

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Efektivní letová aktivita opylovačů podle vzdálenosti
porostů II**

Bakalářská práce

Jan Frajt

Živočišná produkce

Ing. Dalibor Titěra, CSc.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Efektivní letová aktivita opylovačů podle vzdálenosti porostů II" 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 18. 4. 2019

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Daliborovi Titěrovi, CSc za jeho odborné vedení a cenné rady, které mi poskytl při zpracování bakalářské práce.

Zvláštní poděkování patří mé manželce, rodičům a přátelům, kteří mě podporovali v průběhu celého studia.

Efektivní letová aktivita opylovačů podle vzdálenosti porostů II

Souhrn

Bakalářská práce popisuje výsledky vlastní experimentální studie v okolí obce Dubějovice v okrese Benešov ve Středočeském kraji. Poskytuje evaluaci doletové vzdálenosti označených včel medonosných vypuštěných na různých lokalitách zpět na primární stanoviště.

Letová aktivita je ovlivněna řadou aktuálních bioklimatických podmínek a prostředím, ve kterém se vyskytuje. Negativně na letovou vzdálenost od hnízda na pastvu působí zejména extrémně vysoké a nízké teploty vzduchu, nízká vlhkost vzduchu, silný vítr, déšť, mlha, velmi nízká intenzita osvětlení česna, taktéž nevhodný terén s nedostatkem snůšky, ale i jejich motivace k odletům z úlu. Počet denních výletů jedné létavky se pohybuje běžně mezi 3 – 10 na průměrnou vzdálenost 2 – 4 km od hnízda.

Chemické látky na ochranu rostlin mohou znamenat riziko otrav pro opylovače. Včelstvo je možné ochránit přemístěním úlu od míst exponovaných chemickou ochranou. Minimální vzdálenost transportu musí být taková, aby se včely nevracely zpět na známá místa. Různí autoři udávají značně odlišné údaje o letové vzdálenosti včel. Proto jsme uspořádali vlastní měření. Analyzovaný soubor tvořil tři skupiny s celkovým počtem 350 létavek. Včely byly odchyceny na česně na pokusném stanovišti, následně označeny, transportovány a vypuštěny z jednotlivých lokalit ze vzdáleností 1 km až 5,5 km. Byla hodnocena návratnost a doletová distance zpět do úlu.

V prvním pokusu byla zjištěna 38% návratnost z 1 km a 8 % včel se vrátilo ze vzdálenosti 4 km. Ve druhém pokusu byl výsledek podobný. Úspěšně se vrátilo pouze 10 % létavek ze vzdálenosti 3,5 km.

Tento výzkum ukázal, že bezpečná vzdálenost odsunutí včelstev dostačující pro preventivní ochranu včelstva před kontaktem a otravou prostředky na ochranu rostlin je 8 km.

Klíčová slova: letová aktivita, letová vzdálenost, ochrana včel, opylovač, včela medonosná.

Effective flight activity of pollinators due to distance

Summary

The bachelor thesis describes the results of our own experimental study in the surroundings of Dubějovice in Benešov district in the Central Bohemian region. It provides an evaluation of the range distance of designated honey bees released at different locations back to the primary site.

Flight activity is affected by a variety of current bioclimatic conditions and the environment in which it occurs. Especially extremely high and low air temperatures, low air humidity, strong wind, rain, fog, very low light intensity at hive entrance, unsuitable terrain with a lack of crop sources and the motivation for leaving the nest may also have a negative influence on the range distance between the nest and pasture. The number of daily trips per one bee is usually from 3 to 10 for an average distance of 2 - 4 km from the nest.

Plant protection chemicals can pose a risk of pollinator poisoning. Bees can be protected by moving the hive from places exposed to chemical protection. The minimum transport distance is defined by bees not returning to known places. Different authors report significantly different flight distance data on bees. That is why we organized our own measurements. The analyzed group consisted of three subgroups with a total of 350 worker bees. The bees were captured on the hive entrance of an experimental hive, subsequently labeled, transported and released from individual sites from a distance of 1 km to 5.5 km. We evaluated return and distance traveled back to the hive.

In the first attempt, 38% return on 1 km was found and 8% of the bees returned from a distance of 4 km. In the second experiment, the result was similar. Only 10% of airplanes returned successfully from the distance of 3.5 km.

This research has shown that a safe distance of bee shifting sufficient for preventive protection of the colony from contact and poisoning from plant protection products is 8 km.

Keywords: flight activity, flight distance, bee protection, pollinator, honeybee.

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Cíl práce	9
3 Přehled literatury	10
3.1 Včelovití opylovači	10
3.1.1 Čmeláci	10
3.1.2 Včela medonosná.....	11
3.2 Anatomie včely medonosné	12
3.3 Neurofyziologie včely medonosné	15
3.4 Fyziologie a letová aktivita včely medonosné	16
3.4.1 Život létavky	16
3.4.2 Metabolismus letu včel	17
3.4.3 Letová aktivita	17
3.4.4 Klimatické podmínky	18
3.4.5 Stanoviště.....	19
3.4.6 Změna stanoviště	20
3.4.7 Opylování.....	20
3.4.8 Učelnivost včel	21
3.4.9 Komunikace	22
3.5 Intoxikace a ochrana včelstva	24
4 Materiál a metody	25
4.1 Materiál a lokality	25
4.2 Metodika	29
5 Výsledky	31
6 Diskuze	33
6.1 Zhodnocení experimentu	33
6.2 Limity experimentu.....	34
6.3 Přínos experimentu	34
7 Závěr	35
8 Literatura.....	36
9 Samostatné přílohy	I#

1 Úvod

Včelovití opylovači mají celosvětově nezastupitelný ekologický i mimořádný ekonomický význam (Klein et al. 2007). Nejrozšířeným a nejuniverzálnějším opylovačem na světě je včela medonosná (*Apis mellifera*). Minimum květů je odkázáno jen na jediný druh hmyzu, ale žádný jiný opylovač není stejně efektivní jako včela medonosná (Tautz 2010).

Celosvětově je pouze jedna třetina potravin přímo či nepřímo závislá na hmyzosnubných plodinách (McGregor 1976). Díky své schopnosti opylovat kulturní plodiny je včela medonosná v Evropě třetím chovatelsky nejužitečnějším zvířetem. Včela jako superorganismus je ideální partner kvetoucích rostlin. Na aktuální podmínky daného terénu reaguje neuvěřitelnou adaptabilitou. Za jediný pracovní den dokáže včelstvo opylit až několik miliónů květů (Tautz 2010).

Dobré opylení vede k vyšším výnosům entomofilních plodin a k vysoké jakosti plodů (Pechhacker 2012). Ovoce je kvalitnější a rychleji dozrává. Opylením se zlepšuje kvalita osiva, což se následně projeví na úrodě (McGregor 1976). Čmeláci jsou rovněž důležitými opylovači a v současné době se využívají ke komerčnímu opylování různých druhů rostlin ve sklenících (Pavelka & Smetana 2003).

Dnes neexistuje v České republice místo, kam by včela medonosná nedoletěla. U nás je poměrně velký počet včelstev na jednotku plochy, v průměru 6 včelstev/km² (Přidal & Čermák 2005). Vliv na letovou aktivitu včelstva mají zejména aktuální klimatické podmínky, z nichž především teplota a intenzita osvětlení česna, dále vítr, srážky a v neposlední řadě motivace včelstva k výletům (Jeskov 2011).

Včely mají jedinečný orientační smysl, jenž jim umožňuje vrátit se zpět a předat potřebné informace dalším dělnicím v úlu. Včely vnímají prostředí všestranně, cítí, vidí, umějí se učit, rozlišují barvy i vzory a mají pozoruhodnou paměť. Čmeláci oproti včelám jsou odolnější vůči klimatickým podmínkám, zejména proti chladu a vlhku. To jim umožňuje opylovat i v méně příznivém počasí (May 1959).

Důležitost opylovačů pro zemědělskou produkci dokazuje skutečnost, že za posledních padesát let se ztrojnásobil podíl plodin vyžadující opylení. Netýká se to však základních potravin, ale spíše produkce, kterou autoři studie nazývají „luxusní“ produkcí jako jsou například kešu oříšky, švestky, maliny a manga (Aizen & Harder 2009). Zemědělci neovlivňují pouze ráz okolní krajiny, ale celkovou biodiverzitu (Marada et al 2010). Kontaminace pesticidy a herbicidy v intenzivně obhospodařované krajině představuje nebezpečný fenomén, jelikož se tyto produkty hromadí ve vegetaci, vodě i půdě a způsobují poškození prospěšných organismů včetně opylovačů (Porrini et al. 2002). Výskyt chemikálií v potravě včel, nejvíce v pylu, je bohužel úplně běžný jev (Chauzat et al. 2006).

Poněvadž jsou včely stále exponovány toxicitě většiny chemických látek na ochranu rostlin, je nezbytné hledat nové šetrnější metody a postupy, které by výrazně prospěly ochraně rostlin a zároveň neškodily opylovačům. Jednou z metod ochrany opylovačů je přesun hnízd pryč od ošetřovaných porostů. V současnosti chybí dostatek údajů, jak daleko ze svých hnízd včely létají do porostů a z jaké vzdálenosti se bezpečně vrací.

#

2 Cíl práce

Cílem práce bylo rozšíření znalostí o aktivitě jednotlivých opylovačů v krajině s experimentálním zaměřením na včelu medonosnou. Především se měřila doletová vzdálenost jedinců v závislosti na klimatických podmínkách – teplotě, vlhkosti, rychlosti proudění vzduchu a tlaku vzduchu. Mezi dílčí cíle patřil příspěvek experimentů pořízených v rámci bakalářské práce pro připravovanou metodiku integrované produkce ovoce a dalších plodin.

3 Přehled literatury

3.1 Včelovití opylovači

Opylovači umožňují přenos samčích rostlinných buněk (pylu) na samičí orgány květu (bliznu), čímž dochází k oplození a vývoji semen (plodů). Tímto způsobem jsou nejčastěji opylovány krytosemenné rostliny (Žďárek 2013). Systém opylování rostlin vytvořil mezi hmyzem a kvetoucími rostlinami závislost nazvanou mutualismus. Rostliny se odlišují nabídkou kvality i kvantity nektaru a složením pylu. Opylování květů významně přispívá k násadě plodů užitkových plodin a k druhové rozmanitosti rostlin (Tautz 2010).

Nejvýznamnější skupinou hmyzu zajišťující opylení jsou blanokřídlí (Hymenoptera), z nich pak včely (Apoidae). Nadčeleď Apoidae zahrnuje přibližně 20 000 druhů včel. Čeleď včelovitých (Apidae) zahrnuje samotářské, sociální a kleptoparazitické druhy včel (Macek 2010).

Taxonomicky se čeleď včelovití Apidae dělí na tři podčeledi – Nomadinae (nomádovití), Apinae (včely) a Xylocopinae (drvodělky). Podčeleď včely se dále dělí na 21 tribů a patří sem například Bombini (čmeláci) nebo Anthophorini (pelonosky). Čeleď Apidae charakterizují eusociální druhy primitivně nebo vysoce sociální. Pro trvalé společenství je příznačné: existence kast (plodných a neplodných jedinců), stálost společenstva, trvalou péči o plod zajišťuje více jedinců, princip dělby práce, jedinec daného druhu není schopen přežít mimo sociální jednotu (tzv. superorganismus) a v neposlední řadě rojení (Fluri & Gallmann 2013). Rojení je podmíněnou součástí rozmnožování druhu (Přidal & Čermák, 2005). Řešení dělby práce spočívá v decentralizovaném samoorganizujícím rozdělovacím mechanismu (Tautz 2010). Navzdory této skutečnosti je mezi včelovitými mnohem více druhů samotářských včel, kteří žijí zcela bez kontaktu s ostatními jedinci, samozřejmě kromě období páření (Straka et al. 2007).

Včely mají jeden důležitý společný znak, kterým se odlišují od ostatních blanokřídlých, tj. živí se výlučně sběrem nektaru a pylu z květů rostlin. Jedná se o potravu jak pro larvy, tak pro dospělé. K této potravní strategii mají kromě parazitujících druhů vyvinutý pylosběrný aparát, který je specializovaný k efektivnímu sběru a transportu pylu. Pro získávání nektaru používají specializované ústní ústrojí zvané sosák (Macek 2010).

3.1.1 Čmeláci

Rod *Bombus* v České republice zahrnuje 38 druhů čmeláků a pačmeláků (Macek et al. 2010), na světě bylo popsáno až 300 druhů (Veselý et al. 2013). Čmelák skalní (*Bombus lapidarius*), čmelák zahradní (*Bombus hortorum*) a čmelák zemní (*Bombus terrestris*) jsou našimi nejběžnějšími druhy čmeláků (Macek et al. 2010).

Čmeláky charakterizuje veliké a zavalité tělo s hustým, často výrazně zbarveným ochlupením (Macek et al. 2010). Díky tomu jsou schopni udržovat stálou a na prostředí značně nezávislou teplotu těla (jsou endotermní), preferují chladnější mírné klima. Typickou domovinou čmeláků je mírné pásmo severní polokoule, jejich kolébkou je zřejmě Asie, kde lze nalézt největší počet druhů (Žďárek 2013).

Čmeláky můžeme považovat za pravý společenský hmyz, ale v řadě znaků ještě zaostávají. Dospělí jedinci se nedovedou vzájemně krmit jako včely a také nevylučují žádné poplašné chemické signály, bez nichž se hmyzí společenstva neobejdou (Krieg et al. 2009). Nepotvrdila se však domněnka, že dělnice nedokáže informovat ostatní o nálezu pastvy.

Většina druhů mírného pásma zakládá jednoleté společenství s jedinou plodnou samicí (matkou) a několika generacemi dělnic, kdy podobně jako u jiných sociálních druhů blanokřídlých (např. u vos a sršní) přezimují oplozené samice. Svá zimoviště opouštějí již brzy na jaře a hledají vhodné místo k založení hnízda. Nejčastěji se jedná o opuštěná hnízda hlodavců či dostatečnou vrstvu mechu nebo suché trávy na povrchu. Čmeláky však můžeme najít i v dutinách stromů či ptačích budkách. Samice si prostor pro hnízdo nikdy sama nehloubí a na rozdíl od včely medonosné buduje pouze jednoúčelné buňky (Žďárek 2013). Samice si prostor vyčistí a potáhne vrstvou vosku, ze kterého vyrobí i medový zásobník. Vytvoří ze směsi pylu a nektaru bochník, na němž naklade až 16 vajíček. Poté vše překryje voskovou vrstvou a vzniklou plodovou komůrku zahřívá pro urychlení vývoje vajíček. Do týdne se z vajíček vylíhnou larvy, které se živí na pylovém bochníku. Po deseti dnech se larva zakuklí a za dva týdny se vylíhnou dělnice, které podle výživy dorůstají různé velikosti. Menší dělnice přejmou práci v hnízdě, větší mimo hnízdo. Specializovanou kastou jsou „komorné“ pečující o samotnou matku. Ta pak pokračuje převážně v kladení vajíček a péči o další plod. Generace pohlavních jedinců samců a samic se líhne v létě, kdy je kolonie na vrcholu rozvoje (Macek et al. 2010).

Některé druhy čmeláků a pačmeláci jsou přizpůsobeni k sociálnímu parazitismu. K tomuto jevu dochází hlavně z důvodu nedostatku hnízdních příležitostí. Pačmelákům chybí sběrací košíček i kasta dělnic. Typickými znaky jsou silná kusadla, pevná kutikula a silné, nahoru zahnuté žihadlo. Samice aktivně pronikají do hnízd hostitelů a původní samici buď zabijí, nebo si ji podřizují. Samice některých druhů otevírají plodové komůrky původních obyvatel, likvidují vajíčka a na jejich místo kladou vlastní. Larvy pačmeláků jsou však zcela odkázány na péči hostitelských dělnic. Vazba na hostitele je velmi těsná, zpravidla každý druh pačmeláka je specializován na určitý druh hostitele, kterého imituje svým vzhledem i chemickými signály (Macek et al. 2010).

Čmeláci mají značný význam jako opylovači. Obzvláště v chladných horských oblastech, kde včely medonosné pro nízké teploty nelétají (Veselý et al. 2013). Také svou opylovací činnost vykonávají i za soumraku, při silně zataženém nebo mlhavém počasí (Karpfinger et al. 2011). Čmeláci jsou vybaveni delším sosákem, čímž jsou výhradními opylovači rostlin s dlouhými a úzkými kalichy. Na rozdíl od včel medonosných čmeláci dobře snášejí omezený prostor, tudíž se hodí k opylování rostlin ve sklenicích (Veselý et al. 2013). K těmto účelům je nejčastěji využíván čmelák zemní (Ptáček 2008).

Jen dvě až tři hnízda čmeláků dostačuje pro efektivní opylení jednoho hektaru rostlin, například rajčat, pěstovaných v komerčních izolátorech (Krieg et al. 2009).

3.1.2 Včela medonosná

Včela medonosná je vývojově nejdokonalejší druh rodu včela i celé čeledi včelovitých (Veselý et al. 2013). Rovněž se jedná o druh s největší užitkovostí a s nejvíce vyvinutějším sociálním chováním (Přidal & Čermák 2005).

Pochází nejspíše z východní části tropické Afriky, odkud se rozšířila dvěma směry, na sever do Evropy a na východ do Asie. Postupně se rozšířila do klimaticky rozdílných oblastí. Včely žijí na všech kontinentech vyjma Antarktidy. V důsledku adaptace k lokálním klimatickým podmínkám vzniklo přibližně dvacet poddruhů včely medonosné šlechtěním a křížením množství kulturních ras, odlišujících se od sebe podobou i chováním. S rozvojem včelařství docházelo permanentně k transferům včelstev a tím k hybridizaci primárních plemen. Na většině evropského území je dnes chována smíšená populace bez ostrých hranic mezi plemeny (Macek et al. 2010). Zástupci včely medonosné jsou rozděleni do třech skupin na plemena evropská, orientální a africká. Původním plemenem, které chovali naši předkové, byla včela medonosná tmavá (*Apis mellifera mellifera*). Křížením byla prakticky vytlačena a vyskytuje se jen v nepřístupných místech. Nejvhodnějším plemenem pro celou střední Evropu je včela medonosná kraňská (*Apis mellifera carnica*). Zároveň má celou řadu dobrých chovatelských vlastností (Přidal & Čermák 2005).

Na včelstvo se pohlíží jako na neoddělitelný celek, tvoří jeden jediný živý superorganismus. Jednotlivé skupiny včel vykonávají určité činnosti ve včelstvu jako orgány tohoto superorganismu (Delaplane 2016). Kolonie čítají v létě asi 50 000 jedinců a v zimě 20 000 jedinců (Tautz 2010). Z rodu *Apis* se jediné včela medonosná vymanila ze závislosti na trvale teplém podnebí tzv. kolektivní termoregulací. Výroba tepla je energeticky náročná, středně silný roj spálí za zimu v našich klimatických podmínkách asi 25 kg medu, přičemž nepřetržitě vyrábí teplo, které odpovídá výkonu čtyřiceti wattové žárovce (Žďárek 2013).

Rozlišujeme dva principy dělby práce podle kast a podle funkce. Dělnicím ve včelstvu jsou dány činnosti: od nepřetržité péče o potomstvo, zajišťování, rozdělování a skladování potravy, stavění hnízda, regulace mikroklimatu v hnízdě, přes udržování hygieny v hnízdě, až po stráž česna a obrana. Spolu s matkou přezimují a rojí se. Matka a trubec vytváří reprodukční orgán včelstva (Fluri & Gallmann 2013). Trubci se líhnou z neoplozených vajíček, tzv. partenogeneze (Kruk 2015). Kastovní dimorfismus mezi matkou a dělnicí je determinován v prvních třech dnech vývoje larvy na základě výživy. Dělnice disponují úžasnou přizpůsobivostí v délce života. Mezi oběma kastami je největší rozdíl v dlouhověkosti (Fluri & Gallmann 2013). Matky žijí až čtyři roky, letní dělnice šest týdnů nebo zimní dělnice až sedm měsíců. Trubci žijí tři až šest týdnů (Veselý et al. 2013). Bez flexibility délky života dělnic by nebyla možná nepřetržitá existence tohoto superorganismu (Fluri & Gallmann 2013). Trubci podporují rozvoj včelstva, ale také mají vliv na celkovou náladu ve včelstvu. Dělnice v přítomnosti trubců žijí déle a mají více rozvinuté hltanové žlázy (Kruk 2015).

3.2 Anatomie včely medonosné

Velká plastičnost anatomie je výrazným znakem biologie včel. Tento systém rychlé adaptace je založen geneticky (Tautz 2010). Stavba těla a funkce určitých orgánů se mohou lišit u matky, trubců a dělnic podle závislosti na specializaci k daným činnostem (Veselý et al. 2013).

Článkovité tělo se skládá z **hlavy, hrudi a zadečku**. Volné spojení článků opatřených chitínovým krunýřem, nazývaným také **vnější kostrou**, umožňuje mobilitu. **Vnitřní kostra**

(tentorium) těla včely je vyvinuta jen částečně a poskytuje ochranu vnitřních orgánů i oporu pro úpony svalů (Veselý et al. 2013).

Hypognátní **hlava** (caput) včely je s hrudí spojena úzkým pohyblivým hrdlem. Hlava matky má srdcovitý tvar, u dělnice je trojúhelníkovitá a trubec má kruhovitou hlavu (Veselý et al. 2013). Včela má celkem pět očí. Po bocích temene hlavy (vertex) jsou dvě složené oči (oculi compositi). Na horní části temene jsou uloženy tři čelní jednoduché oči (ocelli) do tvaru trojúhelníku a jsou spojena s rovnovážným ústrojím (Ruff 2012). Od spodního jednoduchého oka se táhne středem temena tenká brázdička (carina), která se směrem k oběma tykadlům (antennae) rozděluje a uzavírá se spojnicí čela (frons). Pod ní se nachází čelní štítek (clypeus) s kloubně napojující se horním pyskem (labrum) a kusadly (mandibulae). Týl (occiput) je tvořen částí za lícní (postgenae) a týlním otvorem (foramen occipitale), kterým prochází hltan, nervová páska, aorta, vzdušnice a vývod slinné žlázy. Pod týlním otvorem se nalézá ústní pole (fossa proboscis) vystlané měkkou membránou v něm jsou v klidové poloze složeny čelisti (maxillae) a spodní pysk (labium), jež dohromady tvoří sosák (proboscis (Veselý et al. 2013)).

Do jamek nad čelním štítkem jsou vedle sebe vkloubena dvě článkovitá **tykadla** (antennae), která jsou tvořena násadcem (scapus), prstencem (pedicellus), bičíkem (flagellum) a smyslovým ústrojím. S jejich pomocí včela dovede přijímat čichovou, chuťovou a hmatovou aferenci. Pohyb tykadly všemi směry umožňují čtyři svaly, jež se upíná k násadci tykadla a k ramenům tentoria. Články tykadel prochází nervy, vzdušnice a proudí hemolymfa (Foelix et al. 2013).

Ocelli jsou typem oka komorového bez schopnosti akomodace z důvodu nepohyblivé čočky, které reagují jen na změny intenzity světla (Veselý et al. 2013). Oko tvoří bikonvexně vypuklá rohovka (cornea). Po stranách čočky je nepohyblivá clona (iris) obalena silně pigmentovými buňkami. Pod čočkou jsou čočkotvorné buňky a dlouhé zrakové buňky spojující se v průhledný sloupek (rhabdom), světelné čidlo, jež usměrňuje světelný tok na sítnici (retina) složenou z fotosenzitivních buněk. Světelné impulzy jsou nervovými vlákny odvedeny do mozku. Každé oko vnímá jeden světelný bod a jeho snímek posílá do mozku. Zde se ve zlomku sekundy všechny bodové snímky složí do jednoho celistvého mozaikového obrazu (Ruff 2012). Ocelli umožňují ultrafialové vnímání pro řízení letu (Foelix et al. 2013).

Ocelli rozeznávají jen světlo a tmu, zatímco oculi compositi barvy. Dvě velké fazetové nebo také složené oči jsou složeny z mnoha šestiúhelných faset (ommatidia). Přes pět tisíc čoček složeného oka umožňuje včele vidět panoramatické vidění. Každé ommatidium je seskupeno z průhledné čočky a z jednoho krystalinního kuželu. Přímo pod ní se nachází svazek osmi sítnicových buněk a v jeho středu je rhabdom. Složené oko je tedy extrémně širokouhlý objektiv se zorným úhlem 280°. Včela vnímá až 265 světelných vzruchů za sekundu a tím může zaznamenat i rychlé pohyby. Jelikož všechny oči perfektně spolupracují, vyváží tím omezenou pohyblivost hlavy (Ruff 2012).

Hrud' (thorax) je složena z hrudních článků: předohrud' (prothorax), středohrud' (mesothorax), zadohrud' (metathorax) a bedro (propodeum). Thorax má hlavní funkci jako nosič orgánů pohybu, tj. křídel a nohou. Tomu koresponduje její vnitřní a vnější stavba i mohutné svalstvo (Veselý et al. 2013).

Včela má na zadní části hrudí dva páry blanitých křídel (alae), pokrytých jemnými chloupky, pouhým okem neviditelnými. Nejsou to končetiny, ale vychlípeniny pokožky,

do nichž ve stadiu kukly pronikly vzdušnice a nervy. Kolem nich proudí do křídel hemolymfa. Jejich výztuž a typickou žilnatinu tvoří vzdušnice. Blanitá část křídel přechází u báze v tzv. kořen, což je složitý kloubní systém, na kterém jsou senzory vysílající informace o napětí v křídlech. Vyšší efektivita letu je zajištěna spojením většího předního a menšího zadního křídla prostřednictvím miniaturních háčků (Veselý et al. 2013). Každý háček vyrůstá z cibulky a je mechanickým smyslovým orgánem vysílajícím nervové impulzy do mozku (Foelix 2012). Až 25 háčků vyrůstá na předním okraji zadního křídla (Veselý et al. 2013). Systém funguje na principu suchého zipu (Foelix 2012). Při letu včely zapadají do žlábků na zadním okraji předního křídla. Vytvoří tak souvislou trojúhelníkovou plochu. Po skončení letu a návratu křídel do klidové polohy se háčky samy vypnou posunutím předního křídla přes zadní (Veselý et al. 2013). Popsané spojení křídel se vyskytuje u většiny blanokřídlých, tedy i u čmeláků (Foelix 2012).

Křídla neobsahují vlastní svaly. Kontrakci křídel nahoru a dolů ve tvaru osmičky zajišťuje přímé a nepřímé hrudní svalstvo. Přímé létací svaly se upínají ke křídům a k tentoriu hrudi v místě kloubních jamek noh. Jedny přivádí křídla do letové i klidové polohy, druhé rotují křídla v jejich podélné ose a usměřují tak jejich aktivitu. Nepřímé podélné létací svaly se upínají na vnitřní straně hrudi k zadní části mesothoraxu a k mesofragmě. K zadní i přední části mesothoraxu jsou upnuty nepřímé příčné létací svaly. Menší část svalů se ještě upíná mezi štítkem mesothoraxu a prothoraxu a mezi mesofragmou a propodeumem (Veselý et al. 2013). Nepřímé svalstvo zaujímá 75 % hrudi a pohybují křídly během letu (Gajger 2013). Při kontrakci příčných svalů přitlačí štít hrudi na bázi křídla a tím včela mávne směrem vzhůru, při relaxaci těchto svalů mávne dolů. Koordinace nepřímých podélných a přímých svalů způsobuje kontrakci křídel do tvaru osmičky (Veselý et al. 2013). To znamená, že se za letu rychle mění tvar včelí hrudi (Ellis & Endowed 2015).

Všechny tři páry **nohou** (pedes) se nacházející na hrudi slouží včele k dalšímu pohybu, k vytváření řetízků s ostatními včelami, k předávání voskových šupinek, při sběru a ukládání pylu, propolisu i k čištění těla. Jsou též nositelé chemických a mechanických receptorů. Jednotlivé články noh jsou kloubně spojeny v kyčel (coxae), příkyčlí (trochanter), stehno (femur), holeň (tibia) a pět článků chodidla (tarsus). Dva drápky na poslední článku tarsu slouží pro chůzi po ostrém terénu. Díky přilnavému polštářku je umožněna včelám chůze po hladkém povrchu i zpětné vycouvání z hlubokých květních trubek. Pohyb nohou ovládají antagonistické svaly přímo uvnitř jednotlivých článků (Veselý et al. 2013).

První nožní pár funguje jako čistící aparát na tykadla a jako jejich úložna před výletem z úlu. U dělnic se na druhém nožním páru zachoval dlouhý trn sloužící při vpichování pylové rousky z košíčku třetího páru noh. Známý je hlavně pylosběrný aparát na třetím páru nohou. Jeho podstatou je tzv. košíček, což je prohlubeň s trnem na vnější straně holeně, kolem něhož se začne nabalovat pyl. Na vnitřní straně holeně je řada tuhých krátkých chloupků tzv. hřeben a za ním hladká ploška tzv. tlačítko. Na patě je proti tlačítku výčnělek tzv. posunovač pylu, který dělnice používá při tvoření pylové rousky z pylu nahromaděného na kartáčcích uložené na patách všech páru noh (Veselý et al. 2013).

V **zadečku** (abdomen) jsou uloženy trávicí orgány včetně medového váčku, vyměšovací a pohlavní ústrojí, část cévní a nervové soustavy, jedová žláza, vzdušné vaky a žihadlo. Značná roztažitelnost zadečku všemi směry je zcela nezbytná, aby dělnice mohla dostatečně naplnit medný váček při snůšce a výkalový vak při dlouhé zimě bez možnosti

#

očistného proletu. Jeho rytmické kontrakce a dekontrakce pomáhají včele při dýchání. Zadeček je tvořen články z hřbetní části (tergit) a břišní (sternit (Veselý et al. 2013)).

3.3 Neurofyziologie včely medonosné

K nervovému systému včely patří **mozek a periferní a viscerální nervstvo** včetně **smyslových buněk**. Nervový systém odpovídá předpokladům formaci včelího těla. Gangliová (žebříčková) nervová soustava je silně redukována na mozek, nadjícnový a podjícnový ganglion, dvě ganglia v hrudi a pět ganglií v zadečku (Veselý et al. 2013). Tyto ganglie koordinují včelí reakce na jakékoliv podněty. Všeobecně lze říci, že ganglie kontrolují funkci nervů v článkovitém těle tam, kde se příslušná ganglie nachází (Ellis & Endowed 2015).

Mozek je hlubokými zářezy rozdělen na přední (protocerebrum), střední (deutocerebrum) a zadní část (tritocerebrum). V protocerebru je uloženo zrakové centrum. Nejdůležitější části mozku jsou tzv. houbová tělíska (corpora pedunculata), v nichž se sbíhají asociační elementy z celého těla. Jsou centrem komplikovaných instinktů a vyšších psychických projevů včel. Deutocereberum vysílá dva nervy do každého tykadla. Z ganglionů tritocerebra se inervuje obličejová část hlavy včetně sosáku a kusadel (Veselý et al. 2013).

Hrudní a zadečková ganglia inervují příslušné části těla. Periferní nervy vycházejí z ganglií smíšených, senzitivních i motorických. Aferentace, transformace a eferentace impulsů zprostředkovávají asociační neurony centrálního nervového systému (Veselý et al. 2013).

Vzhledem k pevné vnější kostře se vyvinuly **smyslové orgány**, tzv. sensilly, reagující na podněty velmi nízké intenzity. Většina smyslových ústrojí je umístěna na povrchu těla, a to zejména na tykadlech, sosáku a nohách. Některé, zvláště chordotonální, jsou uvnitř dutin nohou a tykadel (Veselý et al. 2013).

Vlasovitá smyslová ústrojí (sensilla trichodea) má podobu tuhého chitinového vlásku vyčnívajícího z pokožky. Do dutiny vlásku proniká nervové vlákno smyslové buňky sloužící k percepci gravitačních, taktilních a zvukových impulsů. Hlavně na tykadlech dělnic a matek jsou ústrojím hmatovým. Zhruba 180 sensil reagujících na zemskou tíži je uloženo v místě připojení hrudi k hlavě a zadečku k hrudi. Sensily sluchového ústrojí, nacházející se v occiputu blízko složených očí, vnímají zvukové vlny šířící se vzduchem. Převážně na tykadlech jsou hmatová ústrojí (Veselý et al. 2013).

Destičková smyslová ústrojí (sensilla placodea) jsou centrem čichu a chuti i reakcí na vibrace a tlak vzduchu, které se nacházející na tykadlech, sosáku, člancích chodidel a na žihadle. Další sídla čichu na tykadlech jsou **Leydigovy kužele** (sensilla basiconica) a **Ferellovy lahvice** (sensilla ampullacea (Veselý et al. 2013)). Složitá **chordotonální smyslová ústrojí** reagují chvění přenášená substrátem z nohou a tykadel (Johnstonův orgán).

Včely mají velmi dobrý čich. Základním čichovým orgánem jsou tykadla. Čichové chloupky tykadel slouží k identifikaci CO₂ a měření vlhkosti a teploty. Speciální Johnstonův orgán slouží jako receptor polohy tykadel. Díky rozdílnému vychýlení umí včela dokonce zaznamenávat rychlost letu (Foelix et al. 2013).

Ve skutečnosti včely neslyší, proto nemohou rozeznat zvuk letu jiných včel v blízkosti potravy a sluch využít k orientaci. Pomalu letící bzučící včely jsou nápadné, protože dobře vidí jejich pohyb. Šumivé zvuky letů vznikají jako vedlejší produkt specifických pohybů

křídel, jejichž funkce spočívá ve vytváření turbulencí. V těchto turbulencích mohou zachytit feromony Nasanovovy žlázy, která je orientační chemickou pomůckou pro nezkušené včely při vyhledávání vzdálených cílů (Tautz 2010).

Včely reagují **na zemský magnetismus, elektromagnetické pole i na statickou elektřinu**. Tyto „šesté smysly“ pomáhají v předpovědi počasí a usnadňují navigaci při dlouhých letech (Žďárek 2013). Proto se také jako referenční poloha využívá směr zemské tíže při tancích v tmavém úle i přes to, že se odehrávají na svisle visících plástech (Tautz 2010). Elektrické náboje květů se různí. Rostliny mají většinou negativní náboj a emitují slabé elektrické pole. Letící včely získávají vzduchem kladný náboj. Jeho velikost závisí na stavu vzduchu, napětí může činit až 200 voltů. Když včely na květu přistanou, květ svůj potenciál (náboj) změní a takto změněný zůstává po dobu řady minut. Tímto sdělením včely poznávají, že květ je momentálně prázdný (Clarke et al. 2013).

Podstatou včelího zraku jsou fotoreceptory zrakového ústrojí detekující intenzitu světla. Za každou hexagonální fasetou je osm fotoreceptorů, přičemž celé oko tvoří tisíce faset (Rigosi et al. 2017). V sítnici složených očí jsou tři typy fotoreceptorů, z nichž každý vnímá barvy určité vlnové délky, tj. barvu fialovou, modrou a zelenou. Za letu včely vidí černobíle. K měření distance používají pouze receptor pro zelenou, která je i nejčastější barvou vegetace (Tautz 2010). Rozsah trojbarevného vjemového spektra včely je posunut do ultrafialové oblasti, a proto včely nevnímají červenou barvu. Červené květy vidí jako šedočerné, ale se známkami ultrafialové (Ruff 2012).

Včely vidí ultrafialové světlo, tj. schopnost vnímat více barev na krátkovlnném konci spektra. Včely využívají krátkovlnné světlo k orientaci při letu. Včely vidí barvu v závislosti především na vlnové délce světla a na rychlosti letu včely. S barevným viděním navíc souvisí i chování včely při letu (Tautz 2010).

Včela umí rozpoznat polarizované světlo, tj. rozdělené světlo podle směru kmitání světelných vln. Na obloze reflexe polarizovaného světla vytváří vzory na atmosféře, které včelám přináší neocenitelné výhody při navigaci (Foelix et al. 2013).

Tím, že ocelli jsou spojena s rovnovážným aparátem, slouží jako světelný kompas. Řídí denní aktivity včely, slouží k navigaci, stabilizují letovou dráhu vůči horizontu a reagují na krátkovlnné polarizované světlo (Ruff 2012).

#

3.4 Fyziologie a letová aktivita včely medonosné

3.4.1 Život létavky

Život létavky je posledním a nejnáročnějším obdobím života dělnice. Už ve službě na česnu strážkyně podniká krátké orientační prolety do blízkého okolí. Během nich se nezkušené včely seznamují s okolím hnízda, učí se poznávat jeho vchod a vštěpují si zákonitosti pohybu slunce po obloze. Strážkyně se létavkou stává ve čtvrtém týdnu života. Od té doby létavka neúnavně podniká jeden výlet na pastvu za druhým (Tautz 2010).

Pátračky, v každém včelstvu asi 5 – 20 % vylétávajících včel, stále vyhledává nové lukrativní zdroje potravy a informují potom v úle sběratelky. Opouští hnízdo a věnují se zajišťování potravy ve formě nektaru, medovice, pylu, vody a také zdroji propolisu (Žďárek 2013). Rozdělení a počet terénních pracovníků na sběratelky nektaru a sběratelky pylu a jejich

#

počet se mění podle aktuálních požadavků. Oba produkty současně snášejí maximálně 15 % létavek. Většina z nich má funkci produktové specialistiky. Část létavek se po celou dobu své kariéry věnuje jen přinášení vody (Tautz 2010).

Převaha úlových včel nad létavkami je v poměru 2:1. Včelstvo dokáže odchovat během léta 100 000 – 200 000 létavek. Průměrná létavka absolvuje 3 – 10 výletů za den a dokáže sbírat po dobu 10 – 20 dnů. Při optimálních podmínkách včelí rekordmanka dovede navštívit za jeden den až tři tisíce květů (Tautz 2010). Po nalétání asi 800 km se její létací svaly tak opotřebují, že vypovědí službu. Za svůj krátký, ale naplněný život může létavka realizovat asi 400 výletů a snést do hnízda nektar potřebný k získání pouhých 7 g medu (Žďárek 2013).

3.4.2 Metabolismus letu včel

Metabolické hodnoty letu jsou velmi vysoké. Z tohoto důvodu létavky používají velice ekonomické metody na sběr nákladu a jeho transport do úlu. Produkce a spotřeba energie se během letu odehrává v prsních nebo létacích svalech. V průběhu letu je metabolická potřeba svalů odlišná dle denní aktivity včely a teploty vzduchu a může být stokrát vyšší než v klidové fázi. Spotřeba nektaru během letu včely je závislá na nákladu, který létavka nese. Naproti tomu spotřebu kyslíku během letu neovlivňuje let s nákladem či bez něj (Gajger 2013).

Hrud' včely je také centrem pro ovládání tělesné teploty, obzvláště pak pro produkci teploty, která je odpadním produktem vysoké metabolické aktivity potřebné v průběhu letu. Létací svalstvo je tedy klíčové pro udržování termoregulace při letu (Gajger 2013) a správně funguje jen při poměrně vysoké teplotě okolo 28 °C. Přesto mohou včely létat v enormním rozmezí venkovních teplot od 10 do 40 °C, protože každá dělnice může svou tělesnou teplotu aktivně ovládat (Žďárek 2013).

3.4.3 Letová aktivita

Aktivita závisí zejména na motivaci letů a možnosti jejich uskutečnění. Vrozená potřeba doplňování krmných zásob pobízí včely vylétat z úlu. Opouštění úlu stimuluje i přeplnění výkalového vaku, k čemuž dochází během zimování nebo také během delších období jarních a letních ochlazení (Jeskov 2011).

Při prvním letu od úlu ke zdroji začátečnice potřebuje třicetkrát více času než ty, které zdroj již navštívily. Dobu letu nových včel lze zkrátit vůní, kterou vítr zanáší přímo k úlu (Tautz 2010).

Schopnost včel létat spočívá v nekonvenční kombinaci krátkých trhavých pohybů křídel s rychlou rotací křídel při máchnutí a zpětném pohybu a to vše s úctyhodně rychlou frekvencí (Altshuler et al. 2005). Aerodynamické vlastnosti křídel pomáhají měnit směr a rychlost letu, kterým je ovlivňováno zatížením včely. Jedná se o nasbírané suroviny nebo naplněný výkalový vak. Křídla včel kmitají více než dvěstěkrát za sekundu. Kmitová frekvence letící včely na pastvu se pohybuje okolo 250 Hz. Při návratu do úlu se frekvence snižuje. Oproti tomu letová rychlost je mnohem nižší a činí asi 25 km/h (Foelix 2012).

Jestliže včely mají naspěch, jejich letová rychlost dosahuje až 30 km/h. Při této rychlosti jsou barvoslepé. Teprve, když včela „vypne motor“ a pomalu krouží nad květy,

objeví se barvy. Za letu potřebuje zpracovávat jiné podněty než barevnost okolí. Vyhodnocuje informace související s navigací a kontrolou letu. Musí reagovat na překážky, orientovat se podle polohy slunce a rozeznávat v rychlém sletu strukturální detaily okolí. Včely, podobně jako mnoho dalších druhů hmyzu, vidí objekty díky jejich pohybu. Rychlé pohyby, které vidíme rozmazaně, včely vidí ve všech fázích ostře (Tautz 2010).

Tedy optické vnímání květů včelám naskočí teprve při pomalém letu v těsné blízkosti květů. Ty mohou včely přilákat i z velké vzdálenosti. Včela přistává na květ zásadně proti směru vzduchu, protože při sběru nektaru využívají jeho proudění k vyslídění květů. Pokud je ovzduší klidné, vůně se šíří difúzně a včelám při orientaci pomáhá jen málo. Jestliže vzduch je v pohybu, přenáší molekuly vůni s sebou a sehrávají podstatnou roli při navigaci k cíli. Jestliže létavky vědí, jak zdroj voní, avšak nevědí, kde v krajině leží, dorazí do cíle velmi rychle, pokud vzduch proudí od květů směrem k úlu. V jiném případě krouží tak dlouho, dokud nenarazí na proudění s cílenou vůní, kterou potom sledují až ke květu (Tautz 2010).

Včely také vnímají okolí odlišně podle momentální situace a motivace. Jinak, když letí na pastvu, a jinak při návratu. V druhém případě se orientují spíše podle grafických vzorů než podle barev. Z tohoto důvodu mají na cestě do úlu analyzátor barev vyřazený z provozu, i když letí pomalu (Žďárek 2013).

Pátrací lety vytvářejí hustou neviditelnou informační síť, která podchytí všechny dostupné květy. Včelstvo může čistě teoreticky pokrýt kolem svého hnízda plochu 400 km², pokud se počítá s maximální vzdáleností, na jakou se může včela od hnízda vzdálit. Ta činí při přímočarém letu asi 10 km. Létavce postačí zásoba energie, kterou si v podobě medu natankuje s sebou na cestu. Tak dlouhé lety podniká jen v pustině bez květů. Při nedostatku nektaru se létavka musí vydat i na tak dalekou vzdálenost, že spotřeba energie je téměř stejně velká jako její zisk. Běžně se létavky při svých výletech vzdalují od hnízda na průměrnou vzdálenost 2 až 4 km (Tautz 2010).

V našich zeměpisných šířkách končí letová aktivita včel koncem října až začátkem listopadu. Od poloviny až koncem února teplota nad 10 °C dovoluje včelám první prolet. Opouštějí hnízdo a vyprazdňují výkalový vak. Vylétají a vyprazdňují se pouze včely, které to nezbytně potřebují. Zimní chomáč se sice dostává do pohybu, ale ještě se nerozpouští (Přidal & Čermák 2005).

3.4.4 Klimatické podmínky

Klimatické změny za posledních třicet let posunuly termín prvního očištného proletu včel téměř o 28 dní dříve. Vlivem oteplování dochází k prodlužování doby snůšky, což je přetěžujícím faktorem (Berg 2014).

Letová aktivita je limitována aktuální meteorologickou situací. Za horšího počasí včely vylétají do 200 m od úlu. Velký vliv mají teploty a srážky. Nárůst teploty prostředí podporuje terénní činnosti. Při nízkých teplotách nebo naopak při příliš vysokých teplotách je výskyt létavek nižší. Přinášení vody pokračuje i za nižších teplot než sběr nektaru (Veselý et al. 2013). Včely jsou uzpůsobené k letu až od venkovní teploty okolo 12 °C, což otevírá prostor konkurenčním čmelákům, kteří mohou vylétat již při 7 °C (Tautz 2010). Během chladného a deštivého počasí je maximální jejich dolet 50 – 200 m (Přidal & Čermák 2005).

Při ochlazení na 7 až 9 °C se včela přestává pohybovat. Při 4 až 6 °C upadá do chladové strnulosti, která při nižších teplotách nastupuje ještě rychleji. V tomto stavu může jedinec přežít nanejvýš dva dny. Nástup ztuhnutí vlivem nízké teploty silně závisí na teplotě prostředí, v němž se včela zdržovala předtím. Také zimní včely mají nižší teplotu křehnutí než včely letní. Včelí tělo má velmi špatnou tepelnou izolaci, i když je lehce zlepšená hustým ochlupením. Tímto vlivem je přenos tepla do okolí velmi rychlý. Hlavním zdrojem tepla je hrud', kde teplo vzniká svalovou činností (Dietrich & Tautz 2018).

U dešťových srážek je výskyt minimální. Také mlha omezuje ve vylétávání za snůškou. Nepříznivě působí rovněž vítr. Při rychlosti větru 24 km/hod silně zpomaluje let včel a při rychlosti 32 hm/hod již ustává. (Veselý et al. 2013).

Včela medonosná není dobrým letcem v porovnání s jinými druhy hmyzu. Poznává se to ve chvíli, kdy přetížena nákladem se připravuje vletět do úlu. Důkazem neohrabaného chování je množství mrtvých létavek, které na stanovišti se studeným východním větrem zahynou i za slunného jarního dne. Vítr je smete poblíž úlu obvykle do trávy, kde při teplotě pod 10 °C ztuhnou. Logickým důsledkem tohoto pozorování je ochrana před větrem zejména východního směru zvláště na jaře. Převážně se jedná o sběratelky pylu (Přidal & Čermák 2005).

Jedním z hlavních faktorů ovlivňujících začátek a ukončení letu je osvětlení. V době příznivé pro doplňování krmných zásob se část včel aktivizuje dlouho před úsvitem pouhých 0,05 luxů. Minimální osvětlení, při němž jsou možné podnikat první výlety, závisí na vzdálenosti od zdrojů snůšky navštěvovaného předchozí den. Pro počátek výletu je podstatná intenzita slunečního svitu letákových otvorů. Snůška ve vzdálenosti 1000 metrů od úlu je možná při 3 lx. Jeho zastínění oddaluje začátek letů. Osvětlenost, při níž včely večer ukončují výlety, závisí na distanci od cíle. Jsou případy, kdy včely létají po západu slunce a navštěvují květy s vysokou produkcí nektaru během teplých měsíčních nocí. Tehdy osvětlení dosahuje až 0,2 lx, což odpovídá minimální intenzitě. Denní dynamika změny osvětlení ztrácí vliv na aktivitu při nepříznivých teplotách, zvláště během jarních ochlazení. Tedy k základním limitujícím faktorům patří intenzita osvětlení a stupeň teploty, přičemž oba mají stejně silný vliv na letovou aktivitu (Jeskov 2011).

3.4.5 Stanoviště

V našich zeměpisných šířkách je vhodným stanovištěm slunečné, teplé a suché místo chráněné před větrem. V doletu včel by mělo poskytovat dostatečnou nabídku pastvy. Požadované nároky jsou důležité hlavně v jarních měsících (Přidal & Čermák 2005).

Ideálním místem pro včelnice, včelíny i jednotlivé úly je periférie lesa, která chrání včely před východním, západním a severním větrem. Velmi vhodnou lokalitu můžeme najít na jižní straně s ovocnými stromy a loukami nebo pozemky svažující se směrem k jihu a s částí dostatečně hlubokého zářezu. Severní svahy, kde pravidelně vane studený vítr, nejsou vhodné, protože jsou vlhké, většinou stinné a chladné. Také brzdí letovou aktivitu včel. Nevhodným místem pro stanoviště bývají kopcovité pozemky ve volné krajině bez stromů a keřů. Přednost se dává plochám, které nejsou hospodářsky využívány a jsou tudíž celoročně s porostem. Včelstva v bezprostřední blízkosti křovin jsou při odpovídajícím oslunění pozemku v teple a současně ochráněná před větrem. Přírozený porost poskytuje dostatek jarní

pastvy. Stromy a keře, které od poloviny května zastiňují asi od dvanácté hodiny úly, stanoviště optimalizují. Nedoporučuje se vybudování stanoviště v těsné blízkosti silnic a dálnic. Vzdušné víry vznikající kolem rychle jedoucích vozidel narušují orientaci včel. Pokud se létavka do takového víru dostane, je ztracena (Urban, 2018).

Směr výletu je také úzce svázán se světovou stranou, k níž jsou orientovaná česna. Při vzestupném jarním rozvoji orientace česna hraje podstatnou úlohu. Druhořadý význam má nasměrování výletu v ostatních ročních obdobích, protože déšť, zima a sníh nepatří k letovým dnům. V období jarního rozvoje volíme jižní, jihozápadní nebo jihovýchodní stranu pro česna. Východně orientované česna vylákají s vycházejícím sluncem včely na pastvu až v době, kdy je teplota vzduchu 12 až 15 °C, tím se sníží ztráty létavek (Urban, 2018).

3.4.6 Změna stanoviště

Z nejrůznějších důvodů je někdy nutné včelstvo přemístit. Pokud je to v letních měsících, musí se učinit určitá opatření, aby nedošlo k většímu snížení létavek. Transfer se uskutečňuje v noci nebo brzy ráno (Veselý et al. 1985).

Celkový proces transportu včelstev za pastvou na velké vzdálenosti, spolu s odpovídajícími změnami životního prostředí, působí na včely jako stresový faktor. Což může vést k imunodeficienci a přispět ke vzniku epidemií. Neustálý přesun je typický pro kočovné včelařství (Cooper 2007). Nesnadné až nemožné je kočování u čmeláků a samotářských včel, protože nejsou tak snadno ovladatelní (Veselý et al. 2013).

Přemístění na jiný pozemek ve vzdálenosti tři a více kilometrů od primárního stanoviště nepostihuje značné ztráty létavek. Přesuny včelstev na pozemky do jednoho kilometru od původního stanoviště se nevyhnou bez ztráty a to z důvodu oblasti se standardní doletovou vzdáleností. Včelstva se musí stěhovat až po delší letové přestávce, např. po přezimování, ale s proletem. Rozhodování je obtížnější, pokud se překládají včelstva do vzdálenosti 1 – 3 km. Ztráty mohou být malé, v případě, že je na jaře v bezprostředním okruhu několika set metrů potrava. V létě a na podzim při slabé snůšce jsou ztráty dosti značné. Jestliže je transfer v tomto období nevyhnutelný, musí se zanechat na starém stanovišti jedno včelstvo nebo oddělek (Veselý et al. 1985).

3.4.7 Opylování

V úspěšném konkurenčním boji má včela medonosná jedinečnou vlastnost, florokonstantnost, tj. věrnost jednomu druhu květu (Přidal & Čermák 2005). Tento jev umožňuje včelám, aby létaly delší čas jen na květy stejného druhu rostlin, přičemž ostatní lukrativní květy v těsném sousedství zůstávají bez povšimnutí. Pro rostliny spočívá výhoda v tom, že se pyl nedostane na nevhodné blizny květů jiných rostlinných druhů, a není tudíž promarněn. Pro včely je to metoda, jak zůstat v kontaktu s jedním druhem a tak se rychle dostat k vytoženému nektaru (Tautz 2010). Včelstvo jako celek se nemusí chovat florokonstantně, pokud současně existují alespoň dva podobně výnosné zdroje. Poté mohou vznikat více skupin létavek. U čmeláků a samotářských včel je typická floromigrace, tzv. přechod na výhodnější zdroj. Florokonstantnost je efektivnější než floromigrace. Díky florokonstantnosti je včela medonosná přímo předurčená k opylování zemědělských kultur. Nejvíce florokonstantní je *Apis mellifera carnica* (Přidal & Čermák 2005).

Dalším zajímavým atributem včely medonosné je věrnost místu na plochu do 100 m². Tato vlastnost opylení květů ovlivňuje pozitivně i negativně. Roste-li v sadě dostatečný počet odrůd, jež se mohou vzájemně opylovat, bývá výsledek zdařilý (Lampeitl, 1996).

Povaha a způsob opylovací činnosti se u jednotlivých opylovačů liší (Přidal 2005). Čmeláci a samotářské včely jsou v některých případech dokonce i výkonnějšími než včela medonosná. Na druhé straně mívají menší dolet než včela medonosná. Nelétají kilometry za odlehlou pastvou, ale opylují rostliny ve svém blízkém okolí. Jejich efektivní opylování je do vzdálenosti asi 50 m od hnízda. Při větších vzdálenostech už jejich nálet klesá. Svou opylovací činnost vykonávají i za nižších teplot a zhoršených povětrnostních podmínek. Vylétávají brzy z rána i za soumraku, při silně zataženém nebo mlhavém počasí, protože jsou odolnější proti chladu a vlhku na rozdíl od včely medonosné. Některé druhy čmeláků a samotářských včel jsou specializovaní na opylení včelou medonosnou špatně opylovatelných druhů rostlin (Zurbuchen et al. 2010; Karpfinger et al. 2011).

Tím, že včela medonosná žije v trvalém společenství, může být jako opylovač k dispozici v kteroukoliv dobu vegetačního období a stále v dostatečném množství. Tuto vlastnost nemají čmeláci ani samotářské včely. Jejich kolonie opylují pouze několik týdnů (Přidal & Čermák 2005).

S opylovací kapacitou souvisí zatížení létavek při návštěvách květů. Jestliže létavka v průběhu jednoho snůškového dne navštíví desetkrát pouze dvacet květů, tj. celkem dvě stě květů. Včelstvo poskytuje v měsíci květen a červen asi deset tisíc létavek. Takové včelstvo je schopné za jeden den navštívit a opylit až dva miliony květů. Což je nepochybně úctyhodný výkon (Přidal & Čermák 2005).

Člověk má možnost vytvořit pro opylování dobré předpoklady. Nejvhodnější doba pro přesun včel ke kulturním plodinám je při prvním objevení květů, protože naleznou potravu ve svém bezprostředním doletu. Tímto způsobem se zajistí intenzivní opylení kulturních rostlin od začátku až do konce květu (Přidal & Čermák 2005).

3.4.8 Učenlivost včel

Geneticky jsou včely obdařené mimořádnou schopností zdokonalovat se. Včely se naučí rozpoznávat detaily květů skládajících se z optických a vonných komponentů. Pro uložení do paměti jim stačí pouze jedna prezentace určité vůně, aby ji na 90 % vyhledaly mezi ostatními vůněmi. Zapamatovat si tvary a barvy není pro včelu tak snadné, jako se naučit vůni. Dobré osvojení vůní vyžaduje tři až pět tréninků (Tautz 2010).

Včely dovedou rozeznávat obrazce i tvary v prostoru nezávisle na držení vlastního těla, které při letu silně kolísá (Ruff 2012). Dále rozlišují pro ně abstraktní párové pojmy, jako pravý a levý, symetrie a asymetrie, rovný a nerovný. Dokonce ovládají jednoduché počty ve smyslu, že dokážou od sebe odlišovat více a méně. Včely abstrahují určitá pravidla chování nabytá empirií. Tato pravidla jsou schopné aplikovat na zcela nové situace. Včely se rychle učí propojovat místo a čas s určitým rozhodnutím. Jednotlivé druhy květů produkují v odlišných lokalitách a s denní dobou rozdílné množství nektaru. Kvůli tomu je nezbytné, aby si předem naplánovaly harmonogram pro co nejefektivnější výlet. Květy po vypití nektaru potřebují určitou dobu k jeho doplnění. Létavky po vypití poslední kapky nektaru květ označí chemickou značkou „momentálně prázdný“. Po doplnění nektaru vyprchá z květu chemické

označení. Včely létající kolem květů jsou ještě před přistáním informovány a zbytečně neztrácejí čas v prázdných květech (Tautz 2010).

Létavky také přesně vědí, co, kdy a kde mají hledat. Pokud stejný zdroj potravy již nenajde, tento cíl zapomene a rychle ho vymaže z paměti a již ho nikdy nevyhledá. V případě, že panují velmi špatné povětrnostní podmínky a létavky nemohou opustit úl, pamatují si poslední navštívené místo pastvy až jeden týden. Potom mohou navázat přesně tam, kde naposledy skončily (Tautz 2010).

Létavky mají bohatě rozvinutou paměť, která umožňuje vektorovou orientaci i za nepředvídaných situací (Žďárek 2013). Vzdálenost není pro jejich pozorovací systém prioritní, okolní svět, především prostor pod sebou, vnímají jako celek. Zaměřují se na nápadné orientační body v krajině. Včely disponují kognitivní mapou uloženou do paměti, kterou používají spolu s polohou slunce jako kompas (Menzel 2015). Kognitivní paměť se rozumí aktivní časoprostorová paměť. Usnadňuje včelám plánování cesty, orientaci, odhad vzdálenosti, včlenění cesty, kam se poletí a výběr nápadných prvků v krajině (Fayet 2015).

3.4.9 Komunikace

Včely se dorozumívají různými chemickými a mechanickými signály. Důležitou součástí jejich komunikačního systému jsou feromony a tanečky (Tautz 2012).

Feromony

Nejrozšířenějším dorozumívacím prostředkem hmyzu jsou chemické vonné látky, tzv. feromony. Je objevena celá řada specifických feromonů od pohlavních, poplašných, značkovacích, shromažďovacích přes povrchové až po feromony včelího plodu (Veselý et al. 2013).

Podle domovské vůně neboli rekognoskačnímu feromonu strážkyně na česně rozpozná své sestry od zlodějek z cizích hnízd. Rekognoskační feromon začínajícím létavkám usnadňuje návrat domů, neboť všude okolo vchodu do úlu jsou tyto vonné stopy. Nejsilnějším poutem pro dělnice všech věkových kategorií je přítomnost matky a její feromon tzv. mateří látka. Jedná se o víceúčelový atraktant, který udržuje dělbu práce, pořádek a morálku společenství. Reguluje i snůšku nektaru a pylu. Za svatebního letu působí jako neodolatelné lákadlo pro trubce. V neposlední řadě funguje jako regulátor plodnosti dělnic. Včely i čmelák po návratu z úspěšné pastvy vyloučí z tergální žlázy mobilizační feromon a tím aktivizují další létavky do práce. Začátečnicím trvá nalézt místo až třicetkrát déle, proto se někdy na cestě za snůškou uskupují smíšené skupiny létavek ze zkušených i z nováčků. Znalé létavky přistávají jako první a družbě usnadňují orientaci atraktantem z Nasonovy žlázy na konci zadečku (Žďárek 2013). Tyto žlázy jsou aktivovány např. u vodních ploch, u česna a u rojivého hroznu. V podstatě je naváděcím feromonem. Nasonovův feromon se používá také na svolávání včel na jedno místo (Ellis & Endowed 2015).

Včelí tanečky

Vyvinutá řeč tance neexistuje u čmeláků nebo bezžihadlových včel (Tautz 2012). Signalizační tanec je nejužitečnější v době, kdy je náročné nalézt snůšku, nebo kdy se její kvalita liší (Ellis 2016).

Poté, co průzkumnice objeví nový zdroj, informuje ostatní včely o svém nalezišti. Obvykle tančí jen ty létavky, které se vrací z vysoce výnosných zdrojů (Ellis 2016). Pylová zrna na jejím ochlupení nohou jsou vzorkem toho, co zdroj slibuje. Tanečnice začne tím, že ostatní přiláká do své blízkosti. K tomu jí slouží jemné vibrace, jež rozechvějí buňku plástu na tanečním parketu. Pro udání směru a vzdálenosti zdroje jsou však potřebné tanečky (Tautz 2012).

Při komunikačním tanci hrají roli i vzduchové proudy, které včela směřuje svými křídly a vibrace jednotlivých buněk plástů. Šířka vzdušných proudů se mění a včely dosahují rychlosti až 30 cm/s. Tím, že se tanečnice vychyluje, jsou rekrutky za nimi zasahovány krátkými vzdušnými nárazy a ihned dostanou informaci o směru snůšky (pylu, nektaru, vody). Tyto vzdušné proudy ukazují ve tmě úlu, kde se tanečnice nachází a kterým směrem tančí. Včely používají tanec také v době rojení, aby svým kolegyním sdělily informace o novém umístění hnízda (Tautz 2012).

Včely komunikují několika druhy tanců dle dostupnosti a vzdálenosti od hnízda. Včely provádějí kruhový tanec v případě, že zdroj je blízko hnízda do 100 m a kývavý tanec, jsou-li zdroje vzdálenosti nad 100 m (Tautz 2012). Mezi těmito milníky předvádí **přechodový tanec**. Rozdíl mezi kruhovým a kývavým tancem je spíše umělý (Ellis 2016).

Kruhový tanec neudává žádný směr a distanci. Tanečnice dělá malé kruhy, rotuje a jde v opačném směru po každé jedné až dvou otočkách. Tanec může obsahovat až dvacet těchto otoček a celkové trvá několik sekund až minut. Po dotančení létavka vyluzuje zvuky a dělí se s rekrutkami o nasbíraný vzorek (Ellis 2016).

Kývavý tanec se označuje také jako přechodový, osmičkový, vrtivý či konipasí. Tančí se na plástu do tvaru osmičky, kde se část kolem středu osmičky nazývá přímým během (kmitový stav), a pohyb po obou smyčkách osmičky obrátkami. Během kmitového běhu včela třese divoce tělem a kýve zadečkem do stran s frekvencí 13 – 15krát za sekundu. Na konci přímého pohybu se tanečnice otočí a zahájí smyčku, kterou se vrátí do výchozí polohy pro další kmitavou fázi. Tanečnice se během tance zastaví a vymění si potravu obvykle s šesti nezaměstnanými rekrutkami, které ji sledovaly. Tančící včela zakóduje do různých částí tance informace o vzdálenosti, směru a kvalitě zdroje nektaru, pylu, vody i propolisu (Ellis 2016). Směr je určen pomocí současné polohy slunce. Momentální polohu slunce pozná včela podle polarizovaného slunečního světla, k čemuž jí stačí i kousek modré oblohy. Počet tanečních figur za určitou časovou jednotku závisí na vzdálenosti nového zdroje potravy. Včely si umí informace pamatovat a aktualizovat. Včely tančící až do druhého dne jsou schopny, aniž mezitím opustily úl, udávat polohu zdroje podle současného postavení slunce. Reprodukovatelnost letové vzdáleností je tím horší, čím větší je vzdálenost ke zdroji potravy. Mezi trasou dlouhou 2 – 3 km, což je zhruba hranice běžné sběrací činnosti včel, tanec nečiní rozdíly. Včely mohou létat na zdroj vzdálený až 10 km. Informace o takových extrémních výletech už nelze vyjádřit tancem (Tautz 2010).

3.5 Intoxikace a ochrana včelstva

Včely se uplatňují i jako bioindikátor životního prostředí, protože přichází přímému kontaktu s látkami aplikovanými do agroekosystémů, které přijímá prostřednictvím pylu, nektaru a vody. Tímto způsobem dochází k jejich intoxikaci (Porrini et al. 2014).

Na koncentrovaných plochách, kvetoucí entomofilní plodiny nevyjímaje, se uplatňuje chemické ošetřování proti škůdcům, chorobám aj. Závažný nebezpečím při použití insekticidů je současně ohrožení užitečného hmyzu. Tuto ochranu je nutno provádět tak, aby nedocházelo k otravě opylovačů. Vzhledem k ochraně před pesticidy pro včely toxické je potřeba nahradit přípravky pro ně neškodnými. Ve většině případů lze pesticidy používat do doby před květem. Doba mezi aplikací chemikálie a přisunem včelstev musí být dostatečně dlouhá, aby i jeho rezidua nezpůsobila hynutí opylovačů (Veselý et al. 2013).

Rostlinolékařský zákon č. 326/2004 Sb., s příslušnou novelou č. 299/2017 Sb., a vyhlášky č. 327/2004 Sb. v platném znění dle novely č. 428/2017 Sb., je bezpodmínečně nutný dodržovat. Zákon ustanovuje etiketu prostředků v zemědělství pro ochranu včel. Rozlišují se tři kategorie preparátů podle ochrany včel. Za první, přípravek, který nevyžaduje klasifikaci z hlediska ochrany včel, za druhé přípravek pro včely nebezpečný a za třetí přípravek pro včely zvláště nebezpečný (Jirka 2018).

Otrava pesticidy vzniká, jestliže jsou na entomofilní plodiny během květu aplikovány prostředky nebezpečné pro včely. Když jsou kromě cílené rostliny postihnuté i další kulturní rostliny, v podrostu kvetoucí plevel nebo sousední porosty, které navštěvují létavky. Nebezpečné postřiky se dostávají také do vody v napajedle. V neposlední řadě se letící včely mohou dostat do úletu pesticidu při jeho aplikaci (Krupke et al. 2012).

Kontaktní a požerové jedovaté látky mají účinek hlavně na dělnice. Kontaktní jed zasahuje především létavky, požerový jed postihuje úlové včely. Výjimečně se otráví matka a trubci. Kontaktní jedy působí na nervový, svalový a oběhový systém. Intoxikace se pozná podle křečovitých pohybů. Včely také vrávorají, upadají a se škubavými pohyby nohou zůstávají ležet na zádech. Pohybují se v kruhu, mávají křídly a marně se pokoušejí postavit na nohy a odletět. Nakonec i po několika dnech zahynou. Tyto typické křečovité stavy s výrazným zápachem přípravku jsou na rozdíl od chování nemocných včel jednoznačným příznakem otravy. Dalším potvrzením otrávení bývá vystrčený sosák a neschnoucí ochlupení, což je následek náhlého vyprázdnění medového váčku (Svobodová 2008).

Významná intoxikace se zjistí podle náhlého a velkého počtu uhynulých včel, jak uvnitř úlu, tak před ním. Mrtvé včely ucpávají česno, takže neotrávené úlové včely se nedostatkem vzduchu udusí. Při otravě ze vzdálenějších zdrojů zahyne velká skupina létavek během cesty domů, tím se výrazně sníží množství mrtvých včel vně i uvnitř úlu (Svobodová 2008).

V posledních letech nastal významný pokrok v ochraně ovocných kultur, který se projevil vznikem nových strategií založených především na biologických a dalších nechemických metodách ochrany. Jedná se o ekologickou produkci a o integrovaný systém pěstování ovoce (Kazda et al. 2010).

#

4 Materiál a metody

V rámci bakalářské práce byl proveden opakovaný experiment s transportem a s vypuštěním označených včel medonosných z privátního včelína. Účelem bylo sledování a zjištění nejdelší bezpečné doletové vzdálenosti včel do úlů a pozorování dalšího osudu.

4.1 Materiál a lokality

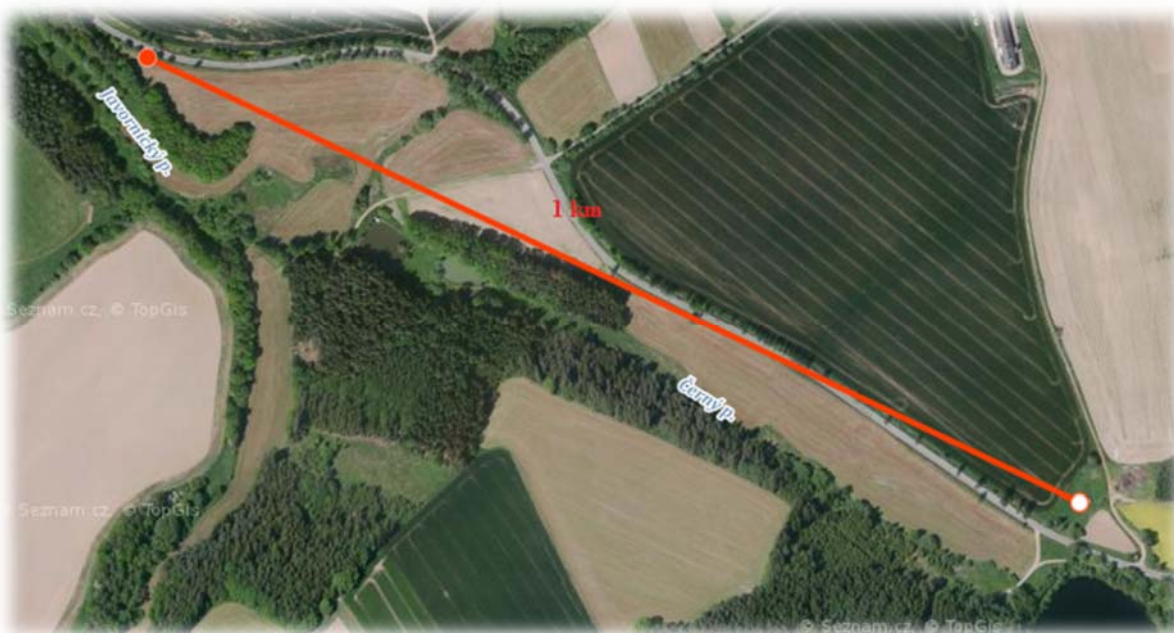
Experiment probíhal v okolí obce Dubějovice v okrese Benešov ve Středočeském kraji (viz letecké snímky dostupné z www.mapy.cz). Včelín je trvale umístěn v katastru obce Dubějovice na parcelním čísle 478/2. Stanoviště (obrázek 1) bylo částečně osazeno ovocnými stromky, ovocnými keři a listnatým hájkem. V nejbližším okolí stanoviště se nacházelo intenzivně obhospodařované pole, smíšené lesy, rybník a obecní silnice.



Obrázek 1. Stanoviště včelína

Lokality experimentů se nacházely ve vzdálenostech (při přímočarém letu): 1 km; 3,5 km; 4 km; 4,5 km; 5 km a 5,5 km.

Lokalita ve vzdálenosti 1 km v předpokusu (dále lokalita č. 1) se nalézala na louce, která byla z jedné strany ohraničena silnicí a z druhé strany lesem (obrázek 2).



Obrázek 2. Lokalita č. 1

Lokalita ve vzdálenosti 3,5 km ve druhém pokusu (dále lokalita č. 2) byla situována na louce mezi poli poblíž obce Chlum (obrázek 3).



Obrázek 3. Lokalita č. 2

Lokalita ve vzdálenosti 4 km při prvním pokusu (dále lokalita č. 3) byla umístěna na poli v blízkosti lesa, louky a cesty s ovocnými stromy a poblíž dálnice D1 (obrázek 4).

#



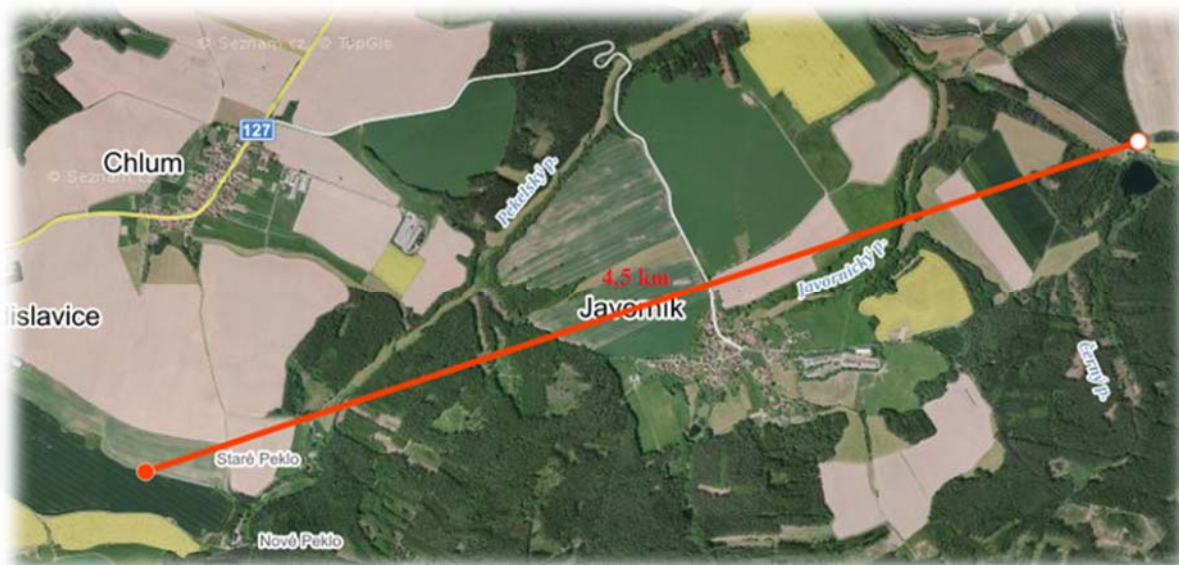
Obrázek 4. Lokalita č. 3

Lokalita ve vzdálenosti 4 km při druhém pokusu (dále lokalita č. 4) se nacházela na cestě mezi poli nedaleko obce Chlum (obrázek 5).



Obrázek 5. Lokalita č. 4

Lokalita ve vzdálenosti 4,5 km ve druhém pokusu (dále lokalita č. 5) byla zvolena na polní cestě mezi polem a loukou v katastru obce Zdislavice (obrázek 6).



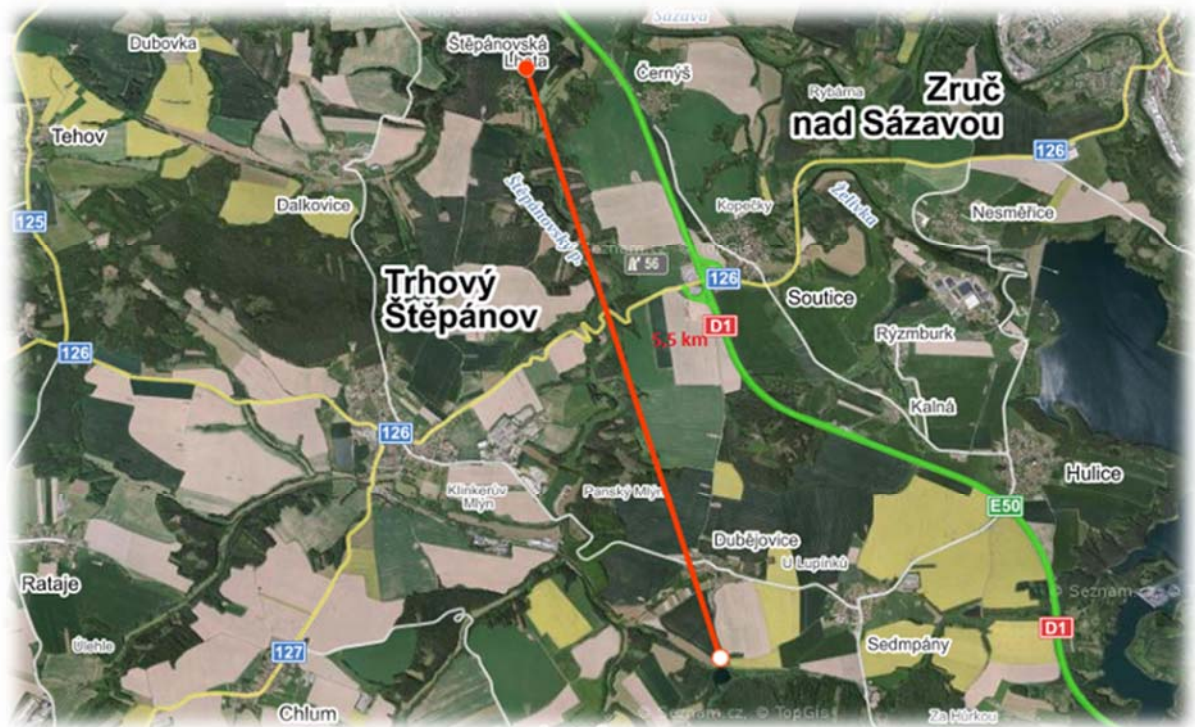
Obrázek 6. Lokalita č. 5

Lokalita ve vzdálenosti 5 km při prvním pokusu (dále lokalita č. 6) byla orientovaná na rozhraní louky a lesa poblíž obce Černýš a dálnice D1 na 55. kilometru ve směru na Brno (obrázek 7).



Obrázek 7. Lokalita č. 6

Lokalita ve vzdálenosti 5,5 km v prvním pokusu (dále lokalita č. 7) byla na poli u obce Štěpánovská Lhota a v blízkosti dálnice D1 (obrázek 8).



Obrázek 8. Lokalita č. 7

Celkem bylo označeno, transportováno a vypuštěno 350 včel medonosných z různého úlu, ale ze stejného stanoviště.

4.2 Metodika

Dne 11. srpna 2018 byl uskutečněn předpokus. Odchyt 50 včel proběhl na česně úlu do igelitového pytle. Pomocí oxidu uhličitého byly včely uspané. Jejich označení probíhalo pomocí acetonových barev a značka byla namalovaná na hřbet hrudi mezi křídly.

Poté byly uloženy do přepravního boxu s medocukrovým těstem. Medocukrové těsto bylo složeno v poměru 1:3 med a práškový cukr. Tato směs byla homogenizována pomocí ručního šlehače.

Po převozu byly vypuštěné označené včely ve vzdálenosti 1 km v 13.00 hodin. Místo vypuštění bylo voleno dle dostupnosti osobním automobilem z důvodu časové úspory mezi odchytem a vypuštěním. Následující den v 5.15 hodin ráno proběhlo ověření jejich návratu. Byly prohlédnuty všechny rámy úlu a zjišťována přítomnost označených včel. Předpokus byl proveden pro zjištění, zdali dané označení bylo dostatečně šetrné a včely byly schopny přiletět zpět do úlu ze zaručené doletové vzdálenosti.

Dne 13. srpna 2018 byl proveden první oficiální pokus. V 13.00 hodin se konal další odchyt třech skupin včel po padesáti na česně z jiného úlu než u předpokusu. Postup proběhl podobně jako v předpokusu. Skupina včel na nejkratší vzdálenost byla označena bílou barvou, skupina včel na střední vzdálenosti byla identifikována modře a skupina včel na nejdelší vzdálenosti byly označeny červeně. Od 14.00 hodin se vypouštěly ve vzdálenostech 4 km, 5 km a 5,5 km. Lokality byly informačně popsány výše. Kontrola úlů proběhla druhý den ráno v 5.30 hodin.

Dne 22. srpna 2018 se uskutečnil druhý pokus pro ověření platnosti předchozího pokusu. Opět v 13.00 hodin bylo odchyceno 150 včel na česně z dalšího úlu. Barevné rozdělení skupin včel bylo totožné s prvním pokusem. Od 14.00 hodin byly včely převezeny a vypouštěny ve vzdálenostech 3,5 km (bílá skupina), 4 km (modrá skupina) a 4,5 km (červená skupina). Byla zvolena nová místa vypuštění létavek.

Fotodokumentace celého výzkumu je uvedena v samostatné příloze.

Ve všech třech dnech experimentů bylo slunečné počasí. Níže popsaná tabulka 1 obsahuje průměr údajů o tlaku, teplotě, vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu z meteorologických stanic nejbližšího okolí pokusného stanoviště.

Tabulka 1. Meteorologický záznam počasí

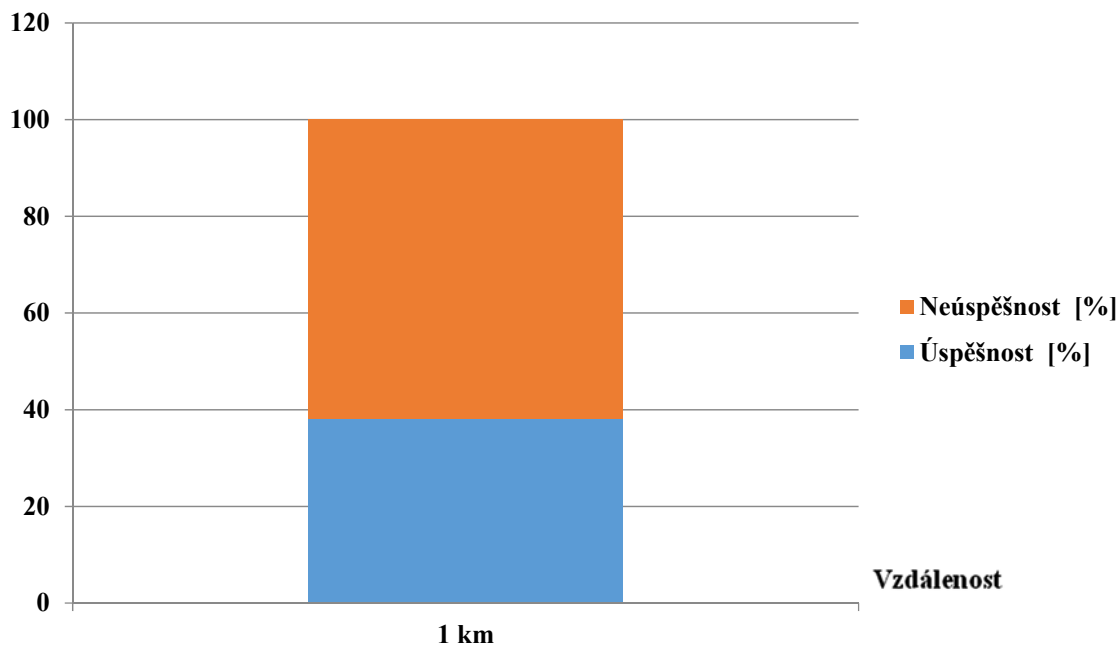
DATUM	TEPLOTA (°C)	RYCHLOST VĚTRU (km/h)	TLAK (kPa)	VLHKOST VZDUCHU (%)
11. 8. 2018	26,8	29	1028	99
13. 8. 2018	32,7	26	1015	85
22. 8. 2018	30,6	19	1023	87

#

#

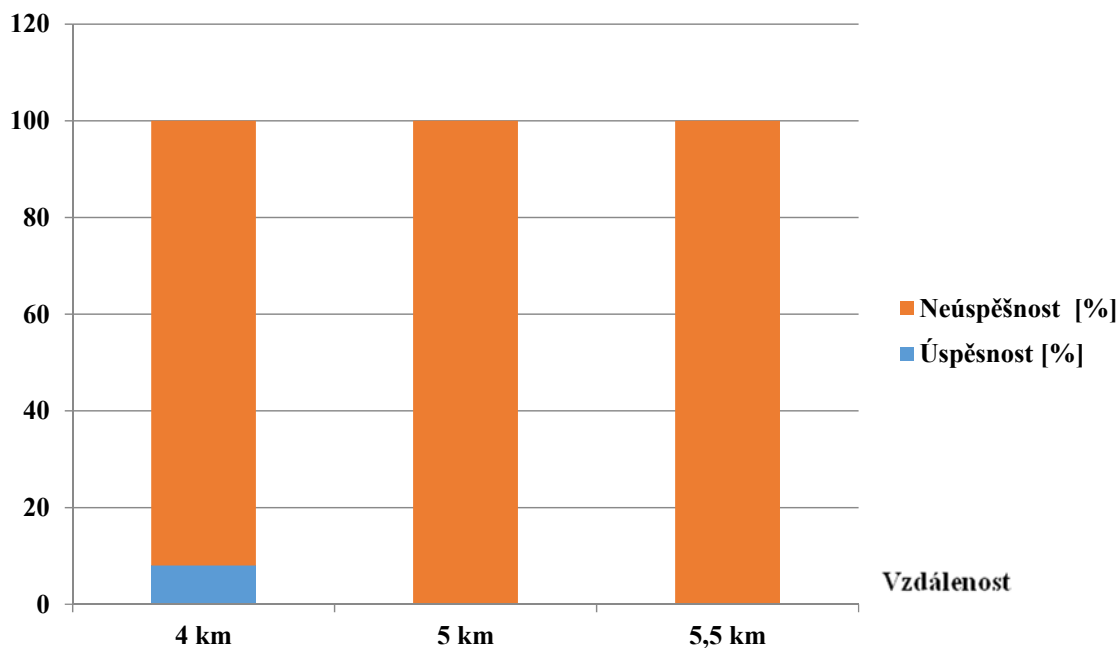
5 Výsledky

Předpokus ze dne 11. 8. 2018 ukázal, že identifikované včely medonosné byly schopné návratu do úlu ze vzdálenosti 1 km a technika označení jim neznemožňovala let. Celkově se vrátilo 38 % včel (obrázek 9).



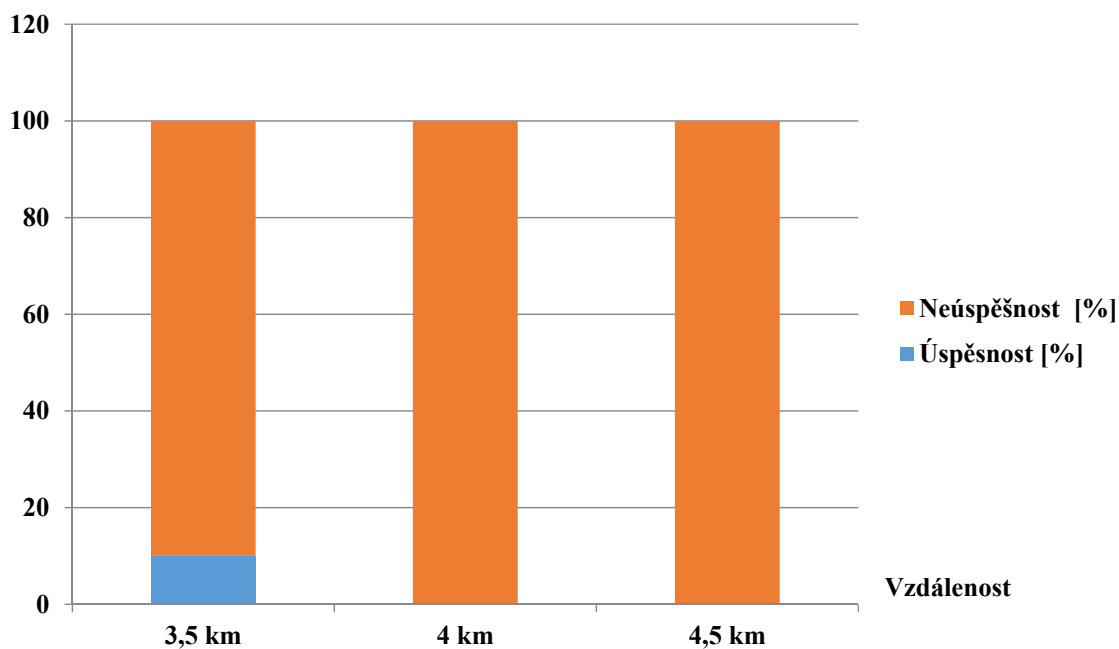
Obrázek 9. Výsledek předpokusu

V **prvním pokusu** ze dne 13. 8. 2018 byly exportovány tři skupiny označených létavek po padesáti včelách ze vzdáleností 4 km, 5 km a 5,5 km. Z nejkratší distance čtyř kilometrů se vrátilo 8 % létavek. Ze střední trasy pěti kilometrů a z nejdlejší trasy na pět a půl kilometrů byl vyhodnocen jejich dolet jako neúspěšný, tj. 0 % včel (obrázek 10).



Obrázek 10. Výsledek prvního pokusu

Výsledky **druhého pokusu** ze dne 22. 8. 2018 nekorespondovaly s prvním pokusem. Opět byly vypuštěny tři skupiny označených létavek po padesáti včelách, ale z doletové trasy na 3,5 km, 4 km a 4,5 km. Z nejkratšího intervalu na tři a půl kilometru se zdárně navrátilo do úlu 10 % létavek. Dolety na střední a nejdelší vzdálenosti čtyřech a čtyřech a půl kilometru vykázalo 0 % úspěšnost včel (obrázek 11).



Obrázek 11. Výsledek druhého pokusu

6 Diskuze

6.1 Zhodnocení experimentu

Výsledky našeho experimentu obecně potvrdily letovou aktivitu včel medonosných s menší doletovou vzdáleností do čtyř kilometrů.

V předpokusu jsme si ověřili, že použitý způsob označení včel je vhodný. Poněkud překvapivým zjištěním bylo, že doletělo jen 38 % včel z jednoho kilometru. Domníváme se, že se to stalo pro hraniční rychlost větru, při které včely vylétávají a ta toho dne činila 29 km/h.

V prvním pokusu jsme zaznamenaly návrat včel pouze z nejmenší vzdálenosti, tj. 4 km s 8% úspěšností. Roli opět mohl hrát silný vítr s rychlostí 26 km/h, který silně zpomaloval jejich letové schopnosti. Létavky ze vzdálenosti 5 km a 5,5 km nemusely mít s sebou dostatečné zásoby energie. Mohlo se jednat o létavky, které právě přilétly z pastvy nebo o sběratelky vody, které si s sebou neberou energetické rezervy. Je také možné, že se v dané lokalitě nikdy předtím nevyskytovaly, čímž byly zhoršeny jejich orientační schopnosti.

Podle očekávání velmi frekventovaná dálnice D1 v blízkosti lokality č. 3, 6 a 7 mohla ztížit orientaci létavek a způsobit jejich ztráty kvůli vzdušným vírům vzniklým kolem rychle jedoucích vozidel v kombinaci se silným větrem. Vzhledem k výsledkům z druhého pokusu tento jev nebyl potvrzen. I přes podobnost lokalit č. 6 a 7 s lokalitou č. 3 byla detekována 0% návratnost. Jediný rozdíl lokalit spočíval v rozdílné vzdálenosti, kdy byly včely schopné se vrátit ze 4 km (lokalita č. 3).

Nejprůznivější povětrností podmínky nastaly při druhém pokusu. Rychlost větru dosahovala 19 km/h. Stálé slunečné počasí jako v předchozích dnech pokusů předpokládalo vysokou doletovost včel. Navzdory této skutečnosti se létavky úspěšně vrátily opět jen z nejkratší vzdálenosti na 3,5 km v celkovém počtu 10 %. Návraty z lokality vypuštění č. 4 (na 4 km) a lokality č. 5 (na 4,5 km) byly zcela neúspěšné. Není zcela jasné, proč k tomu došlo. Přitom terénní podmínky nebyly náročnější jako v předchozím pokusu.

Autoři Beekman a Ratnieks (2000) na základě studie uvádí odlišné výsledky oproti našemu experimentu. Studie uskutečněná v srpnu roku 1996 v okolí Sheffield ve Velké Británii ukázala průměrnou doletovou vzdálenost na pastvu 5,5 km při celkové úspěšnosti 95 %. Mezi dílčí výsledky patřilo zjištění, že pouze 10 % včel letělo do 0,5 km od úlu, celá polovina letěla více než 6 km, dále 25 % vylétlo do vzdálenosti delší než 7 km a 10 % dokonce na 9,5 km. Tyto výsledky jsou také v ostrém kontrastu se studií z května roku 1997 ve stejné lokalitě, kdy průměrná distance činila 1 km, což mohlo být podle autorů způsobeno nesourodými přírodními podmínkami v daném měsíci.

Jiná studie autorů Visschera a Seeleye (1982) ukázala nejčastější vzdálenost letu včel do 600 – 800 m. Jejich zjištěný průměr byl 2,3 km a s okruhem pastvy 95% letové aktivity dosahovala radiu 6 km. Mnohem kratší vzdálenosti shledal ve studii Waddington et al. (1994), kde včely vyhledávaly potravu průměrně do 534 – 1138 m od úlu. Doletová vzdálenost je vázaná na množství snůšky kvetoucích rostlin. V zemědělských oblastech bylo pozorováno okruh jen na pár set metrů (Visscher & Seeley 1982) a to by odpovídalo podmínkám našeho experimentu.

Když vezmeme v potaz, že maximální dolet včely může být v extrémním případě devět až deset kilometrů, tak nastává otázka, zdali nebylo bezpečnější včelstvo přesunout do vzdálenosti dvakrát větší než je jejich nejdelší dolet. A to z důvodu, že kdyby se létavky dostaly do známých míst, mohly by se vracet na své původní stanoviště. V tomto případě padá v úvahu transport včelstva do vzdálenosti minimálně 8 km místo 4,5 km, jelikož se v našem výzkumu prokázal maximální reálný dolet na 4 km.

6.2 Limity experimentu

Předložené výsledky je nutné považovat za pilotní. Musíme vzít v úvahu všechny nedostatky těchto výsledků. Podle našeho názoru námi zjištěné výsledky mohou být nejvíce ovlivněny nepříznivými povětrnostními podmínkami ve dvou ze třech pokusů a také, že již bylo po hlavní snůškové sezóně toho roku. Pro ověření validity výsledků je zapotřebí analyzovat větší vzorek jak létavek, tak provést pokusy opakovaně v celé sezóně, hlavně při hlavní snůšce, a to i z jiných stanovišť a vypouštěcích lokalit. Potvrzením nevhodně zvoleného počasí by prokázalo bezvětřné ovzduší nebo přítomnost pouze mírného větru v pokusných dnech. Mohlo by se taktéž zjistit vliv vypouštění včel v ranních či dopoledních hodinách, jelikož se značně odlišuje počet výletů jednotlivých létavek. K zpřesnění výsledků by vedlo i sofistikovanější značení létavek (např. čipy) a jejich mapování letu, které by na druhou stranu bylo značně nákladné a nemožné pro naše podmínky. Podrobnější monitoring by odhalil, kde docházelo k úbytku létavek. Pro další zkoumání by bylo vhodné zvětšit pracovní tým, tím se zkrátí doba od odchyty po vypuštění. Toto opatření by mělo snížit úhyn včel vlivem stresového faktoru.

6.3 Přínos experimentu

Tento experiment může přispět k zahájení validizace a standardizace projektu řešící vztahy opylování intenzivně pěstovaných plodin včelou medonosnou a její ochranou před chemickým ošetřením porostů. K tomu bude ještě nutná celá řada studií. Pro další výzkumy se záměrem standardizace bezpečné doletové vzdálenosti včel medonosných zpět do úlu by bylo nezbytné získání dat dostatečně velkého souboru létavek při různých podmínkách a z odlišných lokalit v celém snůškovém období. Na základě získaných poznatků můžeme doporučit pro ochranu včel před postřikem přesun stanoviště do vzdálenosti minimálně 8 km.

#

7 Závěr

Letová aktivita včely medonosné je ovlivněna celou řadou klimatických jevů. Během pokusu byla sledována doletová vzdálenost jedinců z různě vzdálených lokalit v závislosti na teplotě, vlhkosti, rychlosti proudění vzduchu a tlaku vzduchu. V naší experimentální práci se negativně projevil především povětrnostní faktor. Ostatní klimatické vlivy se jeví jako příznivé. Snížený dolet mohl způsobit i zvolený termín, tj. po hlavní snůšce, v zemědělsky intenzivně obhospodařené oblasti s lesy a v nedaleké blízkosti dálnice.

Označené létavky byly schopné doletu zpět do úlu z měřených vzdáleností 1 km, 3,5 km a 4 km v okolí obce Dubějovice v okrese Benešov ve Středočeském kraji. Potvrdilo se, že létavky se průměrně vzdalují na 2 až 4 km od hnízda.

Z našeho výzkumu vyplývá, že transport včelstva na vzdálenost 8 km by měl dostatečně uchránit včely před stykem s prostředky na ochranu rostlin a preventivně předejít jejich intoxikaci. Pro následující podrobnější výzkum se doporučuje zvolit větší vzorek létavek, stanovišť, vypouštěcích lokalit a taktéž monitoring v průběhu celého dne i celé snůškové sezóny.

8 Literatura

- Aizen MA, Harder LD. 2009 The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. *Current biology* **19**:915-918.
- Altshuler DL, Dickson WB, Vance JT, Roberts SP, Dickinson MH. 2005. Short-amplitude high-frequency wing strokes determine the aerodynamics of honeybee flight. *PNAS* **50**:18213-1821.
- Beekman M, Ratnieks FLW. 2000. Long-range foraging by the honey-bee, *Apis mellifera* L. *Functional Ecology* **14**:490-496.
- Berg S. 2014. Prima Klima?. *Imkerfreund* **9**:18-20.
- Cooper EL. 2007. Colony collapse disorder may affect complementary and alternative medicine. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* **4**:275-277.
- Clarke D, Whitney H, Sutton G, Robert D. 2013. Detection and learning of floral electric fields by bumblebees. *Science* **340**:66-69.
- Delaplane KS. 2016. Tissues and Organs in the Superorganism. *American Bee Journal* **7**:785-786.
- Dietrich S, Tautz J. 2018. *Zázračný svět včel*. Mladá fronta, Praha.
- Ellis J, Endowed G. 2015. The Internal Anatomy of the Honey Bee. *American Bee Journal* **9**:971-974.
- Ellis J. 2016. Colony Level Thermoregulation and the Honey Bee Dance Language. *American Bee Journal* **2**:147-154.
- Fayet A. 2015. Le compas dans l'oeil. *Abeilles Cie* **6**:12-14.
- Fluri P, Gallmann P. 2013. Superorganismus Bienenvolk. *Imkerfreund* **12**:14-15.
- Gajger IT. 2013. Metabolizam letanja pčela. *Hrvatska pčela* **4**:122-124.
- Chauzat M.P, Faucon JP, Martel AC, Lachaize J, Cougoule N, Aubert M. 2006. A survey pesticides residues in pollen loads collected by honey bees in France. *Journal of Economic Entomology* **99**:253-262.
- Еськов ЕК, Еськова МД. Две тысячи одиннадцать. Факторы, влияющие на летней деятельности пчел. *пчеловодство семь: шестнадцать-семнадцать*.
- Jirka V. 2018. Praktický pohled na ochranu včel v intenzivním zemědělství po novele vyhlášky. *Agromanuál* **4**:60-61.
- Karpfinger G, Panzeböck M, Rath J. 2011. Hummelbestäubung bei ÖLKÜRBIS. *Bienen aktuell* **9**:10-11.
- Kazda J, Mikulka J, Prokinova E. 2010. *Encyklopedie ochrany rostlin*. Profi Press, Praha.
- Klein AM, Vaissie're BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **274**:303–313.

#

- Krieg P, Hofbauer J, Komzáková O. 2009. Čmeláci a jejich podpora v zemědělské krajině. Výzkumný ústav včelařský Dol.
- Kruk C. 2015. Projekt SMARTBEES – nowe spojrzenie na hodowlę europejskich pszczoł o zwiększonej żywotności. *Pszczelarstwo* **9**:2-3##
- Krupke Ch. H., Hunt G. J., Eitzer B. D., Andino G., Given K. 2012. Multiple routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields. *PLoS One* **7**:1-8.
- Lampeitl F. 1996. Chováme včely. Blesk, Ostrava.
- Macek J, et al. 2010. Blanokřídlí České republiky I.: Žahadloví. Academia, Praha.
- Marada P, Havlíček Z, Skládanka J. 2010. Ochrana přírody a krajiny. Ekosystémové služby – nový trend zemědělského podnikání (metodická pomůcka pro zemědělskou praxi). Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- May J. 1959. Čmeláci v ČSR, jejich bionomie, chov a hospodářský význam. ČSAZV, Praha.
- Menzel R. 2015. Eine Landkarte im Kopf. *Imkerfreund* **10**:12-15.
- McGregor SE. 1976. Insect pollination og cultivated crop plants. USDA, Washington.
- Pavelka M, Smetana V. 2003. Čmeláci. ZO ČSOP, Valašské Meziříčí.
- Pechhacker H. 2012. Bedeutung der Bienenzucht für die Artenvielfalt. *Bienen aktuell* **9**:10-11.
- Porrini C, Ghini S, Girotti S, Sabatini AG, Gattavecchia E, Celli G. 2002. Use of honey bees as bioindicators of environmental pollution in 67 Italy. *Honey Bees: Estimating the Environmental Impact of Chemicals*, (DEVILLERS J., PHAM-DELÈGUE M., Eds), Taylor & Francis, London and New York, 186-247.
- Porrini C, Caprio E, Tesoriero D, Di Prisco G. 2014. Using honey bee as bioindicator of chemicals in Campanian agroecosystems (South Italy). *Bulletin of Insectology* **67**:137-146.
- Přidal A, Čermák K. 2005. Včelařství. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno.
- Přidal A. 2005. Včela medonosná zajišťuje opylení i v uzavřených prostorech. *Agromanuál* **4**:96-100.
- Ptáček V. 2008. Chov čmeláků v laboratoři. *Tribun EU*, Brno.
- Rigosi E, Wiederman SD, O'Carrollet DC. 2017. Visual acuity of the honey bee retina and the limits for feature detection. *Scientific Reports* **7**:45972. Available from <https://www.nature.com/articles/srep45972>.
- Ruff 2012. Berg S. Fünf Augen sehen mehr als zwei. *Imkerfreund* **10**:14-15.
- Straka J, Bogusch P, Přidal A. 2007. Apoidea: Apiformes (včely). *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae* **47**:241-299.
- Svobodová Z. 2008. Veterinární toxikologie v klinické praxi. Profi Press, Praha.

- Tautz J. 2010. Fenomenální včely. Brázda, Praha.
- Tautz J. 2012. Neue Erkenntnisse zu Bientänzen. Das Bienenmütterchen **5**:3.
- Urban M. Včelaření od jara do zimy. Grada, Praha.
- Veselý V, et al. 1985. Včelařství. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Veselý V, et al. 2013. Včelařství. Brázda, Praha.
- Visscher PK, Seeley TD. 1982. Foraging strategy of honeybee colonies i a temperate deciduous forest. Ecology **63**:1790-1801.
- Waddington KD, Visscher PK, Herbert TJ, Raveret Richter M. 1994. Comparisons of forager distributions from matched honey bee colonies in suburban environments. Behavioral ecology sociobiology **35**:423-429.
- Žďárek J. 2013. Hmyzí rodiny a státy. Academia, Praha.
- Zurbuchen A, Cheesman S, Klaiber J, Müller A, Hein S, Dorn S. 2010. Long foraging distances impose high costs on offspring production in solitary bees. Journal of Animal Ecology **79**:674-681.

#

9 Samostatné přílohy

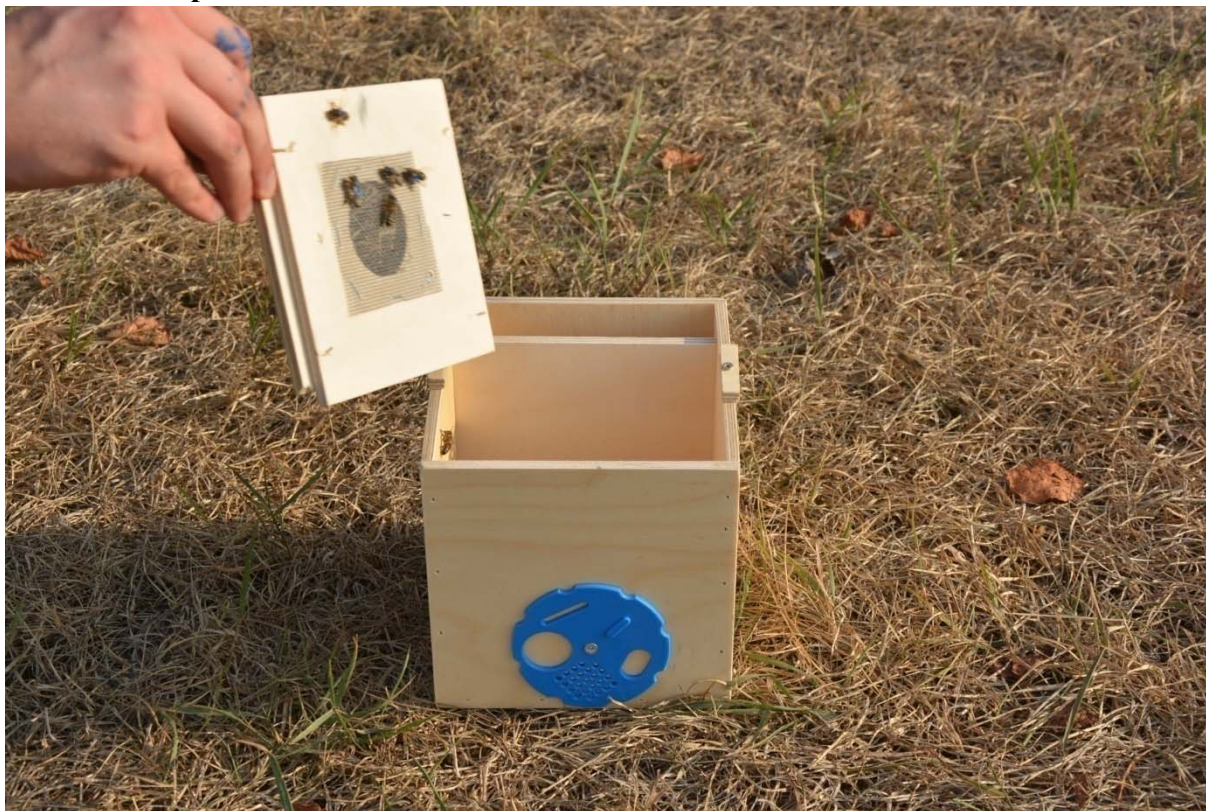
Příloha 1. Odchyt včel na česně



Příloha 2. Barevná identifikace včel



Příloha 3. Převravní box



Příloha 4. Příklad vypouštění z jedné lokality



#

Příloha 5. Kontrola návratnosti označených včel

