0	0	0	0	0
Prosinec	2015	0	0	0	0	0	0
Celkem	/	1236	3181	160	261	0	124

Tab. 3 Přehled recedentních druhů Chloropidae

Období		Incertella albipalpis		Oscinella frit		Thaumatomyia glabra		Oscinimorpha minutissima	
Měsíc	Rok	M	F	M	F	M	F	M	F
Prosinec	2014	0	0	0	0	0	0	0	0
Leden	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Únor	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Březen	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Duben	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Květen	2015	0	6	0	0	0	0	0	0
Červen	2015	1	5	1	6	0	0	1	0
Červenec	2015	1	0	1	0	0	0	0	52
Srpen	2015	0	24	4	29	0	6	4	4
Září	2015	3	27	0	40	7	67	0	0
Říjen	2015	2	9	2	1	0	0	0	0
Listopad	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Prosinec	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Celkem	/	7	79	8	76	7	73	5	56

Tab. 4 Přehled subrecedentních druhů Chloropidae 1

Období		Meromyza sp.		Tricimba cincta		Elachiptera cornuta		Conioscinella zetterstedti	
Měsíc	Rok	M	F	M	F	M	F	M	F
Prosinec	2014	0	0	0	0	0	0	0	0
Leden	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Únor	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Březen	2015	0	0	0	0	2	1	0	0
Duben	2015	0	0	0	0	1	1	0	0
Květen	2015	0	2	0	0	0	2	0	0
Červen	2015	0	0	0	6	0	2	0	0
Červenec	2015	0	12	0	1	0	0	0	4
Srpen	2015	0	8	0	4	4	8	16	0
Září	2015	0	2	0	2	0	0	0	0
Říjen	2015	0	0	0	8	0	0	0	0
Listopad	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Prosinec	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Celkem	/	0	24	0	21	7	14	16	4

Tab. 5 Přehled subrecedentních druhů Chloropidae 2

Období		Aphanotrigonum trilineatum		Trachysiphonella a scutellata		Meromyza bohemica		Oscinella nigerrima	
Měsíc	Rok	M	F	M	F	M	F	M	F
Prosinec	2014	0	0	0	0	0	0	0	0
Leden	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Únor	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Březen	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Duben	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Květen	2015	0	0	0	0	0	0	0	2
Červen	2015	0	0	0	4	2	0	0	0
Červenec	2015	0	9	0	8	0	0	0	0
Srpen	2015	0	4	0	0	4	4	0	8
Září	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Říjen	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Listopad	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Prosinec	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Celkem	/	0	13	0	12	6	4	0	10

Tab. 6 Přehled subrecedentních druhů Chloropidae 3

Období		Trachysiphonella ruficeps		Tricimba albiseta		Gampsocera numerata		Meromyza mosquensis	
Měsíc	Rok	M	F	M	F	M	F	M	F
Prosinec	2014	0	0	0	0	0	0	0	0
Leden	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Únor	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Březen	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Duben	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Květen	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Červen	2015	0	1	0	0	0	2	0	0
Červenec	2015	0	8	0	0	0	0	0	0
Srpen	2015	0	0	0	0	0	4	4	0
Září	2015	0	0	0	8	0	0	0	0
Říjen	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Listopad	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Prosinec	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
Celkem	/	0	9	0	8	0	6	4	0

Tab. 7 Přehled subprecedentních druhů Chloropidae 4

Období		Tricimba humeralis		Thaumatomyia hallandica			
Měsíc	Rok	M	F	M	F	M	F
Prosinec	2014	0	0	0	0		
Leden	2015	0	0	0	0		
Únor	2015	0	0	0	0		
Březen	2015	1	0	0	0		
Duben	2015	0	0	0	0		
Květen	2015	0	0	0	0		
Červen	2015	0	0	0	0		
Červenec	2015	0	0	0	1		
Srpen	2015	0	0	0	0		
Září	2015	0	0	0	0		
Říjen	2015	0	0	0	0		
Listopad	2015	0	0	0	0		
Prosinec	2015	0	0	0	0		
Celkem	/	1	0	0	1		

Nejčtenější byla *Siphunculina simulata*, jejíž zastoupení činilo 81 %. Na pokusném kadáveru prasete byla pozorována od poloviny dubna do konce září 2015. Počty jedinců byly nejvyšší na počátku druhé sukcesní vlny, pak počet postupně klesal. Množství jedinců poté začalo narůstat na začátku června a opět začalo postupně klesat téměř na nulu. Poslední výrazný nárůst byl zaznamenán asi v polovině srpna. Poté se počet až do konce září postupně snižoval.

Druhým nejčtenějším druhem byl *Siphunculina aenea*, jehož početnost byla výrazně nižší než u *Siphunculina simulata* a činila pouze 8 %. Jeho výskyt byl spíše nárazový, a to přibližně v polovině dubna. Malé množství jedinců bylo ještě zaznamenáno ve druhé polovině července (Tab. 2).

Zastoupení samců a samic jasně naznačuje, že po celou dobu pokusu převažovaly samice početností nad samci, i když bylo zaznamenáno pár výjimek. U druhů *Tricimba humeralis* a *Meromyza mosquensis* byli odchyceni pouze samci a žádné samice. Celkově u dvou druhů převažoval počet samců nad počtem samic (*Conioscinella zetterstedti*, *Meromyza bohemica*). Na druhou stranu u druhů *Thaumatomyia notata*, *Oscinella nigerrima*, *Meromyza sp.*, *Gampsocera numerata*, *Tricimba cincta*, *Aphanotrigonum trilineatum*, *Tricimba albiseta*, *Trachysiphonella scutellata*, *Trachysiphonella ruficeps*, *Thaumatomyia hallandica* byly pozorovány pouze samice. U ostatních druhů převažovaly ve většině časových úseků samice nad samci.

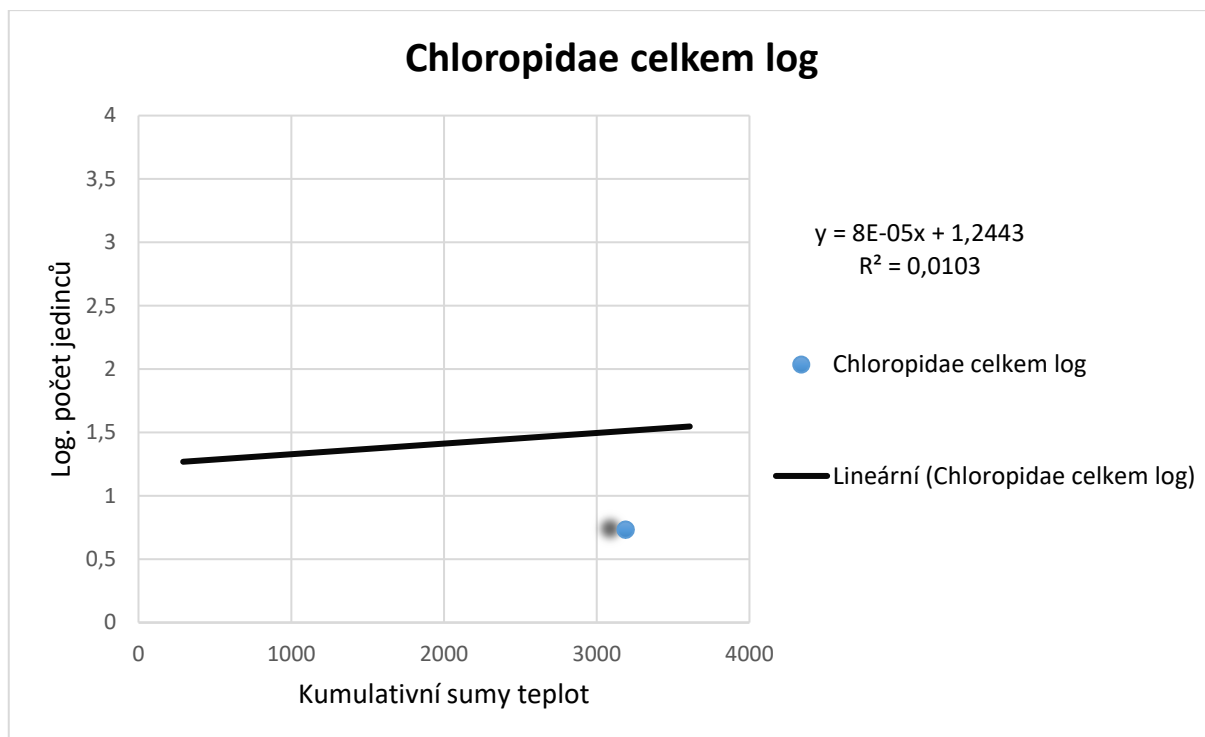
K zjištění závislosti jednotlivých druhů zelenušek jako celku ke stupni rozkladu byla použita statistická metoda lineární regrese, v níž byl rozklad zaznamenán pomocí sum

kumulativních teplot. Zelenušky jako celek byly ovlivněny sumou kumulativních teplot neboli stupněm rozkladu minimálně (Graf č. 3).

Tato metoda byla nadále použita u druhů: *Siphunculina simulata*, *Siphunculina aenea*, *Thaumatomyia notata*, *Incertella albipalpis*, *Oscinella frit*, *Thaumatomyia glabra*, *Oscinimorpha minutissima* (Graf č. 4 až 10).

Druhy *Siphunculina simulata* a *Siphunculina aenea* byly v pokusu nejpočetnější, proto byl u nich počet jedinců v jednotlivých odběrech převeden na dekadický logaritmus (Graf. č. 4 a 5). Větší závislost na stupni rozkladu projevil druh *Siphunculina aenea* (Graf.č 5). Oba druhy mají podle literárních zdrojů přímou vývojovou vazbu na kadáver.

U zbývajících druhů byla početnost nižší, proto se do grafů zahrnuly přímo počty jedinců v jednotlivých odběrech (Graf č. 6 až 10). Druhy byly zachyceny spíše náhodou, protože pyramidová past se řadí mezi neselektivní pasti. K tomuto tvrzení přispívá dále nízká početnost, a taky fakt, že dle literatury se jejich larvy vyvíjejí v jiných substrátech, než je kadáver. Z tohoto důvodu nemají grafy a výpočty zahrnující dané druhy příliš velký význam.

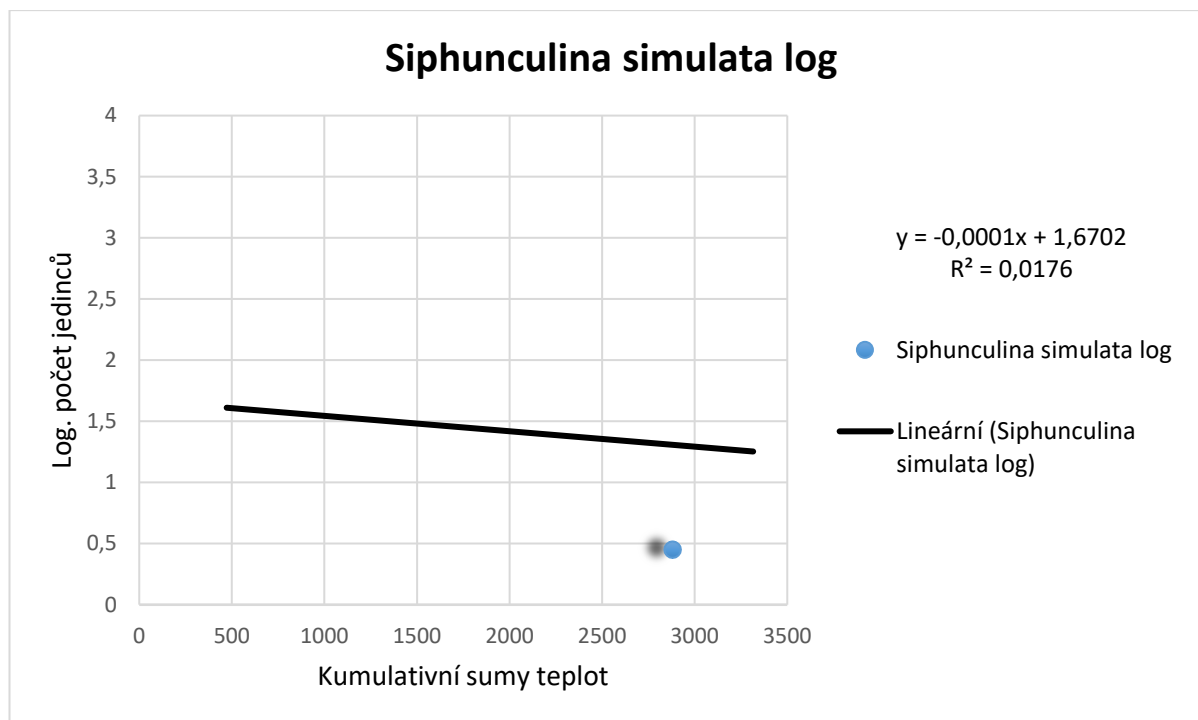


Graf č.3 Vyhodnocení závislosti kumulativní sumy teplot k celkovému počtu Chloropidae.

Statistické shrnutí; ZP: Chloropidae celkově (chloropide)	
Statist.	Hodnota
Vícenás. R	0,101353187
Vícenás. R2	0,0102724684
Upravené R2	-0,0238560671
F(1,29)	0,300993532
p	0,587459564
Sm. chyba odhadu	0,925784961

Výsledky regrese se závislou proměnnou : Chloropidae celkově (chloropide)						
R= ,10135319 R2= ,01027247 Upravené R2= -----						
F(1,29)=,30099 p<,58746 Směrod. chyba odhadu : ,92578						
N=31	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(29)	p-hodn.
Abs. člen			1,244290	0,317088	3,924121	0,000491
teplota	0,101353	0,184739	0,000084	0,000153	0,548629	0,587460

Výsledky: Rovnice $y = 8E-05x + 1,2443$; $R = 0,10135319$; $R^2 = 0,01027247$; $F = 0,3009935$;
 $p = 0,587459564$; Směrodatná odchylka = 0,3170877.



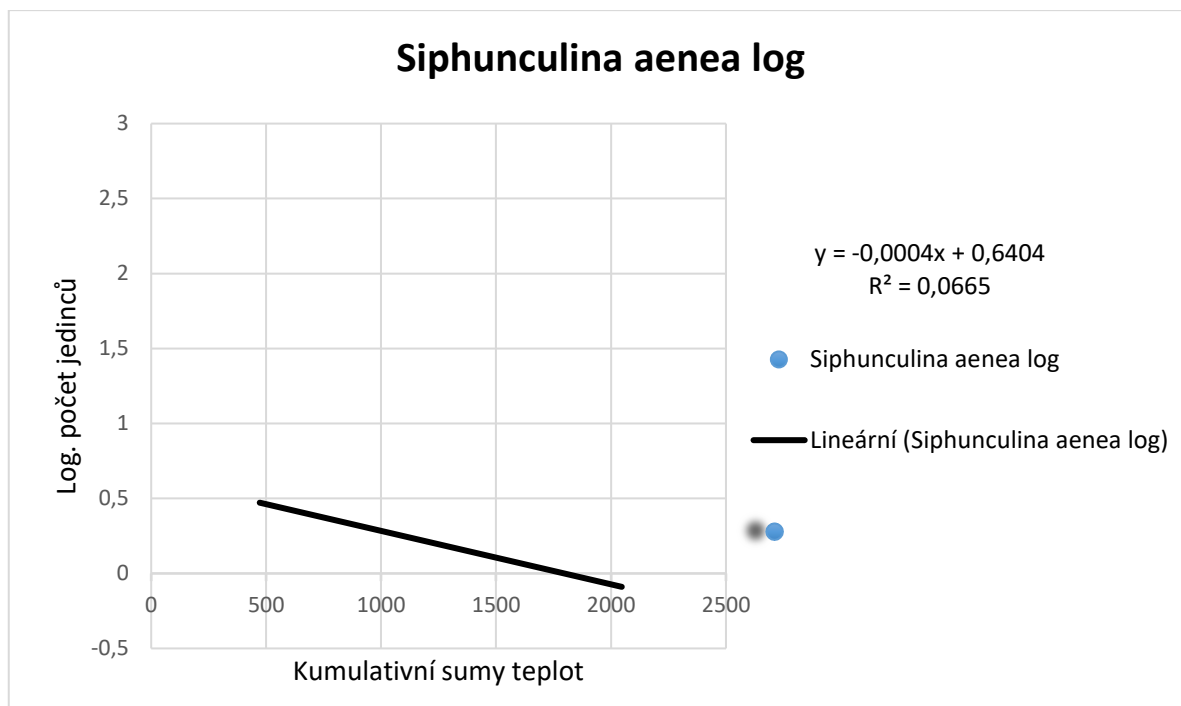
Graf č.4 Vyhodnocení závislosti kumulativní sumy teplot k počtu jedinců *Siphunculina simulata*.

Statistické shrnutí; ZP: Siphunculina simulata log (Siphunculina simulata)	
Statist.	Hodnota
Vícenás. R	0,132740111
Vícenás. R2	0,0176199371
Upravené R2	-0,0270337021
F(1,22)	0,39459129
p	0,536363006
Sm. chyba odhadu	0,885105854

Výsledky regrese se závislou proměnnou : Siphunculina simulata log (Siphunculina simulata) R= ,13274011 R2= ,01761994 Upravené R2= ----- F(1,22)=,39459 p<,53636 Směrod. chyba odhadu : ,88511						
N=24	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(22)	p-hodn.
Abs. člen			1,670199	0,400627	4,168958	0,000399
Suma Teplot	-0,132740	0,211314	-0,000126	0,000200	-0,628165	0,536363

Výsledky: Rovnice $y = -0,0001x + 1,6702$; $R = 0,13274011$; $R^2 = 0,01761994$;

$F = 0,3945913$; $p = 0,536363006$; Směrodatná odchylka = 0,4006274.



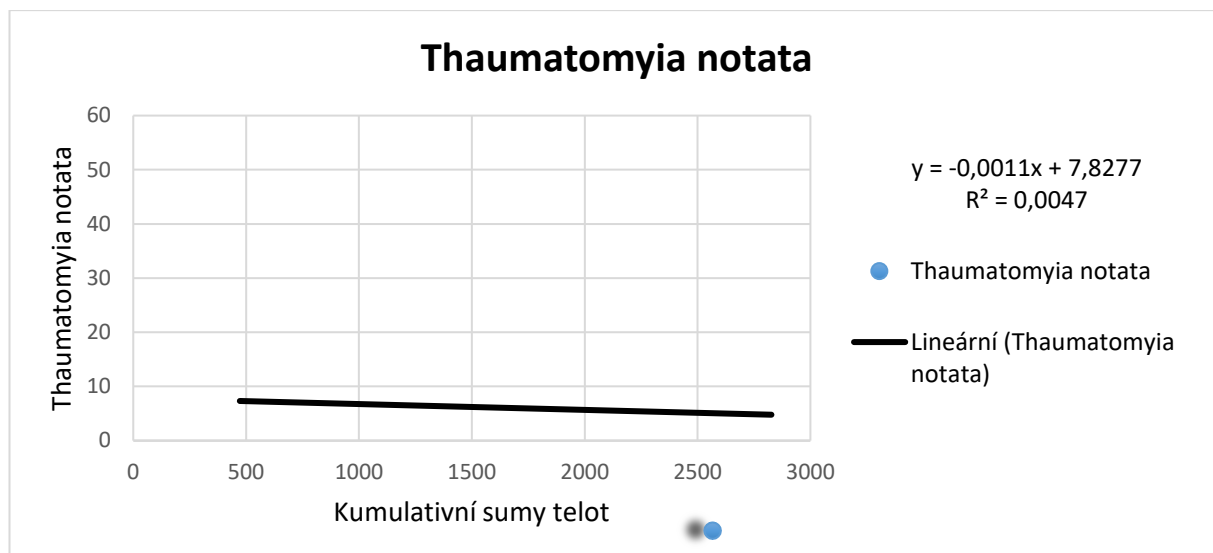
Graf č. 5 Vyhodnocení závislosti kumulativní sumy teplot k počtu jedinců *Siphunculina aenea*.

Statistické shrnutí; ZP: Počet log (Siphunculina aenea)	
Statist.	Hodnota
Vícenás. R	0,257940871
Vícenás. R2	0,0665334928
Upravené R2	-0,0052716231
F(1,13)	0,926584297
p	0,353316367
Sm. chyba odhadu	0,689156166

Výsledky regrese se závislou proměnnou : Počet log (Siphunculina aenea)						
R= ,25794087 R2= ,06653349 Upravené R2= -----						
F(1,13)=,92658 p<,35332 Směrod. chyba odhadu : ,68916						
N=15	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(13)	p-hodn.
Abs.člen			0,640402	0,470438	1,361287	0,196552
Suma teplot	-0,257941	0,267965	-0,000357	0,000370	-0,962592	0,353316

Výsledky: Rovnice $y = -0,0004x + 0,6404$; $R = 0,25794087$; $R^2 = 0,06653349$;

$F = 0,9265843$; $p = 0,353316367$; Směrodatná odchylka = 0,4704383.

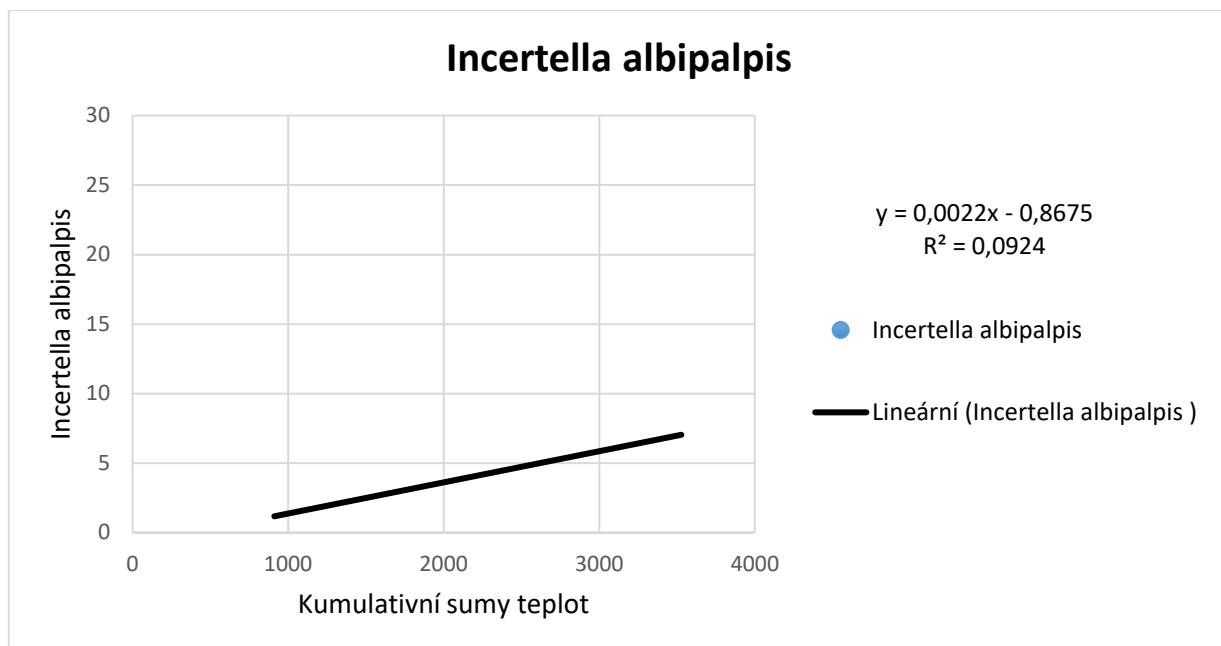


Graf č. 6 Vyhodnocení závislosti kumulativní sumy teplot k počtu jedinců *Thaumatomyia notata*.

Statistické shrnutí; ZP: Thaumatomyia notata	
Statist.	Hodnota
Vícenás. R	0,0688818176
Vícenás. R2	0,0047447048
Upravené R2	-0,050547256
F(1,18)	0,0858118383
p	0,772920847
Sm. chyba odhadu	11,9187292

Výsledky regrese se závislou proměnnou : Thaumatomyia notata (Thaumatomyia notata) R= ,06888182 R2= ,00474470 Upravené R2= ---- F(1,18)=,08581 p<,77292 Směrod. chyba odhadu : 11,919						
N=20	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(18)	p-hodn.
Abs.člen			7,827722	6,162649	1,270188	0,220192
Suma teplot	-0,068882	0,235142	-0,001077	0,003676	-0,292937	0,772921

Výsledky: Rovnice $y = -0,0011x + 7,8277$; $R = 0,06888182$; $R^2 = 0,00474470$; $F = 0,0858118$;
 $p = 0,772920847$; Směrodatná odchylka = 6,162649.

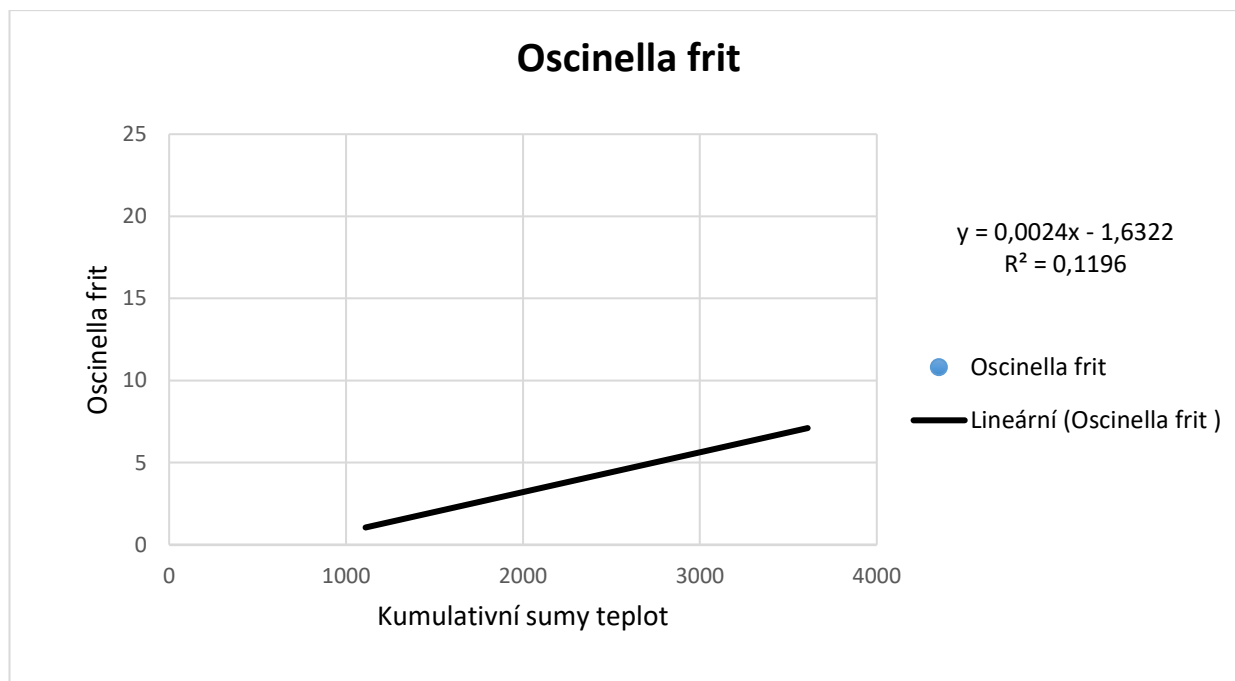


Graf č.7 Vyhodnocení závislosti kumulativní sumy teplot k počtu jedinců *Incertella albipalpis*.

Statistické shrnutí; ZP: Incertella albipalpis	
Statist.	Hodnota
Vícenás. R	0,304020507
Vícenás. R2	0,0924284687
Upravené R2	0,044661546
F(1,19)	1,93498897
p	0,180290356
Sm. chyba odhadu	6,18869724

Výsledky regrese se závislou proměnnou : Incertella albipalpis (Incertella albipalpis)						
R= ,30402051 R2= ,09242847 Upravené R2= ,04466155						
F(1,19)=1,9350 p<,18029 Směrod. chyba odhadu : 6,1887						
N=21	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(19)	p-hodn.
Abs.člen			-0,867532	3,814720	-0,227417	0,822529
Suma teplot	0,304021	0,218556	0,002242	0,001611	1,391039	0,180290

Výsledky: Rovnice $y = 0,0022x - 0,8675$; $R = 0,30402051$; $R^2 = 0,09242847$; $F = 1,934989$;
 $p = 0,180290356$; Směrodatná odchylka = 3,814720.

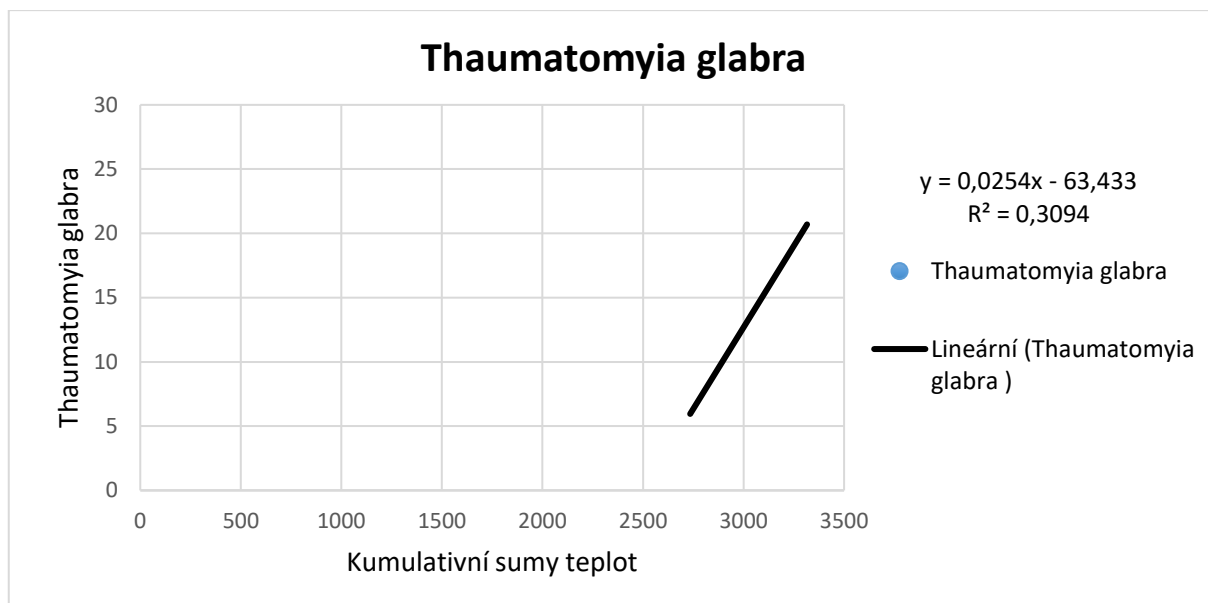


Graf č. 8 Vyhodnocení závislosti kumulativní sumy teplot k počtu jedinců *Oscinella frit*.

Statistické shrnutí; ZP: Oscinella fr	
Statist.	Hodnota
Vícenás. R	0,345764206
Vícenás. R2	0,11952889
Upravené R2	0,0706391577
F(1,18)	2,44415811
p	0,135373414
Sm. chyba odhadu	5,53883476

Výsledky regrese se závislou proměnnou : Oscinella frit (Oscinella frit)						
R= ,34576421 R2= ,1195289 Upravené R2= ,07063916						
F(1,18)=2,4442 p<,13537 Směrod. chyba odhadu : 5,5388						
	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(18)	p-hodn.
N=20						
Abs.člen			-1,63217	3,930709	-0,415236	0,682877
Suma teplot	0,345764	0,221164	0,00242	0,001549	1,563380	0,135373

Výsledky: Rovnice $y = 0,0024x - 1,6322$; $R = 0,34576421$; $R^2 = 0,1195289$; $F = 2,444158$;
 $p = 0,135373414$; Směrodatná odchylka = 3,930709.

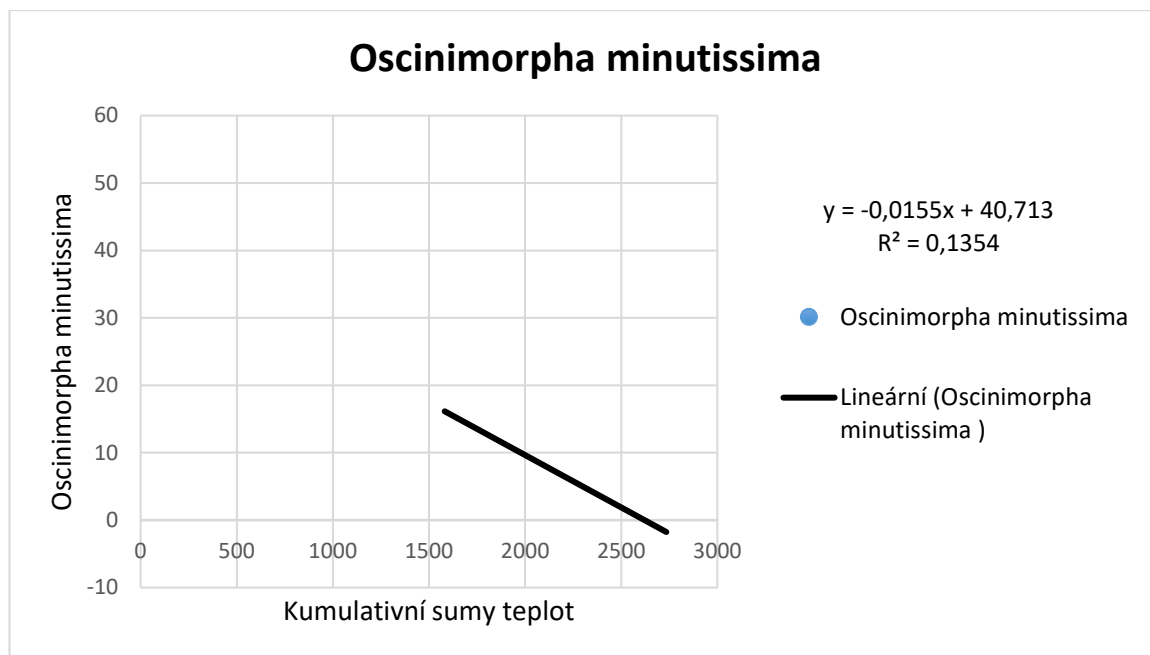


Graf č. 9 Vyhodnocení závislosti kumulativní sumy teplot k počtu jedinců *Thaumatomyia glabra*.

Statistické shrnutí; ZP: Thaumatomyia glabra	
Statist.	Hodnota
Vícenás. R	0,556262013
Vícenás. R2	0,309427427
Upravené R2	0,136784283
F(1,4)	1,79229491
p	0,251668334
Sm. chyba odhadu	9,52340265

Výsledky regrese se závislou proměnnou : Thaumatomyia glabra (Thaumatomyia glabra)						
R= ,55626201 R2= ,30942743 Upravené R2= ,13678428						
F(1,4)=1,7923 p<,25167 Směrod. chyba odhadu : 9,5234						
N=6	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(4)	p-hodn.
Abs.člen			-63,4327	57,47253	-1,10370	0,331652
Suma teplot	0,556262	0,415503	0,0254	0,01895	1,33877	0,251668

Výsledky: Rovnice $y = 0,0254x - 63,433$; $R = 0,55626201$; $R^2 = 0,30942743$; $F = 1,792295$; $p = 0,251668334$; Směrodatná odchylka = 57,47253.



Graf č. 10 Vyhodnocení závislosti kumulativní sumy teplot k počtu jedinců *Oscinimorpha minutissima*.

Statistické shrnutí; ZP: Oscinimorpha minutissima	
Statist.	Hodnota
Vícenás. R	0,368031838
Vícenás. R2	0,135447434
Upravené R2	-0,00864466085
F(1,6)	0,940006002
p	0,369719535
Sm. chyba odhadu	16,4932672

Výsledky regrese se závislou proměnnou : Oscinimorpha minutissima (Oscinimorpha minutissima)						
R= ,36803184 R2= ,13544743 Upravené R2= ----						
F(1,6)=,94001 p<,36972 Směrod. chyba odhadu : 16,493						
N=8	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(6)	p-hodn.
Abs.člen			40,71279	34,62194	1,175925	0,284166
Suma teplot	-0,368032	0,379595	-0,01553	0,01602	-0,969539	0,369720

Výsledky: Rovnice $y = -0,0155x + 40,713$; $R = 0,36803184$; $R^2 = 0,13544743$; $F = 0,9400060$;

$p = 0,369719535$; Směrodatná odchylka = 34,62194.

6 Diskuze

Jak již bylo zmíněno, o nekrofágních druzích zelenušek se toho moc neví a celkových záznamů výskytů na kadáverech je pomálu. Kanmiya (1982) uvádí, že larvy rodu *Siphunculina* jsou známy jako mrchožrouti. Ismay & Nartshuk (2000) napsali pouze, že některé larvy Chloropidae jsou nekrofágní a živí se rozkládající se tkání mrtvých zvířat. Kirk-Spriggs et. al (2001) ve své práci zaznamenali jedince druhu *Eutropha lindneri*, kteří se zdržovali u čerstvě uhynulých tuleňů.

V našem terénním pokusu bylo zaznamenáno 21 druhů zelenušek náležících do 12 rodů. Velká část z nich ovšem ve velmi malé početnosti. Výjimku tvoří rod *Siphunculina*, který zaujímal 89,04 % všech jedinců.

U jednotlivých rodů a druhů byla již zjištěná biologie a substráty, ve kterých se vyvíjí larvy. Z toho můžeme vyvodit, které rody mají přímou vazbu na pokusný kadáver. Do skupiny náhodně zachycených rodů a do nich začleněné druhy můžeme zařadit *Aphanotrigonum*, *Conioscinella*, *Elachiptera*, *Gampsocera*, *Incertella*, *Meromyza*, *Oscinella*, *Oscinimorpha*, *Thaumatomyia*, *Trachysiphonella* Enderlein, 1936, *Tricimba*. Naznačuje tomu jejich malá početnost v našem pokusu, a také znalosti o vývoji jejich larev. Ferrar (1987) uvedl dochování larev *Aphanotrigonum trilineatum* z tlejících stébel různých obilnin a trav. *Conioscinella zetterstedti* se vyvíjí na trávách (Kubík a kol. 2009). Larvy druhu *Elachiptera cornuta* byly pozorované při sekundárním osidlování obilnin, které již byly napadeny zelenuškou druhu *Oscinella frit*, byly nalezeny také v opadlých rozkládajících se listech, cibulích a stoncích rozmanitých rostlin, a dokonce pod kůrou hniјících stromů (Nartshuk et al. 1970; Tschirnhaus 1992; Smith 1989). Druh *Oscinimorpha minutissima* byl chován ze stonků šalvějí (*Salvia*) (Nartshuk 2014). Nartshuk et al. (1970) uvedli nalezení larev druhu *Incertella albipalpis* v tlejících částech různých obilnin, pícíích trav a divokých travin. Larvy všech druhů rodu *Meromyza* jsou fytofágové vyvíjející se pouze ve výhonicích trav (*Poaceae*) (Nartshuk & Fedoseeva 2011). Některé druhy rodu *Oscinella* patří mezi významné škůdce obilnin a pícíích travin. V jícnu larev *Oscinella frit* a *Oscinella pusilla* (Meigen, 1830) byli zjištěni bakteriální symbionti, ti se společně se slinami dostávají do napadených rostlinných pletiv; tyto bakterie podporují lýzu rostlinné tkáně a jsou spolu s ní požírány larvami jako potrava (Ferrar 1987). Druhy rodu *Thaumatomyia* jsou známí predací na kořenových mšicích. Podle Parker (1918) je druh *Thaumatomyia glabra* predátor mšice *Pemphigus fuscicornis* (Koch, 1857). Rod *Tricimba* je saprofágní, druh *Tricimba cincta*, zaznamenán v našem pokusu, byl v Británii dochován z různých hniјících hub a rozkládajících se plžů (Tschirnhaus 1992).

Z poznatků vyplívá, že zmíněné druhy nevyužívaly kadáver k vývoji v žádné vývojové fázi, protože mají prokazatelné vazby na jiné typy substrátů. Vývojové substráty zmíněných druhů se mohly vyskytovat v okolí probíhajícího pokusu. To nasvědčuje tomu, že dané druhy byly neselektivní pyramidovou pastí na pokusném kadáveru zachyceny náhodně, a proto pro nás nemají z hlediska forenzní entomologie význam. Saprofágní rod *Siphunculina* ukazuje přímou vazbu na kadávery, tuto skutečnost potvrzují i pokusy Kanmiya et al. (2013) a Nartshuk et. al (2013).

Kanmiya et al. (2013) provedli pokus v Japonsku ve městě Obihiro. Byl zde poprvé v Japonsku zaznamenán druh *Siphunculina quinquangula*, který se v dřívějších pokusech neobjevil. Tento druh se běžně vyskytuje v zemích Rakousko, Maďarsko, Lotyšsko, Polsko, Rumunsko a Ukrajina. Druh *Siphunculina quinquangula* se vyskytoval až ve zbytkové fázi rozkladu, kde se larvy živily na kostech a zbytcích kůže. Podle Kanmiya et al. (2013) tento druh může být využitelný jako ukazatel posmrtné doby. V České republice se tento druh v určitých lokalitách vyskytuje (Kubík 2006), ovšem v našem pokusu nebyl zaregistrován.

Práce Nartshuk et. al (2013) popisuje nové úkazy Chloropidae vyskytujících se na pokusných kadáverech ve Španělsku v lesnatém prostředí parku „Aiako Harria“. Pokus probíhal v letních měsících roku 2009 a 2010. Na prasečích kadáverech byly nalezeny celkem 4 druhy zelenušek: *Oscinella frit*, *Siphunculina aenea*, *Siphunculina quinquangula* a *Tricimba cincta*. Druh *Oscinella frit* byl odebrán 6. den, larvy jsou fytofágní a podle Nartshuk et. al (2013) se tedy jednalo spíše o náhodu. Druh *Siphunculina aenea* byl odebrán 21. den. Druh *Siphunculina quinquangula* byl v roce 2009 odebrán 7. den a v roce 2010 34. den. Druh *Tricimba cincta* byl v roce 2009 odebrán 12. den a v roce 2010 21. den. Podle autora je potřeba výskyt tohoto druhu v budoucnu dobře sledovat. Tento saprofágní druh byl v našem pokusu zaznamenán také, ovšem jeho početnost byla pouze 0,38 %, proto mu nebyla věnována velká pozornost. Jako největší rozdílnost můžeme vzít nepřítomnost druhu *Siphunculina simulata*, který měl v našem pokusu největší zastoupení a přítomnost druhu *Siphunculina quinquangula*.

Rod *Siphunculina* byl poprvé odebrán na konci fáze nafouknutí, to znamená v pozdější fázi rozkladu než běžné forenzní druhy hmyzu. Tato skutečnost je také podpořena pracemi Nartshuk et. al (2013) a Kanmiya et al., (2013), kdy druhy *Siphunculina quinquangula* a *Siphunculina aenea* byly poprvé odebrány několik dní po zahájení pokusu. To nasvědčuje tomu, že tento rod může mít forenzní význam při nálezů těl v pokročilém rozkladu.

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo shromáždit informace a údaje o saprofágních potažmo nekrofágních druzích čeledi Chloropidae a jejich možné využití ve forenzní praxi a odhadu posmrtné doby formou literární rešerše a vyhodnocení dat z terénního pokusu.

Podle výsledků byla potvrzena nulová hypotéza, že některé saprofágní druhy čeledi Chloropidae lze využít jako důkaz ve forenzní praxi.

Dle výsledků je jasné, že rod *Siphunculina* má jasnou vazbu na rozkládající se živočišnou tkáň. Jako nejvýznamnější forenzní ukazatel vyšel druh *Siphunculina simulata*, který mnohonásobně převyšoval ostatní druhy. O daném druhu se však ostatní autoři příliš nezmiňují. Mezi další významnější druhy můžeme přiřadit *Siphunculina aenea*.

Ostatní vyskytované druhy nelze brát jako významné, protože jejich početnost byla velice nízká a jejich larvy se vyvíjí v jiných substrátech.

Suma kumulativních teplot nám ukázala, že postupující rozklad nemá příliš velký vliv na množství zachycených jedinců. Rozklad a jeho rychlost určuje pouze kdy se kádaver stane pro dané druhy přitažlivý dle odlišných preferencí.

V České republice se jedná o první takto zpracovaný pokus na čeleď Chloropidae, proto nelze výsledky porovnat.

Pro následující pokusy by bylo dobré zopakovat odběry na kádaveru ve stejné lokalitě ovšem zahájit pozorování v jiných ročních obdobích a pokusit se rozlišit, které druhy skutečně využívají kádaver k vývoji larev. Nadále uskutečnit pokusy v lesnatém prostředí a porovnat je s pokusy na otevřeném prostranství. Jako poslední věc se pokusit odebrat zelenušky v oblasti pokusu bez kádaveru a zjistit v jakém poměru se vyskytují v prostředí přirozeně.

8 Zdroje

- Andersson H. 1977. Taxonomic and phylogenetic studies on Chloropidae (Diptera) with special reference to Old World genera, Sweden: Berlingska Boktryckeriet.
- Anderson GS, VanLaerhoven SL. 1996. Initial studies on insect succession on carrion in southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Science*. **41**: 617-625.
- Bergeret M. 1855. Infanticide. Momification naturelle du cadavre. Découverte du cadavre d'un enfant nouveau-né dans une cheminée où il s'était momifié. Détermination de l'époque de la naissance par la présence de nymphes et de larves d'insectes dans le cadavre, et par l'étude de leurs métamorphoses (Homicide of a new-born child found in a chimney, and its natural mumification. Determination of postmortem interval by the use of insect larvae and their metamorphosis. *Annales D'Hygiene Publique Et de Medecine Legale*. **4**: 44–452.
- Bornemissza GF. 1957. An analysis of Arthropod succession in Carrion and the effect of its decomposition on the soil fauna. *Australian Journal of Zoology*. **5**: 1-12.
- Brake I. 2000. Phylogenetic systematics of the Milichiidae (Diptera, Schizophora). *Entomologia Scandinavia*. **57**: 1-120.
- Brouardel P. 1879. De la détermination de l'époque de la naissance et de la mort d'un nouveau-né, faite à l'aide de la présence des acares et des chenilles d'aglosses dans un cadavre momifié (Determination of the postmortem interval/time of birth of a new-born child by use of larvae from the genus *Aglossa* on a mummified corpse), *Annales D'Hygiene Publique Et de Medecine Legale*. **2**: 153–158.
- Buck M. 2006. A new family and genus of acalypterate flies from the Neotropical region, with a phylogenetic analysis of Carnoidea family relationships (Diptera, Schizophora). *Systematic Entomology*. **31**: 377-404.
- Byrd JH, Castner JL. 2001. Insects of forensic importance. *Forensic entomology: The utility of arthropods in legal investigations*. CRC Press, Boca Raton.
- Catts EP. 1992. Problems in estimating the postmortem interval in death investigations. *Journal of Agricultural Entomology*. **9**: 245-255.
- Catts EP, Goff ML. 1992. Forensic entomology in criminal investigations. *Annual review of Entomology*. **37**: 253-272.
- Colless DH, McAlpine DK. 1970. Diptera (Flies). In: *The insects of Australia. A textbook for students and research workers*. Melbourne University Press, Australia.

- Colless DH, Whittle CP. 1977. Two Chloropidae (Diptera) endoparasitic in other insects. *Australian Journal of Entomology*. **16**: 159-160.
- Dawah HA, Abdullah MA. 2006. New records of Chloropidae (Diptera) from Southwest Saudi Arabia with some biological information, world-wide geographical distribution and taxonomic features. *Saudi Journal of Biological Sciences*. **13**: 24-34.
- Deeming JC. 1981. A contribution to the study of afrotropical Chloropine Diptera. *Journal of natural History*. **15**: 789-828.
- Deeming JC, Al-Dhafer HM. 2012. Chloropidae from the Arabian Peninsula: (Diptera: Cyclorrhapha). *Zoology in the Middle East*. **58**: 3-88.
- Early M, Goff ML. 1986. Arthropod succession patterns in exposed carrion on the island of O'ahu, Hawaiian Islands, USA. *Journal of Medical Entomology*. **23**: 520-531.
- Easton AM, Smith KG. 1970. The entomology of the cadaver. *Medicine, Science and the Law*. **10**: 208-215.
- Elias MK. 1942. Tertiary prairie grasses and other herbs from the High Plains. *Geological Society of America*. **41**: 1-176.
- Erzinclioglu YZ. 1985. The entomological investigation of a concealed corpse. *Medicine, Science and the Law*. **25**: 228-230.
- Erzinçlioğlu YZ. 1996. Blowflies. *Naturalist Handbooks*. Richmond Publishing. Cambridge.
- Ferrar P. 1987. A guide to the breeding habits and immature stages of Diptera Cyclorrhapha (part 1:text). *Entomonograph*. Scandinavian Science Press, Leiden and Copenhagen. **8**: 7-478.
- Floren A. 2003. Diversity and distribution of Diptera in the canopy of primary and disturbed SE-Asian lowland rain forest. *Studia Dipterol*. **10**: 367-379.
- Fuller ME. 1934. The insect inhabitants of carrion: a study in animal ecology. *Commonwealth of Australia. Council for Scientific and Industrial Research. Bulletin* **82**: 4-63.
- Goff ML, Early M, Odom CB, Tullis K. 1986. A preliminary checklist of arthropods associated with exposed carrion in the Hawaiian Islands. *Proceedings Hawaiian Entomological Society*. **26**:53-57.
- Goff ML. 1992. Problems in estimation of postmortem interval resulting from wrapping of the corpse: a case study from Hawaii. *Journal of Agricultural Entomology*. **9**: 237-243.
- Goff ML. 2009. Early postmortem changes and stages of decomposition in exposed cadavers. *Experimental and Applied Acarology*. **49**: 21-36.
- Graham-Smith GS. 1930. The Oscinidae (Diptera) as vectors of conjunctivitis, and the anatomy of their mouth parts. *Parasitology*. **22**: 457-467.

- Grassberger M, Friedrich E, Reiter C. 2003. The blowfly *Chrysomya albiceps* (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae) as a new forensic indicator in Central Europe. *International journal of legal medicine*. **117**: 75-81.
- Hall RD, Doisy KE. 1993. Length of time after death: effect on attraction and oviposition or larviposition of midsummer blow flies (Diptera: Calliphoridae) and flesh flies (Diptera: Sarcophagidae) of medicolegal importance in Missouri. *Annals of the Entomological Society of America*. **86**: 589-593.
- Hardy E, Delfinado NM. 1980. *Insects of Hawaii*. Volume 13: Diptera: Cyclorrhapha III. University Press of Hawaii, Honolulu Hawaii.
- Haskell NH, Williams RE. 1990. Collection of entomological evidence at the death scene. *Entomology and death: A procedural guide*. 82-96.
- Haskell NH, McShaffrey DG, Hawley DA, Williams RE, Pless JE. 1989. Use of aquatic insects in determining submersion interval. *Journal of Forensic Science*. **34**: 622-632.
- Hawley DA, Haskell NH, McShaffrey DG, Williams RE, Pless JE. 1989. Identification of a red "fiber": chironomid larvae. *Journal of Forensic Science*. **34**: 617-621.
- Hennig W. 1965. Die Acalyptratae des Baltischen Bernsteins und ihre Bedeutung für die Erforschung der phylogenetischen Entwicklung dieser Dipteren-Gruppe. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde*. **145**: 1-215.
- Mook JH. 1967. Habitat selection by *Lipara lucens* Mg. (Diptera, Chloropidae) and its survival value. *Archives Neerlandaises de Zoologie*. **17**: 469-549.
- Introna JF, Altamura BM, Dell'Erba A. 1988. Experimental reconstruction of *Calliphora erythrocephala* and *Lucilia sericata* life-cycles in the growth cabinet. *Acta medicinae legalis et socialis*. **38**: 205.
- Introna JF, Altamura BM, Dell'Erba A, Dattoli V. 1989. Time since death definition by experimental reproduction of *Lucilia sericata* cycles in growth cabinet. *Journal of Forensic Science*. **34**: 478-480.
- Ismay JW, Nartshuk EP. 2000. Family Chloropidae. In: *Contributions to a Manual of palaeartic Diptera*. ScienceHerald, Budapest.
- Iturralde-Vinent MA, MacPhee RDE. 1996. Age and paleogeographical origin of Dominican amber. *Science*. **273**: 1850-1852.
- Johnson MD. 1975. Seasonal and microseral variations in the insect populations on carrion. *American Midland Naturalist*. **93**: 79-90.
- Jones FM. 1916. Two insect associates of the California pitcher plant *Darlingtonia californica* (Diptera). *Entomological News*. **27**: 385-392.

- Kamal AS. 1958. Comparative study of thirteen species of sarcosaprophagous Calliphoridae and Sarcophagidae (Diptera) I. Bionomics. *Annals of the Entomological Society of America*. **51**: 261-271.
- Kanmiya K. 1982. Two new species and three new records of the genus *Siphunculina* Rondani from Japan: Diptera: Chloropidae. *Medical Entomology and Zoology*. **33**: 111-121.
- Kanmiya K. 1983. A systematic study of the Japanese Chloropidae (Diptera). Entomological Society of Washington, Washington, D. C.
- Kanmiya K. 1989. Study on the eye-flies, *Siphunculina* Rondani from the Oriental region and far east (Diptera, Chloropidae). *Medical entomology and zoology*. **40**: 65-86.
- Kanmiya K. 1994. Studies on the eye-flies *Siphunculina* Rondani from Nepal (Diptera: Chloropidae). *Medical Entomology and Zoology*. **45**: 55-69.
- Kanmiya K, Iwasa M, Oikawa S. 2013. *Siphunculina* *quinquangula* (Loew) (Diptera, Chloropidae) new to Japan: Emergence from the remains stage of pig carcass, with the implications for forensic entomology. *Medical Entomology and Zoology*. **64**: 103-106.
- Keh B. (1985). Scope and applications of forensic entomology. *Annual review of entomology*. **30**: 137-154.
- Kirk-Spriggs AH, Ismay JW, Ackland M, Roháček J, Mathis WN, Foster GA., Pape T, Cranston PS, Meier R. 2001. Inter-tidal Diptera of southwestern Africa (Chironomidae, Canacidae, Chloropidae, Milichiidae, Tethinidae, Ephydriidae, Sphaeroceridae, Coelopidae, Sarcophagidae and Anthomyiidae). *Cimbebasia*. **17**: 85-135.
- Kramer H. 1917. Die Musciden der Oberlausitz. *Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Görlitz*. **28**: 257–352.
- Krivokhatskii VA, Nartshuk EP. 2001. Flies (Diptera) inhabiting bird nests in the " forest on the vorskla river" nature reserve (belgorod province). *Entomological Review*. **81**: 177-187.
- Kubík Š. 2006. Zelenuškovití (Diptera, Chloropidae) jako bioindikátoři antropogenní zátěže prostředí [Thesis]. Masarykova Univerzita, Brno
- Kubík Š, Preisler J, Vonička P. 2009. Zelenuškovití (Diptera: Chloropidae) Jizerských hor a Frýdlantska. Chloropidae (Diptera) of the Jizerské hory Mts and Frýdlant region (northern Bohemia, Czech Republic). *Sborník Severočeského Muzea, Přírodní Vědy. Liberec*. **27**: 141–147.
- Lane RP. 1975. An investigation into blowfly (Diptera: Calliphoridae) succession on corpses. *Journal of Natural History*. **9**: 581-588."

- Lord WD, Goff ML. 2003. Forensic entomology: application of entomological methods to the investigation of death. Handbook of Forensic Pathology. College of American Pathologists, Illinois.
- Lord WD, Stevenson JR. 1986. Directory of forensic entomologists. Defense Pest Management Information Analysis Center. Walter Reed Army Medical Center, Washington DC.
- Marchenko MI, Vinogradova EB. 1984. Effect of seasonal temperature changes on the rate of cadaver destruction by fly larvae. Sudebno-meditsinskaja ekspertiza. **27**: 11-14.
- Meek CL, Andis MD. 1983. Role of the entomologist in forensic pathology, including a selected bibliography. Entomological Society of America. **1**: 1-10.
- Mégnin JP. 1887. La faune des tombeaux. Gauthier-Villars, Paris.
- Mégnin JP. 1894. La faune des cadavres: application de l'entomologie à la médecine légale. Encyclopédie scientifique des Aides-mémoires. Gauthier-Villars, Paris.
- Nartshuk EP. 1962. On the Fauna and Ecology of Grass flies (Diptera, Chloropidae) of Leningrad Province. Trudy Zoologicheskogo Instituta, Akademiya Nauk SSSR. **31**: 251-275.
- Nartshuk EP. 1972. Predatism and parasitism in the evolution of chloropid flies (Diptera, Chloropidae). Zoologicheskii zhurnal. **51**: 1342-1352.
- Nartshuk EP. 1992 Flies of the Family Chloropidae from Vietnam and South China. Trudy Zoologicheskogo Instituta Akademii Nauk. **240**: 77-120.
- Nartshuk EP. 2000. Periodicity of outbreaks of predatory fly *Thaumatomyia notata* MG. (Diptera, Chloropidae) and its possible reasons. Entomological Review. **80**: 911-918.
- Nartshuk EP. 2001. Two new species of Siphunculina Rondani from South Africa (Diptera, Cyclorhapha, Chloropidae). Revue française d'entomologie (1979). **23**: 147-151.
- Nartshuk EP. 2006. Parasites of grass flies (Diptera, Chloropidae) from the order Hymenoptera in the Holarctic region. Entomological Review. **86**: 576-597.
- Nartshuk EP. 2012. A check list of the world genera of the family Chloropidae (Diptera, Cyclorhapha, Muscomorpha). Zootaxa. **3267**: 1-43.
- Nartshuk EP. 2014. Grass-fly larvae (Diptera, Chloropidae): diversity, habitats, and feeding specializations. Entomological Review. **94**: 514-525.
- Nartshuk EP, Martín BD, Marta I, Bordas SALOÑA. 2013. New Chloropidae from the Basque Country (northern Spain). Additions to the Chloropidae (Diptera) fauna from northern Spain, with new records. Boletín de la Asociación Española De Entomología. **37**: 173-179.

- Nartshuk EP & Fedoseeva LI. 2011. A review of grassflies of the genus *Meromyza* Meigen, 1830 (Diptera, Chloropidae) of the palaeartic fauna with a key to species, analysis of the synonymy, host specialization, and geographic distribution. Part 2. *Entomological Review* **91**: 778-795.
- Nartshuk EP, Sánchez I. 2010. A new species of *Lasiambia* Sabrosky (Diptera, Chloropidae) parasitic on Mantis oothecae. *Boletín de la SEA*. **46**: 83-86.
- Nartshuk EP, Smirnov EE, Fedoseeva LI. 1970. Chloropidae-Grass flies, In: Classification of the Insects in the European part of USSR. V. Diptera and fleas. Part 2. Akademii Nauk. USSR, Leningrad.
- Nicholson AJ. 1950. Competition for food amongst *Lucilia cuprina* larvae. In: Proceedings VIIIth International Congress of Entomology, Stockholm.
- Nishida K. 1984. Experimental studies on the estimation of postmortem intervals by means of fly larvae infesting human cadavers. *Nihon hoigaku zasshi*= The Japanese journal of legal medicine. **38**: 24.
- Nishida K, Shinonaga S, Kano R. 1986. Growth tables of fly larvae for the estimation of postmortem intervals. *Ochanomizu Medical Journal*. **34**:157-172.
- Norrbom AL. 1983. Four acalyprate Diptera reared from dead horseshoe crabs. *Entomological News*. **94**: 117-121.
- Oliveira TC, Vasconcelos SD. 2010. Insects (Diptera) associated with cadavers at the Institute of Legal Medicine in Pernambuco, Brazil: Implications for forensic entomology. *Forensic Science International*. **198**: 97-102.
- Parker JR. 1918. The life history and habits of *Chloropisca glabra* Meig., a predaceous Oscinid (Chloropid). *Journal of Economic Entomology*. **11**: 368-384.
- Parmenter L, Owen DF. 1954. The swift *Apus apus* L. as a predator of flies. *Journal of the Society of British Entomology*. **5**: 27-33.
- Payne JA. 1965. A summer carrion study of the baby pig *Sus scrofa* Linnaeus. *Ecology* **46**: 592-602.
- Prokhanov YaI, 1965. Grasslands and Recent Desert: Their Nature and Origin. *Trudy Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody*. **13**: 124–154.
- Raspi ALFIO. 1996. *Thaumatomyia elongatula* (Becker) (Chloropidae) and *Leucopis annulipes* Zetterstedt (Chamaemyiidae): two Diptera preying on *Phloeomyzus passerinii* (Signoret) (Homoptera: Phloeomyzidae) in Italy. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*. **98**: 509-516.

- Sabrosky CW. 1951. A review of the Nearctic species of *Lasiopleura* (Diptera, Chloropidae). *The Canadian Entomologist*. **83**: 336-343.
- Sabrosky CW. 1980. Family Chloropidae. In: Crosskey RW. (ed). *Catalogue of the Diptera of the Afrotropical Region*. British Museum (Natural History), London.
- Smith, KGV. 1973. *Insects and other arthropods of medical importance*. British Museum (Natural History), London.
- Smith KGV. 1986. *A Manual of Forensic Entomology*. British Museum (Natural History), London.
- Smith KGV. 1989. *An introduction to the immature stages of British flies: Diptera larvae, with notes on eggs, puparia and pupae*. Royal Entomological Society, London.
- Song C. 1981. *The washing away of wrongs: forensic medicine in thirteenth-century China* (No. 1). University of Michigan Press, Michigan.
- Spencer KA. 1978. "Notes on the Australian Chloropidae (Diptera) – 1. *Stuttgarter Beitrage zur Naturkunde*. **309 A**: 1–14.
- Spencer KA. 1985. Viviparity in the Chloropidae (Diptera). *Entomologist's Monthly Magazine*. **121**: 179-180.
- Šuláková H. 2014. Forenzní entomologie – když smrt je začátek. *Živa*. **5**: 250-256.
- Tabor KL, Brewster CC, Fell RD. 2004. Analysis of the successional patterns of insects on carrion in southwest Virginia. *Journal of Medical Entomology*. **41**: 785-795.
- Tabor KL, Fell RD, Brewster CC. 2005. Insect fauna visiting carrion in Southwest Virginia. *Forensic Science International*. **150**: 73-80.
- Tomberlin JK, Mohr R, Benbow ME, Tarone AM, Vanlaerhoven S. 2011. A roadmap for bridging basic and applied research in forensic entomology. *Annual Review of entomology*. **56**: 401-421.
- Tullis K, Goff ML. 1987. Arthropod succession in exposed carrion in a tropical rainforest on O'ahu Island, Hawai'i. *Journal of Medical Entomology*. **24**: 332-339.
- Vasconcelos SD, Araujo M. 2012. Necrophagous species of Diptera and Coleoptera in northeastern Brazil: state of the art and challenges for the Forensic Entomologist. *Revista Brasileira de Entomologia*. **56**: 7-14.
- Vasconcelos SD, Cruz T M, Salgado RL, Thyssen PJ. 2013. Dipterans associated with a decomposing animal carcass in a rainforest fragment in Brazil: notes on the early arrival and colonization by necrophagous species. *Journal of Insect Science* **13**: 145.
- Vinogradova EB, Marchenko MI. 1984. The use of temperature parameters of fly growth in the medicolegal practice. *Sudebno-meditsinskaia ekspertiza*. **27**:16-19.

- Von Tschirnhaus M. 1992. Minier-und Halmfliegen (Agromyzidae, Chloropidae) und 52 weitere Familien (Diptera) aus Malaise-Fallen in Kiesgruben und einem Vorstadtgarten in Köln. *Decheniana-Beihefte*. **31**: 445-497.
- Von Tschirnhaus M, Hoffeins C. 2009. Fossil flies in Baltic amber—insights in the diversity of Tertiary Acalyptratae (Diptera, Schizophora), with new morphological characters and a key based on 1,000 collected inclusions. *Denisia*. **26**: 171-212.
- Wiegmann BM, Trautwein MD, Winkler IS, Barr NB, Kim JW, Lambkin C, Bertone MA, Cassel BK, Bayless KM, Heimberg AM, Wheeler BM, Peterson KJ, Pape T, Sinclair BJ, Skevington JH, Blagoderov V, Caravas J, Kutty SN, Schmidt-Ott U, Kampmeier GE, Thompson FCh, Grimaldi DA, Beckenbach AT, Courtney GW, Friedrich M, Meier R, Yeates DK. 2011. Episodic radiations in the fly tree of life. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. **108**: 5690-5695.
- Wongsiri T, Navavichit S, Nilpanit P, Yano K, Yasumatsu K. 1974. Remarks on two noteworthy dipterous predators of the larvae of stalk borers including *Chilo polychrysus* (Meyrick) in South East Asia. *Mushi*. **47**: 111-117.
- Yovanovitch GP. 1888. *Entomologie appliquée à la médecine légale* (Entomology applied to legal medicine). Ollier-Henry, Paris.
- Zumpt F. 1965. *Myiasis in man and animals in the Old World. A textbook for physicians, veterinarians and zoologists*. Butterworths, London.
- Zwölfer H. 1958. Zur Systematic, Biologie und Ökologie unterirdisch lebender Aphiden (Homoptera, Aphidoidea) (Anoeciinae, Tetraneurini, Pemphigini und Fordinae), Teil IV (Ökologische und systematische Erörterungen). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. **43**: 1–52.

9 Seznam zkratk

ČR	Česká republika
ČZU	Česká zemědělská univerzita
F	Samice
f1	Přední pár stehen
f2	Střední pár stehen
f3	Zadní pár stehen
FAPPZ	Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
M	Samec
PMI	Post mortem interval
t1	Přední pár holení
t2	Střední pár holení
t3	Zadní pár holení

10 Přílohy



Obrázek 9 Pokusné prase domácí (Zdroj: H. Šuláková)



Obrázek 10 Pyramidová past (Zdroj: H. Šuláková)



Obrázek 11 Pyramidová past (Zdroj: H. Šuláková)