

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra zoologie a rybářství**



**Využití dvoukřídlých čeledi Fanniidae ve forenzní praxi**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Jana Vilémová**

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

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

© 2013 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Využití dvoukřídlých čeledi Fanniidae ve forenzní praxi" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne \_\_\_\_\_

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala prof.RNDr. Miroslavu Bartákovi CSc.,  
pplk.Ing.Haně Šulákové Ph.D., za jejich rady, připomínky a čas, které mi pomohly k napsání  
této bakalářské práce.

# **Využití dvoukřídlých čeledi Fanniidae ve forenzní praxi**

---

## **The use of Fanniidae (Diptera) in forensic practise**

### **Souhrn**

Tato bakalářská práce, jejíž název zní Využití dvoukřídlých čeledi Fanniidae ve forenzní praxi byla rozdělena na dvě části teoretickou a praktickou. Teoretická část pojednává o základních poznatcích z forenzní entomologie, především o její historii, stadiích rozkladu mrtvol a souhrn poznatků o čeledi Fanniidae.

Praktická část se zabývá vyhodnocením počtů jedinců nachytaných emergentní pastí při pokusu s volně položeným mrtvým prasetem v Praze – Trojia závislosti jejich výskytu na průměrné denní teplotě.

Cílem této práce bylo získat co nejvíce informací o čeledi a na jejich základě vyhodnotit výsledné zastoupení čeledi Fanniidae v pokusu v Praze – Tróji.

**Klíčová slova:**Forenzní entomologie, Fanniidae, dvoukřídlí, členovci, mrtvola

# **Využití dvoukřídlých čeledi Fanniidae ve forenzní praxi**

---

## **The use of Fanniidae (Diptera) in forensic practise**

### **Summary**

This bachelor work, whose title is the Use of Fanniidae (Diptera) in forensic practice was dividend into two parts, theoretical and practical. The teoretical part deals whith a basic knowledge of forensic entomology, primarily whith history, stages of decomposition of corpses and summary of information about family Fanniidae.

The practical part deals whith the evaluation of the number of individuals - which were collected from an emergent trap during an attempt with free exposeddead pig in Prague - Troja and with the dependence of their quantity on the average daily temperature,.

The goal of this work was to obtain as much information about the family and on their knowledge to analyse their final abundancewithin the experiment in Prague - Troja.

**Keywords:** Forensic entomology, Fanniidae, Diptera, arthropods, corpse,

# Obsah

1	Úvod.....	7
2	Cíl práce .....	8
3	Literární přehled.....	9
3.1	Forezní entomologie.....	9
3.2	Post mortem interval (PMI) .....	9
3.2.1	Určení PMI pomocí forezní entomologie .....	9
3.3	Faktory ovlivňující vývoj hmyzu na mrtvolách.....	9
3.3.1	Stav mrtvoly.....	10
3.3.2	Teplota prostředí .....	11
3.3.3	Počasí.....	11
3.3.4	Sluneční svit.....	11
3.3.5	Vlhkost.....	12
3.3.6	Typ prostředí.....	12
3.3.7	Vliv ostatních organismů .....	12
3.4	Vztahy mezi organismy.....	13
3.5	Sukcese.....	13
3.6	Organismy vyskytující se na mrtvole.....	13
3.7	Stadia rozkladu.....	14
3.7.1	Mégninovo schéma .....	14
3.7.1.1	První vlna.....	14
3.7.1.2	Druhá vlna .....	14
3.7.1.3	Třetí vlna .....	15
3.7.1.4	Čtvrtá vlna .....	15
3.7.1.5	Pátá vlna .....	15
3.7.1.6	Šestá vlna.....	15
3.7.1.7	Sedmá vlna .....	16
3.7.1.8	Osmá vlna.....	16
3.7.2	Paynovovo schéma .....	16
3.7.3	Martínezovo schéma .....	17
3.7.4	Fullerovo schéma.....	17
3.8	Možnosti využití forezní entomologie .....	18
3.8.1	Význam forezní entomologie při vyšetřování .....	18
3.8.2	Taktický význam.....	18
3.8.3	Důkazní význam .....	18
3.8.4	Postup vyšetřovatele na místě činu .....	18

3.8.5	Postup přivolaného entomologa na místě činu .....	19
3.8.6	Pozdější ohledání, získávání a zpracování informací .....	19
3.8.7	Vyhodnocení .....	20
3.9	Historie forenzní entomologie .....	21
3.9.1	První zdokumentovaný případ .....	21
3.9.2	Historie forenzní entomologie v Evropě .....	21
3.9.3	Vývoj forenzní entomologie po druhé světové válce .....	22
3.9.4	Forenzní entomologie v České republice .....	23
3.9.5	Budoucnost forenzní entomologie .....	23
3.10	Čeleď Fanniidae .....	24
3.10.1	Vajíčka .....	24
3.10.2	Larvy .....	24
3.10.3	Pupárium .....	24
3.10.4	Dospělci .....	25
3.10.5	Výskyt v ČR .....	25
3.10.6	<i>Fannia canicularis</i> .....	26
3.10.7	<i>Fannia scalaris</i> .....	26
3.10.8	Postavení čeledi Fanniidae v sukcesi .....	27
3.10.9	Příklad využití čeledi Fanniidae .....	28
4	Metodika a materiál .....	30
4.1	Pokus v Tróji .....	30
5	Výsledky .....	32
5.1	Stadia rozkladu v experimentu .....	34
5.2	Závislost čeledi Fanniidae na průměrné teplotě .....	36
5.3	Kvalitativní výskyt jedinců čeledi Fanniidae .....	37
5.4	Pokus o odchov larev .....	38
6	Diskuse .....	39
7	Závěr .....	41
8	Seznam literatury .....	42

# 1 Úvod

Využití dvoukřídlých čeledi Fanniidae ve forenzní praxi jsem si vybrala jako bakalářskou práci, protože role jednotlivých zástupců této čeledi při rozkladu není ještě zcela zřejmá. V zahraniční literatuře se o této čeledi objevují jen okrajové a kusé informace a v mnoha publikacích zaměřených na forenzní entomologii dokonce vůbec uváděna. V české literatuře se o ní jako o forenzní téměř nepojednává.

Zajímalo mně, ve kterých fázích rozkladu se zástupci čeledi Fanniidae vyskytují a jestli je jejich výskyt předvídatelný.

Forenzní entomologie je jedna z věd, které jsou využívány v kriminalistice. Jejím základem a hlavním zaměřením je určení stadiarozkladu mrtvol na základě hmyzu, který se na mrtvole nachází. Nejčastějším úkolem forenzního entomologa je tento hmyz zajistit a podle druhů a jejich dosaženého vývojového stupně určit přibližnou dobu smrti. Forenzní entomologie ve svém principu vychází z potravních vztahů, které jsou z globálního hlediska základem veškerých vazeb mezi všemi jedinci na světě.



## **2 Cíl práce**

Cílem práce je shromáždit poznatky o využití čeledi Fanniidae ve forezní praxi. Experimentální část práce je zaměřena jednak na odběry materiálu v terénu a jednak na chovy. Hypotéza: dvoukřídli čeledi Fanniidae jsou využitelní ve forezní praxi.

## 3 Literární přehled

### 3.1 Forenzní entomologie

Forenzní entomologie je jeden z nepříliš známých oborů kriminalistiky, který má mnohé využití při určení post mortem intervalu (PMI). Forenzní entomologie je v mnoha případech přesnější v určení PMI než soudně - lékařské metody. Především u případů, kdy doba uplynulá od smrti je delší než tři dny. Forenzní entomologie vychází především ze sukcese – vývoj společenstva v čase. Z kriminalistického pohledu se jedná o využití nalétávajícího hmyzu na objekty, které souvisí nejen s mrtvolou, ale i s okolím, ve kterém se nachází teď, či v minulosti. Díky hmyzu, nalezenému a zajištěnému na místě činu se může zjistit, zda bylo s mrtvolou manipulováno, na které místo na ní začal hmyz nejdříve nalétat, i přibližná doba smrti (Šuláková, 2006).

### 3.2 Post mortem interval (PMI)

Post mortem interval (PMI) si můžeme představit jako dobu, která uplynula od smrti jedince do nálezů jeho těla. V mnoha případech určení PMI je přesnější metodou forenzní entomologie, než určení na základě posmrtné ztuhlosti a fyzikálních fermentativních nebo rozkladných procesů (Šuláková, 2006).

#### 3.2.1 Určení PMI pomocí forenzní entomologie

PMI se entomologicky určuje za pomoci nekrosapofágního hmyzu a zařazení mrtvoly do potravního řetězce. Pro tento hmyz představuje mrtvola lehce dostupnou bílkovinu, tím se mrtvola stává součástí nového potravního řetězce, ale také se stane hlavní částí jídelníčku nekrosapofágního hmyzu. Druhové složení hmyzu se liší podle stáří mrtvoly, resp. stupně jejího rozkladu. Některé druhy nalézáme po celou dobu dekompozice mrtvého těla, jiné mají pouze dočasný výskyt (Šuláková, 2006).

### 3.3 Faktory ovlivňující vývoj hmyzu na mrtvolách

Faktorů, které ovlivňují rychlost rozkladu mrtvoly, je celá řada. A v žádném případě nelze vždy všechny zohlednit. Tyto faktory ovlivňují jak rychlost dekompozice, tak samotný výskyt hmyzu na mrtvole. Ovlivňují počet hmyzu, který na mrtvole je, jeho složení, výskyt, či absenci vln rozkladu a mnoho dalších. Nejdůležitějšími faktory jsou stav mrtvoly, teplota a vlhkost prostředí, vliv ostatních organismů a typ prostředí, ve kterém se mrtvola nachází (Šuláková, 2006).

Znalost faktorů ovlivňujících, inhibujících nebo naopak zvýhodňujících kolonizaci hmyzu na mrtvole je jeden ze základních poznatků, potřebných ke stanovení PMI pomocí forenzní entomologie (Campobasso et al., 2001).

### 3.3.1 Stav mrtvoly

Stav mrtvoly ovlivňuje stadium rozkladu a hmyz vyskytující se na mrtvole. Může se projevit i poranění mrtvoly, protože krev na povrchu těla láká hmyz a poranění mu zpřístupní cestu do těla.

Obézní těla se například rozkládají rychleji, protože mají více kapaliny v tkáních a jejich vodnatost podporuje vývoj a šíření mikroorganismů. Mezi další nejdůležitější činitele týkající se stavu mrtvoly, kteří ovlivňují vývoj hmyzu, patří také oblečení mrtvého, pohlaví a zdravotní stav před smrtí (Šuláková, 2006; Campobasso et al., 2001).

Zdali je mrtvola oblečená či neoblečená má vliv nejen na výskyt hmyzu na ní, ale i na délku fází rozkladu. Tuto domněnku potvrdili ve svém pokuse na prasatech Centeno et al. (2002) v Argentině. V jejich studii zjistili, že oblečené prase mělo stabilnější teplotu a nebylo tolik ovlivněno výkyvy okolních teploty prostředí tolik, jako prase neoděné. Dále zjistili, že oblečená mrtvola prasete položená na podzim měla kratší dobu rozkladu než mrtvola neoděná a že výskyt druhů na obou mrtvolách byl odlišný. Nutno podotknout, že Argentina leží na jižní polovině polokoule a tudíž se její podzim podobá našemu jaru.

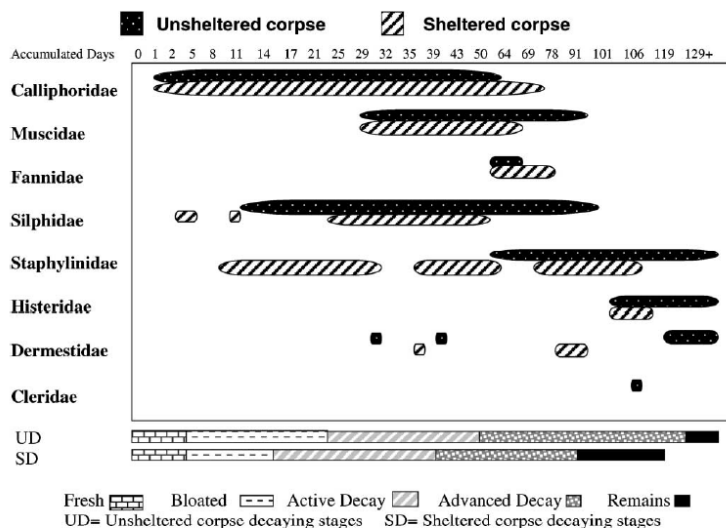


Fig. 1. Successional pattern in fall, for forensically important insects; Calliphoridae (blowflies), Muscidae (housefly and relatives), Fannidae (latrine flies), Silphidae (carion beetles), Staphylinidae (rove beetles), Histeridae (hister beetles), Dermestidae (skin beetles) and Cleridae (ham beetles).

**Obrázek 1:** Vývoj hmyzu na mrtvole prasete oděného vs. neoděného na podzim v Argentině (Centeno et al., 2012)

Oblečení také může zpomalit posmrtný pokles tělesné teploty a jeho přítomnost většinou urychluje hnilobné procesy (Šuláková, 2006).

### 3.3.2 Teplota prostředí

Teplota je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících jak vývoj hmyzu na mrtvole, tak průběh enzymatických procesů v mrtvém těle. Optimální teplota rozkladu se pohybuje mezi 25 – 35 °C. Vyšší či nižší teploty do jisté míry brání rozkladu a mrtvola si zachová tkáň déle (Šuláková, 2006; Campobasso et al., 2001).

### 3.3.3 Počasí

Nejvíce se hmyz vyskytuje při vyšších teplotách na mrtvole v letních a jarních měsících. Naopak v zimních a podzimních jsou počty vyskytujícího se hmyzu nižší (Arnaldos et al., 2004).

Prado e Castro et al. (2012) prováděli pokusy v Lisabonu, a to ve čtyřech ročních obdobích, kdy v každém ročním období bylo použito jedno prase. Na jejich výsledcích lze vidět, že v jarních a letních měsících měly fáze rozkladu nejkratší trvání.

**Table 1.** Decomposition stages.

Decay stage	Defining characteristics of decomposition stages	Days post-mortem			
		Autumn	Winter	Spring	Summer
Fresh (F)	Fresh appearance; no odor	0–3	0–17	0–3	0–2
Bloated (B)	Bloating, initiating as slight inflation of the abdomen; odor of putrefaction	4–7	18–28	4–6	3–5
Decay (D)	Carcass starts to deflate; larval masses feeding on soft tissues; strong odor of decay	—	29–34	7	6
Advanced decay (AD)	Intense migration of larvae; decrease in odor; at the end of the stage, most of the flesh has been removed	8–26	35–54	8–19	7–12
Dry (DR)	Carcass consists of bones, skin and hair; little to no odor	27–76+	55–76+	20–60+	13–60+

**Obrázek 2:** Vliv ročního období na délku stadia rozkladu (Prado e Castro et al., 2012)

### 3.3.4 Sluneční svit

Délka a intenzita slunečního svitu patří mezi další faktory ovlivňující stadia rozkladu a sukcesí vlny. Slunečné počasí způsobuje, že mršina se zahřívá a má vyšší teplotu, což zvyšuje aktivitu některých nekrofágů - jedinců žijících se mrtvolou, jiné zase naopak inhibuje (Campobasso et al., 2001).

Vliv slunečního svitu zahrnuli ve své práci Sharanowski et al. (2008), kteří v kanadském Saskatchewanu simulovali různé podmínky rozkladu u osmnácti pokusných prasat vážících 42-78 kg. Výsledky jejich studií dokázaly, že zastíněné podmínky prodloužily dobu jednotlivých fází rozkladu.

Podle Horensteina et al. (2010) má sluneční svit vliv i na složení nekrofágních druhů. Jejich pokus provedený na dvou prasatech v Argentině ukázal, že zastínění nejvíce ovlivnilo dvoukřídlý hmyz z podřádu krátkorozí (Diptera, Brachycera), tedy hlavní skupinu hmyzu podílející se na rozkladu těl.

### 3.3.5 Vlhkost

Vlhkost ovlivňuje především druhové zastoupení hmyzu. Jsou druhy, které jsou vlhkomilné, a jiné vyhledávající naopak sušší místa. Sušší prostředí mrtvolu dehydratuje, oslabí šíření bakterií a zapříčiní mumifikaci. Vlhčí způsobuje výskyt plísní, řas a hub, event. saponifikaci (zmýdelňování esterů) (Šuláková, 2006; Campobasso et al., 2001).

Vliv vlhkosti na výskyt hmyzu sledoval Fatchurochim et al. (1988). Ve svých pokusech na drůbežím trusu studoval kladení vajíček čtyř druhů hmyzu čeledi Muscidae. Například produkce vajíček *Fannia canicularis*(Linnaeus, 1761) byla vyšší u 40 – 60 % hnoje než v sušárnách kde byla vlhkost 30 %. Také bylo zjištěno, že jedinci *Fannia canicularis*(Linnaeus, 1761) vyvinutí v 70 % hnoji byli větší než ti v hnoji o nižší vlhkosti.

Table 2. Mean ( $\pm$  SE) number of adults produced from 50 eggs/container (n=5), days for development from egg to adult, and adult size (weight and head width of females, n=25) of six species of flies reared in poultry manure of differing moisture content (20-90% w/w) at 26.6°C.

Fly species & parameter	Manure moisture content (%)*							
	20	30	40	50	60	70	80	90
<i>Fannia canicularis</i>	0.0 $\pm$ 0.0 c	3.8 $\pm$ 1.1 c	29.8 $\pm$ 3.0 a	33.2 $\pm$ 0.9 a	28.2 $\pm$ 1.4 ab	23.8 $\pm$ 3.2 b	0.0 c	0.0 c
No. adults from 50 eggs	--	42.7 $\pm$ 4.0 a	42.5 $\pm$ 2.3 a	53.5 $\pm$ 1.2 a	55.9 $\pm$ 4.0 a	49.6 $\pm$ 7.6 a	--	--
Days to adult emergence	--	1.56 $\pm$ 0.11 b	1.48 $\pm$ 0.06 b	1.56 $\pm$ 0.05 b	1.52 $\pm$ 0.04 b	1.85 $\pm$ 0.05 a	--	--
Dry weight, mg	--	1.60 $\pm$ 0.04 b	1.58 $\pm$ 0.01 b	1.57 $\pm$ 0.01 b	1.59 $\pm$ 0.02 b	1.68 $\pm$ 0.01 a	--	--
Head width, mm	--	--	--	--	--	--	--	--

**Obrázek 3:** Vliv vlhkosti na jedince *F.canicularis* (Fatchurochim et al., 1988)

### 3.3.6 Typ prostředí

Otevřené prostranství nebo naopak uzavřené prostředí má nejen vliv na výskyt druhů hmyzu, ale i vliv na rychlost procesů probíhajících v mrtvém těle (Šuláková, 2006).

### 3.3.7 Vliv ostatních organismů

V některých případech mohou mít rozhodující vliv na průběh rozkladu ostatní organismy. Tyto organismy často zapříčiní vznik druhotného poškození těla. V nejvíce případech se jedná o dravce (liška, pták), kteří roznosí části těla, příp. již samotné kosti po krajině (Šuláková, 2006; Campobasso et al., 2001).

### 3.4 Vztahy mezi organismy

Mrtvé tělo každého živočicha, ale i rostlin je po smrti vydáno napospas mnoha různým přírodním činitelům a dalším živočichům. Každé tělo se po smrti stává snadno dostupným zdrojem bílkovin pro některé druhy živočichů, především pro hmyz. Pochopením procesů, které se na těle odehrávají, je základem pro stanovení PMI (Šuláková, 2006).

Na čerstvě mrtvých tělech se živí nekrofágové, mezi které neřadíme pouze hmyz, také však savci, plísně, hlístice, prvoci a mnoho dalších. Vyskytují se nejčastěji na čerstvé mrtvole. Saprofágní organismy dosahují nejvyššího zastoupení na biochemicky aktivní mrtvole. Dermatofágní organismy se vyskytují na vysychající mrtvole a keratofágní žijí na vyschlých zbytcích mršiny. Všichni tito živočichové mají nezastupitelné místo v potravním řetězci (Šuláková, 2006 ; Daněk, 1990).

### 3.5 Sukcese

Je postupný vývoj společenstva v čase. Ve vztahu k forenzní entomologii představuje sukcese střídání druhů na mrtvole v určité posloupnosti. Tato posloupnost podléhá přírodním zákonitostem. Vrcholným stadiem sukcese je klimax, který je u mrtvého těla dán kosterními zbytky (Šuláková, 2006).

### 3.6 Organismy vyskytující se na mrtvole

Na mrtvých tělech můžeme naléznout také druhy, které se mrtvolou neživí. Vyskytují se zde i druhy vázané na prostředí, které mrtvola poskytuje. Jsou to především druhy, které se živí mrchožravými druhy, či takové, které vyhledávají mrtvolu jako zdroj tepla anebo útočiště. Na mrtvole se také mohou nacházet náhodné druhy, které na ni nejsou žádným vztahem poutány (Arnaldos et al., 2004; Smith, 1986).

Mrtvé tělo ať už člověka anebo zvířete se neliší druhy, pro které je potravou, ale jejich počtem. Z pohledu druhové pestrosti na mrtvých tělech nalézáme nejvíce brouky, kteří tvoří kolem 50 % všech zjištěných druhů, následují zástupci řádu dvoukřídlí s 35 % a zbylých 15 % představují vosy, škvoři, mravenci atd. (Daněk, 1990).

Z dvoukřídlého hmyzu se na mrtvole vyskytují především čeledi Calliphoridae (bzučivkovití), Sarcophagidae (masařkovití), Muscidae (mouchovití), Sepsidae (kmitalkovití), Fanniidae (vířilkovití), Phiophilidae (sýrohlodkovití) a Phoridae (hrbilkovití) a Sphaeroceridae (mrvnatkovití) (Byrd & Castner, 2010).

Dle výzkumu Horensteina et al.(2012) v Argentině bylo ve čtyřech experimentech na prasatech posbíráno 24 710 jedinců z řádu dvoukřídlých – krátkonozí (Diptera, Brachycera). Největší počet jedinců byl z čeledi Calliphoridae a to 72 %, dále z čeledi Muscidae 20 % a třetí nejčastější čeledí byla Fanniidae a to 3,20 %.

### 3.7 Stadia rozkladu

Vychází z myšlenky, že rozklad těl podléhá jistým zákonitostem v přírodě. Začátkem této sukcese rozumíme v tomto případě položení mrtvého těla na místo. Koncem ve forenzní entomologii rozumíme úplné rozložení měkkých tkání těla, tzv. vyskeletování. Počet sukcesních vln na mrtvole se různí podle jednotlivých autorů. Nejpoužívanější jsou Mégninovo a Martinézovo schémata. Existují však jiná schémata Fullerovo, Bornemisszovo a Paynovo (Daněk, 1990).

#### 3.7.1 Mégninovo schéma

Mrtvola se rozkládá v 5 - 8 vývojových vlnách. Podle stupně ve kterém se mrtvola nachází, se odvíjí i množství a druhy organismů, které na ní hodují. Počet těchto vln je dán klimatem a počasím v daném ročním období, např. v jižní Evropě je zpravidla pět rozkladných vln, v Evropě střední je vln většinou osm, nicméně při velkých letních vedrech lze očekávat, že 3. - 5. vlna téměř splynou dohromady, takže rozdíl mezi oběma místy může být setřen (Daněk, 1990).

##### 3.7.1.1 První vlna

Nastává okamžitě po smrti živočicha. Mrtvolu označujeme jako čerstvou. Z nekrofágních organismů zahrnuje především živočichy, které láká zápach krve, potu a čerstvého masa. Mezi ně patří zejména dvoukřídlí čeledi Calliphoridae a Muscidae, kteří, v případě krvácejících poranění, mohou klást svá vajíčka ještě na živého jedince ještě před jeho smrtí. Mimo dvoukřídlého hmyzu se na mrtvole mohou vyskytovat brouci, vosy, škvoři a mravenci. Mravenci a škvoři zanechávají a kůži mrtvolý stopy, které vypadají jako po poleptání kyselinou (Daněk, 1990).

##### 3.7.1.2 Druhá vlna

Mrtvola se vyznačuje tím, že je nadmutá. Začíná, když se v mrtvole začnou bakteriální činnosti tvořit rozkladné plyny, které tělo nadouvají a páchnou. Druhá vlna je závislá na ročním období, např. v letních měsících nastává již druhý den po smrti. Z dvoukřídlého hmyzu zůstávají čeledi Calliphoridae a Muscidae z první vlny a přidává se čeleď

Sarcophagidae. K dalším zástupcům nekrofágů druhé vlny patří hrobařici, mrchožrouti a roztoči. Ve druhé vlně se také mění podklad pod mrtvolou. Tráva pod ní už není tolik zelená a zpomalí se i její růst. Změní se také druhové složení půdního edafonu (Daněk, 1990).

#### 3.7.1.3 Třetí vlna

Třetí vlna nekrofágů přichází na mrtvolu, když nastává zmýdelnění tuků a tím vznikají těkavé mastné kyseliny. Zejména kyselina máselná vyvolává specifický zápach mrtvoly. Hmyz z druhé vlny zde zůstává a jejich larvy lákají na mrtvolu biofágy (organismus žijící na úkor jiných živočichů), například drabčičky a mršníci. V letních měsících dokážou larvy much u svlečených mrtvol strávit větší část mrtvoly za 2 - 3 týdny. V případě perforace (proděravění) břišní dutiny, žaludku a střev můžeme nalézt na mrtvole také chrobáka (Daněk, 1990).

#### 3.7.1.4 Čtvrtá vlna

Po zmýdelnění tuků nastává fermentace bílkovin. Tato fermentace se také nazývá sýrová, protože zápach uvolňovaných látek připomíná aroma přezrálého sýru. Z dvoukřídlého hmyzu přilétají zástupci čeledi Piophilidae, Drosophilidae, Sepsidae, Ephydridae a Fanniidae. V čtvrté vlně také kulminují počty brouků z rodu *Necrobia* (paličník). Tyto brouky lákaly produkty zmýdelňovacích procesů třetí vlny a po fermentaci bílkovin se jejich počet se začíná pozvolna snižovat. Postupně také ubývá množství měkkých tkání a s ní také počty brouků z čeledi mrchožroutovití (Daněk, 1990 ; Šuláková, 2006).

#### 3.7.1.5 Pátá vlna

Pátou vlnu vystihuje pokročilý rozklad. Nekrofágové páté vlny přicházejí, když nastane čpavková fermentace. Její produkty, amoniak a kaseózní substance, lákají dvoukřídlý hmyz z čeledi Musciadae a Phoridae. V důsledku zmenšení objemu mrtvoly se začnou zmenšovat i kolonie žijícího hmyzu na ní (Daněk, 1990).

#### 3.7.1.6 Šestá vlna

Tato vlna nastává řádově po roce až dvou od smrti. Mrtvola absorbuje všechny tekutiny, které zbyly, a začíná vysychat a mumifikovat. Tělo se začíná podobat pouhé kostře. Po vyschnutí tekutin se změní podloží mrtvoly tím, že se začíná se vracet do původní podoby. Na zbytcích se objevují různé druhy roztočů, které narušují kostní dřev a kosti (Daněk, 1990).



### 3.7.1.7 Sedmá vlna

Mrtvola se již jeví jako kostra. Přichází hmyz, který je schopný zpracovat vysušené zbytky svalové tkáně, kosti, rohovinu a kůži. Jsou to druhy vyskytující se běžně v domácnostech, například kožojedi, moli a zavíječi. Tato vlna se vyskytuje především u mrtvol, které nebyly vystaveny povětrnostním vlivům, že např. byly schovány v opuštěném a uzavřeném místě (Daněk, 1990).

### 3.7.1.8 Osmá vlna

Vyskytuje se u mrtvol, které leží tři roky a více v terénu a jsou zcela vyskeletovány. Na zbytcích se nacházejí především roztoči. Mohou se zde vyskytovat brouci z čeledí vrtavcovití a drabčíkovití, kteří se v kostech a dutinách ukrývají před suchem, zimou anebo vlhkem (Daněk, 1990).

## 3.7.2 Paynovo schéma

Paynovo schéma popisuje ve své práci Payne (1965) a je rozděleno na pět stadií rozkladu. První se nazývá čerstvá. Je to stadium, kdy nedochází ještě k žádnému rozkladu, dosud ještě nevznikl žádný zápach a otoky na mrtvole jsou ještě čerstvé.

Druhé stadium se nazývá nafouklé, kdy dochází k nadmutí břicha a tlak rozkladných plynů vytlačuje bubliny tráveniny z úst, nosu, příp. konečníku. Z mrtvol se uvolňují zapáchající látky a začíná prosakovat rozkladná kapalina. Toto stadium končí, když po ruptuře trávicí soustavy dojde k uvolnění plynů z těla (Payne, 1965).

Třetí stadium, které je charakteristické silným zápachem, se nazývá aktivní rozklad. V této fázi je už patrný rozklad těla a jeho zkapalňování. Kůže může být poškozená činností hmyzu. Na těle začíná ubývat maso, a to především z úst a očí (Payne, 1965).

Ve čtvrtém stadiu, které označujeme termínem pokročilý rozklad, bývá už téměř většina měkkých tkání těla pryč, jejich zbytky je možné zaznamenat v oblasti břicha a pánve. V tomto stadiu postupně začíná upadat zápach (Payne, 1965).

V páté fázi už se vyskytují pouze zbytky, zápach zcela vymizel. Z celého těla zbyly pouze vlasy, kosti a zbytky zaschlé kůže (Payne, 1965).

### 3.7.3 Martínezovo schéma

Martínez identifikoval čtyři stadia rozkladu. Čerstvou mrtvolu, rozloženou, pokročile rozloženou a vyskeletovanou. Martínezovo schéma bývá používáno především v zahraniční literatuře (Martínez et al., 2002).

### 3.7.4 Fullerovo schéma

V roce 1934 rozdělil rozklad těla na tři fáze. První přichází ihned po smrti. Druhá fáze nastává v okamžiku, kdy tělo začne hnit a tkáně pomalu ztekucují. Tato fáze je charakteristická svým zápachem. Třetí fáze přichází, když se zbytky začnou vysychat a mizí zápach (Fuller, 1934).

### 3.8 Možnosti využití forenzní entomologie

Forenzní entomologie se v kriminalistice využívá ke stanovení doby smrti podle fauny na mrtvolách ležících v terénu, zahrabaných, či vylovených z vody (Daněk, 1980). Slouží také k zjišťování případné manipulace s mrtvým tělem, a to jak na místě, tak na větší vzdálenosti. Současně umožňuje zjistit přítomnost omamných a psychotropních látek, příp. léků v těle mrtvého, a to v době, kdy již klasická toxikologie z tkání mrtvého není vzhledem k jejich vysokému stupni rozkladu možná (Šuláková, 2006).

#### 3.8.1 Význam forenzní entomologie při vyšetřování

Význam entomologie pro kriminalistiku je hlavně ve vyšetřovací části případu. Je to význam taktický a důkazní (Daněk, 1980).

#### 3.8.2 Taktický význam

Taktický je důležitý hned při příchodu na místo nálezu, z hlediska získávání informací. Entomolog je do případu pozván jako soudní znalec, kterých může být u případu více. S vyšetřovatelem zhodnotí situaci a poradí jak postupovat dále v případě a které předměty zajistit pro jejich další prozkoumání. Jak entomolog, tak i vyšetřovatel a ostatní soudní znalci by měli spolupracovat a vzájemně se domlouvat, jak se vyšetřování bude dál vyvíjet (Daněk, 1980).

#### 3.8.3 Důkazní význam

Jednotlivé důkazy ve formě znaleckého posudku se využijí při dokazování, jako nepřímý důkaz. Posudků z různých oborů může být více, ale vždy je k nim přiložen i pitevní protokol. Pomocí tohoto protokolu a znaleckých posudků se může blíže určit doba smrti i okolnosti její příčiny (Daněk, 1980).

#### 3.8.4 Postup vyšetřovatele na místě činu

Nejdříve se nalezené tělo změří, vyfotí a soudní lékař ho ohledá. Vyšetřovatel vstupuje do případu až poté a dle svého uvážení přivolá soudního znalce. V případě, že je tedy k případu povolán entomolog, tak jsou jeho povinnosti například zajistit vzorky z těla i kolem něj, zhodnotit terén, prostředí a jiné faktory, které na výskyt hmyzu mohou mít vliv (Daněk, 1980).

### 3.8.5 Postup přivolaného entomologa na místě činu

Nejprve entomolog prohlédne celkový stav mrtvoly, tvar stop krve a prohlédne nekryté části těla. (Daněk, 1980).

V každém stadiu a u každého typu mrtvoly se entomolog podívá i do okolí mrtvoly, protože také v okolí těla může být hmyz důležitý pro zkoumání. Jedná se zhruba o několik metrů kolem (Daněk, 1980).

V případě čerstvé mrtvoly se nejvíce zaměří na tělní otvory, tedy oči, uši, nos, ústa, genitálie a konečník. V těchto místech by měly nacházet shluky larev a vajíček. Na tato místa totiž hmyz klade vajíčka jako první (Daněk, 1980).

S ohledem na bezpečnost se musí pracovník dbát velké opatrnosti, protože hmyz přenáší různé patogeny, které by při kousnutí hmyzu mohly způsobit vážné zdravotní problémy. Při odebírání vzorků se entomolog soustředí především na kvalitu hmyzu, který sbírá, nikoliv na kvantitu. Výskyt více druhů mu totiž pomůže k stanovení doby smrti. Velké jedince ukládá do velkých lahviček, malé do menších, aby nedošlo k poškození exemplářů. Hmyz, který nad mrtvolou volně létá, se chytá entomologickou sítí a usmrtí v octovém éteru (ester kyseliny octové). Dále sesbírá kukly, kokony a těla zemřelých dospělých jedinců (Daněk, 1980).

U zahrabaných nebo částečně zahrabaných těl si všimá zeminy kolem něj a vysbírá i larvy nacházející se v ní. Nejlépe se hmyz, larvy, kukly a jiná stadia vybírají na bílé plachtě, kam po troškách vysypává zeminu z různých hloubek. Pro zjištění přesného stupně rozkladu těla se změří jeho pH (Daněk, 1980).

### 3.8.6 Pozdější ohledání, získávání a zpracování informací

Po sesbírání hmyzu z mrtvoly a jejího okolí následuje odvoz těla. Při jeho otočení nebo vyzdvižení entomolog vysbírá i hmyz ze země, na které leželo. Toto podloží je většinou nasáklé krví anebo exkrementy. Vzrůst trávy na podloží, výskyt plísně a stupeň hnilobných procesů může také poukazovat na stáří mrtvoly a je třeba ho do znaleckého posudku zahrnout (Daněk, 1980).

Poté následuje pitva, které by se měl entomolog zúčastnit, aby mohl reflektovat na názory patologa, konzultovat a sbírat další vzorky, které jsou ukryty v mrtvole a nebylo možno je sesbírat již prvním ohledáním (Daněk, 1980).

Larvy, které na mrtvole nasbírání po převozu do laboratoře nebo přímo na místě činu

rozdělí na dvě části. První nechá žít a zkusí odchovem v inkubátoru zjistit, o jaké druhy se přesně jednalo. Druhou část usmrtí vařící vodou a uloží v 70 % etanolu (Šuláková, 2006).

Později až v laboratoři před psaním znaleckého posudku si entomolog zjistí nejbližší hydrometeorologickou stanici od místa nálezu a z ní maximální, minimální a průměrné teploty, které předcházely nálezu těla, a to po nejdelší možné období. Totéž udělá i s relativní vlhkostí za dané období. Při použití těchto informací musí znalec přihlídnout i k místu nálezu (Daněk, 1990).

#### 3.8.7 Vyhodnocení

Před určením přibližného data smrti a jiných údajů si musí entomolog zjistit maximum dat o faktorech, které mohly ovlivnit rychlost rozkladu a zastoupení a početnost nekrofágních druhů (Šuláková, 2006).

### 3.9 Historie forenzní entomologie

Forenzní entomologie je věda, která vyvíjela po stovky let. A již v minulosti přispěla k vyřešení mnoha případů. Využití hmyzu pro kriminalistiku je tedy dávný obor, jehož poznatky jsou pro dnešní kriminalisty velmi ceněny.

#### 3.9.1 První zdokumentovaný případ

Poprvé se případ o využití hmyzu objevil ve 13. století v Číně. V knize Hsi yüan chi Lu (Vymýcení zla) její autor, právník Sung Tz'u, píše nejen o tom jak rozlišit různé typy usmrcení na tělech zemřelých, ale popisuje i rozklad jejich těl. Sung Tz'u také mimo jiné udává ve své knize příklad, kdy entomologie jako kriminalistická věda byla použita i v praxi (Sung Tz'u, 1924, Sung Tz'u, 1981).

#### 3.9.2 Historie forenzní entomologie v Evropě

Ve Francii Francesco Redi, publikoval ve své knize *Esperienze Intorno alla Generazione degli Insetti* (Pokusy o generaci hmyzu), pokus který udělal s hnitím masa v šesti sklenicích. Dvě sklenice dal na přístup vzduchu, další dvě sklenice na částečný přístup vzduchu a poslední dvě bez přístupu vzduchu. Po několika dnech Redi zjistil, že hmyz je pouze na mase v otevřených sklenicích. Redi tímto pokusem vyvrátil tvrzení teorie „spontánní generace“ (teorie, která tvrdí, že neživá příroda se může spontánně vytvořit živého tvora). Tento pokus tuto teorii nejen vyvrací, ale změnil i povědomí lidí (Sant, 2012).

V roce 1767 biolog Carl von Linné napsal, že: „tři mouchy sežerou koně tak rychle jako lev“ (Daněk, 1990).

Již od 15. století se v Evropě mrtvými těly zabývali nejenom lékaři a právníci, také však umělci, které rozklad mrtvých těl fascinoval natolik, že je aplikovali do svých děl. Například francouzský básník Charles Baudelaire (1855) napsal v 1. polovině 19. století báseň „Une Charogne“ (Zdechlina).

K historii forenzní entomologie je důležité zmínit i francouzského lékaře Dr. Louis François Etienne Bergereta (1855), který jako jeden z prvních aplikoval forenzní entomologii při odhadu PMI. Zpráva o jeho případu obsahovala cykly hmyzu, jejich zvyky při párování a mnohé další tehdy pouze obecné předpoklady, nikterak dokázané. Některé však byly chybné a dnes jsou již s jistotou vyvráceny. Berget totiž například předpokládal, že samičky much nakladou vajíčka jen v létě, všechny larvy se na podzim zakuklí a na jaře se vylíhnou dospělci. Vývojový cyklus hmyzu podle něho trval celý rok.

O téměř třicet let později se systematicky zabýval forenzní entomologií německý lékař Reinhard (1882), který exhumoval těla a vyslovil tvrzení, že různé druhy hmyzu a jejich vývojová stadia jsou poutány na tělo a prostředí kolem něj.

Později Jean Pierre Mégnin, který se nejdříve zabýval nemocemi a parazity kůže na zvířatech, publikoval ve svém díle „La Faune des Cadavres“ (Fauna na mrtvolách) až osm sukcesních vln na volně exponované mrtvole a dvě pro zahrabané mrtvolky. Tato kniha obsahovala popis čeledí, a to larev i dospělců, které se vyskytují na mrtvolách, včetně determinačních znaků, např. nákrešů žilnatiny křídel, postranních dýchacích průduchů a tvarů těla. Mégnin se podílel i přímo na případech vyšetřujících pomocí entomologie a vydal několik publikací týkající se fauny a flóry na mrtvolách mumifikovaných nebo rozložených a členovců v hrobech (Mégnin, 1887).

Na přelomu 19. a 20. století výrazně vzrostl počet publikací a článků zaměřených na forenzní entomologii. Od francouzského entomologa Jean Henry Fabre (1905 - 1909) vyšly „Souvenirs entomologiques“ (Památky hmyzího života) v nichž čerpal z publikací Charlese Darwina. Od Alfreda Edmunda Brehma (1877) vyšla encyklopedie Brehms Thierleben (Brehmův život zvířat). Claude Morley, entomolog, který vydal článek o taxonomickém zařazení brouků na mršinách, který byl populární především ve Velké Británii.

Mezi světovými válkami se forenzní entomologií zabýval Hermann Merkel (1925), který řešil zajímavý případ se dvěma mrtvolami položené ve volné přírodě ve stejnou dobu. Těla vedle sebe ležela asi tři týdny, ale po pitvě soudní lékař zjistil, že se každé nachází v jiném stádiu rozkladu. Později bylo zjištěno, že na rozdílný stav těl měl vliv podkožní tuk u první z mrtvol.

### 3.9.3 Vývoj forenzní entomologie po druhé světové válce

Po druhé světové válce se opět začalo více mluvit o forenzní entomologii. Noví průkopníci této vědy se snažili přesvědčit úřady a ostatní vědce o možnostech a využití členovců v kriminalistice i v soudním lékařství. Byli to především Bequaret (1945) a Caspers (1952). Mnoho zemí tehdy rozhodlo, že entomologie se dá použít v případech, kdy působili přírodní činitelé po nějakou dobu a nedá se určit přibližný čas smrti jinou, tehdy známou metodou ( Benecke, 2001b).

Při soudním procesu byla entomologie poprvé použita v 60. letech 20. století, když maďarský entomolog Mihalyi osvobodil nespravedlivě uvězněného převozníka za vraždu pošťáka, a to pomocí larev much, které se našly na mrtvole zabitého. Podle vývojového

stupně larev prokázal, že k naklazení vajíček na mrtvolu, a tím pádem i k smrti pošťáka, došlo ještě před tím, než převozník přišel do práce. Po tomto případě se začaly provádět výzkumy v USA, Rusku, Kanadě, Indii, Francii, Japonsku a Anglii. Poté se entomologie začala téměř běžně používat jako důkazy. Za posledních třicet let se na zviditelnění tohoto oboru podílely především kongresy a vydané publikace (Chalupský, 1998).

Mezi roky 1960 a 1980 se forenzní entomologií zabývali Marcel Leclecq a Pekka Nuorteva. Oba dva se zaměřili především na případy (Benecke, 2001a).

Od té doby forenzní entomologie hodně pokročila, začal probíhat výzkum hlavně v USA, Rusku, Kanadě, Francii a Japonsku (Benecke, 2001a).

Kenneth G.V. Smith (1986) vydal knihu *A Manual of Forensic Entomology* (Manuál forenzní entomologie). V knize popisuje případy, které se do té doby staly, klíč ke druhům, které se ve forenzní entomologii využívají, a jednotlivé druhy zde popsal.

#### 3.9.4 Forenzní entomologie v České republice

Specialisti, kteří se zasloužili o rozvoj české forenzní entomologie, jsou především Jan Roubal (1914), Jan Oberbenger (1953), Novák (1961 - 1977), Petruška (1965 - 1975), Likovský (1967), Špicarová (1969 - 1974), Zuska (1983 - 1986) a Daněk (1978 - 1988) (Daněk, 1990).

V současnosti je jediných českým specialistou na forenzní entomologii pplk. Hana Šuláková, Ph.D, znalkyně v oboru speciální biologie Kriminálního ústavu Praha Policie České republiky.

#### 3.9.5 Budoucnost forenzní entomologie

Forenzní entomologie se stále rozšiřuje o nové a nové poznatky. Jeden z nich například je, že drogy, které se nacházely v těle zemřelého, se ukládají do těla hmyzu, který se na mrtvém živí. To může pomoci vyšetřovatelům například při určení, zdali osoba zemřela na předávkování. Dalším důležitým poznatkem je, že z trávicího traktu hmyzu lze zajistit DNA mrtvoly, na které se živil (Benecke, 2004).



### 3.10 Čeleď Fanniidae

Čeleď Fanniidae patří do řádu dvoukřídlí (Diptera), podřádu Brachycera a je blízce příbuzná čeledi Muscidae, do které byla dříve řazena. Čeleď se nazývá v českém jazyce vířilkovití, nebo slunilkovití. Od pojmenování slunilkovití se však v poslední době opustilo, kvůli srozumitelnosti, protože se takto nazýval dříve rod *Phaonia* z čeledi mouchovití. Čeleď Fanniidae je velice rozmanitá a zahrnuje okolo 288 druhů z toho ve střední Evropě se vyskytuje okolo 83 druhů (Gregor & Rozkošný, 1995).

V angličtině se jim říká „latrine flies“ (latrínové mouchy), protože jedinci druhu *Fannia scalaris* (Fabricius, 1794) hojně nalétají na fekálie. Z tohoto hlediska má tato čeleď velký hygienický a zdravotní význam. Mnoho druhů je také synantropních (Byrd & Castner, 2010).

Říše	Živočichové
Kmen	Členovci
Třída	Hmyz
Řád	Dvoukřídlí
Podřád	Krátkonozí
Čeleď	Vířilkovití (Fanniidae)

**Tabulka 1:** Zařazení čeledi Fanniidae do taxonomického systému

#### 3.10.1 Vajíčka

Vajíčka jsou protáhlá, asi 1 mm dlouhá. Větší část povrchu je hladká a podélně široce žebrovaná. Hřbet vajíčka je šestiúhle síťovaný (Smith, 1986).

#### 3.10.2 Larvy

Jsou zploštělé, tvořené 11 články. Třetí až desátý článek mají výběžky uspořádané podélně v řadách. Poslední článek má na okraji tři páry výběžků. První a druhý článek nesou po jednom výběžku na bocích. Na druhém až desátém článku mohou být mediální výběžky, které jsou většinou krátké. Na břichu larvy jsou vyvinuty krátké, často nezřetelné výběžky mediální a ventrolaterální. Na těchto výběžcích se nacházejí třásně různé velikosti a různého větvení (Smith, 1986).

Dýchací stigmata u larev jsou přední a zadní. Přední mají na okraji v kruhovitém uspořádání 3 - 12 stigmálních pupenů. Dva zadní jsou trubicovitého tvaru a na konci rozvětveny na tři části. Na posledním článku se nacházejí nosiče, které mohou být úplně u sebe nebo naopak posunuty až k okraji. Na spodní části posledního článku se nachází anální štěrbin a vystouplá žebra (Gregor & Rozkošný, 1995).

### 3.10.3 Pupárium

Pupárium (kukla) je poslední vývojové stadium ještě před tím, než se z jedince stane dospělec. Pupárium je nepohyblivé stadium kryté pevným obalem a uvnitř dochází k přestavbě celého organismu. Výživu čerpá kukla ze zásob, které si jedinec nashromáždil jako larva. Na povrchu je tvořena (kryta) pokožkou posledního stadia larvy (Gregor & Rozkošný 1995).

### 3.10.4 Dospělci

Velikost těla čeledi vířilkovití se pohybuje od 3 - 5 mm, maximálně 9 mm. Velikostí se tedy řadí mezi menší Diptera. Většinou jsou tmavší barvy, ale zadeček a nohy bývají občas částečně nebo zcela nažloutlé. Jejich tělo je přizpůsobeno letu a je mírně zatočeno. Samci mají na rozdíl od samic oči blíž u sebe (Gregor & Rozkošný, 2009).

Tělo dospělých vířilek se od čeledi mouchovití liší především obloukovitě prohnutou anální žilkou na křídlech. (Smith, 1986).

### 3.10.5 Výskyt v ČR

V české republice se vyskytuje 58 druhů čeledi Fanniidae. Mezi možné druhy vyskytující se na mršinách patří larvy *F. canicularis*, *F. scalaris*, *F. manicata* (Meigen, 1826), *F. insurata* (Zetterstedt, 1838) a *F. coracina* (Loew, 1873). Dospělci živí se zahnívajícím masem a exkremety jsou samice *F. armata* (Meigen, 1826), *F. fuscula* (Fallén, 1825) a samci *F. coracina*, *F. insurata*, *F. lepida* (Wiedemann, 1817), *F. ornata* (Meigen, 1826), *F. pallitibia* (Rondani, 1866) a *F. parva* (Stein, 1895). Těchto 11 druhů je možné v našich podmínkách nalézt na zahnívajícím mase, či na exkrementech vytékajících z mrtvol. Ze zdravotního hlediska jsou tyto druhy nebezpečné, protože jsou původci střevních myiáz u lidí (Gregor & Rozkošný, 1995).

Na volně exponované mrtvolu nalétávají Fanniidae nejvíce ve čtvrté vlně. Tedy asi 3 - 6 měsíců po smrti, při máselném a mléčném kvašení bakterií (Smith, 1986).

### 3.10.6 *Fannia canicularis*

*Fannia canicularis* je nejhojnější především v letních měsících. Vyskytuje se nejčastěji na výkalech, zahnívajících rostlinných materiálech a mléčných výrobcích. Na mrtvolách se objevuje poté, co se uvolní obsah střev. Jejich larvám vyhovuje kapalné prostředí, ke kterému jsou přizpůsobeny svou stavbou těla (Castner & Byrd, 2010).

U *Fannia canicularis* je nejrychlejší vývoj z čeledi, a to 18 dní při teplotách 21 – 26 °C. Do roka jsou předpokládány 4 generace. Samice *Fannie canicularis* vyprodukuje 200 - 600 vajíček za život, která klade po 30 - 70 ks. Životnost jednoho jedince se pohybuje kolem 4 měsíců (Gregor & Rozkošný, 1995).



**Obrázek 3:** *Fannia canicularis* (Autor: M.Kořínek)

(<http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id170402/?taxonid=121248>)

### 3.10.7 *Fannia scalaris*

Larvy se vyvíjí především na hnoji a mršinách. Podobně jako u *Fannia canicularis* je pro ně nejlepší, když se obsah střev mrtvoly uvolní ven. Stačí jim i močí nasáklé oblečení. Výskyt tohoto druhu není tak náchylný na podmínky prostředí jako *Fannia canicularis* a může se dostat i do krytého prostředí (Castner & Byrd, 2010).

Délka vývoje *Fannie scalaris* je 23 dní při teplotě 18 - 23 °C (Gregor & Rozkošný, 1995).



**Obrázek 4:** *Fannia scalaris*

([http://www.diptera.info/photogallery.php?photo\\_id=1327](http://www.diptera.info/photogallery.php?photo_id=1327))

### 3.10.8 Postavení čeledi Fanniidae v sukcesi

Čeď Fanniidae se vyskytuje především v 2. až 6. vlně. Jejich přesný výskyt a počty závisí hlavně na teplotě a ročním období. V pokusu ve Vídni provedeném Garassenbergerem a Frankem v roce 2004 se tato čeď vyskytla na mrtvole prasete položené 2. května. Byly to druhy především *Fannia canicularis* a *Fannia scalaris*. V pokročilém stadiu rozkladu se vykytovala i *Fannia manicata*. Mrtvola se rozkládala celkem 60 dní. V těchto šedesáti dnech se čeď Fanniidae vyskytovala 3 - 31 den. Během celého pokusu nepřekročila maximální teplota 30 °C a minimální teplota neklesla pod 14 °C (Grassberger & Frank, 2004).

V pokusu s dalším prasetem, který začal 20. srpna a skončil 20. října, nastalo nadmutí zvířete až 10. den pokusu, na rozdíl od prvního pokusu, kdy se objevilo již třetí den. U druhého pokusu se čeď Fanniidae vyskytovala od pátého dne až po jeho konce, 60. den. Maximální teploty nepřekročily 32 °C a minimální téměř neklesly pod 10 °C (Grassberger & Frank, 2004).

Podle studie provedené na mršínách medvěda, aligátora, prasete a jelena na podzim a v zimě v Luisianě byly dva druhy čeledi Fanniidae sbírány na podzim i v zimě, během obou těchto ročních období, které jsou v tamějších podmínkách spíše teplejší než ostaní. Čeď Fanniidae se vyskytovala na všech položených mrtvolách. Maximální teploty na podzim byly kolem 25 °C a minimální klesly na konci podzimu k -2 °C. V zimě byla amplituda maximální teploty větší, ale průměrně se teplota pohybovala kolem 15 - 20 °C. Minimální teplota se pohybovala od -4 °C do 16 °C (Watson & Carlton, 2005).

Podobná studie provedená ve stejné oblasti na stejných druzích zvířat dokazuje, že čeď všech forezních druhů Diptera v deštivém počasí na mrtvolu nenalétávají, včetně

čeledi Fanniidae. Bohužel byla čeleď Fanniidae zařazena v této studii mezi Muscidae a nelze přesně s jistotou říci, jak na ni déšť působil. Larvy i dospělci čeledi Fanniidae byly shromažďovány po celou dobu pokusů od třetího dne položení mrtvoly (Watson & Carlton, 2003).

Čeleď Fanniidae reagovala při pokusu v Argentině na slunečné či zatažené počasí. V zimních měsících se vyskytovala v zataženém období až od fáze pokročilého rozkladu, zatímco při slunečném počasí již při nafouknutí. V podzimních a jarních měsících nebyl téměř rozdíl v počtu odchytný jedinců mezi slunečnými a zataženými dny. O letním období se čeleď při zataženém počasí vyskytovala pouze v pokročilém rozkladu a na vyschlých zbytcích. V slunečném počasí se vyskytovala již od stadia nafouknutí až po stadium vyschlých zbytků (Horenstein et al., 2010).

Největší aktivita u dospělců byla zjištěna pozorování při 24 °C. Synantropní druhy mohou být aktivní po celou zimu, ale pouze jen v teplých místnostech. Většina pupáří (kukel) však zazimuje a vylíhne se až při 10 °C a více (Gregor & Rozkošný, 1995).

To potvrzují i pokusy Archera a Elgara (2003), které proběhly v letech 1999 a 2000 na čtyřiceti mrtvých prasatech položených v období dvou let postupně v osmi ročních obdobích jdoucích za sebou vyplývá, že v obou dvou letech tato čeleď přešla do diapauzy na 5,5 měsíce, ale období kdy přestala být aktivní a na mršiny nalétat se lišily. Z pokusu vyplývá, že čeleď Fanniidae přestala být aktivní, když průměrná teplota klesla pod 0 °C. Čeleď začala být aktivní, když průměrné teploty stouply nad 16 °C a minimální stoupla nad 11 °C.

### 3.10.9 Příklad využití čeledi Fanniidae

Na starší ženě nalezené v Německu v březnu 2002 v jejím bytě na předměstí byly nalezeny larvy druhů *Fannia canicularis*, *Muscina stabulans* (Fallén, 1817) a dospělci *Dermestes lardarius* (Linnaeus, 1758). V bytě byl sice nepořádek, ale nebyl zde žádný shnilý organický materiál (Benecke, 2004).

Díky přítomnosti těchto synantropních druhů bylo jasné, že druhy, které se na mrtvole vyvíjely, byly poblíž již před její smrtí. To dokazovalo, že s mrtvolou nikdo nemanipuloval (Benecke, 2004).

Hned na místě činu bylo zřejmé, že zemřelá žena byla zanedbaná. To vyšetřovatelé usoudili z toho, že na kůži se larvy nevyskytovaly, pouze na tlakových skvrnách na krku. Kolonizace těla hmyzem začala, ještě když žena byla naživu. Oči ženy byly neporušené. Kukly nebyly sesbírány, ale v policejní zprávě byly zmíněny. To vedlo entomologa k závěru,

že mrtvola byla obydlena hmyzem před smrtí. Jestliže vajíčka byla uložena po smrti ženy, bylo by malé množství larev nebo vajíček v uších, očích, či nose, protože to jsou spolu s ranami nejčasnější místa kolonizace (Benecke, 2004).

Syn mrtvé ženy uvedl, že matku nakrmil den před její smrtí a že se měla dobře. Avšak podle entomologických nálezů a tlakových skvrn bylo zřejmé, že jeho tvrzení nebylo pravdivé. Syn byl obviněn ze zanedbání péče své matky (Benecke, 2004).

## 4 Metodika a materiál

Metodika se týkala především pokusu v na mrtvém praseti v oblasti Praha – Trója. Pokus bych rozdělila na čtyři části. První byla zajistit materiál, který byl odchytnut v emergentní pasti, druhá část byla odebrání živých larev z prasete a pokus je odchovat do dospělých jedinců, třetí rozdělení nasbíraného materiálu podle čeledí a čtvrtá rozdělení čeledi Fanniidae na samce a samice, samce vypreparovat a celou čeleď spočítat.

### 4.1 Pokus v Tróji

Podílela jsem se na pokusu s volnou expozicí mrtvého prasete domácího (*Sus scrofa* f. *domestica* (Linnaeus, 1758)), o hmotnosti 50 kg, které imitovalo lidskou mrtvolu. Prase bylo oblečeno do trička a elastických kalhot, aby nevznikly žádné nepřesnosti v simulaci. Tělo bylo vystaveno v rovinném terénu, a poblíž nebyl žádný předmět, který by mohl způsobovat stín. Jediný předmět kolem, který mohl trochu zkreslovat výskyt druhů hmyzu, byl kompost asi 20 metrů daleko od položené mrtvolky.

Prase bylo položeno v Praze městské části Trója dne 20. března 2012 na pokusném pozemku České zemědělské univerzity. Nad prase byla nainstalována emergentní past, která chytala většinu hmyzu nalétávajícího na pokusné zvíře. Roztok emergentní pasti byl formaldehyd a pár kapek detergentu (jaru). Past byla od počátku pokusu do podzimu vybírána jednou za týden, na podzim jednou za dva týdny a přes zimu jednou za měsíc. Roztok v pasti byl vyměňován dle potřeby, většinou v jarních a letních měsících jednou za týden. V zimních i za dva měsíce. Larvy a kukly byly sbírány do skleničky s provrtaným vrškem obaleným silonovou punčochou. Larvy byly sbírány 3x v období květen, červen a červenec.



**Obrázek 5:** Emergentní past s prasetem (Autor: H. Šuláková)

V pravidelných intervalech byla vždy past vybrána a materiál z ní uložen do 70 % lihu a později vytržena dle čeledí. Tříděné čeledi byly Sarcophagidae, Muscidae, Calliphoridae, Fannidae, Sepsidae, Piophilidae.

Pro přehled kvalitativního výskytu jedinců byla čeleď Fanniidae rozdělena na samce a samice. Z důvodu složitosti určování byli vypreparováni a určeni pouze samci.

Vzhledem k množství nasbíraného materiálu a počtu osob zainteresovaných do experimentu, byly pasti rozděleny pomocí síta na velkou a malou frakci pro usnadnění třídění vzorků. Tyto frakce se dále pomocí poměru rozdělily na menší celky. Toto dělení mohlo mírně zkreslovat uvedené počty jedinců. Údaje o průběhu počasí byly získány z meteorologické stanice Praha - Suchdol.

Pomocí těchto teplot a počtů jedinců byly vytvořeny grafy a tabulky v programu Microsoft Excel. Teploty v tabulkách byly sečteny vždy za období mezi vybráním pastí.

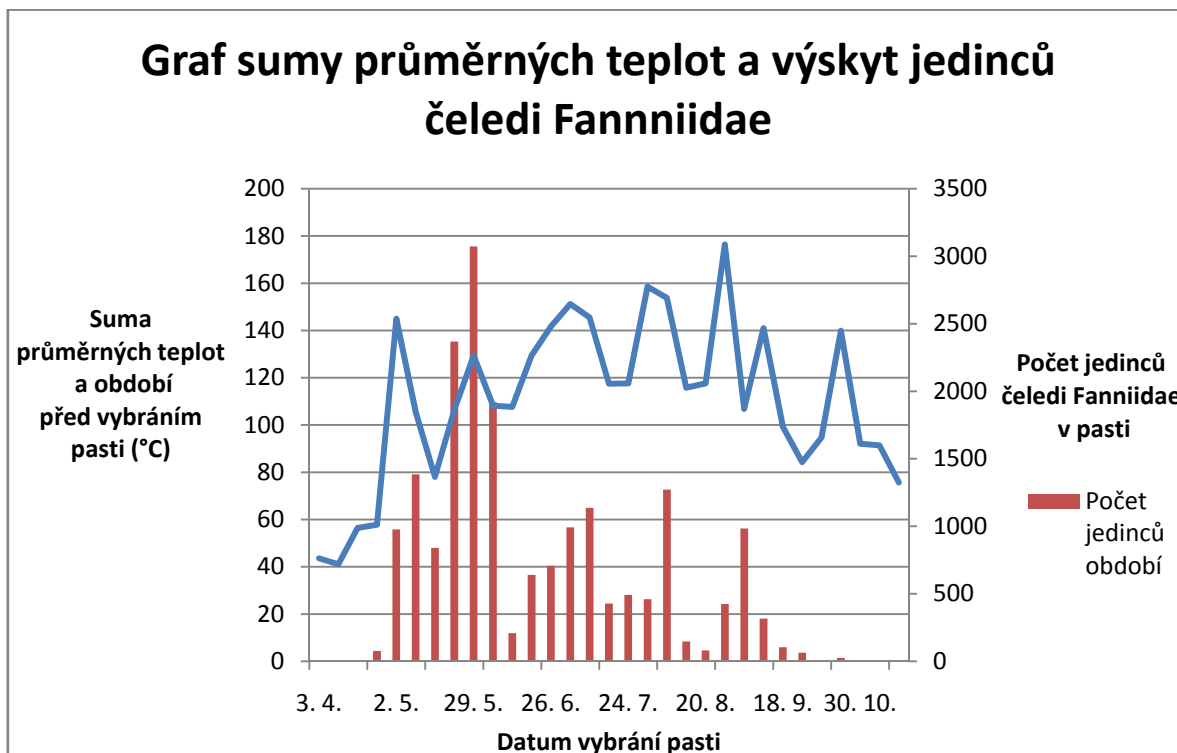


## 5 Výsledky

Výsledná tabulka 2 a graf 1 výskytu čeledi Fanniidae na *Sus Scrofa f.domestica* ukazuje, že čeled' se začala hojně vyskytovat na mrtvole v pasti vybrané 2. května 2012, s prvním ojedinělým výskytem od 3. dubna 2012). Bohužel počet jedinců z první vybrané pasti z měsíce března již není k dispozici a není zahrnut do výsledků. V následujícím období počty chycených jedinců klesly. Jakmile minimální teplota stoupla, počet jedinců se postupně zvyšoval na 3 072 kusů za období mezi vybráním emergentních pastí. Dne 29. května 2012. Poté počet klesl na 209 jedinců posbíraných dne 12. června 2012. Od tohoto data se počty jedinců čeledi Fanniidae opět zvyšovaly až do data 10. července 2012, kdy bylo z emergentní pasti vybráno celkem 1136 jedinců. V pastech od 17. července 2012 do 31. července 2012 bylo kolem 400 - 500 jedinců. Dne 7. srpna 2012 vystoupl opět počet odchycených jedinců k 1272, poté klesl k 81 dne 20. srpna 2012 a zase stoupl až do 3. září 2012 kdy byl počet nachytených jedinců 960. Od 3. září 2012 počty postupně klesaly až k 0 dne 27. listopadu 2012.

DATUM	Velká frakce		Malá frakce		Násobící koeficient		Počet jedinců
	Samice	Samci	Samice	Samci	Velká frakce	Malá frakce	
3.4.2012	1	0	0	0	1	0	1
10.4.2012	5	0	0	0	1	0	5
17.4.2012	5	0	0	0	1	0	5
24.4.2012	64	13	0	0	1	0	77
2.5.2012	60	15	36	11	8	8	976
9.5.2012	59	0	51	4	16	8	1384
14.5.2012	53	2	50	0	8	8	840
22.5.2012	92	7	49	0	16	16	2368
29.5.2012	107	11	67	7	16	16	3072
5.6.2012	25	1	44	3	16	32	1920
12.6.2012	184	25	0	0	1	0	209
19.6.2012	36	0	21	1	8	16	640
26.6.2012	55	2	28	2	4	16	708
3.7.2012	62	4	21	8	8	16	992
10.7.2012	64	2	34	4	8	16	1136
17.7.2012	43	2	30	1	4	8	428
24.7.2012	17	0	49	4	4	8	492
31.7.2012	54	1	29	1	4	8	460
7.8.2012	57	2	47	3	8	16	1272
14.8.2012	129	18	0	0	1	0	147
20.8.2012	75	6	0	0	1	0	81
28.8.2012	49	4	0	0	8	0	424
3.9.2012	118	5	0	0	8	0	984
11.9.2012	44	6	26	1	2	8	316
18.9.2012	101	3	0	0	1	0	104
25.9.2012	63	1	0	0	1	0	64
2.10.2012	9	0	0	0	1	0	9
16.10.2012	25	0	0	0	1	0	25
30.10.2012	3	0	0	0	1	0	3
13.11.2012	3	0	0	0	1	0	3
27.11.2012	0	0	0	0	0	0	0
15.1.2013	0	0	0	0	0	0	0
15.3.2013	0	0	0	0	0	0	0

**Tabulka 2:** Počty jedinců čeledi Fanniidae ve frakcích a celkově



**Graf 1:** Suma průměrných teplot a výskyt jedinců čeledi Fanniidae

#### 5.1 Stadia rozkladu v experimentu

Postupný rozklad prasete by se dal odhadnout na pět stadií rozkladu. Po třech dnech se prase lehce nafouklo a promodralo a byly na něm nakladeny vajíčka čeledi Calliphoridae. Po týdnu od jeho položení bylo nafouklé úplně a vyskytovaly se na něm už larvy čeledi Calliphoridae.



**Obrázek 6:** Nadmutí prasete (Autor: H. Šuláková)

Při ohledání prasete dne 10. dubna 2012 (22. den od položení prasete) bylo zjištěno, že prase již uvolňuje plyny a pozvolna začíná probíhat počátek aktivního rozkladu. V emergentní pasti bylo tehdy vybráno 5 jedinců čeledi Fanniidae. O čtrnáct dní později, tedy 36 dní od počátku pokusu později probíhala již první fáze aktivního rozkladu. Dne 22. Května(64.den od počátku pokusu) již naplno probíhal aktivní rozklad prasete. Počet jedincůčeledi Fanniidae v emergentní pasti činil 2 368 kusů.



**Obrázek 7:** Aktivní rozklad prasete (Autor H. Šuláková)

Při kontrole pasti dne 29. května 2012 bylo prase již v konečné fázi aktivního rozkladu. Na toto datum připadá i nejvyšší počet vybraných jedinců z emergentní pasti a to 3 092 kusů.



**Obrázek 8:** Konec aktivního rozkladu (Autor: H. Šuláková)

Dne 19. června 2012 ( 92. den od začátku pokusu) začala fáze vysychání měkkých tkání počet jedinců dané čeledi v pasti činil 640 kusů.



**Obrázek 9:** Začátek vysychání (Autor: H. Šuláková)

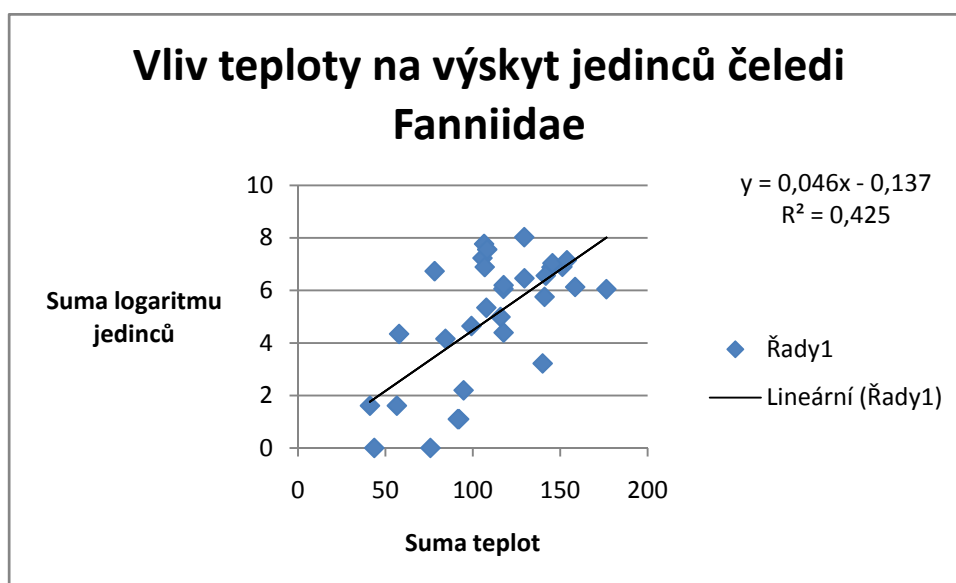
Dne 21. srpna (155. den od počátku pokusu) byl zaznamenán počátek skeletizace. Dne 16. října 2012 (211. den od počátku pokusu) byla zaznamenána postupná degradace zbytků měkkých tkání a 11. prosince (267. den od počátku pokusu), zbyly jen části měkkých tkání pokryté plísněmi. Na konci našeho pozorování (leden) nebylo prase ještě zcela vyskeletováno.



**Obrázek 10:** Počátek skeletizace (Autor H. Šuláková)

## 5.2 Závislost čeledi Fanniidae na průměrné teplotě

Použitím sumy teplot za období mezi vybráním pastí a počty jedinců, byl vytvořen graf lineární regrese pomocí bodového zobrazení závislosti proměnné  $y$  na hodnotě  $x$ . Na ose  $x$  je vždy znázorněna suma teplot a na ose  $y$  logaritmy hodnot počtu jedinců. Počty jedinců nejsou z normálního rozdělení, ale jde o tzv. Poissonovo rozdělení, proto bylo přistoupeno k logaritmické transformaci. Při zobrazení hodnoty spolehlivosti závislosti čeledi Fanniidae na teplotě vyšla hodnota regresního koeficientu  $R^2=0,4253$ . Tato hodnota říká, že v případě kdyby se suma teplot na ose  $x$  zvýšila o 1 jednotku, tak hodnota na ose  $y$  zvýšila o 0,4253 a že vliv teploty na jedince čeledi je 42 %.



**Graf 3:** Vliv teploty na výskyt jedinců čeledi Fanniidae

### 5.3 Kvalitativní výskyt jedinců čeledi Fanniidae

Pro kvalitativní rozbor byli vybráni samci čeledi z pastí 12. června 2012 velké frakce a 14. srpna 2012. Jedince určil prof. Barták.

Dle tabulky 3 se na mrtvole vyskytovaly jedinci *F. aequilineata* (Ringdahl, 1945), *F. manicata*, *F. monilis* (Haliday, 1838), *F. canicularis*, *F. nigra* (Malloch, 1910), *F. lepida*, *F. similis* (Stein, 1895), *F. lustrator* (Harris, 1780) a *F. lucidula* (= *glaucescens*) (Zetterstedt, 1845). Těchto 10 druhů se vyskytovalo v pastech vybraných 12. června a 14. srpna.

rod	12.6.2012	14.8.2012	Celkově
<i>F. canicularis</i>	4	8	12
<i>F. aequilineata</i>	0	7	7
<i>F. armata</i>	0	1	1
<i>F. manicata</i>	6	0	6
<i>F. monilis</i>	5	0	5
<i>F. lepida</i>	2	0	2
<i>F. similis</i>	1	0	1
<i>F. lustrator</i>	1	0	1
<i>F. nigra</i>	0	1	1
<i>F. lucidula</i> (= <i>glaucescens</i> )	0	1	1

**Tabulka 3:** Kvalitativní rozbor pastí vybraných dne 12. června 2012 a 14. srpna 2012

#### 5.4 Pokus o odchov larev

Živé larvy čeledi Fanniidae za účelem odchovu byly odebrány celkem třikrát, a to v měsících květen, červen a červenec. Přestože pro ně bylo ve skleničce nachystáno minimálně dva dny staré maso dvakrát nepřežily převoz a jednou zahynuly až po pár hodinách.

## 6 Diskuse

Vzhledem k výsledkům našeho pokusu v Praze – Troji na mrtvém praseti se k diskusi vybízí mnoho témat ve spojitosti s literární rešerší.

Jak moc velký vliv mělo oblečení a jestli mohl mít vliv na vyskytnuté druhy kompost o dvacet metrů dál, zdali existuje ještě nějaký důležitý faktor, na který doposud nikdo nepřišel, mimo počasí, podnebí, stavu mrtvoly, prostředí, vlhkosti a slunečního svitu.

Téma jak velký měla teplota vliv na výskyt čeledi Fanniidae se nabízí z našich výsledků podle kterých má suma teplot 42 % za sledované období na čeleď Fanniidae na mrtvole. Měla by ale takový vliv i na neoděném praseti? Jak velký vliv měl kompost o dvacet metrů dále na druhy jedinců.

Vhledem k literární rešerše a vypsáných pokusů, kde byla sbírána i čeleď Fanniidae . Je zcela nepochybné, že podmínky mají vliv jejich výskyt a množství, ale do jaké míry, to nám dnešní podmínky nedovolí zjistit.

Při pokusu, který byl proveden Grassenbergerem a Frankem (2004) ve Vídni, odpovídalo podnebí našim podmínkám. Avšak doba položení je o dva měsíce později. Ze všech dostupných pokusů je tento nejbližší. Bylo položeno *Sus scrofa domestica* dne 2. května. Čeleď Fanniidae se na mrtvole vyskytovala od 3. do 35. dne rozkladu. V našem pokusu se čeleď vyskytovala v pasti vybrané 3. dubna 2012, to je 7 - 14 dní po uložení prasete, kdy tam jedinci mohli vletět a být chyceni. Bohužel past s odchytnutým hmyzem od 20. března 2012 do 27. března 2012 není k dispozici. Avšak vzhledem k tomu, že v pasti z 3. dubna 2012 se vyskytoval pouze jeden jedinec, je velká pravděpodobnost, že v předchozí nebyl žádný. Poslední odchytnutí jedinci byli v pasti nalezeni dne 30. listopadu 2012, to je osm měsíců a deset dní po pokusu. Vliv na rozdílné výsledky v našich pokusech měla bezesporu teplota a období položení prasete na místo. Ovšem výskyt jedinců je zcela odlišný, to poukazuje na to, že období položení mrtvoly na místo je důležité a má rozhodující vliv na rozklad.

Výsledek vlivu změny teploty na množství jedinců čeledi Fanniidae 42,53 % se mi zdá velmi nízký, to je ovšem jen můj pouhý odhad, protože dosud nebyla vydána žádná jiná publikace, proto nemohu srovnávat.

Pro srovnání mám práci Gregor & Rozkošný (1995), odchycené druhy se na území České republiky vyskytují běžně. Nevyskytuje se mezi nimi *Fannia scalaris*, která patří i



v cizojazyčné literatuře mezi druhy využitelné pro forenzní účely. Původně nepředpokládaný druh *F. aequilineata*, se vyskytoval pouze v pasti vybrané dne 14. srpna 2012 podle literatury byl tento druh vychován z lesní hrabanky i z choroše. Larvy *F. monilis* byly nalezeny v zahnívajícím kapradí a v houbách, proto její výskyt není nikterak překvapivý. U *F. nigra*, *F. similis*, *F. lustrator* a *F. glaucescens* nebyl doposud popsán jejich přesný výskyt.

Cílem této práce byl i odchov larev čeledi. Larvy byly na praseti sbírány třikrát v průběhu měsíců května, června a srpna. Bohužel se odchov ani jednou nepodařil. To naznačuje, že larvy jsou velice choulostivé a citlivé na změny prostředí.

## 7 Závěr

Forenzní entomologie se v posledním staletí začala vyvíjet jako všechny ostatní vědy a jak věda postupuje, tak se naskytuje i více otázek. Na které později nalezneme odpovědi a díky těm odpovědím se naskytne zase přibudou další a další otázky.

Nejčastěji se forenzní entomologie využívá při stanovení post mortem intervalu a časté využití má také při dokazování zanedbání péče o nemohoucí osoby, například děti a staré lidi.

Čeď *Fanniidae* má široké využití a v zahraniční literatuře mnohokrát opomíjené. Její výskyt záleží na mnoha faktorech, samice nejvíce přitahuje pach moči a fekálií, takže je nejpravděpodobnější výskyt přesně v té fázi rozkladu, kdy dojde k perforaci střev a jejich obsah se vylíje ven. Je zcela jedno jestli se mrtvola nachází v pátém stadiu Megninova schématu nebo čtvrtém stadiu Paynova. Každé z těchto schémat je lépe použitelné pro oblast s určitými podmínkami. Stejně jako nelze přesně říci ve které době, kdy která fáze probíhá, protože změny ve složení hmyzu jsou velmi pozvolné. Proto se ve skutečných případech stupeň rozkladu neuvádí, popisují se jen zastoupené druhy.

Cílem této práce bylo zjistit co nejvíce poznatků o čeledi *Fanniidae* ve forenzní praxi. Vzhledem k tomu, že tato čeď není v dosavadních vědeckých pracích tou nejdůležitější a že mnoho autorů ji řadí do čeledi *Muscidae*, si myslím, že dostupné informace byly do této práce zahrnuty. Dalším takovým cílem byl odchov larev čeledi. Pokus o odchov larev se nepovedl, nejspíše z důvodu, že larvy jsou velmi citlivé na manipulaci.

## 8 Seznam literatury

- Anon. 1912. Report on J.C. Berquart. Some observations on the fauna of putrefaction and its potential value in establishing the time of death In: A brief of history forensic entomology. Forensic Science International. 120. p. 10
- Archer, M.S., Elgar, M.A. 2003. Yearly activity in southern Victoria (Australia) of seasonally active carrion insects. 132. 173 - 176
- Arnaldos, M.I., Romera, E., Presa, J.J., Luna, A., García, M.D. 2004. Studies on seasonal arthropod succession on carrion in the southeastern Iberian Peninsula. International Journal of Legal Medicine. 118. 197–205
- Baudelaire, Ch. 1955. In: Mathews, M., Mathews, J. (Eds.) 1995. The Flowers of Evil. In: Benecke, M. 2001. A brief of history forensic entomology. Forensic Science International. 120. p. 3
- Benecke, M. 2001. Forensic Entomology: The Next Step. Forensic Science International. 120. 1
- Benecke, M. 2004. Forensic entomology: Arthropods and corpses. Forensic Pathology Reviews. 2. 1–21.
- Bergeret, M. 1855. Infanticide In: Benecke, M. 2001. A brief of history forensic entomology. Forensic Science International. 120. p. 3 - 4
- Brehm, A.E. 1877 Brehms Thierleben In: A brief of history forensic entomology. Forensic Science International. 120. p. 8
- Byrd, J.H., Castner, J.L. 2010. Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations, Second Edition. Taylor and Francis Group. Boca Raton. 705 s. ISBN: 1420008862
- Campobasso, C.P., Vella, G.D., Introna, F. 2001. Factors affecting decomposition and Diptera colonization. Forensic Science International. 120. 18 – 27
- Caspers, H., 1952. Ein Kocherfliegen – Gehäuse im Dienste der Kriminalistik In: A brief of history forensic entomology. Forensic Science International. 120. p. 8
- Centeno, N., Maldonado, M., Oliva, A. 2002. Seasonal patterns of arthropods occurring on sheltered and unsheltered pig carcasses in Buenos Aires Province (Argentina). Forensic Science International. 126. 63 - 70

- Daněk, L., 1980, Možnosti využití entomologie v kriminalistice. Československá kriminalistika. 13. 44 - 55
- Daněk, L. 1990. Možnosti využití entomologie v kriminalistice. Kriminalistický ústav. Praha. 142
- Fabre, J.H.,1909. Souvenirs entomologiques In: A brief of history forensic entomology. Forensic Science International. 120. p. 8
- Fatchurochim, S., Geden, C.J., Axtel, R.C. 1988. Filth fly (Diptera) oviposition and larval development in poultry manure of various moisture level. Journal Entomology Science. 24. 224 - 231
- Fuller, M.E.,The Insects inhabitants of carrion:a study in animal ecology. In: Daněk, L. 1990. Možnosti využití entomologie v kriminalistice. 11
- Grassberger, M., Frank, C. 2004. Initial Study of Arthropod Succession on Pig Carrion in a Central European Urban Habitat. Journal of Medical Entomology. 41, 511 – 523
- Horenstein, M.B., Rosso, B., García, M.D. 2012. Seasonal structure and dynamics of sarcophagous fauna on pig carrion in a rural area of Cordoba (Argentina): Their importance in forensic science. Forensic Science International. 217. 146 - 156
- Chalupský, J. 1998. Ani nebyl zapotřebí inspektor Colombo. Vesmír. 77. 144
- Martínez, M.D., Arnaldos, M.I., Romera, E., Garcia, M.D. 2002 Los Formicidae ( Hymenoptera) de una comunidad sarcosaprófaga en un ecosistema mediterráneo. In:Arnaldos, M.I., Romera, E., Presa, J.J., Luna, A., García, M.D. 2004. Studies on seasonal arthropod sucesion on carion in the southeastern Iberian Peninsula. Journal of Medical Entomology. p. 118. 198
- Mégnin, P. 1894. La faune de cadavres. Application de l'entomologie a la médecine légale. Encyclopedie scientifique des Aides-Mémoire. Masson. Paris Gauthier-Villars. Paris. 214 pp.
- Merkel, H. 1925 Die Bedeutung der Art der Tötung für die Leichenzerstörung durch Manderfrass (The importance of the circumstances of death on the destruction of corpses) In: Morley, C. 1907. Ten years work among vertebrate carrion In: A brief of history forensic entomology. Forensic Science International. 120. p. 9
- Morley, C. 1907. Ten years work among vertebrate carrion In: A brief of history forensic entomology. Forensic Science International. 120. p. 8

- Müller, P.L.S. 1774. Des Ritters Carl von Linné (...) vollständiges Natursystem nach der zwölften lateinschen Ausgabe (...) In: Benecke, M. 2001. A brief of history forensic entomology. *Forensic Science International*. 120. p. 3
- Payne, J.A. 1965. A summer study of the baby pig *Sus scrofa* Linnaeus. In: Centeno, N., Maldonado, M., Oliva, A. 2002. Seasonal patterns of arthropods occurring on sheltered and unsheltered pig carcasses in Buenos Aires Province (Argentina). *Forensic Science International*. 126. 64
- Prado e Castro, C., Serrano, A., Martins da Silva, P., García, M.D. 2012. Carrion flies of forensic interest: a study of seasonal community composition and succession in Lisbon, Portugal. *Medical and Veterinary Entomology*. 26. 417 – 431
- Reinhard, H. 1882. Beiträge zur Gräberfauna (Contributions on the fauna of graves) In: In: Benecke, M. 2001. A brief of history forensic entomology. *Forensic Science International*. 120. p. 5
- Rozkošný, R., Gregor, F. 1995. Klíč k určování středoevropských druhů čeledi Fanniidae (Diptera). Slovenská akadémia vied. Bratislava. 72s. ISBN: 00710792
- Sant, Joseph. 2012. Francesco Redi and Controlled experiments. [online]. *Scientus*. 4. Března 2012 [cit.5.3.2012]. Dostupné z <http://www.scientus.org/Redi-Galileo.html>
- Sharanowski, B.J., Walker, E.G., Anderson, G.S. 2008. Insect succession and decomposition patterns on shaded and sunlit carrion in Saskatchewan in three different seasons. *Forensic Science International*. 179. 219 - 240
- Sung Tzu. 1921. The Hsi Yüan Lu or Instructions to Coroners (Version from 1843, compiled by Tung Lien). In: Benecke, M. 2001: A brief history of forensic entomology. *Forensic Science International*. 120. p. 2
- Sung Tzu. 1981. The Washing Away of Wrongs (Original title: Hsi yüan chi lu). In: Benecke, M. 2001: A brief history of forensic entomology. *Forensic Science International*. 120. p. 2
- Šuláková, H. 2006 Speciální biologie: Využití hmyzu při stanovení post mortem intervalu. *Kriminalistický sborník*. 3. 36 - 37
- Smith, K.G.V. 1986. A Manual of Forensic Entomology. The Trustees of the British Museum (Natural History). London. 205 s. ISBN:0565009907

Watoson, E.J., Carlton, C.E. 2003. Spring Succession of Necrophilous Insects on Wildlife Carcasses in Louisiana. *Journey Medical Entomology*. 40. 338 - 347

Watoson, E.J., Carlton, C.E. 2005. Insect Succession and Decomposition of Wildlife Carcasses During Fall and Winter in Louisiana. *Journey Medical Entomology*. 42. 193 - 203