

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**  
**AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**BRNO 2017**

**Bc. Jana Horáková**

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Agronomická fakulta**  
**Ústav morfologie, fyziologie a genetiky zvířat**

---



**Vliv klimatických podmínek na rozklad těl obratlovců v zimních  
měsících**

Diplomová práce

*Vedoucí práce:*

prof. Ing. Tomáš Urban, Ph.D.

*Vypracoval:*

Bc. Jana Horáková

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: *Vliv klimatických podmínek na rozklad těl obratlovců v zimních měsících* vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....  
podpis

## **Poděkování**

Děkuji prof. Ing. Tomáši Urbanovi, Ph.D., Ing. Tamaře Mífkové a pplk. Ing. Haně Šulákové, Ph.D. za pomoc při zpracování diplomové práce.

## **Abstrakt**

**Název práce:** Vliv klimatických podmínek na rozklad těl obratlovců v zimních měsících

**Autor:** Bc. Jana Horáková

Tato práce se zabývá rozkladem těla obratlovců v zimních měsících. Úvodní, teoretická část, je věnována rozkladným procesům obratlovců a osidlování těla hmyzem. Dále jsou popsány jednotlivé čeledi hmyzu s jejich zástupci, vyskytujícími se na kadaverech, a působení klimatických podmínek na jejich vývoj. Zmíněna je také diapauza, která se podílí na úrovni chladové odolnosti hmyzu. V lokalitě Brno bylo založeno 7 pokusných polí, objektem pokusu byla kuřata. Výzkum probíhal od 02.12.2016 do 30.03.2017. V týdenních intervalech probíhal monitoring založených kadaverů se zaměřením na probíhající rozklad a později na sběr nekrofágní fauny v souvislosti s aktuálními klimatickými podmínkami. V průběhu pokusu bylo na kadaverech zjištěno 11 druhů nekrofágní fauny, z toho 5 z řádu Diptera a 6 z řádu Coleoptera. Determinace hmyzu proběhla v Kriminologickém ústavu Praha pplk. Ing. Hanou Šulákovou, Ph. D. Výsledky byly porovnány s výzkumy jiných autorů, s nimiž se v zásadě shodují.

**Klíčová slova:** entomologie, dvoukřídlí, brouci

## **Abstrakt**

**Name of work:** Influence of climatic conditions on the decomposition of vertebrate bodies during the winter months

**Autor:** Bc. Jana Horáková

This work deals with decomposition of the vertebrate body during the winter months. The introductory, theoretical part is devoted to the vertebrate decomposition processes and the insect body settlement. It also describes individual insect families with their representatives on cadavers, and the influence of climatic conditions on their development. Also mentioned is diapauza, which contributes to the level of cold resistance of insects. At the site of Brno, 7 experimental fields were set up, the object of the experiment was chickens. The research ran from 02.12.2016 to 30.03.2017. At weekly intervals, monitoring of cadavers based on ongoing decomposition and later on the collection of necrophagous fauna in connection with current climatic conditions took place. During the experiment, 11 species of necrophagous fauna were found on cadavers, 5 of them from Diptera and 6 from Coleoptera. Determination of insects took place at the Prague Institute of Criminology by pplk. Ing. Hana Šuláková. The results were compared with those of other authors with whom they basically agree.

**Keywords:** Entomology, Diptera, Coleoptera

# Obsah

Obsah.....	1
1. ÚVOD .....	3
2. CÍL PRÁCE.....	4
3. LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	5
3.1. Tafonomie .....	5
3.2. Dekompozice mrtvého těla – posmrtné změny.....	5
3.2.1. Časné .....	6
3.2.2. Pozdní posmrtné změny.....	7
3.2.3. Atypické posmrtné změny .....	8
3.3. Dekompozice mrtvého těla činností hmyzu.....	9
3.3.1. Rozklad těla za absence hmyzu .....	9
3.3.2. Rozklad těla za přítomnosti hmyzu .....	9
3.3.3. Osidlování mrtvého těla nekrofágní faunou - sukcesní vlny .....	10
3.4. Mrtvé tělo jako potravní zdroj .....	13
3.4.1. Nekrofágní druhy.....	14
3.4.2. Predátoři, parazité a parazitoidi nekrofágních druhů.....	14
3.4.3. Omnivorní druhy .....	14
3.4.4. Náhodní konzumenti.....	14
3.5. Forenzní entomologie .....	15
3.6. Forenzně významný hmyz .....	15
3.6.1. Řád: Dvokřídílí (Diptera).....	15
3.6.2. Řád: Brouci (Coleoptera).....	17
3.7. Vliv teploty na rozklad těla.....	19
3.7.1. Fenologie .....	20
3.7.2. Diapauza .....	20
3.7.3. Interakce teploty a vlhkosti.....	21
3.8. Podmínky prostředí – uložení těla .....	21
3.8.1. Uzavřené prostory.....	21
3.8.2. Zahrabání .....	21
3.8.3. Ve vodním prostředí .....	22
3.8.4. Ve vzduchu .....	22
4. MATERIÁL A METODIKA .....	23
4.1. Studie – osidlování těla zástupci Piophilidae.....	28

4.2. Studie – rozklad těla obratlovců s počátkem na jaře, v létě a v zimě.....	29
5. ZÁVĚR.....	37
6. SEZNAM LITERATURY.....	38
7. SEZNAM TABULEK.....	43
8. SEZNAM OBRÁZKŮ .....	43
9. PŘÍLOHY.....	44



# 1 ÚVOD

Dekompozice mrtvého těla je kontinuální proces, jehož rychlost je ovlivněna řadou faktorů. Jedná se o specifický stav těla a vnější vlivy. Vnějšími faktory jsou zeměpisná poloha, klimatické podmínky, roční období, vlhkostní a teplotní poměry, přístup nebo proudění vzduchu, fotoperioda, substrát, na němž, nebo v němž, je tělo uloženo, zakrytí či zahrabání nebo přítomnost nekrofágní fauny (Matuzewski et al. 2010, Anton et al. 2011). Po smrti tělo prochází několika fázemi, se kterými se pojí změny na těle. Jedná se o chladnutí, posmrtnou ztuhlost, posmrtné skvrny, autolýzu, hnilobu a tlení. Může také dojít k atypickým posmrtným změnám – zmydelnění nebo mumifikaci. Tyto fáze jsou ovlivněny různými faktory, významnou roli hrají klimatické podmínky, zejména teplota a vlhkostní poměry (Kvapilová a Dogoši 2007).

Mrtvá těla jsou nutričně bohatým zdrojem potravy, proto bývají často navštěvovány či osidlovány různými živočichy. Kadavery využívá široké spektrum živočichů od bakterií a mikroskopických hub přes různé taxony bezobratlých až po velké obratlovce (Rozen et al. 2008). Primární a nejpočetnější skupinou, kolonizující mrtvé tělo, je hmyz. Přítomnost hmyzu na těle urychluje jeho rozklad prostřednictvím trávicích šťáv, uvolňovaných do tkání, mechanickým rozrušováním tkání a šířením bakterií (Gunn 2008).

Hmyz je skupinou poikilotermních organismů, kdy teplota těla závisí na okolním prostředí, z tohoto důvodu má vnější teplota zásadní význam pro jeho život. Ovlivňuje veškeré životní projevy: vývoj, příjem potravy, reprodukci, výskyt a aktivitu. Potencionální aktivita hmyzu je v našich klimatických podmínkách zhruba 6 měsíců, začíná dle aktuálních podmínek v druhé dekádě dubna a končí v druhé dekádě října. Sezónnost je důležitým faktorem, ovlivňující rozklad mrtvého těla. Jde o rozdílnou distribuci organismů a jejich základních životních projevů v závislosti na střídání ročních období (Hájková 2012).

## 2 CÍL PRÁCE

V průběhu tvorby diplomové práce, zaměřené na rozklad těla obratlovců v zimních měsících, byla založena pokusná pole a probíhal monitoring jednotlivých kadaverů, spojený s vizuálním a slovním hodnocením jejich stavu a fotodokumentací. V průběhu monitoringu byl prováděn odběr hmyzu na těle a v jeho blízkosti. Jednotlivá stadia hmyzu byla odchycena a usmrcena, poté proběhla jejich determinace. Současně byly sledovány klimatické podmínky v místě založeného pokusného pole. Cílem práce bylo zjistit, jak okolní teplota v zimních měsících ovlivňuje rozklad těla obratlovců a získané výsledky porovnat s ostatními výzkumy. Dále pak, zda se hmyz v zimních měsících podílí na rozkladu.

### 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

#### a. Tafonomie

Mrtvá těla podléhají různým změnám, které mohou být uměle vytvořené či způsobené přírodními podmínkami. Jedná se o působení živočichů, vlivů klimatických podmínek, přesun těla nebo jeho pohřbení apod. Snaží se o pochopení pohřbívacích procesů, které mají význam pro paleobiologické a paleoekologické interpretace (Kvapilová a Dogoši 2007).

Různými vlivy a zákonitostmi, které působí na organismy od doby smrti do jejich objevení, respektive do chvíle, kdy se stávají předmětem lidského zájmu, se zabývá tafonomie (White 2012). Slovo tafonomie pochází z řeckých slov: „taphos“ – v překladu smrt a „nomos“ – v překladu princip. Je to nauka o transportu, akumulaci, fosilizaci a změnách organických zbytků v průběhu diagenese (zpevňování sedimentů) a jejich metamorfózy (Pokorný et al. 1992, Behrensmeier et al. 2000). Snaží se o pochopení procesů, které nastávají po odumření organismů a mají význam pro paleobiologické a paleoekologické interpretace (Pokorný et al. 1992, Lyman 1994). Jednou z hlavních úloh tafonomie je co nejpřesnější poznání vlivů, které působily na organické zbytky (Thurzo a Beňuš 2005). Obor tafonomie se nezabývá striktně fosilním zkoumáním, ale spadá i do oblastí věd, zabývajících se mladšími obdobími. Z tohoto důvodu má rozsáhlé využití v dalších vědních oblastech, zkoumajících posmrtné změny organismů. Mnohé vědní obory se s předmětem zkoumání tafonomie prolínají, jedná se např. o antropologii, kriminalistiku a soudní lékařství. Další z oblastí je experimentální tafonomie. Její podstatou je výzkum, založený na pokusech za sledovaných podmínek. Řadí se sem forenzní tafonomie, při níž se využívají tafonomické modely a analýzy ve forenzní (kriminalistické) praxi. Jejím principem je stanovení času, který uplynul od smrti, rekonstrukce predepozičních a postdepozičních dějů a rozlišení vlivů, způsobených člověkem, od jiných vlivů (biologických, geologických, fyzikálních, chemických apod.) (Lyman 1994, Thurzo a Beňuš 2005). Tělo je vnímáno jako součást ekosystému.

#### b. Dekompozice mrtvého těla – posmrtné změny

Dekompozice mrtvého těla je kontinuální proces, jehož rychlost je ovlivněna řadou faktorů. Jedná se o specifický stav těla a vnější vlivy. Vnějšími faktory jsou zeměpisná poloha, klimatické podmínky,

roční období, vlhkostní a teplotní poměry, přístup nebo proudění vzduchu, fotoperioda, substrát, na němž, nebo v němž, je tělo uloženo, zakrytí či zahrabání nebo přítomnost nekrofágní fauny (Matuzewski et al. 2010, Anton et al. 2011). Způsob a rychlost rozkladu dále závisí na stáří těla, jeho velikosti, pohlaví, zdravotním stavu, vrstvě podkožního tuku, tělním pokryvu, příčině úmrtí (krvácivá traumata, perforace střeva) (Carter et al. 2007, Gennard 2007).

Po smrti prochází tělo několika fázemi, se kterými se pojí změny na těle:

### 3.2.1. Časné

#### 3.2.1.1. Chladnutí

Chladnutí je výsledkem zástavy tvorby tepla v organismu v důsledku vyhasnutí metabolické činnosti a vyrovnávání teploty těla s okolním prostředím (Kvapilová a Dogoši 2007). Rychlost chladnutí závisí především na okolní teplotě, na proudění a vlhkosti vzduchu, oblečení či zakrytí těla, dále na věku a velikosti těla, vrstvě podkožního tuku, druhu podložky, na níž tělo spočívá a na způsobu a příčině smrti (Tesař 1958, Štefan et al. 2012). Klesání teploty různých částí těla je nerovnoměrné, jako první začínají chladnout periferní části. Při běžné pokojové teplotě teplota v konečniku klesá průměrně o 1°C za hodinu (Hirt 2008).

#### 3.2.1.1. Posmrtná ztuhlost

Bezprostředně po smrti dochází k ochabnutí svalů, po němž nastupuje ztuhlost hladkého i příčně pruhovaného svalstva (Tesař 1958, Dvořáček 2013). Děje se tak z důvodu biochemických přeměn svalové bílkoviny (Štefan a Mach 2005). Ztuhlost nastupuje asi za 2-3 hodiny po smrti, nejprve na obličejových svalech, šíří se přes svalstvo šíje, horních končetin a trupu na dolní končetiny. Plně vyvinutá je v závislosti na ostatních faktorech po 6-10 hodinách (Kvapilová a Dogoši 2007). Ztuhlost následně ustupuje ve stejném postupu tak, jak vznikla. Rychlost rozvoje posmrtné ztuhlosti, její stupeň a doba jejího trvání je ovlivněna mnoha faktory, především okolní teplotou, při nižší teplotě se její trvání prodlužuje (Dvořáček 2013).

#### 3.2.1.2. Posmrtné skvrny

Posmrtné skvrny vznikají účinky:

- **gravitace:** klesáním krve do nejnižše uložených částí těla, kde nejsou stlačeny podkožní cévy

- **prosakování:** pronikáním tekutiny cévní stěnou, což má za následek zahušťování krve v cévách
- **hemolýzou:** uvolňováním krevního barviva z rozpadajících se červených krvinek (Kvapilová a Dogoši 2007)

Posmrtné skvrny mají nejčastěji červeno-fialovou barvu. Při pokojové teplotě se mohou začít objevovat již půl hodiny po smrti, jedná se o stadium hypostázy a je zde uplatňován gravitační účinek. U člověka, který po smrti leží na zádech, jsou zřejmé na bočních plochách krku a v oblasti beder (Štefan a Mach 2005). Za 3-6 hodin po smrti je nalézáme v oblasti trupu, na zadních plochách horních a dolních končetin, kde jsou zpravidla mapovité, později však začnou splývat a jsou stále výraznější. V tomto stadiu lze skvrny zatlačit tlakem bříška prstu (Kvapilová a Dogoši 2007). Za 10 hodin až 3-4 dny po smrti vzniká stadium posmrtné stázy, stálost posmrtných skvrn se zvyšuje, což je způsobeno zahušťováním krve (Hirt 2008). Po uplynutí 3-4 dnů po smrti nastává stadium posmrtné inhibice, v této fázi se na rozvoji mrtvolných skvrn uplatňuje hemolýza a stávají se trvalými (Dvořáček 2013).

#### **3.2.1.3. Zasychání kůže a sliznic**

Zasychání kůže a sliznic vzniká ztrátou vody, která se odpařuje z povrchu těla (Tesař 1958, Dvořáček 2013). Kůže zasychá tam, kde je zaživa pokožka tenká a vlhká nebo tam, kde je porušena rohová vrstva kůže. Zasychání je nejvíce patrné na rtech, spojivkách, genitálu a pokožce, jejíž povrch byl po smrti porušen (Štefan et al. 2012).

#### **3.2.1.4. Autolýza**

Po smrti buňky ztrácí odolnost proti vlastním enzymům, uložených v lysozomech, což velmi brzy vyvolává hluboké změny buněčných a tkáňových struktur, dochází k tzv. samonatrávení (Hirt 2008). Po smrti působí hlavně proteolytické fermenty, štěpící bílkoviny. K urychlení autolýzy napomáhá vysoká teplota (Štefan et al. 2012).

### **3.2.2. Pozdní posmrtné změny**

Pozdní posmrtné změny zahrnují hnilobu a tlení. Jedná se o rozkladné procesy, které vedou k úplné dekompozici mrtvého těla. Navazují na autolytické rozkladné procesy (Kvapilová a Dogoši 2007).

### **3.2.2.1. Hniloba**

Hniloba je anaerobní redukční děj, při němž jsou za účasti hnilobných bakterií rozkládány organické substance těla (Kvapilová a Dogoši 2007). Hnilobný rozklad podmiňuje střevní mikroflóra, která se po smrti rychle pomnoží a pronikne do cévního systému. Další hnilobné bakterie se do těla dostávají dýchacími cestami a kůží (Tesař 1958, Dvořáček 2013). Hnilobné bakterie se šíří především krví a difúzí plynů dochází k nazelenalému zbarvení kůže, které se při pokojové teplotě projevuje za 2-3 dny nejprve v oblasti podbřišku (Kvapilová a Dogoši 2007). Bakteriálním rozkladem se vytváří hnilobné plyny jako je metan, sirovodík, methylmerkaptan, amoniak a oxid uhličitý. Produkovanými plyny se břicho vzdouvá a plyny prostupují všemi tkáněmi (Hirt 2008). Kůže se stává slizkou, špinavě hnědo zelenou, tvoří se v ní hnilobné puchýře, naplněné hnědočervenou tekutinou (Dvořáček 2013). Pokožka se v cárech začíná odlupovat, dochází k vymizení tělesných tekutin a vysychání těla (Štefan et al. 2012). Hniloba probíhá nejrychleji na vzduchu, pomaleji ve vodě a nejpomaleji v zemi. Zákonitosti hnilobného rozpadu v roce 1958 podrobně popsal Johann Ludvig Casper. Casperovo pravidlo určuje přibližný poměr rychlosti hnilobného rozkladu 8:2:1. Po rozložení všech tkání nastává tlení, které celý proces rozkladu končí (Hirt 2008).

### **3.2.2.2. Tlení**

Tlení nelze od hniloby přesně odlišit, a to hlavně v době počátečního souběžného průběhu (Štefan et al. 2012). Podstatou tlení jsou oxidační procesy a podílí se na něm aerobní bakterie, kvasinky a plísně (Dvořáček 2013). V závislosti na okolních podmínkách probíhá několik měsíců i let a vede k úplnému rozkladu těla (Štefan a Hladík 2013). Za 1-2 roky v zemi nacházíme otevřenou břišní a hrudní dutinu, orgány a tkáně jsou rozloženy, kosti jsou spojeny kloubními pouzdry, chrupavkami a šlachami. Po delší době, zpravidla za 7-10 let se v zemi nachází pouze jednotlivé kosti (Kvapilová a Dogoši 2007).

## **3.2.3. Atypické posmrtné změny**

Jedná se o přerušení rozkladných procesů a přírodní konzervaci těla (Tesař 1958).

### **3.2.3.1. Mumifikace**

Mumifikace je zvláštní formou rozkladu a dochází k ní v suchém a teplém prostředí s proudícím vzduchem, kdy je ve tkáních nedostatek vody. Za příznivých podmínek může

k plně vyvinuté mumifikaci dojít za 2-3 měsíce (Hirt 2008). Mumifikované tělo má v konečné fázi vyschlou, svraštelou, tmavě hnědou kůži (Gennard 2007).

### **3.2.3.2. Zmýdelnění – adipocere**

K procesu zmýdelnění dochází při rozkladu ve vodě nebo ve velmi vlhkém prostředí za nepřístupu vzduchu (Tesař 1958, Kvapilová a Dogoši 2007). Podstatou je přeměna tukové tkáně v bělavě žlutou mazlavou hmotu. Probíhajícími biochemickými procesy vznikají sloučeniny, impregnující napřed kůži, později i svaly a vnitřní orgány (Kvapilová a Dogoši 2007). Rychlost závisí hlavně na množství podkožního tuku (Dvořáček 2013).

## **3.3. Dekompozice mrtvého těla činností hmyzu**

Pro zjednodušení popisu rozkladu mrtvého těla za přítomnosti hmyzu došlo k jeho rozdělení do několika na sebe navazujících částí. Jednou z prvních vědeckých prací v této oblasti je La Faune des Cadavers (Méglin 1984 in Miralbes 2002), v níž je rozklad těla rozdělen na 8 sukcesních vln. S rozvojem forenzní entomologie ve 20. století byla této problematice věnována větší pozornost a Méglinova stupnice byla různě upravována, např. Payne (1965) popisuje 6 fází rozkladu mrtvého těla za účasti hmyzu, Anderson a Vanlaerhoven (1996) 5 fází, Reed (1958) 4 fáze: čerstvá mrtvola (fresh), nafouknutá (bloated), hnití (decay), vysušená (dry), Fuller (1934) 3 fáze, Cornaby (1974), který se zabýval výzkumem ektotermních živočichů, popsal jejich rozklad bez rozdělení na jednotlivé fáze.

### **3.3.1. Rozklad těla za absence hmyzu**

Přítomnost a abundance nekrofágní fauny ovlivňuje rychlost dekompozice těla. Rozklad mrtvého těla za absence hmyzu probíhá pomaleji než těla, kolonizovaného hmyzem, a způsobuje odlišný průběh rozkladu (Payne 1965, Simmons et al. 2010, Gennard 2007, Kočárek 2003). Např. fáze nafouknutá (bloated) trvá mnohem delší dobu, protože nedochází k perforaci tělní dutiny hmyzem (Pechal et al. 2014). Mršina je častěji mumifikována, což se u kolonizované mršiny stává velmi zřídka (Kočárek 2003).

### **3.3.2. Rozklad těla za přítomnosti hmyzu**

Mrtvá těla jsou nutričně bohatým zdrojem potravy, proto bývají často navštěvovány či osidlovány různými živočichy. Primární a nejpočetnější skupinou, kolonizující mrtvé tělo, je hmyz. Přítomnost hmyzu na těle urychluje jeho rozklad prostřednictvím trávicích šťáv, uvolňovaných do tkání, mechanickým rozrušováním tkání a šířením bakterií. (Gunn 2008). Největší zastoupení hmyzu, vyskytujícím se na mršině, náleží řádu dvoukřídlí (Diptera) a brouci (Coleoptera) (Payne 1965, Daněk 1990, Gennard 2007). Jejich zástupci mají na rozkladu tkání nejvyšší podíl (Gill 2005). Na mršinách se dále vyskytují zástupci pavouků (Araneae), sekáčů (Opiliones), roztočů (Acari), zástupci řádů blanokřídlí (Hymenoptera), převážně mravenci (Formicidae) či sršňovití (Vespidae), motýli (Lepidoptera), vzácněji lumci (Ichneumonidae). Dále byli pozorováni škvoři (Dermaptera), srpice (Mecoptera), pisivky (Psocoptera), rovnokřídlí (Orthoptera), chvostokoci (Collembola), ploštice (Hemiptera), síťokřídlí (Neuroptera) (Payne 1965, Amendt et al. 2011, Gennard 2007). Mezi další mrchožravé živočichy patří i někteří ptáci (Aves) či savci (Mammalia), ve vodě je tělo napadáno rybami (Pisces) a raky (Astacidae).

Podle Daňka (1990) je pro podrobnou charakteristiku nekrofágního hmyzu a pro zdůraznění jeho identifikačního významu v našich podmínkách vhodné rozeznávat 8 sukcesních vln, v nichž hmyz útočí na volně uložené tělo. Ve své práci jsem zvolila toto rozdělení.

### **3.3.3. Osidlování mrtvého těla nekrofágní faunou - sukcesní vlny**

Princip forenzní entomologie vychází ze skutečnosti, že bezobratlí se na mrtvém těle nevyskytují současně, ale kolonizují je postupně, v tzv. sukcesních vlnách (Šuláková 2014). Sukcese, jak ji v r. 1916 definoval F. E. Clements, je nesezónní, směřovaný a kontinuální proces kolonizace a zániku populací jednotlivých druhů na určitém místě (Clements 2016).

#### **3.3.3.1. Sukcesní vlna – čerstvé tělo**

V okamžiku smrti nedochází k viditelným změnám ani k rozvoji typického zápachu, jedná se o stadium, označované jako **čerstvý (fresh)** (Reed 1958). Přesto již v tomto stadiu jsou někteří nekrofágové schopni na mrtvé tělo nalézt a začít ho kolonizovat (Byrd a Castner 2010). V tomto období se vyskytují dvě skupiny bezobratlých. První jsou zástupci řádu blanokřídlí (Hymenoptera), čeled' mravencovití (Formicidae) a sršňovití (Vespidae), kteří se



živí přímo tkáněmi. Na těle setrvávají pouze po dobu, kdy přijímají potravu, poté ho opouští (Gunn 2008). Druhou skupinou jsou zástupci řádu Diptera, čeleď bzučivkovití (Calliphoridae), kteří jsou přitahováni pachem krve, potu a dalšími tělními výměšky (Daněk 1990, Štefan et al. 2012). Calliphoridae může za příznivých podmínek začít na kadaver klást vajíčka již několik minut po smrti nebo dokonce již před smrtí, má-li tělo krvácivé zranění, protože pach krve je pro hmyz silný atraktant (Šuláková 2014). Samičky kladou vajíčka na přístupné sliznice očí, nosu, úst, uší, v blízkosti urogenitálního traktu nebo konečníku, do krvácejících ran a do oděvu, nasáklého krví (Byrd a Castner 2010).

### 3.3.3.2. *Sukcesní vlna – nadmuté tělo*

Je charakteristické rozvojem hnilobného zápachu, který vzniká bakteriálním rozkladem v trávicím ústrojí. Dochází k uvolňování plynů, což vede k nafouknutí mrtvého těla. (Daněk 1990, Carter et al. 2007), jedná se o stadium, označované jako **nafouknuté (bloated)** (Reed 1958). Tato situace nastává v letních měsících již druhý den. Pokračuje destruktivní činnost larev much 1. vlny a jejich další nálet. Mršina je silně atraktivní pro další skupinu kolonizátorů z čeledi masařkovití (Sarcophagidae) a moučovití (Muscidae) (Gennard 2007, Byrd a Castner 2010). Páchnoucí plynné látky lákají typické nekrofágy z řad brouků, jedná se o zástupce čeledi mrchožroutovití (Silphidae), objevují se hrobařiči rodu *Nicrophorus* (Eliášová a Šuláková 2012). Protože parazity těchto brouků bývají různí roztoči, setkáváme se i se zástupci tohoto řádu. Tato fáze obvykle končí otevřením břišní dutiny, nejčastěji v důsledku aktivity muších larev (Gennard 2007).

### 3.3.3.3. *Sukcesní vlna – biochemicky aktivní rozklad – fermentace tuků*

Ve fázi **aktivního rozkladu (aktive decay)** dochází působením mikroorganismů a nekrofágního hmyzu k masivnímu rozkladu měkkých tkání (Payne 1965). Díky aktivitě muších larev a metabolické aktivitě bakterií se zvyšuje teplota mršiny (Gill 2005). Dochází ke zmýdelnění tuků, přičemž vznikají těkavé mastné kyseliny, především kyselina máselná, jejíž pach je atraktantem pro další skupinu hmyzu (Byrd a Castner 2010, Eliášová a Šuláková 2012). Na mrtvém těle dále přežívají někteří brouci 2. vlny, nově jsou zaznamenáni zástupci čeledi pestrokrovečnickovití (Cleridae). Vznikají tekuté produkty, které prosakují do substrátu a k tělu jsou přitahováni nekrobiontní predátoři. Objevují se brouci z čeledi drabčíkovití (Staphylinidae), mršníkovití (Histeridae) (Eliášová a Šuláková 2012), kteří zde nachází dostatek potravy ve formě vajíček a larev much a drobných dospělců hmyzu (Gennard 2007). Zápachem bývá přilákán zavíječ *Aglossa pinguinalis* (Daněk 1990).

#### 3.3.3.4. *Sukcesní vlna – biochemicky aktivní rozklad – fermentace proteinů*

Fermentace proteinů bývá označována termínem sýrová fermentace, protože se při ní uvolňují látky, jejichž zápach připomíná zrající sýr (Daněk 1990, Byrd a Castner 2010). Aroma láká drobné mušky z čeledi sýrohlodkovití (Piophilidae), kmitalkovití (Sepsidae), slunilkovití (Fanniidae), z brouků nalézáme zástupce čeledi kožojedovití (Dermestidae) a pestrokrovečnickovití (Cleridae), z dospělců to jsou drabčící, mršníci a lesknáčci (Šuláková 2014), kmitalkovití (Sepsidae), slunilkovití (Fanniidae), pestřenkovití (Sylphidae) (Daněk 1990, Gennard 2007). S úbytkem měkkých tkání klesá početní i druhové zastoupení typických nekrofágů předešlé vlny. Z brouků na těle nalézáme zástupce čeledi kožojedovití (Dermestidae) (Amendt et al. 2011)

Protože fermentace tuků a proteinů může na různých částech těla probíhat současně, může se kolonizace těla uvedenými druhy prolínat.

#### 3.3.3.5. *Sukcesní vlna – pokročilý rozklad – čpavková fermentace*

Ve fázi **pokročilého rozkladu (advanced decay)** mrtvola dosahuje stádia čpavkové fermentace, v níž se uvolňují amoniakální plyny (Payne 1965, Eliášová a Šuláková 2012), které lákají drobné mušky hrbilky (Phoridae) (Eliášová a Šuláková 2012). Pokračuje úbytek hmoty mršiny a tím i zástupců nekrofágů 1-3 vlny, s úbytkem potravy se snižuje i počet predátorů z řad brouků (Daněk 1990). Vyvíjí se larvy zástupců čeledi sýrohlodkovití, kmitalkovití a slunilkovití, kožojedovití a pestrokrovečnickovití (Gunn 2008) a dospělci drabčikovitých, mršnikovitých a lesknáčkovitých (Byrd a Castner 2010). V podloží lze nalézt kukly kolonizujících brouků (Daněk 1990, Štefan et al. 2012).

#### 3.3.3.6. *Sukcesní vlna – vysychání zbytků měkkých tkání*

Po fázi pokročilého rozkladu dochází k vysoušení zbytků měkkých tkání. Toto období nastává dle podmínek koncem prvního nebo během druhého roku (Daněk 1990, Eliášová a Šuláková 2012). Na rozkladu se podílí larvy sýrohlodkovitých a hrbilkovitých (Štefan et al. 2013), kožojedovití a pestrokrovečnickovití (Gennard 2007). Zbytky nově kolonizují brouci z čeledi hlodáčovití (Trogidae), zvyšuje se zastoupení roztočů (Acari), kteří se živí proteiny živočišného původu, napadají kostní dřev a urychlují rozpad kostí (Daněk 1990, Eliášová a Šuláková 2012).

### 3.3.3.7. *Sukcesní vlna – kosterní zbytky*

Mrtvola je již zcela vysušená, zbývají pouze kosti, chrupavky, vazivo, kůže, srst, peří, šupiny (Gennard 2007). Typickými obyvateli jsou v této fázi roztoči a červotočovití (*Anobiidae*) (Štefan et al. 2012). Na mrtvole v uzavřeném prostoru se můžeme setkat s hmyzem, napadajícím sušené maso, kosti, kůži, peří, kožešiny, vlnu a různé potraviny, kožojedem obecným (*Dermestes lardarius*), kožešinožroutem obecným (*Attagenus pellio*) a s rušníkem muzejním (*Anthrenus museorum*). Ve volném terénu se tato fauna téměř nevyskytuje (Šuláková 2014).

### 3.3.3.8. *Sukcesní vlna – vysušené tělo (remains)*

Tuto vlnu lze pozorovat na mrtvole, která je ve volném terénu více než 3 roky. Vyskytují se různé druhy roztočů (Daněk 1990, Eliášová a Šuláková 2012).

Jednotlivé sukcesní vlny od sebe nejsou jasně odděleny, ale celý proces probíhá plynule. Protože vývin každého vývojového stadia trvá určitou dobu, na těle téměř vždy nalezneme zástupce několika sukcesních vln současně, a to v podobě prvních dospělců, vajíček, larev různých instarů, puparií a kukel, případně nově vylíhlých jedinců (Šuláková 2014). V případě dlouhotrvajících veder s dostatkem vlhkosti mohou některé fáze splývat. Množství a podíl zastoupených organismů se váže na specifický biotop, roční období, mikroklimatické podmínky, stav mrtvoly či místo uložení, činnost některých živočichů nebo člověka, čímž dochází k ovlivnění kolonizace (Daněk 1990). Sukcese těla při volné expozici má jiná specifika než rozklad v uzavřených prostorech, v půdě či ve vodě (Gennard 2007). Působením různých fyzikálních, chemických a biologických faktorů může dojít ke zpomalení nebo inhibici kolonizace. Jedná se o přirozené faktory, související s ročním obdobím, klimatickými podmínkami, charakteristikou biotopu, nebo o umělé faktory, jako je např. použití různých chemikálií, manipulace s tělem (vlození do obalu, přikrytí, zakopání apod.) (Amendt et al. 2011).

## 3.4. **Mrtvé tělo jako potravní zdroj**

Mrtvá těla živočichů (kadavery) jsou bohatý potravní zdroj, který má efemérní povahu, je velice úživný a snadno využitelný (Horenstein a Linhares 2011), proto je o něho vedena

intenzivní kompetice. Kadavery využívá široké spektrum živočichů od bakterií a mikroskopických hub přes různé taxony bezobratlých až po velké obratlovce (Rozen et al. 2008).

Na kadaverech lze nalézt široké spektrum živočichů, někteří ho využívají jako přímý potravní zdroj, jiné jako zdroj potravy pro larvy či zdroj vody. Tyto organismy lze dle trofických preferencí členit do potravních či ekologických guild (Payne 1965).

### **3.4.1. Nekrofágní druhy**

Nekrofágové jsou organismy, které se živí mrtvým tělem jiného živočicha. Mají největší vliv na ubývání organické hmoty (Amendt et al. 2011). Dle preferovaného stavu mršiny je dělíme do skupin (Povolný 1978). Vlastní nekrofágové se živí čerstvou nebo málo rozloženou tkání. Řadíme sem larvy dvoukřídlých z čeledi Calliphoridae a Sarcophagidae nebo larvy a dospělce některých druhů čeledí Silphidae a Leioidae. Saprofágové osidlují mrtvolu biochemicky aktivní, dermatofágové se vyskytují na mrtvole vysychající a keratofágové jsou na dehydratovaných zbytcích (Bonaci et al. 2011). Mezi nekrofágy se dále řadí brouci z čeledi Dermestidae a Trogidae a larvy dvoukřídlých Piophilidae a Muscidae (Gennard 2007).

### **3.4.2. Predátoři, parazité a parazitoidi nekrofágních druhů**

Predátoři a parazité využívají kadaver jako zdroj kořisti. Živí se jinými živočichy, vyskytujícími se na mršině (Kočárek 2003). Jedná se o dospělce čeledi Histeridae, Silphidae a Staphylinidae (Byrd a Castner 2010, Puschkin 2012). Predátory se v pozdějších stádiích mohou stát i primární nekrofágové, z čeledi Calliphoridae jsou to zástupci rodu *Chrysomya*, z čeledi Muscidae zástupci rodu *Hydrotaea* (Smith 1986).

Parazitoidi se vyvíjejí na úkor svého hostitele, parazitoidní larva v průběhu svého vývoje hostitele usmrtí. Parazitoidy larev či pupáří dvoukřídlých jsou larvy drabčička rodu *Aleochara* (Gunn 2008).

### **3.4.3. Omnivorní druhy**

Jedná se o druhy, které jsou často primární predátoři, ale mohou se živit i nekrofágně. Jsou popisována pozorování zástupců Formicidae a Vespidae (Gu et al. 2014). Kromě lovu se na rozkládajících tkáních mohou živit i někteří zástupci Staphylinidae (Merrit a DeJong 2015).

### **3.4.4. Náhodní konzumenti**

Náhodní konzumenti se mrtvým tělem neživí, mršiny využívají jako rozšíření svého životního prostředí. Řadí se sem zástupci čeledi Collembola nebo Araneae, z kterých se však mohou stát predátoři much (Byrd a Castner 2010).

### **3.5. Forezní entomologie**

Forezní entomologie využívá znalostí o hmyzu a ostatních bezobratlých v rámci občanského a trestního práva. Nejčastěji se využívá v kriminalistické praxi pro stanovení doby od smrti, tedy doby mezi úmrtím a nálezem lidského těla, tzv. post mortem intervalu (PMI) (Joseph 2012). Daněk (1990) uvádí, že po 72 hodinách jsou entomologické metody pro stanovení doby skonu jedny z nejpřesnějších. Forezní entomolog neurčuje, kdy člověk zemřel, nezkoumá samotné tělo, pouze analyzuje z něj odebraný hmyz, zabývá se jeho kolonizací. Prostřednictvím forezní entomologie lze odpovědět na další otázky, např. zda došlo k přesunu ostatků, v jakém prostředí byly uchovávány, dále lze identifikovat výskyt traumat na těle (Benecke 2004, Šuláková 2014). Toxikologické a molekulární vyšetření hmyzu mohou pomoci odhalit příčinu smrti nebo i totožnost oběti (Amendt et al 2011).

### **3.6. Forezně významný hmyz**

#### **3.6.1. Řád: Dvoukřídli (Diptera)**

Dvoukřídli mají pouze jeden pár blanitých křídel. Druhý pár v průběhu fylogeneze zakrněl a byl přeměněn v paličkovité útvary, halterae (kyvadélka), sloužící k vyvažování. Ústní ústrojí tvoří sosák, uzpůsobený k sání nebo k bodání (Zahradník 2013). Dvoukřídli se vyskytují po celém světě kromě polárních oblastí (Gennard 2007). Patří do skupiny s proměnou dokonalou. Z vajíček se líhnou larvy, které přijímají potravu, rostou a několikrát se svlékají. Když dospějí do finální velikosti, zakuklí se. Uvnitř kukly probíhá složitý proces přestavby tkání a orgánů, po jehož ukončení se vylíhne dospělý jedinec (imago) (Obenberger 1964).

Zástupci tohoto řádu mají největší abundanci jedinců, během fresh a bloated fáze rozkladu jsou dominantní (Daněk 1990, Gill 2005). Mrtvé tělo je zdrojem bílkovin pro imaga a primárním potravním zdrojem pro jejich larvy (Povolný, 1978, Gennard, 2007). Larvy se na mršině vyskytují ve velkém množství, tvoří největší skupinu reducentů. Mezi nejčastější čeledi, které můžeme nalézt na mršinách, patří Calliphoridae, Sarcophagidae, Phoridae, Muscidae a Piophilidae, dále se vyskytují Sepsidae, Fanniidae, Syrphidae, Drosophilidae a Heleomyzidae (Daněk 1990, Gunn 2008, Šuláková 2014).

### 3.6.1.1. Čeleď bzučivkovití (*Calliphoridae*)

Zástupci této čeledi jsou zpravidla prvními kolonizátory kadaveru (Gennard 2007, Šuláková 2014). Bzučivky představují středně velké až robustní mouchy. Zbarvení je značně variabilní, u většiny středoevropských druhů je základem modrá anebo zelená barva s kovovým leskem (McGavin 2005). Zdrojem potravy dospělců je nektar květů, medovice mšic, šťávy z přezrálého ovoce apod. Na mrtvém těle mohou sát krev a produkty rozkladných procesů, jde však o příležitostný zdroj potravy, který vyhledávají převážně samičky, aby získaly proteiny, potřebné k dozrání vajíček v jejich těle. (Erzinçlioglu 1996, Oosterbroek, 2006). Skutečně nekrofágní jsou jejich larvy. Tento hmyz tedy vyhledává mrtvé tělo primárně z důvodu kladení vajíček (Daněk 1990). Larvy bzučivek jsou bílé nebo světle žluté, vpředu zúžené, vzadu tupě uťaté. Dosahují délky až 15 mm. (Zahradník 2011). Calliphoridae jsou typickými r-stratégy s velmi rychlou kolonizací potravního zdroje a rychlým vývojem. (Peschke 1986). Časová prodleva mezi přiletem prvních jedinců a kladením vajíček je minimální, proto mají velký forenzní význam (Daněk 1990).

Zástupci: bzučivka obecná (*Calliphora vicina*), bzučivka zelená (*Lucillia Sericata*), bzučivka zlatá (*Lucillia Caesar*), bzučivka rudohlavá (*Calliphora vomitoria*), bzučivka modrá (*Photophormia terraenovae*) (Šuláková 2014)

### 3.6.1.2. Čeleď masařkovití (*Sarcophagidae*)

Patří mezi synantropní druhy, žijící v blízkosti lidí. (Roháček and Ševčík 2009). Jedná se o středně velké mouchy s výrazným ochlupením. Mají šedé zbarvení se světlými pruhy na hrudi a šachovnicovým vzorováním na zadečku, a červené oči (Rietschel 2011). Živí se mrtvými těly nebo na rostlinách (Gill 2005). Jsou larviparní, na kadavery kladou přímo larvy prvního instaru (Gennard 2007, Niederegger et al. 2010). Mají nižší počet larev než Calliphoridae nebo Muscidae, ale díky kratšímu životnímu cyklu mohou ihned kolonizovat kadaver (Roháček a Ševčík 2009). Larvy mají špičatou hlavu a tupý zadeček (Zahradník 2011).

Zástupci: masařka obecná (*Sarcophaga carnaria*) a *Sarcophaga serbica* (Rietschel 2011).

### 3.6.1.3. Čeleď muchovití (*Muscidae*)

Muscidae je velká, celosvětově rozšířená čeleď, v České republice se vyskytuje 307 druhů (Barták et al. 2013). Jedná se o drobnější mouchy o délce těla 6-9 mm. Jsou šedě zbarvené,

hrud' je podélně proužkovaná, zadeček je žlutavý až bílý, s černou kresbou (Zahradník 2011). Tělo je řídce ochlupené (Rietschel 2011). Zástupci této čeledi jsou synantropní (Roháček and Ševčík 2009), vyskytují se na rostlinách, výkalech a jiných rozkládajících se organických látkách (Gennard 2007). Samičky jsou většinou oviparní, mohou však být i larviparní. Larvy jsou namodralé barvy. Většinou se živí saprofágně, ve třetím instaru se však mohou stát dravými (Roháček a Ševčík 2009). Muscidae kolonizují i pohřbené kadavery (Štefan a Hladík 2009).

Zástupci: moucha domácí (*Musca domestica*), *Musca autumnalis*, rod *Ophyra* a *Hydroatea* (Šuláková 2014)

#### **3.6.1.4. Čeleď hrbilkovití (*Phoridae*)**

Phoridae jsou malé, drobné mouchy, které dosahují velikosti 0,5-6 mm. Charakteristickým znakem je výrazně vyhrbená hrud'. Jejich zbarvení je černé a hnědé, mohou být i žluté (Rietschel 2011). Larvy preferují exponované mršiny v pozdějších stádiích rozkladu (Villet 2011). Jsou spíše minoritní skupinou, která vyplňuje niky, zbývající po hlavních nekrofágních dvoukřídlých (Byrd a Castner 2009). Zástupci této čeledi se často vyskytují na kadaverech pohřbených (Štefan et al. 2009). Využívají se na jakékoli rozkládající se organické hmotě (Roháček a Ševčík 2009).

Zástupci: *Conicera tibialis*, tzv. coffin fly a *Megaselia scalaris* (Šuláková 2014)

#### **3.6.1.5. Čeleď sýrohlodkovití (*Piophilidae*)**

Piophilidae jsou velmi malé mouchy o velikosti 2,5-4,5 mm. Většinou jsou černé se žlutými znaky (Barták 2009). Larvy řady zástupců preferují mršiny v pokročilém stádiu rozkladu, jsou lákány produkty sýrové fermentace (Reibe 2010, Gunn 2008). Vyskytují se na nejrůznějších rozkládajících se substrátech (mrtvá těla, sýr, výkaly, odpadky apod.) (Barták 2009).

Zástupci: Sýrohlodka drobná (*Piophila casei*) a *Stearibia nigriceps* (Šuláková 2014)

### **3.6.2. Řád: Brouci (Coleoptera)**

Brouci představují druhově nejpočetnější řád v rámci celé živočišné říše. Jsou schopni přizpůsobit se životu v různých stanovištích. První pár křídel je přeměněn v tuhé kožovité

krovky, které kryjí zadečkové články a zadní, blanitá křídla druhého páru. Typický je hrudní štít, který je součástí pevného ochranného krunýře. Ústní ústrojí je kousavé (Zahradník 2011). Jedná se o hmyz s proměnou dokonalou (Byrd a Castner 2010).

Brouci jsou druhým nejdůležitějším řádem, nacházejícím se na mršinách (Gill 2005). Reed (1958) uvádí, že brouci a dvoukřídlí soupeří o dominanci v rané decay fázi, zatímco v pozdní decay a dry fázi dominují převážně brouci. Mršiny jsou pro ně potravním zdrojem, pro některé druhy slouží k rozmnožování. Společně se zástupci čeledi Diptera jsou významnými reducenty a likvidátory mrtvých těl (Daněk 1990).

#### **3.6.2.1. Čeleď mrchožroutovití (*Silphidae*)**

Silphidae bývají často výrazně zbarveni, jejich barva je černá se žlutými, oranžovými nebo červenými prvky (Obenberger 1964). Velikost těla značně kolísá (Barták 2009). Žijí na mrtvolách, rozkládajících se houbách a rostlinách, exkrementech, pod kůrou nebo mechem, v ulitách plžů či norách a hnízdech obratlovců (Daněk 1990). Většina se řadí mezi nekrofágní hmyz nebo se živí dravě vajíčky či larvami much a ostatními brouky. Jejich nálet je pozorován v době, kdy se začínají tvořit páchnoucí plynné látky (Šípková a Růžička 2009). Většina mrchožroutovitých preferuje temno, proto se většinou zdržují pod mrtvolou (Byrd a Castner 2010).

Zástupci rodu *Nicrophorus* často zahrabávají malé mršiny do země, zde poté slouží jako potravní zdroj jejich larvám. Dospělí brouci jsou převážně draví a živí se larvami hmyzu na mršinách. Larvy hrobaříků a samice v době péče o potomstvo jsou nekrofágní (Zahradník 2011).

Zástupci: *Nicrophorus germanicus*, *Nicrophorus vespillo*, *Nicrophorus Fabricius* (Gennard 2007, Šuláková 2014).

#### **3.6.2.2. Čeleď drabčkovití (*Staphylinidae*)**

Velikost těla jednotlivých zástupců kolísá. Zástupci této čeledi mají protáhlé tělo a zkrácené krovky (Hůrka 2005). Žijí ve svrchních vrstvách půdy, v opadaném listí, v houbách, v rozkládajících se rostlinných i živočišných zbytcích. Jsou velmi pohybliví (Zahradník 2011). Na mrtvém těle loví drobný hmyz a jeho larvy, řada druhů žije i v hnízdech mravenců (Gill 2005), některé druhy jsou saprofágní (Kočárek, 2003).



Zástupci: Drabčák páskovaný (*Creophilus maxillosus*), *Philonthus politus*, *Ortholestes tessellatus* (Byrd and Castner 2010, Šuláková 2014).

### 3.6.2.3. Čeď mršníkovi (Histeridae)

Histeridae jsou brouci, kteří dorůstají délky 10 mm. Jejich tělo má kruhový tvar a černou nebo kovově zelenou barvu (Zahradník 2011). Vyhledávají rozkládající se organickou hmotu, výkaly, houby, hnízda mravenců nebo ptáků, vyskytují se i na květech. Řada zástupců na mrtvém těle pronásleduje dospělé a larvy jiného hmyzu, převážně dvoukřídlých (Daněk 1990).

Zástupci: *Margarinotus bruneus*, *Margarinotus ventralis* (Daněk 1990, Šuláková 2014).

### 3.6.2.4. Čeď kožojedovi (Dermestidae)

Dermestidae dosahující velikosti do 10 mm, mají lesklé černé, šedé nebo hnědé zbarvení, často s pruhovanou kresbou s bílými, žlutými nebo hnědými znaky, a podlouhlé tělo. Kladou vajíčka do kožešin, sušeného masa, zoologických a entomologických sbírek (Zahradník 2011). Na mršině se nachází až v pozdějších fázích rozkladu, kdy dochází k zasychání, proto jejich kolonizace začíná na periferních nebo skeletovaných částech těla. Larvy se živí především kostmi, kůží, vlasy, zvířecí srstí a peřím nebo larvami jiných druhů hmyzu (Háva 2011).

Zástupci: kožojed obecný (*Dermestes lardarius*), *Dermestes frischii*, *Dermestes murinus*, *Dermestes undulatus* (Kočárek, 2003, Šuláková 2014).

### 3.6.2.5. Čeď pestrokrovečnickovi (Cleridae)

Pestrokrovečnickovi dorůstají do délky kolem 10 mm. Mají pestré různobarevné zbarvení se základní modrozelenou barvou a charakteristický tvar tykadlových článků, končící nápadně velkou plochou paličkou (Hůrka 2005). Většina zástupců jsou predátoři, dravé jsou larvy i dospělci, některé druhy požírají rozkládající se organickou hmotu (Zahradník 2011).

Zástupce: rod *Necrobia* (Šuláková 2014)

## 3.7. Vliv teploty na rozklad těla

### 3.7.1. Fenologie

Fenologie je nauka o časovém průběhu základních životních projevů v závislosti na změnách počasí, střídání ročních období a prostředí. Předmětem zkoumání jsou obecně se opakující jevy (fenofáze) ve vývoji živých organismů – rostlin, živočichů a hub (Hájková 2012).

Hmyz je skupinou poikilotermních organismů, kdy teplota těla závisí na okolním prostředí, z tohoto důvodu má vnější teplota zásadní význam pro jeho život. Ovlivňuje veškeré životní projevy: vývoj, příjem potravy, reprodukci, výskyt a aktivitu. S tím souvisí pojem efektivní teplota. Efektivní teplota je taková, při níž je hmyz schopný prodělat svůj vývoj. Zohledňuje průměrnou denní teplotu a spodní tepelnou mez, kdy vývoj ustává. Její dolní hranice se většinou pohybuje kolem 10 °C (Coufal 2004). Hodnoty efektivních teplot jsou stanoveny experimentálně a jsou konstantní pro každý druh. Na základě těchto hodnot lze zjistit, jak dlouhý bude vývoj jednotlivých generačních stádií nebo druhu při konkrétní teplotě. Potencionální aktivita hmyzu je v našich klimatických podmínkách zhruba 6 měsíců, začíná dle aktuálních podmínek v druhé dekádě dubna a končí v druhé dekádě října (Hájková 2012).

Sezónnost je důležitým faktorem, ovlivňující rozklad mrtvého těla. Jde o rozdílnou distribuci organismů a jejich základních životních projevů v závislosti na střídání ročních období. V oblastech mírného pásu se střídají čtyři roční období: jaro, léto, podzim, zima. V tropických oblastech není sezónnost tak výrazná, střídají se období sucha a dešťů (Gennard 2008). Výskyt společenstev hmyzu se liší jak druhovou diverzitou, tak abundancí jednotlivých taxonů (Benbow et al. 2013). Hmyz kolonizuje mršinu v teplejších částech roku, tedy na jaře, v létě a na podzim (Hirt 2008). Vysoké teploty v létě způsobují maximální výskyt hmyzu a tudíž nejrychlejší dekompozici mrtvého těla, sezónnost má tedy zásadní vliv na průběh sukcese (Byrd a Castner 2010).

### 3.7.2. Diapauza

Většina druhů hmyzu již delší dobu před příchodem chladného období vyhledává úkryt pro prezimování a přechází z normálního vývoje do diapauzy (adaptivního naprogramovaného snížení úrovně metabolismu a zastavení vývoje či rozmnožování) (Hájková 2012).

Zástupci hmyzu mírného pásu většinou svůj vývoj zastavují při teplotách pod 10 °C. Poškození se rychle, v řádu dnů, projevuje při teplotách pod 6 °C, při teplotě 0°C hmyz přežívá minuty až hodiny (Košťál et al. 2011). Tento jev nastává pouze v období letní aktivity

a vývoje. Vstup do klidového stavu, diapauzy, umožňuje sezónní zvýšení chladové odolnosti. Nástup bývá ovlivněn i fotoperiodou (Willmer et al. 2005).

### **3.7.3. Interakce teploty a vlhkosti**

Rozklad těla probíhá mnohem rychleji v oblastech, kde je horké a vlhké počasí, pomaleji v oblastech se suchým a chladným počasím (Gunn 2008). Při rozkladu těla vznikají těkavé mastné kyseliny, jejichž zápach je pro hmyz velkým atraktantem. Výzkumy rozkladu těla myši prokázaly, že těkavé mastné kyseliny se ve vlhkém a teplém prostředí (teplota 22 °C, vlhkost 80-90 %) uvolňují rychleji a ve větším množství a druhovém složení než v suchém a chladném prostředí (teplota 12 °C, vlhkost 40-60 %) (Kasper et al. 2012).

## **3.8. Podmínky prostředí – uložení těla**

Podle specifických podmínek prostředí rozlišujeme mrtvá těla volně exponovaná, v uzavřených prostorách, zahrabaná a ve vodním prostředí. Pro každé z nich platí rozdílné podmínky rozkladu a zastoupení hmyzu na těle (Šuláková 2014).

### **3.8.1. Uzavřené prostory**

V bytech se na dekompozici těla často podílí synantropní druhy (celoročně žijící v blízkosti člověka) nebo hemisynantropní druhy hmyzu (v blízkosti člověka přezimují). Patří sem moucha domácí (*Musca domestica*), mol šatní (*Tineola biselliella*) nebo kožojed obecný (*Dermestes lardarius*) (Daněk 1990, Šuláková 2014).

### **3.8.2. Zahrabání**

Pohřbené mrtvoly se rozkládají až osmkrát pomaleji než ty, které jsou na povrchu (Casper 1958). Čím hlouběji je tělo pohřbené, tím je rozklad pomalejší. To vše za předpokladu, že půda není podmáčená (Dent et al. 2004). I povrchové zakrytí půdou, a tím snížený přístup kyslíku, zpomaluje rychlost rozkladu.

Na pohřbených tělech se vyskytuje zástupce čeledi Phoridae: *Conicera tibialis*. Je schopen lokalizovat tělo jeden i více metrů pod zemí. Mohou se vyskytovat i některé druhy z čeledi Muscidae: *Thyreophora cynophila*, jejichž samičky kladou vajíčka na povrch půdy a larvy půdním profilem pronikají k mrtvému tělu. Naproti tomu samičky Phoridae prolézají půdním profilem a kladou přímo na tělo (Šuláková 2014). Na těle v půdě se dále mohou vyskytovat

zástupci Silphidae, *Necrophorus fossor*, *Sylpha obscura*, *Hister cadaverinus* a *Saprinus rotundatus* (Tesař 1958, Šuláková 2014)

### **3.8.2. Ve vodním prostředí**

Ve vodním prostředí se na rozkladu mrtvého těla podílí především koryši a ryby. Často se nejedná o typické nekrofágy (Gunn 2008).

### **3.8.3. Ve vzduchu**

Tělo, zavěšené ve vzduchu, se rozkládá pomaleji než tělo v terénu na zemi, což je způsobeno nižší vlhkostí (Wyss a Cherix, 2004).

## 4 MATERIÁL A METODIKA

Terénní výzkum probíhal v lokalitě v Brně. Lokalita se nachází v **zahrádkářské kolonii Žlutý Kopec v Brně** na ul. Pivovarská (49°11'33"N,16°35'33"E), která se rozkládá v nadmořské výšce 245 m n. m. V její blízkosti se nachází pivovar Starobrno, od ostatní zástavby je vzdálena cca 300 m. Pokryv zahrádkářské kolonie tvoří zatravněná plocha a zpracovaná půda, vyskytují se zde ovocné, okrasné a jehličnaté stromy. Místa uložení kadaverů byla většinou zastíněná, pouze kadaver č. 3 byl umístěn na osluněném místě.

Bylo založeno 7 pokusných polí s experimentálními objekty. Byla použita mražená, oškubaná kuřata o hmotnosti 1.600 g, bez vnitřností, hlavy a pařátů, zakoupená v obchodním řetězci, dovnitř těla byla vložena játra. Volně exponované kadavery byly přikryty umělohmotnými přepravkami s otvory. Volně visící kuře nebylo proti okolním vlivům (zvěři) nijak chráněno.

### **Pokusné pole Brno**

1. Pohřbené kuře – zahrabání cca 20 cm pod zemí, zpracovaná půda po pěstování česneku, rok před uložením kadaveru ležela ladem
2. Spálené kuře – polité hořlavinou, po dobu 30 vteřin žeh volným plamenem, poté volná expozice na půdě
3. Visící kuře – volně ve vzduchu, uvázané za končetiny
4. Nahé kuře – volná expozice na půdě
5. Málo oblečené kuře – bavlněné triko – volná expozice na půdě
6. Více oblečené kuře – bavlněné triko + pletenina – volná expozice na půdě
7. Nahé kuře - kůže porušená řezy – volná expozice na půdě

Po založení pokusu byl prováděn monitoring jednotlivých kadaverů, spojený s vizuálním a slovním hodnocením stavu kadaveru (sledování průběhu rozkladného procesu – přítomnost hmyzu a tafonomických změn) a fotodokumentací. V průběhu monitoringu byl prováděn sběr hmyzu na těle a v jeho blízkosti. Jednotlivá stadia hmyzu byla odchycena, usmrcena a poté

determinována. Současně byly sledovány klimatické podmínky v místě založeného pokusného pole. Monitoring byl po založení prováděn jednou týdně. Po výrazném oteplení ve 3. dekádě února, kdy teplota stoupla na 9.97 °C (výstup z meteorologické stanice Brno - Židenice), byly dne 23.02. odebrány první vzorky hmyzu. Po tomto období byl monitoring prováděn dvakrát týdně. 30.03. byl monitoring ukončen.

### **Klimatické podmínky**

Naměřené meteorologické údaje byly získány z meteorologické stanice v městské části Brno – Židenice (49° 11' 35" N, 16° 38' 45" E), která je umístěna v nadmořské výšce 208 m. n. a od zahrádkářské kolonie je vzdálena cca 6 km.

Prosinec 2016

Průměrná měsíční teplota: -0,64°C, -1,65°C teplotně pod průměrem

Leden 2017

Průměrná měsíční teplota: -5,80°C, -4,63°C teplotně pod průměrem

Únor 2017

Průměrná měsíční teplota: 1,35°C, 0,80°C teplotně nad průměrem.

Březen 2017

Průměrná měsíční teplota: 8,18°C, 2,31°C teplotně nad průměrem.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Tabulka 1: Determinace odebraného hmyzu (pplk. Hana Šuláková, Ph. D., Kriministický ústav Praha)

Tabulka 6 Determinace kadaveru č. 6

	23.2.	5.3.	15.3.	28.3
<i>Calliphora vicina</i> (Calliphoridae, Diptera)		1		
<i>Muscina levida</i> (Muscidae, Diptera)		1		
<i>Neoleria</i> sp. (Heleomyzidae, Diptera), larvy rodu <i>Neoleria</i> nelze blíže determinovat			5	
<i>Thanatophilus rugosus</i> (Silphidae, Coleoptera)	2	1		38
<i>Dermestes undulatus</i> (Dermestidae, Coleoptera)				3
<i>Omalium rivulare</i> (Stapéphylinidae, Coleoptera)			8	
<i>Muscina prolapsa</i> (Muscidae, Diptera)		1		7
<i>Spelobia</i> sp. (Sphaeroceridae, Diptera)			2	
<i>Omosita discoidea</i> (Nitidulidae, Coleoptera)			1	

Tabulka 7 Determinace kadaveru č. 5

	23.2.	5.3.	15.3.	28.3
<i>Calliphora vicina</i> (Calliphoridae, Diptera)				2
<i>Muscina levida</i> (Muscidae, Diptera)				2
<i>Neoleria</i> sp. (Heleomyzidae, Diptera), larvy rodu <i>Neoleria</i> nelze blíže determinovat			32	3
<i>Dermestes frischii</i> (Dermestidae, Coleoptera)				1
<i>Thanatophilus rugosus</i> (Silphidae, Coleoptera)	1	1		1
<i>Dermestes undulatus</i> (Dermestidae, Coleoptera)				2
<i>Omalium rivulare</i> (Stapéphylinidae, Coleoptera)		1		



Tabulka 8 Determinace kadaveru č. 4

	23.2.	5.3.	15.3.	28.3
<i>Calliphora vicina</i> (Calliphoridae, Diptera)				
<i>Muscina levida</i> (Muscidae, Diptera)				
<i>Neoleria</i> sp. (Heleomyzidae, Diptera), larvy rodu <i>Neoleria</i> nelze blíže determinovat				
<i>Thanatophilus rugosus</i> (Silphidae, Coleoptera)	2	1		
<i>Dermestes undulatus</i> (Dermestidae, Coleoptera)				
<i>Omalium rivulare</i> (Stapéphylinidae, Coleoptera)	3			
<i>Muscina prolapsa</i> (Muscidae, Diptera)		2		
<i>Spelobia</i> sp. (Sphaeroceridae, Diptera)				
<i>Omosita discoidea</i> (Nitidulidae, Coleoptera)				

Tabulka 9 Determinace kadaveru č. 1

	23.2.	5.3.	15.3.	28.3
<i>Muscina sp</i> (Muscidae, Diptera), larvy rodu <i>Muscina</i> nelze v II. Instaru blíže determinovat			7	
<i>Muscina prolapsa</i> (Muscidae, Diptera)				6

#### 4.1. Studie – osidlování těla zástupci Piophilidae

V roce 2012 proběhla studie, zaměřená na rozklad těl velkých obratlovců činností hmyzu v podmínkách České republiky. Terénní pokus probíhal v prostorách Demonstrační a výzkumné stanice katedry zahradnictví České zemědělské univerzity v Praze – Troji. K imitaci rozkladu lidského těla bylo použito prase domácí o hmotnosti 53 kg. Dle výsledku pokusu bylo zjištěno, že se na rozkladu podílely 4 druhy čeledi Piophilidae: *Sterbia nigriceps*, *Parapiophila vulgaris*, *Protopiophila latipes* a *Liopiophila varipes*. Dominantním zástupcem byl po celé období (20.03.-27.11.) druh *Stearbia nigricepst*, který představoval více než 92 % všech odchycených sýrohlodek. V březnu nebyly na těle zachyceny žádné sýrohlodky, teprve počátkem dubna, kdy se mršina začala nafukovat plyny bakteriálního rozkladu, byl zjištěn druh *Liophiphila varipes*. Od poloviny dubna se objevily druhy *Stearibia nigriceps* a *Parapiophila latipes*. Od poloviny května, kdy již začal aktivní biochemický rozklad, byl na pokusné ploše zaznamenán druh *Protopiophila latipes*. V listopadu se již v pastech nevyskytoval žádný jedinec, přestože na zvířeti byla pozorována četná puparia s nedokončeným vývojem.

Experimentální data potvrdila, že během prvních dvou sukcesních vln se sýrohlodky na mrtvém těle nevyvíjí, resp. jejich aktivita je minimální (Smith 1986, Castner 2010) a že největší výskyt sýrohlodek je během aktivního biochemického rozkladu (Smith 1986, Arnaldos et al. 2005). Nebylo potvrzeno, že dospělci sýrohlodek se v České republice vyskytují až od první třetiny května a pouze do první třetiny října (Daněk 1990). Dle výsledku pokusu lze aktivitu dospělců při vyšších teplotách očekávat již na konci zimy a počátkem jara, případně přes zimní období (Nuorteva 1977). Smith (1986) uvádí, že zkoumal živé larvy, odebrané z mrtvolky, nalezené ve Skotsku v polovině února. Vzhledem ke sledovanému

období pokusu nemohly být údaje o aktivitě larev i přes zimu potvrzeny (Kubík a Barták 2013).

#### **4.2. Studie – rozklad těla obratlovců s počátkem na jaře, v létě a v zimě**

V letech 2011 až 2015 byly na území hlavního města Prahy sledovány tři polní pokusy, zaměřené na rozklad těl velkých obratlovců a osidlování hmyzem s počátkem na jaře, v létě a v zimě. Jako testovací prostředky byly využity mrtvoly prasete domácího o hmotnosti 50 – 65 kg. Celkem bylo shromážděno 29.237 exemplářů Muscidae, které byly determinovány do 51 druhů, což je 16,6 % (n=307) z celkového počtu druhů této čeledi v České republice. Ve všech experimentech byla dominantní *Hydrotaea Ignava* (jaro 75 %, léto 81 %, zima 41 %), která je typickým představitelem nekrofágní fauny v průběhu druhé a třetí sukcesní vlny. Dalšími druhy, které kolonizují mrtvé tělo, jsou *Musea domestica* a *Musea autumnalis* (Daněk 1990, Gennard 2007) nebo členové rodu *Muscina* a *Hydrotaea* (Eliášová a Šuláková 2014). Na tělo nalétají po Calliphoridae nebo Sarcophagidae).

##### Letní experiment

Letní experiment byl založen na oploceném pozemku Policejní školy v Praze 9, východním předměstí hlavního města. Jednalo se o zastíněné místo s listnatými stromy s osluněnými otvory. Prase bylo oblečené. Podle Daňka (1990) oděv na těle zpomaluje rozkladné procesy. Experiment trval od 13.07.2011 do 18.10.2012. Sběr hmyzu byl prováděn v závislosti na čase: 1. až 17. den expozice jednou denně, 17. až 62. den jednou za dva až tři dny, 62. až 195. den jednou za 10 až 14 dní a 195 až 464. den jednou za měsíc.

##### Jarní experiment

Jarní experiment byl založen na oploceném experimentálním poli České zemědělské univerzity v Praze - Tróji, v severní části hlavního města. Místo bylo na západně orientovaném pozemku v blízkosti řeky Vltavy, v záplavové zóně, na zatravněné, osluněném pozemku s ovocnými stromy a keři. I tato mrtvola byla oblečená. Zvíře, a bylo umístěno 20-40 cm nad zemí, aby nedošlo k zamezení přístupu hmyzu k testovanému objektu. Experiment trval od 20.03.2012, dne 06.07.2013 byl předčasně ukončen z důvodu povodní a v souvislosti s tím poškození pokusné plochy. Sběr hmyzu byl prováděn v následujících intervalech: 1. až 197. Den jednou týdně, 197. až 267. den jednou za dva

týdny, 267. až 393. den jednou za měsíc a poté po dvou týdnech až do konce experimentu.

### Zimní experiment

Zimní experiment byl rovněž založen na oploceném experimentálním poli České zemědělské univerzity v Praze - Tróji na západním svahu v blízkosti řeky Vltavy, nad povodňovou zónou, na písčitém pokrytém, osluněném ploše s ovocnými stromy. Prase bylo před uložením na místo pokusu zmrazeno a oblečeno. Experiment pro účely této studie probíhal od 09.12.2014 do 31.12.2015. Vzorky byly odebírány v následujících intervalech: Od založení pokusu jednou za měsíc, od ledna do začátku března 2015 každých 14 dní, od března do října jednou týdně, poté byl interval vzorkování opět prodloužen na 14 dní.

### Výsledky

#### Letní experiment

Během letního experimentu bylo shromážděno celkem 234 zástupců Muscidae, které byly determinovány do osmi druhů.

Stupně rozkladu byly: čerstvé 13.-14.08.2011, nafouklé 15.-16.08.2011, aktivní rozklad 17.08.-1.08.2011, vysušené 03.08.-12.09.2011.

#### Jarní experiment

Během jarního experimentu bylo shromážděno celkem 19.910 zástupců Muscidae, které byly determinovány do 38 druhů.

Stupně rozkladu byly: čerstvé 20.-27.03., nafouklé 03.-24.04., aktivní rozklad 02.05.-21.08., vysušené 28.08.-11.12.2012.

#### Zimní experiment

Během zimního experimentu bylo shromážděno celkem 9.093 vzorků Muscidae, které byly determinovány do 41 druhů.

Stupně rozkladu byly: čerstvé 09.12.-03.03.2015, nafouklé 18.03.-01.04.2015, aktivní rozklad 07.04.-01.09., vysušené 09.09.-08.12.2015

### Závěr

Při experimentech bylo zaznamenáno 51 druhů Muscidae. Nejpočetnější druh byl *Hydrotaea ignava*. Daněk (1990) a Sukantson (2007) uvádí, že až 70 % jedinců tohoto druhu. Nejpočetnější druhy rodu *Hydrotaea*, a to *Hydrotaea ignava*, *Hydrotaea armipes* a *Hydrotaea dentipes* byly pozorovány ve třetí fázi rozkladu – aktivní rozklad, což se shoduje s údaji Byrd a Castner (2010), Eliášová a Šuláková (2012). Rod *Muscina*, hlavně *Muscina prolapsa* byl zaznamenán ve všech třech studiích, ale větší zastoupení bylo v zimě. Tento údaj potvrzuje i větší zastoupení tohoto druhu na lidských mrtvolách, kdy druhy *Muscina* kolonizují mrtvá těla častěji během zimního období. Prvními kolonizátory kadaverů byly Calliphoridae (Klimešová et al. 2016).

Podle Reeda (1958) jsou Phoridae spíše pozdějšími kolonizátory mršiny (decay fáze), podobně jako Sepsidae, Sphaeroceridae a Piophilidae. Zástupci čeledi Staphylinidae se na mršinách vyskytují po celý rok (Castro et al. 2013), avšak nejvíce jedinců se vyskytuje na jaře (Madra et al. 2014). Nejpočetnější skupinou, kolonizující mršiny, je hmyz (Payne 1965, Carter et al. 2007), avšak De Vault (2003) uvádí, že většina dostupných mršin je zkonsumována dravými obratlovci.

Nízké teploty v zimě aktivitu hmyzu inhibují (Reed 1958, Gunn 2008). Přesto však byla zaznamenána přítomnost několika čeledí dvoukřídlých (Heleomyzidae, Trichoceridae, Sepsidae) a čeledi Staphylinidae na mršinách v zimních měsících (Anton et al. 2011). Charabidze, Hedouin and Gosset (2012) uvádí bzučivku rudohlavou (*Calliphora vomitoria*) nebo sýrohloдку (*Thyreophora cynophila*). Bylo pozorováno přezimování larev třetího instaru některých zástupců Calliphoridae v půdě (Smith 1986). Aktivitu zástupců Staphylinidae a Carabidae v zimním období uvádí Aitchison (2001) a Jaskula a Soszyńska-Maj (2011). Byli pozorováni při teplotách kolem 0 °C, přičemž pod sněhovou přikrývkou mohou přežít teploty až -5,5 °C (Aitchison 2001). Výzkumem Soszyńska-Maj (2004) v Lodžském vojvodství v Polsku byl pozorován výskyt Phoridae při teplotách -2-2 °C, při teplotách do -4 °C se vyskytovali zástupci Heleomyzidae a Drosophilidae. Pozorovány byly také různé sezónní preference u některých zástupců Calliphoridae (Weidner et al. 2015). Odlišné sezónní intervaly byly zjištěny u různých druhů hrobaříků. *Nicrophorus investigator* a *Nicrophorus interruptus* přezimují jako larvy, jiné druhy hrobaříků přezimují jako dospělci (Růžička 1994).

Dle Smithe (1986) se Calliphoridae v mírném pásu v zimních měsících nepodílí na rozkladu. Výjimkou je zástupce rodu *Calliphora vomitoria*, jehož aktivita byla za slunečného počasí

zjištěna v teplotním rozmezí teplot  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Deonier 1940, Nuorteva 1959). Větší tolerance tohoto druhu na nízké teploty byla prokázána také nálezy ve vysokých nadmořských výškách (Adair 2008) nebo v jeskyních při celoroční teplotě  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Faucherre et. al 1999). Wyss et. al (2003) pozoroval vajíčka *Calliphora vomitoria* na zmrzlé mrtvole pod vrstvou sněhu. Samička se dostala k hlavě oběti otvorem po částečném roztátí sněhu.

Po založení pokusu byl v týdenních intervalech prováděn monitoring jednotlivých kadaverů. U kadaveru č. 1 (pohřbené kuře) nebyly v prosinci pozorovány žádné viditelné změny. Na kadaveru č. 2 (ohořelé kuře) bylo patrné ohryzáni dravou zvěří, z větší části chyběla svalovina stehenní a prsních tkání. Na kadaveru č. 3 (visící kuře) byly patrné rozkladné procesy, svalovina stehenní byla v dolní části fialové barvy, stejné procesy probíhaly i v prsní části, kdy se zde nacházely skvrny stejné barvy, k ohryzáni zvěří nedošlo. Kadavery č. 4 (nahé kuře) a č. 7 (nahé kuře – kůže porušená řezy), nevykazovaly podstatné změny, pouze v záhybech kůže byly patrné drobné barevné změny narůžovělé barvy, tedy počínající rozkladný proces. Kadavery č. 5 (málo oblečené kuře) a č. 6 (více oblečené kuře) byly také bez větších změn. Na horní straně nebyly patrné žádné známky rozkladného procesu, na spodní straně, na níž tělo leželo, byly viditelné hnilobné skvrny menšího rozsahu narůžovělé a nažloutlé barvy.

V lednu nebyly na kadaverech z důvodu nízkých teplot pozorovány zásadnější rozkladné procesy. Kadaver č. 1 byl zcela bez viditelných změn. Kadaver č. 2 se zde dne 12.01., kdy došlo k mírnému oteplení, nenacházel, s největší pravděpodobností byl skelet s minimem měkkých tkání odtažen divokou zvěří. Kadaver č. 3, který byl zavěšen na osluněném místě, byl ohryzáni divokou zvěří, zcela chyběla prsní svalovina, hrudní koš byl otevřen, stehenní svalovina, která byla ve vyšší poloze, byla neporušena. K postupnému ohryzávání docházelo od konce prosince 2016. Kadavery č. 4, 5, 6 a 7 byly bez větších změn.

V měsíci únoru, kdy došlo k mírnému zvýšení průměrné denní teploty, byly pozorovány větší změny. Kadaver č. 1 na kůži vykazoval drobné hnilobné změny, skvrny nažloutlé barvy. Kadaver č. 3 nesl větší stopy po ohryzáni, bylo zasaženo i stehenní svalstvo, měkké tkáně se na skeletu nacházely pouze v minimálním množství, docházelo k vysychání těla, což bylo zřejmě způsobeno tím, že viselo na osluněném místě a dále prouděním vzduchu. Na kadaveru č. 4 byla pozorována ztráta kůže, svalovina byla bez větších viditelných změn. Kadavery č. 5 a 6 vykazovaly mírné zvětšení hnilobných skvrn, které však byly pouze na straně, přiléhající k zemi, a byly stále nažloutlé barvy. Kadaver č. 7 se ke dni 23.02. na místě nenacházel. Stejně

jako kadaver č. 2 byl zřejmě odtažen divokou zvěří. Aby nedocházelo k těmto situacím, byly přepravky zatíženy kameny.

Dne 23.02. byli na kadaveru č. 4 a 5 a 6 pozorováni první zástupci hmyzu. Jednalo se o:

♂, ♀	<i>Thanatophilus rugosus</i> (Silphidae, Coleoptera)
	<i>Omalium rivulare</i> (Staphylinidae, Coleoptera)
♀	<i>Spelobia</i> sp. (Sphaeroceridae, Diptera)

Tento hmyz byl pozorován na zemi, pod těly uložených kadaverů. V případě pohybu s kadaverem měli dospělci tendenci místo opouštět a hledat úkryt.

V měsíci březnu, kdy došlo k výraznému oteplení, byly znatelné výraznější rozkladné procesy. U kadaveru č.1 došlo k výraznému měknutí svalstva a hnilobnému zápachu, v záhybech kůže byly nalezeny larvy hmyzu. Kadaver č.3 byl bez viditelnějších změn, svalová tkáň byla z větší části odstraněna, nekrofágní hmyz se zde nenacházel. Kadaver č. 4 nesl známky výrazného ohryzání a v poslední dekádě března i zasychání. Při kontrolách byl nalézán pouze *Thanatophilus rugosus*, *Dermestes trischii* a *Dermestes undulatus*. U kadaverů č. 5 a 6, na nichž se projeví výrazné hnilobné změny, měknutí svalstva a velké skvrny žluté, fialové až tmavě modré barvy a hnilobný zápach, byla pozorována různá vývojová stadia hmyzu. Při kontrolách za slunečného počasí byl v okolí všech kadaverů pozorován nálet Muscidae a Calliphoridae.

Dne 05.03. byl proveden sběr těchto druhů hmyzu:

♀	<i>Muscina prolapsa</i> (Muscidae, Diptera)
♀	<i>Thanatophilus rugosus</i> (Silphidae, Coleoptera)
♀	<i>Calliphora vicina</i> (Calliphoridae, Diptera)
♀	<i>Muscina levida</i> (Muscidae, Diptera)
	<i>Omalium rivulare</i> (Staphylinidae, Coleoptera)

*Thanatophilus rugosus* a *Omalium rivulare* byli pozorováni po odstranění tkáňového pokryvu kadaverů č. 5 a 6.

Dne 15.03. byl proveden sběr těchto druhů hmyzu:

larva III. instaru	<i>Neoleria</i> sp. (Heleomyzidae, Diptera), larvy rodu <i>Neoleria</i> nelze blíže determinovat
♀	<i>Spelobia</i> sp. (Sphaeroceridae, Diptera)
♀	<i>Thanatophilus rugosus</i> (Silphidae, Coleoptera)
	<i>Omosita discoidea</i> (Nitidulidae, Coleoptera)
larva II. instaru	<i>Muscina</i> sp. (Muscidae, Diptera), larvy rodu <i>Muscina</i> nelze v II. instaru blíže determinovat

Larvy *Muscina* sp. byly pozorovány u kadaveru č. 1, ostatní druhy hmyzu byly nalezeny po odstranění tělního pokryvu kadaverů č. 5 a 6. Větší množství hmyzu se nacházelo na kadaveru č. 5.

Dne 28.03. byl proveden sběr těchto druhů hmyzu:

larva III. instaru	<i>Muscina prolapsa</i> (Muscidae, Diptera)
larva III. instaru	<i>Calliphora vicina</i> (Calliphoridae, Diptera)
larva III. instaru	<i>Muscina levida</i> (Muscidae, Diptera)
larva III. instaru	<i>Neoleria</i> sp. (Heleomyzidae, Diptera), larvy rodu <i>Neoleria</i> nelze blíže determinovat
larva II. instaru	<i>Thanatophilus rugosus</i> (Silphidae, Coleoptera)
♀ (imago, samice)	<i>Dermestes frischii</i> (Dermestidae, Coleoptera)
larva II. instaru	<i>Thanatophilus rugosus</i> (Silphidae, Coleoptera)
♂, ♀	<i>Dermestes undulatus</i> (Dermestidae, Coleoptera)

Všechny determinované druhy, mimo zástupců Dermestidae, byly nalezeny na kadaverech č. 5 a 6 nebo v jejich blízkosti, druhy *Muscina prolapsa* a *Muscina levida* byly sebrány z kadaveru č. 1. Kadaver č. 4 byl z větší části vysušený, na skeletu se nacházely pouze zbytky vysušené tkáně a *Dermestes frischii* a *Dermestes undulatus*. Tyto druhy byly pozorovány pod tělem při jeho otočení nebo uvnitř těla. Při manipulaci z těla unikaly a hledaly úkryt.

Při rozkladu pokusných kadaveru se projevil vliv chladného zimního období, tedy pozdní začátek kolonizace, potlačení nástupu Calliphoridae. Opožděně se podílela pouze *Calliphora vicina*, která přezimuje i jako dospělec. Byla potlačena čeled' Muscidae, kterou běžně



Calliphoridae nahrazují, opět z důvodu klimatických podmínek (chladu). Typické je zastoupení Heleomyzidae, protože tato čeleď se rozmnožuje po celý rok a má jarní, letní, podzimní i zimní druhy. Silphidae, *Thanatophilus rugosus* je typický jarní druh. Dermestidae, které se vyskytovaly na kadaverech, se živily jejich tkáněmi a je možné, že se připravovaly ke kladení. Staphylinidae se řadí mezi oportunisty, kteří jsou v prostředí četní a kadavery využívají jako příležitostný zdroj potravy. *Omalium rivulare* je relativně běžný i na pohřbených kadaverech, což souvisí s bionomií druhu, tj. způsobem života, nachází se v hrabance, pod listím apod. Sphaeroceridae jsou četné, ale pouze doprovodné druhy. Na kadaverech se často zdržují, v menší míře se i rozmnožují, ale není u nich vazba mezi druhy a stadiem rozkladu, protože se vyvíjí v jakékoli tlející organické hmotě, na kadaveru lze nalézt ty druhy, které se v přírodě běžně vyskytují.

Výsledky pokusu prokazují tvrzení Reeda (1958), že Phoridae jsou spíše pozdějšími kolonizátory mršiny, podobně jako Sepsidae, Sphaeroceridae a Piophilidae. Na kadaverech nebyli zástupci těchto čeledí nalezeni. Ztotožňují se také s tvrzením Castro et al. (2013), že zástupci čeledi Staphylinidae se na mršinách vyskytují po celý rok, což prokázaly nálezy na kadaverech. Dle Madra et al. (2014) se největší množství jejich zástupců vyskytuje na jaře, což nemohu potvrdit ani vyvrátit, protože monitoring byl ukončen ke dni 30.03. Dle Payne (1965) je nejpočetnější skupinou, kolonizující mrtvá těla, hmyz, avšak dle De Vault (2003) je většina dostupných mršin zkonsumována dravými obratlovci. Vzhledem k tomu, že došlo k odstranění dvou kadaverů, s největší pravděpodobností dravými obratlovci a k masivnímu ohryzáni dalších dvou kadaverů, na druhou stranu na zbylých kadaverech docházelo k osidlování hmyzem, byl by závěr výzkumu v tomto směru diskutabilní. Souhlasím s tvrzením Reed (1958) a Gunn (2008), že nízké teploty v zimě aktivitu hmyzu inhibují, přesto však byl zaznamenán výskyt *Omalium rivulare* z čeledi Staphylinidae, jejichž výskyt v zimních měsících uvádí Anton et al. (2011), Aitchison (2001) a Jaskula a Soszyńska-Maj (2011). Charabidze, Hedouin and Gosset (2012) uvádí výskyt *Calliphora vomitoria* nebo *Thyreophora cynophila* v zimních měsících. Výskyt prvního druhu byl prokázán, výskyt druhého druhu nikoli. Dle Smith (1986) bylo pozorováno přezimování larev třetího instaru některých zástupců Calliphoridae v půdě, dle Šulákové (2014) *Calliphora vicina*, jejichž dospělci i larvy byly na kadaverech nalezeni, přezimuje jako dospělec. Výzkum prokázal tvrzení Soszyńska-Maj (2004), kdy byl v Lodžském vojvodství v Polsku při teplotách do -4 °C zaznamenán výskyt zástupců Heleomyzidae. Na kadaverech byl zaznamenán druh *Neoleria* sp. Růžička (1994) uvádí přezimování larev *Nicrophorus investigator* a *Nicrophorus*

*interruptus*, u jiných druhů uvádí přezimování dospělců, zástupci tohoto rodu nebyli na kadaverech nalezeni.

Ztotožňuji se s tvrzením Klimešové et al. (2016), že větší zastoupení *Muscina prolapsa* ve výše popsané studii bylo prokázáno v zimním období. Na kadaverech byli v průběhu března nalezeni dospělci i larvy tohoto druhu.

## 5 ZÁVĚR

Během sledovaného období byly zaznamenávány tafonomické změny kadaverů a bylo zachyceno celkem 209 hmyzu různých druhů v různých stádiích vývoje. Jednalo se o zástupce Diptera a Coleoptera. Celkový počet zachycených zástupců není úplný, sběr probíhal ručně. Pro přesnější interpretaci výsledků by bylo nutné zajistit sběr pomocí dalších sběracích metod a za přítomnosti specialisty z oboru. V diskusi je podrobně rozepsán výskyt zachycených druhů s porovnáním s jinými výzkumy, s nimiž se ve velké míře shoduje.

## 6 SEZNAM LITERATURY

- ABELL, D.H., WASTI, S.S., HARTMANN, G.C. (1982). Saprohagous Arthropod Fauna Associated with Turtle Carrion. *Applied Entomology and Zoology* 17, 301–307.
- AMENDT, J., RICHARDS, C.S., CAMPOBASSO, C.P., ZEHNER, R., and HALL, M.J.R. (2011). Forensic entomology: applications and limitations. *Forensic Science, Medicine and Pathology* 7, 379–392 s.
- ANDERSON, S., VAN LAERHOVEN, S.L. (1996). Initial Studies on Insect Succession on Carrion in Southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Sciences JFSCA* 41, 617–625 s.
- ANTON, E., NIEDERREGER, S., BEUTEL, R.G. (2011). Beetles and flies collected on pig carrion in an experimental setting in Thuringia and their forensic implications. *Medical and Veterinary Entomology* 25, 353–364 s.
- JOSEPH, I., MATHEW, D. G., SATHYAN, P., VARGHEESE, G. 2011: The use of insects in forensic investigations: An overview on the scope of forensic entomology. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 89 s.
- BARTÁK, M., KUBÍK, Š. (2005). *Diptera of Podyjí National Park and Its Environs (Česká zemědělská univerzita)*, 432 s.
- BEHRENSMEYER, A. K. (1978). Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology*, 150 –162 s.
- BENBOW, M. E., TOMBERLIN, J.K., TARONE, A.M. (2015). *Carrion Ecology, Evolution, and Their Applications*. B.m.: CRC Press. ISBN 978-1-4665-7547-9.
- BONACI, T., BRANDMAYR, Z.T., BRANDAMAYR, P., VERCILLO, V., and PORCELI, F. (2011). Successional patterns of the insect fauna on a pig carcass in southern Italy and the role of *Crematogaster scutellaris* (Hymenoptera, Formicidae) as a carrion invader. *Entomological Science* 14, 125–132 s.
- BYRD, J. H., CASTNER, J. L. (2010). *Forensic entomology the utility of arthropods in legal investigations*. 2. vyd. Boca Raton: Taylor & Francis.

- CAMBOSO, C.P., Di VELLA, G., and INTRONA, F. (2001). Factors affecting decomposition and Diptera colonization. *Forensic Science International* 120, 18–27 s.
- CARTER, D. O., YELLOWLEES, D. a TIBBETT, M. (2007). Cadaver decomposition in terrestrial ecosystems. *Naturwissenschaften*[online]. 1.1., roč. 94, č.1, s.12–24. ISSN0028-1042, 1432-1904 s. Dostupné z:doi:10.1007/s00114-006-0159-1
- CORNABY, B.W. (1974). Carrion Reduction by Animals in Contrasting Tropical Habitats. *Biotropica* 6, 51–63 s.
- COUFAL, L. (2004). Fenologický atlas. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 263 s. ISBN 80-86690-21-0.
- DANĚK, L. (1990). Možnost využití entomologie v kriminalistice. 1. vyd. Brno:Kriminalistický ústav VB, 142 s.
- DVOŘÁČEK, I. (2013) Soudní lékařství: studijní opora. Ostravská univerzita v Ostravě. ISBN 978-80-7464-300-2
- GILL, G.J. (2005). Decomposition and arthropod scession on above ground pig carrion in rural Manitoba. (Otawa, Ontario: Canadian Police Research Center), 178 s.
- GUNN, A. (2008). Essential forensic biology. 2.vyd.. Hoboken, NJ: J. Wiley, 436 s.
- GENNARD, D.E. (2007). Forensic entomology. London: Wiley, 224 s.
- CHAMPMAN, R.F., SANKLEY, J.H.P. (1955). The larger invertebrate fauna of three rabbit carcasses. *Journal of Animal Ecology* 24, 402 s..
- HÁJKOVÁ, L. (2012). Atlas fenologických poměrů Česka: Atlas of the phenological conditions in Czechia. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 311 s. ISBN 978-80-86690-98-8.
- HÁVA, J. (2011): Brouci čeledi kožojedovití (Dermestidae) České a Slovenské republiky: Beetles of the family Dermestidae of the Czech and Slovak Republics. vyd. 1. Praha: Academia, 102 s.
- HIRT, M. (2008). Soudní lékařství. Brno: Masarykova univerzita, 2008. ISBN 978-80-210-4583-5.
- HŮRKA, K. 2005: Brouci České a Slovenské republiky. Zlín: Kabourek, 390 s.

KASPER, J, MUMM, R. a J., RUTHER. 2012: The composition of carcass volatile profiles in relation to storage time and climate conditions. *Forensic Science International*, 71 s.

KOČÁREK, P. (2003). Decomposition and Coleoptera succession on exposed carrion of small mammal in Opava, the Czech Republic. *European Journal of Soil Biology* 45 s..

KLIMEŠOVÁ, V., et al. (2016). Forensically important Muscidae (Diptera) associated with decomposition of carcasses and corpses in the Czech republic

KUBÍK, Š. a BARTÁK, M. (2013). Workshop on Biodiversity, Jevany: proceedings of the „Workshop on Biodiversity”, Jevany. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2013. ISBN 978-80-213-2424-4.

KVAPILOVÁ, H., DOGOŠI, M. (2007) *Soudní lékařství pro právníky a policisty*. 2.vydání. Plzeň: Aleš Čeněk, 2007. 243 s.

LYMAN, R. L., (1994). *Vertebrate taphonomy* - Cambridge University Press., 1 - 524 s., Cambridge

MATUSZEWSKI, S., BAJERLEIN, D., KONWERSKY, S., and SZPILA, K. (2008). An initial study of insect succession and carrion decomposition in various forest habitats of Central Europe. *Forensic Science International*, 69 s.

MÉGNIN, P. (1872). *De la gale du cheval: étudiée dans ses trois variétés, sarcoptique, psoroptique et symbiotique, et des animalcules qui la produisent*. Paris: P. Asselin

MIRALBES, M.C. (2002). *Estudio de la entomofauna asociada a cadáveres en el Alto Aragón (España)* (Zaragoza: Sociedad Entomológica Aragonesa), 94 s.

NUORTEVA, M. (1953). *Mengeveränderungen der Borckerkäferfauna in einem südfinnischen Waldgebiet in der Zeit von 1953 –1964*; *Acta Entomologica Fennica*, 50 s.

OOSTERBROEK, P. (2006). *The European families of diptera*. Utrecht. KNNV. Publishing

PAYNE, J.A. (1965). A summer carrion study of the baby pig *Sus scrofa* Linnaeus. *Ecology*, 602 s.

POKORNÝ, V. et al. (1992). *Všeobecná paleontologie*. 1. vyd. Praha. Karolinum. 296 s.

POVOLNÝ D. (1978). *Hmyz v kriminologii*. *Vesmír*, 57

(1): 208 s.

PUSHKIN, S. V. (2015). Environmental group Necrophilous and Necrobionts Beetles (Insecta; Coleoptera) of the south of the Russia.

REED, H.B. (1958). A Study of Dog Carcass Communities in Tennessee, with Special Reference to the Insects. *American Midland Naturalist* 59, 245 s.

RIETSCHEL, S. 2011: Hmyz: 3 znaky: klíč ke spolehlivému určování. 3. vyd. Překlad Dalibor Povolný. Čestlice: Rebo. Průvodce přírodou (Rebo), 240 s.

RODRIGEZ, W.C., BASS, W.M. (1983). Insect Activity and Relationship to Decay Rates of Human Cadavers in East Tennessee. *Journal of Forensic Sciences JFSCA*, 432 s.

ROHÁČEK, J., ŠEVŠČÍK, J. (2009). Diptera of the Poľana Protected Landscape Area - Biosphere Reserve (Central Slovakia) (Zvolen: Administration of the PLA – BR Poľana), 340 s.

ROZEN, D. E., ENGELMOER, D. J. P. a SMISETH, P. T., 2008. Antimicrobial strategies in burying beetles breeding on carrion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*[online]. 18.11., roč. 105, č. 46, 17890 s.

ŠÍPKOVÁ, H., RŮŽIČKA, J. (2009). Preference různě staré mršiny u nekrofágních mrchožroutovitých brouků (Coleoptera: Silphidae) ve střední Evropě. (Carrion succession stage preference among necrophagous beetles (Coleoptera: Silphidae) in central Europe). *Klapalekiana*, 45, 219 s..

ŠTEFAN, J. – MACH, J. (2005). Soudně lékařská a medicínsko-právní problematika v praxi. Praha: Grada Publishing, 264 s. ISBN 80-247-0931-7.

ŠTEFAN, J. a J., HLADÍK. (2012). Soudní lékařství a jeho moderní trendy. 1. vyd. Praha: Grada, 437 s.

ŠULÁKOVÁ, H. (2014): Forezní entomologie – když smrt je začátek. *Živa. Academia*, 256 s.

TESAŘ, J. (1958). Soudní lékařství pro právníky. Praha: Orbis

THURZO, M., BEŇUŠ, R. (2005). Základy tafonómie hominidov a iných stavovcov. Bratislava: Univerzita Komenského

VILLET, M.H. (2011). African Carrion Ecosystems and Their Insect Communities in Relation to Forensic Entomology. Pest Technology, 15 s.



## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Determinace odebraného hmyzu (pplk. Hana Šuláková, Ph. D., Kriminologický ústav Praha)

Tabulka 2. Teplotní podmínky prosinec 2016 (Výstup meteorologické stanice Brno – Židenice)

Tabulka 3. Teplotní podmínky leden 2017 (Výstup meteorologické stanice Brno – Židenice)

Tabulka 4. Teplotní podmínky únor 2017 (Výstup meteorologické stanice Brno – Židenice)

Tabulka 5. Teplotní podmínky březen 2017 (Výstup meteorologické stanice Brno – Židenice)

Tabulka 6 Determinace kadaveru č. 1

Tabulka 7 Determinace kadaveru č. 4

Tabulka 8 Determinace kadaveru č. 5

Tabulka 9 Determinace kadaveru č. 6

## **SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Rozklad kadaveru č. 1

Obrázek 2 Rozklad kadaveru č. 3

Obrázek 3 Rozklad kadaveru č. 4

Obrázek 4 Rozklad kadaveru č. 5

Obrázek 5 Rozklad kadaveru č. 6

Obrázek 6 Ukázky nasbíraného hmyzu

## PŘÍLOHY

Tabulka 2. Teplotní podmínky prosinec 2016 (Výstup meteorologické stanice Brno – Židenice)

Datum	Průměrná teplota	Poznámka
1.12.2016	3,21 °C	
2.12.2016	3,75 °C	
3.12.2016	-0,39 °C	
4.12.2016	-3,12 °C	
5.12.2016	-3,69 °C	
6.12.2016	-1,81 °C	
7.12.2016	-0,33 °C	
8.12.2016	-1,44 °C	
9.12.2016	-0,34 °C	
10.12.2016	4,33 °C	
11.12.2016	3,03 °C	
12.12.2016	3,99 °C	
13.12.2016	-3,49 °C	
14.12.2016	-1,94 °C	srážky
15.12.2016	-0,08 °C	
16.12.2016	-1,85 °C	
17.12.2016	-4,41 °C	

<b>18.12.2016</b>	-0,46 °C	srážky
<b>19.12.2016</b>	-0,87 °C	
<b>20.12.2016</b>	-3,44 °C	
<b>21.12.2016</b>	-4,00 °C	
<b>22.12.2016</b>	-3,70 °C	srážky
<b>23.12.2016</b>	-3,02 °C	
<b>24.12.2016</b>	-0,70 °C	srážky
<b>25.12.2016</b>	2,95 °C	srážky
<b>26.12.2016</b>	7,59 °C	
<b>27.12.2016</b>	4,94 °C	srážky
<b>28.12.2016</b>	2,45 °C	
<b>29.12.2016</b>	-3,61 °C	
<b>30.12.2016</b>	-5,30 °C	
<b>31.12.2016</b>	-8,06 °C	

Tabulka 3. Teplotní podmínky leden 2017 (Výstup meteorologické stanice Brno – Židenice)

Datum	Maximální teplota	Průměrná teplota	Poznámka
1.1.2017	-6.3 °C	-8,59 °C	
2.1.2017	-5.0 °C	-6,28 °C	
3.1.2017	1.3 °C	-3,76 °C	
4.1.2017	3.8 °C	1,23 °C	srážky
5.1.2017	0.5 °C	-3,55 °C	srážky
6.1.2017	-5.5 °C	-7,84 °C	
7.1.2017	-7.4 °C	-12,29 °C	
8.1.2017	-7.6 °C	-10,13 °C	srážky
9.1.2017	-4.3 °C	-7,23 °C	
10.1.2017	-6.5 °C	-9,25 °C	
11.1.2017	-5.3 °C	-9,69 °C	
12.1.2017	5.0 °C	-1,38 °C	srážky
13.1.2017	5.1 °C	1,71 °C	srážky
14.1.2017	2.0 °C	-0,62 °C	srážky
15.1.2017	2.3 °C	-4,90 °C	
16.1.2017	-3.1 °C	-7,99 °C	
17.1.2017	-0.4 °C	-3,60 °C	
18.1.2017	-1.6 °C	-4,47 °C	
19.1.2017	-5.5 °C	-10,98 °C	
20.1.2017	-3.3 °C	-10,52 °C	
21.1.2017	-0.6 °C	-8,07 °C	

<b>22.1.2017</b>	-0.4 °C	-7,44 °C
<b>23.1.2017</b>	-3.7 °C	-4,48 °C
<b>24.1.2017</b>	-3.7 °C	-4,81 °C
<b>25.1.2017</b>	-0.6 °C	-2,16 °C
<b>26.1.2017</b>	1.8 °C	-1,25 °C
<b>27.1.2017</b>	-0.7 °C	-5,17 °C
<b>28.1.2017</b>	-6.1 °C	-6,56 °C
<b>29.1.2017</b>	-5.9 °C	-6,67 °C
<b>30.1.2017</b>	-7.2 °C	-7,49 °C
<b>31.1.2017</b>	-4.5 °C	-5,48 °C

Tabulka 4. Teplotní podmínky únor 2017 (Výstup meteorologické stanice Brno – Židenice)

<b>Datum</b>	<b>Průměrná teplota</b>	<b>Poznámka</b>
1.2.2017	-2,05 °C	srážky
2.2.2017	-0,54 °C	
3.2.2017	0,98 °C	
4.2.2017	1,61 °C	
5.2.2017	1,65 °C	
6.2.2017	1,65 °C	
7.2.2017	-0,08 °C	
8.2.2017	-3,26 °C	
9.2.2017	-3,21 °C	
10.2.2017	-0,28 °C	
11.2.2017	0,79 °C	
12.2.2017	1,75 °C	
13.2.2017	-3,46 °C	
14.2.2017	-3,25 °C	
15.2.2017	0,11 °C	
16.2.2017	-0,74 °C	
17.2.2017	-1,18 °C	srážky
18.2.2017	1,96 °C	
19.2.2017	0,30 °C	
20.2.2017	1,86 °C	srážky
21.2.2017	5,67 °C	srážky

<b>22.2.2017</b>	4,93 °C	srážky
<b>23.2.2017</b>	9,97 °C	
<b>24.2.2017</b>	7,63 °C	
<b>25.2.2017</b>	0,96 °C	
<b>26.2.2017</b>	2,09 °C	
<b>27.2.2017</b>	4,27 °C	
<b>28.2.2017</b>	7,69 °C	

Tabulka 5. Teplotní podmínky března 2016 (Výstup meteorologické stanice Brno – Židenice)

<b>Datum</b>	<b>Průměrná teplota</b>	<b>Poznámka</b>
1.3.2017	5,98 °C	srážky
2.3.2017	6,09 °C	srážky
3.3.2017	5,43 °C	
4.3.2017	11,44 °C	
5.3.2017	11,31 °C	srážky
6.3.2017	5,96 °C	srážky
7.3.2017	5,24 °C	srážky
8.3.2017	5,18 °C	
9.3.2017	6,35 °C	srážky
10.3.2017	6,43 °C	srážky
11.3.2017	5,65 °C	
12.3.2017	5,14 °C	
13.3.2017	5,34 °C	
14.3.2017	5,74 °C	
15.3.2017	7,70 °C	
16.3.2017	7,48 °C	
17.3.2017	9,12 °C	
18.3.2017	8,45 °C	srážky
19.3.2017	7,18 °C	srážky
20.3.2017	11,53 °C	
21.3.2017	11,03 °C	



<b>22.3.2017</b>	8,09 °C	srážky
<b>23.3.2017</b>	7,96 °C	
<b>24.3.2017</b>	9,43 °C	
<b>25.3.2017</b>	7,25 °C	
<b>26.3.2017</b>	6,33 °C	
<b>27.3.2017</b>	7,65 °C	
<b>28.3.2017</b>	10,77 °C	
<b>29.3.2017</b>	13,10 °C	
<b>30.3.2017</b>	14,69 °C	
<b>31.3.2017</b>	14,52 °C	

Obrázek 1 Rozklad kadaveru č. 1



Obrázek 2 Rozklad kadaveru č. 3



Obrázek 3 Rozklad kadaveru č. 4



Obrázek 4 Rozklad kadaveru č. 5



Obrázek 5 Rozklad kadaveru č. 6



Obrázek 6 Ukázky nasbíraného hmyzu

