

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra myslivosti a lesnické zoologie



**Druhové složení bezobratlých při kolonizaci
kadáverů v mělkých hrobech**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Lukáš Píkal

Vedoucí práce: prof. Ing. Jaroslav Červený, CSc.

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci „Druhové složení bezobratlých při kolonizaci kadáverů v mělkých hrobech“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího a konzultantky diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou v práci citovány 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 18. 4. 2016

podpis autora práce

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé diplomové práce prof. Ing. Jaroslavu Červenému, CSc. a konzultantovi mé diplomové práce prof. RNDr. Miroslavu Bartákovi, CSc. za jejich ochotu, čas, trpělivost, připomínky a zvláště za cenné rady a odborné vedení.

Druhové složení bezobratlých při kolonizaci kadáverů v mělkých hrobech

Souhrn

V této práci se zabývám forezní entomologií a druhovým zastoupením bezobratlých, kteří kolonizují kadávery nacházející se zakryté vrstvou zeminy v mělkých hrobech. K danému tématu byl v období od poloviny května roku 2015 do poloviny září roku 2015 proveden terénní experiment. Tento probíhal na Šumavě v katastru obce Kundratice, kde byly na zahradě u rodinného domu vykopány mělké hroby. Celkem se jednalo o 12 hrobů a do každého hrobu byl vložen a následně zasypán kadáver kura domácího (*Gallus gallus f. domestica*, Linné, 1758) o váze cca 2 kg. Hroby byly od sebe navzájem ve vzdálenosti 1,5 m. Všichni jedinci kura domácího byli usmrceni stejným způsobem za stejných podmínek. Jednotlivé hroby byly rozděleny na 4 sektory a v každém sektoru byly zastoupeny hroby o hloubkách 10 cm, 30 cm a 50 cm. Následně byl každý měsíc vykopán jeden sektor a z každé hloubky byla zajištěna veškerá vývojová stadia hmyzu a dále byly zjištěné vzorky tříděny podle toho, zda se nacházeli v půdě či na kadáveru. Zjištěné vzorky byly poté odborníkem determinovány. Zjištěné skutečnosti byly na závěr s literárními zdroji porovnány a byly buď vyvráceny, nebo potvrzeny. Experimentem byl ověřen poznatek, že u pohřbených kadáverů se na dekompozici nepodílejí zástupci čeledi bzučivkovití (Calliphoridae).

Klíčová slova: Forezní entomologie, rozklad, hloubka, mělký hrob

Species composition of invertebrate during cadavers colonization in shallow graves

Summary

In this work, I deal with forensic entomology and representation of invertebrates' species which colonise carcasses found in shallow graves, covered with a layer of soil. There was a field experiment conducted from mid-May 2015 to mid-September 2015 for the purpose of this topic. It took place in the Bohemian Forest, known in Czech as Šumava, in the Kundratice village, where shallow graves were dug in the garden of a family house. There were 12 graves in total. There was a carcass of domestic fowl (*Gallus gallus* f. *domestica*, Linné, 1758), each weighing about 2 kg, inserted into each grave and then buried. The distance between the graves was 1.5 m. All the individuals of domestic fowl were killed in the same way under the same conditions. The individual graves were divided into four sectors, each sector containing graves with depths of 10 cm, 30 cm, and 50 cm. Subsequently, one sector was dug up every month, and all developmental stages of insects were picked up from each depth, and the samples were then sorted according to whether they were found in the soil or on the carcass itself. The identified samples were then determined by a specialist. Finally, the findings were compared with literary sources and either refuted or confirmed. The experiment has verified the knowledge that members of the Calliphoridae family do not participate on the decomposing process of buried carcasses.

Key words: Forensic entomology, decomposition, depth, shallow grave

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Cíl práce	8
3. Literární přehled.....	9
3.1 Forenzní vědy a kriminalistika	9
3.2 Forenzní entomologie	9
3.3 Zastoupení druhů hmyzu dle zdrojů potravy	10
3.4 Dekompozice kadáveru	11
3.4.1 Faktory ovlivňující vývoj hmyzu na mrtvolách	12
3.4.2 Rozkladné procesy	14
3.4.2.1 Časné posmrtné změny	14
3.4.2.2 Pozdní posmrtné změny.....	15
3.4.3 Stadia rozkladu kadáveru hmyzem.....	17
3.4.3.1 Názorová dělení sukcesních vln	17
3.4.3.2 Sukcese	17
3.4.3.3 Sukcesní vlny	18
3.4.3.4 Post mortem interval.....	21
3.5 Pohřbené a zahrabané mrtvoly	22
3.5.1 Kriminalistická praxe	22
3.5.2 Hloubka uložení kadáverů.....	23
3.5.3 Rozkladné procesy v půdě.....	23
3.5.4 Kolonizátoři pohřbených kadáverů	24
3.6 Půdní složení v mělkých hrobech v obci Kundratice.....	25
<i>Tabulka č. 1 – obecné informace o místě experimentu, Geoportál VÚMOP.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabulka č. 2 – půdní složení v místě experimentu, Geoportál VÚMOP</i>	<i>27</i>
3.7 Diptera (dvoukřídlí)	27
3.7.1 Calliphoridae (bzučivkovití).....	27
3.7.2 Fanniidae (vířilkovití).....	28
3.7.3 Muscidae (mouchovití).....	29
3.7.3.1 Rod <i>Muscina</i>	29
3.7.3.2 Rod <i>Hydrotaea</i>	30
3.7.4 Phoridae (hrbilkovití)	30

3.7.4.1 Rod <i>Conicera</i>	31
3.7.6 Trichoceridae (tipličkovití).....	32
3.8 Coleoptera	32
3.8.1 Elateridae (kovaříkovití).....	33
3.8.2 Leiodidae (lanýžovníkovití)	33
3.8.3 Staphylinidae (drabčíkovití)	34
3.8.3.1 Rod <i>Philonthus</i>	35
4. Metodika	36
4.1 Popis lokality	36
4.2 Přípravná fáze	36
4.3 Realizace pokusu	37
4.4 Sledované parametry	37
4. 4. 1 Měření teploty mělkých hrobů	38
4. 4. 2 Teplota za dané období.....	38
5. Výsledky	39
5.1. První vykopání	39
5.2 Druhé vykopání	41
5.3 Třetí vykopání	43
5.4 Čtvrté vykopání	44
6. Diskuse.....	49
7. Závěr	51
8. Seznam literatury	52
9. Přílohy.....	58

1. Úvod

Forenzní entomologie je samostatný obor ze souboru forezních věd, který zkoumá specifickou oblast jednotlivých druhů řádu hmyzu nekrofágních a saprofágních. Využívá znalosti jejich vývojových stadií, zastoupení druhů a znalosti výskytu v průběhu časového sledu. Uplatňuje se při vyšetřování kriminalistických případů, při stanovení doby smrti PMI u lidských mrtvol, nebo při stanovení, zda došlo k úmrtí jedince před jeho uložením do ilegálního hrobu v souvislosti se spácháním trestné činnosti.

Tato práce je zaměřena na faunu, která kolonizuje pohřbené nebo zahrabané kadávery. Popsány jsou dekompoziční procesy a jejich faktory, které ovlivňují výskyt hmyzu na mrtvolách, dále specifika rozkladných procesů v půdě. V závěru jsou vyhodnoceny a porovnány výsledky terénního experimentu a popsány tafonomické změny kadáverů.

2. Cíl práce

Cílem diplomové práce je shrnout poznatky a vytvořit ucelený literární přehled o bezobratlých, kteří kolonizují pohřbená mrtvá těla obratlovců a podílejí se na jejich dekompozici. Shrnout veškerá specifika, která se odlišují a probíhají při rozkladných procesech pod vrstvou zeminy. Rozkladné procesy u volných expozic jsou celkem dobře prozkoumány, ale u pohřbených těl obratlovců není k dané problematice celkově mnoho dostupných informací. Veškerá zjištění pak porovnat s provedeným terénním experimentem.

Nulová hypotéza: Hloubka pohřbení kadáverů má vliv na druhové složení kolonizujícího hmyzu.

3. Literární přehled

3.1 Forenzní vědy a kriminalistika

Forenzní vědy se zabývají vývojem a aplikací specifických metod zakládajících se na vědeckém základě, které dále napomáhají při vyšetřování a dokazování trestné činnosti. Tvoří tak velmi rozsáhlou oblast vědeckého bádání, které se postupným vědeckým rozvojem rozšiřuje o nové metody. Rozeznáváme např. forenzní medicínu, forenzní balistiku, nebo forenzní entomologii (Innes, 2010).

Kriminalistika je v dnešní době charakterizována jako samostatný vědný obor, který zaujímá významné místo v boji proti kriminalitě. Slouží k ochraně občanů a státního aparátu před trestnými činy, objasňuje zákonitosti vzniku, trvání a zániku stop. V rámci potřeb trestních zákonů vypracovává postupy, operace a metody (daktyloskopie, balistika atd.) vedoucí ke zdárnému odhalování, předcházení a vyšetřování trestné činnosti (Musil a kol., 2004). V oblasti kriminalistiky a forenzních věd je stopa jedním z nejvýznamnějších pojmů, který obsahuje velmi důležitý zdroj informací umožňujících se přiblížit k objasnění spáchané trestné činnosti (Erzinclioglu, 2008).

3.2 Forenzní entomologie

Forenzní entomologie využívá znalostí jednotlivých druhů řádů hmyzu a ostatních bezobratlých, zejména saprofágních a nekrofágních organismů při vyšetřování a ověřování důkazů v trestním, nebo občanském řízení (Šuláková, 2014). Forenzní nebo někdy používaný termín „kriminalistická“ entomologie, jako samostatný obor ze souboru forenzních věd s kriminalistikou úzce souvisí a navzájem se doplňují. Není to však zdaleka jediný obor působnosti. Z hlediska využití forenzní entomologie v praxi ji dle Šulákové (2014) lze rozdělit do tří základních kategorií:

1. Problematika potravinářských škůdců – zkoumání zda nedošlo ze strany dodavatele, nebo prodejce k porušení technologických postupů a hygieny při manipulaci, balení, skladování a přepravě zemědělských komodit a potravin (např. nález larev v zakoupeném mase) (Šuláková, 2014).

2. Oblast parazitů lidí a zvířat – zde jsou předmětem zkoumání myiázy, které představují onemocnění obratlovců působená larvami much z řádu dvoukřídlí (Šuláková, 2014). Vznik onemocnění je zapříčiněn naklazením vajíček do otevřených ran, dutin, či pokožky a následné pronikání larev do tkání hostitele, kde parazitují (Vaništa a Mandřáková, 2003).

3. Stanovení doby smrti u nalezených lidských těl – zde je z hlediska entomologie využíváno znalostí vývojových stádií hmyzu, zastoupení druhů a znalosti výskytu hmyzu v průběhu časového sledu, neboli sukcese (Šuláková, 2006).

3.3 Zastoupení druhů hmyzu dle zdrojů potravy

V přírodě jsou mrtvá těla živočichů dočasným a nutričně bohatým zdrojem, který je zákonitostmi procesu rozkladu časově a prostorově vymezen. Organická hmota živočišných těl je tak dále využívána jako potravní zdroj dalšími organismy, zejména hmyzem (Daněk, 1990). Dle Smitha (1986) lze na základě potravních preferencí rozdělit organismy vyskytující se na mrtvolách do čtyř ekologických skupin:

1. Nekrofágní druhy – se živí přímo tkáněmi mršiny nebo tekutinami, které se uvolňují při rozkladu a představují nejdůležitější skupinu živočichů při stanovení doby kolonizace (Daněk, 1990). Při úbytku organické hmoty mají nejvýznamnější vliv. Tuto skupinu mrchožravých druhů lze dále na základě potravních preferencí stadia rozkladu kadáveru podrobněji rozdělit do dalších čtyř skupin. Nekrofágové, kteří se živí čerstvou mrtvolou a saprofágy, kteří vyhledávají biochemicky aktivní mrtvolu. Dermatofágy osidlujícími vysychající mrtvolu a keratofágy, kteří se živí dehydrovanými zbytky kostry, srsti, peří (Povolný, 1978).

2. Predátoři a parazité – se živí zejména jedinci předchozích nekrofágních druhů. Jsou druhou nejvýznamnější skupinou na kadáverech, jelikož jsou schopny ovlivnit množství ostatních druhů. Jejich počty přímo závisí na potravě, kterou se živí (Kočárek, 2003). Na kadáverech bývá značné spektrum dravých brouků, v případě potravních preferencí jsou závislí na velikosti svých kusadel. Druhy s malými kusadly se živí pouze vajíčky, střední druhy jsou již schopni ulovit větší larvy much, ale velkým počtům larev se vyhýbají (Peschke a kol., 1987).

3. Omnivorní (všežravé) druhy – Tyto druhy jsou schopné se živit jednak nekrofágně, ale také jsou schopny lovit jiné kolonizující druhy nacházející se na kadáveru. Jedná se o vosy, mravence a některé druhy brouků. Příkladem mohou být larvy hrobaříků, které jsou výhradně nekrofágní, jejich dospělci však konzumují vajíčka i larvy dvoukřídlých (Amendt a kol., 2004).

4. Adventivní (náhodné) druhy – zahrnují druhy využívající mrtvé tělo náhodně, nebo příležitostně. Kadáver tvoří jejich dočasné životní prostředí, nebo úkryt. Příkladem mohou být chvostokoci (*Collembola*) a pavouci (Amendt a kol., 2004).

Výše uvedené dělení do skupin není úplně přesné, protože je v přírodě běžné, že některé druhy náleží do přechodového stupně mezi skupinami (Smith, 1986). Jako příklad uvádí Šuláková (2014) bzučivku *Chrysomya albiceps*, (Wiedemann, 1819), nebo mouchy rodu *Hydrotaea* (Robineau-Desvoidy, 1830). Larvy těchto druhů se v prvním instaru živí nekrofágně či saprofágně na rozkladné tekutině vytékající z lidské mrtvoly, nebo zvířecí mršiny. V následném, resp. v druhém, nebo třetím instaru se mohou stát predátory larev ostatních druhů much, ale stejně tak se mohou bez významného vlivu na mortalitu po celou dobu vývinu živit nekrofágně.

3.4 Dekompozice kadáveru

Rozklad kadáveru je kontinuální proces. Dochází k přirozenému završení v koloběhu ekologických vazeb mezi primární produkcí, na které se svojí činností podílí zelené rostliny (*Viridiplantae*), dále pak konzumací primární a sekundární,

na které se svojí činností podílejí býložravci spolu s predátory, a tzv. redukci (Povolný, 1979). Kadáver se stává specifickým prvkem ekosystému, na kterém se objevují dílčí společenstva určitých druhů celé biocenózy, které mají dočasné trvání. Dílčí společenstvo tzv. merocenóza (součást jiného většího společenstva) z hlediska kvalitativních znaků závisí přímo na potravních vztazích, na činiteli času a stanovištních činitelích. Kvantitativní znaky merocenózy závisí na velikosti kadáveru i na činiteli času (Daněk, 1990).

3.4.1 Faktory ovlivňující vývoj hmyzu na mrtvolách

Bezprostředně po smrti člověka, nebo zvířete dochází k tzv. rozkladným procesům, které závisí na řadě faktorů působících na samotný kadáver. Likovský (1967) dělí tyto faktory do dvou skupin.

Vlastnosti mrtvého těla – řadí sem druh živočicha, jeho stáří, pohlaví, velikost, váhu, tučnost, zdravotní stav před smrtí jedince, příčinu smrti, kontinuitu povrchu, ochlupení – jeho hustotu, zbarvení atd.

Vnější faktory – patří sem teplota, čas, roční doba, vlhkost, přístup a proudění vzduchu, zastínění, nebo sluneční expozice, přítomnost některých druhů bakterií, plísní, hub a činnost dalších organismů.

Stav mrtvoly, teplota prostředí, vlhkostní poměry, typ prostředí a vliv ostatních organismů. Tyto faktory řadí Šuláková (2006) mezi nejvýznamnější faktory, které ovlivňují činnost nekrosaprofágního společenstva na mrtvole, jeho složení, zastoupení druhů a rychlosti přechodů mezi jednotlivými vlnami.

Stav mrtvoly – úmrtí a počátek kolonizace kadáveru hmyzem se mohou, ale také nemusí shodovat. Při vhodném přístupu k tělu mohou nastat tři základní situace (Šuláková, 2014).

1) Na těle se nachází krvácející traumata např. vzniklá následkem bodných, řezných, nebo střelných poranění, pádu z výšky, při autonehodě, nebo je na těle zastoupeno sperma, exkrementy či zvratky. Do okolí se začíná uvolňovat

aroma krve, nebo jiných, výše uvedených látek, které jsou pachově atraktivní pro hmyz. V těchto případech bývá doba smrti shodná s kolonizací, nebo je rozdíl minimální (Šuláková, 2014).

2) Hovoříme o tzv. intaktním těle. Ke smrti došlo z přirozené příčiny, infarktem, mrtvicí, stářím, nebo udušením. Zde dochází ke kolonizaci až po zahájení rozkladných procesů činností bakterií v trávicí soustavě mrtvého jedince, kdy se z něj začnou uvolňovat silně zapáchající plyny (Šuláková, 2014).

3) Doba kolonizace hmyzu na těle je delší o několik dní, než je samotný post mortem interval. K prvnímu naklazení vajíček dochází ještě před skonem jedince. Jako příklad lze uvést člověka v kómatu, který utrpěl krvácející poranění. Samičky much v reakci na aroma krve nakladou do otevřených ran vajíčka již během jeho umírání (Šuláková, 2014).

Teplota – jedná se o rozhodující faktor pro rychlost průběhu rozkladu a délku jednotlivých fází sukcese. Okolní teplota ovlivňuje nejen výskyt a aktivitu různých druhů nekrofágního hmyzu, ale i jejich vývoj. Zda při působení nízkých teplot se hmyz vyvíjí bez přerušení, zda dochází ke zpomalení, nebo se vývoj zastaví, čímž dojde k tzv. diapauze (Šuláková, 2006).

Vlhkostní poměry – výrazně ovlivňují letovou aktivitu hmyzu, jelikož některé druhy hmyzu upřednostňují suché prostředí, jiní jsou aktivní při vlhkém prostředí (Šuláková, 2006).

Typ prostředí – ovlivňuje zejména zastoupení jednotlivých druhů hmyzu a přístupnost mrtvoly. Některé druhy nacházíme pouze na lesních stanovištích, jiné v zahradách, nebo ovocných sadech. Ve vztahu k dostupnosti je potřeba rozlišovat je-li mrtvola volně exponovaná v otevřené krajině, nebo zda je zahrabána, nachází-li se v bytě, nebo je uložena v rakvi (Šuláková, 2006). Tyto faktory mohou být pro různé druhy limitující (Povolný, 1979).

Vliv ostatních organismů – podílí se na sekundárním poškození kadáverů, jejich rozčleněním a roznosem po krajině (Šuláková, 2006). Ze savců se mohou na poškození podílet např. prase divoké (*Sus scrofa* (Linnaeus, 1758)), nebo kočka domácí (*Felis silvestris* f. *catus* (Linnaeus, 1758)). Z ptactva např. krkavcovití

(Corvidae) krkavec velký (*Corvus corax* (Linnaeus, 1758)), nebo vrána černá (*Corvus corone* (Linnaeus, 1758)). Svým zobákem mohou imitovat bodná poranění (Tesař, 1985).

3.4.2 Rozkladné procesy

Posmrtné změny se projevují, jako více či méně zřetelné časné a pozdní známky smrti vyvolané fyzikálními a biochemickými vlivy (Hirt a kol., 2008).

3.4.2.1 Časné posmrtné změny

V podstatě se jedná o fyzikální a biochemické procesy, mezi které patří chladnutí těla (*algor mortis*), mrtvolná stuhlost (*rigor mortis*) posmrtné skvrny (*livores mortis*), enzymatické (fermentační) změny a zasychání (Hirt a kol., 2008).

Chladnutí těla (*algor mortis*) – je výsledek vyrovnání se teploty těla jedince s okolním prostředím, ve kterém se nachází. Rychlost zchladnutí závisí zejména na okolní teplotě, proudění vzduchu, na podložce, na které se nachází (např. koberec, sníh), a vlhkosti. V menší míře již závisí pokles rychlosti teploty na vrstvě podkožního tuku a na oblečení (Pitr, 1989). Leží-li neoblečená mrtvola lidského jedince v prostředí s vyšší teplotou, dojde k odpařování vody z kůže, která se následně sráží v kapky. Tento jev se označuje za „pocení mrtvoly“ (Vorel jun. a kol., 1999). Pro přibližné určení doby smrti se využívá měření rektální teploty, která zde klesá přibližně o 1 °C za hodinu. K vyrovnání teploty u lidského těla dochází po 10 – 20 hodinách (Hirt a kol., 2008).

Mrtvolná ztuhlost (*rigor mortis*) – již v prvních hodinách po smrti začíná svalstvo tuhnut a kadáver se fixuje v dané poloze. Mrtvolná ztuhlost je chemickým procesem, který spočívá v poklesu hladiny kyseliny ATP, nedochází však ke ztuhlosti na všech svalových skupinách současně. V rozmezí 1-3 hodin po smrti dochází u lidského těla ke ztuhlosti žvýkacího a šíjového svalstva, za 4 - 6

hodin na horních končetinách a po 6 - 8 hodinách na dolních končetinách. Při vyšší okolní teplotě se projevuje mrtvolná ztuhlost rychleji (Pitr, 1989).

Posmrtné skvrny (*livores mortis*) – vznikají klesáním krve a tělních tekutin na nejnižše položená místa, vyjma části, která přímo naléhá na podložku. Skvrny se objevují po 0,5 - 2 hodinách po smrti. Po 6 - 8 hodinách jsou nejvýraznější, vyvíjí červeno-fialové zabarvení plochy kůže (Pitr, 1989).

Zasychání – odpařováním vody z povrchu těla dochází k vysychání výše uložených ploch kůže a sliznic. Projevuje se nejprve na místech, kde je snadný přístup vzduchu a na místech která byla za života vlhká, jako je oční rohovka, bělma, červeň rtů atd. Po určité době zasychá i neporušená kůže a vnitřní orgány (Pitr, 1989).

3.4.2.2 Pozdní posmrtné změny

Představují již vlastní rozkladné pochody v zaniklém organismu. Dle podmínek pochodů rozlišujeme dekompoziční procesy, k nimž patří autolýza, hniloba, tlení, mumifikace a zmýdelnění (Hirt a kol., 2008).

Autolýza – vzniká posmrtně, při již neřízených enzymatických pochodech štěpících bílkoviny, cukry a tuky vlastního těla. Tímto dochází i bez asistence mikrobiálních organizmů k změknutí slinivky břišní a žaludeční stěny. V cévách dochází k rozpadu červených krvinek a žluč skrze žlučnickovou stěnu prosakuje do okolí. Vzniká tekutina plná živin, která je potravou pro různé druhy bakterií. Toto rozbřednutí postihuje postupně další žláznaté orgány a následně i svalstvo (Hirt a kol., 2008).

Hniloba – probíhá za účasti zejména střevních bakterií rozkládajících bílkoviny. Výsledkem je uvolňování plynů, jako je sirovodík, čpavek, vodík a metan. Dále dochází k tvorbě látek skatol, indol, mastných kyselin, až po biogenní aminy (Hirt a kol., 2008). Kůže kadáveru je plyny napínána, tělo je nafouklé a z tělních otvorů je vytlačována řídká, vazká, šedě hnědá, ostře zapáchající hnilobná tekutina (Likovský, 1967). Pokožka se začíná odlučovat, po delší době se uvolňují vlasy,

chlupy a později i nehty. Měkké tkáně, především parenchymové orgány měknou. Tyto procesy podporuje optimální teplota a vlhkost prostředí (Pitr, 1989).

Tlení – spolu s hnilobou mají z počátku souběžný průběh. Po určité době, kdy hnilobné procesy začínají odeznívat, nabývá na převaze proces tlení. Podstata tlení spočívá v oxidačních pochodech, které probíhají o poznání pomaleji, ale tkáně rozrušují více do hloubky, než pochody redukční (Pitr, 1989). U lidské mrtvolky zůstávají přibližně po deseti letech jen jednotlivé kosti, kryté chrupavkami, spojené pevnými vazy a šlachovými úpony. Po dvaceti letech existují jen izolované kosti s tukovou dřeví a vlasy. Nejrychleji probíhá proces tlení na vzduchu, pomaleji ve vodě a velmi pozvolný průběh probíhá v zemi (Hirt a kol., 2008). V procesu hniloby a v průběhu tlení se postupně z kadáveru vytrácí voda, což způsobuje snížení hmotnosti. Tento fakt je důležité zohlednit při identifikaci (Pitr, 1989).

Mumifikace – je specifickou formou posmrtného rozkladu a dochází k ní pouze v suchém, optimálně teplém prostředí s proudícím vzduchem. V konečné fázi je kůže mumifikovaného lidského těla svažštělá, tmavě-hnědé barvy se zachovalými vlasy a váha se pohybuje přibližně mezi 10 – 12 kg (Hirt a kol., 2008).

Zmýdelnění (saponifikace) – k tomuto dochází při nedostatku, nebo při úplné absenci vzduchu z přebytku vody. Nejčastěji nastává u kadáverů uložených ve vodě, ale i u kadáverů v hrobě s nepropustnou jílovitou půdou a v přeplněných masových hrobech (Pitr, 1989). Podstatou zmýdelnění je přeměna tukové tkáně na mrtvolný lipid. Na závěr se vytvářejí esterické vazby, nepropustná mýdla impregnující kůži, podkoží, svaly a vnitřní orgány, čímž je na dlouhou dobu, někdy i na více jak 100 let konzervují. Jedná se o tzv. levnou balzamací těla (Hirt a kol., 2008).

3.4.3 Stadia rozkladu kadáveru hmyzem

3.4.3.1 Názorová dělení sukcesních vln

Jednou z prvních vědeckých prací, vztahujících se k tomuto tématu je dílo *La Faune des Cadavres* („Fauna mrtvolná“) francouzského entomologa Jeana Pierrea Mégnina. Mégnin dělí rozklad kadáverů na osm sukcesních vln. V následných letech byl tento sled nekrofágní fauny některými autory různě redukován. Pozdější autoři uváděli, že ačkoli sled členovců lze studovat do velmi pozdních fází rozkladu, vychází Mégninovo schéma z příliš statického nazírání. Nemohlo obstát jednak teoreticky a ani nevyhovovalo praktickým požadavkům, které na ně kladla především kriminalistická praxe. Fuller rozdělil dekompozici do tří fází. První, výchozí fázi uvádí do doby, která následuje těsně po smrti živočicha. Druhou do doby hniloby, ztekucování tkání a tlení, kdy převládá hnilobný zápach. Třetí fázi charakterizuje jako dobu vysoušení zbytků těla a mizení zápachu (Daněk, 1990). J. A. Payne rozdělil šest vln osidlování hmyzem, kdy vycházel ze stupňů rozkladu mrtvoly čerstvá, nafouklá, biochemicky aktivní, pokročilý rozklad, vyschnutí a zbytky (Povolný, 1982). Reed (1958) rozlišuje čtyři fáze rozkladu: fresh (čerstvá mršina), bloated (nadýmání), decay (hnutí), dry (vysychání). Reedovo dělení je nejčastěji používané.

3.4.3.2 Sukcese

Sukcese je zákonitý sled osidlování hmyzu a jiných organismů, který je natolik specifický pro jednotlivá stadia rozkladu kadáveru, že při dostatku teoretických podkladů a praktických zkušeností lze usoudit, jak dlouhý časový odstup může dělit mrtvolu od počátku jejího rozkladu (Povolný, 1982). Činitel času se projevuje tím, že jak ubíhají dny, týdny a měsíce od smrti, objevují se zde postupně jiné a jiné druhy tohoto dílčího společenstva, tj. čas zde podmiňuje sukcesní sled druhů. V prvním období po smrti jedince se slétávají na kadáver druhy, které konzumují nejměkčí tkáně a mají zároveň i nejrychlejší vývin larev,

naopak v poslední fázi se zde objevují druhy konzumující zbytky kůže, vlasy, chlupy, srst, peří, zbytky vaziv při kostech a nakonec samotné kosti. Tyto druhy mají vývojové cykly delší. Složitost a posloupnost takovéto sukcese vychází především z biochemického stavu kadáveru (Daněk, 1980). Rozklad mrtvého těla činnostmi bezobratlých se označuje za sukcesi saprofágních organismů na kadáveru. Tento proces s sebou přináší změny, které se na těle střídají v tzv. sukcesních vlnách (Šuláková, 2012). Každá vlna modifikuje vlastní substrát, který má ten efekt, že je atraktivní pro určitý hmyz nebo členovce (Bornemisza, 1957). Důležitým faktorem zda proces projde ve 3 či 5, 6, nebo v 8 vlnách je geografická oblast, kde dochází k samotnému rozkladu, např. v oblasti jižní Evropy, kde panují vyšší průměrné teplotní, dochází k rozkladu rychleji a sukcesních vln je méně (Šuláková, 2014).

3.4.3.3 Sukcesní vlny

V našich zeměpisných šířkách rozlišujeme zpravidla 6 stadií dle stupnice, kterou zpracovali J. A. Payne a D. A. Crossley v roce 1996 (Daněk, 1990). Jejich stupnici rozkladu doplněnou o vlastní odborné poznatky pozorování v České republice rozděluje Šuláková (2014) následovně:

1. sukcesní vlna

Tělo jedince se nachází ve fázi rozkladu označované: **čerstvé tělo**.

Čerstvé tělo je počátkem sukcese bezprostředně po smrti jedince, v ojedinělých případech již během umírání. Charakteristické jsou pro období dvě skupiny bezobratlých. Do první patří vosy a mravenci z řádu blanokřídlých (Hymenoptera), živících se přímo tkáněmi. Na těle kadáveru pobývají nezbytně nutnou dobu, po příjmu potravy ho opouštějí. Občas se sice navracejí, ale z hlediska stanovení doby smrti nemají víceméně žádný význam. Stěžejní význam má druhá skupina tvořená mouchami z čeledi bzučivkovití (Colliphoridae). V České republice známe 61 druhů, z nichž 13 je kriminalisticky relevantních. Nejčastější zastoupení v našich podmínkách zaujímají zelené bzučivky rodu

Lucilia, modré rodu *Calliphora* a dále druhy *Protophormia terraenovae* (Robineau-Desvoidy, 1830) a *Phormia regia* (Meigen, 1826). Na kadáveru lze zpravidla nalézt 2 – 5 druhů z toho 1 – 2 druhy jsou dominantní. Dospělci much jsou nekrofilní, samotnou mrtvolou se neživí. Na kadáveru mohou případně lízat a sát krev, nebo jinou tekutinu, ale jedná se o druhořadý zdroj jejich potravy. Skutečně nekrofágní jsou jejich larvy. Dojde-li k naklazení vajíček, je na místě zanechána stopa, kterou lze analyzovat a vyhodnotit. Vysoký kriminalistický význam bzučivek vychází ze skutečnosti, že kadáver vyhledávají primárně z důvodu kladení a časová prodleva mezi přiletem a prvním naklazením vajíček je minimální (Šuláková, 2014).

2. sukcesní vlna

Tělo jedince se nachází ve fázi rozkladu označované: **nadmuté tělo**.

V trávicím traktu vlivem činností bakteriálního rozkladu vznikají plynné látky, které jsou atraktivním lákadlem pro další kolonizátory. Reagují na něj opět bzučivky a nově mouchy z čeledi masařkovití (*Sarcophagidae*) a mouchovití (*Muscidae*). Masařky v oblastech mírného pásu nejsou běžnými kolonizátory na lidských mrtvolách. V České republice a okolních státech se s výskytem jejich larev na kadáverech exponovaných ve volné přírodě setkáme ve zlomku případů. Za to jsou typické pro nálezy v bytech. Forezně relevantních je přibližně 25 druhů masařek, v České republice je však v 95 % zajištěných larev zastoupen pouze jeden druh, a to *Sarcophaga (Lyopigia) argyrostoma* (Robineau-Desvoidy, 1830). Z mouchovitých se jedná zejména o rod *Muscina*, jehož zástupci v ojedinělých případech mohou nahradit bzučivky v roli prvních kolonizátorů. Další typickou skupinou této vlny jsou parazitoidní druhy z řádu blanokřídlí (*Chalcidoidea*), jejichž samičky kladou vajíčka do larev i kukel ostatního hmyzu přítomného na kadáveru. Vylíhlé larvy cizopasí vně hostitele, jím se živí a poté se v něm kuklí. Na základě takto neměnné vazby vývojového cyklu s nekrofágy, na kterých parazitují lze blanokřídlé využít při výpočtu doby kolonizace (Šuláková, 2014).

3. sukcesní vlna

Tělo jedince se nachází ve fázi rozkladu označované: **biochemicky aktivní rozklad.**

V této fázi dochází ke ztekuování substrátu, fáze zahrnuje dva procesy zmýdelnění tuků a fermentaci proteinů. V procesu zmýdelnění je lákadlem především silně zapáchající kyselina máselná, na kterou reagují mouchy rodu *Hydrotaea* z čeledi Muscidae. Na lidských mrtvolách v České republice je nejčastěji zastoupena *Hydrotaea ignava* (Harris, 1780), která klade vajíčka pod tělo do tzv. lože mrtvoly. Vylíhlé larvy se v prvním instaru živí saprofágně, rozkladnou tekutinou, která prosakuje do půdy, a teprve ve druhém instaru kolonizují mrtvolu. Z brouků se objevují drabčíkovití (Staphylinidae) významný je drabčík páskovaný (*Creophilus maxillosus*), mrštíkovití (Histeridae) a lesknáčkovití (Nitidulidae). Fermentace proteinů je též nazývána sýrová fermentace, jelikož kaseózní substance, které při ní vznikají, svým zápachem připomínají přezrálý sýr. Atraktivní jsou pro drobné mušky z čeledi sýrohloďkovití (Piophilidae), u nás je nejhojnější *Stearibia nigriceps* (Meigen, 1826), dále pro kmitalkovitě (Sepsidae) a vířilkovitě (Fanniidae). Z brouků reagují na fermentační aroma kožojedovití (Dermestidae) a pestrokrovečnickovití (Cleridae). Obě čeledi brouků preferují sušší substrát, proto kolonizují kadáver od okrajových, nebo již skeletovaných částí těla (Šuláková, 2014).

4. sukcesní vlna

Tělo jedince se nachází ve fázi rozkladu označované: **pokročilý rozklad.**

Stadium čpavkové fermentace zbylých měkkých tkání, při kterých je uvolňován nakyslý zápach amoniaku a kaseózních látek, na které reagují zejména drobné mušky z čeledi hrbilkovití (Phoridae) (Šuláková, 2014).

5. sukcesní vlna

Tělo jedince se nachází ve fázi rozkladu označované: **vysychání zbytků měkkých tkání.**

Na rozkladu se stále podílejí larvy sýrohlodek a hrbílek, kožojedi a pestrokrovečníci. Nové zbytky kolonizují brouci z čeledi hlodáčovití (Trogidae) zejména *Trox scaber* (Linnaeus, 1767) a *Trox sabulosus* (Linnaeus, 1758) (Šuláková, 2014).

6. sukcesní vlna

Tělo jedince se nachází ve fázi rozkladu označované: **kosterní zbytky**.

Větší část měkkých tkání byla už rozložena a na místě zůstávají ponechány jen kosti a ojediněle vyschlé chrupavky a vazivo, chlupy a vlasy. Na rozkladu se podílejí roztoči. Nově jsou zde zastoupeni vrtavci (Ptininae) z čeledi červotočovití (Anobiidae) (Šuláková, 2014).

3.4.3.4 Post mortem interval

Jedná se o dobu, která uplynula od úmrtí jedince do jeho nalezení (Daněk, 1990). Stanovení doby smrti se provádí především na základě poznatků zjištěných zkoumáním časných a pozdních změn, které jsou výše popsány. Jejich využití je však časově omezené a určit tak přesný čas úmrtí nelze. Je-li tělo mrtvé krátkou dobu, lze post mortem interval odhadnout s přesností v rozmezí pěti hodin (Innes, 2010). Další možností je aplikace vědecké disciplíny forenzní entomologie, která využívá znalostí o hmyzu a ostatních bezobratlých v kriminalistické praxi. Forenzní entomologie se může využít v případech, kdy post mortem interval nemůže být stanoven soudním lékařem, vzhledem k probíhajícím rozkladným procesům v organismu. Při nálezech jedinců mrtvých více jak 72 hodin jsou entomologické metody při stanovení doby smrti jedny z nejpřesnějších, jelikož stále pracují s hodinami a dny (Šuláková, 2014). Stanovení doby smrti má velký význam i tehdy, kdy za úmrtím není zločin. V případě neznámé identity mrtvého jedince může pomoci při jeho identifikaci (Innes, 2010).

3.5 Pohřbené a zahrabané mrtvoly

3.5.1 Kriminální praxe

V kriminální praxi se zjišťuje i fauna na kadáverech pohřbených v rakvích nebo volně zahrabaných. Časové možnosti k osídlení nekrofágním hmyzem a naklazení jejich vajíček jsou zpravidla dosti omezené a ovlivňují je dle Daňka (1990) tyto podmínky.

1. U mrtvol pohřbených v rakvi:

- Roční období, kdy došlo k úmrtí a pohřbení.
- Doba mezi smrtí a pohřbením.
- Doba, kdy byla mrtvola vystavena v márnici.
- Dokonalé uzavření víka rakve, těsnění a typ rakve, jaký je použit materiál (dřevo, zinek).
- Uložení rakve v hrobce, nebo do vykopaného hrobu.
- Hloubka pohřbení.
- Vlhkost a složení okolní půdy, hladina spodní vody.

2. U mrtvol volně zahrabaných (zpravidla souvisí s trestnou činností):

- Roční období, kdy došlo k zahrabání mrtvoly.
- Doba mezi smrtí a zahrabáním.
- Mrtvola oblečená či nikoliv.
- Stupně narušení kontinuity těla oběti činností pachatele.
- Hloubka uložení.
- Vlhkost a složení půdy v místě zahrabání, okolní biocenóza, existence členovců, hladina spodní vody.

Do této skupiny se řadí i mrtvá těla zakryta, nebo zabalena do různých, nejčastěji plastových obalů apod. (Eliášová a Šuláková, 2012).

3.5.2 Hloubka uložení kadáverů

Hloubka hrobu, nebo vrstva zeminy u zahrabaných kadáverů, výrazně ovlivňuje rychlost rozkladu. V rámci tohoto faktoru se spojuje řada činitelů, zejména se jedná o teplotu, přístup kyslíku a přítomnost dekompozitorů (Prokeš, 2007). Ontogeneze hmyzu se tímto prodlužuje. U exponovaných mrtvol dochází při průměrné teplotě 20 °C odbourání přibližně 90 % původní váhy, kdežto u přikrytí mrtvoly zeminou hmyz zredukuje za šest týdnů 20 % její váhy (Povolný, 1978). Je-li kadáver uložen v hloubce přibližně 40 cm až 50 cm pod povrchem, bývá napaden zejména hmyzem a jeho larvami. Hmyz poté ve velmi krátké době rozruší veškeré měkké části jedince, zvláště v jarním a letním období (Knobloch, 1958).

3.5.3 Rozkladné procesy v půdě

Vrstva zeminy ovlivňuje rozklad a v rámci tohoto faktoru se spojuje řada činitelů, zejména se jedná o teplotu, přístup kyslíku a přítomnost dekompozitorů. Rozhodujícím faktorem je kyslík, bez jeho dostatečného množství se rozklad značně zpomaluje. V porézních a lehkých půdách bývá rozklad rychlejší, naopak jílovité, kompaktní půdy jej mohou zpomalovat. Ani v porézních, vodě propustných půdách, nejsou podmínky pro kyslík nikdy tak optimální, jako při uložení v dutém prostoru. Proto je možno zaznamenat kontrast mezi uložení mrtvoly do volné zeminy a pohřbením v rakvi. Zásoba vzduchu uvnitř primárního dutého prostoru je sice omezená, ale dostatečně postačující k rychlému průběhu tlení. Pro chemický rozklad je potřeba přibližně 150 g až 200 g kyslíku. Na obdobném principu, tj. na omezení přístupu vzduchu vlivem izolační schopnosti oděvu, je vysvětlitelná i skutečnost, že hniloba probíhá pomaleji na částech těla zakrytých oděvem v porovnání s těmi obnaženými (Prokeš, 2007).

Rozklad tělesných pozůstatků je obecně rychlejší v rakvích. Přítomnost hoblin, pilin či slámy, které jsou na dně rakve, mohou dekompozici urychlit. Uvedené materiály působí jako izolace, která zabraňuje odvodu tepla produkovaného rozkladem mrtvoly. Daný proces je schopný zvýšit okolní teplotu o 3 - 10 °C, v závislosti na hloubce. V mělkých hrobech je zvýšení teploty větší a rozklad je tak intenzivnější (Prokeš, 2007).

Vliv na rozklad má i tělesná konstrukce, u osob vyhublých a starých je tento proces pomalejší než u obézních jedinců a dětí, jejichž organismus obsahuje více vody. U novorozeneckých dětí často dochází již za šest měsíců k úplnému shnití (Prokeš, 2007). Za určitých podmínek se ovšem novorozenci rozkládají pomaleji, protože bezprostředně po porodu nemají ještě gastrointestinální trakt osídlen bakteriemi (Tesař, 1985). Svou roli v rychlosti rozkladu hraje i sama příčina smrti jedince, kdy případná výrazná ztráta krve vede k odvodnění organismu a tím ke zpomalení rozkladného procesu. Uvedené vnější a vnitřní faktory determinují průběh transformačních procesů. Mohou se vzájemně překrývat, kombinovat a ovlivňovat. Výsledek jejich působení je tak u každé lokality a uložení mrtvoly odlišný (Prokeš, 2007).

3.5.4 Kolonizátoři pohřbených kadáverů

Dekompozice kadáverů je významně ovlivněna jejich případným pokrytím půdní vrstvou. Zde se ukazuje, že na dekompozici se téměř nepodílejí půdní členovci. Všeobecně významným je zjištění, že zakrytí kadáveru vrstvou půdy zcela vylučuje jeho kolonizaci bzučivkami (Calliphoridae), které jsou jinak hlavními dekompozitory kadáverů (Povolný, 1979; Bourel, 2004). Jestliže najdeme larvy bzučivek na pohřbeném těle, zcela určitě byla mrtvola pohřbena až dodatečně, zpravidla až na druhý den. Přítomnost brouků z čeledi mrščíkovití (Hysteridae) vypovídá o tom, že došlo k pohřbení mrtvoly řádově po třech dnech. Mrščíci totiž kladou svá vajíčka až ve druhé vlně, kdy vznikají zápachající plynné látky a na mrtvole jsou přítomny mušičky larvy, kterými se larvy mrščíků živí. Podobný případ nastává při nálezu larev čeledi sýrohlodkovití (Piophilidae), kdy lze usuzovat, že k pohřbení došlo až po vzniku „sýrové fermentace“ (Daněk,

1990). U exhumovaných kadáverů lze nalézt stopy brouků lesklecovití, čeledi (Rhizophagidae), čeleď drabčíkovití (Staphylinidae) a mravence rodu *Prenolepis*, jehož zástupci jsou schopni proniknout do větších hloubek. Do hloubek 30 – 50 cm prolézají dospělci much čeledi hrbilkovití (Phoridae), jmenovitě rodů *Conicera* a *Metopina*, a dále čeledi mrvnatkovití (Shaeroceridae) (Povolný, 1978). V rámci experimentu, který proběhl ve Francii, byli při exhumaci lidských mrtvol zjištěna imaga rodu *Conicera* v hloubce 2 m, na tělech byla nakladena i vajíčka (Bourel, 2004). Do hloubky 15 – 20 cm už pronikají larvy čeledi mouchovití (Muscidae), jmenovitě rodu *Muscina*, a lanyžkovití (Helomyzidae). V případě, že se nad kadáverech nachází tenká vrstva půdy, nalezneme zde již velmi rozmanité zastoupení živoročných much (Povolný, 1978).

3.6 Půdní složení v mělkých hrobech v obci Kundratice

Území CHO Šumava, kde se obec Kundratice nachází, náleží do regionu horských podzolů s výskytem půd kambizemního charakteru (kambizem silně kyselá, kambizem dystrická) v níže položených svahových lokalitách, častými doprovodnými složkami jsou hydromorfnní půdy (kambizem pseudoglejová, pseudoglej, glej typický, organozem), na skalnatých stanovištích jsou vyvinuty menší plochy rankerů (Geoportál VÚMOP, 2016).

Kambizemě – jedná se o nejvýznamnější půdní typ v dané lokalitě. Nachází se zde v souvislých celcích nižších partiích převážně do nadmořské výšky 800 m. Půdy s kambickým hnědým (braunifikovaným) horizontem Bv, vyvinutým jsou převážně v hlavním souvrství svahovin magmatických, metamorfických a zpevněných sedimentárních hornin, ale i jim odpovídajících souvrstvích, např. v nezpevněných lehčích až středně těžkých sedimentech. Kambizemě se vyskytují na rozsáhlém území ve značně rozdílných klimatických podmínkách i na rozdílných půdotvorných substrátech. To se odráží v jejich vlastnostech. Podle nasycenosti sorpčního komplexu v horizontu Bv se člení na eubazické ($V > 50 \%$), mesobazické ($V 50\text{--}20 \%$) a oligobazické ($V < 20 \%$).

U oligobazického stadia je nasycenost sorpčního komplexu výměnným hliníkem $V_{Al} > 30$. Vyskytuje se převážně na svažitéch terénech od teplých pahorkatin až po vrchoviny a dolní okraje hornatin, v menší míře i v rovinatém terénu. V kyselé řadě je to hlavně kambizem dystrická a oligotrofní subvariety kambizemí, v živné řadě pak mesotrofní subvariety a eutrofní variety, případně variety mesobazické a eubazické (Němeček a kol., 2001).

Subtyp kambizemě, který se nachází přímo na lokalitě experimentu, je Kambizem dystrická (Geoportál VÚMOP, 2016).

Kambizem dystrická (KAd):

- O – Ah(e) – (Bvs) – Bv – BvC – IIC
- V horizontu Bv je nasycenost $V < 20 \%$
- Nasycenost hliníkem $V_{Al} > 30 \%$
- Půdotvorným substrátem jsou převážně živinami chudší horniny převážně ve vyšších polohách, často se vyskytují náznaky podzolizace, ale chybí eluviální horizont Ep (Němeček a kol., 2001).

Obecné informace						
Klimatický region	Sklonitost	Expozice	Skeletovitost půdy	Hloubka půdy	Skupina půdních typů	Mocnost ornice a humusového horizontu
Chladný, vlhký	Střední sklon	SZ - SV	Středně skeletovitá	Půda hluboká až středně hluboká	Kambizem dystrická	Mělká, ojediněle středně hluboká

Tabulka č. 1 – obecné informace o místě experimentu, Geoportál VÚMOP

Charakteristika lokality Kundratice		
zrnitost	p - hp; ph	lehká lehčí středně těžká
pórovitost (% obj.)	40 - 44	mírně pórovitá
MKVK (% obj.)	24 - 26; 32 - 37	středně až silně vododržná
humus (%)	0,6; 1 - 1,9; > 2	velmi nízký; nízký; střední
uhličitany (%)	-	jen u půdotvorných substrátů s obsahem karbonátů
pH (K)	4,6 - 6,5	slabě kyselá; kyselá
měrný odpor (kPa)	40 - 50	-

Tabulka č. 2 – půdní složení v místě experimentu, Geoportál VÚMOP

3.7 Diptera (dvoukřídlí)

3.7.1 Calliphoridae (bzučivkovití)

Třída/class - Insecta; řád/order - Diptera; čeleď/family – Calliphoridae

Tato čeleď se řadí k těm poměrně malým a v Evropě představuje 115 druhů (Rognes, 2013). V České republice je v současné době zjištěno 61 druhů (Kubík a Országh, 2009; Pavel a kol., 2008; Šuláková a kol., 2013). Celkem 8 druhů je uvedeno v Červeném seznamu ohrožených druhů v kategorii zranitelný (Kubík a Povolný, 2005). Forezně významných je 13 druhů (Šuláková, 2014; Šuláková a kol., 2014).

Bzučivky jsou zejména oviparní, svá vajíčka kladou na těla uhynulých živočichů a často bývají jejich prvními kolonizátory. Z forezního hlediska bývají důležitým indikátorem stáří kadáveru. Imaga jsou středně velké až velké druhy, základem u většiny středoevropských druhů je modré nebo zelené zbarvení

s kovovým leskem (Šuláková a kol., 2013). Ostatní zástupci jsou zpravidla šedého a černého zbarvení. Samičky bzučivek potřebují pro dozrání vajíček proteiny, které získávají sáním rozkládající tekutiny, krve a tělních sekretů ze zvířecích mršin, lidských mrtvol a exkrementů. (Šuláková a kol., 2014). Z forenzně entomologického hlediska je důležité, že zakrytí mrtvoly vrstvou půdy má za následek úplné vyřazení Calliphoridae, kteří jsou jinak hlavními kolonizátory první vlny (Daněk, 1990).

Lucilia sericata (Meigen, 1826) - známá jako bzučivka zelená, je typickým nekrofágem. Jsou lesklé, většinou zbarveny modro-zeleně. Jedná se o kosmopolitní druh, dospělí jedinci dorůstají 6 mm až 9 mm. V přírodě se vyvíjí zejména na čerstvých mrtvolách. K naklazení vajíček dochází v období od začátku června do poloviny září. Z vajíček nakladených od konce srpna se líhnou jedinci, kteří upadají do diapauzy a jako dospělci opouštějí puparium koncem dubna až května následujícího roku (Byrd a Castner, 2010).

3.7.2 Fanniidae (vířilkovití)

Třída/class - Insecta; řád/order - Diptera; čeleď/family - Fanniidae

Ve většině starších odborných publikací, byla tato čeleď Fanniidae uváděna jako podčeleď čeledi Muscidae. Jedná se o malou čeleď, která zahrnuje 82 druhů v Evropě. Na území České republiky bylo prozatím zjištěno 64 druhů (Gregor a Rozkošný, 2009a). Larvy jsou saprofágní a jejich vývoj probíhá v různých rozkládajících se organických substrátech, kterými jsou hnilíci části rostlin, hnilíci houby, lesní opadanka, rozkládající se kadávery živočichů (hmyzu, obratlovců, měkkýšů). Některé druhy larev se vyvíjí v exkrementech, žijí v různých jímkách kalů a na farmách s chovy zvířat. Jiné druhy této čeledi byly pozorovány v hnízdech ptáků, chodbách drobných savců a v hnízdech sociálního hmyzu (Farkač a kol., 2005).

Fannia scalaris (Fabricius, 1974) - Dospělci jsou obvykle 6 mm až 7 mm velcí, černého zbarvení se stříbrným leskem. Larvy jsou malé a zploštělé, zpravidla dosahují délky do 6 mm. Tyto nedospělá stadia mají na každém segmentu těla dvojici bočních procesů (výrůstků). Vajíčka klade do lidských nebo zvířecích

exkrementů, nebo do rozkládajícího se materiálu rostlinného původu. Vývin larev je možný i na lidských mrtvolách, zejména jsou-li dostupné výkaly a obsah střev (Smith, 1986).

3.7.3 Muscidae (mouchovítí)

Třída/class – Insecta; řád/order - Diptera; čeleď/family – Muscidae

Tato čeleď v Evropě zahrnuje přibližně 550 druhů (Pont a Merz, 1998), na území České republiky v současné době připadá přibližně 307 druhů (Barták a kol., 2013). Imaga jsou více méně všechna typu mouchy domácí (*Musca domestica* Linnaeus, 1758), s lízacím ústním ústrojím, diagnostickými znaky je chaetotaxie a žilnatina u které An žilka nedosahuje okraje křídla. Poslední žilka je rovná, nebo tvoří ve směru dolů malý úhel, oproti čeledím Calliphoridae, Sarcophagidae a Tachinidae, kde žilka tvoří úhel směrem nahoru. Larvy mají bílou barvu, jsou acephální a struskovité (Gregor a Rozkošný, 2009b). Ve většině jsou saprofágní, vyvíjí se v různých rozkládajících se substrátech a v posledním larválním instaru hojně vykazují dravý způsob života. Jiné druhy larev bývají dravé po celý svůj život a jejich životní stanoviště je např. v ptačích hnízdech, v půdě, nebo v tlejícím dřevě. Dravé jsou také některé druhy vodních larev (Farkač a kol., 2005).

3.7.3.1 Rod *Muscina*

Mouchy tohoto rodu mají na vrcholu křídel žilky mírně zakřivené, jelikož hroty třetí a čtvrté žíly jsou dále od sebe a zakřivené. Jsou šedavě zbarvené s mozaikovým břichem a načervenalou špičkou na zadní části hrudníku. Zástupce rodu *Muscina* lze zpozorovat na zvířecích nebo lidských mrtvolách. Na rozdíl od jiných mrchožravých much jim při kladení vajíček nevadí, je-li kadáver zakryt vrstvou půdy (Smith, 1986). Vajíčka kladou na povrch půdy a mladé larvy následně putují vrstvou zeminy směrem k mrtvole. Na tělech mršin se neobjevují v takové míře, upřednostňují spíše výkaly, zvláště pak lidské. Larvy pronikají zeminou ke kadáveru až do hloubky 40 cm (Gunn a Bird, 2011).

3.7.3.2 Rod *Hydrotaea*

Druhy též nazývané potní mouchy, se podobají rodu *Musca*. Dosahují délky 0,8 – 1,0 mm. Živí se různými výměšky z oblasti očí, nosu, slinami z úst, slizem, potem, lymfou a vytékající krví. Není to však jejich jediná potrava (Wall a Shearer, 2012). Některé druhy rodu *Hydrotaea* byly kladně využity při soudních případech po celém světě např. při stanovení PMI, jelikož tyto mouchy kolonizují mrtvé tělo po přibližně 4 – 5 měsících od počátku rozkladu (Byrd a Castner, 2010).

3.7.4 Phoridae (hrbilkovití)

Třída/class – Insecta; řád/order - Diptera; čeleď/family – Phoridae

Hrbilkovití patří s více než 3 000 popsányými druhy celosvětové fauny k jednomu z nejpočetnějších čeledí Dipter, z nichž téměř polovinu druhů tvoří morfologický homogenní a taxonomicky komplikovaný rod *Megaselia*. V Evropě se vyskytuje celkem 604 druhů, z toho 400 z rodu *Megaselia* (Mocek, 2008). V České republice byl zjištěn výskyt 227 druhů patřících do 25 rodů (Mocek, 2006). Dospělí jedinci hrbílek jsou malé až středně velké mouchy dosahující velikosti v rozmezí 0,5 – 5,5 mm. Hrbilky lze snadno poznat podle jejich charakteristické výrazně vyklenuté hrudi tzv. toraxu, který připomíná hrbeček. Odtud pramení jejich název. Zadní nohy jsou zploštělé, nápadně velké a štětinaté. Kuklu hrbílek lze poznat dle páru dýchacích trubic a dorzoventrálního zploštění (Mullen a Durden, 2002).

Hrbilkovití se nacházejí v různých typech lesních i nelesních stanovišť, na lukách, rašeliništích, nebo stepích. Jejich imaga mohou být epigeická, nebo herbikolní, z nichž některé druhy rodů *Phora*, *Diplonevra*, *Conicera*, *Metopina* a *Megaselia* navštěvují květy, zvláště pak okolíky miříkovitých (Apiaceae). Řada druhů rodů *Anevrina*, *Triphleba* a *Megaselia* je kavernikolní, případně troglofilní (Mocek, 2008).

Imága čeledi Phoridae lze nalézt po celý rok, psychrofilní druhy rodů *Triphleba* a *Megaselia* jsou aktivní především v zimním období. Potravní preference larev jsou velice rozlišné, u většiny druhů však nejsou juvenilní vývojová stadia vůbec známa. Velké množství druhů je saprofágních s různou mírou specializace (Mocek, 2008). V larválním stadiu žijí v rozkládající se rostlinné a živočišné hmotě. Jejich stanoviště jsou velmi rozmanitá, jedná se např. o mrtvý hmyz, výkaly, houby (Chalupský, 2000). Larvy druhu *Megaselia aequalis* (Wood, 1909) a *Megaselia ciliata* (Zetterstedt, 1848) jsou vnitřními parazitoidy mnoha členovců, jejich larvy požírají například vajíčka slimáků (Robinson a Foote, 1968; Disney, 1977). Larvy rodu *Aenigmatica* žijí v symbióze se sociálním hmyzem a napadají kukly mravenců a larvy rodu *Pseudacteon* parazitují na dospělých mravenčích dělnících (Donisthorpe, 1927, Disney, 1979). U druhů, kteří se vyvíjí v norách zemních savců, hnízdech ptáků, v plžích, hnízdech sociálních blanokřídlých, jeskyních a v jiných hniјících substrátech rostlinného nebo živočišného původu není vždy zřejmé, zda jde o fakultativní predátory nebo saprofágy (Mocek, 2008).

3.7.4.1 Rod *Conicera*

V Evropě patří mezi nejvýznamnější druhy rodu *Conicera* zejména druh *Conicera similis* (Haliday, 1833) a *Conicera tibialis* (Disney, 1983). Zástupci tohoto rodu jsou typickými představiteli, kteří preferují pohřbená lidská těla, a proto jsou nazýváni „coffin fly“, hrobové mouchy (Bourel, 2004).

Conicera similis (Haliday, 1833) – jedná se o málo známý Holartický druh, který se zřídka vyskytuje. V České republice náleží mezi vzácnější a je obtížně odlišitelný od druhu *Conicera tibialis*. Doložen byl výskyt larev, které jsou saprofágní, v hnízdech vos rodu *Vespula*. Bionomie je podobná jako u jiných druhů rodu *Conicera* (Mocek, 2008).

Conicera tibialis (Schmitz, 1925) – je Holartický druh, který se běžně vyskytuje v nejrůznějších biotopech od nížin do hor. Jedná se o saprofágní druh, jehož vývoj nejčastěji probíhá v organických zbytcích, zvláště pak na kadáverech obratlovců, ale i v kompostech, hnoji atp. (Mocek, 2008).

3.7.5 Sphaeroceridae (mrvnatkovití)

Třída/class - Insecta; řád/order - Diptera; čeleď/family – Sphaeroceridae

Čeleď mrvnatkovití patří k jedněm nejlépe prozkoumaným akalyptrátním čeledím na území České republiky se 154 popsány druhy. V Evropě je popsáno přibližně 260 druhů (Roháček, 1997). Larvy i dospělí jedinci této čeledi jsou saprofágní, přesto některé druhy mohou být široce polysaprofágní, nebo naopak jsou specialisté obývající nejrůznější tlející substráty živočišného i rostlinného původu téměř ve všech typech ekosystémů (Roháček, 1999). Imaga jsou drobná, tmavého zbarvení, dorůstající 0,7–5,5mm, zadní tibie a tarsi mají rozšířené a zesílené. Larvy některých druhů se vyvíjí ve výkalech, nicméně jejich význam a využití ve forenzní praxi je spíše podpůrný (Byrd, 2010).

3.7.6 Trichoceridae (tipličkovití)

Třída/class - Insecta; řád/order - Diptera; čeleď/family – Trichoceridae

Celkový počet druhů známých v České republice je 26 z celkových 41 známých z celé Evropy (Starý a Barták, 2000). Zástupci této čeledě se vyskytují v horských oblastech a let dospělých jedinců je výrazně omezen na pozdní podzim. Larvy jsou saprofágní, nebo koprofágní (Farkač a kol., 2005). Na apexu abdomenu jsou 4 laloky, larvy se vyskytují v opadance, vlhké půdě, zvířecím trusu, v houbách, nebo tlejícím dřevě. Imaga jsou drobnější druhy s vyvinutými ocelli, mají 16ti článková tykadla, kladélko u samic je zakřivené směrem dolů, dlouhé haltery, na thoraxu není vyvinut šev tvaru V, nohy mají dlouhé (Starý, 2009).

3.8 Coleoptera

3.8.1 Elateridae (kovaříkovití)

Třída/class - Insecta; řád/order - Coleoptera; čeleď/family – Elaternidae

Celosvětově rozšířená čeleď čítající více jak 8.800 známých a popsáných druhů, v České republice zastoupena 140 druhy. Tělo je často dlouze protáhlé a silně sklerotizované, směrem dozadu zúžené. Zbarvení je od žlutohnědé přes kovově zelenou až po fialovou. Tykadla nitkovitá, pilovitá až hřebenitá, vždy bez paličky. Svrchní pysk je patrný. Nohy jsou poměrně krátké. Kovaříkovití jsou saprofágové, býložravci i predátoři. Tekutou potravu přijímají mimotělním trávením. Dospělci kovaříkovitých se dokáží díky mechanismu, který mají na spodní straně předohrudi vymrstit za slyšitelného „rupnutí“ z polohy v leže na zádech do vzduchu a postavit se opět na nohy. Jsou-li vyrušeni, tak v momentě předstírají, že jsou mrtví. Larvy mohou být též masožravé, žijí buď v humózní půdě, nebo v ztrouchnivělém dřevě (Hůrka, 2005).

3.8.2 Leiodidae (lanýžovníkovití)

Třída/class - Insecta; řád/order - Coleoptera; čeleď/family – Leiodidae

Na území České republiky je znám výskyt 133 druhů brouků této čeledi (Růžička, 2000). Lanýžovníkovití je čeleď malých až středně velkých brouků čítajících přes 2000 druhů s rozšířením po celém světě. Délka dospělých brouků je v rozmezí 1,2 – 7 mm. Pro některé druhy jsou typická paličkovitá tykadla. Příslušníci této čeledi jsou z větší části mrchožrouti. Stanoviště lanýžovníkovitých nacházíme v rozličných biotopech. Brouci žijí na podzemních částech hub, v rozkládající se rostlinné hmotě, v tlejícím dřevě, v norách savců a v hnízdech mravenců a ptáků (Peck, 1990). Larvy jsou podlouhlého tvaru s jemnými štětinkami nepřesahující délku 3 mm, živí se houbami rostoucími na rozkládajících se zbytcích rostlinného nebo živočišného původu (Watson a Dallwitz, 2003). Z forezního pohledu může být prospěšná podčeleď Cholevinae (Kirby, 1837). Tvoří ji malí brouci v rozmezí délky 2 – 6 mm, oválného tvaru, zbarvení je od světle hnědé přes hnědou, až po černou barvu. Dospělí jedinci jsou

rychlými běžci, nacházejí se většinou na kadáverech, méně častý je pak výskyt na rozkládajícím se rostlinném materiálu (Peck, 1990).

3.8.3 Staphylinidae (drabčíkovití)

Třída/class - Insecta; řád/order - Coleoptera; čeleď/family – Staphylinidae

Z celkového počtu 1406 druhů se jedná o nejpočetnější skupinu brouků na území České republiky (Farkač a kol., 2005). Drabčíci se vyskytují téměř ve všech druzích terestrických ekosystémů, většina je vázána na původní lesní porosty, lesostepní a mokřadní biotopy. Přibližně polovina druhů žije v opadu a je důležitou součástí půdní fauny. Svým výskytem jsou vázáni na hnízda sociálního hmyzu, drobných savců a ptáků (Farkač a kol., 2005). Znalost ekologických nároků a přítomnost téměř ve všech ekosystémech je důvodem, že drabčíci jsou velmi citlivými bioindikátory antropogenních změn prostředí (Boháč, 1999). Drabčíci (Staphylinidae) jsou od ostatních brouků dobře odlišitelní zkrácenými krovkami, které pokrývají jen část jejich ohebného zadečku. Tělo je oválné až dlouze protáhlé, nažloutlé až tmavě hnědé či černé, jiné barvy jako červená, modrá či žlutá jsou vzácné. Tvar těla, struktura jednotlivých částí těla (hlava, štít, zadeček), tvar končetin a senzorické vybavení je přizpůsobeno k způsobu jejich pohybu. Ústní orgány odrážejí potravní specializaci drabčíků a způsob přijímání potravy. Larvy zástupců této čeledi jsou známy velmi málo i přesto, že jsou poměrně častou součástí půdní fauny. Většinu larev drabčíků se dá na první pohled odlišit od larev ostatních brouků podle přítomnosti páru článkovitých přívěšků (urogomfy) na konci devátého zadečkového článku. Larvy mají většinou tři larvální stadia. Vajíčka jsou oválná nebo kulatá s dobře vyvinutým chorionem, jehož povrch je často druhově specifický. Vajíčka absorbují během vývoje vodu a zvětšují se. Velikost těla drabčíkovitých je v rozmezí 0.5 – 60.0 mm. Ve střední Evropě je nejčastější velikost mezi 1 mm až 35 mm. Druhy s tak rozdílnou velikostí těla mají různou úlohu v ekosystémech a často se nedostanou do vzájemného kontaktu, protože malé druhy žijí v půdních pórech a velké druhy na jejím povrchu (Boháč a Růžička, 1990). Potravní vztahy u drabčíkovitých jsou

rozmanité a slouží jako základ klasifikace jejich životních forem. Velká část drabčků je známa jako nespécifictí predátoři, kteří se nejrůznějšími půdními bezobratlými, jako jsou roztoči, hlístice, chvostoskoci, malé druhy hmyzu a jejich larvy (Boháč, 1999). Drabčci se vyskytují téměř ve všech druzích terestrických ekosystémů, většina je vázána na původní lesní porosty, lesostepní a mokřadní biotopy. Přibližně polovina druhů žije v opadu a je důležitou součástí půdní fauny. Svým výskytem jsou vázáni na hnízda sociálního hmyzu, drobných savců a ptáků (Farkač a kol., 2005). V těchto hnízdech, která mají specifické mikroklima, se žíví především jinými bezobratlými, obyvateli hnízd (blechy, roztoči). Celá řada drabčků žije v půdě a tvoří důležitou složku edafonu. Zástupci rodů *Staphylinus* (Linnaeus, 1758) a *Ocypus* (Leach, 1819) jsou našimi největšími drabčiky, kteří jsou schopni zničit velké množství hmyzu a patří společně se střevlíky mezi nejužitečnější brouky. Značná část druhů žije pod kůrou dřevin, nejčastěji pod kůrou odumřelých a poraněných stromů, ve vrstvě jemné drti a v humusu pod ní a v nejsvrchnějších vrstvách tlejícího dřeva. Pro tento způsob života jsou přizpůsobeni zploštělým tvarem těla. Většina z nich je dravá a žíví se bezobratlými žijícími pod kůrou, někteří z nich se žíví vývojovými stádii nebo dospělci kůrovců. U drabčkovitých není ekologie tak známa jako u střevlíkovitých. U obou skupin nejsou dostatečně známy jejich vývojová stadia, a to zejména u drabčků, kde jsou známy larvy jen u 2 % druhů (Boháč, 1999).

3.8.3.1 Rod *Philonthus*

Velmi bohatý rod počtem přesahující přes tisíc druhů, z nichž palearktická oblast je zastoupena více jak 300 druhy. Zástupci tohoto rodu jsou typičtí dravci pronásledující různý drobný hmyz a jejich larvy. Vyskytují se na zahnívajících živočišných a rostlinných substrátech, nejčastěji na mršinách, výkalech, nebo v hnoji. Dospělí jedinci jsou využitelní ve forenzní entomologii, kdy jsou již koncem druhého dne stáří mrtvolý přilákání tvořícím se zápachem a jejich drobné larvičky začnou napadat mrtvé tělo. Nejhojnější výskyt larev je mezi 7. - 21. dnem, poté postupně vymizí. Drabčci hledají larvy pod mrtvolou a při jejich pronásledování pronikají do hnilobné tekutiny a mazlavé hmoty (Daněk, 1990).

4. Metodika

Diplomová práce byla řešena formou literární rešerše a experimentem zaměřeným na vliv hloubky pohřbení na kolonizaci kadáverů hmyzem. Pro experiment byly zvoleny tři hloubky pohřbení: 10 cm, 30 cm a 50 cm.

4.1 Popis lokality

Terénní pokus byl proveden v obci Kundratice v Plzeňském kraji, zeměpisné souřadnice: 49.1621625N, 13.4633564E. Nadmořská výška 688 m n.m. Kundratice se nacházejí v Chráněné krajinné oblasti Národního parku Šumava. Hroby byly vykopány v severní části obce, na zahradě, která náleží k rodinnému domu a zároveň tvoří katastrální hranici obce. V jižní části zahrady se nachází sedm ovocných stromů, západní strana je lemována okrasnými stromy a východní lemují sousední zahrada. Na severní část zahrady za pásem z dřevin dubů a javorů navazuje sečená zemědělská louka.

4.2 Přípravná fáze

V rámci přípravné fáze byl pozemek určený k experimentu rozdělen na čtyři sektory, na kterých byly shodné mikroklimatické a půdní podmínky. V každém sektoru byly předem vykopány tři hroby, jeden o hloubce 10 cm, druhý 30 cm a třetí 50 cm, navzájem od sebe vzdálené min. 1,5 m. K terénnímu pokusu bylo použito 12 kusů slepic kura domácího (*Gallus gallus f. domestica*, Linné, 1758), plemene Leghornka o průměrné váze 2 kg. Všechny slepice byly dne 9. 5. 2015 v podvečerních hodinách v průběhu 15 minut postupně usmrceny stejným způsobem, a to řeznou ranou v oblasti krku. Poté byly vloženy do předem připravených vykopaných hrobů. Po usmrcení byl každý jedinec ihned uložen do hrobu a okamžitě zasypán zeminou.

4.3 Realizace pokusu

K vykopání kadáverů a zhodnocení zastoupeného hmyzu proběhlo přibližně v měsíčním intervalu, kdy byl postupně vykopán vždy jeden sektor s rozlišnými hloubkami hrobů. První sektor byl vykopán dne 8. 6. 2015, druhý dne 12. 7. 2015, třetí dne 12. 8. 2015 a poslední čtvrtý dne 9. 9. 2015.

4.4 Sledované parametry

Při terénním experimentu se hodnotily tafonomické změny vykopaných kadáverů a u každého kusu byla následně provedena fotodokumentace.

Odběr vzorků hmyzu byl v jednotlivých hrobech daného sektoru rozdělen na dvě části. V první fázi byl odebíráán hmyz a jeho nižší vývojová stadia nejdříve ze zeminy nad daným pokusným objektem a poté byl prováděn odběr přímo z kadáveru. Odběr byl prováděn manuálně v jednorázových ochranných pomůckách pomocí entomologické pinzety. Při odběru vzorků byly slovně hodnoceny tafonomické změny na kadáverech a celá realizace odběrů vzorků byla fotograficky dokumentována.

Zajištěné vzorky z rozlišných hloubek hrobů daného sektoru byly již během odběru tříděny do plastových nádob a zkumavek, dle vývojového stadia. Vajíčka, larvy, pupária a imága byla uložena odděleně. Odebraná vajíčka, larvy a kukly dvoukřídlých byly ponechány živé. Zajištěná imága much a brouků a larvy brouků byly usmrceni a konzervováni 70 % denaturovaným etanolem. Při transportu zajištěných vzorků a během uskladnění před zpracováním, byly vzorky umístěny v chladu při teplotě cca 6 °C. Maximální doba uskladnění byla tři dny.

Následně byly pořízené entomologické vzorky předány do Kriminálního ústavu Praha, kde bylo proveden odchov živých vzorků do stadia imága a následné určení zajištěného hmyzu do druhů. Odchov larev a puparií byl realizován v klimatické komoře Panasonic MLR-352H. Odchov byl prováděn při 25 °C, relativní vlhkosti 50 % a světelném režimu 12 hodin světlo a 12 hodin tma. Determinaci entomologického materiálu provedla Hana Šuláková.

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

4. 4. 1 Měření teploty mělkých hrobů

2. vykopání

V průběhu zajišťování vzorků hmyzu, byla pomocí vpichovacího teploměru změřena teplota v jednotlivých mělkých hrobech. V hrobu o hloubce 50 cm byla naměřena hodnota 18,3 °C, v 30 cm hodnota 21,1 °C a v hloubce 10 cm hodnota 22,8 °C.

3. vykopání

Při zajišťování vzorků hmyzu, byla v jeho průběhu pomocí vpichovacího teploměru opětovně změřena teplota v jednotlivých mělkých hrobech. V hrobu o hloubce 50 cm byla naměřena hodnota 20,6 °C, v hloubce 30 cm byla hodnota 21,1 °C a v hloubce 10 cm hodnota 22,2 °C.

4. vykopání

Vpichovacím teploměrem byla opětovně změřena teplota v jednotlivých mělkých hrobech posledního sektoru. V hrobu o hloubce 50 cm byla naměřena hodnota 10,6 °C, v hloubce 30 cm byla hodnota 11,1 °C a v hloubce 10 cm hodnota 11,7 °C.

4. 4. 2 Teplota za dané období

Po celou dobu pokusu byla každý den zaznamenávána průměrná denní teplota. Průměrné denní teploty, vlhkost a srážky byly získány z pravidelného měření Českého hydrometeorologického ústavu, stanice Kašperské Hory. Stanice je umístěna v nadmořské výšce 728 m n. m., souřadnice 490844“ E, 0133300“ N. Průměrná naměřená teplota od doby 9. 5. 2015, kdy všechna zvířata zakopaná do doby prvního výkopu, činila 13,5 °C, průměrná vlhkost 68,8 %, úhrn srážek 2,5 mm.

Průměrná teplota ve sledovaném období od posledního odběru vzorků dne 8. 6. 2015 do 12. 7. 2015 byla zaznamenána průměrná denní teplota 16,5 °C, průměrná vlhkost 69,6 %, úhrn srážek 2,7 mm.

Průměrná teplota ve sledovaném období od posledního odběru vzorků ze dne 12. 7. 2015 do 12. 8. 2015 byla naměřena průměrná denní teplota 20,5 °C, průměrná vlhkost 59,1 %, úhrn srážek 0,5 mm.

Průměrná teplota ve sledovaném období od posledního odběru vzorků ze dne 12. 8. 2015 do 9. 9. 2015 byla naměřena průměrná denní teplota 16,5 °C, průměrná vlhkost 68,6 %, úhrn srážek 1,9 mm. Tabulka s naměřenými denními průměrnými teplotami, vlhkostí a úhrnem srážek je součástí přílohy.

Výkop	Období/2015	Průměrné denní teploty/°C
I.	9. 5. – 8. 6.	13,5
II.	7. 6. – 12. 7.	16,5
III.	13. 7. – 12. 8.	20,5
IV.	13. 8. – 9. 9.	16,5

Tabulka č. 3 - průměrné denní teploty ČHMÚ

5. Výsledky

5.1. První vykopání

K vykopání prvního sektoru došlo dne 8. 6. 2015 v časovém rozsahu 12 - 15 hod. při aktuální teplotě 22 °C.

Hrob o hloubce 50 cm

Kadáver zcela opeřen krycím obrysovým peřím bílé barvy. Tmavé skvrny v oblasti řezné rány na krku a na hlavě v okolí očnic. Na letkách byly ostny z části bez praporů. Tělo kompaktní, drží pohromadě.

Zajištění v zemině nad kadáverem:

- 2 larvy č. Elateridae
- 4 plná puparia č. Muscidae – odchováno: druh *Muscina pascuorum* (Meigen, 1826)

Zajištění na kadáveru:

- 11 larev č. Phoridae – odchovem získána imaga *Conicera similis*.

Hrob o hloubce 30 cm

Kadáver opeřen krycím obrysovým peřím bílé barvy, již lze vidět kůži, zbarvenou s vrchní části do žluta. Na kadáveru pozorovány tmavé skvrny v oblasti řezné rány na krku, na hlavě v okolí zobáku a očnic a dále v oblasti břicha. V očnicích a v párových nozdrách zobáku byla mazlavá hmota tmavé barvy. Na letkách byly ostny z větší části bez praporů. Tělo kompaktní, celé pohromadě. Běháky a články prstů potažené rohovitými šupinami.

Zajištění v zemině nad kadáverem:

- 2 larvy č. Elateridae
- 6 plných puparií č. Muscidae – odchováno: druh *Muscina pascuorum*

Zajištění na kadáveru:

- 19 larev č. Phoridae – odchovem získána imaga *Conicera similis*

Hrob o hloubce 10 cm

Pozorovány stejné tafonomické změny jako u zvířete v hloubce 30 cm. Rozdíl byl sledán v celkovém objemu při porovnání obou kadáverů, který byl u zvířete z hloubky 10 cm byl menší než z hloubky 30 cm.

Zajištění v zemině nad kadáverem:

- 3 larvy č. Elateridae
- 8 plných puparií č. Muscidae – odchováno: druh *Muscina pascuorum*

Zajištění na kadáveru:

- cca 50 larev č. Phoridae – odchovem získána imaga *Conicera similis*

5.2 Druhé vykopání

Vykopání druhého sektoru bylo provedeno dne 12. 7. 2015 v časovém rozsahu 12 – 15 hod. při aktuální teplotě 26 °C.

Hrob o hloubce 50 cm

Kadáver je z celkového pohledu povolený, splasklý. Z těla oddělena krycí obrysová pera zbarvena do tmavě žluté barvy. Tmavé skvrny ve spodní části kadáveru. Na letkách byly ostny z větší části bez praporů. Tělo je zcela povolené, ale drží pohromadě. Běháky jsou holé, bez rohovitých útvarů. Na stehenní a holenní kosti se nachází počínající mazlavá hmota.

Zajištění v zemině nad kadáverem:

- 3 larvy č. Elateridae
- 1 larva č. Staphylinidae
- 1 imago č. Staphylinidae (drobný drabčík)
- 1 plné puparium č. Muscidae – odchováno: druh *Hydrotaea ignava*
- 7 prázdných puparií č. Muscidae – *Hydrotaea* sp. (*Hydrotaea* cf. *ignava*)
- 2 prázdná puparia č. Muscidae – druh *Muscina* cf. *pascuorum*
- 5 imag č. Phoridae – druh *Conicera similis*

Zajištění na kadáveru:

- 4 larvy č. Phoridae – odchovem získána imaga *Conicera similis*
- 3 larvy č. Fanniidae – odchovem získána imaga *Fannia scalaris*

Hrob o hloubce 30 cm

Kadáver vykazuje stejná zjištění, jak výše uvedený kadáver z hrobu o hloubce 50 cm. Při porovnání obou kadáverů lze konstatovat, že z hloubky 30 cm je kadáver objemově menší než z 50 cm hloubky. Dále byly částečně holé kosti ramenní, vřetení, loketní, běháky a zčásti kosti holenní.

Zajištění v zemině nad kadáverem:

- 1 larva č. Staphylinidae
- 3 prázdná puparia č. Muscidae – druh *Muscina cf. pascuorum*
- 2 imaga č. Phoridae – druh *Conicera similis*

Zajištění na kadáveru:

- 9 larev + 3 plné kukly + 1 imago č. Phoridae – (larvy, kukly – odchov) druh *Conicera similis*

Hrob o hloubce 10 cm

Kadáver při celkovém pohledu je již vidět skoro celý skelet, letky a krycí obrysová pera tmavě žluté barvy, byla zcela oddělena. Kůže potrhaná a tělo povolené. Kostí holenní, lýtkové, běháky, ramenní, vřetení, loketní a zápěstí zcela holé. V oblasti břicha tekutá hmota.

Zajištění v zemině nad kadáverem:

- 4 larvy č. Elateridae
- imago drobného drabčika, č. Staphylinidae
- 7 prázdných puparií č. Muscidae – druh *Muscina cf. pascuorum*

Zajištění na kadáveru:

- cca 50 larev č. Phoridae – odchovem získána imaga *Conicera similis*

- 1 imago č. Leiodidae – druh *Sciodrepoides watsoni* (Spence, 1815)

5.3 Třetí vykopání

Dne 12. 8. 2015 byl vykopán třetí sektor v časovém rozsahu 14 - 17 hod. při aktuální teplotě 29 °C.

Hrob o hloubce 50 cm

Kadáver z celkového pohledu je tělo uvolněné, splasklé. Odděleny jsou přední a zadní končetiny, stejně tak i ostny a dále je oddělena i hlava. Pánevní a hrudní část držela pohromadě. Kůže sušší, nepružná. Po těle místy krycí obrysová pera, převážná většina však oddělena. Tekutá hmota se nacházela v oblasti kloubů ramenních, hrudní kosti, pánevní a stehenní.

Zajištění v zemině nad kadáverem:

- 6 prázdných puparií č. Muscidae – *Hydrotaea* sp. (*Hydrotaea* cf. *ignava*)
- 11 prázdných puparií č. Muscidae – druh *Muscina* cf. *pascuorum*
- 1 imago č. Phoridae – druh *Conicera similis*
- 1 imago drobného drabčíka, č. Staphylinidae

Zajištění na kadáveru:

- 1 imago č. Phoridae – druh *Conicera similis*

Hrob o hloubce 30 cm

Vzhled podobný / stejný jak u kadáveru v hloubce 50 cm, odděleny přední i zadní končetiny, které byly zcela holé.

Zajištění v zemině nad kadáverem:

- 1 prázdné puparium č. Muscidae – *Hydrotaea* sp. (*Hydrotaea* cf. *ignava*)
- 1 plné puparium č. Calliphoridae – druh *Pollenia rudis*
- 3 imaga č. Phoridae – druh *Conicera similis*
- 3 imaga drobných drabčků, č. Staphylinidae (2 druhy)

- 1 larva č. Elateridae
- 1 larva č. Trichoceridae

Zajištění na kadáveru:

- 5 imag č. Phoridae – druh *Conicera similis*
- 1 imago drobného drabčíka, č. Staphylinidae

Hrob o hloubce 10 cm

Zcela oddělena krycí obrysová pera a ostny. Stejně tomu je i u kadáveru z posledního hrobu o hloubce 10 cm.

Zajištění v zemině nad kadáverem:

- 4 prázdná puparia č. Muscidae – *Hydrotaea* sp. (*Hydrotaea* cf. *ignava*)
- 10 imag č. Phoridae – druh *Conicera similis*

Zajištění na kadáveru:

- 14 imag č. Phoridae – druh *Conicera similis*

5.4 Čtvrté vykopání

Poslední vykopání čtvrtého sektoru bylo provedeno v časovém rozsahu 15 - 18 hod. při teplotě 13 °C.

Hrob o hloubce 50 cm

Přední i zadní končetiny odděleny a ostny na letkách zcela bez praporů. Tělo bylo uvolněné, světle hnědá kůže potrhána a suchá. Hrudní kost, žebra, lopatka a pánevní kost držely pohromadě, v kloubním spojení se nacházela tekutá hmota. Krycí obrysová pera již odpadlá.

Zajištění v zemině nad kadáverem:

- 6 imag č. Phoridae – druh *Conicera similis*

Zajištění na kadáveru:

- 17 larev č. Phoridae – odchováno: druh *Conicera similis*
- 3 plná puparia č. Phoridae – odchov: *Conicera similis*
- 5 imag č. Phoridae – druh *Conicera similis*
- 3 imaga drobných drabčků, č. Staphylinidae

Hrob o hloubce 30 cm

Výše uvedené skutečnosti se vztahují i na kadávery nacházející se v hrobech o hloubce 30 cm i 10 cm s tím rozdílem, že u posledních dvou hloubkách se zde nacházely místy již jen drobné útržky kůže.

Zajištění v zemině nad kadáverem:

- 11 imaga č. Phoridae – druh *Conicera similis*
- 1 imago drobného drabčika, č. Staphylinidae
- 2 larvy č. Staphylinidae
- 3 prázdná puparia č. Muscidae – druh *Muscina cf. pascuorum*

Zajištění na kadáveru:

- 6 imag č. Phoridae – druh *Conicera similis*
- 1 imago č. Sphaeroceridae – druh *Leptocera caenosa* (Rondani, 1880)
- 3 larvy č. Staphylinidae

Hrob o hloubce 10 cm

Zajištění v zemině nad kadáverem:

- 1 larva č. Elateridae
- 7 imag č. Phoridae – druh *Conicera similis*

Zajištění na kadáveru:

- cca 60 larev č. Phoridae – odchováno: druh *Conicera similis*
- 12 plných puparií č. Phoridae – odchov: *Conicera similis*
- 14 imag č. Phoridae – druh *Conicera similis*

Vykopání	Vývojová stadia	Hloubka/cm		
		10	30	50
1	larvy	Elateridae	Elateridae	Elateridae
	puparia	Muscidae (plná)	Muscidae (plná)	Muscidae (plná)
	imaga			
2	larvy	Elateridae	Staphylinidae	Elateridae, Staphylinidae
	puparia	Muscidae (prázdná)	Muscidae (prázdná)	Muscidae (prázdná)
	imaga	Staphylinidae	Phoridae	Phoridae
3	larvy		Elateridae, Trichoceridae	
	puparia	Muscidae (prázdná)	Muscidae (prázdná), Calliphoridae (plná)	Muscidae (prázdná)

	imaga	Phoridae	Phoridae, Staphylinidae	Phoridae, Staphylinidae
4	larvy	Elateridae	Staphylinidae	
	puparia		Muscidae (prázdná)	
	imaga	Phoridae	Phoridae, Staphylinidae	Phoridae

Tabulka č. 4 – zajištěná vývojová stadia čeledí v zemině

Vykopání	Vývojová stadia	Hloubka/cm		
		10	30	50
1	larvy	Phoridae	Phoridae	Phoridae
	puparia			
	imaga			
2	larvy	Phoridae	Phoridae	Phoridae, Fanniidae
	puparia		Phoridae (plná)	
	imaga	Leiodidae	Phoridae	
3	larvy			
	puparia			

	imaga	Phoridae	Phoridae, Staphylinidae	Phoridae
4	larvy	Phoridae	Staphylinidae	Phoridae
	puparia	Phoridae (plná)		Phoridae (plná)
	imaga	Phoridae	Phoridae, Sphaeroceridae	Phoridae, Staphylinidae

Tabulka č. 5 – zajištěná vývojová stadia čeledí na kadáveru

6. Diskuse

U pohřbených kadáverů byly při jejich vykopání sledovány tafonomické změny a pozorováno, zda hloubka hrobu, nebo vrstva zeminy má vliv na rychlost rozkladu. Prokeš (2007) uvádí, že rozhodujícím faktorem je kyslík, bez jehož dostatečného množství se rozklad v půdě značně zpomaluje. Při terénním pokusu byl tento poznatek potvrzen, kdy při prvním vykopání po 30 dnech uložení v zemi byla těla jasně identifikovatelná. Bylo patrné, o jaký druh živočicha se jedná, těla držela pohromadě, opeřená. Při vzájemném porovnání kadáverů z rozdílných hloubek při prvním výkopu ze dne 8. 6. 2016 bylo zjištěno, že kadáver, který byl uložen v 10 cm hloubce, je o poznání menší a více deformovaný (dorzoventrálně zploštělý) oproti kadáveru z hloubky 50 cm, který byl objemnější. Již po 30 dnech pokusu bylo možné rozeznat, že ve větší hloubce probíhaly rozkladné procesy pomaleji. Uvedené tvrzení se potvrdilo i při následujících výkopech. Při druhém výkopu dne 12. 7. 2016 byla u kadáveru uloženého v hloubce 10 cm kůže již narušená, s viditelným skeletem, zatímco kadavery uložené v hloubkách 30 cm a 50 cm stále držely pohromadě a jejich kůže nebyla poškozena. Zhodnocením tafonomických změn na všech kadáverech lze souhlasit s tvrzením Povolného (1978), že u exponovaných mrtvol dochází při průměrné teplotě 20 °C k odbourání přibližně 90 % původní váhy, zatímco u mrtvol zakryté zeminou hmyz zredukuje za šest týdnů 20 % její váhy a ontogeneze hmyzu se tak prodlužuje.

Povolný (1978) dále uvádí, že u pohřbených mrtvol lze nalézt stopy brouků čeledi drabčíkovití (Staphylinidae) a dospělce čeledi hrbilkovití (Phoridae) rodu *Conicera*, jejichž zástupci jsou schopni proniknout do větších hloubek 30 – 50 cm a do hloubky 15 – 20 cm už pronikají larvy čeledi moučovití (Muscidae) rodu *Muscina*. Bourel (2004) ve Francii experimentem na lidských mrtvolách a zvířecích kadáverech prokázal, že některé druhy zejména čeledi Phoridae, jsou schopny kolonizovat pohřbená těla přímo v půdě. Při jeho experimentu byly také zajištěni zástupci čeledě Staphylinidae u mrtvol pohřbených na jaře a v létě. V realizovaném experimentu byla při 1. vykopání zjištěna přítomnost pouze plných puparií rodu *Muscina* a odchovem zjištěn druh *Muscina pascuorum*.

Nalézala se v zemině nad kadáverem. Tím se potvrdilo tvrzení Povolného (1978), že rod *Muscina* se podílí na rozkladu mělce pohřbených těl. Při pozdějších výkopech nebyl tento rod zaznamenán. Z čeledi moučovití (Muscidae) byly následně u 2. výkopu zajištěny plná puparia rodu *Hydrotaea* a odchovem byl determinován druh *Hydrotaea ignava*. Při dalších výkopech již nebyli zástupci této čeledi zjištěni. Při experimentu byla čeleď drabčíkovití (Staphylinidae) zajištěna v zemině na kadáverech u 2., 3. a 4. výkopu a v hloubkách 30 cm a 50 cm, kde byly zajištěny jak imaga, tak larvy. U 4. výkopu byly larvy a imaga této čeledi zajištěny přímo na kadáverech, a to v hloubkách 30 cm a 50 cm. Uvedená zjištění odpovídají poznatkům Povolného (1978) i Bourela (2004). Z čeledi hrbilkovití (Phoridae) byla nalezena všechna vývojová stadia rodu *Conicera*, z kterého byl odchovem získán druh *Conicera similis*. Imaga a larvy této čeledi byly zajištěny na kadáverech ve všech hloubkách a ve všech čtyřech výkopech. V zemině nad kadávery byla prokázána přítomnost imag *Conicera similis* při 2., 3. a 4. výkopu. To odpovídá tvrzení Smithe (1986), že samičky aktivně prolézají půdním profilem až ke kadáveru, na který kladou, a zpět. Experimentální výsledky dále ukázaly, že nejpočetnější zastoupení čeledi Phoridae bylo při jednotlivých výkopech vždy v hrobech o hloubce 10 cm. Z toho lze usoudit, že i druhy čeledi Phoridae přednostně kolonizují snadněji dostupné (mělčeji pohřbené) kadávery. To dokládá i skutečnost, že se zvyšující se hloubkou se jejich početnost se snižovala. Hloubka pohřbení je dle Bourela (2004) velmi důležitá, jelikož z kolonizace pohřbených kadáverů vyřazuje některé druhy čeledě Muscidae a již malé množství zeminy téměř vždy zcela vyřazuje čeleď bzučivkovití (Calliphoridae). Při třetím vykopání kadáverů, bylo zajištěn v zemině u hloubky 30 cm jedno plné puparium čeledě Calliphoridae. Na žádném kadáveru nikoliv a lze tak souhlasit s tvrzením Bourela (2004), že již malá vrstva zeminy (dle uskutečněného experimentu minimálně 10 cm) vyřazuje druhy čeledě Calliphoridae z kolonizace pohřbených kadáverů. K stejnému závěru dospěli i Gunn a Bird (2011), kteří v terénním experimentu zakopali návnadu (prasečí játra) a zjistili, že zástupci čeledě Calliphoridae v omezené míře kolonizovali návnadu pouze v hloubce 5 cm, nikoli však hlouběji.

Dominantním druhem, který se podílel v tomto experimentu na rozkladu všech pohřbených kadáverech, byly zástupci čeledi hrbilkovití (Phoridae). Toto tvrzení potvrzuje ve svém experimentu i Bourel (2004), který řadí čeleď Phoridae jako typický druh preferující pohřbená těla. Dále byly v experimentu v jednom případě zajištěny larvy čeledi vířilkovití (Fanniidae) na kadáverech uložených v hloubce 50 cm u 2. výkopu. Odchovem byl determinován druh *Fannia scalaris*.

7. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo formou literárních rešerší získat údaje o forenzní entomologii, jejího využití v kriminalistice, údaje o rozkladných procesech probíhajících u mrtvol obratlovců pohřbených v zemi a o jejich kolonizujícím hmyzu. Současně byl proveden experiment s využitím zvířecích kadáverů pohřbených do tří různých hloubek. Rozborem hmyzu na kadáverech a v půdních profilech nad nimi, byly rozšířeny poznatky o rozkladných procesech pod zemí v podmínkách České republiky.

Výsledky experimentální části umožnily sledovat jak tafonomické změny probíhající na kadáverech, tak zastoupení a střídání jednotlivých zástupců hmyzu, kteří se na dekompozici podíleli. Získané výsledky prokázaly, že zakrytí mrtvého těla vrstvou zeminy znemožní přístup much čeledi bzučivkovití (Calliphoridae), potvrdily však, že pro mouchy čeledí Muscidae, Fanniidae, Sphaeroceridae a Phoridae a brouky čeledí Staphylinidae, Leiodidae a Elateridae jsou i po pohřbení dostupná.

Experimentem byla potvrzena nulová hypotéza, že i na pohřbených tělech probíhá sukcese v podobě střídání jednotlivých skupin hmyzu, od rodů *Muscina* a *Hydrotaea* čeledi Muscidae, přes Fanniidae a Sphaeroceridae, po čeleď Phoridae, která představovala dominantní skupinu při dekompozici pohřbených těl. Současně byl potvrzen vliv hloubky hrobu a vrstva zeminy nad kadáverem na rychlost probíhajících rozkladných procesů.

8. Seznam literatury

AMENDT, J., KRETTEK, R., ZEHNER, R., 2004: Forensic entomology. *Naturwissenschaften*, 91, 51-65 s.

BARTÁK, M., VANĚK, J., HLAVOVÁ, A. a HLAVA, J., 2013: Mouchovití (Diptera, Muscidae) české části Krkonoš. *Opera Corcontica*, 50, č. 4: 151-170 s.

BOHÁČ, J., 1999: Staphylinid beetles as bioindicators. – *Agriculture Ecosys. Envir.* 74: 357-372 s.

BOHÁČ, J., RŮŽIČKA, V., 1990: Size groups of staphylinid beetles (Coleoptera, Staphylinidae). *Acta ent. bohemoslov.* 87: 342-348 s.

BORNEMISZA, G. F., 1957: An analysis of arthropod succession in carrion and the effect of its decomposition on the soil fauna. *Aust. J. Zol.* 5. 1–12 s.

BOUREL, B., 2004: Entomofauna of buried bodies in northern France, Springer-Verlag, *Int J Legal Med* 118, 215–220 s.

BYRD, J. H., CASTNER, J. L., 2010: *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 681 s.

DANĚK, L., 1990: Možnosti využití entomologie v kriminalistice, Kriminologický ústav VB. Praha. 142 s.

DISNEY, R. H. L., 1977: A further case of a scuttle fly (Dipt. Phoridae) whose larvae attack slug eggs. *Entomologist's mono Mag.* 174 s.

DISNEY, R. H. L., 1979: Natural history notes on some British Phoridae (Diptera) with comments on a changing picture. *Entomologist's Gaz.*, 141-150 s.

DISNEY, R. H. L., 1983: *Scuttle flies Diptera, Phoridae (except Megaselia)*, Royal Entomological Society of London.

DONISTHORPE, H. St. J. K., 1927: *The Guests of British Ants - their Habits and life-histories*. Routledge, London.

ERZINCLIOGLU, Z., 2008: Forezná kriminalistika, Bratislava, Fortuna Libri, 192 s.

FARKAČ, J., KRÁL, D., ŠKORPÍK, M., 2005: Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Red list of threatened species in the Czech Republic. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha; 760 s.

GEOPORTAL SOWAC-GIS: Aplikace Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy v.v.i., <http://geoportal.vumop.cz>.

GREGOR, F., ROZKOŠNÝ, R., (eds). 2009a: Fanniidae, Checklist of Diptera of the Czech Republic and Slovakia. Eletronic version 2, <http://edvis.sk/diptera2009/families/fanniidae>.

GREGOR, F., ROZKOŠNÝ, R., (eds). 2009b: Muscidae, Checklist of Diptera of the Czech Republic and Slovakia. Eletronic version 2, <http://edvis.sk/diptera2009/families/muscidae>.

GUNN, A., BIRD, J., 2011: Forensic science International, Journal 207, Journal Elsevier Ireland Ltd.,198-204 s.

HIRT, M., ZELENÝ, M., VOJTÍŠEK, T., KREJSA, J., MATĚJŮ, E., BRZOBOHATÁ, A., 2008: Soudní lékařství, Masarykova univerzita, 1. vydání, Brno 82 s.

HŮRKA, K., 2005: Brouci české a slovenské republiky. Kafer der Tschechische und Slowakischen Republik. Kabourek, Zlín.

CHALUPSKÝ, J., 2000: Cizopasně hrbilky, Vesmír 79.

INNES, B., 2010: Vědci proti zločinu – svět moderní forenzní vědy. Naše vojsko, Praha, 256 s.

KNOBLOCH, E., 1958: Lékařská kriminalistika. II. rozšířené vydání. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, 320 s.

KOČÁREK, P., 2003: Decomposition and coleoptera succession on exposed carrion of small mammal in opava, the czech republic. *European Journal of Soil Biology*, 39, 31-45 s.

KUBÍK, Š., ORSZÁGH, I., 2009: Calliphoridae Brauer & Bergenstamm, 1880. In: JEDLIČKA, L., KÚDELA, M., STLOUKALOVÁ, V., (eds): Checklist of Diptera of the Czech Republic and Slovakia. Electronic version 2. <<http://zoology.fns.uniba.sk/diptera2009>> Accessed 15.01.2014.

LIKOVSKÝ, Z., 1967: Příspěvek k poznání fauny mršin (Insecta, Coleoptera), *Acta Musei, S. A. Scienta Naturales*, 97-116 s.

KUBÍK, Š., POVOLNÝ, D., 2005: Calliphoridae, In.: Farkač a kol.: Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Red list of threatened species in the Czech Republic. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha; 760 s.

MOCEK, B., 2006: Phoridae Latreille, 1786. In: Jedlička, L., Stloukalová V. & Kúdela, M. (eds): Checklist of Diptera of the Czech Republic and Slovakia. Electronic version 1. <http://zoology.fns.uniba.sk/diptera> and CD-ROM.

MOČEK, B., 2008: Hrbilkovití (Diptera: Phoridae) Jizerských hor a Frýdlantska, *Sborník Severočeského Muzea, Přírodní Vědy, Liberec* 261 – 281 s.

MULLEN, G., DURDEN, L., 2002: *Medical and Veterinary Entomology*, Academic Press, 614 s.

MUSIL, J., KONRÁD, Z., SUCHÁNEK, J., 2004: *Kriminalistika*. 2. přepracované a doplněné vydání. C. H. Beck, Praha. 6 s.

NĚMEČEK, J., MACKŮ, J., VAVŘÍČEK, D., VOKOUN, J., 2001: Taxonomický klasifikační systém půd ČR. ČZU a VÚMOP, Praha, 79 s.

PAVEL, V., CHUTNÝ, B., PETRUSKOVÁ, T., & PETRUSEK, A., 2008: Blow fly *Trypocalliphora braueri* parasitism on Meadow Pipit and Bluethroat nestlings in Central Europe. *J. Ornithol.*, 149: 193-197.

- PECK, S. B., 1990: Insecta: Coleoptera Silphidae and the associated families Agyrtidae and Leioididae. In: Dindal D. L. (ed.): Soil Biology Guide. New York: John Wiley & Sons, 13 s.
- PESCHKE, K., KRAPP, D., FULDNER, D., 1987: Ecological separation, functional relationships and limiting resources in a carrion insect community. Zoologische Jahrbucher. Abteilung fur Systematic Okologie und Geographie der Tiere. Jena, 114, 241-265 s.
- PITR, K., 1989: Soudní lékařství: Prohlídka zemřelých a diagnostika náhlé a násilné smrti, Státní pedagogické nakladatelství, 2. vydání, Praha 117 s.
- PONT, A., MERZ, B., 1998: 99. Muscidae. – In: Merz B., Bachli G., Haenni J. P., Gonseth Y.[eds.], Diptera – Checklist, pp. 323-331, Fauna Helvetica 1. CSCF und SEG, Neuchâtel, 369 pp.
- POVOLNÝ, D., 1978: Hmyz v kriminologii. Vesmír, stránky 205-208 s.
- POVOLNÝ, D., 1979: Některá hlediska praktického využití hmyzu v kriminalistice. Kriminalistický sborník, stránky 620-632 s.
- POVOLNÝ, D., 1982: Několik úvah o osudech mrtvol obratlovců v přírodě. Živa, stránky 24-28.
- PROKEŠ, L., 2007: Posmrtné změny a jejich význam při interpretaci pohřebního ritu /ke vztahu mezi archeologií a forensními vědami/. Brno: ÚAM FF MU. 50 s. (Archaeologia mediaevalis Moravica et Silesiana; Supplementum 1), 50 s.
- REED, H. B., Jr., 1958: A study of dog carcass communities in tennessee, with special reference to the insects. American Midland Naturalist, 59, 213-245 s.
- ROBINSON, W. H., & FOOTE, B. A., 1968: Biology and immature stages of *Megaselia aequalis*, a phorid predator of slug eggs. Ann. ent. Soc. Americ. 1587-1594 s.
- ROGNES, K., 2013. Fauna Europaea: Calliphoridae In: Pape T. (ed): Fauna Europaea: Diptera, Brachycera. fauna Europaea version 2.6.2.

<http://www.faunaeur.org>. Většina dat nezměněna od roku 2010. Poslední přístup: 14. 3. 2016.

ROHÁČEK, J., 1997: Sphaeroceridae. – In: Chvála M. [ed.], Check List of Diptera (Insecta) of the Czech and Slovak Republics, pp. 84-86, Karolinum, Charles University Press, Prague.

ROHÁČEK, J., 1999: Sphaeroceridae. – In: Rozkošný R. & Vaňhara J., [eds.], Diptera of the Pálava Biosphere Reserve of UNESCO, II, Fol. Fac. Sci. Nat. Univ. Masaryk. Brun., Biol. 100.

RŮŽIČKA, J., 2000: Leiodidae. In: Farkač a kol.: Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Red list of threatened species in the Czech Republic. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha; 760 s.

SMITH, K. G. V., 1986: A manual of forensic entomology. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca, NY, 1–205.

STARÝ, J., (eds). 2009: Trichoceridae, Checklist of Diptera of the Czech Republic and Slovakia. Eletronic version 2, <http://edvis.sk/diptera2009/families/trichoceridae>.

STARÝ, J., BARTÁK, M., 2000:Trichoceridae. – In: Barták M. & Vaňhara J. [eds.], Diptera in an industrially affected region (north-western Bohemia, Bílina and Duchcov environs), I, Fol. Fac. Sci. Nat. Univ. Masaryk. Brun., Biol.

ŠULÁKOVÁ, H., 2006: Speciální biologie: Využití hmyzu při stanovení post mortem intervalu. Kriminologický sborník. 3. 36 – 37 s.

ŠULÁKOVÁ, H., 2012: Forezní entomologie. In: ŠTEFAN, J., ADÁMEK, T., DOBISÍKOVÁ, M., ELIÁŠOVÁ, H., FIŠER, J., HLADÍK, J., VANĚK, D., VILÍMEK, M., (eds): Soudní lékařství a jeho moderní trendy, Grada, 1. vydání, Praha 448 s.

ŠULÁKOVÁ, H., 2014: Forezní entomologie – když smrt je začátek. Živa. 1-7 s.

ŠULÁKOVÁ, H., BARTÁK, M. & VANĚK, J., 2014: Bzučivkovití (Diptera, Calliphoridae) české části Krkonoš. Opera Corcontica 51: 145–156.

ŠULÁKOVÁ, H., ROGNES, K., BARTÁK, M. & KUBÍK, Š., 2013: Calliphoridae (Diptera) of Vráž nr. Písek (Czech Republic). In: KUBÍK, Š. & BARTÁK, M. (eds): Sborník prací z mezinárodního workshopu „Workshop on biodiversity, Jevany“, Česká zemědělská univerzita v Praze: 381-388.

TESAŘ, J., 1985: Soudní lékařství, Avicenum, Brno 800 s.

VANIŠTA, J., MANĎÁKOVÁ, Z., 2003: Zdravotnictví a medicína, příloha Lékařské listy 27. E15. 8 s.

VOREL jun., F., BALÍKOVÁ, M., BERAN, M., BOUŠKA, CÍSAŘOVÁ, O., I., CYPRIANOVÁ, A., ČERVENÝ, P., DOBISÍKOVÁ, M., DOGOŠI, M., DVORÁK, M., FIALKA, R., HAVEL, R., HIRT, M., HOTTMAR, P., KLÍR, P., KOSATÍK, A., KREJZLÍK, Z., KUBIŠTA, P., KVAPILOVÁ, H., LACINA, P., LOYKA, S., LYSENKOVÁ, A., MAZURA, I., MRÁZ, J., NEORAL, L., PILIN, A., PROCHÁZKA, I., SMYSL, B., ŠTEFAN, J., TOUPALÍK, P., VEČERKOVÁ, J., VOREL sen, F., 1999: Soudní lékařství, Grada, 1. vydání, Praha 606 s.

WALL, R., SHEARER, D., 2012: Veterinary Entomology: Arthropod Ectoparasites of Veterinary Importance, Springer Science a Business Media, 456 s.

WATSON, L., DALLWITZ, M. J., 2003: British insects: the families of Coleoptera, dostupné: delta-intkey.com/britin/col.

9. Přílohy