

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Efektivní letová aktivita opylovačů v krajině
Bakalářská práce**

**Vojtěch Purnoch
Ekologické zemědělství**

Vedoucí práce: Ing. Dalibor Titěra

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "efektivní letová aktivita opylovačů" jsem vypracoval 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 autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 17.4 2019

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Daliboru Titěrovi CSc., který mi byl po celou dobu velkým vzorem a trpělivým mentorem.

Efektivní letová aktivita opylovačů

Souhrn

Cílem práce je rozšíření znalostí o aktivitě opylovačů v krajině pro zvýšení efektivity jejich ochrany. To vše samozřejmě závisí na komplexních podmínkách prostředí. První část práce je věnována rešerši literatury, zabývající se diverzitou těchto živočichů na našem území. Kromě toho i jejich biologií, rolí v ekosystému, náchylnosti k polutantům, výzkumem ochrany a také způsoby jejich podpory, či možnostmi prevence většího nadužívání syntetických látek v jejich chovu.

Práce zmiňuje historické i aktuální zdroje toxických látek v prostředí, jejich druhy a možnosti eliminace. V samostatných kapitolách je popsán mechanismus letu včel, způsobů jejich orientace v krajině, komunikace mezi včelami a rozdělení jejich rolí v koloniích. Jsou zmíněny také hlavní zdroje včelí pastvy v průběhu roku. Ač je samotný experiment obsažený v práci zaměřen pouze na včely, tato připomíná nejen obecně známé opylovače, ale i veřejnosti méně známý hmyz. Důležitost takového hmyzu to však nijak nesnižuje a je tudíž vhodné se o něm zmínit. Do této kategorie zařazujeme mimo jiné čmeláky, samotářské včely a v neposlední řadě také pestřenky.

Druhá část je věnována již výše zmíněnému experimentu, který hledá odpověď na otázku efektivní letové vzdálenosti včel s využitím techniky monitoringu včelí letové aktivity. Základem experimentu je označování včel čipy RFID a měření doby jejich pobytu mimo úl. Práce popisuje postup při dvou konkrétních experimentech a upozorňuje na problémy, které v jejich průběhu nastaly. Přibližuje některé z možných způsobů nápravy směřujících ke zvýšení efektivity budoucího testování, jakož i podobu klíčového algoritmu vyvinutého na základě dlouhodobého testování využití RFID snímačů ve Výzkumném ústavu včelařském v Dole.

Klíčová slova: Včely, letová vzdálenost, pestřenky, čmeláci, ochrana opylovačů, RFID, mechanismy letu.

Effective flight activity of pollinators in the field

Summary

The aim of this work is to enlarge the knowledge of the activity of pollinators in the landscape in order to increase the effectivity of their protection. This depends on complex characteristics of the environment as a matter of course.

The first part of this work is dedicated to the review of literary sources concerning the diversity of these insects in Czech landscape. Besides that it deals with their biology, role in ecosystem, predisposition to the pollutants, the research of their protection or possibilities of prevention of overusing of synthetics within beekeeping. The work remains both traditional and modern sources of toxic substances in the environment, their varieties and possibilities of their elimination. The bees' flight mechanism is described in individual chapters as well as their orientation in the landscape, reciprocal communication and distribution of social roles in their colonies. Principal feed sources of the bee pasture are mentioned. In spite the fact that experiment described in this work concerns only the bees, it resembles generally not known insects, too. The importance of those species is not reduced because of being hidden to public opinion, so it is worse mentioning. This category includes drones, solitary bees and – last not least – hoverflies.

The second part of this work describes the above mentioned experiment that seeks an answer to the question of effective flying distance of bees, using the technique of monitoring bees' flying activities. The principles of this experiment are based on marking the bees with RFID chips and measuring of their out-of-hive periods. The work describes the method of two special experiments including the problems occurred. It is focused on some of possible ways of corrections resulting to the increase of the effectivity of future testing as well as the key algorithm developed while the long term testing of the use of RFID sensors on the board of Research Bee Institute in Dol.

Key words: bees, flying distance, hoverflies, drones, pollinators protection, RFID, flying mechanisms



Obr. 1 – Ilustrační foto (Zdroj: archiv autora)

Obsah

1	Úvod	I
2	Cíl práce.....	II
3	Literární rešerše.....	III
3.1	Opylovači	III
3.1.1	Definice a původ opylovačů	III
3.1.2	Opylovač a opylovatel	III
3.2	Druhy včel a jim ekologicky příbuzných organismů	III
3.2.1	Včely samotářky	IV
3.2.2	Čmeláci	IV
3.2.3	Pestřenky.....	V
3.3	Včelstvo a pohled na něj	V
3.3.1	Taxonomický pohled	VI
3.3.2	Evoluční pohled:	VIII
3.3.2.1	Poznámka:	VIII
3.4	Včely a opylování.....	IX
3.4.1	Rozdělení rolí ve včelím společenstvu	IX
3.4.2	Způsob opylování	X
3.4.3	Druhy rostlin opylovaných v průběhu roku	XI
3.5	Let včel a jeho principy.....	XII
3.5.1	Trubčí shromaždiště.....	XIII
3.6	Orientace a způsob komunikace při hledání potravy	XIV
3.6.1	Kruhový tanec.....	XIV
3.6.2	Osmičkový tanec.....	XIV
3.6.3	Orientační body v krajině	XV
3.6.4	Hledání potravy.....	XV
3.6.5	Ochranné zóny v bio-včelaření	XV
3.6.6	Doletová vzdálenost v závislosti na velikosti organismů	XVI
3.7	Toxické látky a jejich toxicita	XVI
3.7.1	Ochrana opylovačů a necílových organismů v zemědělství.....	XVI
3.8	Toxické látky v prostředí a jejich základní rozdělení.....	XVII
3.8.1	Organické látky	XVII
3.8.2	Anorganické látky	XVIII
3.8.3	Toxické látky v léčivech	XVIII
3.8.4	Alternativní léčba a prevence.	XIX
3.8.5	Synchronizace opylení a chemické ochrany	XIX
3.8.6	Možnosti snižování chemické zátěže.....	XX

4 Metodika	XX
4.1 RFID snímače a čipy	XX
4.2 Pokus I : Terénní určování efektní letové vzdálenosti.	XXI
4.2.1 Předpoklad	XXI
4.2.2 Příprava	XXI
4.2.3 Postup.....	XXI
4.3 Pokus II : Laboratorní určování efektní letové vzdálenosti.	XXIII
4.3.1 Předpoklad	XXIII
4.3.2 Příprava	XXIII
5 Výsledky	XXIV
6 Diskuze	XXVI
6.1 Snímače RFID	XXVI
6.1.1 RFID Čipy.....	XXVI
7 Závěr	XXVII
8 Literatura	XXVIII
9 Samostatné přílohy	XXX

Seznam obrázků

- 1 Ilustrační foto - úvod
- 2 Schéma pohybu křídel – kresba
- 3 Včela s RFID čipem – kresba
- 4 Včela s RFID čipem – foto
- 5 Sběračka v proletové místnosti – foto
- 6 Sběračka krmící se pylem – foto
- 7 Ilustrační foto - závěr

1 Úvod

Svou bakalářskou práci pojednávající o možném způsobu ochrany opylovačů jsem si vybral z důvodu stále zjevnějšího ohrožení těchto živočichů. Stav hmyzu se po celém světě rapidně snižují a přírůstek hmyzí biomasy se za posledních 27 let snížil více jak o 75% (Hallmann et. al. 2017). Proto považuji každý pokus o zmírnění tohoto obecného trendu za smysluplný. Chtěl jsem se také blíže obeznámit s možnostmi terénních pokusů na opylovačích a stát se součástí výzkumu soustředěného na hlubší poznání chování včel a možnostech jejich ochrany v závislosti na samotném pozorování.

V prvních kapitolách si práce dává za cíl seznámit čtenáře s obecnými fakty o množství, diverzitě, ekologii a historii opylovačů naší krajiny. Pro lepší ochranu těchto živočichů je třeba seznámit se se včelí ekologií, mechanismem letu včel, způsobem, jakým se včela pohybuje mimo své hnízdo a jak je schopna předávat dalším jedincům vlastní zkušenosti ohledně trasy letu díky vlastnímu jazyku.

Kosmopolitní hmyz a včely obzvlášť jsou na svou velikost nesmírně komplexní a inteligentní stvoření. Dodnes některé aspekty jejich života nechápeme a jsou pro nás záhadou, avšak i z toho, co o nich víme, se včely, čmeláci nebo jen obyčejné pestřenky jeví jako velice fascinující živočichové, které stojí za to chránit. Jejich role v přírodě je nesmírně důležitá a ztráta byť jen několika málo druhů by pro svět mohla být fatální. Proto jsem velice rád, že jsem při své práci mohl pozorovat a studovat živočichy, které obdivuji.

2 Cíl práce

Cílem práce je experimentální metodou rozšířit znalosti o efektivní letové dráze opylovačů a seznámit se s výzkumem zaměřeným na tuto tematiku. Dále pak vytvořit rešerši dávající do kontextu důležitost rozmanitosti opylovačů v naší krajině a riziko jejich náchylnosti vůči polutantům v prostředí. Taktéž seznámit čtenáře s mechanismy hmyzího letu a jeho orientace v krajině. Informovat o možnostech styku nežádoucích látek s opylovačem, způsobech jeho ochrany a preventivních zákrocích vedoucích k omezení kontaktu polutantů s těmito živočichy.

3 Literární rešerše

3.1 Opylovači

3.1.1 Definice a původ opylovačů

Opylovačů, tedy organismů podílejících se na rozmnožování rostlin tím, že přenášejí gamety jedné rostliny na jiného jedince stejného druhu, známe mnoho. V této skupině se objevují jak zástupci z řad hmyzu, tak i organismy vyšších i nižších vývojových stupňů. Mezi nimi nechybí ptáci, hlodavci nebo například kaloni. Velkou část těchto živočichů však zaujímá právě hmyz. Jedná se zejména o řád Hymenoptera (Blanokřídli), kam zařazujeme hospodářsky významnou *Včelu medonosnou* (*Apis mellifera*), tak i její méně známé, ale pro opylování velice důležité, příbuzné. Mezi ně patří Samotářské včely a všichni další Štíhlopasí opylovači (Prýmas et al. 2017). Dále řád Diptera (Dvoukřídli), který obsahuje dlouho přehlíženou čeleď Syrphidae (Pestřenkovití), u které prakticky až nyní objevujeme skutečnou ekologickou důležitost příslušníků této skupiny (Veen 2004). A nesmíme zapomenout ani na řád Brouci (Coleoptera), který taktéž obsahuje mnoho ekologicky významných opylovačů.

3.1.2 Opylovač a opylovatel

V běžné řeči, označujeme výrazem opylovač organismus přenášející pyl mezi rostlinami. Většina odborných textů tento výraz používá ve stejném smyslu. Zde však nastává problém, neboť ovocnářská terminologie chápe opylovače jako rostlinu, která je svým pylem schopna opylit rostlinu jinou, neschopnou samosprášení. Jedná se tedy o donora pylu. S tímto fenoménem se můžeme setkat u některých druhu slivoní hrušek a třešní.

Díky této jazykové nesrovnalosti se zrodil nápad, vytvořit pro živočišné opylovače jiný název, lépe vystihující jejich charakter. Z toho důvodu byl zaveden pojem opylovatel, jako výraz pro živočicha schopného přenosu pylu. Vzhledem však k poměrně malému počtu vědeckých prací, které by využívaly oba termíny, se pro živočicha stále používá termín opylovač. Oba výrazy lze tudíž považovat za správné a o jejich významu rozhoduje až samotný text. (Titěra et al. 2018)

3.2 Druhy včel a jim ekologicky příbuzných organismů

Ač by se definice slova včela mohla jevit jako triviální, opak je pravdou. Rod *Apis* má své místo ve skupině včel jisté. Co se týče jeho nadčeledí, zde už taxonomie poněkud selhává. Skupina byla dříve definována dle druhu potravy, tedy schopnosti živit se pylem. Genetické analýzy však prokázaly příbuznost i jiných skupin, které by do nadčeledi měly patřit. Ty jsou však masožravé. Jedná se například o čeledi Crabronidae a Sphecidae. Vymezenou vývojovou linií je až vzniklý taxon Apiformes, který by z taxonomického hlediska měl zahrnovat všechny včely a jim blízké příbuzné. V našich podmínkách z tohoto taxonu nacházíme 6 různých čeledí (Melittidae, Apidae, Megachilidae, Andrenidae, Halictidae, Colletidae) (Prýmas et al. 2017). Laické rozdělení na včely samotářky, čmeláky a včelu medonosnou je pak v mnoha ohledech značně zavádějící a nepřesné. Mnoho „samotářských včel“ vytváří skupiny nebo dokonce

primitivně eusociální společenstva a dokonale tak odporuje svému označení. Pro jednoduchost, srozumitelnost textu a vzhledem k zažitosti těchto názvů jsou zde i přesto použity.

3.2.1 Včely samotářky

Díky způsobu hnízdění, tvoření doupat v odhalené hlíně, puklinách nebo dřevě, je jejich život a existence přehlížena. Je to dáno částečně také značnou podobností se *včelou medonosnou*. Valná většina je při zběžném pohledu nezkušeného pozorovatele snadno zaměnitelná, samozřejmě až na barevné a velikostí odlišné jedince, jako jsou zástupci rodu Drvodělek (*Xylocopa*). Na našem území ovšem žije více jak 600 druhů samotářských včel (Prýmas et al. 2017). Tyto druhy se mezi sebou navzájem doplňují ve svých strategiích, což jim umožňuje žít vedle sebe, aniž by se navzájem omezovaly ve svých potravních nikách. Mnoho z nich se totiž specializuje například jen na jednu čeleď rostlin nebo dokonce pouze na jednu specifickou rostlinu. Takové druhy nazýváme oligolektické a monolektické. *Včela medonosná* je organismem polylektickým, je tedy v tomto výběru nesespecifická. *Včela medonosná* se odlišuje od včel samotářských také odlišnou strategií samotného sběru potravy. Jedna včela sbírá v daný okamžik vždy z květu pouze jednoho druhu. Této strategii se říká florokonstantnost. U včel samotářských takovou strategií nenajdeme a pokud se samotářka specializuje na jednu skupinu rostlin, je ve svém sběru nesespecifická. Díky jejich značné odlišnosti tak i při lokálním zvýšení počtu včel medonosné nutně nemusí docházet k vytěsnění včel samotářských. Je však pravdou, že ke snížení jejich počtu přeci jen v určitém množství dochází. Daleko větší hrozbou je však pro ně nedostatek hnízdišť a fragmentace krajiny. Fragmentace totiž zákonitě vede ke zhoršení dosažitelnosti zdrojů potravy a snížení jejich schopnosti konkurence.

Co se jejich životního cyklu týče, vzhledem k absenci kolonie stará generace na konci svého období (Čas jejich aktivity se dle jednotlivých druhů mění.) umírá a nová přežívá nejčastěji ve formě larvy. Přežívání ve formě dospělce je vzácnější ale některé druhy na našem území ho praktikují také. Larva se ukrývá v hnízdě. Variabilita tohoto prostoru se odlišuje druh od druhu. Může se jednat o prostou díru v zemi, nebo si je jejich majitelé mohou upravovat dle svých potřeb. Známé jsou svou úpravou hnízda zejména Čalounice (*Megachilidae*). U několika vyvinutějších druhů samotářek se objevily určité prvky sociálního chování. Nejdále můžeme v tomto ohledu pozorovat takzvané semisociální uspořádání, což je stav, kdy určitá část samic dobrovolně rezignuje na vlastní rozmnožování a pomáhají ostatním samicím, aby se rozmnožily ony. (Prýmas et al. 2017)

Důkazem, že ke každé strategii se vyvine strategie opačná, je hnízdní parazitismus. Hnízdní parazit netvoří kolonie, není si schopen stavět žádná obydlí a spoléhá se pouze na svého hostitele. V nestřežené chvíli pak naklade své potomstvo do hostitelova vlastního hnízda. Tato strategie je mezi samotářkami poměrně častá. (Žďárek 2015)

3.2.2 Čmeláci

Čmeláci (*Bombus*) jsou ve vývinu sociality na půli cesty mezi samotářkami a *Včelou medonosnou*. Jejich společenstva jsou typická takzvanou primitivní eusocialitou. Inovativnost této strategie tkví v přítomnosti dvou různých generací, podílejících se na práci. Přítomná je jak

matka, tak také její dcery, což je strategie, kterou u předchozí skupiny nenajdeme, a to poskytuje čmeláku evoluční výhodu.

Jako u samotářských včel i zde se vyskytuje hnízdní parazitismus, krom toho ale můžeme pozorovat také sociální parazity. Rozdíl mezi nimi je v provázanosti s hostitelem, takovým příkladem je Pačmelák (*Psithyrus*). Zatímco hnízdní parazit se spokojí s nakladením vajíček, sociální parazit je na hostitele vázán celým svým vývojovým cyklem a působí tak hostiteli daleko větší obtíže.

U čmeláků se setkáme i s odlišnou potravní strategií. Jsou sice polylektičtí, ovšem nikoliv florokonstantní. Krom toho specificky upřednostňují víceleté rostliny a tím tak zvyšují pravděpodobnost, že budou tyto rostliny na stanovišti i další rok. Na rozdíl od včel jsou čmeláci díky hustému ochlupení chladnomilní a není výjimkou, že čmelák dokáže létat i při slabém dešti, kdežto včela má v tomto ohledu nevýhodu.

Jejich životní cyklus začíná přezimovanou královnou, která na jaře sbírá potravu, aby nabrala síly. Takový proces může trvat i několik týdnů. Poté se však chování čmeláčí královny promění a ta si začne hledat místo pro založení kolonie. V hnízdě postaví první zásobní a plodovou buňku a vychová své první potomstvo, které jí poté pomáhá (Vylíhnutí jedné dělnice ze zámotku trvá 28 dní). Postupně její potomci převezmou všechny práce, které původně dělala královna a ta poté už nikdy neopustí hnízdo a věnuje se pouze kladení vajíček. V pozdější fázi sezóny matka naklade pohlavní generaci, tedy plodné samce a samice. Samci po vykuknutí rychle opouštějí hnízdo, do kterého se již nikdy nevrátí, za účelem vyhledat vhodnou samici ke spáření. Od včelích trubců se však ti čmeláčí liší, samci jsou schopni samostatně přežít a při populaci nehynou, což u včelích samců neplatí. (Prýmas et al. 2017)

3.2.3 Pestřenky

Na rozdíl od předchozích skupin se pestřenky taxonomicky nacházejí v řádu Diptera (Dvoukřídlí), tedy jejich evoluční vzdálenost od ostatních opylovačů je relativně větší. I když bychom si mnohé z nich mohli snadno splést s vosou nebo včelou, jejich taxonomickými „sestrami“ jsou například masařky. Co ovšem dělá čeled' Syrphidae natolik výjimečnou, jsou jejich mimikry. Variabilita jejich maskování je prakticky nevyčerpatelná. Pestřenky totiž v průběhu evoluce začaly uplatňovat strategii napodobování svých nebezpečnějších příbuzných. Důvod je prostý, všichni predátoři mají tendenci vyhýbat se jedovaté nebo jinak nebezpečné kořisti, kam hmyz se žihadlem rozhodně patří. I v případě toho, pokud zbarvení není dokonalé, přiměje predátora, aby alespoň na nějakou chvíli zaváhal a rozmyslel si, zdali je vhodné takovou kořist ulovit. Pestřenka tak získá potřebný čas k úniku. Dnes známe stovky druhů pestřenek napodobujících včely, vosy, čmeláky ale i Širopasí hmyz. Jejich role v ekosystému je nezanedbatelná, neboť plní funkci opylovačů na loukách, mokřadech v lesích a dokonce i na našich zahradách. (Veen 2004)

3.3 Včelstvo a pohled na něj

Lidé mají již odedávna z opylovačů nejbližší právě ke *Včele medonosné* (*Apis Mellifera*). Med a vosk byly komodity, se kterými se ve starověkém světě čile obchodovalo. A první záznamy o chovu včel jsou již z Minojské a Egyptské kultury. Datace těchto záznamů spadá

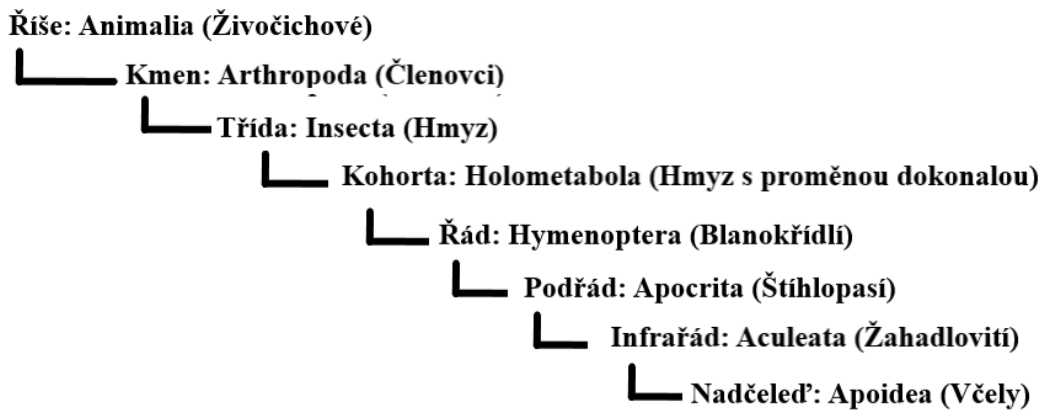
přibližně do období 2500 př.n.l., ovšem dle archeologických nálezů může být včelaření ještě mnohem starší. Významnost těchto živočichů jako opylovačů byla zjištěna až mnohem později. (Jan Žďárek 2015) V Evropě se pak můžeme setkat se záznamy o brtnictví (Extenzivní lesní způsob chovu včel) a až následně o chovech blízko lidských sídel. V dnešní době zaujímá *Včela Medonosná* výsadní postavení jak z ekonomického, tak také ekologického hlediska. (Žďárek 2015)

Existenci včel jako druhu pro účely této práce berme jako fakt, i když je pojetí určité skupiny organismů jako druhu poměrně složité a v mnohých případech dokonce i nejednoznačné. Pro zjednodušení můžeme chápat druh jako určitou skupinu jedinců, kteří jsou schopni se rozmnožovat mezi sebou a rozmnožování mezi nimi a příslušníky jiného druhu je buď velmi omezené, nebo dokonce nemožné. (Flégr 2016)

3.3.1 Taxonomický pohled

Taxonomie počítá s existencí taxonů, a tedy i inkompatibility mezi jednotlivými druhy. Možností, jak této inkompatibilitě docílit, je mnoho. Může se jednat o bariéru vyloženě mechanickou, která zneschopní jedince vznikajících druhů, aby mezi sebou sexuálně interagovali. Může také jít i o bariéru na buněčné či dokonce molekulární úrovni, která zapříčiní neschopnost splnutí gamet či sterilitu vzniklého jedince. Tím se udržují jednotlivé druhy od sebe izolované. Na základě fylogenetické různorodosti, dříve posuzované pouze pomocí vnějších znaků, dnes pomocí moderních metod sekvenací DNA, řadíme jednotlivé organismy do určitých skupin. Cílem tohoto snažení, je ustálený pohled na organismy a jejich vzájemnou příbuznost. Jako základní stavební jednotka se zde uplatňuje již zmíněný taxon, tedy skupina druhů.

Máme mnoho taxonomických tříd a oborů zabývajících se touto problematikou se říká taxonomie. Zařazování organismů do jednotlivých skupin má určitá pravidla, a proto rozlišujeme tři druhy taxonů: monofyletické, parafyletické a polyfyletické. Monofyletický taxon je takovým taxonem, jehož všichni příslušníci se vyvinuly z jednoho jediného předka a zároveň žádný jiný takto příbuzný organismus není přiřazen do jiného taxonu. Takový taxon je žádoucí a v taxonomii se jedná o ideální stav. Parafyletickou skupinou je taková skupina, která sice obsahuje potomky stejného předka, avšak nezahrnuje je všechny. Takový taxon je třeba pozměnit, aby odpovídal realitě. Posledním typem je taxon polyfyletický. V tomto případě se jedná o skupinu zahrnující potomky od více různých předků. Takové taxony jsou nežádoucí a většinou vznikly díky nedokonalosti pozorovacích metod při jejich sestavování. (Rosypal 2003)



Arthropoda: Jistě si většina z nás dokáže představit, že pod říší Animalia se skrývá skupina, do které řadíme živočichy. Kmen členovci je však v běžném životě dosti přehlížen, ačkoli se jedná o největší kmen v celé živočišné říši. Jeho hlavním znakem je exoskelet tvořený vnější chitinovou vrstvou a článkované rozdělení těla na caput, thorax a abdomen. Toto rozdělení je však pouze základním schématem a mnoho druhů hmyzu vykazuje na svém těle jiné členění díky srůstům a jiným evolučním změnám. Vnější vrstva je pevná, a proto se členovci během svého vývoje musí svlékat z kůže, nebo využívat jiných složitých postupů k tomu, aby mohly růst.

Insecta: Hlavním znakem, který odděluje hmyz od ostatních skupin Arthropod, je počet jejich končetin. Ačkoliv by se zdálo, že tou největší evoluční novinkou je schopnost letu, tento znak nenajdeme u všech zástupců. Existuje totiž malá skupinka Apterigot, která tuto schopnost nemá. Jedná se o bezkřídlý hmyz, který ani nikdy v evoluci křídla neměl, což je velice důležitý fakt. Existuje totiž i mnoho dalších zástupců z řádu hmyzu, kteří jsou bezkřídlí. V jejich případě se ovšem jedná o sekundární ztrátu tohoto orgánu.

Hmyz dále rozdělujeme dle proměny. Ta může být dokonalá (holometabolie), nebo nedokonalá (hemimetabolie). Jako hmyz s proměnnou dokonalou označujeme takového příslušníka hmyzí třídy, který v průběhu svého vývoje prochází stádiem nymfy, než přejde do stádia dospělce. Tato stádia jsou si navzájem nepodobná. Hmyz s proměnnou nedokonalou má většinou několik nedospělých stádií, podobají se však dospělci a mají základy křídel. Při každém svleku se juvenil stále více podobá dospělému živočichu a po posledním svléknutí vzniká dospělec. Krom řádu Hymenoptera uplatňují tuto strategii také Brouci (Coleoptera), Dvoukřídli (Diptera) nebo například motýly (Lepidoptera).

Řád Hymenoptera: Tento řád je specifický svou vazbou na krytosemenné rostliny. Jak tyto rostliny, tak i Hymenoptera spolu koexistují již od druhohor a jejich koevoluce tak probíhá již 240 milionů let. Mnoho zástupců nevyužívá pyl ke své obživě, ale krmí se nektarem a tím pouze nechtěně napomáhá rostlině k opylení. Takovými organismy jsou například Pilatkoviti (Tenthredinidae), Lumci (Ichneumonoidea), Zlatěnky (Chrysidoidea), Kutilky (Spheciformes) nebo například někteří zástupci Vos (Vespoidea). Nejvýznamnějšími opylovači jsou v tomto

ohledu včely z nadčeledi Apoidea (skupiny Apiformes). Jejich specifikum tkví v tom, že jako první přešly z masité stravy pouze na konzumaci pylu. (Prýmas et al. 2017)

3.3.2 Evoluční pohled:

Morfologické změny na tělech těchto tvorů lze pozorovat za pomoci fosilních záznamů a také diverzity dodnes žijících druhů. Patrně nejvýznamnějším morfologickým znakem, který se u včel rozvinul a je dobře patrný, je způsob přenosu pylu.

Staré a evolučně nejméně pokročilé skupiny nosí pyl spolu s nektarem v medném volátku. Takovými včelami jsou například Hedvábnice. Pokročilejším skupinám se vyvinuly na těle chloupky, a tak byl dalším vývojovým stádiem sběr pylu pomocí celého těla. Pyl tyto včely kumulují zejména na břišní části, a proto je nazýváme včelami břichosběrnými. Řadíme sem čeled' Čalounicovití (Colletidae). Vývojově mladším a dokonalejším živočichům se pro účely sběru vyvinuly na nohou specializované struktury pro sběr. Nazýváme je proto nohosběrnými včelami. Nejmladšími a evolučně nejdokonalejšími jsou včely z podčeledi Apinae, které používají tzv. korbikulu (pylový košíček). Mezi další evolučně významný trend patří aposematismus, což značí vývoj zbarvení jednotlivých druhů tak, aby odradili predátora, aniž by přitom musely použít jiných obranných mechanismů. Tato strategie je ale často zneužívána mnoha neškodnými druhy, které nosí výstražné barvy bez nutnosti investice drahocenné energie do tvorby jedu nebo jiných obranných mechanismů. Mezi mistry v tomto umění jsou na prvním místě již zmíněné pestřenky společně s *Pilatkou dubovou* (*Caliroa cinxia*) nebo také motýlem *Nesytkou sršňovou* (*Sesia apiformis*).

Přečkávání zimy v zimním chumáči, jak tomu je u *Apis mellifera*, je pak schopností značně odvozenou a předek včel ji s největší pravděpodobností nedisponoval. Mluvíme-li o předku *Včely medonosné*, výzkumy ukazují, že se jednalo o teplomilný hmyz původem z Afriky. Ke stejnému závěru dospěly i genetické studie. Eurasie byla osídlena až následně. Navíc ono osídlení proběhlo patrně vícekrát (nejpravděpodobněji dvakrát) nezávisle na sobě. Původ ostatních druhů včel se ale od *Včely medonosné* často diametrálně liší. Informace o jejich původech vyčtené z fosilních zbytků sice nemohou být podrobeny genetickým analýzám, ale mohou být prověřeny pomocí morfometrického měření. Krom Eurasie a Afriky se nálezy těchto fosilií nacházejí i v Severní Americe a jejich studium nám dává stále detailnější obrázek o hmyzí minulosti.

3.3.2.1 Poznámka:

Mezi důležité historické záznamy, pomáhající nám odhalit minulost opylovačů, se řadí jantar a hmyz lapený v něm. Jantar je původně tekutá pryskyřice, která ztuhla za nepřístupu vzduchu a z toho důvodu se nerozložila. V případě, že pryskyřice v tekutém stavu pohltila nějaký organismus, jeho tělo se díky tomu dochovalo v dokonale zachovalém stavu včetně detailů jako je ochlupení, což je zdroj informací, který z fosilií nemáme šanci získat. Proto je jantar zejména pro pochopení vývoje hmyzu nedocenitelným informačním pramenem. Příkladem je objev jedince zařazeného jako *Melittosphex Burmensis*. Nález je přibližně 100 milionů let starý a jeho jedinečnost tkví v zachování znaků podobných jak kutilkám, tak také včelám.

3.4 Včely a opylování

3.4.1 Rozdělení rolí ve včelím společenstvu

Včelí společenstvo je komplexním organismem, ve kterém má každá včela svůj úkol. Na rozdíl od jiných kosmopolitních druhů hmyzu, jako jsou například mravenci nebo termiti, včely své role nemají rozděleny od svého narození, ale v průběhu života se jejich role mění. Takovou dělbu práce nazýváme věkový polyteismus. (Tautz 2009)

Včela v letních měsících žije přibližně čtyři až šest týdnů. Za tu dobu však může z pouhé uklízečky povýšit až na průzkumnici. Krátce po vylíhnutí mladuška vyčistí svou plástovou buňku, neboť ta musí být co nejdříve připravena, buď jako místo pro zásoby, nebo pro vychování další generace. Zařadí se tak do první včelí kasty, kterou nazýváme čističky. Ty se však mohou dále dělit. Speciální skupinou včel čističek jsou včely tvořící jakousi pohřební službu. Většina včel sice zemře mimo prostory úlu, ale ty, které svůj život ukončí uvnitř prostoru včelí kolonie, jsou potenciálním rizikem. Proto se tato skupina zaměřuje na těla svých uhynulých družek, a jakmile ucítí pach mrtvé včely, vyvlečou mrtvolu ven z hnízda a pohodí jí kus od úlu. Tento proces se děje díky kyselině olejové, která se tvoří při rozkladných procesech a působí jako signální feromon, vyvolávající reakci. Zajímavým faktem je, že se tak děje ať již je včela živá nebo mrtvá. Pokud potřísníme včelu kapkou kyseliny olejové ostatní jí vyvlečou ven z úlu a nepustí nazpět, dokud kyselina olejová nevyprchá.

Až po dalších čtyřech dnech se mladušce dostatečně vyvinou kusadlové a hltanové žlázy. Tím je jmenována kojičkou. Živí se pylem a přetváří ho v mateří kašičku kterou krmí larvy a královnu.

V průběhu dalších dní se krmičce mléčné žlázy vytvářející mateří kašičku opět zmenšují a místo nich se začínají vyvíjet čtyři žlázy na zadečku zodpovědné za produkci vosku a z kojičky se stane stavitelka. Z voskových žláz ulamuje šupinky vosku, smíchává je se svými slinami a z vyrobené hmoty tvoří nové včelí dílo, opravuje poškozené plástve a zavíčkává komůrky se zásobami a larvami.

Činnost voskových žláz přestává během třetího týdne života včely. Pod jícnové žlázy začínají vyrábět enzymy pro výrobu medu z nektaru a sekret jedové žlázy naplní váček žihadla. Včela je requalifikována na funkci skladnice a strážkyně. Z plodové části se přesouvá blíže k otvoru do hnízda a létavkám, které se vracejí, odebírá nektar. Ten následně přeměňuje na med a ukládá do zásobních buněk. Skladnicí však včela dlouho nezůstane a po pár dnech je převelena ven, aby plnila funkci strážkyně. Během služby se strážkyně často zdánlivě bezúčelně proletuje v bezprostřední blízkosti úlu. Patrně se ovšem jedná o orientační prolety, kterými se včela připravuje na své budoucí povolání.

Ve čtvrtém týdnu jejich života se ze strážkyň stávají létavky. Každý den podniká dlouhé lety za potravou do vzdálenosti až 10 km. Krom specifického rozdělení létavek, ke kterému dochází, je toto finální stádium včelího života. A všechny létavky jsou odsouzeny k smrti upracováním. Po nalétání 800 km se včelí létací svalstvo natolik opotřebuje, že přestane fungovat. Za dobu strávenou jako létavka nalétá přibližně 400 letů a do hnízda přinese nektar, ze kterého se vyrobí asi 8 gramů medu.

Tento systém dělby práce má oproti kastovnímu polyetismu u jiných hmyzích společenstev jednu zásadní výhodu. Je totiž reverzibilní. V případě uhynu létavek v důsledku postřiku se jejich produkce zrychlí. Pokud odstraníme z úlu větší množství kojiček, starším včelám se obnoví zakrnělé žlázy a zastoupí jejich místo. To je schopnost, kterou například kolonie termitu postrádá. (Žďárek 2015)

3.4.2 Způsob opylování

Opylování je jedním z nejdůležitějších vztahů v naší krajině. Zajišťuje genetickou diverzitu a pokračování dalších generace rostlin. Pokud není rostlina samosprašná, jejím cílem je dostat svůj pyl na bliznu cizího jedince stejného druhu. Z tohoto důvodu rostliny „vymyslely“ lákadla pro celou řadu živočichů, aby mohly využít jejich schopnosti pohybu k vlastnímu prospěchu. Tedy aby mohly donutit živočicha k přenesení jejich vlastní genetické informace jinam. Způsobů, jak toho docílují a jakou strategii přitom volí, je nepřeberné množství.

Aby opylovač dosedl na květinu, musí k tomu mít důvod. Klasickým příkladem, jak ho k tomu rostlina donutí, je tvorba nektaru. Opylovač tudíž za rozvoz rostlinného pylu dostane „řádně zapláceno“. Množství nektaru a také jeho složení se značně liší podle toho, který z opylovačů danou rostlinu opyluje. Rostliny, jejichž květ opylují motýli, musí mít nektar vydatný, obsahující všechny nezbytné látky pro život, neboť velké množství motýlů je v opylování vysoce specifických a žádný jiný zdroj potravy nemá. Některé rostliny však zvolily odlišnou strategii. Nevytvářejí nektar, ale namísto něho produkují nadměrné množství pylu. Opylovač sice část tohoto pylu zkonsumuje, ale tuto cenu je rostlina pro své rozmnožení ochotna zaplatit.

Pestrá škála rostlin má v repertoáru také stejně pestrou škálu toho, co vlastně opylovači nabídnou, krom již zmíněného to totiž mohou být také oleje, silice, vosky a dokonce i přírodní parfémy zvyšující atraktivitu hmyzích samečků. (Rosypal 2003) Speciálním případem jsou poté rostliny snažící se opylovače ošálit. Taková rostlina pak nenabízí nic, ale její vůně či tvar jsou natolik podbízivé nebo neodolatelné, že opylovač nedokáže vzdorovat.

Pro druhové přežití rostliny je třeba, aby se pyl přenesl specificky na rostlinu stejného druhu. Tudíž by bylo nejvýhodnější donutit opylovače, aby se nezabýval ničím jiným a letěl rovnou k další rostlině stejného druhu. Proto mají některé rostliny tendenci odměnu pro opylovače schovávat do nepřístupných květných útvarů, kam dosáhnou pouze ti, kteří se na daný druh specificky adaptovali. Taková strategie je jistě účinná a zejména skupina orchidejí tohoto principu hojně využívá. Z dlouhodobého hlediska se tím ovšem mohou oba druhy dostat do evoluční pastí. V případě vyhynutí jednoho druhu dojde automaticky k vyhynutí druhého. Krom toho některý hmyz, frustrovaný z nemožnosti získat nektar z takové rostliny, často květy těchto druhů ničí vykousáváním děr, aby se tak mohl k nektaru dostat. Takový květ je poté nejen neopylený, ale navíc ještě ztratil své lákadlo v podobě nektaru. (Urban 2018)

Existuje však i strategie opačná, kdy je květ rostliny otevřen všem opylovačům. Takové rostlině nehrozí, že by ji nikdo nedokázal opylit. Tato jistota je však vykoupena malou schopností rostliny přimět opylovače navštěvovat specificky květy stejného druhu. Nic ovšem není ztraceno. Taková květina může například své květy ozdobit výraznou barvou a spoléhat na florokonzantnost svých návštěvníků. (Veselý et al. 2013)

3.4.3 Druhy rostlin opylovaných v průběhu roku

I když se může zdát, že včely na svých cestách létají náhodně a navštěvují všechny části svého rajónu bez nějakých hlubších zákonitostí, opak je pravdou. Včely jsou v tomto ohledu ekonomické a většina z nich letá tak, aby snížila své energetické výdaje na minimum. V průběhu roku se včely zaměřují na jiné části svého „teritoria“, podle toho, která z rostlin momentálně kvete. Důležitost některých druhů je natolik velká, že se Včelařský kalendář řídí právě podle nich a mnohdy se tak s lunárním kalendářem může rozcházet. Včelařský rok má navíc o tři roční období více nežli ten klasický. Dělí se na předvegetační předjaří, vegetační předjaří, jaro, léto, podletí, podzim a zima. Předjaří, jaro a léto se navíc ještě každé dělí na časně, vrcholně a pozdní právě díky druhům rostlin, které v dané době rostou. (Delaplane 2000) Předvegetační fáze z našeho hlediska není důležitá, neboť v tomto období nekvetou téměř žádné rostliny a včelstvo zůstává téměř výhradně v úlu.

První opravdové cesty za potravou začínají až v časném předjaří. Při teplejších letech už dokonce koncem ledna a obvykle až do konce dubna kvete *Líska (Corylus)*, která je důležitým zdrojem pylu v ještě stále zmrzlé krajině. Na konci února se ke květu přidává i *Vrba jíva (Salix caprea L.)*, která poskytuje včelám vydatný zdroj pylu. Mezi další rostliny, na které by se nemělo zapomínat, je *Podběl lékařský (Tussilago farfara)*, ale jeho významnost vzhledem k jeho výjimečnému výskytu je nepatrná. Podle regionálních podmínek pak svou roli zastávají *Olše šedá (Alnus incana)*, *Krokus jarní (Crocus vernus)* a také *Hloh (Crataegus L.)*.

Ve vrcholném předjaří kvete naplno *Vrba jíva*, dále pak *Modřín (Larix)*, *Jilm (Ulmus)* a *Dřín obecný (Cornus mas)*. V tento moment lunární kalendář ukazuje polovinu března, a to je období květu nejen *čemeřice (Helleborus)* a *Trnky (Prunus spinosa)* ale také *Mandloní (Prunus dulcis)* v produkčních sadech. Do této doby v nich mohl být aplikován jakýkoliv postřik a produkční včelstva by to výrazně neovlivnilo. V tuto chvíli je ovšem chemický zásah potenciálně nebezpečný a hrozí přímý kontakt s opylovačem.

Pozdní předjaří nám ohlašuje květ *Meruňky (Prunus armeniaca)*, *Javoru (Acer)* a *Sasanky (Anemone)*. Nejsou to však jen tyto rostliny. Mezi jinými rozkvétá například *Ptačinec prostřední (Stellaria media)*, *Kdoulovec (Chaenomeles)* a *Rakytník řešetlákový (Hippophae rhamnoides)*, které poskytují pyl přibližně až do konce května. Jsou velice kvalitní včelí pastvou. Pro nás je však důležitým faktem začínající květ u ovocných dřevin, a to zapříčiňuje zvýšenou pravděpodobnost intoxikace z prostého důvodu přítomnosti opylovačů v sadech.

Květy ovocných dřevin nám zároveň ohlašují počátek časného jara, kdy krom *Pampelišky (Taraxacum)* začíná žlutě nakvétat také, zejména v posledních letech velice hojná, *Řepka olejka (Brassica napus subsp. napus)*. Nová legislativa nařizuje zemědělcům informovat o aplikaci postřiků a ne jeden včelař teď každoročně dostává několik desítek zpráv o použití prostředků jako Spider 55 EC nebo Wuxal P na polích s řepkou. Je třeba si však uvědomit, že do doby, než začne řepka nakvétat, jsou tyto přípravky v konečném důsledku vlastně neškodné.

Při plném květu řepky, *Jabloně (Malus)* a *Šeříku (Syringa)* můžeme hovořit o vrcholném jaru, pro některé včelaře je tento čas díky řepce také časem, kdy se medníky začínají plnit medem. Pozdní jaro pak ohraničuje květ *Zlatice (Forsythia)*, *Jírovce (Aesculus)* a mimo jiné také *Hlohu (Crataegus L.)* nebo *Mateřídoušky (Thymus)*.

Časné léto je dalším obdobím roku, kdy se díky množství akátů na našem území medníky opět plní. I když je *Trnovník akát* (*Robinia pseudacacia*) introdukovanou, plevelnou a svými kořenovými exsudáty dokonce jedovatou rostlinou, nemůžeme popřít, že tento, do jisté míry invazivní, strom má pro produkční včelařství veliký význam. Akát ovšem není jedinou rostlinou kvetoucí v časném létu. Mezi mnoha jinými je to například *Pámelník bílý* (*Symphoricarpos albus*), *Orlíček* (*Aquilegia*), *Vičenec* (*Onobrychis*), *Otruziník maliník* (*Rubus idaeus*), *Bez černý* (*Sambucus nigra*) a také *Heřmáněk pravý* (*Matricaria chamomilla*).

Vrcholné léto je časem květu *Lípy* (*Tilia*) a tím pádem produkce lipového medu. To však neznamená, že bychom včely nemohli vidět na našich polích. Tento čas začíná kvést také *Slunečnice roční* (*Helianthus annuus*), i když rozloha slunečnice v našich podmínkách je poměrně mizivá, a (což je záležitost spíše teplejších oblastí) začíná kvést *Levandule* (*Lavandula*). Zároveň vrcholí spád medovice, a tak lze spatřit včely prakticky všude.

Pozdní léto oznamuje květ *Starčeku obecného* (*Senecio vulgaris*), *Vratiče* (*Tanacetum vulgare*) nebo také *Jetelu lučního* (*Trifolium pratense*). Toto období je pro včelstva zvláště kritické, neboť začíná výchova dlouhověkých včel, tedy tech, které přečkají zimu společně s královnou.

Podletí je období květu *Svazenky vratičolisté* (*Phacelia tanacetifolia*) a pokud se na poli objeví, je pro včely neodolatelným lákadlem. Kvetou ale také *Vřes obecný* (*Calluna vulgaris*), *Pcháč* (*Cirsium*), *Drmek obecný* (*Vitex agnus-castus* L.), *Brutnák lékařský* (*Borago officinalis*) či *Čekanka obecná* (*Cichorium intybus*). Podletí většinou trvá celý srpen a větší včelí pastvu při ní poskytuje například ještě *Srdečník obecný* (*Leonurus cardiaca*) nebo také *Klejicha* (*Asclepias*) Samozřejmě jen pokud jsou na stanovišti přítomny.

Posledním obdobím, ve kterém ještě kvetou nějaké rostliny, je včelařský podzim. Ten většinou vychází na celé září. Velikou pomocí pro včely v období podzimu je *Břečťan popínavý* (*Hedera helix*), jehož pyl slouží k dobrému rozvoji zimních včel. Velice lákavou rostlinou je také *Hvězdnice* (*Aster*), která je v kultivarech často pěstována na zahradách. Dobrou potravu poskytuje také *Saturejka* (*Satureja*) nebo *Aksamitník* (*Tagetes*).

Včelařská zima probíhá od října až do února a včelstvo je v tomto období v zimním chomáči a včely vylézají ven, jen pokud je to opravdu nezbytné. (Miroslav Urban 2012; Riondet 2012)

3.5 Let včel a jeho principy

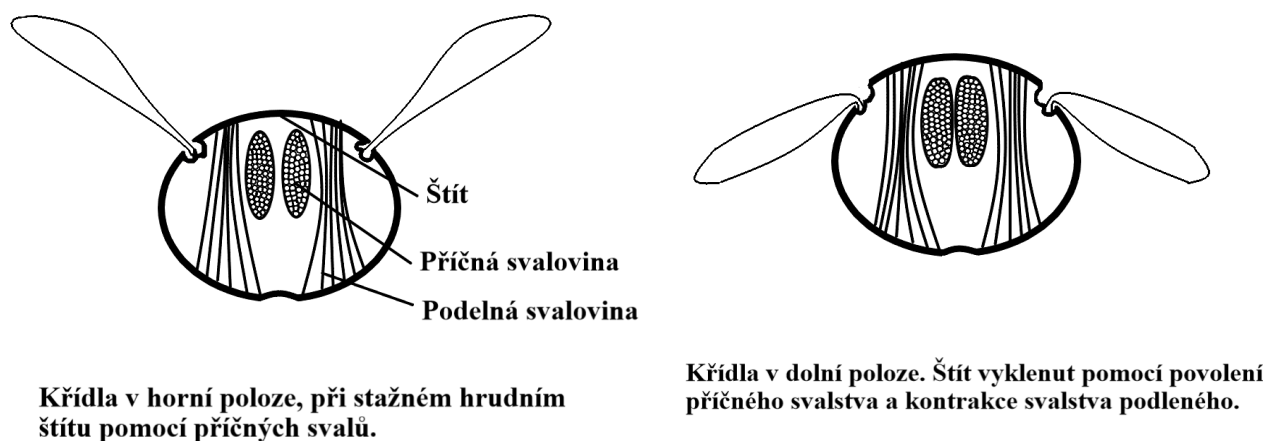
Princip letu včely se od klasického letu, jaký známe od ptáků, značně liší. Kdyby se včela pokoušela létat stejně jako pták, její snažení by bylo marné. Živočich s tak malými křídly, a tak těžkým tělem by se totiž nikdy nevznese do vzduchu. Včely a jim příbuzní však našli způsob, jak na svou velikost robustní a těžká těla vznést k obloze.

Včelí trik spočívá v tom, že nepohybují křídly přímo. V jejich křídlech totiž není žádné svalstvo. Pohyb vytvářejí tak, že deformují svůj vlastní tvar pomocí dvou skupin nepřímých svalů postavených v těle na výšku a na délku, vyplňujících skoro celý prostor hrudi. Stahují a opět uvolňují horní část hrudního chitinu a mění jeho tvar. Vrácení hrudi do stejného tvaru se pak děje na základě stavby a mechanické paměti chitinu, ze kterého je tvořen včelí exoskelet. Pohyb, který byl takto vytvořen, je následně předán samotným křídly a ty se díky tomu mohou

pohybovat. Při stahu přitlačí štít předohrudi na kořeny křídel a ty proto mávnou směrem nahoru. Při relaxaci těchto svalů pak křídla mávnou dolů.

Pro uvádění křídel do polohy klidové má včela svalstvo upínající se přímo na kořeny křídel, tedy jejich začátek. Druhý soubor takových svalů mají včely k otáčení svých křídel v podélné ose a tím tak upravují jejich činnost. Nazýváme je svalstvem přímým. Tyto létací svaly jsou upnuty ke křídům a vnitřní kostře hrudní části těla v prostoru kloubních jamek končetin.

Včela má dva páry křídel, při letu ovšem fungují společně pomocí háčkového spojení. Háčky vyrůstají na předním okraji zadního křídla a zapadají do úžlabí vytvořeném na zadní části většího předního křídla. (Veselý et al. 2013) Když se obě křídla spojí, vytvoří tak větší společnou plochu nutnou ke včelímu letu, aby vznikl větší odpor vzduchu. V případě, že by křídla za letu spojená nebyla, tento odpor by byl daleko menší. Takový jedinec by se nikdy nevznosl do vzduchu. Proto, aby se včela ve vzduchu udržela je třeba, aby máchla křídly přibližně 230krát. Je však nutné říct, že v případě nutnosti zrychlení, se frekvence kmitu nemění. Změna nastává pouze v úhlu, kterým křídly kmitá. Obvyklá velikost tohoto úhlu je za normálního letu 90°. Při letu včela křídly opisuje číslo osm a vyvažování provádí pomocí zadečku, který pouští dolu či zdvihá. Tímto způsobem dokáže relativně dobře manévrovat i v nepříznivých povětrnostních podmínkách. (Urban 2018)



Obr. 2 Schéma pohybu křídel (Zdroj: archiv autora)

3.5.1 Trubčí shromaždiště

Krom běžných letů za potravou včely provozují i několik speciálních způsobů chování v případě letu. Všichni trubci se v sezóně shromažďují na speciálních místech, kterým říkáme trubčí shromaždiště. Je pro ně důležité, aby urazili co největší vzdálenost a omezili tak možnost spáření se s příbuznou matkou. Proto někdy urazí i desetakilometrové cesty, jen aby měli příležitost se spářit. Na jednom místě se jich můžou shromáždit stovky, avšak nikdo dodnes přesně neví, jak si svá stanoviště vybírají. Trubčí shromaždiště navíc často zůstává na stejném místě i další roky, ačkoliv se trubci z minulého a následujícího roku nikdy nesetkají. Trubci létají ve výšce vrcholků stromů a čekají na svou příležitost.

Mladé neoplozené matky, které vyletí z hnízda, nejdříve udělají několik kruhů kolem hnízda a pak společně jen s několika dělnicemi neomylně odlétají směrem k trubčímu

shromaždišti. Matka v tomto ohledu musí být neomylná, včelstvo na ní totiž spoléhá. V případě že by byla zabita, nebo neoplozena, znamenalo by to pro včelstvo s vysokou pravděpodobností záhubu. Mechanismy orientace trubců ani matek však dodnes nebyly rozluštny. (Urban 2018)

3.6 Orientace a způsob komunikace při hledání potravy

Jak již bylo zmíněno, včelstvo je vysoce organizované společenstvo a v evoluci si vyvinulo mechanismus, jak své schopnosti ještě vylepřit. Zatímco lidská společenstva ke svému dorozumívání používají řeč, včely si vyvinuly alternativní způsob komunikace pomocí tance. O jeho základní rozklíčování se postaral zoolog Karl von Frisch. Za tento objev také obdržel roku 1973 Nobelovu cenu za biologii. I když jsme od jeho objevu pokročili v poznávání včelích tanců dál, základní principy objevené Frischem se nemění. Takový tanec provozují většinou včely pátračky. Když pátračka narazí na zdroj potravy trochu jí odebere a vrací se zpátky, aby upozornila ostatní. Ve včelích tancích rozpoznáváme několik základních prvků. (Veselý et al. 2013)

3.6.1 Kruhový tanec

Pokud se tanec odehrává mezi plásty uvnitř včelího hnízda (Tudíž ve tmě.), pak platí pravidlo, že směr ke slunci je vždy směrem vzhůru. Pravidlo platí i když slunce není stacionárním objektem a po obloze se pohybuje. Pátračka zobrazuje při tanci směr k potravě, jako odchylku od směru ke slunci v daný moment. Pokud se potrava nachází blízko, pátračka použije právě kruhový tanec. Včela se pohybuje po kruhové dráze a když dorazí do místa, které odpovídá směru potravy, zavibruje svým tělem, a tak dá odstátním včelám instrukce, kam mají letět. Pro vyšší motivaci ostatních dělnic dá přihlížejícím včelám ochutnat donesený nektar, aby tak zvýšila jejich ochotu vyrazit na místo. (Urban 2018)

3.6.2 Osmičkový tanec

Na rozdíl od tance kruhového, který včely využívají pro vzdálenosti kratší než sto metrů, osmičkový tanec slouží pro určování delších vzdáleností. Včela se pohybuje po dráze, připomínající zdeformovanou číslici osm, po obou stranách. Uvnitř této osmičky se ovšem nenachází průsečík, ale úsečka, na které včela vždy zavibruje tělem. Směr, kterým se dělnice po této úsečce pohybuje, udává směr k potencionální potravě, udávaný vždy v závislosti ke směru polohy slunce. Směr ke slunci je jako u předchozího tance chápán vždy jako směr nahoru. Způsob, kterým dělnice vibruje při procházení úsečky, udává přihlížejícím včelám vzdálenost potencionální potravy. Včely určují tuto vzdálenost podle takzvaného optického tachometru. Jedná se o jakési divadelní představení. Do svého vibrování totiž včela herecky zakomponuje celou trasu, po které by se měly ostatní dělnice vydat. Delší trasa je znázorněna pomalejšími vibracemi a trasa kratší zase vibracemi rychlejšími, přičemž do svého tance je zakomponována informace o krajinných prvcích, nad kterými pátračka přeletěla. Experimentálně bylo také zjištěno, že pátračky ukazují vždy přímou cestu ke zdroji, včely mají ale dobrou paměť a pokud se na této cestě objeví větší překážka, místo toho, aby se dělnice slepě řídila instrukcemi, tuto překážku obletí. (Urban 2018)

3.6.3 Orientační body v krajině

Hlavním orientačním bodem pro let včel je slunce. Neznamená to ovšem, že v případě jeho absence, by se včela nedokázala orientovat. Přírodní podmínky nejsou ideální a někdy zkrátka slunce vidět není. Včely jsou ovšem schopné mezi mračny pozorovat a rozeznat rovinu polarizovaného světla, pokud vidí části modré oblohy jsou tudíž schopné polohu slunce odvodit. K tomuto účelu jsou nejdůležitější horní části včelích složených očí, které tuto rovinu polarizace rozeznávají a také tři jednoduchá očka sloužící k zaměření polohy.

Existuje ovšem také možnost, že přes hustá mračna není vidět ani obloha. V ten moment se včely dokáží orientovat po paměti. Díky opakovaným průletům si celou trasu zapamatují. Dalším pomocníkem v orientaci je UV světlo, které včely dokáží vnímat a v neposlední řadě se včely mohou orientovat podle znalosti denního chodu slunce na obloze. Nemusí ho tedy vidět, ale stačí, když rámcově odhadnou, kde se přibližně v tento čas nachází. Díky těmto schopnostem a znalostem pak dokáže dělnice, která právě shlédla taneček, určit polohu zdroje potravy ještě předtím, než se vydá ven z úlu. (Urban 2018)

3.6.4 Hledání potravy

Včely pátračky létají kolem svého úlu do vzdálenosti až deseti kilometrů (Žďárek 2015), pro tak malé zvíře je to ohromná vzdálenost a proto je nutné, aby na této cestě pátračka nezabloudila. Včela tento problém řeší hned několika způsoby. Ve své hlavě si vytváří mapu okolí, kdy letá z jednoho místa na druhé a zapamatovává si svou vlastní trasu. Dokáže měřit úhly svého vlastního letu a také vzdálenosti, které uletěla. Pokud se chce vrátit zpátky, udělá několik kontrolních průletů, po kterých již dobře ví, kde se nachází, a místo toho, aby se vracela po stejné trase, zvolí nejkratší trasu přímo domů. (Veselý et al. 2013)

3.6.5 Ochranné zóny v bio-včelaření

V případě chovu včel v ekologickém zemědělství je otázka doletové vzdálenosti včely naprosto zásadní. Chovateli totiž legislativa nařizuje, aby ve vzdálenosti od úlu v okruhu minimálně tří kilometrů nebyly žádné konvenčně obhospodařované zemědělské plochy, větší dopravní komunikace, průmyslové závody a větší města. (Rytina et al. 2004) Už i samotný požadavek na takovou plochu o průměru šesti kilometru se v našich geografických podmínkách jeví naprosto nereálně. To se také odráží na neschopnosti českých včelařů získat osvědčení o biokvalitě. Místo bez konvenčně obdělávaných ploch nebo měst najdeme jen velice obtížně. Bylo by však vhodné zamyslet se nad smysluplností takového nařízení. Tři kilometry nejsou pro včelu žádnou překážkou. Na svých cestách se včela může dostat i do vzdálenosti až deseti kilometrů. (Žďárek 2015) Alespoň část včel se tedy s velkou pravděpodobností dostane i za tuto zónu, kde mohou teoreticky přijít do kontaktu s konvenčním zemědělstvím. Pro skutečné oddělení včel od takovýchto vlivů by byla potřeba zóna daleko větší. Je však zřejmé, že dodržení vzdálenosti, jejíž hodnota by byla zvýšena například jen dvojnásobně, by ohrozilo již tak malou skupinu zbývajících biovčelařů. Bylo by tedy vhodné zamyslet se nad tímto kritériem, které v tomto ohledu postrádá vyšší význam.

3.6.6 Doletová vzdálenost v závislosti na velikosti organismů

Aktivní letový rádius je pro účely ochrany hmyzu jedou ze základních informací nutných pro zvýšení efektivity ochrany. Tato vzdálenost se ovšem s velikostí živočicha značně liší (Sarah S. et al. 2007). Studie prováděná na toto téma se opírá o komparaci záznamů 64 různých druhů opylovačů, kteří byli podrobena zkoumání. Samotný fakt, že se velikost jejich teritoria liší, asi není tolik překvapující. Co však stojí za povšimnutí, je detailnější výsledek výzkumu, ukazující, že aktivní letový rádius se s velikostí zvyšuje nelineárně. V konečném důsledku tak musíme brát v potaz, že tyto větší druhy jsou potenciálně ohroženější v důsledku většího množství možností kontaktu s polutanty.

3.7 Toxické látky a jejich toxicita

Nejdříve je nutné definovat, co vlastně nazýváme toxickou látkou. Je třeba si uvědomit, že v konečném důsledku jsou všechny látky jedy, záleží jen na koncentraci a míře jejich působení. Tato definice byla vytvořena Paracelsem již v šestnáctém století a je obecně přijímaná. Skutečně i látky běžně používané v našem životě mohou být potenciálně smrtelné. Množství takové látky, které bychom museli dostat do svého těla je ale často tak obrovské, že k předávkování prakticky nemůže dojít. Aby látka mohla být opovažována za toxickou, musí mít neblahý účinek na organismus nebo jeho potomstvo. Buďto v krátkém, nebo v dlouhodobém horizontu. O takové substanci tedy lze říct, že rovnováhu v ekosystému posunuje nežádoucím směrem. Muže se jednat o látky umělé i přírodní, se širokou škálou specifických účinků a rozdílné nebezpečnosti.

Posuzování účinků používaných pesticidů, jejich reziduí a depozitů dnes již zakázaných, ale dříve používaných, látek v závislosti na jejich účincích na necílové organismy, má za cíl ochránit tyto důležité organismy v ekosystému. Součástí ochrany a úkolem predikční toxikologie je pak také předvídat potenciální škodlivost látek, které se dosud do ekosystému nedostali. Podnětem k takovému výzkumu může být jejich možné uvedení na trh. Je tedy nutné seznámit se s účinky nové látky, aby se tak zabránilo potenciálnímu nebezpečí.

Vzhledem však k tomu, že necílových organismů je celá řada a provádění pokusů na každém z nich není možné, účinek se posuzuje pouze na reprezentativních druzích. Včela medonosná takovým druhem je. Její výhodou je také schopnost přežít v laboratorních podmínkách. Tohoto faktu se využívá při ekotoxikologických testech, ve kterých včela medonosná supluje širokou škálu opylovačů. Je však třeba říct, že výsledky výzkumu z terénních pokusů mohou být částečně zkresleny, díky možnosti vstupu cizorodých látek do včely jiným způsobem než při opylování. Takové látky se mohou do včelího organismu dostat skrze léčiva, krmení nebo jiným kontaktem s polutantem. I když takové vstupy polutantů nemůžeme úplně vyloučit, v této práci je nebudeme uvažovat. (Pavlíková et al. 2009)

3.7.1 Ochrana opylovačů a necílových organismů v zemědělství

Desetiletí vývoje zemědělské výroby a zlepšování zemědělského managementu, z důvodu nutnosti uživit stále větší množství obyvatelstva, vedly k vývoji mnoha látek napomáhající v boji proti škůdcům. Ne všechny tyto látky však účinkují selektivně, naopak řada z nich krom

škůdce ovlivňuje i necílové skupiny užitečných živočichů. Proto vznikla nutnost regulovat tyto látky v závislosti na jejich účincích. Tuto zodpovědnost na sebe bere Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA), který posuzuje množství faktorů určujících nebezpečnost dané látky. Posouzení dopadu na organismus a případná regulace se posuzuje dle několika kritérií.

1: Hodnota organismu (v případě kulturního organismu i cena), role, jakou organismus či taxon v ekosystému hraje.

2: Odhadované množství, koncentrace a doba kontaktu látky s daným organismem, vyvozená z ekotoxikologických pokusů.

3: Informace o potenciálním efektu, který by daná látka mohla způsobit, vyvozená z experimentálních dat, nebo již zaznamenaných střetů v prostředí.

3: Relevance daného organismu či taxonu pro ochranu vůči cílům regulačních orgánů. (Zdali je důležitější chránit daný organismus, například za cenu ztráty výnosu.) (Fischer and Moriarty 2011)

3.8 Toxické látky v prostředí a jejich základní rozdělení

Díky dlouhodobému vlivu člověka na krajinu, ve které žije, je jak v přírodních tak umělých ekosystémech naakumulováno mnoho polutantů, které mohou poškodit organismus opylovače. Není však pravdou, že by lidská činnost mohla za všechny tyto látky, mnoho z nich se uvolňuje do prostředí přirozenou cestou, nebo jsou aktivně vytvářeny jinými organismy. Jsou však skupiny látek za jejichž distribuci může, až na malé výjimky, výhradně člověk. (Fischer and Moriarty 2011)

3.8.1 Organické látky

Mezi hlavní skupiny toxických látek patří jedy označující se jako Perzistentní organické polutanty, zkráceně (POP). Ty se dostávají do prostředí buď aktivně, ve formě pesticidů, nebo jako odpadní látka z lidské činnosti. Rozdělují se dále na Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH), polychlorované bifenyly (PCB), polychlorované dibenzo-p-dioxiny (PCDD), polychlorodibenzofurany (PCDF) a organické pesticidy (OCP). Tyto látky jsou velice nebezpečné díky své schopnosti odolávat degradaci v prostředí a akumulovat se v živých organismech. Díky své nepolární molekule se také mohou navazovat na tukové tkáně a hromadit se tak ve vrcholových organismech.

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH) jsou molekuly vytvořené pomocí dvou a více konjugovaných benzenových jader, které jsou uvolňovány při nedokonalém spalování. Ve velkém množství ho produkuje spalování odpadu, při krakování a další úpravě ropy, také při kouření nebo uzení masa. V prostředí se vyskytuje velké množství jejich derivátů. Nejčastěji jsou vytvořeny pomocí halogen, sulfo, nitro nebo amino skupiny. Takové látky jsou mnohdy daleko nebezpečnější než jen samotné PAH.

Polychlorované bifenyly (PCB) jsou bifenyly substituované několika atomy chlóru. Nejvýznamnější jsou pak speciálně látky se čtyřmi až sedmi atomy chlóru. Za nejtoxičtější je považován 3,3',4,4',5,5' hexachlorbifenyl. Látky jako takové nejsou extrémně toxické, ale jejich sekundární deriváty mohou být velkým problémem. Například v asijských zemích byla zaznamenána hromadná otrava obyvatel nejméně ve dvou případech.

PCDD, PCDF jsou látky přímo vzniklé spalování PCB. Jsou až 500krát toxičtější než PCB ze kterých vznikly. Nejznámějším a nejtoxičtějším z těchto polutantů je látka s názvem 2,3,7,8-tetrachlordibenzo-p-dioxin, zkráceně TCDD. V minulosti byly tyto látky základní složkou pesticidů. Dnes se do prostředí uvolňují například neodborným spalováním odpadů, pálením kontaminovaných olejů nebo v menším množství také při lesních požárech. (Pavlíková et al. 2009)

3.8.2 Anorganické látky

Anorganických látek, které škodí životnímu prostředí, je poměrně mnoho, jsou však některé, jejichž dopad na ekosystém je značně signifikantní. Jedná se o skupinu rizikových prvků, se kterými se v dnešním světě potýkáme nejčastěji. Olovo, Arsen, Měď, Zinek, Kadmium, Rtuť, Chrom a Nikl. Velká část z nich se uvolňuje do ovzduší pomocí spalování fosilních paliv nebo jsou složkou pesticidů, fungicidů či insekticidů. Jejich schopnost ničit ekosystémy je značná a možnosti jejich odstranění jsou omezené. (Pavlíková et al. 2009)

3.8.3 Toxické látky v léčivech

Ačkoliv by se dalo namítat, že léčení chorob u včel pomocí syntetických látek je odklonem od přírodního způsobu chovu a včelstva by se měla být schopná proti chorobám bránit sama, tento argument je zcestný. Díky dlouholeté tradici včelaření na našem území a nerovnoměrnému rozptýlení včelstev po republice zkrátka přírodního stavu nelze dosáhnout. Včelstva by v přírodě nikdy netvořila takové agregáty jako jsou naše včelnice, kde není výjimkou mít několik desítek včelstev na jednom stanovišti. Taková včelstva jsou daleko náchylnější vůči chorobám, které se lépe rozšiřují díky častému setkávání včel z jednotlivých kolonií. Proto je aplikace některých léčiv nutná. (Hauserová 2018)

Mezi nejčastěji používané chemické látky se řadí amitraz ($C_{19}H_{23}N_3$) jedná se o antiparazitikum sloužící k likvidaci *Kleštíka včelího* (*Varroa destructor*) jde však o insekticid, který se při nesprávném použití může akumulovat v tělech včel, vosku a medu. Včelaři látku používají v léčebných přípravcích, jakým je Varidol.

Další látkou pro boj s varroázou je tau-fluvalinát což je triviální název pro (R2) - fluvalanit. Na trhu se objevuje pod názvem MP 10 FUM se stejnou látkou se lze také setkat v přípravku M-1 AER. Je třeba zdůraznit, že se jedná jak o pyretroid a stejně tomu je i u Amitrazu. Pyretroidy jsou syntetické insekticidy a repelenty, a mohou být potenciálně dráždivé jak pro včely, tak také pro citlivější osoby.

Látku tau-fluvalinát obsahuje také přípravek Gabon, který se využívá k dlouhodobé ochraně včelstva. Jedná se o proužek dřeva mezi plodové plásty. Insekticid postupně difunduje na povrch a ulpívá na včelách. Roztoči po kontaktu s takto impregnovanou včelou hynou.

Pro lepší ochranu včelstev se mimo jiné používají také odpařovací desky s kyselinou mravenčí. Kyselina mravenčí je jednoduchou slabou organickou kyselinou, která je proti varoáze poměrně účinná a oproti ostatním látkám je riziko vzniku rezistence minimální. Mechanismem účinku je naleptávání chitinu roztoče. V průběhu let praxe ukázala, že likvidace *Kleštíka včelího* pomocí těchto desek je nejen účinná, ale funguje každý rok, což se nedá říct o pyretroidech, na které si *Kleštík* dokáže, při jeho nadužívání, vytvářet poměrně značnou rezistenci. Problémem však je, že kyselina mravenčí je látka účinkující i na včely. V případě teplého a slunečného dne,

kdy se výpar z desky zvýší, může docházet k vážným poškozením včel a někdy dokonce i větším úhynům. I přesto jsou ale desky s kyselinou velkou pomocí v boji proti onemocnění. Na trhu jsou k dostání pod obchodními názvy Formidol. Na podobném principu jako odpařovací desky pracuje i přípravek VarroMed, který obsahuje, jak kyselinu mravenčí, tak kyselinu šřavelovou. (Rityna et al. 2005)

Látky jako antibiotika jsou v chovu včel zakázány a zjištění jejich reziduí v medu se trestá. Legislativa ovšem nepostihuje dovozy medu mimo evropskou unii a v případě nedostatečné kontroly se mohou tyto látky dostat do prodeje.

3.8.4 Alternativní léčba a prevence.

Díky sílícímu trendu návratu k přírodnímu způsobu hospodaření, roste také chuť některých chovatelů ochránit svá včelstva alternativním způsobem a vyhnout se tak nutnosti léčby. Je třeba podotknout, že alternativní způsoby ochrany včelstva před nákazou nemohou stoprocentně nahradit léčbu konvenčními prostředky. Je však vhodné léčbu o alternativní způsoby ochrany doplnit.

Ve včelařské komunitě a literatuře zaměřující se na téma ekologie a alternativního způsobu hospodaření můžeme narazit na mnoho rad ohledně zlepšení odolnosti včelstev. Jde například o obohacení stravy včel o přídatné látky podporující jejich vitalitu a využívání přírodních olejů. Rozšířeno je také vysazování *Tymiánu* (*Thymus vulgaris*) před česna úlů, jehož silice mají dezinfekční účinky. Včely, které prolétají kolem, se o rostlinu otřou a tím se dezinfikují (Tak alespoň hovoří teorie.). Hojně je mezi včelaři používán postup poprášení včel moučkovým cukrem. Princip by měl spočívat v tom, že se včely při vzájemném očišťování od moučkového cukru zároveň zbaví přisedlých roztočů.

Je nutné zdůraznit, že většina takových postupů účinkuje pouze částečně a některé z nich jsou spíše jakousi moderní obdobou včelařských pranostik a o jejich účinku je třeba skepticky pochybovat. (Hauserová 2018)

Máme jedinou možnost, jak se zbavit našeho momentálně nehojnějšího problému, varoázy, a přitom nepoužívali léčiva. Tou možností je vyšlechtění včel odolných vůči této chorobě. Ačkoliv některé linie vykazují jistou toleranci, stále se nejedná o signifikantní změnu k lepšímu. Poměrně vysokou odolností disponují také afrikanizované včely, ze zjevných důvodů jejich agresivity se však jako náhrada naší *Apis mellifera carnica* nehodí. (Žďárek 2015)

3.8.5 Synchronizace opylení a chemické ochrany

Na plochách s velkou koncentrací plodin monokulturních i smíšený se v konvenčním zemědělství nelze vyhnout chemickému ošetřování proti onemocněním a rostlinným škůdcům. Proto je nutné takovou ochranu provádět s co největší opatrností vůči opylovačům.

Chemickou ochranu je třeba provádět pouze na základě prognózy a znaků signalizujících přítomnost škůdců na daném pozemku. Přípravky pro včely jedovaté je nutné nahrazovat přípravky škodlivými a ty následně pokud je to možné, přípravky pro včely neškodnými. Pokud se ovšem takové látky nenacházejí na trhu, je třeba aplikovat jedovaté přípravky do období před samotným květem plodin. Čím delší je doba mezi aplikací přípravku a jeho kontaktu s opylovačem, tím lépe. S časem se totiž pravděpodobnost úhynu nebo jiného nežádoucího efektu na přilétajícího opylovače snižuje.

V době květu je nezbytné aplikovat pouze látky pro včely neškodné a látky škodlivé až po snížení dění aktivity včel a ukončení jejich letů. Opět platí, že čím delší bude proluka mezi aplikací a kontaktem s opylovačem, tím lépe. Přípravků, které by byly pro včely neškodné je však velmi málo, a proto je zatím neslepíš metodou aplikace jedovatých látek, které jsou soustředěny před květem. (Veselý et al. 2013)

3.8.6 Možnosti snižování chemické zátěže

Dnešní zemědělství je bohužel pro vodní i terestrické ekosystémy založené a vstupech chemických látek které nám pomáhají docílit vyšších zisků. Ochraňují plodiny před škůdci a chorobami, urychlují růst, zvětšují objem, nebo například synchronizují dozrávání. V průběhu let je však stále více jasné, že, i když už se jejich používání nemůžeme vyhnout, je třeba tyto látky aplikovat rozumně a s rozmyslem.

Látky, jako jsou insekticidy, fungicidy nebo herbicidy, budou nedílnou součástí zemědělství jistě ještě dlouho. Je však možno jejich používání výrazně omezit pomocí správných osevních postupů. V případě dodržení všech pravidel střídání plodin je možné přítomnost patogenů a škůdců výrazně omezit. Osevní postupy však narážejí na neochotu farmářů. Problémem je nutnost většího množství mechanizace, pro obhospodařování více druhů rostlin a obava, že pro některou z nich nebude mít pěstitel odbyt. Není tedy výjimkou, že na našich polích vidáme sled plodin v pořadí řepka, řepka a pšenice.

Samostatnou kapitolou je hnojení, které ovlivňuje zejména vodní ekosystémy. Časté splachy z polí jsou příčinou eutrofizace našich vod. Důsledkem je nekontrolovatelné bujení sinic, což vede k devastaci nejen přírodních, ale i umělých vodních toků a nádrží. Příčin takového množství vyplavených živin a vody je několik. Tou hlavní je špatná retence vody v krajině, která při větších deštích smývá živiny z orné půdy. Nápravou tohoto problému by byla opětovná fragmentace polí a vytvoření remízků. Alternativu mohou poskytnout bio-pásky, retenční proluky a jiná protierozní opatření (Huserová 2018), která jsou nejen ekologicky přínosná ale v některých případech i státně dotovaná.

4 Metodika

4.1 RFID snímače a čipy

Radio Frequency Identification, tedy identifikace pomocí rádiové frekvence (RFID) je další generace identifikátorů navržených k identifikaci zboží. Tyto čipy, stejně jako například čárové kódy, jimž jsou RFID nástupci, slouží k bezkontaktní komunikaci na krátkou vzdálenost.

Mohou být buď aktivní nebo pasivní. Pasivní RFID čipy jsou častější. Jejich principem je systém čtečky a odpovědi. Čtečka (přijímač signálu) periodicky vysílá do prostoru elektromagnetické pulzy. Pokud do blízkosti čtečky umístíme čip, jeho kondenzátor využije pulz ke svému nabití a odešle odpověď. V odpovědi základních čipů je pouze sériové číslo daného čipu. Složitější modely mají možnost uložení jiných dat, které budou vysílat. Aktivní RFID čipy jsou méně časté, to nejen díky své vyšší pořizovací ceně, ale také větší složitosti a

hmotnosti. Takový čip totiž musí obsahovat i napájecí zařízení. Krom svého identifikačního čísla mají ovšem zpravidla úložný prostor i pro další informace. (Lehpamer 2008)

Při mém pokusu byly použity základní RFID čipy jejíž velikost a relativně příznivá cena a kompatibilita se skenovacím přístrojem byla kritériem pro jejich využití.

4.2 Pokus I : Terénní určování efektní letové vzdálenosti.

4.2.1 Předpoklad

Před přípravou pokusu byla vyslovena hypotéza opírající se o empirická data získaná z minulých pokusů. Doletová vzdálenost včel se dle vnějších podmínek, toť jest teplota, dení doba, roční období..., bude ve své délce lišit. V případě příznivých podmínek vhodných pro včelí organismu, bude let delší a v případě podmínek méně příznivých bude vzdálenost menší. Zanedbáme-li následně podmínky extrémní a okrajové, tedy teploty hluboko pod bodem mrazu, zimní období, či abnormální srážky, lze s úspěšností měřit a získat informace a rozdílných délkách jejich letu?

4.2.2 Příprava

Základem pokusu byl životaschopný oddělek (Termín pro uměle vytvořené včelstvo s životaschopnou matkou, které obsedá několik rámků.) Nasazený do nástavkového úlu s rámkovými rozměry 39/24, jehož česno bylo upraveno. Výletový otvor by zúžen, aby na něj mohl navazovat snímač čipů RFID. (Utěsněním bylo zabráněno, aby včely mohly vylétat i jiným otvorem, tudíž bylo jejich jedinou možností při opouštění úlu byl průchod snímačem. Snímač byl následně napojen na zdroj napájení (v tomto případě autobaterie). Dalším důležitým prvkem v pokusu byly samotné čipy RFID, sloužící k rozpoznávání jednotlivých včel a dále pak acetonové barvivo na jejich upevnění a oxid uhličitý sloužící jako anestetikum.

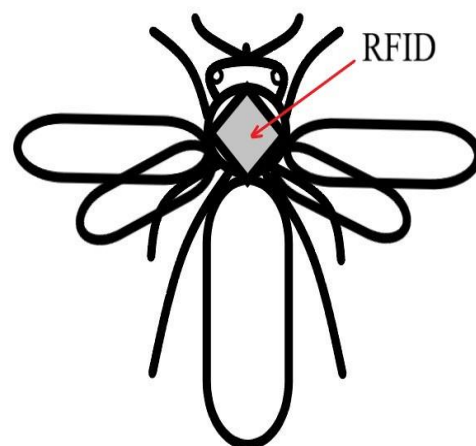
4.2.3 Postup

Nově vytvořený oddělek byl umístěn mimo včelnici, aby tak bylo zabráněno možnému napadení a vyloupení nově vzniklého včelstva.

Do česna úlu byl zabudován snímač pro Čipy RFID. Česno bylo upraveno tak, aby se zabránilo jakémukoliv možnému uniku včel jinými výstupy a otvory. Snímač byl napojen na zdroj energie. Nutné je ochránit elektroniku a akumulátor před nežádoucími počasí. Elektronika snímače je náchylná na vysoké teploty a vlhkost. Akumulátor se při styku s vodou může stát nebezpečným a je třeba jeho ochraně věnovat zvýšenou pozornost.

Před začátkem pokusu bylo třeba po aplikaci snímače jeden den počkat, aby si včelstvo zvyklo a odběr pokusného vzorku včel byl úspěšný. Následně bylo nutné odebrat vzorek sběraček. Byl odebrán pokusný vzorek 10 včel. Ten byl uspán pomocí oxidu uhličitého. Při pokusu je uživatelsky nejvhodnější udržovat stálou hladinu oxidu uhličitého v nádobě s pokusným vzorkem a pouze vytahovat jednotlivé včely při aplikaci čipu. Je velmi důležité, aby včela při čipování zůstala v klidu i malá menší nesrovnalost při procesu, může mít neblahé důsledky.

Následně proběhla aplikace čipů na včely pomocí acetonového barviva. Při nasazování čipu bylo třeba postupovat obdobně, jako při značení včelích matek. Aplikacním nástrojem byla nanesa na včelí tělo kapička barviva. (V průběhu pokusu se mi osvědčila špendlíková hlavička na dřevěné násadce a jako nespolehlivou hodnotím hlavičku sirky, u které byly problémy s manipulací.) Pinzetou bylo třeba následně aplikovat čip na kapičku barviva a připravit ho tak na včelu. Čip bylo třeba upevnit vždy rovnoměrně a pokud možno v poloze znázorněné na obrázku. Při špatné, či nerovnoměrné aplikaci čipu, včele čip vadí v letu a letá špatně, nebo nelétá vůbec. Ještě spící včely se po aplikaci zanechaly blízko výletové lišty úlu.



Obr. 3 – včela s RFID čipem – kresba
(Zdroj: Archiv autora)

Vzhledem k neschopnosti snímače zachycovat informace v reálném čase, je třeba před každou částí pokusu použít reprezentativní čip, kterým se určí základní čas, od kterého bylo nutné odečítat časy jednotlivých záznamů. (Snímač totiž zaznamenává informace ve vlastním čase, který startuje při zapojení snímače a po jeho vypojení se opět resetuje.)

Po uplynutí několika dní (Na maximum nabitý akumulátor vydržel napájet snímač maximálně 7 dní.) je nutné pokus znovu opakovat.

Po odebrání naměřených časů je třeba odstranit nulové hodnoty a extrémní hodnoty kratší než několik minut (včelí prolety kolem úlu určené k vyprázdnění) a dlouhé záznamy zejména v noci (V letních měsících může docházet k přespávání včel u výletové lišty.)



Obr. 3 – Včela s RFID čipem – foto (Zdroj: archiv autora)

4.3 Pokus II : Laboratorní určování efektní letové vzdálenosti

4.3.1 Předpoklad

Předpokládaným výsledkem pokusu bylo potvrzení hypotézy z terénního pokusu s možností eliminace vnějších vlivů, při stálé teplotě, stálé vlhkosti a definované se měnícímu osvětlení.

4.3.2 Příprava

K pokusu byla vybrána vnitřní proletová místnost se zabudovaným UV osvětlením, soustavou pro udržování stálé vlhkosti a zdrojem tepla pro udržení konstantní teploty. Jako pokusný subjekt bylo použito průměrné včelstvo nevykazující nákazu ani jiné abnormality, které by mohly způsobit chyby v získaných datech. Dále, jako při minulém pokusu, byl použit RFID snímač a čipy příslušné tomuto snímači. Pro aplikaci čipů bylo zapotřebí anestetika (CO₂), acetonové barvy a aplikačního nástroje. To bylo uzavřeno do vnitřní proletové místnosti. Vlhkost byla zvýšena na 70 %. Při nižší vlhkosti vzduchu včelstvo v proletové místnosti nelétá.

Jako při minulém pokusu, došlo k nasazení snímacího zařízení na česno úlu a snímač byl zapojen na akumulátor.

Sběr pokusného materiálu byl v tomto případě jiný. Odchyt včel probíhal a misce s pylem, který sloužil jako krmivo po dobu pokusu, aby tak bylo docíleno vyšší efektivity,

pokud odběr provedeme přímo u zdroje krmiva, je jasné, že včela, kterou čipujeme musí být sběračka.

Průběh čipování byl opět proveden za pomoci uspání anestetikem oxidem uhličitým, včely byly očípovány a položeny opět na místo odkud byly odebrány.

Při každém zpuštění snímače bylo nutné načíst pokusný čip a zaznamenat jeho čas, aby se zbývající časy od prvního mohly odečíst a mohly být získány časy reálné.



Obr. 5 - Sběračka v proletové místnosti (Zdroj: archiv autora)

5 Výsledky

Výsledná data z RFID brány byla ukládána jako soubor txt kde každý řádek odpovídá jednomu průchodu včely s RFID čipem. Je zaznamenán směr jejího pohybu: odlet, (out) nebo o přilet (in). Výsledný text vypadá následovně.

Ilustrační záznam:

1500417205457,30:08:33:b2:dd:d9:01:40:00:00:00:00,e2:80:11:30:20:00:34:55:d1:3a:09:0e,in

1500417206262,30:08:33:b2:dd:d9:01:40:00:00:00:00,e2:80:11:30:20:00:34:55:d1:3a:09:0e,out

Byl navržen postup pro analýzu získaných dat z RFID čipů. Výsledkem práce je algoritmus, který bude možno použít v případě dalšího pozorování, při použití RFID snímačů. Tento algoritmus se podařilo využít v aplikaci MS Access, kde sloužil k naplnění výstupní tabulky pro analýzu. Výsledná data byla poté zpracována v aplikaci MS Excel a poslouží jako informace pro budoucí výzkum.

K transformaci dat do požadované podoby byl navržen následující algoritmus. Kompletní kód v jazyce VBA pro MS Access byl vytvořen ve výzkumném ústavu Včelařském v Dole a je k dispozici v příloze. Další zpracování dat je možné provést ve statistických nástrojích, jakým je například MS Excel.



Obr. 6 - Sběračka krmící se pylem (Zdroj: archiv autora)

6 Diskuze

Vzhledem k dlouhodobému užívání pesticidů v konvenčním způsobu zemědělství se text zaobírá otázkou, zdali je možné střetu se škodlivými polutanty a opylovači nějak zabránit. Mezi těmito možnostmi stojí například aplikace pesticidů mimo dobu, kdy jsou opylovači aktivní, nebo kdy je jejich letový rádius vzhledem k okolním podmínkám menší. Hlavním diskutovaným způsobem ochrany je pak přesun hnízd opylovačů na omezenou dobu do dostatečné vzdálenosti od zdroje polutantu a jejich následná introdukce zpět na jejich původní místo, když ohrožení pomine. Není ovšem známo, jak daleký by takový přesun měl být. Právě proto se touto problematikou má práce zabývala. Je ovšem pravdou, že pro skutečně relevantní výsledky by bylo třeba testovat včelstva v průběhu několika let a získat tak skutečně vypovídající reprezentativní vzorek. I přesto nebyly pokusy marné. V průběhu samotných pokusů bylo zjištěno mnoho nedostatků, jejichž odstranění povede v budoucnu ke zlepšení vývoje použitého typu skeneru, tak by odpovídal požadavkům výzkumu.

6.1 Snímače RFID

Mnoho dat bylo bohužel nenávratně ztraceno díky chybám a poruchovosti skenovacích zařízení a nesrovnalostem v jejich softwaru. Pro zjednodušení manipulace s daty a zvýšení komfortu uživatele, by bylo do budoucna vhodné, aby snímače zaznamenávaly data v reálném čase, byly celkově odolnější a jejich mechanismus méně poruchový. Dalším vylepšením by bylo oddělení základní desky od samotného snímače pro zlepšení manipulace s celým přístrojem. Pak by tato technologie mohla být použita například i u včel samotářských. Mezi poslední problémy patří nutnost vypnutí, a tudíž i kompletního resetování, přístroje v terénních podmínkách při výměně akumulátoru. Pokud by se u základní desky nacházel, byť třeba jen malý záložní akumulátor, sloužící pouze ke krátkodobému udržení snímače v chodu, znamenalo by to velkou pomoc.

6.1.1 RFID Čipy

Velikost RFID čipu byla jedním ze základních problémů, které by mohly způsobovat chyby a odchylky v naměřených datech. Byť patří použité čipy k jedněm z nejmenších na trhu, oproti tělu včel jsou stále poměrně velké. Na druhou stranu se z terénního pozorování nezdá, že by včelám činilo větší potíže s čipy létat, pokud jsou nasazeny správně a nevadí při mávání křídel, či otáčení hlavou.

7 Závěr

I když mou práci v průběhu realizace postihlo několik nepříjemných problémů, v konečném se mi, dle mého názoru, podařilo vytvořit ucelenou literární rešerši pojednávající o opylovačích v krajině, jejich důležitosti, schopnostech a mechanismech jejich letu a mimo jiné, také jejich obecných charakteristikách. Snažil jsem se čerpat z důvěryhodných zdrojů a pokusit se tak vytvořit text který by byl pro čtenáře vhodný i poučný. I když pokusy, které má práce obsahuje neměly očekávaný výsledek, i tak posloužily svému účelu a díky nim bude sběr dat do budoucna snazší. Projekt výzkumu efektní letové dráhy opylovačů, bude pokračovat dál a s upraveným vybavením snad přinese zajímavé a užitečné výsledky.



Obr. 7 – Ilustrační foto (Zdroj: archiv autora)

8 Literatura

Delaplane, K. S. D., Mayer, D. F. M. 2000. Crop Pollination by Bees. CABI. Wallingford. 344 p. ISBN: 9780851997834.

Fischer, D., Moriarty, T. 2014. Pesticide risk assessment for pollinators. Wiley Blackwell. Iowa. 230 p. ISBN: 9781118852507.

Flegr, J. 2018. Evoluční biologie: Rozšířené vydání, Academia, Praha. 572 s. ISBN: 8788020027962.

Greenleaf, S. S., Williams, N. M., Winfree, R., Kremen, C. 2007. Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia* (2007) 153. 589-596.

Hausarová, E. 2018. Encyklopedie soběstačnosti pro 21. století, Farmář, pastevec, sběrač, Soběstačnost farmy či usedlosti. Triton. Praha. 362 s. ISBN: 9788075535825.

Lehpamer, L. H. 2008. RFID design principles. Artech House. Boston. 298 p. ISBN: 9781596931954.

Pavlíková D., Pavlík, M., Matějů, L., Balík, J. 2009. Ekotoxikologie. Česká zemědělská univerzita. Praha. 169 s. ISBN: 9788021318434.

Prýmas, L., Danihlík, J., Dlouhá, Š., Dostálová, S., Hroncová, Z., Kabát, M., Petřivalský, M. 2017. Včelařství (svazek II.). PSNV. České Budějovice. 235 s. ISBN: 9788027007769.

Riondet, J. 2012. Včelařův rok. Víkend, s.r.o. Český Těšín. 156 s. ISBN: 9788074330582.

Rosypal, S., Doškař, J., Frynta, D., Homola, J., Horáček, I., Hůrka, K., Kalina, T., Kubišta, V., Kováček, Z., Linc, R., Losos, B., Mazura, I., Mladá, J., Mladý, F., Nedvídek, J., Novotný, I., Pavlová, L., Slavíková, J., Slavíková, Z., Smrž, J., Šášek, V., Šebánek, J., Šmarda, J., Štys, P., Zrzavý, J. 2003. SCIENTIA. Praha. 749 s. ISBN: 9788086960234.

Rytina, L., Čermák, K., Gruna, B., Hajdušková, J., Holub, P., Klíma, Z., Navrátil, S., Texl, F., Tůma, Z., 2005. Včelařství (svazek I.). PSNV. České Budějovice. 179 s. ISBN: 9788026090908.

Tautz, J. 2009. Fenomenální včely: biologie včelstva jako superorganismu. Brázda. Praha. 270 s. ISBN: 9788020903761.

Titěra, D., Kramer, F., Kalmer, M., Kloutvorová, j., Skalský, M., Ouředníčková, J., Hortová, B., Vejražka, K., Kolařík, P., Komzáková, O. 2018. Využití včelstev v sadech a jiných prostorech pro opylování. Výzkumný ústav včelařský s.r.o. Dol. 32 s. ISBN: 9788087196410.

Urban, M. 2018. Včelaření od jara do zimy. Grada Publishing, a. s. Praha. 160 s. ISBN: 9788027103652.

Van Veen, M. P. 2004. Hoverflies of Northwest Europe: Identification keys to the Syrphidae. KNNV Publishing. Utrecht. 254 p. ISBN: 9050111998.

Veselý, V., Bacílek, J., Čermák, K., Drobínková, V., Haragsim, O., Kalmer, F., Krieg, P., Kubišová, S., Peroutka, M., Ptáček, V., Škrobal, D., Titěra, D., Veselý V. 2013. Včelařství. Brázda s.r.o. Praha. 257 s. ISBN: ISBN 9788020903990.

Willmer, P. 2011, Pollination and Floral Ecology. Princeton University Press. Princeton. 778 p. ISBN: 9781400838943.

Ždárek, J. 2015. Hmyzí rodiny a státy. Academia. Praha. 582 s. ISBN: 9788020022257.

9 Samostatné přílohy

Závěrečná zpráva projektu TH 01030787. (Autor: Michal Slánský a kolektiv)

```
        ,, Attribute VB_Name =
"CalculateFlights"
Option Compare Database

Public Function Calculate()
' Truncate table Flights
Call TruncateFlightsTbl

' Read from table FlightsData and insert to
Flights
Call CalculateFlightsData

' Display message
MsgBox "Flights calculated!"
End Function

Private Sub TruncateFlightsTbl()
Dim strSQL As String
strSQL = "DELETE FROM Flights;"
CurrentProject.Connection.Execute
strSQL
strSQL = "ALTER TABLE Flights
ALTER COLUMN id COUNTER (1, 1);"
CurrentProject.Connection.Execute
strSQL
End Sub

Private Sub CalculateFlightsData()
Dim strSQL As String
Dim rs As DAO.Recordset
Dim rstFlights As DAO.Recordset

Dim lv_recordCount As Integer

strSQL = "SELECT * FROM
FlightsData;"
Set rs =
CurrentDb.OpenRecordset(strSQL)

If Not rs.BOF And Not rs.EOF Then
rs.MoveFirst

While (Not rs.EOF) ' Going through the
records
' 1) Take the first OUT of the bumblebee
and store it to the Flights table
If (rs.Fields("direction") = "out") Then

'check if out timestamp is newer for the
bumblebee
strSQL = "SELECT * FROM Flights
WHERE Flights.In=0 AND
Flights.Bumblebee_RFID=" &
rs.Fields("Bumblebee_RFID") & ";"
Set rstFlights =
CurrentDb.OpenRecordset(strSQL)
lv_recordCount = rstFlights.RecordCount
rstFlights.Close

If lv_recordCount > 0 Then
'if yes, update timestamp
strSQL = "UPDATE Flights SET
Flights.Out = " & rs.Fields("Timestamp")
& " WHERE Flights.In = 0 AND
Flights.Bumblebee_RFID = " &
rs.Fields("Bumblebee_RFID") & ";"
CurrentDb.Execute (strSQL)
Else
' if not, store it to the table Flights as a new
record
Set rstFlights =
CurrentDb.OpenRecordset("Flights",
dbOpenDynaset)
With rstFlights
.AddNew
!Bumblebee_RFID =
rs.Fields("Bumblebee_RFID")
!out = rs.Fields("Timestamp")
```

```

.Update
.Bookmark = .LastModified
End With
rstFlights.Close
End If

' 2) Take the next IN of the bumblebee and
add it
ElseIf (rs.Fields("direction") = "in") Then
' Store the IN part
 strSQL = "UPDATE Flights SET
Flights.In = " & rs.Fields("Timestamp") &
" WHERE Flights.In = 0 AND
Flights.Bumblebee_RFID = "" &
rs.Fields("Bumblebee_RFID") & "";"
CurrentDb.Execute ( strSQL )
End If

' 3) Move to the next record
lv_recordCount = 0
rs.MoveNext
Wend
End If
Set rstFlights = Nothing
rs.Close
Set rs = Nothing
End Sub

Private Sub CalculateFlightsDataOld()
Dim strSQL As String
Dim rs As DAO.Recordset

strSQL = "SELECT * FROM
FlightsData;"
Set rs =
CurrentDb.OpenRecordset(strSQL)

If Not rs.BOF And Not rs.EOF Then
rs.MoveFirst
Dim lv_bumblebee As String

While (Not rs.EOF) ' Going through the
records
' 1) Take the first OUT of the bumblebee
and store it to the Flights table
If (rs.Fields("direction") = "out") Then
' Store the current Bumblebee
lv_bumblebee =
rs.Fields("Bumblebee_RFID")

' Store it to the table Flights as a new
record
Set rstFlights =
CurrentDb.OpenRecordset("Flights",
dbOpenDynaset)
With rstFlights
.AddNew
!Bumblebee_RFID =
rs.Fields("Bumblebee_RFID")
!out = rs.Fields("Timestamp")
.Update
.Bookmark = .LastModified
End With
rstFlights.Close
Set rstFlights = Nothing
End If

' 2) Take the next IN of the bumblebee and
add it
If (rs.Fields("direction") = "in") Then
' Store the IN part
 strSQL = "UPDATE Flights SET
Flights.In = " & rs.Fields("Timestamp") &
" WHERE Flights.In = 0 AND
Flights.Bumblebee_RFID = "" &
lv_bumblebee & "";"
CurrentDb.Execute ( strSQL )
End If

' 3) Move to the next record
rs.MoveNext
Wend
End If
rs.Close
Set rs = Nothing
End Sub

' Code for inspiration

```

```
Private Function AddOut(rstTemp As
Recordset, Bumblebee_RFID As String,
Timestamp As String)
' Adds a new record to a Recordset using
the data passed
' by the calling procedure. The new record
is then made
' the current record.
With rstTemp
.AddNew
!Bumblebee_RFID = Bumblebee_RFID
!out = Timestamp
.Update
.Bookmark = .LastModified
```

```
End With
```

```
End Function
```

```
Private Function AddIn(rstTemp As
Recordset, Timestamp As String)
' Updates OUT record with IN part
With rstTemp
.Update
!in = Timestamp
.Update
.Bookmark = .LastModified
End With
End Function “
```