

**Univerzita Hradec Králové**

**Přírodovědecká fakulta**

**katedra biologie**

Srovnání diverzity opylovatelů na smíšených biopásech a na porostech  
svazenky vratičolisté (*Phacelia tanacetifolia*)

Diplomová práce

Autor: Bc. Tomáš Chvojka  
Studijní program: N0588A030001 – Biologie a ekologie  
Studijní obor: Biologie a ekologie – spec. biologie živočichů  
Vedoucí práce: doc. Mgr. Petr Bogusch, Ph.D.



## Zadání diplomové práce

**Autor:** Bc. Tomáš Chvojka

**Studium:** S22BI008NP

**Studijní program:** N0588A030001 Biologie a ekologie

**Studijní obor:** Biologie živočichů

**Název diplomové práce:** **Srovnání diverzity opylovačů na smíšených biopásech a na porostech svazanky vratičolisté (*Phacelia tanacetifolia*)**

**Název diplomové práce AJ:** Comparison of diversities of pollinators of mixed vegetative strips with strips of lacy phacelia (*Phacelia tanacetifolia*)

### **Cíl, metody, literatura, předpoklady:**

Cílem práce je srovnání diverzity květomilného hmyzu (včely, pestřenky, denní motýli) na smíšených biopásech a jednodruhových porostech svazanky vratičolisté. Výzkum bude proveden formou smyku na vybraných lokalitách v rámci České republiky a sčítání motýlů v terénu. Výsledky budou srovnány s podobnými výzkumy z jiných oblastí světa a na jejich základě bude stanoveno, které skupiny či druhy opylovačů profitují z pěstování svazanky.

HARÁSEK J. 2016: Společenstva opylovačů svazanky vratičolisté a změny jejich distribuce během dne. Katedra ekologie a životního prostředí, Univerzita Palackého v Olomouci, bakalářská práce, 32 pp. (nepublikovaný manuskript).

OWAYSS A. A., SHEBL M. A., IQBAL J., AWAD A. M., RAWEH H. S. & ALQARNI A. S. 2020: *Phacelia tanacetifolia* can enhance conservation of honey bees and wild bees in the drastic hot-arid subtropical Central Arabia. *Journal of Apicultural Research* 59: 569-582.

PETANIDOU T. 2003: Introducing plants for bee-keeping at any cost? – Assessment of *Phacelia tanacetifolia* as nectar source plant under xeric Mediterranean conditions. *Plant Systematics and Evolution* 238: 155-168.

THRASYVOULOU A. & TSIRAKOGLU B. 1998: Observations of *Phacelia tanacetifolia* as a food plant for honey bees and other insects. *ENTOMOLOGIA HELLENICA* 12: 47-53.

**Zadávací pracoviště:** Katedra biologie,  
Přírodovědecká fakulta

**Vedoucí práce:** doc. Mgr. Petr Bogusch, Ph.D.

**Datum zadání závěrečné práce:** 24.1.2020

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedl všechny prameny, z kterých jsem vycházel.

V Hradci Králové, dne

.....

Tomáš Chvojka

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval především vedoucímu své práce doc. Mgr. Petru Boguschovi, Ph.D., za vstřícnost, cenné rady, přátelský přístup a odborný dohled nad tvorbou práce. Dále bych chtěl poděkovat všem zapojeným zemědělským subjektům, bez jejichž součinnosti by nebylo možné výzkum zrealizovat. V neposlední řadě děkuji své rodině za podporu při psaní této práce.

## **ANOTACE**

CHVOJKA, T. *Srovnání diverzity opylovatelů na smíšených biopásech a na porostech svazenky vratičolisté (Phacelia tanacetifolia)*. Hradec Králové, 2024. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí diplomové práce Petr Bogusch. 101 s.

Předkládaná práce se zabývá problematikou pěstování svazenky vratičolisté a dalších jednoletých kvetoucích plodin, které jsou v poslední době stále častěji využívány k podpoře opylovatelů v zemědělské krajině. Cílem je proto zjistit, které druhy z pěstování takových rostlin profitují, a současně odpovídajícím způsobem objasnit význam podpory těchto organismů v agroekosystémech. Předmětem studia byli žahadloví blanokřídlí (Hymenoptera: Aculeata), pestřenky (Diptera: Syrphidae) a motýli s denní aktivitou (Lepidoptera: Rhopalocera & Zygaenidae), jež patří mezi nejvýznamnější skupiny opylujícího hmyzu vyskytující se v zemědělské krajině.

### **Klíčová slova:**

Svazenka vratičolistá, květnaté pásy, agroekosystémy, Hymenoptera, Syrphidae, Lepidoptera

## **ANNOTATION**

CHVOJKA, T. *Comparison of diversities of pollinators of mixed vegetative strips with strips of lacy phacelia (Phacelia tanacetifolia)*. Hradec Králové, 2024. Diploma Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis Supervisor Petr Bogusch. 101 p.

The diploma thesis deals with the subject of lacy phacelia and other annual flowering crops, which are used to conservation of pollinators in the agricultural landscape recently. The main aim of this thesis is to find out, which species of pollinators benefit from the growing of such plants and to adequately clarify the importance of conservation of these organisms in agroecosystems. The subjects of the study were mainly Aculeata (Hymenoptera), hoverflies (Diptera: Syrphidae) and butterflies (Lepidoptera: Rhopalocera & Zygaenidae), which are among the most important groups of pollinating insects in the agricultural landscape.

### **Key words:**

Lacy phacelia, flower strips, agroecosystems, Hymenoptera, Syrphidae, Lepidoptera

# Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	<b>8</b>
<b>2. Literární přehled</b> .....	<b>10</b>
2.1 Opylovatelé v agroekosystémech .....	10
2.1.1 Hlavní skupiny opylovatelů v agroekosystémech.....	12
2.2 Kvetoucí rostliny v agroekosystémech .....	28
2.2.1 Využití kvetoucích rostlin k zvýšení potravní nabídky pro opylovaatele na orné půdě .....	30
2.2.2 Pěstování kvetoucích rostlin na orné půdě v kontextu agrární politiky EU.....	33
<b>3. Metodika</b> .....	<b>39</b>
3.1 Výběr lokalit a sběr entomologického materiálu .....	39
3.2 Laboratorní analýzy a statistické vyhodnocení.....	41
3.2.1 Hodnocení druhové diverzity .....	42
3.2.2 Pylové analýzy.....	42
<b>4. Výsledky</b> .....	<b>44</b>
4.1 Zaznamenané druhy.....	44
4.1.1 Žahadloví blanokřídílí .....	44
4.1.2 Pestřenkovití.....	46
4.1.3 Motýli s denní aktivitou.....	47
4.2 Vzácné a ohrožené taxony .....	49
4.3 Druhová diverzita.....	50
4.4 Korelace mezi rozlohou pozemku a abundancí či počtem druhů .....	53
4.5 Výsledky pylových analýz.....	54
4.5.1 Pylové preference včel.....	56
<b>5. Diskuze</b> .....	<b>64</b>
5.1 Žahadloví blanokřídílí.....	64
5.2 Pestřenky .....	69
5.3 Motýli s denní aktivitou .....	70
<b>6. Závěr</b> .....	<b>72</b>
<b>7. Použitá literatura</b> .....	<b>73</b>
<b>8. Přílohy</b>	

# 1. Úvod

Hmyz je nedílnou součástí přírodních i antropogenních ekosystémů, kde zabezpečuje mnoho důležitých funkcí. Mezi nejvýznamnější ekosystémové služby hmyzu patří opylování rostlin, na němž bezprostředně závisí reprodukční úspěch většiny rostlinných taxonů vyskytujících se v Evropě, a to včetně řady druhů hospodářsky významných plodin (Choi et Jung, 2015). Na území Evropy se proto vyskytuje několik tisíc druhů opylovatelů (Potts et al., 2015; Hahn et Brühl, 2016), kteří zajišťují opylení tak širokého spektra rostlin. V temperátních oblastech se pak v největší míře jedná o zástupce čtyř velkých hmyzích řádů, a to blanokřídlých (Hymenoptera), dvoukřídlých (Diptera), motýlů (Lepidoptera) a také brouků (Coleoptera) (Kevan et Baker, 1983).

V důsledku intenzifikace zemědělství a dalších negativních jevů ovšem dochází v posledních desetiletích k velkému úbytku těchto organismů v krajině (Hallman et al., 2017). To vede k omezení opylovacích služeb, a tím i ohrožení produkce entomofilních plodin v mnoha zemích Evropy (Leonhardt et al., 2013). Právě z těchto důvodů jsou v současné době hledána různá řešení, jak neutuchající úbytky opylujícího hmyzu zastavit, nebo alespoň zpomalit. Vzhledem k tomu, že zvláště citelně se projevuje pokles početnosti opylovatelů v zemědělské krajině, tak panují snahy zvýšit hodnotu těchto stanovišť pro různé hmyzí zástupce (Carreck et Williams, 2002). Přestože efektivní podpora jejich populací může spočívat pouze v komplexním přístupu k správě a využívání agroekosystémů, jedním z klíčových nástrojů, který by měl být součástí celého souboru opatření, je i zajištění dostatečné nabídky potravních zdrojů (Nicholls et Altieri, 2013).

Tato práce se proto detailněji zabývá problematikou pěstování jednoletých kvetoucích rostlin na orné půdě a jejich významem pro vybrané skupiny opylujícího hmyzu. Obecně se totiž předpokládá, že cílené pěstování vhodně zvolených nektarodárných a pyloidárných plodin může přispívat k zvyšování potravní nabídky pro bezobratlé živočichy a podpoře biodiverzity v agroekosystémech. Právě z těchto důvodů jsou tyto postupy začleněny i do aktuálních plánů Společné zemědělské politiky Evropské unie, jež usilují o optimalizaci hospodaření ve prospěch účinnější ochrany těchto organismů v kulturní krajině (MZe, 2023d).

Aby bylo možné objektivně zhodnotit skutečný přínos takových postupů, je nezbytné získat co nejvíce informací o tom, jaké druhy hmyzu z cíleného pěstování kvetoucích rostlin profitují. Právě tyto znalosti by mohly významně přispět k lepšímu pochopení funkčního významu takových opatření, ale také k optimalizaci druhové skladby vysévaných směsí či jejich celkového managementu.



Cílem této práce je proto srovnání diverzity opylujícího hmyzu na smíšených porostech jednoletých kvetoucích plodin a monokulturách svazenky vratičolisté (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), která v současnosti patří mezi nejvíce preferované rostliny vysévané za účelem zvýšení potravních příležitostí pro opylovatele v agrární krajině. Na základě komparace s dříve prováděnými výzkumy bude následně vyhodnoceno, které druhy z pěstování svazenky a dalších kvetoucích rostlin profitují, a současně bude diskutován význam podpory jednotlivých taxonů v kontextu jejich ekologické role v agroekosystémech, neboť komplexní chápání těchto vztahů je zvláště důležité v souvislosti se vzrůstajícími požadavky na ekologizaci hospodaření.

## 2. Literární přehled

### 2.1 Opylovatelé v agroekosystémech

Zemědělství je v současné době považováno za nejrozšířenější způsob využití zemského povrchu (Boháč, 2013). Odhaduje se, že v globálním měřítku je k zemědělským účelům využívána více jak 1/3 souše, což odpovídá rozloze asi 5 mld. ha (Lyuri, 2008). Toto odvětví má proto zásadní vliv na mnohé složky životního prostředí, a to vč. biodiverzity (Gomiero et al., 2011; Ramankutty et al., 2018).

Zemědělství se přitom v dnešní době potýká s celou řadou závažných environmentálních problémů, které souvisí zejména s novodobou intenzifikací výroby (Firbank et al., 2008). Kromě degradace půdy, znečišťování vodních zdrojů či uvolňování emisí skleníkových plynů se jedná také o ztrátu biologické rozmanitosti, která se projevuje na všech organizačních úrovních, tj. ekosystémové, druhové i genetické. Současnému průmyslovému zemědělství je proto přičítán zásadní podíl na poklesu globální biodiverzity (Dudley et Alexander, 2017), čímž spoluzodpovídá i za výrazné úbytky opylujícího hmyzu v mnoha oblastech světa (Ghazoul, 2005; Klein et al., 2007; Kluser et Peduzzi, 2007).

Na společenstva opylovatelů má totiž nepříznivý vliv celá řada faktorů, které jsou bezprostředně spjaty s praktikami konvenčního hospodaření. Jedná se zejména o degradaci stanovišť, rozsáhlé pěstování monokultur, úbytek kvetoucích rostlin i používání syntetických insekticidů či herbicidů (Nicholls et Altieri, 2013; Kovács-Hostyánszki et al., 2017; Kumar et al., 2020). Opylující hmyz přitom patří mezi klíčové funkční skupiny organismů v agroekosystémech (Baskar et al., 2017), které poskytují nedocenitelné ekosystémové služby a umožňují jejich dlouhodobé fungování (Potts et al., 2010). Právě z toho důvodu ještě donedávna většina zemědělců považovala opylování za samozřejmost a jednu z „bezplatných“ služeb přírody (Cunningham et al., 2002; Kluser et Peduzzi, 2007), nicméně neutuchající úbytky hmyzu (Hallman et al., 2017; Kehoe et al., 2021; Wagner et al., 2021) vyvolávají stále silnější obavy o budoucnost zemědělství i celých potravinových systémů.

Entomogamie je totiž základem reprodukčního úspěchu celé řady druhů plodin pěstovaných v různých oblastech světa (Roubik, 1995; Stanley et Stout, 2014). Právě v této souvislosti proto bylo odhaleno, že na činnosti opylujícího hmyzu závisí 15–30 % celosvětové produkce potravin (Kumar et al., 2020), přičemž dle některých studií se tento podíl může pohybovat dokonce až na úrovni 35 % (Klein et al., 2007). Z ekonomického hlediska tak dosahuje roční hodnota opylovacích služeb hmyzu více jak 150 miliard €, což

odpovídá asi 9,5 % celkové hodnoty globální zemědělské produkce potravin (Gallai et al., 2009). Předpokládá se proto, že další úbytky opylovatelů by mohly vést k znatelnému snížení zemědělské produkce a vzniku mnohamiliardových ekonomických ztrát (Aizen et al., 2009; Gallai et al., 2009). S tím samozřejmě bezprostředně souvisí i obavy o zajištění dostatečného množství potravin s odpovídajícím nutričním složením (Eilers et al., 2011).

Roli opylovatelů v agroekosystémech je ovšem zapotřebí vnímat nejen v ekonomické a produkční rovině, ale také ekologické. Zemědělské ekosystémy totiž nejsou tvořeny pouze organismy s přímým či nepřímým užitkem pro člověka, ale také rozmanitou doprovodnou faunou, flórou a další biotou, jež spolu navzájem interagují. Je např. známo, že jen ve střední Evropě se vyskytuje několik stovek druhů planě rostoucích rostlin, které jsou svým výskytem alespoň částečně vázány na zemědělsky udržovanou krajinu (Myśliwy et Bosiacka, 2009; Kolářová et al., 2015). Současně se odhaduje, že bezmála 88 % všech krytosemenných rostlin (*Magnoliophyta*) vykazuje alespoň částečnou závislost na zoogamii (Ollerton et al., 2011), proto není překvapivé, že i reprodukční úspěch řady druhů lučních rostlin či polních plevelů závisí na opylovací aktivitě hmyzu (Jacquemyn et al., 2009; Rollin et al., 2016; Balfour et Ratnieks, 2022). Mezi některými kvetoucími rostlinami a opylovateli přitom existují natolik úzké vztahy, že dlouhodobá prosperita jejich populací bezprostředně závisí na jejich vzájemné koexistenci. Vymizení určité skupiny opylovatelů proto může ohrozit existenci dalších funkčně spjatých organismů, což může mít v konečném důsledku dalekosáhlé dopady na fungování celých společenstev organismů v (agro)ekosystémech (Biesmeijer et al., 2006; Bloch et al., 2006).

Vzhledem k rostoucím obavám o další úbytky biomasy i diverzity opylujícího hmyzu v krajině a jejich dopady na produktivitu zemědělství i fungování celých ekosystémů jsou proto v poslední době vyvíjeny stále větší snahy o jeho praktickou ochranu (Aslan et al., 2022). Je všeobecně známo, že při opylování se nelze spoléhat pouze na domestikovanou včelu medonosnou (*Apis mellifera*) (Rader et al., 2016), a proto je nezbytné usilovat o zvyšování hodnoty zemědělské krajiny pro druhově rozmanitá společenstva opylujícího hmyzu (Foffová et al., 2022). Snahy o efektivní podporu jeho populací v agroekosystémech by se proto měly opírat o komplexní chápání vztahů přirozeně fungujících v zemědělských systémech, přičemž hlavní důraz by měl být kladen na (upraveno podle Black et al., 2009):

- ochranu stávajících biotopů hodnotných pro opylovače (např. druhově bohatých luk, okrajů cest a lesů, úhorů, mezí a remízů, mokřadů, míst s obnaženou půdou atd.),

- tvorbu a obnovu biotopů cenných pro opylovatele (např. zakládání remízků či extenzivních sadů, pěstování kvetoucích plodin na orné půdě, ochranu biotopů vhodných k hnízdění včel atd.),
- snížení spotřeby pesticidů – zejména insekticidů a herbicidů (omezit aplikaci pesticidů v době, kdy opylovatelé aktivně shánějí potravu; dodržovat zásady integrované ochrany rostlin; minimalizovat riziko úniku těchto agrochemikálií do okolního prostředí; vyloučit/omezit aplikaci pesticidů na okrajích polí),
- vhodný management pastvy, sečení porostů a vypalování stanovišť s ohledem na biologii a ekologii opylovatelů,
- optimalizaci komerčního chovu včel v zemědělské krajině.

### **2.1.1 Hlavní skupiny opylovatelů v agroekosystémech**

Opylovatelé patří mezi druhově velmi bohaté skupiny organismů vyskytující se v terestrických ekosystémech. V následujícím přehledu je proto detailněji popsána úloha vybraných skupin z řádů blanokřídlých, dvoukřídlých a motýlů, jež poskytují stěžejní opylovací služby v agroekosystémech mírného pásu severní polokoule.

#### **2.1.1.1 Blanokřídlí (Hymenoptera)**

Blanokřídlí jsou jedním z nejdůležitějších a také největších hmyzích řádů na světě, zahrnujícím včely, vosy, mravence, pilatky a pilořitky (Davis et al., 2010; Abd-El-Samie et al., 2018). Dosud bylo popsáno více jak 153 000 druhů tohoto hmyzu (Aguiar et al., 2013; Peters et al., 2017), avšak většina druhového bohatství pravděpodobně zůstává zatím neobjevena, vezmeme-li v úvahu odhady, které hovoří zhruba o 1 milionu existujících druhů (Ulrich, 1999; Sharkey, 2007). Právě proto se v poslední době diskutuje o tom, že blanokřídlí mohou ve skutečnosti představovat druhově nejbohatší řád hmyzu (Forbes et al., 2018), za který byli dosud tradičně považováni brouci (Mitchell et al., 2020).

Zástupci tohoto řádu proto tvoří podstatnou složku biodiverzity také v rámci evropského kontinentu, kde bylo doposud popsáno okolo 16 000 druhů (Ulrich, 1999), z nichž je na území České republiky a Slovenska evidováno zhruba 7 500 druhů (Bogusch et al., 2007). Všichni zástupci blanokřídlých pak náleží do jedné ze dvou velkých skupin, označovaných jako širopasí (Symphyta), jež zahrnují zejména některé primitivnější taxony, a štíhlopasí (Apocrita), k nimž je řazeno asi 96 % všech blanokřídlých (Huber, 2017). Významný podíl

na opylení rostlin v zemědělské krajině proto mají právě zástupci ze skupiny Apocrita, kteří všeobecně patří k dominantním opylovatelům zvláště v teplejších, nížinných oblastech, kde nezřídka převládají nad jinými skupinami opylujícího hmyzu (Warren et al., 1988).

### **Včela medonosná (*Apis mellifera*)**

Jednu z klíčových skupin řádu Hymenoptera představuje obsáhlý taxon Apoidea, jenž sdružuje zástupce, kteří jsou tradičně považováni za jedny z nejdůležitějších a nejefektivnějších opylovatelů v ekosystémech (Khalifa et al., 2021). K těm nejznámějším bezesporu patří včela medonosná, jejíž chov člověku po staletí přináší mnoho hodnotných produktů, jako je med, propolis, vosk či mateří kašička (Wueppenhorst et al., 2022; Franchin et al., 2024). Původní domovina této včely se nachází pouze v oblastech Evropy, Afriky a Asie (Dogantzis et al., 2021), ale s ohledem na její hospodářský užitek byla postupně zavlečena i do mnoha území mimo areál svého původní rozšíření. Právě proto se dnes vyskytuje prakticky kosmopolitně, a to s výjimkou Antarktidy (Visick et Ratnieks, 2023).

Z biologie včely medonosné je dobře známo, že se jedná o vysoce eusociální druh (Woodard et al., 2011), žijící v trvalých a složitě organizovaných společenstvích, v nichž zpravidla v průběhu roku neklesá počet žijících dělnic pod 10 000 (Veselý et al., 2013). Ty jsou přitom schopny létat za potravou již při teplotách okolo 10 °C (Woyke et al., 2003), proto bývají k dispozici po velkou část vegetačního období. Jejich opylovací schopnost navíc bývá značně vysoká, vezmeme-li v úvahu, že jediná dělnice za den navštíví až 3 000 květů (Švamberg, 2015). Rádus jejich doletu ovšem závisí na mnoha faktorech, nicméně z většiny studií vyplývá, že včely mají tendenci shánět potravu většinou do vzdálenosti 2 km od úlu (Visscher et Seeley, 1982; Hagler et al., 2011). Navzdory tomu ale bylo zjištěno, že při hledání vhodných potravních zdrojů jsou schopny urazit i vzdálenosti přesahující 9,5 km, jak uvádí Beekman et Ratnieks (2000).

Včela medonosná navíc patří mezi typické potravní generalisty, proto se může podílet na opylení širokého spektra planě rostoucích i kulturních rostlin. I přesto, že se nejedná v mnoha oblastech o původní hmyz, bylo zjištěno, že se celosvětově jedná o nejčastější druh opylovače navštěvujícího květy rostlin rostoucí v přírodních stanovištích, z nichž některé jsou dokonce výlučně navštěvovány včelou medonosnou (Hung et al., 2018). Zvláště důležitá je její role také v člověkem řízených agroekosystémech, kde se spolupodílí na opylení mnoha entomofilních plodin (Klein et al., 2007), přestože se její příspěvek na opylení mezi jednotlivými rostlinnými druhy liší (Kleijn et al., 2015).

Na dominantní úlohu včely medonosné při opylování vybraných plodin tak poukazují např. výsledky studie Chiari et al. (2005), z nichž je zřejmé, že se tato včela může podílet z více jak 95 % na opylení zprostředkovaném hmyzem v porostech sóji luštinaté (*Glycine max*). Majoritní podíl na opylení mívá ovšem také u řady dalších kultur, např. vodních melounů (*Citrullus lanatus*) (Taha et Bayoumi, 2009), jahodníku (*Fragaria × ananassa*), pohanky obecné (*Fagopyrum esculentum*) či řepky olejky (*Brassica napus*) (Bartomeus et al., 2014). Jako klíčový opylovatel se uplatňuje také v ovocných sadech, kde mohou být květy některých ovocných dřevin až z 90 % navštěvovány právě včelou medonosnou (Tautz, 2009), proto mohou kvalitní včelstva výrazně přispět k zvýšení násady plodů (Geslin et al., 2017). Současně bylo prokázáno, že tyto včely mohou svou opylovací činností přispívat k zisku produkce splňující vyšší kvalitativní standardy, jako je větší velikost plodů, homogenní velikost a tvar apod. (Cervancia et Bergonia, 1991; Çolak et al., 2017).

I přes výše uvedené se ovšem nelze domnívat, že by opylovací činnost včely medonosné mohla být samospasitelná. Jedním z hlavních důvodů je kolísání početních stavů včelstev, ke kterým dochází zejména z důvodu tlaku škůdců a chorob, ale i vlivem jejich expozice různým znečišťujícím látkám vyskytujícími se v prostředí, a to včetně některých syntetických pesticidů používaných v zemědělství (Steinhauer et al., 2018). Kromě toho je dobře známo, že včela medonosná je schopna vyvíjet značný konkurenční tlak vůči původním druhům opylovatelů, což může eskalovat problémy s jejich úbytky v krajině (Thomson, 2004; Thomson et Irwin, 2016). Tyto kompetiční vztahy mohou u některých rostlin dokonce vést k snížení jejich reprodukčního úspěchu, jak bylo popsáno v případě opylení odule malabarské (*Melastoma malabathricum*) v Austrálii (Gross et Mackay, 1998).

Příspěvek hospodářsky významné včely medonosné na opylení jednotlivých rostlinných druhů se navíc různí, což souvisí s neschopností efektivního opylení některých druhů rostlin. Z jedné rozsáhlé studie (Hung et al., 2018) dokonce vyplývá, že existuje značné množství rostlinných taxonů, které jsou včelou medonosnou navštěvovány jen sporadicky, nebo vůbec. Právě proto je k zabezpečení plnohodnotného opylení a stability celých agroekosystémů nutné udržovat přirozenou rozmanitost opylujícího hmyzu v krajině (Hoehn et al., 2008).

### **Čmeláci (*Bombini*)**

K všeobecně známým skupinám hmyzu náleží kromě včely medonosné také čmeláci, kteří celosvětově zahrnují okolo 240 recentních druhů (Williams, 1998). Z tohoto počtu byl

v České republice prokázán výskyt celkem 38 druhů (Bogusch et al., 2007), avšak 12 z nich je v současné době hodnoceno jako kriticky ohrožených či vymizelých (Hejda et al., 2017). To odpovídá i výsledkům práce Kosior et al. (2007), kteří uvádí, že 80 % taxonů je ohroženo alespoň v jedné z 11 zemí v rámci střední a západní Evropy, přičemž bezmála třetina všech druhů je ohrožena v rámci celého uvažovaného areálu.

V této souvislosti je zapotřebí si uvědomit, že čmeláci patří mezi nejvýznamnější a také neúčinnější opylovatele, kteří mají zásadní vliv jak na fungování společenstev organismů v ekosystémech, tak i na produktivitu zemědělského hospodaření (Bravi et al., 2019). S výjimkou čmeláka druhu *Bombus gerstaeckeri*, specializovaného na květy omějů (*Aconitum* spp.) (Pawlikowski et al., 2016), totiž patří všichni čmeláci vyskytující se ve střední Evropě mezi typické polylektické druhy, navštěvující široké spektrum kvetoucích rostlin. V porovnání s jinými včelami se však vyznačují robustnější tělesnou stavbou, proto méně ochotně navštěvují některé drobnokvěté druhy plodin, jako je např. komonice bílá (*Melilotus albus*) či lnička setá (*Camelina sativa*) (Kaffková et al., 2020). Současně ale disponují poměrně dlouhým jazykem, proto velmi často navštěvují květy s hlouběji uloženým nektarem, ke kterému se jiné druhy dostávají jen obtížně. Právě takový typ květů mají i mnohé jeteloviny, na jejichž opylení se tak významně podílejí mnozí čmeláci, čímž přispívají k dosažení stabilních výnosů semene (např. Brown et al., 1992; Wermuth et Dupont, 2010). Právě z toho důvodu mohou úbytky čmeláků v krajině vysvětlovat i nedávný pokles výnosů jetele lučního (*Trifolium pratense*) v některých oblastech Evropy, jak zaznamenal Müller (2016b). Tyto problémy přitom mohou být umocněny i tím, že mezi nejefektivnější opylovatele jetele patří zejména tzv. dlouhojazyční čmeláci, kteří v posledních dekadách mizí v krajině nejrychleji (Dupont et al., 2011).

Další předností čmeláků je jejich adaptace na život v oblastech s různým typem podnebí. Přestože se těžiště výskytu většiny druhů nachází v zónách s mírným klimatem, některé vystupují i vysoko na sever, případně obývají místa s vyšší nadmořskou výškou (Williams et al., 2009; Wahengbam et al., 2019). S tím souvisí i jejich schopnost aktivovat při relativně nízkých teplotách a potenciál opylovat rostliny i ve dnech s méně příznivým počasím, kdy včely nebývají aktivní (Wahengbam et al., 2019). Čmeláci tak mohou významně přispívat k zajištění úrody při déletrvajícím období nepříznivého počasí v průběhu roku (Smékalová et al., 2018), ale i zabezpečení opylení některých kulturních rostlin kvetoucích časně na jaře (Vladek et al., 2018).

Čmeláci jsou dále významní tím, že ovládají tzv. sonikaci, v angličtině „buzz pollination“, kdy v důsledku intenzivního bzučení vznikají vibrace, které vedou k uvolnění pylových zrn

z prašníků. Tím zásadně napomáhají k opylení takových rostlin, jejichž pyl je z prašníků uvolňován pouze malými póry nebo štěrbinami (Vallejo–Marín, 2019). Takové květy se přitom vyskytují přibližně u 15 000 – 20 000 rostlinných druhů (Buchmann, 1983), a to včetně některých celosvětově významných hospodářských plodin, jako jsou rajčata (*Solanum lycopersicum*), brambory (*Solanum tuberosum*), borůvky (*Vaccinium* spp.) či kiwi (*Actinidia* spp.) (Cooley et al., 2021). Na to poukazují i výsledky mnoha výzkumů, které vyzdvihují důležitou roli čmeláků při opylování těchto plodin, viz např. Desjardins et De Oliveira (2006) či Yankit et al. (2018). Z pokusů prováděných na borůvkách pak dokonce vyplývá, že efektivita přenosu pylu u čmeláků může být i několikanásobně vyšší v porovnání se včelou medonosnou, která sonikaci neovládá (Dogterom et al., 2000).

Další předností čmeláků je skutečnost, že se výborně orientují v uzavřených prostorách a současně nebývají agresivní, proto jsou velmi často využíváni také ve sklenících s výsadbou rajčat (*Solanum lycopersicum*) (Morandin et al., 2001) či melounů (*Cucumis melo*) (Fisher et Pomeroy, 1989). Mimo to významně přispívají k opylení celé řady dalších běžných polních plodin, např. řepky olejky (*Brassica napus*) (Woodcock et al., 2013) či slunečnice roční (*Helianthus annuus*) (Murat Asla et Yavuksuz, 2010), ale i mnoha druhů ovocných stromů (Eeraerts et al., 2020). Právě proto v posledních desetiletích došlo k výraznému pokroku v technikách umělého odchovu čmeláků a využití komerčně chovaných druhů k opylení těchto kultur (Velthuis et van Doorn, 2006). V této souvislosti je ovšem zapotřebí mít na paměti, že neuvážené zavlékání nepůvodních taxonů do naší krajiny může skýtat potenciální hrozby pro zdejší populace čmeláků v důsledku zesílení konkurenčního tlaku, rizika hybridizace či zavlékání nebezpečných chorob (Ings et al., 2006; Graystock et al., 2013), proto je vhodné usilovat zejména o posílení divoce žijících populací.

### **Samotářské včely**

Přestože jsou hlavní opylovací služby zprostředkovávané živočichy tradičně připisovány výše zmiňovaným sociálně žijícím blanokřídlým, tak valnou část druhového spektra hmyzu, který se různou měrou podílí na opylování rostlin v (agro)ekosystémech, ve skutečnosti tvoří samotářské včely. Těch se na území České republiky vyskytuje okolo 600 druhů (Švamberský, 2015), přičemž v temperátních zónách tvoří asi 70 % druhové skladby taxonu Apoidea (Sgolastra et al., 2019). Jak je z názvu patrné, vyznačují se nejjednodušším způsobem sociálního života – přítomná je u nich pouze kasta samic a samců (Rotrekl et Kolařík, 2014). Jejich životní cyklus proto probíhá tak, že samice ihned po spáření vybuduje



hnízdo, které zásobí nektarem a pylem, naklade do něho svá vajíčka, uzavře jej a o své potomstvo se již dále nestará. Dle umístění hnízd se pak včely dělí na zemní a dutinové (Gresty et al., 2018), z nichž bývají v agrární krajině všeobecně častější druhy hnízdící v zemi z důvodu nedostatku hnízdních příležitostí pro většinu dutinových druhů (Šlachta et al., 2021a).

Vzhledem k velkému druhovému bohatství jsou samotářské včely schopné opylovat poměrně široké spektrum kvetoucích rostlin v průběhu celé vegetační sezóny. V přírodě se s nimi proto můžeme setkat od časného jara až do konce léta, nicméně letová perioda jednotlivých druhů bývá nezhledně omezena pouze na období květu konkrétních rostlin, na které se při sběru potravy orientují (Kaffková et al., 2019). Zatímco některé tedy navštěvují široké spektrum kvetoucích rostlin, jiné jsou troficky vázány pouze na omezené množství rostlinných druhů. Na základě potravní specializace proto samotářské včely tradičně členíme na druhy polylektické, které sbírají pyl z mnoha druhů rostlin, dále oligolektické, jež získávají pyl pouze z několika vzájemně příbuzných druhů rostlin, a monolektické, které jsou naopak úzce specializovány na konkrétní rostlinný druh (Karunaratne et al., 2005; Bogusch et al., 2020).

Z mnoha publikovaných výzkumů vyplývá, že asi 2/3 střeoevropských druhů včel patří mezi pylové generalisty, nicméně jejich podíl se liší napříč různými skupinami včel. Nejvíce polylektických druhů zahrnují zejména čeledi ploskočelkovití (Halictidae) a včelovití (Apidae), zatímco nejvyšší podíl pylových specialistů obsahuje malá čeleď pilorožkovití (Melittidae) (Bogusch et al., 2020). Právě oligolektické a zvláště mnohé monolektické včely tak bývají z důvodu jejich vyhraněných nároků často vzácné a ohrožené (Packer et al., 2005), přestože bývají efektivnější při využívání preferovaných potravních zdrojů v porovnání s nesespecializovanými druhy (Strickler, 1979).

Samotářské včely tedy poskytují důležité opylovací služby, přestože jejich význam bývá v tomto ohledu velmi často podceňován. Důkazem toho mohou být nedávno publikované odhady, z nichž vyplývá, že hodnota opylovacích služeb poskytovaných divokými včelami v průměru dosahuje 3 251 \$/ha, což zhruba odpovídá hodnotě příspěvku včely medonosné. Ze studie současně plyne, že sedm z deseti druhů divoce žijících včel, jejichž příspěvek na produkci plodin byl hodnocen jako nejvyšší, je řazeno k typicky samotářským druhům (Kleijn et al., 2015). Přestože solitérní včely mívají menší radius doletu v porovnání se včelou medonosnou (Gathmann et Tschardt, 2002), čímž se stávají více náchylné na prostorovou separaci svých hnízdišť od porostů vhodných kvetoucích rostlin (Zurbuchen et al., 2010), tak je jejich příspěvek na opylování rostlin nepostradatelný. To je dáno mj. tím,

že navštěvují i takové rostliny, které nejsou pro včelu medonosnou ani čmeláky příliš atraktivní (Nerad et al., 2015).

V tomto kontextu lze poukázat na výsledky studie, hodnotící příspěvek vybraných skupin opylovatelů na produkci jablek ve Velké Británii. Bylo vyčísleno, že ekonomická hodnota opylovacích služeb, které v jabloňových sadech zprostředkovávají samotářské včely, přesahuje 51 milionů liber, což je výrazně více v porovnání se včelou medonosnou i čmeláky, jejichž ekonomický příspěvek na produkci byl odhadnut na úrovni 21,4 milionů, resp. 18,6 milionů liber (Garratt et al., 2016). Výhodou některých samotářských včel totiž může být schopnost přenášet relativně velké množství pylu (Burns et Stanley, 2022) a v případě některých druhů i možnost aktivovat za zhoršených povětrnostních podmínek, jak bylo prokázáno v případě zednice rohaté (*Osmia cornuta*), která byla pozorována při shánění potravy na květech jabloní za větrného počasí i slabého deště (Vicens et Bosch, 2000).

Obdobně jako čmeláci, tak i některé samotářsky žijící včely ovládají zmiňovanou sonikaci, proto bývají účinnými opylovateli rostlin, které vyžadují opylení touto technikou. K takovým včelám patří zejména někteří příslušníci rodů *Exomalopsis*, *Halictus*, *Megachile* či *Xylocopa* (Tayal et Kariyat, 2021), kteří se tak mohou podílet např. na opylení lilku vejcoplodého (*Solanum melongena*) a rajčat (*Solanum lycopersicum*), jak uvádí Gemmill-Herren et Ochieng' (2008) a Farook et al. (2022). Právě zmiňované drvodělky (*Xylocopa* spp.) jsou zajímavé i tím, že jsou schopné aktivovat již od brzkého jara (Bogusch, 2007), přičemž v některých oblastech svého výskytu mohou létat dokonce i v noci (Burgett et Sukumalanand, 2015). Vzhledem ke své tělesné konstituci se pak mohou podílet i na opylení takových rostlin, které není schopen subtilnější hmyz efektivně opylovat. Právě k takovým patří i hospodářsky významná mučenka jedlá (*Passiflora edulis*), známá pod označením maracuja, jejíž reprodukční úspěch silně závisí na opylovací činnosti drvodělek (Silveira et al., 2012).

Mnoho dalších druhů samotářských včel se pak samozřejmě v různé míře spolupodílí také na opylení řady dalších druhů zeleniny a ovoce. K takovým patří např. paprika roční (*Capsicum annuum*), tykve (*Cucurbita* spp.), lubenice (*Citrullus lanatus*) či jahodníky (*Fragaria × ananassa*), jak vyplývá z prováděných výzkumů (Kristjansson et Rasmussen, 1991; Darsono et Widhiono, 2020; Stoner, 2020; Nacko et al., 2022). Bylo dokonce prokázáno, že některé druhy samotářských včel mohou při opylování vybraných druhů zeleniny velmi účelně substituovat domestikované včely, vyskytují-li se na daných lokalitách v odpovídajících koncentracích (Tepedino, 1981).

Také mnoho běžně pěstovaných polních plodin je v různé míře odkázáno na opylovací aktivitu těchto včel. Vhodným příkladem může být tolíce vojtěška (*Medicago sativa*), která patří mezi nejčastěji pěstované pícniny na orné půdě v České republice. Rozkvetlé květy nicméně samy o sobě semeno neposkytnou, proto musí nejprve dojít k jejich otevření, aby mohlo proběhnout jejich opylení – právě tuto funkci zajišťuje hmyz, a to vč. různých druhů samotářských včel (Kintl et al., 2023). K těm nejúčinnějším lze bezesporu zařadit trnočelku hladkou, někdy též označovanou jako šedosrstku tolicovou (*Rhopitoides canus*), jejíž efektivita opylení (otevření květů) vojtěšky je až 50× vyšší ve srovnání se včelou medonosnou (Rotrekl et Kolařík, 2014). Z hlediska dosažení výnosů semene pak může být i několikanásobně účinnějším opylovatelem než včela medonosná také čalounice mateřidoušková (*Megachile rotundata*) (Renzi et al., 2022), která se může spolupodílet i na opylení dalších jetelovin (Richards, 2015; Richards, 2020).

Dále mohou samotářské včely v různé míře napomáhat k opylení různých druhů olejnin. Na jejich důležitost v tomto směru poukazuje např. studie prováděná v Americe, hodnotící význam jednotlivých skupin blanokřídlých na opylování slunečnice roční (*Helianthus annuus*). Z výsledků této práce jednoznačně plyne, že nejúčinnějšími opylovateli byly samice pískorypky druhu *Andrena helianthi* a včel rodu *Melissodes*, což poukazuje na významné ekonomické dopady jimi poskytovaných opylovacích služeb (Mallinger et al., 2019).

Taktéž u nás běžně pěstovaná řepka olejka (*Brassica napus*) bývá opylována různými druhy hmyzu. Přestože jejím klíčovým hmyzím opylovatelem zůstává včela medonosná, případně v dalších oblastech světa i příbuzné druhy rodu *Apis*, tak bylo prokázáno, že její květy navštěvuje také značné množství samotářsky žijících včel (Bajjiya et Abrol, 2017). Jejich podíl na celkovém opylení zprostředkovaném hmyzem ovšem nebyl dosud uspokojivě vyhodnocen, nicméně z výstupů několika nedávných průzkumů lze dedukovat, že jejich role rozhodně nebude zanedbatelná. Odkázat lze kupř. na výsledky výzkumu prováděném na jižní Moravě, během něhož bylo na 11 řepkových polích zaznamenáno více jak 60 druhů divoce žijících včel, z nichž se v nejvyšších počtech vyskytovaly zejména někteří příslušníci čeledí ploskočelkovití (Halictidae) a pískorypkovití (Andrenidae) (Bartíková, 2023).

## Vosy

Vosy jsou nesmírně diverzifikovanou skupinou blanokřídlého hmyzu, sdružující příslušníky kladu Aculeata vyjma včel a mravenců (Nagrale, 2021). Jedná se tak o parafyletické

seskupení (Branstetter et al., 2017), zahrnující dle současných odhadů více jak 100 000 popsáných druhů vyskytujících se v různých oblastech světa (Aguiar et al., 2013). Oproti výše popsaným taxonům se ovšem jedná o skupinu daleko méně probádanou, s čímž patrně souvisí i značné podhodnocení příspěvku toho hmyzu na zajištění řady klíčových ekosystémových funkcí. Mezi laickou veřejností navíc přetrvává mylné přesvědčení, že vosy jsou škůdci, a tudíž jejich skutečný význam zůstává nedocenen.

Toto mínění se však začíná v posledních letech pomalu obracet, na čemž nese zásadní podíl zejména postupné zvyšování povědomí o využití různých druhů parazitických vos v biologické ochraně rostlin v systémech zemědělské produkce. Zřejmě nejznámějším bioagens se staly vosičky rodu drobněnka (*Trichogramma* spp.) ze skupiny chalcidek (Chalcidoidea), které se v současné době široce využívají k regulaci populací zavíječe kukuřičného (*Ostrinia nubilalis*), který patří mezi nejobávanější škůdce kukuřice seté (*Zea mays*) na světě (Gardner et al., 2011). Celkově je ovšem známo několik desítek tisíc druhů vos, které se mohou podílet na eliminaci populací různých členovců v přirozených i agrárních ekosystémech, a to nejen jako parazité či parazitoidi, ale též jako významní predátoři (Brock et al., 2021).

V kontextu této práce je ovšem důležité poukázat zejména na opylovací služby, které tyto organismy zabezpečují. Přestože podíl opylujících vos je výrazně menší v porovnání s těmi, které k opylení rostlin nepřispívají (Nagrале, 2021), tak v rostlinné říši existují druhy, jejichž reprodukční úspěch je z velké části závislý na opylovací činnosti tohoto hmyzu. Zřejmě nejužší vazba se v průběhu evoluce vyvinula mezi fíkovníky rodu *Ficus* a vosičkami z čeledi Agaonidae, jejichž výskyt bezprostředně závisí na jejich vzájemné koexistenci. Podstata toho vztahu je totiž založena na tom, že samice s pylem pronikají do syconií fíkovníků, kde kladou svá vajíčka, během čehož dojde k opylení jednotlivých květů (Moe et al., 2011).

Vosy se ale mohou v různé míře podílet na opylení celé řady druhů rostlin z mnoha čeledí. Z rozsáhlé metaanalýzy, kterou zpracoval tým vědců pod vedením dr. Brocka, totiž plyne, že vosy navštěvují nejméně 960 rostlinných druhů, které vyhledávají za účelem získání nektaru, z nichž je 164 zcela závislých na opylení vosami (Brock et al., 2021). K takovým rostlinám patří např. různé orchideje (*Orchidaceae*) (Brodmann et al., 2008), avšak z mnoha studií je patrné, že vosy opylují i mnoho důležitých zemědělských plodin. Akhter et al. (2016) posuzovali hodnotu vybraných skupin blanokřídých pro opylení 10 plodin, z nichž bylo opylení vosami relativně nejvýznamnější pro jabloně (*Malus pumila*), brukev černou (*Brassica nigra*) a tykve (*Cucurbita maxima*). Některé druhy vos mohou být rovněž významnými opylovateli plodin pěstovaných ve sklenících, jak naznačují výsledky jednoho

experimentu, během něhož bylo prokázáno, že vosíci rodu *Polistes* mohou být stejně účinní při přenosu pylu jako čmeláci, jejichž opylovací služby jsou schopni zcela substituovat (Hallett et al., 2017). To je primárně dáno tím, že mnozí vosíci mají schopnost na svém těle přenášet značné množství pylu, jak uvádí Sühs et al. (2009). Tuto vlastnost nicméně nelze generalizovat na celou skupinu vos, jejichž efektivita opylení většiny kulturních plodin bývá nesrovnatelně menší v porovnání se včelami nebo čmeláky (Akhter et al., 2016). Dokonce i zmiňovaní vosíci selhali jako opylovatelé kokosovníku ořechoplodého (*Cocos nucifera*) v rámci jiného experimentu prováděného v Jamajce, neboť ze zjištění autorů vyplývá, že na svém těle nebyli schopni přenášet potřebné množství pylu, a navíc odrazovali jiné vosy a včely, jež se pokoušely květy navštívit (Free et al., 1975).

Je tedy zřejmé, že opylovací schopnosti vos jsou jednoznačně nedocenené, nicméně k objektivnímu vyhodnocení jimi zprostředkovaných opylovacích služeb v agroekosystémech dosud nemáme dostatek exaktních podkladů.

### **2.1.1.2 Dvoukřídlí (Diptera)**

Dvoukřídlí jsou dalším velmi početným hmyzím řádem, sdružujícím dle nynějších odhadů zhruba 160 000 popsaných druhů (Courtney et al., 2009), avšak někteří autoři se domnívají, že velká část jejich druhového bohatství zůstává zatím neobjevena (Skevington et Dang, 2002). Celkově tak tento řád může zahrnovat až 15 % živočišných druhů (Yeates et al., 2007), rozšířených na všech kontinentech světa včetně Antarktidy (Courtney et al., 2009). Z výše uvedeného počtu se pak na území České republiky vyskytuje zhruba 8 000 druhů, avšak jejich počet stále narůstá, neboť jsou postupně objevovány další taxony, z nichž některé jsou dokonce připsány jako nové pro vědu (Roháček et al., 2013).

S ohledem na tak velké druhové bohatství se jedná o skupinu nesmírně diverzifikovanou, a to nejen z morfologického hlediska, ale i způsobem života a svými trofickými nároky. Ustanovení vnitřního uspořádání dvoukřídlých je tak značně komplikované, nicméně tradičně jsou zástupci tohoto řádu členěni do dvou velkých skupin, označovaných jako krátkorozí (Brachycera) a dlouhorozí (Nematocera). Z nedávných fylogenetických studií ovšem vyplynulo, že toto členění zcela neodpovídá reálné fylogenezi, neboť skupina Nematocera se jeví jako parafyletická (Yates et al., 2007). Navzdory komplikovaným vnitřním vztahům je ale dobře známo, že mnoho čeledí napříč systémem zahrnuje velké množství antofilních (květomilných) druhů, které se živí nektarem a v některých případech i pylem rostlin (Hickman et al., 1995). Tyto potravní preference souvisí s tím, že dospělci většiny druhů disponují charakteristicky modifikovaným ústním ústrojím, velice dobře

uzpůsobeným k příjmu takové stravy. Právě proto se mnoho z nich může v různé míře podílet na opylení rostlin, což dokládají i nedávno zveřejněné odhady, z nichž je patrné, že zhruba 55 000 druhů dvoukřídlého hmyzu prokazatelně patří mezi opylovatele, čímž se řadí mezi druhově nejbohatší skupiny opylujícího hmyzu na světě (Ollerton, 2017).

Navzdory těmto souvislostem jsou opylovací aktivity tohoto hmyzu spíše opomíjeny a přehlíženy. Opylování u dvoukřídlých nebylo ani předmětem zájmu většiny rozsáhlejších odborných výzkumů, které se dosud soustředily spíše na studium opylovací činnosti včel, případně některých dalších skupin blanokřídlých. Na rozdíl od včel totiž většina dvoukřídlých nepotřebuje přenášet pyl na větší vzdálenosti, neboť jej konzumují přímo z prašníků, příp. ze svého těla během návštěvy květu (Larson et al., 2001), a proto většina z nich postrádá specializované struktury pro transport pylu. Výjimkou jsou pouze někteří zástupci (např. pestřenka devětsilová – *Cheilosia canicularis*), kteří mají obrvené tělo, na němž se pyl snadno zachytává a hromadí (Ssymank et al., 2008). Dvoukřídlí proto bývají v porovnání se včelami méně efektivní v přenosu pylu, což ale velmi často vyvažují četnějšími návštěvami květů (Jersáková et Tropek, 2018b).

Dále si je potřeba uvědomit, že dvoukřídlí jsou téměř všudypřítomní, neboť obývají prakticky všechna prostředí s výjimkou otevřených moří a ledovců (Courtney et al., 2009). Právě proto mohou být k dispozici jako opylovatelé i v oblastech s vyšší nadmořskou výškou (Sommaggio et al., 2022) či na vlhkých a stinných stanovištích, kde se jiní příslušníci opylujícího hmyzu vyskytují jen omezeně (Ssymank et al., 2008). Stejně tak mohou zajišťovat opylení rostlin v meteorologicky méně přívnějším období v průběhu vegetační sezóny, a tím eliminovat riziko reprodukčního neúspěchu mnoha rostlinných taxonů (Jersáková et Tropek, 2018b). Většina druhů navíc náleží mezi typické potravní generalisty, proto se podílí na opylení širokého spektra rostlin, jak uvádí výsledky mnoha recentních výzkumů (např. Howlett et Gee, 2019). Odhaduje se tak, že dvoukřídlý hmyz pravidelně navštěvuje minimálně 555 druhů rostlin, mezi něž patří i více jak 100 zemědělsky využívaných plodin (Larson et al., 2001).

K nejčastěji studovaným skupinám dvoukřídlého hmyzu, jež přispívají k opylení rostlin v zemědělských ekosystémech, bezesporu patří pestřenkovití (Syrphidae). Právě proto je této skupině věnována hlavní pozornost i v rámci této práce, přestože se na opylení entomofilních plodin mohou spolupodílet i zástupci mnoha dalších taxonů. K nim patří např. někteří příslušníci nadčeledi Muscoidea, jako je dobře známá moucha domácí (*Musca domestica*), která byla shledána jako jeden z opylovatelů mangovníku indického (*Mangifera indica*), skočce obecného (*Ricinus communis*) či brukve (*Brassica campestris* var. *toria*) (Dag

et Gazit, 2000; Douka et Fohouo, 2014; Pudasaini et al., 2015). Části bývají v agroekosystémech i různí příslušníci nadčeledi Oestroidea, z nichž lze jmenovat např. bzučivky rodů *Calliphora*, *Chrysomya* či *Lucilia* nebo masařky rodu *Wohlfahrtia*, které přispívají k opylení semenných porostů póru zahradního (*Allium ampeloprasum*), jahodníku (*Fragaria × ananassa*), svazenky vratičolisté (*Phacelia tanacetifolia*), hruškovce přelahodného (*Persea americana*) a mnoha dalších kulturních rostlin (Clement et al., 2007; Herrmann et al., 2019; Owayss et al., 2020; Cook et al., 2023). Do jejich příbuzenstva dále náleží i často pestře zbarvené kuklice (čeleď Tachinidae), jejichž imaga se živí na květech rostlin, zatímco larvy fungují jako parazitoidi různých druhů hmyzu. Právě proto se s kuklicemi počítá i v systému biologické ochrany rostlin, neboť hrají důležitou roli v regulaci populací řady škůdců polních plodin i ovocných dřevin (Ismail et Albittar, 2015; Weber et al., 2021). Z dalších skupin nelze opomenout ani dlouhososky (čeleď Bombyliidae), které rovněž navštěvují mnoho druhů kvetoucích rostlin v zemědělské krajině, a to vč. jetelovin či různých druhů ovocných stromů, z jejichž květů za letu sají nektar pomocí dlouhého sosáku (Kastinger et Weber, 2001).

Z uvedeného přehledu je tedy zjevné, že i tyto přehlížené skupiny hmyzu se mohou v agrárních ekosystémech spolupodílet na zajištění stabilních výnosů kulturních plodin. Na to poukazuje i studie vědců ze Spojeného království, kteří dospěli k zjištění, že skupina dvoukřídlého hmyzu vyjma čeledi pestřenkovití může být v agroekosystémech zodpovědná za opylení většího počtu květů než samotné pestřenky, jimž je všeobecně přikládán daleko větší význam na opylení plodin v porovnání s jinými „mouchami“ (Orford et al., 2015).

### **Pestřenkovití (Syrphidae)**

Pestřenky patří mezi nejnápadnější skupiny hmyzu žijící v zemědělsky udržované krajině. To je dáno zejména jejich mimetickým zbarvením, kterým napodobují jedovaté vosy, včely a další blanokřídlé (Penney et al., 2012), ale i charakteristickým chováním dospělců, kteří se často vznášejí nad květy či jinými objekty (Mengual et al., 2023). Současně se jedná o jednu z druhově nejbohatších skupin dvoukřídlých, zahrnující dle nejnovějších odhadů více jak 6 200 druhů (Dawah et al., 2020), rozšířených téměř kosmopolitně s výjimkou Antarktidy a některých odlehlých ostrovů v Tichém oceánu (Sommaggio, 1999). Z tohoto počtu se na území naší republiky vyskytuje dle posledního publikovaného kontrolního seznamu více jak 400 druhů, čímž se pestřenkovití řadí mezi pět druhově nejbohatší čeledí řádu Diptera v ČR (Jedlička et al., 2009).

Všichni zástupci jsou pak dle nynějších názorů řazeni do jedné ze tří, resp. čtyř podčeledí – Eristalinae, Microdontinae a Syrphinae, od nichž někdy bývají vyčleňováni do samostatné podčeledi (označované jako Pipizinae) zástupci tribu *Pipizini* (Li et al., 2023). S výjimkou některých příslušníků zmiňované skupiny Microdontinae, naprostou většinu zástupců spojuje jejich vazba na květy, které navštěvují imaga za účelem sběru pylu a nektaru (Moran et al., 2022; Klymko et al., 2023). Na rozdíl od včel ale nezaopatřují potravu pro svůj plod, proto mívají nižší energetické nároky (Ssymank et al., 2008), a navíc nejsou svým výskytem úzce vázány na omezené domovské areály, což jim umožňuje přenášet pyl na delší vzdálenosti (Rader et al., 2011). O některých evropských druzích pestřenek je dokonce známo, že každoročně podnikají dálkové severojižní migrace, během nichž s sebou přenášejí značné množství životaschopného pylu na vzdálenosti stovek kilometrů (Wotton et al., 2019).

Většina pestřenek patří mezi mouchy s krátkým sosákem, jež bývají generalisty navštěvujícími široké spektrum květů s exponovaným nektarem. Bylo přitom odhaleno, že se mohou živit i velmi koncentrovaným nektarem s až 75% cukernatostí, což motýli ani včely nedovedou (Jersáková et Tropek, 2018b). Velmi často tak hledají potravu na květech rostlin z čeledí miříkovité (*Apiaceae*), hnězdnicovité (*Asteraceae*), pryskyřníkovité (*Ranunculaceae*) či růžovité (*Rosaceae*), které často vytvářejí květy s plochými korunami (Branquart et Hemptinne, 2000). Z pestřenek, které se odchyľují od uváděného schématu, lze poukázat zejména na zástupce rodu *Rhingia*, kteří mají ústní ústrojí naopak výrazně prodloužené (přes 10 mm), a proto se nevyhýbají ani květům s hlouběji uloženým nektarem (Vlašánková et al., 2017). Relativně dlouhý proboscis ale mají i některé další pestřenky, např. pestřenka trubcová (*Eristalis tenax*), pestřenka čmeláková (*Volucella bombylans*) či pestřenka prosvítavá (*Volucella pellucens*), jejichž sosáky dosahují délky přes 7 mm (Gilbert, 1985).

S ohledem na tyto souvislosti mohou pestřenky opylovat mnoho druhů rostlin, které mají hospodářský význam pro člověka. To potvrzuje i jedna z nedávno publikovaných studií, během níž bylo prokázáno, že ze 105 druhů analyzovaných zoofilních plodin se pestřenky v různé míře spoluúčastnily na opylení více jak poloviny z nich (Rader et al., 2020). K nim náleží kupř. běžně pěstovaná řepka olejka (*Brassica napus*), jejíž květy navštěvuje mnoho druhů pestřenek (Stanley et al., 2013). Na důležitost jimi zajišťovaných opylovacích služeb proto v této souvislosti poukazují i výsledky výzkumu německých vědců, kteří zjistili, že pestřenky mohou napomáhat k z výšení výnosů řepky až o 25 % (Jauker et Wolters, 2008), přestože jiné práce tyto odhady mírní z důvodu výrazně nižší efektivity přenosu pylu v porovnání se včelami (Jauker et al., 2012).



Zvláště důležitou roli hrají pestřenky také při opylení jahodníků (*Fragaria × ananassa*), neboť bylo prokázáno, že mohou napomoci k výraznému zlepšení kvalitativních parametrů plodů a zvýšení jejich výnosů o více než 70 % v porovnání s porosty neopylenými hmyzem (Hodgkiss et al., 2018). Jak bylo uváděno výše, mnoho pestřenek s oblibou navštěvuje různé druhy miříkovitých rostlin, proto není překvapením, že mohou rovněž významně přispívat k zajištění výnosů semene celeru (*Apium graveolens*), fenyklu (*Foeniculum vulgare*) i kmínu (*Carum carvi*) (Wojciechowicz-Żytka, 2019; Sánchez et al., 2022). Zajímavé přitom je, že pestřenky nejsou důležitými opylovateli pouze pro plodiny pěstované na poli, ale mohou významně napomáhat též k opylení některých druhů zeleniny ve sklenících. Právě to dokazuje studie zabývající se možnostmi využití pestřenky trubcové v systému pěstování skleníkových kultivarů paprik (*Capsicum annuum*), jež prokazatelně přispěla k zvýšení počtu semen v plodech, což poukazuje na potenciál jejího využití ve skleníkových podmínkách (Jarlan et al., 1997).

Zatímco dospělé pestřenky si obstarávají potravu tím způsobem, že vyhledávají nektar a pyl na květech rostlin, tak jejich larvy vykazují daleko rozmanitější potravní strategie. Přestože některé z nich se i v larválním stádiu mohou živit pylem (Reemer et Rotheray, 2009), tak většina ostatních je dravých, saprofágních či myrmekofilních. Uvádí se, že asi 40 % všech druhů pestřenek prochází stádiem dravé larvy (Ssymank et al., 2008), z nichž většina systematicky přísluší ke skupinám Syrphinae a Pipizinae (Prokhorov et al., 2018). Právě takové druhy proto zastávají v agrocenózách důležitou bioregulační funkci, neboť se přirozeně účastní regulace populací mšic a dalšího hemipterního hmyzu škodícího na zemědělských kulturách (Jiang et al., 2023). Bylo přitom odhaleno, že abundance zoofágních pestřenek bezprostředně závisí na dostupnosti vhodných kvetoucích rostlin v krajině, které poskytují optimální zdroj potravy pro imaga (van Rijn et Wäckers, 2016). Právě z toho důvodu se při začleňování kvetoucích plodin do agroekosystémů berou v úvahu znalosti o trofických nárocích jednotlivých druhů, jejichž účelná podpora může napomáhat nejen k posílení zmiňovaných opylovacích služeb, ale i přirozených autoregulačních mechanismů fungujících v agrocenózách (viz např. Hickman et Wratten, 1994; Wnuk et Wojciechowicz-Żytka, 2007)

### **2.1.1.3 Motýli (Lepidoptera)**

Motýli představují jeden ze tří druhově nejbohatších hmyzích řádů na světě (Goldstein, 2017). Dle posledních publikovaných zpráv k nim přísluší asi 180 000 druhů, jež tvoří zhruba 10 % druhového bohatství hmyzu (Khalifa et al., 2021). Z tohoto počtu bylo na území

České republiky dosud hlášeno více jak 3 400 druhů, nicméně v posledních letech stále přibývají nové nálezy dříve nezjištěných taxonů, a proto lze předpokládat, že se počet registrovaných druhů bude i nadále mírně zvyšovat (Laštůvka et Liška, 2011). Na druhé straně je ale potřeba uvést, že v posledních desetiletích došlo také k výraznému propadu početních stavů mnoha druhů motýlů, proto jsou aktuálně desítky z nich řazeny mezi vyhynulé či kriticky ohrožené (Hejda et al., 2017).

Motýli jsou fylogeneticky konzistentní skupinou, kterou charakterizuje řada odvozených znaků, z nichž nejvýznamnější je bezesporu přítomnost typického sosáku. Ten většina motýlů v dospělosti využívá k příjmu tekuté stravy, a to s výjimkou nejprimitivnějších skupin, jejichž imaga sosák postrádají, neboť potravu vůbec nepřijímají (Powell, 2009). Právě z toho důvodu je většina motýlů antofilních, neboť velmi často navštěvují květy za účelem získání sladkého nektaru. Vzhledem k tomu, že motýlí sosák bývá výrazně úzký a prodloužený, tak musí být jimi přijímaný květní nektar dostatečně řídký, aby jejich modifikovaným ústním ústrojím prošel (Kaffková et al., 2019). Zvláště dlouhé sosáky se vyvinuly např. u mnoha druhů z čeledi Sphingidae, přičemž u některých lišajů rodu *Amphimoea* mohou dosahovat délky i přes 20 cm (Avila et Moura, 2021). Motýli jej proto v klidu uchovávají spirálovitě stočený, zatímco při sání ho napřimují a zanořují do květů. Důležité je, že při sání mohou sosák zhruba v jedné třetině jeho délky ohnout, což jim umožňuje lépe se přizpůsobit příjmu nektaru z různých hlubokých květů (Krenn, 2010).

Motýli se proto mohou spolupodílet na opylení celé řady druhů rostlin, a to včetně těch, které vytvářejí květy s trubkovitou korunou či hlubším kalichem, k jejichž nektaru se jiní bezobratlí živočichové dostávají obtížně (Foffová et al., 2022). Přestože jsou jako opylovatelé považováni za relativně méně spolehlivé v porovnání s jinými skupinami hmyzu (Jennersten, 1984), tak v přírodě existují druhy rostlin, jejichž reprodukční úspěch je téměř závislý na jejich opylovací aktivitě (Bloch et al., 2006). Zvláště důležité postavení mezi organismy proto mají motýli v agroekosystémech, kde se v různé míře spoluúčastní na zabezpečení reprodukčního úspěchu značného množství entomofilních plodin.

Vnitřní vztahy v rámci taxonu Lepidoptera jsou značně komplikované, proto se tradičně motýli účelově člení na denní a noční, přestože je tato klasifikace dávno překonaná a odborníky neuznávaná (Macek et al., 2007). V rámci této práce je zaměřena hlavní pozornost na skupinu denních motýlů z taxonu Rhopalocera, která je předmětem zájmu mnoha prováděných výzkumů opylujícího hmyzu v zemědělské krajině (např. Chaguthi et Dyola, 2018; Kolkman et al., 2022), přestože většinu druhového spektra řádu Lepidoptera paradoxně tvoří druhy aktivní v noci. Právě noční motýli přitom náleží mezi významné

opylovatele různých rostlin, avšak jejich přínos bývá v tomto ohledu dlouhodobě spíše podceňován (MacGregor et al., 2015). Hahn et Brühl (2016) sice spekulují, že noční motýli s největší pravděpodobností nejsou nezbytní pro opylování kulturních plodin pěstovaných v oblastech mírného pásma, avšak jiné studie odhalily, že někteří zástupci často navštěvují květy vybraných jetelovin za účelem zisku potravy, proto lze předpokládat, že se alespoň částečně podílí na jejich opylení (Plepys et al., 2002; Jat et al., 2014). Další nezávislé výzkumy prováděné na svazence vratičolisté zase prokázaly, že květy této plodiny překvapivě navštěvuje řada druhů motýlů s noční aktivitou, z nichž byl jeden druh z čeledi můrovití (Noctuidae) v rámci několika nezávislých studií dokonce shledán jako jeden z nejpočetněji zaznamenaných motýlů v porostech s kvetoucí svazenkou (Thrasylvoulou et Tsirakoglou, 1998; Carreck et Williams, 2002; Owayss et al., 2020).

### **Denní motýli (Rhopalocera)**

Monofyletickou skupinu v rámci řádu Lepidoptera tvoří taxon Rhopalocera, sdružující více jak 18 000 druhů motýlů převážně s denní aktivitou, vyskytujících se v různých oblastech světa (Heikkilä et al., 2012). Ve středoevropském prostoru jsou zastoupeni příslušníky celkem šesti čeledí, a to soumračníkovitými (Hesperiidae), modráskovitými (Lycaenidae), babočkovitými (Nymphalidae), otakárkovitými (Papilionidae), běláskovitými (Pieridae) a pestrobarvcovitými (Riodinidae), do jejichž příbuzenstva patří i neotropická čeleď Hedyliidae (Espeland et al., 2018). Na našem území bylo dle posledního publikovaného checklistu evidováno okolo 160 druhů denních motýlů, z nichž některé jsou ovšem v současnosti považovány za vyhynulé (Laštůvka et Liška, 2011).

Motýli ze skupiny Rhopalocera patří mezi nejnápadnější skupiny hmyzu žijící v agrárních ekosystémech. Navzdory tomu se však dosavadní zemědělský výzkum soustředil zejména na hodnocení hospodářských škod působených žírem jejich housenek a možnosti jejich regulace (Ahmad, 2021; Konno, 2023), zatímco o příspěvku většiny denních motýlů na opylení zemědělských plodin je stále známo relativně málo. Obecně se totiž předpokládá, že jejich opylovací schopnosti jsou značně limitované z důvodu absence specializovaných morfologických struktur pro přenos pylu, jaké známe např. u blanokřídlých. Motýli však mohou přenášet pyl pasivně na různých tělních partiích (např. na hlavě či sosáku), které se při sání nektaru dostávají do styku s prašníky (Anýž, 2019). Omezenou schopnost přenášet větší množství pylu přitom mohou do jisté míry vyvažovat také častějšími návštěvami květů (Barrios et al., 2016). Kromě toho bylo odhaleno, že jsou schopni transportovat pyl na velké

vzdálenosti, a to v rámci sezónních přesunů, které někteří denní motýli podnikají (Ghazanfar et al., 2016).

Jak bylo uvedeno, s ohledem na utváření ústního ústrojí velmi často preferují květy s delší korunní trubkou (Subedi et al., 2021), které ze zemědělských plodin vytváří např. různé druhy jetelů (*Trifolium* spp.). Právě z toho důvodu bývají denní motýli často pozorováni v kvetoucích porostech jetelovin, které jim poskytují hromadné zdroje nektaru (Kydale, 2018; Chaguthi et Dyola, 2018). Zolotarev (2021) ovšem v rámci výzkumu společenstev opylujícího hmyzu na jeteli plazivém (*Trifolium repens*) zjistil, že motýli svými návštěvami přispívají k opylení jeho květů jen minimálně z důvodu omezeného kontaktu s prašníky, a proto považuje za klíčové opylovatele jetele plazivého včely a čmeláky. Marginálně pak mohou denní motýli opylovat celou řadu dalších kvetoucích plodin, např. olejninu, jako je řepka olejka (*Brassica napus*), hořčice bílá (*Sinapis alba*) nebo slunečnice roční (*Helianthus annuus*) (Ali et al., 2011; Naumkin et Velkova, 2013; Ali et al., 2015). Kromě polních plodin se však prokazatelně spolupodílí také na opylení některých hospodářsky ceněných dřevin – příkladem může být v tropech pěstovaná makadamie celolistá (*Macadamia integrifolia*), využívaná pro produkci známých makadamových ořechů, jejíž květy jsou z velké části opylovány právě motýly z čeledi Nymphalidae (Santos et al., 2020).

## 2.2 Kvetoucí rostliny v agroekosystémech

Jak bylo zmíněno, jedním z klíčových faktorů, který podmiňuje výskyt a dlouhodobou prosperitu populací všech druhů opylovatelů v agroekosystémech, je dostatek zdrojů potravy. Je důležité podotknout, že opylující hmyz nenavštěvuje květy rostlin s cílem zabezpečit jejich opylení, nýbrž z důvodu získání vlastní potravy – zejména nektaru (zdroj sacharidů), pylu (zdroj bílkovin), případně dalších látek (Kaffková et al., 2020). Přestože některé druhy jsou schopny získávat potravu i z dalších zdrojů (Krenn et al., 2001; Konrad et al., 2009; Cameron et al., 2019), snížená nabídka kvetoucích rostlin v agroekosystémech prokazatelně limituje výskyt mnoha hmyzích taxonů a nepříznivě ovlivňuje jejich zdraví a fitness (Ebeling et al., 2008; Vaudo et al., 2015; Kaluza et al. 2018). Nedostatečné množství i snížená diverzita kvetoucích rostlin tak bezprostředně vedou k tomu, že opylovatelé nejsou schopni kontinuálně sehnat dostatek potravy (Jersáková et Tropek, 2018a), což ohrožuje zejména organismy, které si po delší dobu neuchovávají zásoby potravy, jako jsou např. čmeláci či solitérní včely (Roubik, 1989; Michener, 2007).

Snížení nabídky kvetoucích rostlin v současné zemědělské krajině jde přitom ruku v ruce se způsoby jejího obhospodařování, zejména častým aplikováním herbicidů, uplatňováním málo diverzifikovaných osevních postupů, ale i příliš intenzivním hospodařením na trvalých travních porostech či likvidací různých krajinných prvků (Nicholls et Altieri, 2013). Je přitom známo, že bezmála 2/3 zemědělské půdy v Evropské unii (EU) jsou zorněny (Eurostat, 2020), z čehož jednoznačně vyplývá, že mezi hlavní faktory, ovlivňující dostupnost zdrojů potravy pro opylovatele i další funkční skupiny organismů v agroekosystémech, patří právě způsob hospodaření na orné půdě.

Mezi nejvíce zastoupené plodiny pěstované na orné půdě v EU přitom patří obilniny, z nichž největší podíl zaujímá pšenice (*Triticum aestivum* a *Triticum spelta*), kukuřice (*Zea mays*) a ječmen (*Hordeum vulgare*) (Eurostat, 2020). Pole s monokulturami obilnin zbavená veškeré plevelné vegetace ovšem nenabízí prakticky žádné potravní zdroje pro včely ani další skupiny užitečného hmyzu (Williams et Carreck, 2014). Právě to vede velmi často k tomu, že hmyz v takto využívané krajině nenachází dostatek potravy a následně hladoví (Holý et al., 2020).

Z těchto důvodů jsou v poslední době stále častěji hledána řešení, jak zvýšit nabídku kvetoucích rostlin na orné půdě s cílem zlepšit atraktivitu těchto stanovišť pro hmyz. Mezi vhodná opatření patří např. zachování kvetoucích plevelů na polích na přijatelné úrovni (Nicholls et Altieri, 2013), uplatňování diverzifikovaných osevních postupů se zastoupením jetele a dalších leguminóz (Dupont et al., 2011; Sánchez-Bayo et Wyckhuys, 2019), dále vyčlenění úhorových ploch (Kuussaari et al., 2011), včasné zakládání porostů rychle vzcházejících nektarodárných meziplodin (Štěpánek et Talašová, 2018) či cílené pěstování květnatých pásů (Jönsson et al., 2015).

Mnohá opatření, která mají potenciál přispívat k nápravě uvedených problémů, ovšem bývají jen obtížně implementovatelná v praxi v odpovídajícím měřítku. To obvykle souvisí s tím, že v různé míře omezují intenzifikaci zemědělské výroby a využití zemědělské půdy k produkci. Přijatelným kompromisem však může být právě cílené pěstování vhodně zvolených kvetoucích rostlin na orné půdě, které mohou poskytovat opylovatelům alternativní zdroje potravy. Kromě toho takové rostliny účelně přebírají funkci kvetoucích plevelů, a navíc neznemožňují případnou intenzifikaci zemědělského hospodaření (Nerad et al., 2015).

### 2.2.1 Využití kvetoucích rostlin k zvýšení potravní nabídky pro opylovatele na orné půdě

S ohledem na výše uvedené souvislosti se pěstování vhodně zvolených kvetoucích rostlin na orné půdě v poslední době stává důležitým prostředkem ochrany hmyzu v zemědělské krajině mnoha zemí světa (Haenke et al., 2009; Haaland et al., 2011). Z prováděných výzkumů totiž jednoznačně vyplývá, že se jedná o jednu z možností, jak zmírnit negativní dopady intenzivního hospodaření na populace užitečných živočichů (Banaszak, 1992), což vede k navrhování nových přístupů a opatření, jež mají potenciál přispívat k ochraně biodiverzity.

Z řady studií je přitom zřejmé, že opylovatelé mohou těžit i z hromadně pěstovaných kvetoucích plodin, které lze za tímto účelem cíleně vysévat, anebo mohou být součástí běžných osevních postupů (Giovanetti et al., 2022). Mezi takové kultury patří mnohé jeteloviny, z nichž se v České republice nejčastěji pěstuje tolice vojteška (*Medicago sativa*) a různé druhy jetelů, např. jetel luční (*Trifolium pratense*), jetel plazivý (*Trifolium repens*), jetel inkarnát (*Trifolium incarnatum*), jetel zvrhlý (*Trifolium hybridum*) a některé další. Tyto plodiny bývají velmi často pěstovány v samostatných kulturách jako pícniny nebo pro semenářské využití (Smejkalová, 2020), a v době květu proto přitahují široké spektrum květomilného hmyzu (Palmer-Jones et al., 1966; Goodman et Williams, 1994; Tepedino et al., 2008; Spellman et al., 2015; Taha et al., 2016).

Další významnou skupinu nektarodárných a pylodárných rostlin reprezentují četné olejniny. Z nich patří v globálním měřítku mezi nejdůležitější druhy řepka olejka (*Brassica napus*) (Hu et al., 2007), která produkuje velké množství pylu i nektaru, čímž se stává velmi atraktivní pro široké spektrum hmyzu (Bommarco et al., 2012; Stanley et al., 2013; Bartíková, 2023). Mezi další významné olejniny patří slunečnice roční (*Helianthus annuus*), která nabízí opylovatelům cenný zdroj nektaru a pylu v době, kdy již bývá přítomnost jiných kvetoucích rostlin v krajině omezená (Stejskalová et Kazda, 2018). Její květy proto s oblibou navštěvují jak čmeláci a včela medonosná, tak i některé solitérní včely, pestřenky či motýli (Murat et Neşe, 2008; Nderitu et al., 2008). Z dalších významných druhů lze jmenovat i hořčici bílou (*Sinapis alba*), na jejíž květech Naumkin et Velkova (2013) zaznamenali více jak 80 druhů hmyzích opylovatelů, nebo mák setý (*Papaver somniferum*), na jehož opylení se prokazatelně podílí blanokřídlí a dvoukřídlí (Miller et al., 2005).

Velkým přínosem pro opylující hmyz v zemědělské krajině je samozřejmě také pěstování mnoha minoritních plodin, které napomáhá jak k diverzifikaci osevních postupů, tak i rozšiřování potravní nabídky pro rozmanitá společenstva hmyzu. Z takových rostlin lze

jmenovat např. pohanku obecnou (*Fagopyrum esculentum*) z čeledi rdesnovité (*Polygonaceae*), která je v současnosti velmi ceněna nejen v lidské výživě, ale i z hlediska jejího významu pro podporu biodiverzity. Z řady studií totiž vyplývá, že její květy navštěvují různé druhy květomilného hmyzu, zejména z řádů blanokřídlí a dvoukřídlí (Jacquemart et al., 2007; Campbell et al., 2016). Z čeledi bobovité (*Fabaceae*) lze zase jmenovat různé druhy vikeví, např. vikev huňatou (*Vicia villosa*), vikev panonskou (*Vicia pannonica*) či vikev setou (*Vicia sativa*), které jsou atraktivní např. pro některé druhy čmeláků, včel a pestřenek (Al-Ghzawi et al., 2009; Cole et al., 2022). Jak bylo uvedeno výše v textu, zvláště mnozí příslušníci taxonu Diptera pak s oblibou hledají potravu na květenstvích miříkovitých rostlin (*Apiaceae*), mezi které náleží i marginálně pěstovaný kmín kořený (*Carum carvi*) (Toivonen et al., 2022). Z minoritně pěstovaných olejnin lze zase zmínit lničku setou (*Camelina sativa*) či impozantní světlici barvířskou (*Carthamus tinctorius*), které v době květu rovněž skýtají zajímavý potravní zdroj pro hmyz (Groeneveld et Klein, 2014; Saeidi et al., 2015). Zvláště přitažlivá pro mnoho druhů je také modrofialově kvetoucí svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia*), náležící mezi stružkovcovité rostliny (*Boraginaceae: Hydrophyllloideae*), která bývá nejčastěji pěstována pro produkci semene, dále jako medonosná rostlina, meziplodina a okrajově též jako pícnina.

Právě svazenka vratičolistá je vzhledem k jejímu rychlému růstu a realitně malým nárokům na pěstování i podmínky stanoviště jednou z nejčastěji využívaných plodin za účelem podpory opylovatelů v krajině. Kromě toho se vyznačuje i relativně dlouhou periodou kvetení a tvorbou velkého množství květů, které bezobratlým živočichům poskytují jak bohatý zdroj kvalitního nektaru, tak i pylu (Kirk, 2005; Pawelek et al., 2009; Williams et Carreck, 2014). Její další předností je rovněž to, že ji lze vysévat v různou dobu během roku, čímž lze účelně zajistit alternativní zdroj potravy pro včely a další organismy v době, kdy ho je v přírodě největší nedostatek (Carreck et Williams, 2002; Lermi et Palta, 2017). Právě z těchto důvodů může svazenka vratičolistá přispívat k zvyšování potravních příležitostí v zemědělské krajině pro různorodá společenstva hmyzu, zejména včel, čmeláků, pestřenek a motýlů, jak naznačují výstupy mnoha výzkumů prováděných v různých oblastech světa, viz Příloha 8.1 a bakalářská práce Chvojka (2022).

Navzdory tomu je ale zřejmé, že pěstování omezeného množství kvetoucí plodin na orné půdě, zbavené veškeré doprovodné vegetace, nemůže být samospasitelné. Obecně je známo, že rostlinná diverzita pozitivně koreluje s rozmanitostí hmyzu (Schuldt et al., 2019), a proto jsou v současné době intenzivně hledány cesty, jak zvýšit celkovou diverzitu a množství kvetoucích rostlin v agroekosystémech, aniž by bylo nutné výrazně omezovat intenzitu jejich hospodářského managementu. Jednou z alternativ proto může být zakládání různých

typů květnatých pásů, v anglické literatuře často označovaných jako „flower strips“ (Albrecht et al., 2020), „wildflower strips“ (Haaland et al., 2011), „sown margin strips“ (Badenhausser et al., 2015), „field margin buffer strips“ (Tarmi et al., 2011) apod.

Přestože jsou výše uvedené termíny významově poměrně široké, tak se všeobecně jedná o pásy oseté speciální směsí jednoletých či víceletých rostlin. Ty jsou vybírány na základě mnoha kritérií, z nichž je zvláště důležité, aby zvolené rostliny (Carreck et Williams, 2002):

- poskytovaly dostatek kvalitního pylu a nektaru pro cílové skupiny hmyzu,
- měly dlouhou periodu kvetení a kvetly ve vhodnou roční dobu,
- nebyly atraktivní pro „škůdce“,
- byly schopné konkurovat plevelům,
- neměly potenciál se stávat nepříjemnými plevele,
- měly minimální nároky na pěstování a stanovištní podmínky,
- jejich osivo bylo cenově dostupné.

Součástí květnatých pásů proto bývají velmi často mnohé výše uváděné plodiny, které bývá doporučováno doplnit dalšími, méně tradičními druhy (Jönsson et al., 2015; Tschumi et al., 2015). Seznam vhodných kvetoucích rostlin, které lze pro tyto účely využít, je proto souhrnně uveden v Tab. 1. Její součástí jsou i informace týkající se dalších způsobů začlenění jednotlivých druhů do agroekosystémů a spektra hlavních skupin hmyzu, které z pěstování konkrétních skupin plodin nejvíce profitují.

Tab. 1 (část 1/2): Přehled kvetoucích plodin, které jsou cenné pro hmyzí opylovatele (zdroj: upraveno podle Petersen, 2011)

Plodina	Doba kvetení	ŽC	Začlenění do AES			Poznámka
			KS	M	P	
<b>Leguminózy: hodnotný zdroj potravy zejména pro včely a čmeláky</b>						
Jetel alexandrijský	V-IX	J	×	×		kůlovitý kořen
Jetel luční	VI-IX	V	×		×	dobrá pícnina, zakrývá půdu
Jetel inkarnát	V-VIII	O	×	×		dobrá pícnina
Jetel perský	IV-VI	J	×	×		pomalý růst, bohatě rozvinutý kořenový systém
Jetel plazivý	V-IX	V			×	zakrývá půdu
Jetel podzemní	III-IV	J			×	nízký vzrůst, zakrývá půdu
Jetel zvrhlý	V-IX	V			×	rychlý růst, dobrá pícnina
Komonice bílá	VI-X	V	×		×	hluboko koření, odolná vůči suchu
Lupina	VI-IX	J	×	×		vhodná k sanaci půdy při utužení
Lupina úzkolistá	VI-IX	J	×	×		mohutný kůlovitý kořen



Tab. 1 (část 2/2): Přehled kvetoucích plodin, které jsou cenné pro hmyzí opylovatele (zdroj: upraveno podle Petersen, 2011)

Plodina	Doba kvetení	ŽC	Začlenění do AES			Poznámka	PP
			KS	M	P		
<b>Leguminózy: hodnotný zdroj potravy zejména pro včely a čmeláky</b>							
Pelůška	V-VI	J	×	×		dobrá pícnina	
Ptačí noha	VI-VIII	O	×	×	×	dobrá pícnina, hustý kořenový systém	
Štírovník růžkatý	V-IX	V	×	×	×	dobrá pícnina	
Tolice dětelová	V-X	V	×	×	×	rychlý počáteční vývoj	
Tolice vojtěška	VI-IX	J	×		×	hluboko koření	
Úročník bolhoj	VI-IX	V			×	hluboko koření, dobrá pícnina	
Vičenec ligrus	V-VIII	V	×	×	×	tvorba humusu	
Vikev setá	V-VIII	J	×	×	×	rychlý růst, potlačuje plevele	
<b>Brukvovité: hodnotný zdroj potravy zejména pro včely a další blanokřídlé</b>							
Hořčice bílá	VI-X	J	×	×	×	konkurenceschopná	
Krmná kapusta	V-IX	O	×	×		vysoká produkce zelené hmoty	
Lnička setá	V-VIII	J	×	×	×	nenáročná na půdu	
Ředkev olejná	V-VI	J	×	×		konkurenceschopná	
<b>Míříkovité: hodnotný zdroj potravy zejména pro dvoukřídlé (vč. pestřenek) a blanokřídlé (vč. samotářských včel)</b>							
Kmín kořený	V-VIII	O	×		×	dodržovat 4letý odstup od jiných <i>Apiaceae</i>	
Kopr vonný	VII-IX	J	×			dodržovat 4letý odstup od jiných <i>Apiaceae</i>	
Koriandr setý	VI-VII	J	×			dodržovat 4letý odstup od jiných <i>Apiaceae</i>	
<b>Ostatní kvetoucí rostliny cenné pro opylovatele</b>							
Brutnák lékařský	VI-IX	J	×	×		dlouhá perioda kvetení	
Len olejný	VI-VII	J	×	×		hluboký kůlovitý kořen	
Měsíček lékařský	VI-X	J	×			ozdravuje půdu	
Pohanka obecná	VII-X	J	×	×		rychlý růst, dlouhá perioda kvetení, příznivý vliv na půdu	
Sléz krmný	VI-X	J	×			hluboký kůlovitý kořen	
Slunečnice roční	VIII-X	J	×			hluboký kůlovitý kořen	
Svazenka vratičolistá	VI-X	J	×	×		potlačuje plevele, nepřenáší žádné choroby	

**Vysvětlivky:** ŽC = životní cyklus: J = jařina, O = ozimá plodina, V = vytrvalá rostlina; začlenění do agroekosystému (AES): KS = květnatá směs, M = meziplodina, P = podsev

## 2.2.2 Pěstování kvetoucích rostlin na orné půdě v kontextu agrární politiky EU

Problémy, o kterých bylo detailně diskutováno výše, se snaží reflektovat i EU, která v rámci své agrární politiky usiluje o motivaci zemědělců k aktivní ochraně biodiverzity v zemědělsky udržované krajině (Evropská komise, 2021). Důležitou strategií ochrany

populací opylujícího hmyzu v agroekosystémech se proto stává i zmiňované pěstování kvetoucích rostlin na orné půdě. Právě na tomto principu jsou založena zejména některá agroenvironmentálně-klimatická opatření, ale i vybraná opatření, která mohou být realizována pro naplnění kritérií, jimiž je podmíněno vyplácení přímých plateb.

### **2.2.2.1 Standardy DZES a Ekoplatba**

Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy (DZES, syn. GAEC) představují soubor základních opatření vztahujících se k ochraně životního prostředí, jejichž plnění je nezbytnou podmínkou pro přiznání základních plateb zemědělcům. Od roku 2023 se tak nově stává povinností pro zemědělce vyčleňovat část výměry jimi obhospodařované půdy ve prospěch tzv. neproduktivních ploch, a to v návaznosti na podmínky definované standardem DZES 8. Celkově tak musí minimální podíl výměry zemědělské plochy vyhrazený pro neproduktivní prvky činit minimálně 4 % (zastoupené krajinnými prvky, úhorem s porostem a ochrannými pásy), resp. 7 % (vč. ploch meziplodin nebo plodin vázících N<sub>2</sub>, přičemž minimálně 3 % z toho musí tvořit krajinné prvky, úhor s porostem a ochranné pásy) (MZE 2023e).

Jedním z dalších nástrojů financovaných z I. pilíře se dále od roku 2023 stávají ekoschémata, která jsou pokračováním tzv. ozelenění, které bylo v předchozím období implementováno jako platba pro zemědělce dodržující zemědělské postupy příznivé pro klima a životní prostředí – greening. Dodržování těchto postupů je pro zemědělce dobrovolné, přičemž jejich cílem je podpořit způsoby obhospodařování zemědělské půdy, které vedou k ochraně a zlepšování životního prostředí a krajiny, a které představují udržitelné hospodaření s přírodními zdroji (MZe, 2023a).

Jednou z intervencí ekoschémat je tzv. celofaremní ekoplatba, která obsahuje řadu požadavků, které musí zemědělec splnit na všech zemědělských kulturách, jež obhospodařuje. Mezi základní podmínky pro poskytnutí této platby mj. náleží i požadavek na vyčlenění minimálního podílu neproduktivních ploch, který navazuje na základní podmínky definované standardem DZES 8, uvedené výše. Celofaremní ekoplatba je současně poskytována na dvou úrovních, od čehož se odvíjí i požadavek na minimální podíl ploch vyjmutých z produkce. V případě tzv. základní ekoplatby je proto tento požadavek oproti základnímu stupni navýšen na 5 %, resp. 8 % (od roku 2026 pak 9 %) výměry orné půdy zemědělského podniku, a to v závislosti na zvolené variantě v rámci plnění podmínek standardu DZES 8. Naopak u nadstavbové prémiové ekoplatby je vyžadováno vyčlenění

celých 7 % výhradně ve prospěch krajinných prvků, ochranných pásů či liniových úhorů, a to bez ohledu na preferovanou variantu v základním stupni (MZe, 2023b).

V legislativě jsou proto striktně definovány prvky, které mohou být považovány za neproduktivní plochy, z nichž některé jsou přímo založeny na vyčlenění půdy ve prospěch pěstování stanovených směsí kvetoucích plodin na orné půdě, určených primárně pro podporu opylovatelů v krajině. K takovým prvkům patří zejména nektarodárné úhory, některé typy ochranných pásů, ozeleněné kolejové řádky, případně vybraná agroenvironmentálně-klimatická opatření, o nichž bude detailněji pojednáváno dále.

### **Nektarodárné úhory**

Jednou z možností plnění požadavku na vyčlenění neproduktivních ploch (v rámci standardů DZES i ekoschémat) může být zakládání tzv. nektarodárných úhorů (Obr. 1). Zemědělci v takovém případě vzniká povinnost na vymezené ploše zajistit od 1. června alespoň do 15. srpna souvislý porost minimálně tří plodin uvedených v příloze k nařízení vlády č. 83/2023 Sb., z nichž žádná nesmí v porostu překročit podíl 80 %, a to s výjimkou aksamitníku (až 100 %), trav z čeledi lipnicovité (max. 30 %) a plodin vázajících vzdušný dusík (max. 50 %). Na nektarodárném úhoru je dále omezena aplikace přípravků na ochranu rostlin či hnojiv, a navíc je nutné respektovat požadavek na zákaz pasení a sklizně (Nařízení vlády č. 83/2023 Sb.).



Obr. 1: Nektarodárný úhor se zastoupením svazenky vratičolisté, pohanky obecné a lnu setého. Foto autor

Alternativou k nektarodárným úhorům mohou být i některé další neprodukční prvky, jako jsou ochranné pásy kolem krajinných prvků, ochranné pásy typu souvrať (Obr. 2) či ozeleněné kolejové řádky, na kterých je žadatel opět povinen zajistit založení porostu sestávajícího ze stanovených plodin (viz Nařízení vlády č. 73/2023 Sb.).



Obr. 2: Ochranný pás typu souvrať s kvetoucí svazenkou vratičolistou a lnem setým. Foto autor

#### **2.2.2.2 Agroenvironmentálně-klimatická opatření**

Dalším důležitým nástrojem podpory opylovatelů i dalších funkčních skupin organismů v krajině může být zavádění tzv. agroenvironmentálně-klimatických opatření (AEKO), která jsou součástí Programu rozvoje venkova. AEKO zahrnují několik podoopatření, která se dělí na jednotlivé tituly, k jejichž plnění se mohou zemědělci dobrovolně zavázat. Vzhledem k tomu, že realizace většiny takových opatření je úzce spjata se ztrátami z ušlého zisku i dodatečnými náklady na jejich realizaci, tak jsou potenciální žadatelé mj. motivováni vyplácením finančních podpor, které usnadňují jejich zavádění do praxe (MZe, 2019).

#### **Biopásy**

Biopásy jsou definovány jako pruhová políčka o šířce 6–24 m a souvislé délce min. 50 m, která bývají umístěna při okrajích nebo uvnitř půdních bloků (Vejvodová, 2016b). Podmínkou pro poskytnutí dotace je povinnost žadatele splnit definované požadavky, mezi

které patří zejména nutnost zasetí speciální směsi osiva v předepsaném termínu na vhodném místě. Současně je důležité dodržet požadavek týkající se výměry biopásu a jeho založení v příslušné vzdálenosti od dálnic a silnic I. či II. třídy, dále vyloučit aplikaci hnojiv a přípravků na ochranu rostlin, zamezit nevhodným mechanickým zásahům atd. (Havlát et al., 2007).

Od roku 2015 jsou zemědělcům nabízeny dvě varianty biopásů – tzv. nektarodárný a krmný biopás (Zámečník, 2018). Víceleté nektarodárné biopásy jsou primárně určeny pro podporu opylovatelů v krajině, proto sestávají ze speciálně složené směsi rostlin, které hmyzu poskytují dostatek potravy v průběhu roku. Jejich důležitou komponentou jsou i víceleté druhy, proto je nezbytné takové biopásy ponechat po dobu 2–3 let v bezzásahovém stavu, a to s výjimkou seče a odvozu biomasy.

Druhou podporovanou variantou jsou pak jednoleté krmné biopásy (Obr. 3), které jsou naopak určeny zejména pro podporu drobných ptáků a savců v kulturní krajině, avšak zastoupení kvetoucích rostlin ve směsi zajišťuje i cenný zdroj pastvy pro mnohé opylovače, což potvrzují i výsledky prováděných výzkumů (Ouvrard et Jacquemart, 2018). Oproti předchozí variantě se vyznačují z části odlišným složením směsi vysévaných rostlin, v níž převládají jednoleté druhy. Pro naplnění významu tohoto opatření je navíc nezbytné ponechat krmný biopás bez zásahu přes celou zimu, a to až do konce března následujícího roku (Vejvodová, 2016b).



Obr. 3: Jednoletý krmný biopás s kvetoucí svazenkou vratičolistou a pohankou obecnou. Foto autor

V souvislosti s novým návrhem Společné zemědělské politiky EU jsou navíc od roku 2023 podporovány i tzv. kombinované biopásy, sloužící primárně k ochraně ohrožené koroptve polní (*Perdix perdix*). Právě z toho důvodu jsou složeny z jednoletého krmného biopásu o šíři 6–24 m a na něho navazujícího jetelotravního pásu o šířce 18–24 m (MZe, 2023c).

### **Ochrana čejky chocholaté**

V reakci na bezprecedentní úbytky čejky chocholaté (*Vanellus vanellus*) v mnoha evropských zemích (Wilson et al., 2001; Keller et al., 2020) bylo mezi AEKO zařazeno i speciální podopatření, jehož cílem je zajistit lepší ochranu stávajících hnízdišť tohoto bahňáka v zemědělské krajině. Podpora je poskytována na díly půdních bloků s kulturou orná půda, na nichž jsou vymezena hnízdiště čejky v rámci vrstvy ENVIRO ve veřejném registru půdy – LPIS. Každý žadatel, který se rozhodne vstoupit do tohoto podopatření, je povinen do 15. června zamezit přejezdům techniky na vymezené ploše, což je nezbytný předpoklad úspěšného vyhnízdění ptáků. Po vyvedení mlád'at, tj. od 16. 6. do 15. 7., je následně nutné na danou plochu vyset stanovenou směs rostlin, aby byla zajištěna stávající podpora polního ptactva i bezobratlých živočichů v zemědělské krajině. Žadatelé proto mají možnost výběru ze dvou variant, které se liší svou druhovou skladbou – krmné směsi a směsi pro opylovatele. Porost musí být následně ponechán bez zásahu zemědělskou a jinou technikou, a to až do konce října. Od 1. 11. do 31. 12. je následně nutné zajistit jeho zapravení do půdy (Vejvodová, 2016a; MZe, 2023c).

### **Druhově bohaté pokrytí orné půdy**

Titul druhově bohaté pokrytí orné půdy představuje zcela nové podopatření pro programové období mezi lety 2023–2027. Jeho podstata spočívá v založení porostu stanovenou směsí osiva, uvedených v příloze k nařízení vlády č. 80/2023 Sb., a to nejpozději 31. května (v případě prvního roku trvání období plnění víceletých podmínek), resp. 30. dubna (od druhého roku trvání období plnění víceletých podmínek). Do 15. června je následně možné porost udržovat mulčováním, poté je ovšem nezbytné ponechat příslušnou část dílčího půdního bloku bez zásahu jakoukoli technikou. Od 15. září je následně opět povoleno porost mulčovat, případně síct, přičemž od 1. listopadu do konce roku je nutné jej zapravit do půdy. Kromě toho žadatelé vzniká povinnost na ploše s porostem druhově bohatého pokrytí vyloučit aplikaci jakýchkoli přípravků na ochranu rostlin a hnojiv, obdobně jako u výše uváděných AEKO (Nařízení vlády č. 80/2023 Sb.).

## 3. Metodika

### 3.1 Výběr lokalit a sběr entomologického materiálu

Výzkum byl uskutečněn v průběhu let 2022 a 2023 na 58 lokalitách v České republice, které byly předem vybrány na základě předchozí domluvy s příslušnými zemědělskými subjekty a údajů uvedených ve veřejném registru půdy (LPIS, Land Parcel Identification System), přičemž pro potřeby této studie byly speciálně vymezeny i čtyři experimentální plochy, na nichž byl založen porost s příslušnými kulturami (Tab. 2 a 3). Za účelem provedení výzkumných prací byly ve vegetačním období navštíveny pozemky, na nichž byla pěstována svazenka vratičolistá v čistozevu (řazená v osevní postupu jako hlavní plodina, příp. meziplodina), nebo jako komponenta druhově bohatších směsí, vysévaných v podobě nektarodárných či krmných biopásů, nektarodárných úhorů či ochranných pásů (blíže viz kap. 2.2.2). Aby bylo možné lépe podchytit druhovou diverzitu opylujícího hmyzu, který navštěvuje květy svazenky a dalších jednoletých minoritních plodin pěstovaných na orné půdě, tak byly záměrně vytipovány lokality nacházející se v místech s různou nadmořskou výškou a v odlišných klimatických regionech České republiky.

Terénní práce byly prováděny v době květu, tzn. v rozmezí od první poloviny června do druhé poloviny září. Výzkum probíhal pouze ve dnech s optimálními povětrnostními podmínkami (teplota vzduchu nad 18 °C, bezvětrí či slabý vítr, polojasno až jasno), a to vždy mezi 9. hodinou ranní až 16. hodinou odpolední, kdy je aktivita denních opylovatelů nejvyšší (Carreck et Williams, 2002; Hadrava et al., 2022). K sběru entomologického materiálu byla primárně využita metoda smyku, která je běžně využívána k vzorkování opylujícího hmyzu, neboť umožňuje detekovat interakce mezi rostlinami a jejich opylovateli (Dicks et al., 2002).

Za účelem sjednocení vzorkovacího úsilí byl na každé lokalitě vymezen transekt o délce cca 150 m a šířce 1 m, v rámci kterého byl uskutečněn odečet vizuálně dobře identifikovatelných taxonů a současně bylo provedeno smýkání hmyzu entomologickou sítí. K cílovým skupinám patřili žahadloví blanokřídlí (Hymenoptera: Aculeata), dále pestřenky (Diptera: Syrphidae) a denní motýli (Lepidoptera: Rhopalocera). V rámci skupiny motýlů pak byla věnována pozornost i zástupcům z čeledi vřetenuškovití (Zygaenidae), která sice není součástí monofyletického taxonu Rhopalocera, ale rovněž zahrnuje druhy aktivně shánějící potravu během světlé části dne (Macek et al., 2015), proto bývá součástí faunistických studií zaměřených na výzkum denních motýlů (Kosior, 2002; Michalik et al., 2004).

Hmyz, který byl v rámci standardizovaného transektu zaznamenán, byl přímo v terénu kvantifikován, determinován a následně vypuštěn (v případě snadno určitelných druhů, zejména čmeláků a motýlů). Obtížně určitelné druhy, mezi které patří většina pestřenek a samotářských včel, byly po odchycení usmrceny a uchovány v epruvetách naplněných denaturovaným lihem pro následné analýzy. Včely medonosné (*Apis mellifera*) a další příležitostně odchycení členovci, např. brouci, tiplice, křísi aj., kteří nebyli předmětem tohoto výzkumu, byli ihned vypouštěni zpět do prostředí. Transekty, na kterých byl hmyz zaznamenáván, byly vymezeny vždy po obvodu pozemků, a to z důvodu snahy o eliminaci nežádoucího poškození porostu a také charakteru distribuce většiny opylovatelů v prostoru, jejichž četnost bývá vyšší právě při okrajích polí (Kyďala, 2020).

Tab. 2: Seznam lokalit s monokulturami svazenky.

Číslo:	Název:	Lokace:	Termín samplingu:	Nadm. výška [m n. m.]:	Výměra [ha]:
1.	Hořice	50.3424336N, 15.6295672E	01. 06. 2022	290	15,44
2.	Dvořiště	49.8771367N, 16.1165747E	18. 06. 2022	431	26,6
3.	Týniště	50.0066497N, 16.1025114E	26. 06. 2022	258	3,06
4.	Koupě	49.5150011N, 13.9074431E	04. 07. 2022	525	2,69
5.	Velký Bor	49.3471703N, 13.7003458E	04. 07. 2022	446	1,07
6.	Praskačka	50.1858131N, 15.7615381E	08. 07. 2022	243	2,78
7.	Bojanov	49.8444075N, 15.6973106E	12. 06. 2023	490	7,63
8.	Hrobice	50.1004086N, 15.7857592E	15. 06. 2023	224	2,5
9.	Havlíčkův Brod	49.6273867N, 15.5778944E	18. 06. 2023	470	25,98
10.	Havlíčkův Brod	49.6243939N, 15.5639297E	18. 06. 2023	484	5,65
11.	Kostěnice	50.0007233N, 15.9004075E	21. 06. 2023	245	15,75
12.	Chrudim	49.9514864N, 15.8269792E	22. 06. 2023	279	0,91
13.	Vežvanovice	49.9673753N, 15.8736925E	23. 06. 2023	258	0,44
14.	Horní Roveň	50.0190403N, 15.9848744E	25. 06. 2023	238	4,32
15.	Slatina	49.9782017N, 16.1693589E	25. 06. 2023	260	0,96
16.	Hradec Králové	50.2337325N, 15.7868658E	26. 06. 2023	250	5,37
17.	Lípa	50.2752258N, 15.7353158E	26. 06. 2023	316	7,48
18.	Rozběřice	50.2658011N, 15.7418733E	26. 06. 2023	285	2,92
19.	Holovousy	50.3760669N, 15.5799986E	30. 06. 2023	317	0,18
20.	Dvakačovice	49.9812686N, 15.8949411E	03. 07. 2023	257	0,10
21.	Horka	49.8802192N, 15.9273153E	06. 07. 2023	285	16,4
22.	Chacholice	49.8822103N, 15.9647161E	06. 07. 2023	299	1,53
23.	Chrast	49.8918464N, 15.9269933E	06. 07. 2023	302	25,74
24.	Podlažice	49.8897450N, 15.9464125E	06. 07. 2023	279	3,23
25.	Raná	49.7984250N, 15.9603281E	08. 07. 2023	508	0,04
26.	Pohled	49.6158861N, 15.6608539E	09. 07. 2023	510	4,83
27.	Slatina	49.9797828N, 16.1628864E	09. 07. 2023	267	2,13
28.	Vysoké Mýto	49.9632369N, 16.1447011E	09. 07. 2023	268	6,77
29.	Chvojenec	50.0974492N, 15.9264831E	30. 07. 2023	231	0,57
30.	Raná	49.7979681N, 15.9601669E	31. 08. 2023	506	0,04



Tab. 3: Seznam lokalit se směsnými porosty.

Číslo:	Název:	Lokace:	Termín samplingu:	Nadm. výška [m n. m.]:	Výměra [ha]:
1.	Gajer	49.8183378N, 16.4115428E	11. 06. 2023	508	6,96
2.	Raná	49.7984736N, 15.9604889E	17. 06. 2023	503	0,04
3.	Raná	49.7980061N, 15.9599203E	21. 06. 2023	506	0,04
4.	Topol	49.9590519N, 15.8449608E	23. 06. 2023	249	0,97
5.	Uhersko	50.0190403N, 15.9848744E	25. 06. 2023	238	7,48
6.	Lány	49.9451903N, 15.7312994E	25. 06. 2023	279	15,26
7.	Rozhovice	49.9691006N, 15.7177383E	25. 06. 2023	272	18,33
8.	Bylany	49.9544825N, 15.7457189E	26. 06. 2023	262	8,82
9.	Holovousy	50.3782975N, 15.5791833E	30. 06. 2023	328	0,14
10.	Dvakačovice	49.9743967N, 15.9012336E	03. 07. 2023	237	0,59
11.	Sobětuchy	49.9275258N, 15.7772833E	04. 07. 2023	293	5,75
12.	Lažánky	49.3882522N, 13.8379875E	06. 07. 2023	540	0,39
13.	Pole	49.4223111N, 13.7865514E	06. 07. 2023	484	1,34
14.	Jaroslav	50.0125900N, 16.0732878E	09. 07. 2023	270	4,04
15.	Prosetín	49.8379058N, 15.9520842E	15. 07. 2023	423	6,21
16.	Tři Bubny	49.9331222N, 15.8530892E	16. 07. 2023	304	4,83
17.	Horka	49.8811731N, 15.9298258E	18. 07. 2023	289	1,64
18.	Chacholice	49.8846989N, 15.9440736E	18. 07. 2023	290	0,45
19.	Lukavice	49.8909131N, 15.8335069E	19. 07. 2023	305	1,04
20.	Topol	49.9635864N, 15.8292797E	20. 07. 2023	286	0,95
21.	Úhřetice	49.9786847N, 15.8763578E	20. 07. 2023	234	1,11
22.	Vrbatův Kostelec	49.8553794N, 15.9349756E	27. 07. 2023	387	2,17
23.	Hroubovice	49.8785736N, 15.9714108E	04. 08. 2023	316	1,34
24.	Chrast	49.8921781N, 15.9360056E	04. 08. 2023	295	1,17
25.	Hrádek	50.2178561N, 15.6802678E	13. 08. 2023	267	4,01
26.	Radíkovice	50.2134897N, 15.6853317E	13. 08. 2023	249	3
27.	Chacholice	49.8772497N, 15.9547811E	06. 09. 2023	311	1,3
28.	Horka	49.8940856N, 15.9069136E	21. 09. 2023	308	0,57

### 3.2 Laboratorní analýzy a statistické vyhodnocení

Hmyz, který byl po odchycení uložen v epruvetách naplněných denaturovaným lihem, byl nejprve roztříděn do řádů, tj. blanokřídlé (samotářské včely a další žahadloví blanokřídlí) a dvoukřídlé (pestřenky). Všichni jedinci byli následně spočítáni a determinováni na druhové úrovni, na čemž se podílel doc. Mgr. Petr Bogusch, Ph.D. (Přírodovědecká fakulta, Univerzita Hradec Králové). U všech jedinců z řádu Hymenoptera pak bylo určeno i pohlaví a současně byly vytříděny všechny včely (Anthophila), které měly na svém sběracím aparátu přítomen pyl. Z nich byli vybráni jedinci (celkem 161 ex.), kteří na svém těle nesli větší množství pylu, který bylo možno extrahovat pro potřeby následné analýzy.

### 3.2.1 Hodnocení druhové diverzity

Veškerá data o výskytu a početnosti jednotlivých druhů, zaznamenaných na jednotlivých lokalitách, byla zanesena do tabulek v procesoru Microsoft Excel, na základě nichž bylo provedeno statistické vyhodnocení. Nejprve byly spočítány počty všech zaznamenaných druhů a jedinců v rámci jednotlivých hmyzích řádů (tj. Hymenoptera, Diptera a Lepidoptera) a současně byly tyto druhy porovnány dle stupně jejich ohrožení na základě aktuálně platného červeného seznamu (Hejda et al., 2017). Výjimkou byla pouze čeleď Syrphidae, která byla hodnocena dle předchozí verze publikované v roce 2005 (Farkač et al., 2005), neboť v aktuálním červeném seznamu nebyla tato čeleď revidována.

V návaznosti na to byly v programu PAST spočítány základní indexy diverzity, jako je Simpsonův index, Shannon-Weinerův index a Berger-Parker index, vyjadřující míru vyrovnanosti, resp. dominance druhů v posuzovaných datových souborech. Pro všechny skupiny hmyzu byl navíc vypočítán estimátor druhové bohatosti Chao-1, jenž uvádí odhad druhové bohatosti na všech studovaných lokalitách, přičemž pro vyjádření míry podobnosti druhů v rámci hodnocených souborů byl navíc zjištěn Sørensenův index. V neposlední řadě byly zhotoveny křivky rarefakce, popisující vztah mezi počtem jedinců a počtem druhů na studovaných lokalitách. Za účelem statistického ověření byl dále proveden Mann-Whitneyův test.

Kromě toho byla zjišťována také možná korelace mezi rozlohou pozemku s kvetoucí svazenkou či směsnou kulturou a počtem druhů (resp. jedinců) zaznamenaných v rámci standardizovaných transektů na jednotlivých lokalitách. Pro stanovení této korelace byl využit Pearsonův korelační koeficient, který měří sílu závislosti mezi dvěma hodnocenými veličinami.

### 3.2.2 Pylové analýzy

Aby bylo možné určit zastoupení pylových typů, které preferovaly včely odchycené na svazence a směsných kulturách, bylo zapotřebí zhotovit pylové preparáty. V prvním kroku proto byly připravené zkumavky s pylem, extrahovaným ze sběracího aparátu včel, vloženy do centrifugy (Eppendorf – MiniSpin) a po dobu jedné minuty stáčeny při rychlosti 3 500 otáček/min. Tím došlo k sedimentaci pylových zrn na dně zkumavek, což umožnilo odebrání přebytečného lihu a jeho nahrazení předem připravenou acetylační směsí (acetanhydrid a kyselina sírová v poměru 9:1). Takto přichystané vzorky byly umístěny do termotřepačky, kde se nechaly zahřívat po dobu 10 minut při teplotě 80 °C. Následně se

opět umístily do centrifugy a stáčely za stejných podmínek, definovaných výše. V dalším kroku došlo k odstranění acetylační směsi, její nahrazení destilovanou vodou a opětovnému stočení na centrifuze. Takový postup byl zopakován celkem třikrát z důvodu zajištění řádného promytí pylových vzorků. Po posledním stočení byla ze zkumavek odsáta voda, která byla nahrazena směsí glycerinu a vody, smíchaných v poměru 1:2. Následně se zkumavky opět vložily do centrifugy a stáčely po dobu 3 minut na 2 000 otáček. Po jejich vyjmutí byla odebrána glycerinová směs a na předem připravená a označená podložní skla se nanášela pomocí automatické pipety vzniklá pylová sedlina. Každý pylový preparát byl současně obarven pomocí safraninu a následně přikryt krycím sklem. V posledním kroku byly hrany krycího skla zafixovány lakem na nehty.

Každý preparát byl posléze pozorován pod mikroskopem s cílem odhalit spektrum rostlin, jejichž pyl nosily včely odchycené v porostech svazenky a směsných kultur na svém těle. U každého vzorku tak bylo zaznamenáno procentuální zastoupení jednotlivých pylových typů. Tato data byla následně zaznamenána do tabulek a na jejich podkladě byly vytvořeny grafy v procesoru Microsoft Excel. Determinaci pylových typů obsažených v jednotlivých vzorcích zajistil doc. Mgr. Petr Bogusch, Ph.D.

## 4. Výsledky

### 4.1 Zaznamenané druhy

Celkově bylo na všech studovaných lokalitách v rámci tohoto výzkumu zaznamenáno 7 577 jedinců hmyzu náležících k 193 druhům. Z tohoto počtu bylo na monokulturách se svazenkou (30 lokalit) zaznamenáno 3 733 jedinců příslušících k 134 druhům, z nichž byli jednoznačně nejpočetnější blanokřídli (2 311 jedinců z 84 druhů). Druhou nejpočetnější skupinou byly pestřenky, a to jak co do počtu jedinců (1 235), tak i druhů (31). Nejméně početným řádem byli motýli, kterých bylo odečteno na všech lokalitách se svazenkou pouze 187 jedinců z celkového počtu 19 druhů.

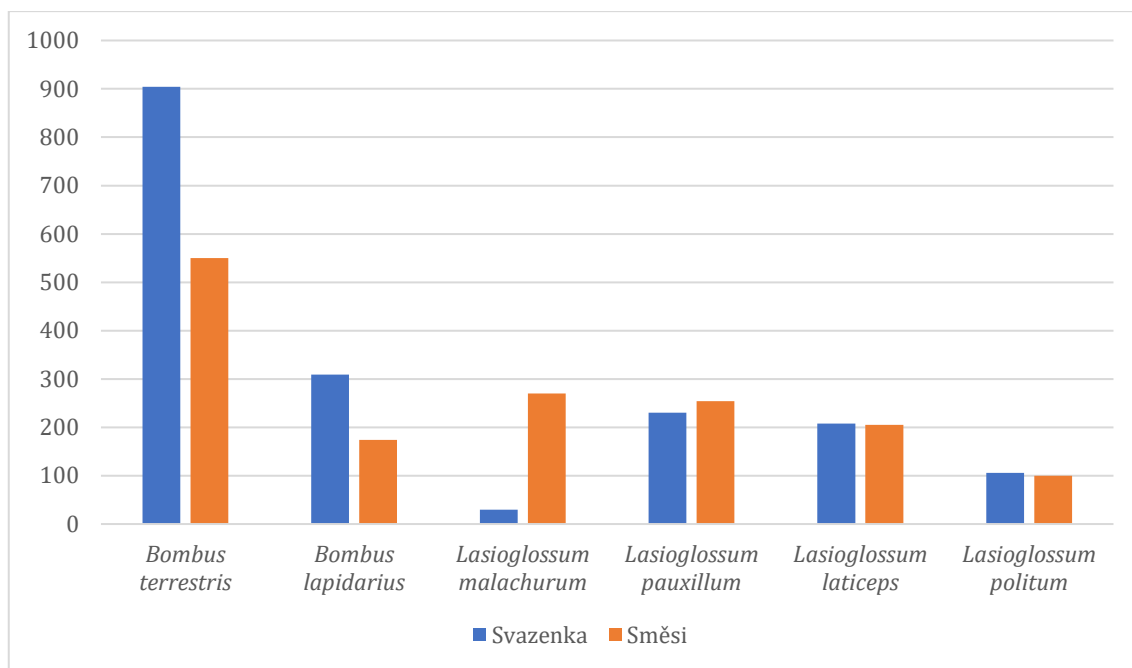
Na směsných porostech (28 lokalit) pak bylo v rámci výzkumu v celkovém součtu zaznamenáno 3 844 jedinců náležících k 152 druhům hmyzu. Nejpočetnějšími skupinami byli rovněž blanokřídli (2 112 jedinců z 83 druhů) a pestřenkovití, kterých bylo odchyceno 1 483 jedinců ze 46 druhů. Nejméně početnou skupinou byli opět motýli, přestože na lokalitách se směsnými kulturami bylo odečteno více jedinců (249) i druhů (23) v porovnání s monokulturálními porosty svazanky.

#### 4.1.1 Žahadloví blanokřídli

V případě blanokřídlych byly prokázány značné rozdíly v četnosti výskytu jednotlivých druhů, které byly v rámci výzkumu na obou typech kultur zaznamenány. Na pozemcích se svazenkou vratičolistou patřili k dominantním skupinám opylovatelů čmeláci, zejména čmelák zemní (*Bombus terrestris*) s 904 odečtenými jedinci a čmelák skalní (*Bombus lapidarius*) s 309 zaznamenanými jedinci (Graf 1). Další velmi početnou skupinu tvořily včely rodu *Lasioglossum*, z nichž výrazně dominovala zejména ploskočelka prosvítavá (*L. pauxillum*) (230 ex.), ploskočelka velkohlavá (*L. laticeps*) (208 ex.) a ploskočelka hladká (*L. politum*) (106 ex.). Právě tyto druhy byly současně zjištěny na většině zkoumaných lokalit se svazenkou vratičolistou, a to s výjimkou druhu *L. politum*, jehož výskyt byl prokázán pouze na necelé pětině navštívených polí, kde se ovšem nezřídka vyskytoval ve značně vysokých koncentracích (až 54 ex. odchycených v rámci standardizovaného transektu) (Tab. 4). Mezi další poměrně hojně zastoupené druhy, kterých bylo na všech lokalitách se svazenkou v součtu odchyceno více jak 50 jedinců, patřila ploskočelka načervenalá (*L. calceatum*) s 61 jedinci, ploskočelka drobná (*L. parvulum*) s 51 jedinci a pískorypka obecná (*Andrena flavipes*) s 51 jedinci. Dalších 11 druhů žahadlových

blanokřídlých pak bylo zaznamenáno v počtu od 11 do 50 ex., zatímco zbývající zástupci byli zjištěni pouze jednotlivě nebo v maximálním počtu do 10 jedinců.

Také na směsných kulturách byl nejvíce dominantním druhem *Bombus terrestris* s celkovým počtem 550 odečtených jedinců (Graf 1). K dalším velmi početným blanokřídlým rovněž patřily některé ploskočelky, tentokrát však zejména ploskočelka sametová (*Lasioglossum malachurum*) s 270 jedinci, což je několikanásobně vyšší počet v porovnání s monokulturami svazenky, kde bylo na všech lokalitách zjištěno v součtu pouhých 30 jedinců. S velkou četností se vyskytovaly též některé další druhy, zejména *Lasioglossum pauxillum* (254 ex.), *Lasioglossum laticeps* (205 ex.), *Bombus lapidarius* (174 ex.) a *Lasioglossum politum* (100 ex.). Všechny uváděné taxony byly současně odchyceny alespoň na polovině studovaných lokalit; výjimkou byl opět pouze druh *L. politum*, který byl prokázán jen na necelé třetině studovaných polí (Tab. 4). Mezi další relativně hojně se vyskytující druhy, které byly zaznamenány v celkovém počtu více jak 50 jedinců, patřily *Lasioglossum calceatum* (71 ex.), *Andrena flavipes* (68 ex.) a *Bombus lucorum* (63 ex.). Dalších 7 druhů bylo odchyceno v počtu 11–50 jedinců, zbývající blanokřídlí pak byli na všech lokalitách se směsnými porosty objeveni pouze v součtu do 10 ex.



Graf 1: Nejpočetněji zaznamenané druhy žahadlových blanokřídlých na všech studovaných lokalitách se svazenkou (modře) a směsnými porosty (oranžově).

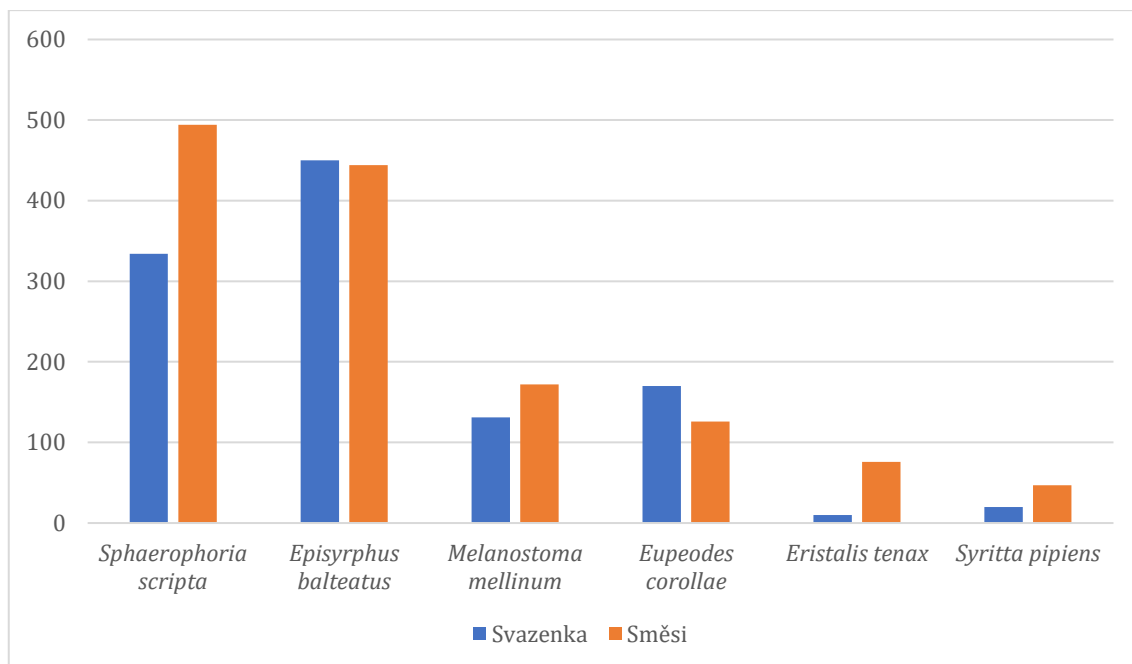
Tab. 4: Druhy žahadlových blanokřídlých zaznamenané na nejvyšším počtu lokalit (uveden podíl lokalit, kde byl druh zaznamenan v počtu alespoň 1 ex.).

Svazanka		Směsi	
Druh	Lokalit [%]	Druh	Lokalit [%]
<i>Bombus terrestris</i>	100	<i>Bombus terrestris</i>	96,4
<i>Bombus lapidarius</i>	90	<i>Andrena flavipes</i> / <i>Bombus lapidarius</i>	71,4
<i>Lasioglossum laticeps</i>	63,3	<i>Lasioglossum calceatum</i>	67,9
<i>Andrena flavipes</i>	56,7	<i>Lasioglossum laticeps</i>	64,3
<i>Lasioglossum pauxillum</i>	53,3	<i>Bombus lucorum</i> / <i>B. pascuorum</i> / <i>Lasioglossum pauxillum</i>	60,7

#### 4.1.2 Pestřenkovití

Pestřenky byly shledány jako druhá druhově nejbohatší skupina opylovatelů v závěsu za blanokřídlými, a to na obou typech kultur, avšak i v rámci tohoto taxonu byly prokázány značné rozdíly v četnosti výskytu jednotlivých druhů na studovaných lokalitách. Na monokulturách s kvetoucí svazenkou patřily k nejvíce dominantním druhům pestřenka pruhoaná (*Episyrrhus balteatus*) s 450 jedinci a pestřenka psaná (*Sphaerophoria scripta*) s 334 jedinci (Graf 2), které také byly v obou případech zaznamenané na více jak 80 % navštívených lokalit se svazenkou vratičolistou (Tab. 5). K dalším velmi častým zástupcům patřily pestřenky druhů *Eupeodes corollae* a *Melanostoma mellinum*, jež byly odchyceny v celkovém počtu 170 ex., resp. 131 ex. Další druhy pestřenek se pak vyskytovaly s daleko menší četností, přičemž pouze další 4 druhy byly zjištěny v počtu přesahujícím 10 jedinců.

Prakticky totožná byla druhová skladba početně nejzastoupenějších pestřenek na směsných kulturách. Nejhojnější však byla pestřenka psaná (494 ex.), dále pestřenka pruhoaná (444 ex.), pestřenka druhu *Melanostoma mellinum* (172 ex.) a pestřenka *Eupeodes corollae* se 126 jedinci (Graf 2). Všechny čtyři uvedené taxony tak současně patřily mezi druhy zaznamenané na nadpolovičním počtu lokalit, přičemž pestřenky *Sphaerophoria scripta* a *Melanostoma mellinum* byly v různém počtu odchyceny na více jak 80 % polí se směsnými kulturami kvetoucích plodin (Tab. 5). K relativně hojným druhům dále patřily některé pestřenky z podčeledi Eristalinae, zejména pestřenka trubcová (*Eristalis tenax*) se 76 jedinci a pestřenka pisklavá (*Syricta pipiens*) se 47 jedinci, které byly v obou případech zaznamenané zhruba na 60 % studovaných lokalit. Právě pestřenky ze skupiny Eristalinae preferovaly směsné porosty výrazně častěji, neboť na nich bylo v rámci standardizovaných transektů odchyceno v celkovém součtu 195 jedinců z 23 druhů, zatímco na lokalitách s monokulturami svazanky to bylo pouhých 47 jedinců z 10 druhů.



Graf 2: Nejpočetněji zaznamenané druhy pestřenkovitých na všech studovaných lokalitách se svazenkou (modře) a směsnými porosty (oranžově).

Tab. 5: Druhy pestřenek zaznamenané na nejvyšším počtu lokalit (uveden podíl lokalit, kde byl druh zaznamenan v počtu alespoň 1 ex.).

Svazenka		Směsi	
Druh	Lokalit [%]	Druh	Lokalit [%]
<i>Sphaerophoria scripta</i>	96,7	<i>Sphaerophoria scripta</i>	96,4
<i>Episyrrhus balteatus</i>	83,3	<i>Melanostoma mellinum</i>	82,1
<i>Eupeodes corollae</i>	73,3	<i>Episyrrhus balteatus</i>	64,3
<i>Scaeva pyrastris</i>	53,3	<i>Eristalis tenax</i>	60,7
<i>Melanostoma mellinum</i>	46,7	<i>Eupeodes corollae</i> / <i>Syritta pipiens</i>	57,1

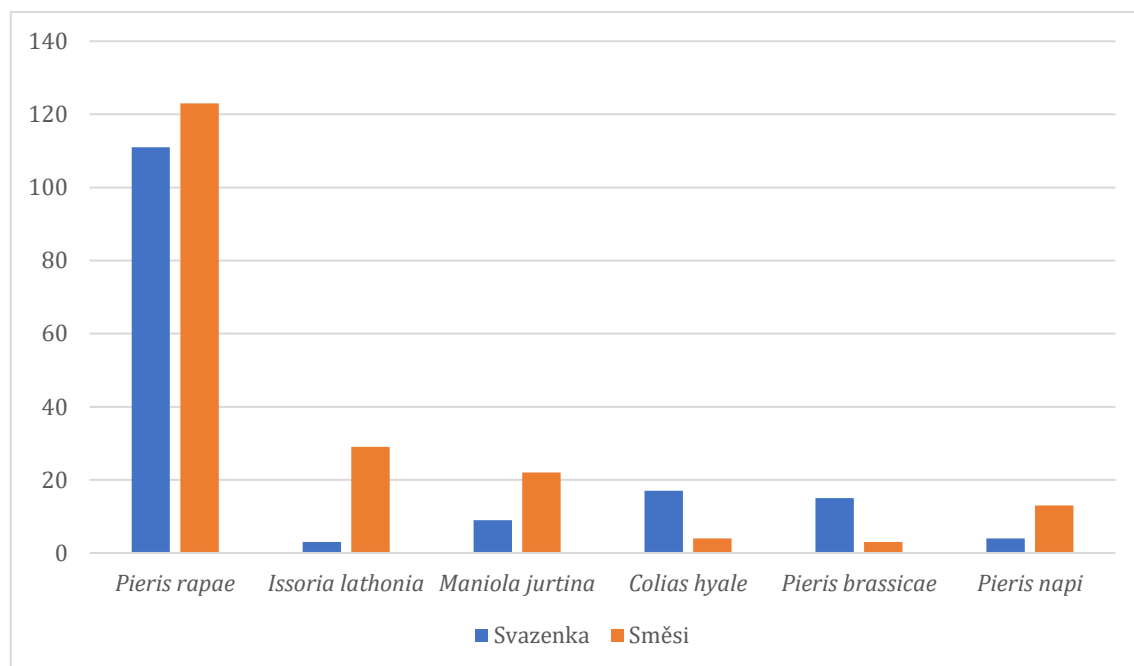
#### 4.1.3 Motýli s denní aktivitou

Motýli byli početně i druhově nejméně zastoupenou skupinou na obou typech kultur, přičemž na monokulturách se svazenkou i směsných porostech výrazně dominoval jediný druh – bělásek řepový (*Pieris rapae*). Ten byl zaznamenan v počtu 111 ex. na lokalitách se svazenkou a 123 ex. na polích se směsmi (Graf 3). Současně se tak jednalo o jediného denního motýla, který byl odečten na nadpoloviční většině zkoumaných lokalit, a to v případě obou typů kultur (Tab. 6).

Na svazence vratičolisté pak byla většina ostatních druhů zjištěna pouze jednotlivě, případně v počtech do 10 jedinců; výjimkou byli pouze žlutásek čičorečkový (*Colias hyale*)

a bělásek zelný (*Pieris brassicae*), kteří byli odečtení v celkovém počtu 17 ex., resp. 15 ex. Kromě zmiňovaného běláška řepového se však žádný další druh motýla nevyskytoval ani na pětina studovaných ploch se svazenkou vratičolistou.

Také na smíšených porostech kvetoucích plodin byla většina druhů motýlů málo abundantních; v relativně vyšším počtu byl zaznamenán pouze perleťovec malý (*Issoria lathonia*) s 29 jedinci, okáč luční (*Maniola jurtina*) s 22 jedinci a bělásek řepkový (*Pieris napi*) s 13 jedinci. Právě okáč luční a perleťovec malý pak byli v rámci průzkumu zjištěni na více jak 30 % všech lokalit, zatímco zbývající druhy byly zaznamenány méně často, viz Tab. 6.



Graf 3: Nejpočetněji zaznamenané druhy denních motýlů na všech studovaných lokalitách se svazenkou (modře) a směsnými porosty (oranžově).

Tab. 6: Druhy motýlů zaznamenané na nejvyšším počtu lokalit (uveden podíl lokalit, kde byl druh zaznamenan v počtu alespoň 1 ex.).

Svazenka		Směsi	
Druh	Lokalit [%]	Druh	Lokalit [%]
<i>Pieris rapae</i>	76,7	<i>Pieris rapae</i>	71,4
<i>Maniola jurtina</i>	16,7	<i>Maniola jurtina</i>	39,3
<i>Colias hyale</i>	13,3	<i>Issoria lathonia</i>	32,1
<i>Aglais urticae</i> / <i>Inachis io</i> / <i>Pieris napi</i>	10	<i>Coenonympha pamphilus</i> / <i>Pieris napi</i>	28,6
Ostatní druhy	≤ 6,7	<i>Aphantopus hyperanthus</i> / <i>Polyommatus icarus</i>	17,9



## 4.2 Vzácné a ohrožené taxony

Většina druhů, které byly v rámci výzkumu zjištěny, náleží mezi běžné a všeobecně rozšířené druhy na území České republiky. Současně však bylo zaznamenáno několik taxonů, které jsou s různým stupněm ohrožení řazeny do červených seznamů (Farkač et al., 2005; Hejda et al., 2017). Celkově bylo zjištěno 14 druhů hmyzu z červeného seznamu, z nichž 8 bylo odchyceno na monokulturních porostech svazenky a 7 na směsných porostech kvetoucích plodin (pouze 1 druh se tedy vyskytovaly na obou typech kultur). Naprostá většina z nich byla pozorována v počtu 1–3 ex., jen pískorypka modrolesklá (*Andrena agilissima*) byla zaznamenána v celkovém počtu 4 ex.

Z kategorie kriticky ohrožených druhů (CR) byl zjištěn pouze jediný zástupce, a to uzlatka čtyřpruhá (*Cerceris quadricincta*) ze skupiny kutilek (Crabronidae), která byla odchycena na jednom z krmných biopásů s kvetoucí svazenkou a pohankou. Z ohrožených druhů (kategorie EN) byly dále zaznamenány celkem 3 druhy. Prvním z nich byla samotářská včela pelonoska liščí (*Anthophora quadrimaculata*), která byla zjištěna v celkovém počtu 3 jedinců na 2 lokalitách se svazenkou. Dále se jednalo o 2 druhy pestřenek ze skupiny Eristalinae – *Psilota anthracina* (1 ex. na nektarodárném úhoru se svazenkou, pohankou a lnem) a *Trichopsomyia lucida* (1 ex. na krmném biopáse s kvetoucí svazenkou, hořčicí a pohankou). Do kategorie zranitelných druhů (VU) pak patřilo celkem 8 taxonů, z nichž tři náležely mezi blanokřídlé, zatímco zbývajících pět mezi pestřenkovité. Prvním druhem z kategorie VU tak byla oligolektická včela pískorypka modrolesklá (*Andrena agilissima*), jež byla náhodně odchycena v počtu 1 ex. na svazence a 3 ex. na nektarodárném biopáse a úhoru, kde se objevovala výlučně na květech hořčice bílé (*Sinapis alba*). Z dalších příslušníků řádu Hymenoptera z téže kategorie ohrožení byly odchyceny dvě kukaččí včely, a to ruděnka lesklá (*Sphecodes pellucidus*) (2 jedinci) a nomáda rudonohá (*Nomada rufipes*) (1 jedinec), zaznamenané vždy na jediné lokalitě se svazenkou. Z pestřenek náležících mezi zranitelné taxony pak byly odchyceny druhy *Lejogaster metallina* (1 jedinec na svazence), *Paragus pecchiolii* (1 jedinec na krmném biopáse), *Paragus quadrifasciatus* (1 jedinec na svazence), *Trichopsomyia joratensis* (1 jedinec na nektarodárném úhoru) a *Xanthandrus comtus* (1 jedinec na nektarodárném úhoru). Dále byly v rámci výzkumu zjištěny 2 druhy včel s nižším stupněm ohrožení, řazených v červeném seznamu do kategorie téměř ohrožený (NT). K nim náleží maskonoska mokřadní (*Hylaeus moricei*) a ploskočelka ostrolebá (*Seladonia leucahenea*, syn. *Halictus leucaheneus*), jež byly v obou případech jednotlivě odchyceny na pozemcích se svazenkou vratičolistou (Tab. 7).

Ze skupiny motýlů nebyl zaznamenán žádný druh řazený do červeného seznamu. Jediným chráněným zástupcem, odečteným na jednom poli se svazenkou, byl ohniváček černočárný (*Lycaena dispar*), který dle vyhlášky č. 395/1992 Sb. spadá do kategorie silně ohrožených druhů a současně je chráněný i evropskou legislativou, neboť je řazen do soustavy Natura 2000 jako evropsky významný druh.

Tab. 7: Přehled zaznamenaných druhů řazených do červeného seznamu (Farkač et al., 2005; Hejda et al., 2017).

Čeleď	Druh	Kategorie ohrožení	Počet jedinců	
			Svazenka	Směsi
Andrenidae	<i>Andrena agilissima</i>	VU	1	3
Apidae	<i>Anthophora quadrimaculata</i>	EN	3	-
Apidae	<i>Nomada rufipes</i>	VU	1	-
Colletidae	<i>Hylaeus moricei</i>	NT	1	-
Crabronidae	<i>Cerceris quadricincta</i>	CR	-	1
Halictidae	<i>Seladonia leucahenea</i>	NT	1	-
Halictidae	<i>Sphecodes pellucidus</i>	VU	2	-
Syrphidae	<i>Lejogaster metallina</i>	VU	1	-
Syrphidae	<i>Psilota anthracina</i>	EN	-	1
Syrphidae	<i>Trichopsomyia joratensis</i>	VU	-	1
Syrphidae	<i>Trichopsomyia lucida</i>	EN	-	1
Syrphidae	<i>Paragus pecchiolii</i>	VU	-	1
Syrphidae	<i>Paragus quadrifasciatus</i>	VU	1	-
Syrphidae	<i>Xanthandrus comtus</i>	VU	-	1

### 4.3 Druhová diverzita

Na základě indexu Chao-1 bylo odhadnuto druhové bohatství všech zkoumaných skupin hmyzu na 238,1 druhů pro lokality se svazenkou a 216,5 druhů pro lokality se směsnými porosty kvetoucích plodin. K posouzení vyrovnanosti společenstev byl následně zjištěn Simpsonův index, který pro svazenku vratičolistou nabýval hodnoty 0,8989, což poukazuje na výraznou dominanci některých taxonů v hodnoceném souboru dat. Prakticky totéž pak potvrdil i Shannon-Wienerův index s hodnotou 2,981. Nejvíce dominantním druhem v rámci všech skupin opylovatelů byl jednoznačně *Bombus terrestris*, neboť téměř každý čtvrtý zaznamenaný jedinec na transektech vymezených na pozemcích se svazenkou příslušel k tomuto druhu (Berger-Parker index 0,2422). Značně překvapivé jsou však výsledné hodnoty daných indexů vypočtené pro směsné porosty (Simpsonův index – 0,9289 a Shannon-Wienerův index – 3,241), které poukazují na ještě silnější dominanci vybraných druhů, a tím i nižší vyrovnanost společenstev zkoumaného hmyzu v porovnání s monokulturami svazenky. Nejpočetnějším druhem byl opět *Bombus terrestris*, nicméně

jeho dominance ve vztahu k ostatním taxonům nebyla na lokalitách se směsnými porosty tak silná jako v předchozím případě (Berger-Parker index 0,1431). V rámci obou typů kultur pak bylo celkově zjištěno 93 sdílených druhů (tj. necelá polovina), přičemž hodnota Sørensenova indexu podobnosti byla vypočtena na 0,650 (Tab. 8).

Tytéž indexy diverzity byly následně vypočteny pro jednotlivé skupiny opylujícího hmyzu, jež byly v rámci výzkumu studovány. Předpokládaná druhová bohatost na zájmových lokalitách se svazenkou tak byla odhadnuta dle indexu Chao-1 na 166 druhů v případě blanokřídlých, 40,16 druhů v případě pestřenek a 28,28 druhů v případě motýlů. Na studovaných lokalitách se směsnými kulturami by se pak mohlo dle estimátoru Chao-1 vyskytovat 108,4 druhů žahadlových blanokřídlých, dále 87,97 druhů pestřenek a 25,49 druhů denních motýlů.

Hodnoty Simpsonova i Shannon-Wienerova indexu pak poukazují na znatelnou nevyrovnanost společenstev jednotlivých skupin opylovatelů, a to na obou typech kultur. Zvláště vysokých hodnot nabývají tyto indexy v případě blanokřídlých (Simpsonův index nad 0,8 pro oba typy kultur, Shannon-Wienerův index 2,392 pro svazku a 2,703 pro směsi). Z této skupiny hmyzu byl na obou typech porostů nejdominantnějším druhem výše zmiňovaný *Bombus terrestris*, který tvořil více jak čtvrtinu odchycených jedinců blanokřídlého hmyzu v rámci obou datových souborů (Berger-Parker index 0,3912 pro svazku a 0,2604 pro směsi). Také mezi pestřenkami bylo zastoupeno několik výrazně dominantních taxonů, i když jejich dominance nebyla tak silná jako v předchozím případě (Simpsonův index nad 0,7 pro oba typy kultur, Shannon-Wienerův index 1,822 pro svazku a 1,944 pro směsi). Nejdominantnější druh v každém z datových souborů přitom zaujímal zhruba třetinu všech odchycených exemplářů pestřenek (Berger-Parker index 0,3644 pro svazku a 0,3331 pro směsi). Relativně nejvyrovnanější pak byla společenstva motýlů, zvláště na lokalitách se svazenkou vratičolistou, kde početně vyčníval pouze jediný druh, zatímco ostatní se vyskytovaly ve vyrovnanějším množství (Simpsonův index 0,6303 pro svazku a 0,73 pro směsi, Shannon-Wienerův index 1,696 pro svazku a 2,036 pro směsi). Tímto silně dominantním druhem byl na obou typech kultur bělásek řepový, neboť zhruba 60 % jedinců motýlů odečtených na transektech se svazenkou vratičolistou příslušelo k tomu druhu (Berger-Parker index 0,5936), přičemž na směsných porostech to byl téměř každý druhý motýl (Berker-Parker index 0,494).

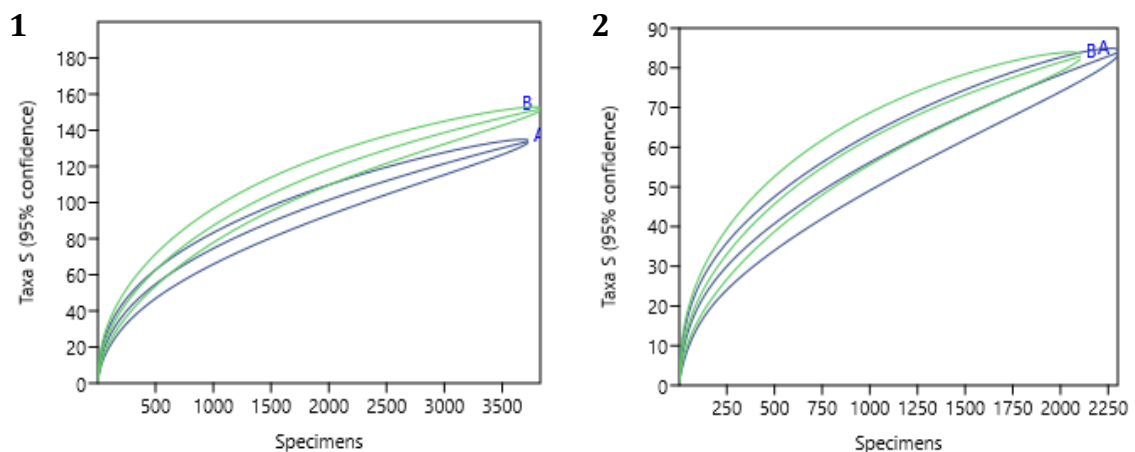
Podíl sdílených taxonů, které byly v rámci výzkumu zaznamenány na obou typech kultur, u blanokřídlých ani pestřenek nepřesahoval 50 %. Výjimkou byli pouze motýli, z nichž byly 2/3 všech druhů odečteny jak na jednodruhových porostech svazky, tak i směsných

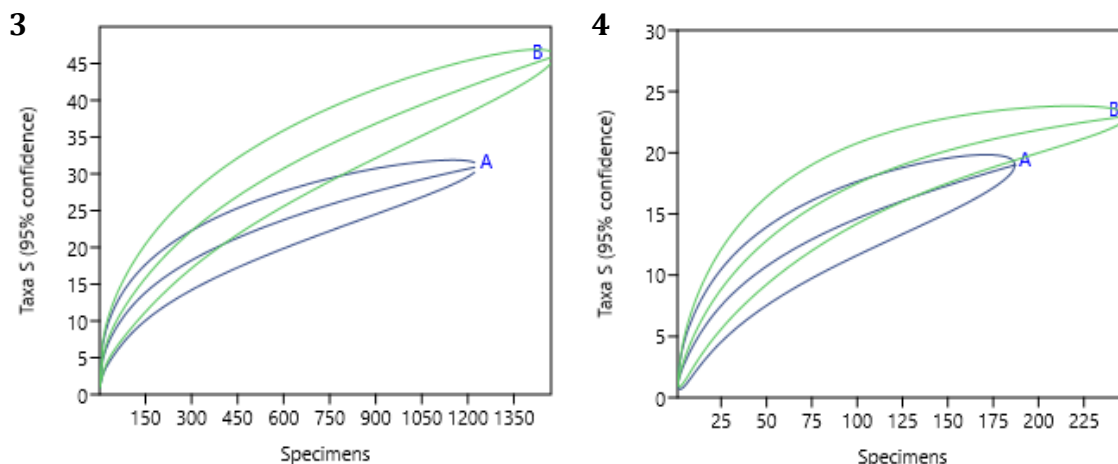
porostech. Tomu odpovídají i hodnoty Sørensenova indexu vypočtené pro skupinu žahadlových blanokřídlých (0,611), pestřenkovitých (0,649) a motýlů s denní aktivitou (0,810).

Tab. 8: Hodnoty hlavních indexů diverzity, vypočítané pro všechny skupiny hmyzu dohromady i pro jednotlivé taxony (Hymenoptera: Aculeata, Diptera: Syrphidae a Lepidoptera: Rhopalocera & Zygaenidae).

	Všechny skupiny		Hymenoptera		Diptera		Lepidoptera	
	Svazenka	Směsi	Svazenka	Směsi	Svazenka	Směsi	Svazenka	Směsi
<b>Počet druhů</b>	134	152	84	83	31	46	19	23
<b>Počet jedinců</b>	3733	3844	2311	2112	1235	1483	187	249
<b>Chao-1 index</b>	238,1	216,5	166	108,4	40,16	87,97	28,28	25,49
<b>Simpsonův index</b>	0,8989	0,9289	0,8062	0,879	0,763	0,7753	0,6303	0,73
<b>Shannon-Wiener index</b>	2,981	3,241	2,392	2,703	1,822	1,944	1,696	2,036
<b>Berger-Parker index</b>	0,2422	0,1431	0,3912	0,2604	0,3644	0,3331	0,5936	0,494
<b>Sørensenův index</b>	0,65		0,611		0,649		0,81	

Z křivky rarefakce je dobře patrné, že počet zaznamenaných jedinců všech druhů hmyzu byl na obou typech kultur velmi podobný. Na polích se svazenkou vratičolistou bylo ovšem při daném počtu odchycených jedinců prokazatelně méně druhů v porovnání s lokalitami, kde se svazenka vyskytovala ve směsi s dalšími nektarodárnými a pylodárnými plodinami. Obdobným způsobem byly rarefakční křivky zhotoveny i pro jednotlivé skupiny hmyzu, které byly v rámci tohoto výzkumu zkoumány. Z nich je zřejmé, že na směsných porostech se vyskytovalo více druhů pestřenek i motýlů, zatímco v případě blanokřídlých nebyly zjištěny při daném počtu odchycených jedinců průkazné rozdíly v druhové diverzitě mezi oběma typy kultur. Zvláště u skupiny Hymenoptera pak průběh křivek naznačuje, že k zachycení skutečného druhového bohatství žahadlových blanokřídlých na obou typech kultur bylo stávající vzorkovací úsilí nedostatečné (Graf 4).





Graf 4: Křivky rarefakce pro všechny studované skupiny (1), žahadlové blanokřídlé (2), pestřenky (3) a motýly s denní aktivitou (4). Písmeny jsou označeny typy kultur – svazenka vratičolistá (A) a směsí (B). Na ose x je vyneseno počet jedinců, na ose y počet druhů. Prostřední linie každé křivky představuje rarefakční odhad, spodní a horní linie značí 95% konfidenční interval.

Za účelem porovnání rozdílů v bohatosti společenstev opylovatelů mezi jednotlivými typy kultur byl proveden Mann-Whitney test, který vyjadřuje, zda se společenstva zkoumaného hmyzu na svazence a směsích signifikantně odlišují. Na základě hodnot uvedených v Tab. 9 je patrné, že společenstva opylovatelů na obou typech kultur byla prokazatelně odlišná, přičemž na směsných porostech byla jejich druhová bohatost při daném počtu zaznamenaných jedinců vyšší v porovnání s jednodruhovými porosty svazenky. V rámci jednotlivých studovaných skupin pak byly shledány průkazné rozdíly pouze u skupiny pestřenek, jejichž diverzita byla vyšší na smíšených porostech, zatímco v případě blanokřídlých a motýlů nebyly odhaleny signifikantní rozdíly mezi jednotlivými typy kultur (za statisticky signifikantní byly přijaty výstupní hodnoty testu odpovídající  $p$ -hodnotě  $< 0,05$ ).

Tab. 9: Výsledné  $p$ -hodnoty dle Mann-Whitney testu (zvýrazněny jsou hodnoty, které byly přijaty za statisticky signifikantní)

	Všechny skupiny	Hymenoptera	Diptera	Lepidoptera
<b><math>p</math>-hodnoty:</b>	0,030587	0,53362	0,04085	0,09685

#### 4.4 Korelace mezi rozlohou pozemku a abundancí či počtem druhů

Dále byla zjišťována možná korelace mezi rozlohou pozemku s kvetoucí kulturou a početností, příp. druhovou diverzitou hmyzu. K ověření této souvztažnosti byl využit

Pearsonův korelační koeficient  $r$ , jehož hodnoty jsou uvedeny v Tab. 10. Vzhledem k tomu, že všechny výsledky nabývají kladných hodnot, lze konstatovat, že existuje pozitivní korelace mezi rozlohou pozemku a abundancí i počtem druhů, tj. s rostoucí plochou vzrůstá počet jedinců i druhů zkoumaných skupin opylujícího hmyzu. Těsná korelace mezi velikostí pole a počtem druhů byla prokázána zejména v případě pestřenek, a to jak u ploch s porosty svazanky vratičolisté, tak i směsmi (v obou případech  $r > 0,89$ ). Relativně silný vztah mezi rozlohou pozemku se směsnou kulturou a abundancí byl dále prokázán u denních motýlů ( $r = 0,75998$ ). V ostatních případech byly naopak zjištěné hodnoty nízké, což indikuje pouze slabou souvztažnost (zejména u skupiny Hymenoptera, kde se hodnoty korelačního koeficientu nejvíce přibližovaly nule).

Tab. 10: Hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu  $r$ . Čím více se hodnota blíží +1, tím silnější závislost mezi veličinami existuje (pokud se hodnota  $r = 0$ , tak korelační závislost mezi veličinami neexistuje).

	Hymenoptera		Diptera		Lepidoptera	
	Jedinci	Druhy	Jedinci	Druhy	Jedinci	Druhy
<b>Svazenka</b>	0,034693	0,21744	0,46343	0,89356	0,35331	0,25033
<b>Směsi</b>	0,13557	0,047528	0,27398	0,89777	0,75998	0,2894
<b>Všechno</b>	0,007995	0,025704	0,71001	0,55783	0,22458	0,069723

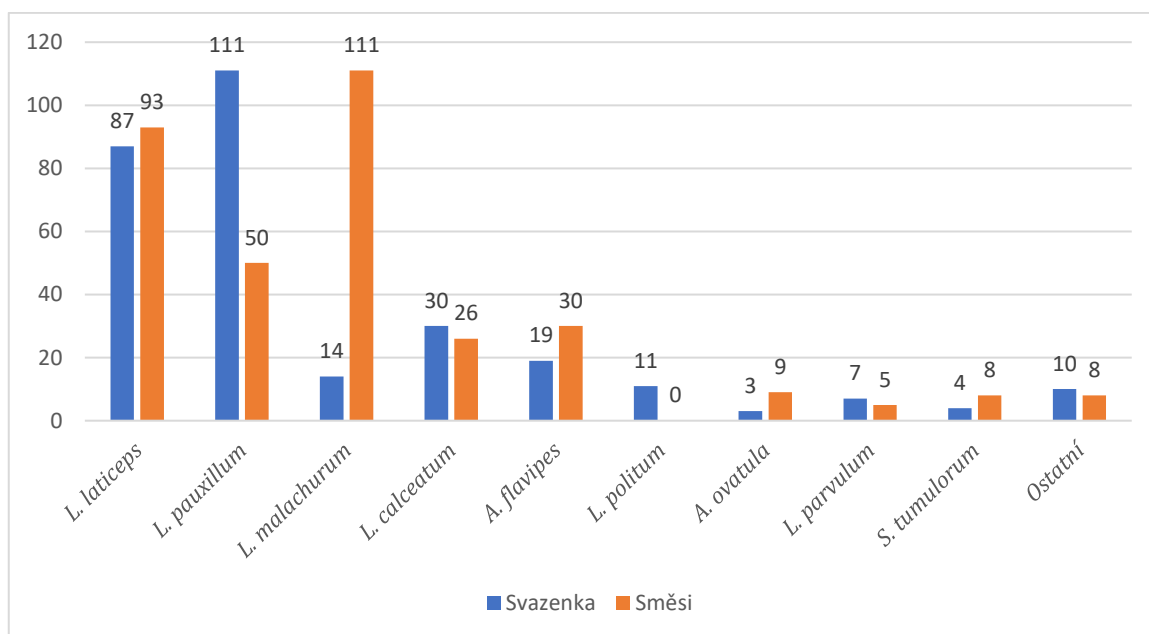
## 4.5 Výsledky pylových analýz

Celkově bylo v rámci uskutečněného výzkumu zaznamenáno 2 081 jedinců samotářských a primitivně eusociálních včel z taxonu Anthophila (vyjma parazitických druhů). Zhruba 88 % jedinců z uvedeného počtu včel byly samice (celkem 1 824 ex.), z nichž bezmála 35 % přenášelo na svém sběracím aparátu pyl (tj. 634 samic). Téměř 3/4 z nich přitom příslušely ke třem druhům, a sice *Lasioglossum laticeps* (180 ex. s pylem, tj. 50 % samic daného druhu), *Lasioglossum pauxillum* (161 ex. s pylem, tj. 38,7 % samic daného druhu) a *Lasioglossum malachurum* (125 ex. s pylem, tj. 45 % samic daného druhu). Na lokalitách se svazenkou vratičolistou bylo odchyceno nejvíce včel druhu *Lasioglossum pauxillum* (111 ex. sbírajících pyl, tj. 57 % samic daného druhu odchycených na svazence) a *Lasioglossum laticeps* (87 ex. s pylem, tj. 46 % samic odchycených na svazence), zatímco včely druhu *Lasioglossum malachurum* přenášející pyl byly odchyceny pouze v počtu 14 ex., což ale odpovídá bezmála polovině všech samic zaznamenaných na lokalitách se svazenkou. Téměř osmkrát více samic druhu *Lasioglossum malachurum* sbírajících pyl bylo naopak odchyceno na lokalitách se směsnými porosty, což odpovídá podílu 44,6 % samic tohoto druhu zjištěných na daném typu kultury. Obdobně jako na svazence, tak i na smíšených porostech byly dále ve vysokém počtu zaznamenány včely druhu *Lasioglossum laticeps* (93 ex. sbírajících pyl, tj. 53,4 %),

kdežto ploskočelky *Lasioglossum pauxillum* byly na směsných porostech odchyceny s výrazně nižší četností než na svazence (50 ex. sbírajících pyl, tj. 22,6 %).

K dalším relativně početným druhům, jež sbíraly pyl, patřily *Lasioglossum calceatum* (celkem 56 ex. s pylem, tj. 46,7 % samic daného druhu) a *Andrena flavipes* (celkem 49 ex. s pylem, tj. 53,3 % samic daného druhu). V případě ploskočelky *Lasioglossum calceatum* bylo na svazence odchyceno 30 samic přenášejících pyl (tj. 50,8 % samic daného druhu odchycených na svazence) a na směsných porostech 26 samic (tj. 42,6 % samic daného druhu odchycených na směsích). Jedinci pískorypky *Andrena flavipes* s pylovými rousky pak byly na lokalitách se svazenkou odchyceny v počtu 19 ex. (tj. 57,6 % samic daného druhu odchycených na svazence), což je méně než na lokalitách se směsnými porosty, kde bylo odchyceno celkem 30 ex. s pylovými rousky (tj. 50,8 % samic zaznamenaných na tomto typu kultury).

Z méně početných taxonů lze dále zmínit druh *Lasioglossum politum* (celkem 11 ex. s pylem, tj. 5,8 % samic daného druhu) a *Andrena ovatula* (celkem 12 ex. s pylem, tj. 44,4 % samic daného druhu). Samice ploskočelky *Lasioglossum politum* s nasbíraným pylem přitom byly zaznamenány pouze na polích se svazenkou vratičolistou, kde bylo odchyceno všech 11 ex. (tj. 10,5 % samic daného druhu odchycených na svazence). Samice pískorypky *Andrena ovatula* s pylovými rousky se naopak vyskytovaly na obou typech kultur, nicméně na lokalitách se svazenkou byly zaznamenány pouze 3 samice s pylem (tj. 50 % samic daného druhu odchycených na svazence), zatímco na směsných porostech 9 samic (tj. 42,9 % samic daného druhu odchycených na směsích), viz Graf 5.



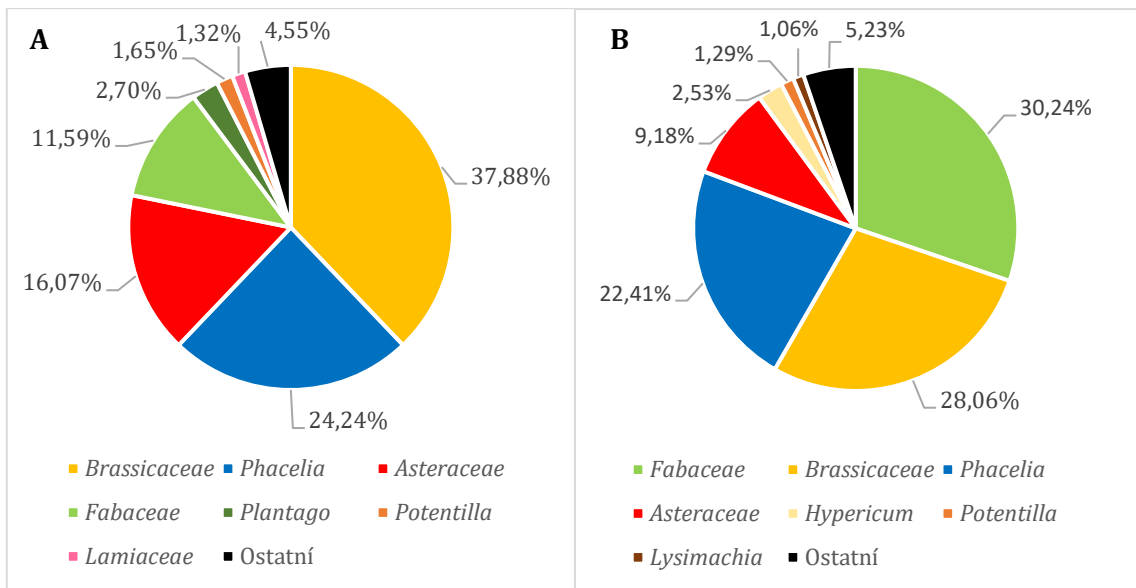
Graf 5: Četnost samic jednotlivých druhů včel odchycených na svazence (modře) a směsích (oranžově), které na svém těle přenášely nasbíraný pyl.

#### 4.5.1 Pylové preference včel

Z výše uvedeného počtu bylo vybráno 76 ex. včel odchytených na svazence, z nichž bylo možné extrahovat dostatečné množství pylu pro laboratorní analýzu. Pylové preference tak byly zjišťovány celkem u 11 druhů, a sice *Andrena flavipes* (15 ex.), *Lasioglossum laticeps* (15 ex.), *Lasioglossum calceatum* (12 ex.), *Lasioglossum pauxillum* (12 ex.), *Lasioglossum parvulum* (7 ex.), *Lasioglossum malachurum* (5 ex.), *Andrena ovatula* (3 ex.), *Lasioglossum lativentre* (2 ex.), *Andrena minutula* (1 ex.), *Lasioglossum leucopus* (1 ex.), *Lasioglossum morio* (1 ex.), *Seladonia leucahenea* (1 ex.) a *Seladonia tumulorum* (1 ex.). Na základě provedených pylových analýz bylo odhaleno, že takřka 70 % zkoumaných včel sbíralo pyl na svazence, který tvořil asi 25% podíl pylu extrahovaného ze včel odchytených v porostech svazenky. Velké množství pylu pak včely sbíraly také na dalších kvetoucích rostlinách v okolí, zejména na brukvovitých (37,88 %), hvězdnicovitých (16,07 %) a bobovitých (11,59 %). Některé včely získávaly pyl i z dalších rostlin, nicméně jeho podíl byl vzhledem k celkovému množství spíše zanedbatelný (Graf 6).

Ze včel odchytených na smíšených porostech jednoletých kvetoucích plodin bylo vybráno celkem 85 samic, které na svém těle přenášely dostatečné množství pylu. Pylové preference tak byly studovány u 12 druhů, a sice *Andrena flavipes* (25 ex.), *Lasioglossum laticeps* (17 ex.), *Lasioglossum malachurum* (15 ex.), *Lasioglossum calceatum* (10 ex.), *Andrena ovatula* (7 ex.), *Lasioglossum pauxillum* (3 ex.), *Seladonia tumulorum* (3 ex.), *Andrena haemorrhoea* (1 ex.), *Halictus rubicundus* (1 ex.), *Heriades truncorum* (1 ex.), *Lasioglossum parvulum* (1 ex.) a *Seladonia subaurata* (1 ex.). Na základě uskutečněných pylových analýz bylo zjištěno, že 68 % zkoumaných včel sbíralo pyl svazenky, přestože celkově tvořil necelou čtvrtinu veškerého pylu extrahovaného ze sběracího aparátu samic odchytených na smíšených porostech. Majoritní podíl pylu, který tyto včely sesbíraly, tedy pocházel z jiných zdrojů – zejména rostlin z čeledí *Fabaceae* (30,24 %) a *Brassicaceae* (28,06 %), které ale v obou případech zastupovaly i druhy plodin pěstované jako součást biopásů a nektarodárných úhorů, kde byly včely odchyťovány. Zastoupení jednotlivých pylových typů je detailně zobrazeno na přiloženém grafu (Graf 6).



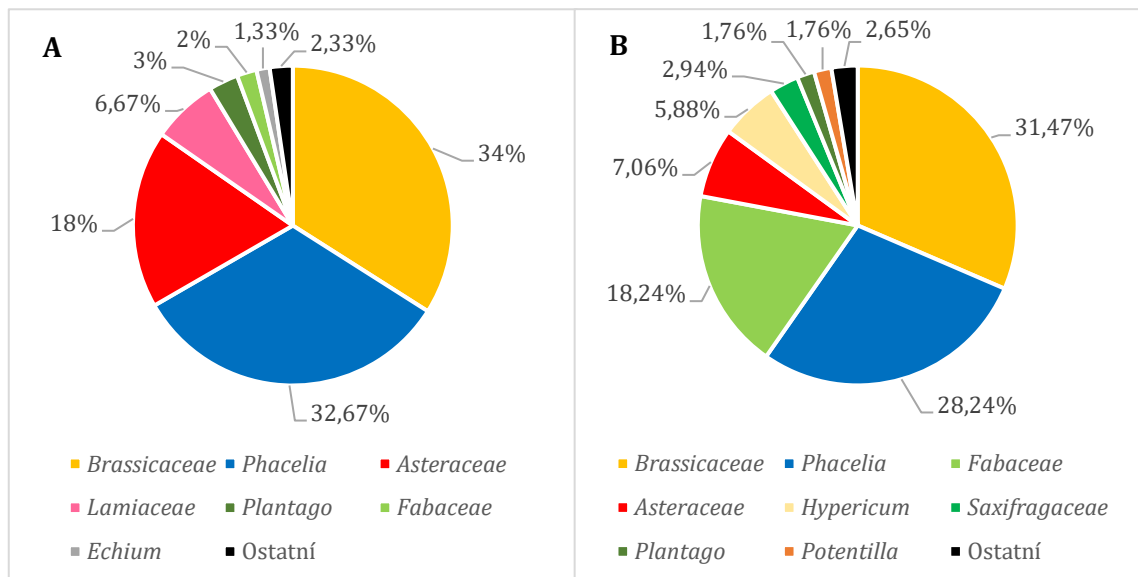


Graf 6: Podíl pylových typů, které preferovaly včely odchycené na lokalitách se (A) svazkou vratičolistou (N = 76) a (B) směsnými porosty (N = 85).

### Ploskočelka velkohlavá (*Lasioglossum laticeps*)

Velmi pestré bylo složení pylových typů, které sbíraly včely druhu *Lasioglossum laticeps*, odchycené v porostech svazenky. Zhruba 2/3 pylu nasbíraly tyto včely na brukvovitých rostlinách (34 %) a svazence (32,67 %), ale nemalá část pylu pocházela také z rostlin čeledí *Asteraceae* (18 %) a *Lamiaceae* (6,67 %). Pyl dalších rostlin byl naopak zastoupen jen marginálně, jak vyplývá z přiloženého grafu (Graf 7).

Také samice zaznamenané na směsných porostech sbíraly pyl na mnoha druzích rostlin, nicméně nejvíce využívaly opět pyl brukvovitých (31,47 %) a svazenky (28,24 %). Dále získávaly pyl z rostlin náležících do čeledí *Fabaceae* (18,24 %) a *Asteraceae* (7,06 %), ale také z květů třezalek (5,88 %) a některých dalších druhů (Graf 7).

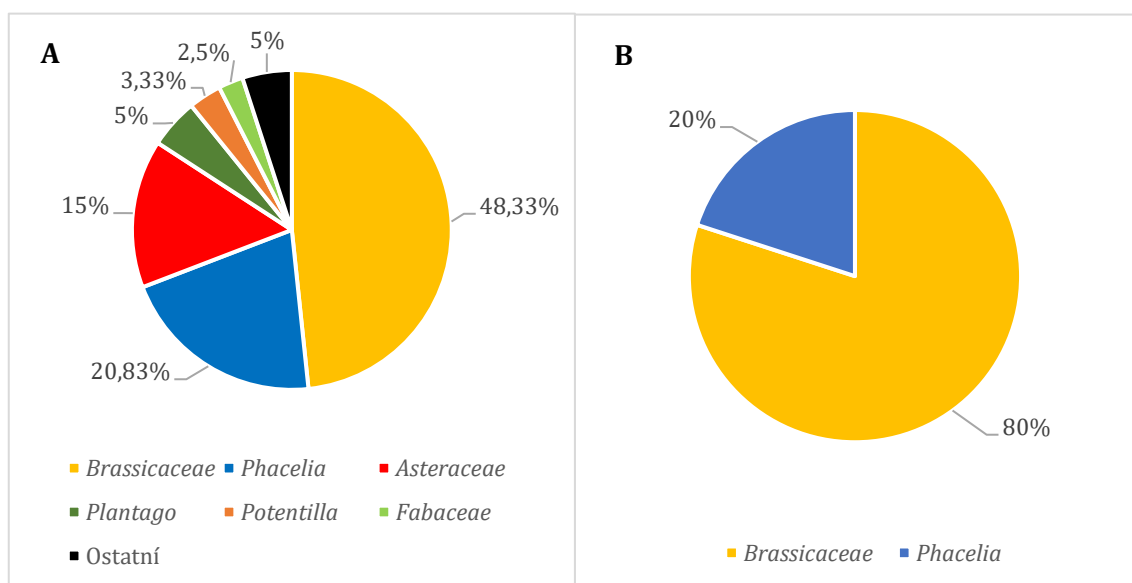


Graf 7: Podíl pylových typů, které preferovaly včely druhu *Lasioglossum laticeps* odchycené na lokalitách se (A) svazenkou vratičolistou (N = 15) a (B) směsnými porosty (N = 17).

### Ploskočelka prosvítavá (*Lasioglossum pauxillum*)

Téměř polovina pylu, který nasbíraly včely druhu *Lasioglossum pauxillum*, odchytené na květech svazenky vratičolisté, pocházela z brukvovitých rostlin (48,33 %). Dále získávaly značné množství pylu ze svazenky (20,83 %), rostlin z čeledi *Asteraceae* (15 %) a jitrocelů (5 %), zatímco další pylové typy byly zjištěny jen v malém množství (Graf 8)

Rovněž samice nalezené na lokalitách se smíšenými porosty výrazně preferovaly pyl rostlin z čeledi *Brassicaceae* (80 %), avšak z jejich sběracího aparátu byl extrahován v menší míře i pyl svazenky (20 %). Tyto hodnoty nicméně mají jen malou vypovídací hodnotu vzhledem k malému počtu analyzovaných vzorků, viz Graf 8.

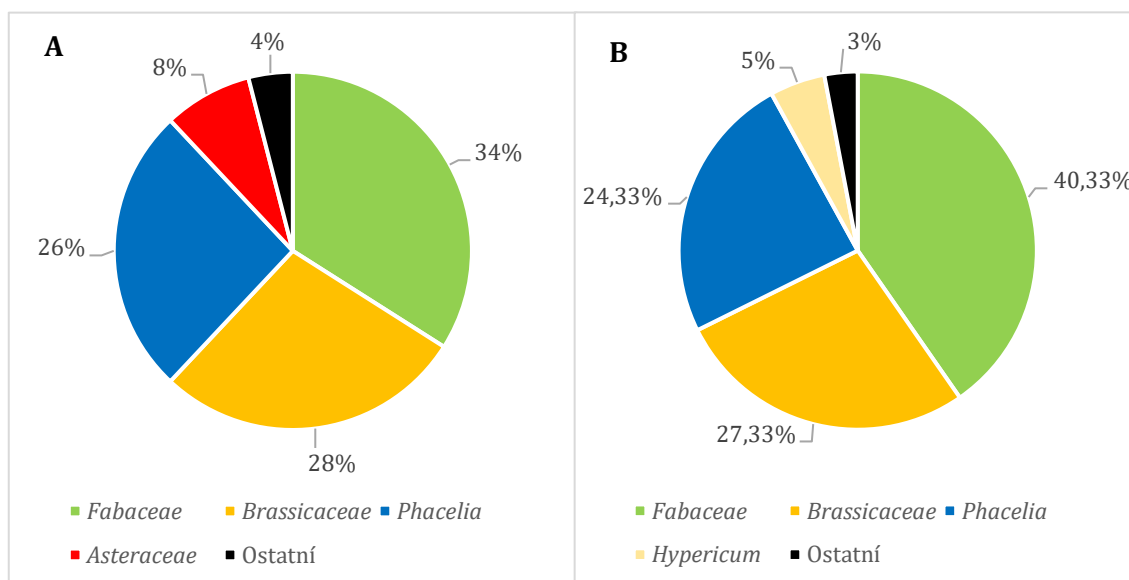


Graf 8: Podíl pylových typů, které preferovaly včely druhu *Lasioglossum pauxillum* odchytené na lokalitách se (A) svazenkou vratičolistou (N = 12) a (B) smíšenými porosty (N = 3).

### Ploskočelka sametová (*Lasioglossum malachurum*)

Pro samice ploskočelky druhu *Lasioglossum malachurum*, zaznamenané na svazenkových polích, byla typická relativně vysoká preference pylu bobovitých rostlin, jenž tvořil více jak třetinu sesbíraného pylu (34 %). Ve velké míře ale tyto včely vyhledávaly také pyl brukvovitých (28 %) a svazenky (26 %), méně pak sbíraly pyl rostlin z čeledi *Asteraceae* (8 %) a některých dalších druhů (Graf 9).

Také jedinci odchycení na lokalitách se směsnými kulturami výrazně upřednostňovali pyl rostlin z čeledi *Fabaceae*, který tvořil cca 40 % veškerého pylu extrahovaného z jejich sběracího aparátu. Zhruba polovinu pylu pak tyto včely v součtu nasbíraly na rostlinách z čeledi *Brassicaceae* (27,33 %) a na svazence (24,33 %). Méně byl zastoupen pyl třezalek rodu *Hypericum* (5 %), přičemž na dalších rostlinách sbíraly pyl jen zcela minimálně (Graf 9).

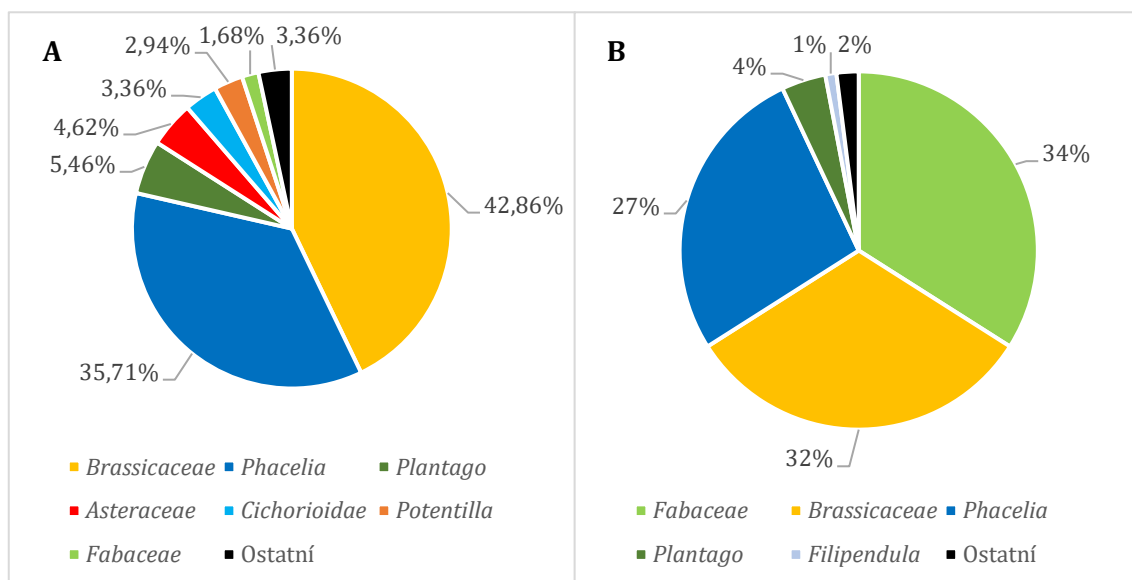


Graf 9: Podíl pylových typů, které preferovaly včely druhu *Lasioglossum malachurum* odchycené na lokalitách se (A) svazenkou vratičolistou (N = 5) a (B) směsnými porosty (N = 15).

### Ploskočelka načervenalá (*Lasioglossum calceatum*)

Také samice druhu *Lasioglossum calceatum*, odchycené na svazkových polích, sbíraly pyl na mnoha druzích rostlin, nicméně více jak 3/4 pylu získaly v celkovém součtu z květů brukvovitých rostlin (42,86 %) a svazenky (35,71 %). Pouze v menší míře pak samice sbíraly také pyl z rostlin rodu *Plantago* (5,46 %), čeledi *Asteraceae* (4,62 %), *Cichorioideae* (3,36 %) a některých dalších (Graf 10).

Samice odchycené na směsných porostech v porovnání s tím získaly 2/3 pylu na rostlinách z čeledi *Fabaceae* (34 %) a *Brassicaceae* (32 %), přičemž dalších 27 % pylu sesbíraly na květech svazenky. Minoritně využívaly i pyl dalších rostlin, např. rodu *Plantago* (5 %) a *Filipendula* (1 %), jak vyplývá z uvedeného grafu (Graf 10).

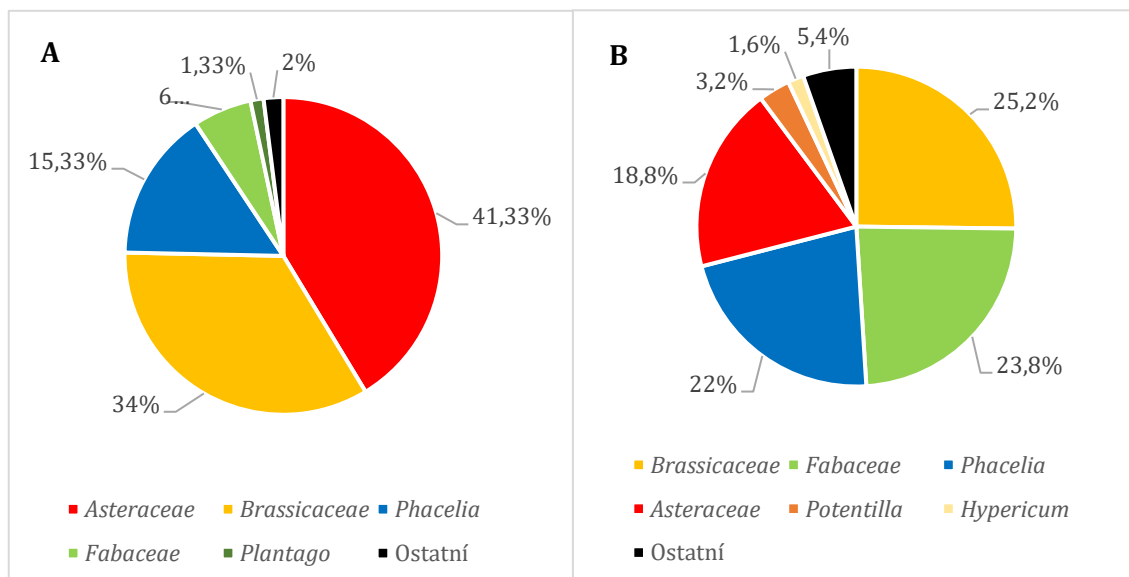


Graf 10: Podíl pylových typů, které preferovaly včely druhu *Lasioglossum calceatum* odchycené na lokalitách se (A) svazkou vratičolistou (N = 12) a (B) směsnými porosty (N = 10).

### Pískorypka obecná (*Andrena flavipes*)

Samice druhu *Andrena flavipes*, odchycené na lokalitách s monokulturami svazenky, preferovaly při sběru pylu zejména rostliny z čeledi *Asteraceae* (41,33 %) a *Brassicaceae* (34 %). Pouze 15,33 % extrahovaného pylu získaly z květů svazenky a 6 % pylu sesbíraly na květech rostlin z čeledi *Fabaceae*. Zbývající pylové typy pak byly zastoupeny jen okrajově, jak je uvedeno v Grafu 11.

Samice odchycené na směsných porostech naopak dávaly přednost sběru pylu rostlin z čeledi *Brassicaceae* (25,2 %) a *Fabaceae* (23,8 %). Více jak pětina nasbíraného pylu dále pocházela ze svazenky vratičolisté (22 %), což je vyšší podíl než u včel zaznamenaných na jednodruhových porostech svazenky vratičolisté. Dále tyto včely sbíraly pyl rostlin z čeledi *Asteraceae*, který tvořil asi 18,8 % extrahovaného pylu. Kromě toho navštěvovaly i některé další, planě rostoucí rostliny, ale jejich pyl využívaly jen marginálně, jak vyplývá s Grafu 11.

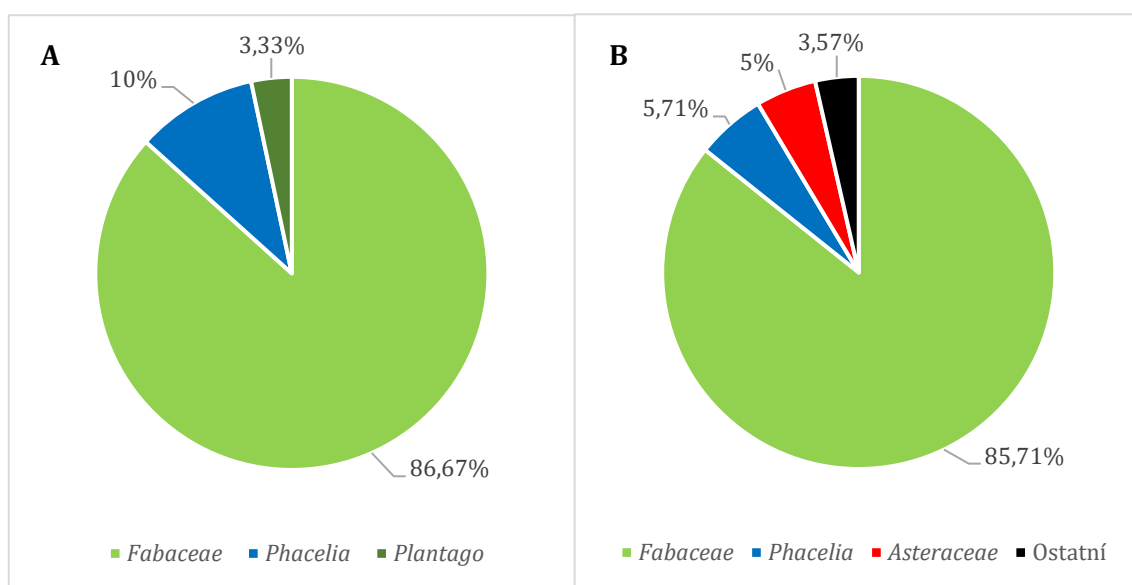


Graf 11: Podíl pylových typů, které preferovaly včely druhu *Andrena flavipes* odchycené na lokalitách se (A) svazenkou vratičolistou (N = 15) a (B) směsnými porosty (N = 25).

### Pískorypka bělopruhá (*Andrena ovatula*)

U druhu *Andrena ovatula* byla zjištěna výrazná preference pylu bobovitých, který tvořil 86,67 % sesbírané pylu extrahovaného ze sběracího aparátu samic odchycených na monokulturách svazenky. Pouze v menší míře pak tyto včely sbíraly pyl na jiných rostlinách, a to vč. svazenky vratičolisté (10 %) a rostlin rodu *Plantago* (3,33 %), viz Graf 12.

Také včely odchycené na smíšených porostech dávaly přednost pylu bobovitých rostlin, který opět tvořil většinu jimi sesbíraného pylu (85,71 %). V malé míře pak sbíraly také pyl na svazence (5,71 %), rostlinách z čeledi *Asteraceae* (5 %), případně některých dalších (Graf 12).



Graf 12: Podíl pylových typů, které preferovaly včely druhu *Andrena ovatula* odchycené na lokalitách se (A) svazenkou vratičolistou (N = 3) a (B) směsnými porosty (N = 7).

## 5. Diskuze

Opylující hmyz patří mezi nejdůležitější, ale také neohroženější skupiny organismů vyskytující se v agroekosystémech (Nicholls et Altieri, 2013). Jeho úbytky, ke kterým zejména v poslední době dochází, proto vzbuzují vážné obavy o udržitelnost zemědělství i zajištění dostatku potravinářské produkce k nasycení neustále se rozrůstající lidské populace (Aizen et al., 2009; van der Sluijs et Vaage, 2016). Jednou z klíčových výzev celoevropského zemědělství se proto stává zastavení neutuchajícího poklesu diversity i biomasy opylujícího hmyzu v agrární krajině. Důležitým předpokladem k naplnění tohoto ambiciózního cíle je přitom úzká kooperace zemědělské praxe s moderním agroekologickým výzkumem, jehož prioritou je hledání optimálních řešení i navrhování praktických opatření, jak tyto úbytky zastavit, nebo alespoň zpomalit (viz např. Middleton et al., 2021; O'Brien et al., 2021).

Je nepochybné, že jedním z hlavních důvodů tohoto nepříznivého stavu je nedostatek potravních zdrojů v krajině (Nicholls et Altieri, 2013), proto v poslední době nabývají na významu praktiky založené na vyčleňování orné půdy ve prospěch pěstování vhodně zvolených kvetoucích rostlin. Mezi nejvýznamnější nektarodárné a pylodárné plodiny patří svazenka vratičolistá, která byla do Evropy introdukována z Ameriky jako hodnotná medonosná rostlina již v první polovině 19. století (Petanidou, 2003). Dosud ovšem bylo publikováno jen zanedbatelné množství studií, které by se detailněji zaměřovaly na zhodnocení skutečných přínosů jejího pěstování pro divoce žijící opylovatele v Evropě. Právě z toho důvodu vznikla tato práce, která usiluje o objasnění významu pěstování svazenky i dalších minoritních kvetoucích plodin pro původní druhy žahadlových blanokřídlých, pestřenek a denních motýlů, jež patří mezi nejvýznamnější skupiny opylovatelů ve středoevropské krajině.

### 5.1 Žahadloví blanokřídlí

Žahadloví blanokřídlí (Hymenoptera: Aculeata) byly v rámci tohoto výzkumu shledány jako druhově i početně nejzastoupenější skupinou ze všech studovaných taxonů, a to jak na monokulturách svazenky vratičolisté, tak i na smíšených porostech. K podobným zjištěním přitom nezávisle dospěli i další autoři, např. Carreck et Williams (2002) či Oways et al. (2020) v rámci studia společenstev opylovatelů na svazence nebo Feltham et al. (2015) během experimentu prováděném na druhově bohatých pásech, kde byla svazenka pouze jednou z rostlinných komponent. V rámci uváděných studií ovšem byla hodnocena i včela



medonosná (*Apis mellifera*), která byla naopak během našeho výzkumu zanedbávána, neboť se v České republice její původní populace nevyskytují, přestože se na většině námi navštívených lokalit vyskytovala v řádově vyšších počtech v porovnání s ostatními druhy. Na dominanci včely medonosné mezi hmyzími návštěvníky květů svazenky vratičolisté přitom poukazují i výsledky pokusů prováděných v dalších regionech ČR (Harásek, 2016) i jiných zemích světa (Carreck et Williams, 2002; Kobešček et al., 2015). Současně se jedná o jednoho z nejčastějších opylovatelů příbuzných druhů svazenek (Wróblewska, 2010) i jiných kvetoucích plodin, které bývají běžnou komponentou biopásů či nektarodárných úhorů (Naumkin et Velkova, 2013; Nagano et al., 2021). Je tedy zcela relevantní se domnívat, že by diverzita společenstev opylovatelů na obou typech kultur s největší pravděpodobností výrazně poklesla, pokud by byly počty včel medonosných, vyskytujících se na námi studovaných lokalitách, zahrnuty do analýz.

Je přitom dobře známo, že tato včela může vyvíjet značný konkurenční tlak vůči mnoha původním druhům opylovatelů, a tím snižovat potenciál využití nabízených potravních příležitostí pro divoce žijící hmyz. Na tento problém poukazují např. Kobešček et al. (2015), kteří v rámci svého experimentu zaznamenali pozitivní korelaci mezi poklesem početnosti včel medonosných na porostech svazenky a zvýšením počtu samotářských včel na jednotce plochy, což vysvětlují právě kompetičními vztahy, které mezi nimi existují. Na to, že tento typ mezidruhové konkurence není v přírodě nikterak neobvyklý, přitom upozorňuje i mnoho dalších autorů, kupř. Paine (2004) či Paine et Roberts (2005). Právě rozšiřování dostupnosti potravních zdrojů prostřednictvím pěstování kvetoucích rostlin na orné půdě může kompetiční tlak, vč. rizik z něho vyplývajících pro původní společenstva opylovatelů, v krajinném měřítku znatelně snižovat (Page et Williams, 2023).

Z květinových zdrojů v zemědělské krajině mohou těžit i mnozí čmeláci, kteří patří mezi časté návštěvníky květů řady druhů nektarodárných plodin. Na svazence vratičolisté byli v rámci uskutečněného výzkumu s nejvyšší četností zjištěni zejména tzv. krátkojazyční čmeláci, zvláště pak čmelák zemní (*Bombus terrestris*) a čmelák skalní (*Bombus lapidarius*). Právě ti všeobecně navštěvují květy svazenky daleko častěji než tzv. dlouhojazyční čmeláci (Griffin 1997; Kirk, 2005; Harásek, 2016). Obdobná tendence přitom byla zaznamenána i v případě příbuzného brutnáku lékařského (*Borago officinalis*), jak plyne z práce Johanssona (2021). Tato zjištění se nicméně rozcházejí s výsledky studie, kterou publikoval kolektiv amerických vědců (Patten et al., 1993), kteří na květech svazenky i brutnáku naopak zaznamenali výrazně vyšší podíl čmeláků s dlouhým jazykem (v rámci tohoto výzkumu se jednalo zejména o druhy *Bombus caliginosus* a *Bombus californicus*, kteří se v Evropě nevyskytují). Navzdory výše uvedenému je nicméně nepochybné, že svazenka

patří mezi nejatraktivnější pěstované plodiny, neboť čmeláci často preferují právě fialově či růžově kvetoucí rostliny z čeledi *Boraginaceae* (Sikora et al., 2020), přestože v různé míře navštěvují i mnoho dalších plodin s jinou barvou květů, které mohou být pěstovány jako součást různých květnatých směsí (viz např. Jacquemart et al., 2007; Kilian et al., 2023).

Ze skupiny blanokřídlého hmyzu byla dále prokázána významná vazba na svazenku vratičolistou u některých samotářských, příp. primitivně eusociálních druhů včel. V rámci prezentovaného výzkumu se jednalo zvláště o běžné polylektické včely, zejména z čeledi ploskočelkovití (Halictidae), což koresponduje s podobnými výzkumy prováděnými v Evropě (Carreck et Williams, 2002) i jinde ve světě (Owayss et al., 2020; Candelaria-Morales et al., 2022). S ohledem na to, že tato plodina není ve střední Evropě původní, tak se u nás nevyskytují žádné úzce specializované druhy sbírající výlučně její pyl. Navzdory tomu ovšem v České republice žije několik oligolektických včel sbírajících pyl na brutnákovitých rostlinách, k nimž patří i zednice hadincová (*Hoplitis adunca*) z čeledi Megachilidae. Ta byla v rámci našeho výzkumu zaznamenána i na jednom poli se svazenkou, nicméně žádná z dosud publikovaných prací nepřipouští, že by potravu pro své larvy sbírala na jiných brutnákovitých rostlinách než na hadincích rodu *Echium* (Filella et al., 2011; Müller, 2016a).

Naopak v Americe, která je původní domovinou rostlin rodu *Phacelia*, se přímo na svazenky specializuje řada druhů tamních včel. K nim patří např. někteří oligolektičtí zástupci rodu *Chelostoma*, jako je *C. californicum*, *C. incisulum*, *C. phaceliae* a *C. minutum* (Eckhart, 1992; Sedivy et al., 2008), nicméně posledně jmenovaný druh někteří autoři považují spíše za polylektický (Parker, 1988). Úzká vazba na rostliny r. *Phacelia* byla ovšem prokázána také u dalších blanokřídlých, zejména některých severoamerických vos ze skupiny Masarinae, jako je *Pseudomasaris phaceliae*, případně některé další blízké příbuzné druhy, které se živí pylem a nektarem mnoha druhů svazenek (Krombein et al., 1979).

Přestože tedy v oblastech střední Evropy navštěvují svazenku zejména nesespecializované včely, je z námi prováděných pylových analýz zřejmé, že v místech jejího pěstování může sloužit jako cenný zdroj pylu pro řadu druhů. Dosud přitom nebylo téměř známo, zda vůbec, příp. v jaké míře původní evropské včely pyl svazenky sbírají, neboť většina dosavadních prací se zaměřovala zejména na pouhé zhodnocení druhového spektra hmyzu, který květy této plodiny navštěvuje (př. Carreck et Williams, 2002; Nedělník, 2010). Výjimkou byly výzkumy prováděné na včele medonosné a čmelácích, které jasně prokázaly, že květy svazenky sice navštěvují v hlavní míře za účelem zisku nektaru, avšak část návštěv uskutečňují i za účelem sběru pylu (Williams et Christian, 1991; Sprague et al., 2016), jejichž

četnost obecně závisí na dostupnosti jiných zdrojů pylu v okolí (Thrasylvoulou et Tsirakoglou, 1998). V rámci této práce byl proto pyl svazenky extrahován z více jak 160 samic volně žijících včel odchycených na lokalitách se svazenkou i směsnými kulturami, z nichž většina prokazatelně sbírala pyl svazenky, a to bez ohledu na to, zda byly odchyceny na polích s monokulturami svazenky či směsnými porosty. Tato zjištění tedy poukazují na to, jak některé včely mohou s úspěchem využít potravních příležitostí, které jim lokálně nabízí účelně pěstované alochtonní rostliny.

Z předkládaných zjištění je dále zřejmé, že pěstování vhodně zvolených kvetoucích plodin na orné půdě může být spjato rovněž s podporou vzácných a ohrožených druhů blanokřídlého hmyzu. Celkově bylo v rámci této práce zaznamenáno na lokalitách se svazenkou 7 druhů žahadlových blanokřídlých řazených s různým stupněm ohrožení do aktuálního červeného seznamu (Hejda et al., 2017), nicméně tuto plodinu mohou navštěvovat i některé další, u nás vzácné druhy, jak vyplývá z jiných nezávislých studií. K takovým druhům patří např. kriticky ohrožená zednice lesomilná (*Osmia niveata*), zjištěná v rámci polních experimentů v Portugalsku (Santos, 2021), ale i pískorypka černohnědá (*Andrena limata*) a drvodělka malá (*Xylocopa iris*), které na svazence zaznamenala Petanidou (2003) během výzkumů uskutečněných v Řecku. Kromě toho se jí na svazence podařilo odchytit i ploskočelku Sajóovu (*Halictus sajoii*), která je na území České republiky aktuálně řazena k lokálně vyhynulým druhům, a šupiněnku obecnou (*Nomiapis diversipes*), jejíž výskyt byl u nás doložen teprve nedávno na jižní Moravě (Šlachta et al., 2021b). Z taxonů, které jsou u nás považovány za vyhynulé, byla dále prokázána vazba na tuto rostlinu u pískorypky černožlaté (*Andrena thoracica*), jak dokládá pozorování Santose (2021), který na svazence pozoroval i v České republice ohroženou pískorypku *Andrena pilipes* s. l. Z kategorie zranitelných druhů pak byly zaznamenány další tři druhy včel, a to nicotěnka měnlivá (*Ceylalictus variegatus*), zjištěná během polního experimentu v Saúdské Arábii (Owayss et al., 2020), dále nicotěnka nejmenší (*Nomioides minutissimus*), odchycená na porostu svazenky v Řecku (Thrasylvoulou et Tsirakoglou, 1998), a trnočelka hladká (*Rhophitoides canus*), zaznamenaná Haráskem (2016) na Moravě. Mimo skupinu včel navíc Thrasylvoulou et Tsirakoglou (1998) odchytily na květech svazenky také zlatěnku nádhernou (*Stilbum calens*) a žahalku obrovskou (*Megascolia maculata*), které jsou u nás v červeném seznamu aktuálně řazeny do kategorie DD (druhy, o nichž jsou nedostatečné údaje).

Také na směsných porostech bylo v rámci této práce zjištěno několik druhů blanokřídlých s různým stupněm ohrožení, a to vč. oligolektické pískorypky modrolesklé (*Andrena agilissima*) z kategorie zranitelných taxonů, která pro své larvy připravuje stravu výhradně

z nektaru a pylu brukvovitých rostlin (Makkar et al., 2016). Je tedy zjevné, že za účelem posílení potravních příležitostí pro širší spektrum včel je výhodné pěstovat svazenko ve směsi s dalšími kvetoucími rostlinami vč. méně obvyklých druhů bylin (Nichols et al., 2019). Na to poukazují i výsledky výzkumu žahadlových blanokřídlých na květnatých pásech vysévaných ve vinicích, na nichž byla kromě běžných, polylektických druhů zaznamenána i řada potravně specializovaných včel, z nichž některé jsou u nás řazeny do červeného seznamu, a to vč. pískorypky květomilné (*Andrena floricola*), pilorožky vojteškové (*Melitta leporina*) či křivorožky svlaččové (*Systropha curvicornis*) (Rasran et al., 2017). Na obdobné souvislosti přitom poukazují i výsledky dalších výzkumů, prováděných na druhově bohatých květnatých pásech v zemědělské krajině. Vhodným příkladem může být studie Talašové (2019), která zaznamenala v rámci svého experimentu na květnatých biopásech pěstovaných v České republice bezmála 100 druhů blanokřídlého hmyzu, a to včetně některých ohrožených taxonů. K nejvíce početným zástupcům pak patřili (vyjma včely medonosné) čmeláci a některé včely rodu *Lasioglossum*, což koresponduje s výsledky naší studie, přestože se oba výzkumy lišily designem sběru dat v terénu.

Je tedy evidentní, že účelné začleňování vhodně zvolených kvetoucích plodin do agroekosystémů může prokazatelně přispívat k podpoře populací včel i dalších skupin blanokřídlých v krajině, a tím i zlepšení opylování komerčně pěstovaných plodin v agroekosystémech (Feltham et al., 2015; Campbell et al., 2017; Ortega-Marcos et al., 2022). To mj. souvisí s tím, že mnoho důležitých opylovatelů vč. čmeláků a některých včel je citlivých na přerušování dostupnosti potravy v krajině (Williams et Christian, 1991; Eeraerts et al., 2021), proto může pěstování takových rostlin zlepšovat jejich přežívání (Hemberger et al., 2022). Navzdory tomu ovšem některé studie upozorňují také na možná rizika, která mohou potenciálně souviset např. se zvýšením konkurence mezi hromadně kvetoucími plodinami a původními druhy rostlin o společné včelí opylovače (Montero-Castaño et al., 2016). Vyšší koncentrace hmyzu na jednotce plochy pak může negativně ovlivňovat i samotné hmyzí opylovače, a to z důvodu zvýšeného rizika přenosu patogenů a parazitů, jak bylo zjištěno v případě čmeláků (Adler et al., 2020; Cohen et al., 2022). S ohledem na životní nároky jednotlivých druhů je navíc zřejmé, že jednoleté pásy kvetoucích plodin nemohou nahradit trvalé polopřirozené habitaty v krajině (Pfiffner et al., 2018), neboť neposkytují stabilní stanoviště s hnízdišti ani zdroje potravy v raných fázích sezóny (Klatt et al., 2020).

## 5.2 Pestřenky

Další druhově i početně hojně zastoupenou skupinou opylovatelů byly pestřenky, a to na obou typech zkoumaných kultur. Na svazence se v největší míře vyskytovaly pestřenky z podčeledi Syrphinae, z nichž početně výrazně dominovaly zejména druhy *Episyrphus balteatus* a *Sphaerophoria scripta*. To se shoduje s výsledky dalších prováděných průzkumů, např. Wnuk et al. (2009) či Udy et al. (2020). Právě tyto pestřenky přitom prochází během svého ontogenetického vývoje stádiem dravé larvy, kdy se živí různým hemipterním hmyzem, zejména mšicemi, ale i merami, molicemi a červci (Mengual et al., 2015). Právě proto bylo mnoha exaktními výzkumy prokázáno, že pěstování svazenky může přispívat k zvýšení hustoty dravých larev pestřenek v agrocenózách, a tím i snížení napadení pěstovaných plodin škodlivým savým hmyzem. K takovým závěrům dospěli např. Wnuk et Wojciechowicz-Żytka (2007) či Wojciechowicz-Żytka et Wnuk (2012) v rámci pokusů se souběžným pěstováním svazenky a bobu obecného (*Vicia faba*). K obdobným výsledkům ale došli i Şengonca et Frings (1988) během experimentu s výsevem pásů svazenky na polích s cukrovou řepou, dále Hickman et Wratten (1994) při obsevu kukuřičných polí či Lövei et al. (1992) v rámci pokusu se založením pruhů svazenky na pozemcích s pšenicí. Je přitom známo, že dospělé pestřenky mohou úspěšně dispergovat do okolních porostů až do vzdálenosti 200 metrů od pásů s kvetoucí svazenkou, což může umocňovat jejich potenciál pro využití v biologické ochraně (Wratten et al., 2003).

Z výše uvedeného je tedy patrné, že porosty této plodiny nabízí imagům pestřenek v době květu velice atraktivní zdroje potravy. V této souvislosti je nicméně zapotřebí zmínit, že pestřenky mají přístup pouze k pylu svazenky, a nikoliv jejímu nektaru, který je uložený v části květu lemované „chlupy“, jež vytváří bariéru pro vstup jejich hlavy (van Rijn et Wäckers, 2016). Vzhledem k tomu, že nemají k dispozici sosák jako jiní opylovatelé, kterým by nektar z květu svazenky získaly, tak jsou nuceny potřebné sacharidy získávat z jiných zdrojů, a to buď z medovice, příp. jiných kvetoucích rostlin s exponovaným nektarem.

Vycházíme-li z této premisy, tak se lze domnívat, že pěstování svazenky ve směsi s jinými nektarodárnými plodinami může efektivněji přispívat k zabezpečení trofických nároků pestřenek. Mnoho prováděných studií se sice shoduje, že svazenka patří mezi rostliny, které významně preferují i v případě, je-li pěstována jako komponenta různých druhově bohatších směsí (Laubertie et al., 2012; Nerad et al., 2015), nicméně další nektarodárné druhy velmi účelně suplují přirozené zdroje sacharidů, které jsou pro udržení populací pestřenek nezbytné. Vzhledem k tomu, že jejich dostupnost bývá v současné kulturní krajině často omezená, tak je vhodné tyto zdroje posílit přísevem vhodných kvetoucích

plodin s dobře přístupným nektarem. K takovým rostlinám patří např. bíle kvetoucí pohanka obecná (*Fagopyrum esculentum*), dále koriandr setý (*Coriandrum sativum*) či heřmáněk pravý (*Matricaria chamomilla*), jejichž květy bývají značně přitažlivé pro mnoho druhů pestřenek (Ambrosino et al., 2006; Barbir et al., 2015; Wojciechowicz-Żyto et al. Jankowska, 2017).

Pěstování svazenky ve směsi s dalšími kvetoucími plodinami navíc může přispět k zvýšení přitažlivosti biopásů i pro takové druhy pestřenek, které se na svazence neobjevují vůbec, případně jen zcela sporadicky. To dokládají i výsledky našeho výzkumu, z nichž vyplývá, že na směsných porostech se vyskytovalo více druhů pestřenek než na lokalitách s monokulturami svazenky. Zvlášť výrazné rozdíly byly odhaleny v diverzitě i početnosti pestřenek ze skupiny Eristalinae, které významně preferovaly směsné porosty, kde byla svazenka pouze jednou z rostlinných komponent. Taktéž v rámci dalších prováděných výzkumů bylo potvrzeno, že se na květech svazenky objevují pestřenky z tohoto taxonu spíše minoritně (Carreck et Williams, 2002; Harásek, 2016). S výrazně vyšší četností byly naopak tyto druhy zaznamenány např. v porostech některých brukvovitých rostlin či zmiňované pohanky (Jacquemart et al., 2007; Shakeel et al., 2019), jež byly častou komponentou i námi studovaných směsných kultur. Tyto výsledky zřejmě souvisí s tím, že pestřenky ze skupiny Eristalinae jsou výrazně specializovanější při výběru květů v porovnání s příslušníky podčeledi Syrphinae, přičemž výraznou afinitu mají zejména k bílým květům (Klecka et al., 2018).

### 5.3 Motýli s denní aktivitou

Poslední studovanou skupinou opylovatelů na svazence vratičolisté i směsných porostech byli motýli s denní aktivitou z taxonů Rhopalocera a Zygaenidae. V porovnání s blanokřídlými i pestřenkami se sice jednalo o druhově i početně nejméně zastoupenou skupinu hmyzu, přičemž jediným druhem, který byl ve vyšším počtu odečten na většině zkoumaných lokalit s oběma typy kultur, byl bělásek řepový (*Pieris rapae*). Právě mnozí bělásci rodu *Pieris* jsou běžnými motýly dobře přizpůsobenými životu v zemědělsky využívané krajině, proto často navštěvují květy různých druhů jednoletých kvetoucích plodin, a to vč. svazenky (Ambrosino et al., 2006), pohanky (Jacquemart et al., 2007), hořčice (Naumkin et Velkova, 2013) a dalších. Tito motýli jsou ale současně známi tím, že během svého ontogenetického vývoje prochází stádiem housenky, která svým žírem působí významné škody na brukvovitých rostlinách. Právě z toho důvodu se v posledních letech vedou polemiky na tím, zda pěstování kvetoucích plodin nemůže přispívat k zvyšování škod

působených larvami těchto motýlů na okolních porostech hostitelských rostlin. V minulosti totiž bylo prokázáno, že pěstování nektarodárných plodin v blízkosti porostů s brukvovitou zeleninou může vést k zvýšení jejího poškození z důvodu vzrůstu počtu housenek přítomných na rostlinách (Zhao et al., 1992; Winkler et al., 2010). Jiné nezávislé průzkumy tyto závěry ovšem nepotvrdily, což může mj. souviset s podporou přirozených antagonistů těchto škůdců, kteří rovněž z pěstování nektarodárných rostlin profitují (Philips et al., 2014; Alcalá Herrera et al., 2022).

Právě s ohledem na to, že motýli prodělávají značně složité vývojové cykly, kdy bývají částí svého vývoje vázáni na vybrané živné rostliny, tak byla svazenka vratičolistá hodnocena nejen z hlediska jejího významu pro imaga, ale i pro jejich larvy. Této problematice se v rámci svého výzkumu věnovali Steffan-Dewenter et Tschardt (1997), kteří zjistili, že pole s touto kulturou jsou značně chudá na přítomnost motýlích housenek, což zřejmě souvisí s tím, že sama svazenka není příliš vhodnou živnou rostlinou pro většinu středoevropských motýlů, ale také se sníženou nabídkou doprovodné vegetace uvnitř jejich porostů. Výrazně více housenek naopak zmiňovaní autoři zaznamenali na polích v pokročilejších sukcesních stádiích, která se vyznačovala vyšší druhovou diverzitou rostlin se zastoupením jednoletých i vytrvalých taxonů. Právě takové biotopy mohou v krajině substituovat vytrvalé květnaté pásy, na nichž bylo zaznamenáno více druhů denních motýlů v porovnání s jednoletými květnatými biopásy (Carreck et al., 1999), proto lze předpokládat, že mohou poskytovat i širší výběr vhodných hostitelských rostlin pro motýlí housenky.

Navzdory uváděným zjištěním je současně zřejmé, že svazenka vratičolistá může skýtat lákavý zdroj nektaru také pro některé vzácné a ohrožené druhy denních motýlů. V rámci naší studie sice nebyl na květech svazenky zaznamenán žádný ohrožený druh, a to s výjimkou 1 ex. ohniváčka černočárného (*Lycaena dispar*), jenž dle vyhlášky č. 395/1992 Sb. spadá do kategorie silně ohrožených druhů a současně je řazen do soustavy Natura 2000 jako evropsky významný druh. Cenné záznamy ovšem publikoval kolektiv italských vědců (Giovanetti et al., 2022), kteří na květech této plodiny zaznamenali mj. otakárka ovocného (*Iphiclides podalirius*), jenž u nás dle aktuálně platného červeného seznamu spadá do kategorie téměř ohrožených taxonů, a okáče šedohnědé (*Hyponephele lycaon*), který v ČR náleží mezi kriticky ohrožené druhy.

## 6. Závěr

Je všeobecně známo, že nedostatek potravních příležitostí je jednou z hlavních příčin úbytku opylujícího hmyzu v zemědělské krajině. Právě z toho důvodu jsou v poslední době stále častěji implementována opatření založená na pěstování vybraných kvetoucích plodin na orné půdě, které poskytují opylovatelům alternativní zdroje pylu a nektaru. Jednou z nejčastěji pěstovaných rostlin, která je k tomuto účelu využívána, je přitom svazenka vratičolistá, jejíž květy produkují velké množství kvalitního nektaru i pylu. Navzdory všeobecně přijímaným názorům o přínosech takových opatření ale existuje nedostatek exaktních podkladů, které by umožňovaly potenciál daných opatření objektivně vyhodnotit. Tato práce proto poskytuje ucelené informace o tom, které druhy opylovatelů profitují z pěstování svazenky vratičolisté a dalších jednoletých kvetoucích plodin, na jejichž začleňování do agroekosystémů je založena řada opatření finančně podporovaných z národních i evropských rozpočtů.

Na základě získaných dat je zřejmé, že pěstování jednoletých kvetoucích plodin na orné půdě může nabízet zajímavé potravní příležitosti pro mnoho druhů hmyzu. K početně nejzastoupenějším skupinám opylovatelů patřili v rámci této studie čmeláci a samotářské včely, a to jak na polích se svazenkou, tak i směsnými porosty. Dalším významným taxonem byly pestřenky, které se sice hojně vyskytovaly na obou typech kultur, nicméně na lokalitách se směsnými porosty byla jejich druhová bohatost prokazatelně vyšší. Poslední studovanou skupinou byli motýli s denních aktivitou, kteří se ovšem na většině lokalit objevovali v daleko menších počtech v porovnání s blanokřídlými a pestřenkovitými.

Tato studie tedy jednoznačně podporuje hypotézu, že pěstování vhodně zvolených kvetoucích rostlin na orné půdě může přispívat k podpoře opylujícího hmyzu v krajině. Navzdory tomu je ale evidentní, že zavádění takových postupů nemůže být samospasitelné, proto by mělo být chápáno pouze jako součást celého komplexu opatření, která mohou společně přispět k odvrácení hrozící krize opylovatelů. S tím navíc úzce souvisí i potřeba detailního porozumění vztahům mezi jednotlivými plodinami a jejich opylovateli, jejichž výběr je zapotřebí optimalizovat s ohledem na možná rizika související s podporou potenciálních škodlivých organismů, které mohou ohrožovat jiné plodiny pěstované v okolí. Právě k lepšimu porozumění těchto souvislostí by proto do budoucna mohly přispět navazující výzkumy, jejichž výsledky by mohly napomoci k efektivnímu navrhování funkčních dotačních programů, přispívajících k rozvoji všestranně udržitelného zemědělství.



## 7. Použitá literatura

ABD-EL-SAMIE E. M., ELKAFRAWY I., OSAMA M. & AGEEZ A. 2018: Molecular phylogeny and identification of the Egyptian wasps (Hymenoptera: Vespidae) based on COI mitochondrial gene sequences. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* **28**: 36.

ADLER L. S., BARBER N. A., BILLER O. M. & IRWIN R. E. 2020: Flowering plant composition shapes pathogen infection intensity and reproduction in bumble bee colonies. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **117**: 11559-11565.

AGUIARA P., DEANS A. R., ENGEL M. S., FORSHAGE M., HUBER J. T., JENNINGS J. T., JOHNSON N. F., LELEJ A. S., LONGINO J. T., LOHRMANN V., MIKÓ I., OHL M., RASMUSSEN C., TAEGER A. & YU D. S. K. 2013: Order Hymenoptera. *Zootaxa* **3703**: 51-62.

AHMAD M. 2021: Comparative efficacy of synthetic pesticides with botanical extracts under field condition on cabbage white butterfly (*Pieris brassicae* Linnaeus) (Lepidoptera: Pieridae). *Agricultural Sciences Journal* **2**: 79-83.

AIZEN M. A., GARIBALDI L. A., CUNNINGHAM S. A. & KLEIN A. M. 2009: How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany* **103**: 1579-1588.

AKHTER F., KHANDAY A. L. & AHMAD S. T. 2016: Pollination potential: A comparative study of various hymenopteran insects pollinating some economically important crops in Kashmir. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences (IJARBS)* **3**: 50-59.

ALBRECHT M., KLEIJN D., WILLIAMS N. M., TSCHUMI M., BLAAUW B. R., BOMMARCO R., CAMPBELL A. J., DAINESE M., DRUMMOND F. A., ENTLING M. H., GANSER D., DE GROOT G. A., GOULSON D., GRAB H., HAMILTON H., HERZOG F., ISAACS R., JACOT K., JEANNERET P., JONSSON M., KNOP E., KREMEN C., LANDIS D. A., LOEB G. M., MARINI L., MCKERCHAR M., MORANDIN L., PFISTER S. C., POTTS S. G., RUNDLÖF M., SARDIÑAS H., SCILIGO A., THIES, TSCHARNTKE C. T., VENTURINI E., VEROMANN E., VOLLHARDT I. M. G., WÄCKERS F., WARD K., WESTBURY D. B., WILBY A., WOLTZ M., WRATTEN S. & SUTTER L. 2020: The effectiveness of flower strips and hedgerows on pest control, pollination services and crop yield: a quantitative synthesis. *Ecology Letters* **23**: 1488-1498.

ALCALÁ HERRERA R., COTES B., AGUSTÍ N., TASIN M. & PORCEL M. 2022: Using flower strips to promote green lacewings to control cabbage insect pests. *Journal of Pest Science* **95**: 669-683.

AL-GHZAWI A. A.-M., SAMARAH N., ZAITOUN S. & ALQUDAH A. 2009: Impact of bee pollinators on seed set and yield of *Vicia villosa* spp. *dasycarpa* (Leguminosae) grown under semiarid conditions. *Italian Journal of Animal Science* **8**: 65-74.

ALI H., OWAYSS A. A., KHAN K. A. & ALQARNI A. S. 2015: Insect Visitors and Abundance of Four Species of Apis on Sunflower *Helianthus annuus* L. in Pakistan. *Acta Zoologica Bulgarica* **67**: 235-240.

- ALI M., SAEED S., SAJJAD A. & WHITTINGTON A. 2011: In search of the best pollinators for canola (*Brassica napus* L.) production in Pakistan. *Applied Entomology and Zoology* **46**: 353-361.
- AMBROSINO M. D., LUNA J. M., JEPSON P. C. & WRATTEN S. D. 2006: Relative Frequencies of Visits to Selected Insectary Plants by Predatory Hoverflies (Diptera: Syrphidae), Other Beneficial Insects, and Herbivores. *Environmental Entomology* **35**: 394-400.
- ANÝŽ D. 2019: *The importance of butterflies in the pollination of flowering plants*. Katedra ekologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, bakalářská práce, 29 pp. (nepublikovaný manuskript).
- ASLAN C. E., HAUBENSAK K. A. & GRADY K. C. 2022: Effective and feasible mechanisms to support native invertebrate pollinators in agricultural landscapes: A meta-analysis. *Ecosphere* **13**: e3982.
- AVILA JR R. S. & MOURA J. P. 2021: Contributing to the knowledge of Brazilian Sphingidae diversity: the first record of *Adhemarius daphne daphne* Boisduval, 1785 and *Amphimoea walkeri* Boisduval, 1785 in South Brazil. *Entomological Communications* **3**: ec03051.
- BADENHAUSSER I., GROSS N., CORDEAU S., BRUNETEAU L. & VANDIER, M. 2015: Enhancing grasshopper (Orthoptera: Acrididae) communities in sown margin strips. *Arthropod-Plant Interactions* **9**: 333-346.
- BAJIYA M. R. & ABROL D.P. 2017: Flower-visiting insect pollinators of mustard (*Brassica napus*) in Jammu Region. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* **6**: 2380-2386.
- BALFOUR N. J. & RATNIEKS F. L. W. 2022: The disproportionate value of 'weeds' to pollinators and biodiversity. *Journal of Applied Ecology* **59**: 1209-1218.
- BANASZAK J. 1992: Strategy for conservation of wild bees in an agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **40**: 179-192.
- BARBIR J., BADENES-PÉREZ F. R., FERNÁNDEZ-QUINTANILLA C. & DORADO J. 2015: The attractiveness of flowering herbaceous plants to bees (Hymenoptera: Apoidea) and hoverflies (Diptera: Syrphidae) in agro-ecosystems of Central Spain. *Agricultural and Forest Entomology* **17**: 20-28..
- BARRIOS B., PENA S. R., SALAS A. & KOPTUR S. 2016: Butterflies visit more frequently, but bees are better pollinators: the importance of mouthpart dimensions in effective pollen removal and deposition. *AoB PLANTS* **8**: plw001.
- BARTÍKOVÁ Z. 2023: *Význam řepky olejky (Brassica napus) pro původní opylovače*. Katedra biologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Hradec Králové, bakalářská práce, 29 pp. (nepublikovaný manuskript).
- BARTOMEUS I., POTTS S. G., STEFFAN-DEWENTER I., VAISSIÈRE B. E., WOYCIECHOWSKI M., KREWENKA K. M., TSCHÉULIN T., ROBERTS S. P. M., SZENTGYÖRGYI H., WESTPHAL C. & BOMMARCO R. 2014: Contribution of insect pollinators to crop yield and quality varies with agricultural intensification. *PeerJ* **2**: e328.

- BASKAR K., SUDHA V. & JAYAKUMAR M. 2017: Effect of Pesticides on Pollinators. *MOJ Ecology & Environmental Science* **2**: 00052.
- BEEKMAN M. & RATNIEKS F. L. W. 2000: Long-range foraging by the honey-bee, *Apis mellifera* L. *Functional Ecology* **14**: 490-496.
- BIESMEIJER J. C., ROBERTS S. P. M., REEMER M., OHLEMÜLLER R., EDWARDS M., PEETERS T., SCHAFFERS A. P., POTTS S. G., KLEUKERS R., THOMAS C. D., SETTELE J. & KUNIN W. E. 2006: Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. *Science* **313**: 351-354.
- BLACK S. H., SHEPHERD M., VAUGHAN M., LABAR C. & HODGES N. 2009: *Yolo Natural Heritage Program (HCP/NCCP) - Pollinator Conservation Strategy*. Portland/Sacramento: The Xerces Society for Invertebrate Conservation, 72 pp.
- BLOCH D., WERDENBERG N. & ERHARDT A. 2006: Pollination crisis in the butterfly-pollinated wild carnation *Dianthus carthusianorum*? *New Phytologist* **169**: 699-706.
- BOGUSCH P. 2007: Drvodělky a jejich výsadky na sever. *Živa* **55**: 269-270.
- BOGUSCH P., BLÁHOVÁ E. & HORÁK J. 2020: Pollen specialists are more endangered than non-specialised bees even though they collect pollen on flowers of non-endangered plants. *Arthropod-Plant Interactions* **14**: 759-769.
- BOGUSCH P., STRAKA J. & KMENT P. (eds.) 2007: *Annotated checklist of the Aculeata (Hymenoptera) of the Czech Republic and Slovakia. Komentovaný seznam žahadlových blanokřídlých (Hymenoptera: Aculeata) České republiky a Slovenska*. Praha: Národní muzeum, 300 pp.
- BOHÁČ J. 2013: *Biologie ochrany přírody pro agroekology*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 110 pp.
- BOMMARCO R., MARINI L. & VAISSIÈRE B. E. 2012: Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. *Oecologia* **169**: 1025-1032.
- BRANQUART E. & HEMPTINNE J.-L. 2000: Selectivity in the exploitation of floral resources by hoverflies (Diptera: Syrphinae). *Ecography* **23**: 732-742.
- BRANSTETTER M. G., DANFORTH B. N., PITTS J. P., FAIRCLOTH B. C., WARD P. S., BUFFINGTON M. L., GATES M. W., KULA R. R., BRADY S. G. 2017: Phylogenomic Insights into the Evolution of Stinging Wasps and the Origins of Ants and Bees. *Current Biology* **27**: 1019-1025.
- BRAVI M. E., ALVAREZ L. J., LUCIA M., PECORARO M. R. I., GARCÍA M. L. G. & REYNALDI F. J. 2019: Wild bumble bees (Hymenoptera: Apidae: *Bombini*) as a potential reservoir for bee pathogens in northeastern Argentina. *Journal of Apicultural Research* **58**: 710-713.
- BROCK R. E., CINI A. & SUMNER S. 2021: Ecosystem services provided by aculeate wasps. *Biological Reviews* **96**: 1645-1675.

- BRODMANN J., TWELE R., FRANCKE W., HÖLZLER G., ZHANG Q.-H. & AYASSE M. 2008: Orchids Mimic Green-Leaf Volatiles to Attract Prey-Hunting Wasps for Pollination. *Current Biology* **18**: 740-744.
- BROWN B., SCOTT R. R. & MACFARLANE R. P. 1992: An assessment of *Vicia faba* and *Trifolium pratense* as forage crops for *Bombus hortorum*. *New Zealand Entomologist* **15**: 42-47.
- BUCHMANN S. L. 1983: Buzz pollination in angiosperms, pp. 73-113. In: JONES C. E. & LITTLE R. J. (eds.): *Handbook of experimental pollination biology*. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 558 pp.
- BURGETT D. M. & SUKUMALANAND P. 2015: Flight activity of *Xylocopa (Nyctomelitta) tranquebarica*: a night flying carpenter bee (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Apicultural Research* **39**: 75-83.
- BURNS K. L. W. & STANLEY D. A. 2022: The importance and value of insect pollination to apples: A regional case study of key cultivars. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **331**: 107911.
- CAMERON S. A., CORBET S. A. & WHITFIELD J. B. 2019: Bumble bees (Hymenoptera: Apidae: *Bombus terrestris*) collecting honeydew from the giant willow aphid (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Hymenoptera Research* **68**: 75-83.
- CAMPBELL A. J., WILBY A., SUTTON P. & WÄCKERS F. L. 2017: Do sown flower strips boost wild pollinator abundance and pollination services in a spring-flowering crop? A case study from UK cider apple orchards. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **239**: 20-29.
- CAMPBELL J. W., IRVIN A., IRVIN H., STANLEY-STAHN C. & ELLIS J. D. 2016: Insect Visitors to Flowering Buckwheat, *Fagopyrum esculentum* (Polygonales: Polygonaceae), in North-Central Florida. *Florida Entomologist* **99**: 264-268.
- CANDELARIA-MORALES N. P., GROSSMAN J., FERNANDEZ A. & ROGERS M. 2022: Exploring multifunctionality of summer cover crops for organic vegetable farms in the Upper Midwest. *Renewable Agriculture and Food Systems* **37**: 198-205.
- CARRECK N. L. & WILLIAMS I. H. 2002: Food for insect pollinators on farmland: Insect visits to flowers of annual seed mixtures. *Journal of Insect Conservation* **6**: 13-23.
- CARRECK N., WILLIAMS I. H. & OAKLEY J. 1999: Enhancing farmland for insect pollinators using flower mixtures. *Aspects of Applied Biology* **54**: 101-108.
- CERVANCIA C. R. & BERGONIA E. A. 1991: Insect pollination of cucumber (*Cucumis sativus* L.) in the Philippines. *Acta Horticulturae* **288**: 278-282.
- CÎRLIG N., ȚÎȚEI V. & IURCU-STRĂISTARU E. 2023: Morphobiological features and the significance of the species *Phacelia tanacetifolia* Benth. as honey plant. *Lucrări Științifice* **66**: 55-60.

- CÎRLIG N., ȚÎȚEI V., IURCU-STRĂISTARU E., TELEUȚĂ A. & GUȚU A. 2021: *Phacelia tanacetifolia* and *Onobrychis arenaria* - attractive plants for pollinating insects. *Acta et Commentationes, Exact and Natural Sciences* **1**: 16-22.
- CLEMENT S. L., HELLIER B. C., ELBERSON L. R., STASKA R. T. & EVANS M. A. 2007: Flies (Diptera: Muscidae: Calliphoridae) Are Efficient Pollinators of *Allium ampeloprasum* L. (Alliaceae) in Field Cages. *Journal of Economic Entomology* **100**: 131-135.
- COHEN H., PONISIO L. C., RUSSELL K. A., PHILPOTT S. M. & MCFREDERICK Q. S. 2022: Floral resources shape parasite and pathogen dynamics in bees facing urbanization. *Molecular Ecology* **31**: 2157-2171.
- ÇOLAK A. M., ŞAHİNLER N. & İSLAMOĞLU M. 2017: The Effect of Honeybee Pollination on Productivity and Quality of Strawberry. *Alinteri Zirai Bilimler Dergisi* **32**: 87-90.
- COLE L. J., BADDELEY J. A., ROBERTSON D., TOPP CH. F. E., WALKER R. L. & WATSON CH. A. 2022: Supporting wild pollinators in agricultural landscapes through targeted legume mixtures. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **323**: 107648.
- COLLEY M. R. & LUNA J. M. 2000: Relative attractiveness of potential beneficial insectary plants to aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae). *Environmental Entomology* **29**: 1054-1059.
- COOK D. F., TUFAIL M. S., VOSS S. C., DEYL R. A., HOWSE E. T., FOLEY J., NORRISH B., DELROY N. & SHIVANANJAPPA S. L. 2023: Blow flies (Diptera: Calliphoridae) ability to pollinate Hass avocado trees within paired tree enclosures. *Journal of Applied Entomology* **147**: 577-591.
- COOLEY H., VALLEJO-MARÍN M. & STRANGE J. 2021: Buzz-Pollinated Crops: A Global Review and Meta-analysis of the Effects of Supplemental Bee Pollination in Tomato. *Journal of Economic Entomology* **114**: 505-519.
- COURTNEY G. W., PAPE T., SKEVINGTON J. H. & SINCLAIR B. J. 2009: Biodiversity of Diptera, pp. 185-222. In: FOOTTIT R. G. & ADLER P. H. (eds.): *Insect Biodiversity: Science and Society*. Oxford: Blackwell Publishing, 632 pp.
- CUNNINGHAM S. A., FITZGIBBON F. & HEARD T. A. 2002: The future of pollinators for Australian agriculture. *Australian Journal of Agricultural Research* **53**: 893-900.
- DAG A. & GAZIT S. 2000: Mango pollinators in Israel. *Journal of Applied Horticulture* **2**: 39-43.
- DARSONO & WIDHIONO I. 2020: Daily Activity of Wild Bee Pollinators on Strawberry in Highland Agriculture, Eastern Slope of Mount Slamet, Central Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **593**.
- DAVIS R. B, BALDAUF S. L. & MAYHEW P. J. 2010: The origins of species richness in the Hymenoptera: insights from a family-level supertree. *BMC Evolutionary Biology* **10**: 109.
- DAWAH H. A., ABDULLAH M. A., AHMAD S. K., AL-DHAFFER H. & TURNER J. 2020: An overview of the Syrphidae (Diptera) of Saudi Arabia. *Zootaxa* **4855**: 1-69.

- DESJARDINS È.-C. & DE OLIVEIRA D. 2006: Commercial Bumble Bee *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae) as a Pollinator in Lowbush Blueberry (Ericaceae: Ericaceae) Fields. *Journal of Economic Entomology* **99**: 443-449.
- DICKS L. V., CORBET S. A. & PYWELL R. F. 2002: Compartmentalization in plant-insect flower visitor webs. *Journal of Animal Ecology* **71**: 32-43.
- DOGANTZIS K. A., TIWARI T., CONFLITTI I. M., DEY A., PATCH H. M., MULI E. M., GARNERY L., WHITFIELD CH. W., STOLLE E., ALQARNI A. S., ALLSOPP M. H. & ZAYED A. 2021: Thrive out of Asia and the adaptive radiation of the western honey bee. *Science Advances* **7**: eabj2151.
- DOGTEROM M. H., WINSTON M. L. & MUKAI A. 2000: Effect of pollen load size and source (self, outcross) on seed and fruit production in highbush blueberry cv. 'Bluecrop' (*VACCINIUM CORYMBOSUM*; Ericaceae). *American Journal of Botany* **87**: 1584-91.
- DOUKA CH. & FOHOOU F.-N. T. 2014: Foraging and pollination activity of *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) on flowers of *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae) at Maroua, Cameroon. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* **4**: 63-76.
- DUDLEY N. & ALEXANDER S. 2017: Agriculture and biodiversity: a review. *Biodiversity* **18**: 45-49.
- DUPONT Y. L., DAMGAARD CH., SIMONSEN V. & STOUT J. C. 2011: Quantitative Historical Change in Bumblebee (*Bombus* spp.) Assemblages of Red Clover Fields. *PLoS ONE* **6**: e25172.
- EBELING A., KLEIN A.-M., SCHUMACHER J., WEISSER W. W. & TSCHARNTKE T. 2008: How does plant richness affect pollinator richness and temporal stability of flower visits? *Oikos* **117**: 1808-1815.
- ECKHART V. M. 1992: Spatio-Temporal Variation in Abundance and Variation in Foraging Behavior of the Pollinators of Gynodioecious *Phacelia linearis* (Hydrophyllaceae). *Oikos* **64**: 573-586.
- EERAERTS M., PIOT N., PISMAN M., CLAUS G., MEEUS I. & SMAGGHE G. 2021: Landscapes with high amounts of mass-flowering fruit crops reduce the reproduction of two solitary bees. *Basic and Applied Ecology* **56**: 122-131.
- EERAERTS M., SMAGGHE G. & MEEUS I. 2020: Bumble bee abundance and richness improves honey bee pollination behaviour in sweet cherry. *Basic and Applied Ecology* **43**: 27-33.
- EILERS E. J., KREMEN C., SMITH GREENLEAF S., GARBER A. K. & KLEIN A.-M. 2011: Contribution of Pollinator-Mediated Crops to Nutrients in the Human Food Supply. *PLoS ONE* **6**: e21363.
- EMTIA CH. & OHNO K. 2017: Diurnal foraging behavior of an aphidophagous hoverfly in an insectary plant patch. *Journal of Biopesticides* **10**: 154-162.

EMTIA CH. 2019: *Conservation biological control of aphids using insectary plants-enhancing hoverfly*. Department of Environment and Resource Sciences, University of Miyazaki, dizertační práce, 141 pp. (nepublikovaný manuskript).

ESPELAND M., BREINHO J., WILLMOTT K. R., WARREN A. D., VILA R., TOUSSAINT E. F. A., MAUNSELL S. C., ADUSE-POKU K., TALAVERA G., EASTWOOD R., JARZYNA M. A., GURALNICK R., LOHMAN D. J., PIERCE N. E. & KAWAHARA A. Y. 2018: A Comprehensive and Dated Phylogenomic Analysis of Butterflies. *Current Biology* **28**: 770-778.

EUROSTAT 2020: *Agriculture, forestry and fishery statistics*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 234 pp.

EVROPSKÁ KOMISE 2021: *Zpráva komise evropskému parlamentu, radě, evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a výboru regionů: Pokrok v implementaci Iniciativy EU týkající se opylovačů*. Brusel: Evropská komise, 17 pp.

FARKAČ J., KRÁL D. & ŠKORPÍK M. (eds.). 2005: *Červený seznam ohrožených druhů České republiky: Bezobratlí*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 760 pp.

FAROOK U. B., YAQOUB M., GANI M., MUGHAL N., JEELANI F. & WANI T. A. 2022: Floral resources and foraging ecology of large carpenter bees (*Xylocopa valga*, *Xylocopa pubescence*, *Xylocopa fenestrata* and *Xylocopa dejeanii*) of Jammu and Kashmir and Ladakh region. *The Pharma Innovation Journal* **11**: 1411-1414.

FELTHAM H., PARK K., MIN J. & GOULSON D. 2015: Experimental evidence that wildflower strips increase pollinator visits to crops. *Ecology and Evolution* **5**: 3523-3530.

FILELLA I., BOSCH J., LLUSIÀ J., PEÑUELAS A. & PEÑUELAS J. 2011: Chemical cues involved in the attraction of the oligolectic bee *Hoplitis adunca* to its host plant *Echium vulgare*. *Biochemical Systematics and Ecology* **39**: 498-508.

FIRBANK L. G., PETIT S., SMART S., BLAIN A. & FULLER R. J. 2008: Assessing the impacts of agricultural intensification on biodiversity: a British perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **363**: 777-787.

FISHER R. M. & POMEROY N. 1989: Pollination of Greenhouse Muskmelons by Bumble Bees (Hymenoptera: Apidae). Online. *Journal of Economic Entomology*: **82**: 1061-1066.

FOFFOVÁ H., SKUHROVEC J. & SASKA P. 2022: Ekosystémové služby v zemědělství (4) - podpora opylování. *Agromanuál* **18**: 82-83.

FORBES A. A., BAGLEY R. K., BEER M. A., HIPPEE A. C. & WIDMAYER H. A. 2018: Quantifying the unquantifiable: why Hymenoptera, not Coleoptera, is the most speciose animal order. *BMC Ecology* **18**: 21.

FRANCHIN M., SALIBA A. S. M. CH., GIOVANINI DE OLIVEIRA SARTORI A., ORESTES PEREIRA NETO S., BENSO B., IKEGAKI M., WANG K., DE ALENCAR S. M. & GRANATO D. 2024: Food-grade delivery systems of Brazilian propolis from *Apis mellifera*: From chemical composition to bioactivities in vivo. *Food Chemistry* **432**: 137175.

- FREE J. B., RAW A. & WILLIAMS I. H. 1975: Pollination of coconut (*Cocos nucifera* L.) in Jamaica by honeybees and wasps. *Applied Animal Ethology* **1**: 213-223.
- GALLAI N., SALLES J.-M., SETTELE J. & VAISSIÈRE B. E. 2009: Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* **68**: 810-821.
- GARDNER J., HOFFMANN M. P., PITCHER S. A. & HARPER J. K. 2011: Integrating insecticides and *Trichogramma ostrinae* to control European corn borer in sweet corn: Economic analysis. *Biological Control* **56**: 9-16.
- GARRATT M. P. D., BREEZE T. D., BOREUX V., FOUNTAIN M. T., MCKERCHAR M., WEBBER S. M., COSTON D. J., JENNER N., DEAN R., WESTBURY D. B., BIESMEIJER J. C. & POTTS S. G. 2016: Apple Pollination: Demand Depends on Variety and Supply Depends on Pollinator Identity. *PLOS ONE* **11**: e0153889.
- GATHMANN A. & TSCHARNTKE T. 2002: Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology* **71**: 757-764.
- GEMMILL-HERREN B. & OCHIENG' A. O. 2008: Role of native bees and natural habitats in eggplant (*Solanum melongena*) pollination in Kenya. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **127**: 31-36.
- GESLIN B., AIZEN M. A., GARCIA N., PEREIRA A.-J., VAISSIÈRE B. E. & GARIBALDI L. A. 2017: The impact of honey bee colony quality on crop yield and farmers' profit in apples and pears. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **248**: 153-161.
- GHAZANFAR M., MALIK M. F., HUSSAIN M., IQBAL R. & YOUNAS M. 2016: Butterflies and their contribution in ecosystem: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies* **4**: 115-118.
- GHAZOUL J. 2005: Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. *Trends in Ecology & Evolution* **20**: 367-373.
- GILBERT F. S. 1985: Morphometric patterns in hoverflies (Diptera, Syrphidae). *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences* **224**: 79-90.
- GILLESPIE M. & WRATTEN S. D. 2013: Enhancing nectar provision in vineyard habitats for the endemic New Zealand butterfly, *Lycaena salustius*. *New Zealand Journal of Ecology* **37**: 67-74.
- GIOVANETTI M., MALABUSINI S., ZUGNO M. & LUPI D. 2022: Influence of Flowering Characteristics, Local Environment, and Daily Temperature on the Visits Paid by *Apis mellifera* to the Exotic Crop *Phacelia tanacetifolia*. *Sustainability* **14**: 10186.
- GOLDSTEIN P. Z. 2017: Diversity and Significance of Lepidoptera: A Phylogenetic Perspective, pp. 463-495. In: FOOTTIT R. G. & ADLER P. H. (eds.). *Insect Biodiversity: Science and Society*. USA: Wiley-Blackwell, 912 pp.
- GOMIERO T., PIMENTEL D. & PAOLETTI M. G. 2011: Is There a Need for a More Sustainable Agriculture? *Critical Reviews in Plant Sciences* **30**: 6-23.



- GOODMAN R. D. & WILLIAMS A. E. 1994: Honeybee pollination of white clover (*Trifolium repens* L.) cv. Haifa. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **34**: 1121-1123.
- GRAYSTOCK P., YATES K., EVISON S. E. F., DARVILL B., GOULSON D. & HUGHES W. O. H. 2013: The Trojan hives: pollinator pathogens, imported and distributed in bumblebee colonies. *Journal of Applied Ecology* **50**: 1207-1215.
- GRESTY C. E. A., CLARE E., DEVEY D. S., COWAN R. S., CSIBA L., MALAKASI P., LEWIS O. T. & WILLIS K. J. 2018: Flower preferences and pollen transport networks for cavity-nesting solitary bees: Implications for the design of agri-environment schemes. *Ecology and Evolution* **8**: 7574-7587.
- GRIFFIN H. E. 1997: *Studies of the foraging behaviour, activity patterns and community structure of bumblebees (Bombus spp.) pollinating field beans (Vicia faba) and phacelia (Phacelia tanacetifolia) in eastern Scotland*. Department of Environmental and Evolutionary Biology, University of St. Andrews, diplomová práce, 153 pp. (nepublikovaný manuskript).
- GROENEVELD J. H. & KLEIN A.-M. 2014: Pollination of two oil-producing plant species: Pollination of two oil-producing plant species: Camelina (*Camelina sativa* L. Crantz) and pennycress (*Thlaspi arvense* L.) double-cropping in Germany. *GCB Bioenergy* **6**: 242-251.
- GROSS C. L. & MACKAY D. 1998: Honeybees reduce fitness in the pioneer shrub *Melastoma affine* (*Melastomataceae*). *Biological Conservation* **86**: 169-178.
- HAALAND CH., NAISBIT R. E. & BERSIER L.-F. 2011: Sown wildflower strips for insect conservation: a review. *Insect Conservation and Diversity* **4**: 60-80.
- HADRAVA J., TALAŠOVÁ A., STRAKA J., BENDA D., KAZDA J. & KLEČKA J. 2022: A comparison of wild bee communities in sown flower strips and semi-natural habitats: A pollination network approach. *Insect Conservation and Diversity* **15**: 312-324.
- HAENKE S., SCHEID B., SCHAEFER M., TSCHARNTKE T. & THIES C. 2009: Increasing syrphid fly diversity and density in sown flower strips within simple vs. complex landscapes. *Journal of Applied Ecology* **46**: 1106-1114.
- HAGLER J. R., MUELLER S., TEUBER L. R., MACHTLEY S. A. & VAN DEYNZE A. 2011: Foraging Range of Honey Bees, *Apis mellifera*, in Alfalfa Seed Production Fields. *Journal of Insect Science* **11**: 144.
- HAHN M. & BRÜHL C. A. 2016: The secret pollinators: an overview of moth pollination with a focus on Europe and North America. *Arthropod-Plant Interactions* **10**: 21-28.
- HALLETT A. C., MITCHELL R. J., CHAMBERLAIN E. R. & KARRON J. D. 2017: Pollination success following loss of a frequent pollinator: the role of compensatory visitation by other effective pollinators. *AoB PLANTS* **9**: plx020.
- HALLMANN C. A., SORG M., JONGEJANS E., SIEPEL H., HOFLAND N., SCHWAN H., STENMANS W., MÜLLER A., SUMSER H., HÖRREN T., GOULSON D. & DE KROON H. 2017: More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE* **12**: e0185809.

- HARÁSEK J. 2016: *Společenstva opylovačů svazenky vratičolisté a změny jejich distribuce během dne*. Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, bakalářská práce, 32 pp. (nepublikovaný manuskript).
- HAVLÁT F., POTOČIAROVÁ E., ZÁMEČNÍK V. & ČERNÁ, M. 2007: *Biopásky: agroenvironmentální dotační titul*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 8 pp.
- HEIKKILÄ M., KAILA L., MUTANEN M., PEÑA C. & WAHLBERG N. 2012: Cretaceous origin and repeated tertiary diversification of the redefined butterflies. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **279**: 1093-1099.
- HEJDA R., FARKAČ J. & CHOBOT K. (eds.) 2017: Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. *Příroda* **36**: 1-612.
- HEMBERGER J., WITYNSKI G. & GRATTON C. 2022: Floral resource continuity boosts bumble bee colony performance relative to variable floral resources. *Ecological Entomology* **47**: 703-712.
- HERRMANN J. D., BEYE H., DE LA BROISE CH., HARTLEP H. & DIEKÖTTER T. 2019: Positive effects of the pollinators *Osmia cornuta* (Megachilidae) and *Lucilia sericata* (Calliphoridae) on strawberry quality. *Arthropod-Plant Interactions* **13**: 71-77.
- HICKMAN J. M. & WRATTEN S. D. 1994: Use of *Phacelia tanacetifolia* (Hydrophyllaceae) as a pollen resource to enhance hoverfly (Diptera: Syrphidae) populations in sweetcorn fields. *Bulletin OILB/SROP* **17**: 156-167.
- HICKMAN J. M., LÖVEI G. L. & WRATTEN S. D. 1995: Pollen feeding by adults of the hoverfly *Melanostoma fasciatum* (Diptera: Syrphidae). *New Zealand Journal of Zoology* **22**: 387-392.
- HODGKISS D., BROWN M. J. F. & FOUNTAIN M. T. 2018: Syrphine hoverflies are effective pollinators of commercial strawberry. *Journal of Pollination Ecology* **22**: 55-66.
- HOEHN P., TSCHARNTKE T., TYLIANAKIS J. M. & STEFFAN-DEWENTER I. 2008: Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **275**: 2283-2291.
- HOGG B. N., BUGG R. L. & DAANE K. M. 2011: Attractiveness of common insectary and harvestable floral resources to beneficial insects. *Biological Control* **56**: 76-84.
- HOLÝ K., SKUHROVEC J., SASKA P. & PAPOUŠEK Z. 2020: *Pokles diverzity hmyzu v zemědělské krajině a možnosti jejího zvýšení*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 52 pp.
- HOWLETT B. G. & GEE M. 2019: The potential management of the drone fly (*Eristalis tenax*) as a crop pollinator in New Zealand. *New Zealand Plant Protection* **72**: 221-230.
- HU S., YU CH., ZHAO H., SUN G., ZHAO S., VYVADOLOVA M. & KUCERA V. 2007: Genetic diversity of *Brassica napus* L. Germplasm from China and Europe assessed by some agronomically important characters. *Euphytica* **154**: 9-16.
- HUBER J. T. 2017: Biodiversity of Hymenoptera, pp. 419-461. In: FOOTTIT R. G. & ADLER P. H. (eds.): *Insect Biodiversity: Science and Society*. Oxford: Blackwell Publishing, 632 pp.

- HUDEWENZ A. & KLEIN A.-M. 2015: Red mason bees cannot compete with honey bees for floral resources in a cage experiment. *Ecology and Evolution* **5**: 5049-5056.
- HUNG K.-L. J., KINGSTON J. M., ALBRECHT M., HOLWAY D. A. & KOHN J. R. 2018: The worldwide importance of honey bees as pollinators in natural habitats. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **285**: 20172140.
- CHAGUTHI G. & DYOLA U. 2018: Insect Visitors of White Clover (*Trifolium Repens* L) and Their Relation With Environmental Variables in the Premises of Bhaktapur Multiple Campus, Nepal. *Journal of Institute of Science and Technology* **22**: 86-91.
- CHIARI W. C., TOLEDO V. A. A., RUVOLO-TAKASUSUKI, M C. C., OLIVEIRA A. J. B., SAKAGUTI E. S., ATTENCIA V. M., COSTA F. M. & MITSUI M. H. 2005: Pollination of soybean (*Glycine max* L. Merrill) by honeybees (*Apis mellifera* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology* **48**: 31-36.
- CHOI S.-W. & JUNG CH. 2015: Diversity of Insect Pollinators in Different Agricultural Crops and Wild Flowering Plants in Korea: Literature Review. *Journal of Apiculture* **30**: 191-201.
- CHVOJKA T. 2022: *Vazba opylovatelů na svazku vratičolistou*. Katedra biologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Hradec Králové, bakalářská práce, 77 pp. (nepublikovaný manuskript).
- INGS T. C., WARD N. L. & CHITTKA L. 2006: Can commercially imported bumble bees out-compete their native conspecifics? *Journal of Applied Ecology* **43**: 940-948.
- ISMAIL M. & ALBITTAR L. 2015: Mortality factors affecting immature stages of codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae), and the impact of parasitoid complex. *Biocontrol Science and Technology* **26**: 72-85.
- JACQUEMART A.-L., GILLET C. & CAWOY V. 2007: Floral visitors and the importance of honey bee on buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) in central Belgium. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* **82**: 104-108.
- JACQUEMYN H., BRYN R., HONNAY O. & HUTCHINGS M. J. 2009: Biological Flora of the British Isles: *Orchis mascula* (L.) L. *Journal of Ecology* **97**: 360-377.
- JARLAN A., DE OLIVEIRA D. & GINGRAS J. 1997: Pollination by *Eristalis tenax* (Diptera: Syrphidae) and Seed Set of Greenhouse Sweet Pepper. *Journal of Economic Entomology* **90**: 1646-1649.
- JAT M. K., CHAUDHARY O. P. & KAUSHIK H. D. 2014: Temporal Abundance of Different Floral Visitors on Egyptian Clover (*Trifolium Alexandrinum* L.) and Correlation with Weather Parameters. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology* **7**: 657-668.
- JAUKER F. & WOLTERS V. 2008: Hover flies are efficient pollinators of oilseed rape. *Oecologia* **156**: 819-823.

- JAUKER F., BONDARENKO B., BECKER H. C. & STEFFAN-DEWENTER I. 2012: Pollination efficiency of wild bees and hoverflies provided to oilseed rape. *Agricultural and Forest Entomology* **14**: 81-87.
- JEDLIČKA L., KÚDELA M. & STLOUKALOVÁ V. (eds.) 2009: *Checklist of Diptera of the Czech Republic and Slovakia*. Bratislava: Comenius University, 10 pp.
- JENNERSTEN O. 1984: Flower visitation and pollination efficiency of some North European butterflies. *Oecologia* **63**: 80-89.
- JERSÁKOVÁ J. & TROPEK R. 2018a: Současný pohled na vzájemnou spolupráci rostlin a opylovačů. *Živa* **165**: 295-300.
- JERSÁKOVÁ J. & TROPEK R. 2018b: Polinační syndromy. *Živa* **165**: 169-172.
- JIANG S., LI H. & WU K. 2023: Predation and Control Effect of *Eupeodes corollae* Fabricius (Diptera: Syrphidae) on Leguminous Plant Aphids. *Agronomy* **13**: 1739.
- JOHANSSON I. 2021: *Flower visitors in flower strips: which flower species are the most attractive?* Department of Ecology, Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences, diplomová práce, 33 pp.
- JÖNSSON A. M., EKROOS J., DÄNHARDT J., ANDERSSON G. K. S., OLSSON O. & SMITH H. G. 2015: Sown flower strips in southern Sweden increase abundances of wild bees and hoverflies in the wider landscape. *Biological Conservation* **184**: 51-58.
- KAFFKOVÁ K., SMÉKALOVÁ K. & VOTAVOVÁ A. 2019: *Hodnocení potravních preferencí u hmyzích opylovatelů: certifikovaná metodika*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 40 pp.
- KAFFKOVÁ K., SMÉKALOVÁ K., VOTAVOVÁ A. & MALEC J. 2020: *Výběr vhodných opylovatelů minoritních plodin pro semenářskou praxi: certifikovaná metodika*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 60 pp.
- KALUZA B. F., WALLACE H. M., HEARD T. A., MINDEN V., KLEIN A. & LEONHARDT S. D. 2018: Social bees are fitter in more biodiverse environments. *Scientific Reports* **8**: 12353.
- KARUNARATNE W. A. I. P., EDIRISINGHE J. P. & GUNATHILEKE C. V. S. 2005: Floral relationships of bees in selected areas of Sri Lanka. *Ceylon Journal of Science (Biological Sciences)* **34**: 27-45.
- KASTINGER CH. & WEBER A. 2001: Bee-flies (*Bombylius* spp., Bombyliidae, Diptera) and the pollination of flowers. *Flora* **196**: 3-25.
- KEHOE R., FRAGO E. & SANDERS D. 2021: Cascading extinctions as a hidden driver of insect decline. *Ecological Entomology* **46**: 743-756.
- KELLER V., HERRANDO S., VOŘÍŠEK P., FRANCH M., KIPSON M., MILANESI P., MARTÍ D., ANTON M., KLVAŇOVÁ A., KALYAKIN M. V., BAUER H.-G. & FOPPEN R. P. B. 2020: *European Breeding Bird Atlas 2: Distribution, Abundance and Change*. Barcelona: European Bird Census Council & Lynx Edicions, 967 pp.

- KEVAN P. G. & BAKER H. G. 1983: Insects as Flower Visitors and Pollinators. *Annual Review of Entomology* **28**: 407-453.
- KHALIFA S. A. M., ELSHAFIEY E. H., SHETAIA A. A., EL-WAHED A. A. A., ALGETHAMI A. F., MUSHARRAF S. G., ALAJMI M. F., ZHAO CH., MASRY S. H. D., ABDEL-DAIM M. M., HALABI M. F., KAI G., NAGGAR Y. A., BISHR M., DIAB M. A. M. & EL-SEEDI H. R. 2021: Overview of Bee Pollination and Its Economic Value for Crop Production. *Insects* **12**: 688.
- KILIAN I. C., SWENSON S. J., MENGUAL X., GEMEINHOLZER B., HAMM A., WÄGELE J. W. & PETERS R. S. 2023: More complex than you think: Taxonomic and temporal patterns of plant-pollinator networks of caraway (*Carum carvi* L.). *Molecular Ecology* **32**: 3702-3717.
- KINTL A., ELBL J., SOBOTKOVÁ J. & PŘIDAL A. 2023: Vojtěška za květu a včely. *Agromanuál* **19**: 116-117.
- KIRK W. D. J. 2005: *Phacelia*. *Bee World* **86**: 14-16.
- KLATT B. K., NILSSON L. & SMITH H. G. 2020: Annual flowers strips benefit bumble bee colony growth and reproduction. *Biological Conservation* **252**: 108814.
- KLAUS F., TSCHARNTKE T., UHLER J. & GRASS I. 2021: Calcareous grassland fragments as sources of bee pollinators for the surrounding agricultural landscape. *Global Ecology and Conservation* **26**: 1-11.
- KLECKA J., HADRAVA J., BIELLA P. & AKTER A. 2018: Flower visitation by hoverflies (Diptera: Syrphidae) in a temperate plant-pollinator network. *PeerJ* **6**: e6025.
- KLEIJN D., WINFREE R., BARTOMEUS I., CARVALHEIRO L. G., HENRY M., ISAACS R., KLEIN A.-M., KREMEN C., M'GONIGLE L. K., RADER R., RICKETTS T. H., WILLIAMS N. M., ADAMSON N. L., ASCHER J. S., BÁLDI A., BATÁRY P., BENJAMIN F., BIESMEIJER J. C., BLITZER E. J., BOMMARCO R., BRAND M. R., BRETAGNOLLE V., BUTTON L., CARIVEAU D. P., CHIFFLET R., COLVILLE J. F., DANFORTH B. N., ELLE E., GARRATT M. P. D., HERZOG F., HOLZSCHUH A., HOWLETT B. G., JAUKER F., JHA S., KNOP E., KREWENKA K. M., FÉON V. L., MANDELIK Y., MAY E. A., PARK M. G., PISANTY G., REEMER M., RIEDINGER V., ROLLIN O., RUNDLÖF M., SARDIÑAS H. S., SCHEPER J., SCILIGO A. R., SMITH H. G., STEFFAN-DEWENTER I., THORP R., TSCHARNTKE T., VERHULST J., VIANA B. F., VAISSIÈRE B. E., VELDTMAN R., WARD K. L., WESTPHAL C. & POTTS S. G. 2015: Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. *Nature Communications* **6**: 7414.
- KLEIN A.-M., VAISSIÈRE B. E., CANE J. H., STEFFAN-DEWENTER I., CUNNINGHAM S. A., 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.
- KLUSER S. & PEDUZZI P. 2007: *Global Pollinator Decline: A Literature Review*. Geneva: UNEP/GRID, 13 pp.
- KLYMKO J., SCHLESINGER M. D., SKEVINGTON J. H. & YOUNG B. E. 2023: Low extinction risk in the flower fly fauna of northeastern North America. *Journal of Insect Conservation* **27**: 657-668.

- KOBEŠČAK K., BUBALO D., SVEČNJAK Z., UHER D., SVEČNJAK L. & PRĐUN S. 2015: Posjećenost pčela (*Apis mellifera carnica* P. 1879) na paši facelije (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), pp. 389-393. In: POSPIŠIL M. (ed.): *Zbornik radova 50. hrvatskog i 10. međunarodnog simpozija agronoma*. Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Agriculture; 632 pp.
- KOLÁŘOVÁ M., TYŠER L. & SOUKUP J. 2015: Weed Species Diversity in the Czech Republic Under Different Farming and Site Conditions. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **63**: 741-749.
- KOLKMAN A., DOPAGNE C. & PIQUERAY J. 2022: Sown wildflower strips offer promising long term results for butterfly conservation. *Journal of Insect Conservation* **26**: 387-400.
- KONNO K. 2023: Extremely high relative growth rate makes the cabbage white, *Pieris rapae*, a global pest with highly abundant and migratory nature. *Scientific Reports* **13**: 9697.
- KONRAD R., WÄCKERS F. L., ROMEIS J. & BABENDREIER D. 2009: Honeydew feeding in the solitary bee *Osmia bicornis* as affected by aphid species and nectar availability. *Journal of Insect Physiology* **55**: 1158-1166.
- KOSIOR A. 2002: Trzmielowate *Bombini*, Apidae, motyle dzienne Rhopalocera i krasniki Zygaenidae Bieszczadzkiego Parku Narodowego. *Roczniki Bieszczadzkie* **10**: 401-410.
- KOSIOR A., CELARY W., OLEJNICZAK P., FIJAŁ J., KRÓL W., SOLARZ W. & PŁONKA P. 2007: The decline of the bumble bees and cuckoo bees (Hymenoptera: Apidae: *Bombini*) of Western and Central Europe. *Oryx* **41**: 79-88.
- KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI A., ESPÍNDOLA A., VANBERGEN A. J., SETTELE J., KREMEN C. & DICKS L. V. 2017: Ecological intensification to mitigate impacts of conventional intensive land use on pollinators and pollination. *Ecology Letters* **20**: 673-689.
- KRENN H. W. 2010: Feeding Mechanisms of Adult Lepidoptera: Structure, Function, and Evolution of the Mouthparts. *Annual Review of Entomology* **55**: 307-327.
- KRENN H. W., ZULKA K. P. & GATSCHNEGG T. 2001: Proboscis morphology and food preferences in nymphalid butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae). *Journal of Zoology* **254**: 17-26.
- KRISTJANSSON K. & RASMUSSEN K. 1991: Pollination of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) with the solitary bee *Osmia cornifrons* (Radoszkowski). *Acta Horticulturae* **288**: 173-179.
- KROMBEIN K. V., HURD P. D., SMITH D. R. & BURKS B. D. (eds.) 1979: *Catalog of Hymenoptera in America North of Mexico*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 2209 pp.
- KUMAR P., SINGH G. & SINGH H. 2020: Impact of Insect Pollinators on Quantitative and Qualitative Improvement in Agricultural Crops: A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* **9**: 2359-2367.
- KUUSSAARI M., HYVÖNEN T. & HÄRMÄ O. 2011: Pollinator insects benefit from rotational fallows. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **143**: 28-36.

KYDALA B. 2018: *Vliv plochy pole na distribuci opylovačů a úspěšnost reprodukce jetele lučního (Trifolium pratense)*. Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, bakalářská práce, 33 pp. (nepublikovaný manuskript).

KYDALA B. 2020: *Ovlivňuje velikost pole a struktura jeho okolí distribuci opylovačů a výnos osiva jetele lučního (Trifolium pratense)?* Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, diplomová práce, 48 pp. (nepublikovaný manuskript).

LARSON B. M. H., KEVAN P. G. & INOUE D. W. 2001: Flies and flowers: taxonomic diversity of anthophiles and pollinators. *The Canadian Entomologist* **133**: 439-465.

LAŠTŮVKA Z. & LIŠKA J. 2011: *Komentovaný seznam motýlů České republiky: Annotated checklist of moths and butterflies of the Czech Republic: (Insecta: Lepidoptera)*. Brno: Biocont Laboratory, 148 pp.

LAUBERTIE E. A. 2007: *The role of resource subsidies in enhancing biological control of aphids by hoverflies (Diptera: Syrphidae)*. Department of Pest Management and Conservation, Lincoln University, dizertační práce, 113 pp. (nepublikovaný manuskript).

LAUBERTIE E. A., WRATTEN S. D. & HEMPTINNE J.-L. 2012: The contribution of potential beneficial insectary plant species to adult hoverfly (Diptera: Syrphidae) fitness. *Biological Control* **61**: 1-6.

LEONHARDT S. D., GALLAI N., GARIBALDI L. A., KUHLMANN M. & KLEIN A.-M. 2013: Economic gain, stability of pollination and bee diversity decrease from southern to northern Europe. *Basic and Applied Ecology* **14**: 461-471.

LERMI A. G. & PALTA S. 2017: Effects of different sowing dates on flowering phenology of phacelia (*Phacelia tanacetifolia* Bentham). *Fresenius Environmental Bulletin* **26**: 6199-6204.

LI H., YAN Y., LI J. & YUE B.-S. 2023: Eighteen mitochondrial genomes of Syrphidae (Insecta: Diptera: Brachycera) with a phylogenetic analysis of Muscomorpha. *PLOS ONE* **18**: e0278032.

LJEPOJA I. 2016: *Utjecaj roka sjetve na morfološka svojstva i kompeticijsku sposobnost usjeva facelije (Phacelia tanacetifolia Benth.)*. Faculty of Agriculture, University of Zagreb, diplomová práce, 30 pp. (nepublikovaný manuskript).

LÖVEI D., BRAMLEY G., HODGSON, D. J. & WRATTEN S. D. 1992: Floral resources for natural enemies: the effect of *Phacelia tanacetifolia* (Hydrophyllaceae) on within-field distribution of hoverflies (Diptera: Syrphidae). *Proceedings of the New Zealand Plant Protection Conference* **45**: 60-61.

LUNA J. M., COLLEY M. R. & STABEN M. 2000: Enhancing biological control with beneficial insectary plants, pp. 126-132. In: SHENK M. & KOGAN M. (eds.): IPM in Oregon: Achievements and future directions, Special Report 1020. Corvallis: Oregon State University, 220 pp.

- LYURI D. 2008: Agriculture, pp. 76-84. In: JØRGENSEN S. E. & FATH B. D. (eds.): *Encyclopedia of Ecology*. Amsterdam: Elsevier Science, 3120 pp.
- MACEK J., DVOŘÁK, J., TRAXLER L. & ČERVENKA V. 2007: *Motýli a housenky střední Evropy, Noční motýli I*. Praha: Academia, 371 pp.
- MACEK J., LAŠTŮVKA Z., BENEŠ J. & TRAXLER L. 2015: *Motýli a housenky střední Evropy IV., Denní motýli*. Praha: Academia, 539 pp.
- MACGREGOR C. J., POCOCK M. J. O., FOX R. & EVANS D. M. 2015: Pollination by nocturnal Lepidoptera, and the effects of light pollution: a review. *Ecological Entomology* **40**: 187-198.
- MAKKAR G. S., DEY D. & CHHUNEJA P. K. 2016: Mining bee *Andrena (Agandrena) agilissima* (Hymenoptera: Andrenidae). *Journal of Applied and Natural Science* **8**: 1775-1778.
- MALLINGER R. E., BRADSHAW J., VARENHORST A. J. & PRASIFKA J. R. 2019: Native Solitary Bees Provide Economically Significant Pollination Services to Confection Sunflowers (*Helianthus annuus* L.) (*Asterales: Asteraceae*) Grown Across the Northern Great Plains. *Journal of Economic Entomology* **112**: 40-48.
- MENGUAL X., MAYER CH., BURT T. O., MORAN K. M., DIETZ L., NOTTEBROCK G., PAULI T., YOUNG A. D., BRASSEUR M. V., KUKOWKA S., KELSO S., ETZBAUER C., BOT S., HAUSER M., JORDAENS K., MIRANDA G. F. G., STÅHLS G., VAN STEENIS W., PETERS R. S. & SKEVINGTON J. H. 2023: Systematics and evolution of predatory flower flies (Diptera: Syrphidae) based on exon-capture sequencing. Online. *Systematic Entomology* **48**: 250-277.
- MENGUAL X., STÅHLS G. & ROJO S. 2015: Phylogenetic relationships and taxonomic ranking of pipizine flower flies (Diptera: Syrphidae) with implications for the evolution of aphidophagy. *Cladistics* **31**: 491-508.
- MIDDLETON E. G., MACRAE I. V. & PHILIPS CH. R. 2021: Floral Plantings in Large-Scale Commercial Agroecosystems Support Both Pollinators and Arthropod Predators. *Insects* **12**: 91.
- MICHALIK S., WITKOWSKI Z. J., DĄBROWSKI J. S., FIJAŁ J., KOSIOR A. & PLONKA P. 2004: The effect of plantsuccession on the lepidopteran fauna (Rhopalocera and Zygaenidae) of the Skały Przegorzalskie reserve and itsenvirons during the last four decades. *Nature Conservation* **60**: 31-47.
- MICHENER C. D. 2007: *The bees of the world*. Baltimore: John Hopkins University Press, 992 pp.
- MILLER J. A. C., HENNING L., HEAZLEWOOD V. L., LARKIN P. J., CHITTY J., ALLEN R., BROWN P. H., GERLACH W. L. & FIST A. J. 2005: Pollination biology of oilseed poppy, *Papaver somniferum* L. *Australian Journal of Agricultural Research* **56**: 483-490.
- MITCHELL R. F., SCHNEIDER T. M., SCHWARTZ A. M., ANDERSSON M. N. & MCKENNA D. D. 2020: The diversity and evolution of odorant receptors in beetles (Coleoptera). *Insect Molecular Biology* **29**: 77-91.



- MOE A. M., ROSSI D. R. & WEIBLEN G. D. 2011: Pollinator sharing in dioecious figs (*Ficus: Moraceae*). *Biological Journal of the Linnean Society* **103**: 546-558.
- MONTERO-CASTAÑO A., ORTIZ-SÁNCHEZ F. J. & VILÀ M. 2016: Mass flowering crops in a patchy agricultural landscape can reduce bee abundance in adjacent shrublands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **223**: 22-30.
- MORAN K. M., SKEVINGTON J. H., KELSO S., MENGUAL X., JORDAENS K., YOUNG A. D., STÅHLS G., MUTIN V., BOT S., VAN ZUIJEN M., ICHIGE K., VAN STEENIS J., HAUSER M. & VAN STEENIS W. 2022: A multigene phylogeny of the eristaline flower flies (Diptera: Syrphidae), with emphasis on the subtribe Criorhinina: Syrphidae), with emphasis on the subtribe Criorhinina. *Zoological Journal of the Linnean Society* **194**: 120-135.
- MORANDIN L. A., LAVERTY T. M. & KEVAN P. G. 2001: Bumble Bee (Hymenoptera: Apidae) Activity and Pollination Levels in Commercial Tomato Greenhouses. *Journal of Economic Entomology* **94**: 462-467.
- MÜLLER A. 2016a: *Hoplitis (Hoplitis) galichicae* spec. nov., a new osmiine bee species from Macedonia with key to the European representatives of the *Hoplitis adunca* species group (Megachilidae, Osmiini). *Zootaxa* **4111**: 167-176.
- MÜLLER H. T. 2016b: *Interaction Between Bombus terrestris and Honeybees in Red Clover Fields Reduces Abundance of Other Bumblebees and Red Clover Yield*. Department of Ecology and Natural Resource Management, Faculty of Environmental Science and Technology, Norwegian University of Life Sciences, diplomová práce, 54 pp.
- MURAT A. A. & NEŞE Ç. 2008: Observations on the pollination of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Mellifera* **8**: 2-7.
- MURAT ASLA M. & YAVUKSUZ C. 2010: Effect of Honey Bee (*Apis mellifera* L.) and Bumblebee (*Bombus terrestris* L.) Pollinators on Yield and Yield Factors in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Production Areas. *Journal of Animal and Veterinary Advances* **9**: 332-335.
- MYŚLIWY M. & BOSIACKA B. 2009: Disappearance of Molinio-Arrhenatheretea meadows diagnostic species in the upper Płonia river valley (NW Poland). *Polish Journal of Environmental Studies* **18**: 513-519.
- MZE 2019: *Metodika k provádění nařízení vlády č. 75/2015 Sb., o podmínkách provádění agroenvironmentálně-klimatických opatření a o změně nařízení vlády č. 79/2007 Sb., o podmínkách provádění agroenvironmentálních opatření, ve znění pozdějších předpisů pro rok*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 120 pp.
- MZE 2023a: *Metodická příručka k podmínkám poskytování přímých plateb v České republice v roce 2023*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 65 pp.
- MZE 2023b: *Metodika k provádění nařízení vlády č. 83/2023 Sb., o stanovení podmínek poskytování přímých plateb zemědělcům*. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR, 112 pp.
- MZE 2023c: *Strategický plán Společné zemědělské politiky 2023-2027: Environmentální opatření od roku 2023*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 16 pp.

MZE 2023d: *Strategický plán společné zemědělské politiky 2023–2027: Přímé platby od roku 2023: Režimy pro klima a životní prostředí*. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR, 5 pp.

MZE. 2023e: *Podmínky standardů dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy v novém období SZP*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 10 pp.

NACKO S., HALL M., SPOONER-HART R., COOK J., BERNAUER O. & RIEGLER M. 2022: Cucurbit crops in temperate Australia are visited more by native solitary bees than by stingless bees. *Journal of Apicultural Research* **61**: 675-687.

NAGANO Y., MIYASHITA T., TAKI H. & YOKOI T. 2021: Diversity of co-flowering plants at field margins potentially sustains an abundance of insects visiting buckwheat, *Fagopyrum esculentum*, in an agricultural landscape. *Ecological Research* **36**: 882-891.

NAGRALE S. M. 2021: Insect World - Diversity of Wasp. *InfoSCIENCE* **3**: 9-10.

Nařízení vlády č. 73/2023 Sb. Nařízení vlády o stanovení pravidel podmíněnosti plateb zemědělcům

Nařízení vlády č. 80/2023 Sb., o stanovení podmínek provádění agroenvironmentálně-klimatických opatření.

Nařízení vlády č. 83/2023 Sb., o stanovení podmínek poskytování přímých plateb zemědělcům.

NAUMKIN V. P. & VELKOVA N. I. 2013: Species diversity of insects-pollinators on crops of white mustard. *Vestník OrelGAU* **4**: 28-32.

NDERITU J., NYAMASYO G., KASINA M. & ORONJE M. L. 2008: Diversity of sunflower pollinators and their effect on seed yield in Makueni District, Eastern Kenya. *Spanish Journal of Agricultural Research* **6**: 271-278.

NEDĚLNÍK J. 2010: *Kapitoly z moderního pícninářství*. Olomouc: Petr Baštan, 192 pp.

NERAD D., ŠRÁMKOVÁ A., HOLÝ K. & JIRKA V. 2015: *Nektarodárné porosty pro praxi: Praktická příručka k zakládání nektarodárných biopásů a dalších opatření v produkčním zemědělství*. Praha: BASF, 28 pp.

NICHOLLS C. I. & ALTIERI M. A. 2013: Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **33**: 257-274.

NICHOLS R. N., GOULSON D. & HOLLAND J. M. 2019: The best wildflowers for wild bees. *Journal of Insect Conservation* **23**: 819-830.

O'BRIEN C., ARATHI H. S. & HALL C. 2021: If You Build It, They Will Come—Agroecosystem-Based Management Practices Support Pollinators. *Annals of the Entomological Society of America* **114**: 322-328.

OLLERTON J. 2017: Pollinator Diversity: Distribution, Ecological Function, and Conservation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **48**: 353-376.

- OLLERTON J., WINFREE R. & TARRANT S. 2011: How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* **120**: 321-326.
- ORFORD K. A., VAUGHAN I. P. & MEMMOTT J. 2015: The forgotten flies: the importance of non-syrphid Diptera as pollinators. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **282**: 20142934.
- ORTEGA-MARCOS J., HEVIA V., GARCÍA-NIETO A. P. & GONZÁLEZ J. A. 2022: Installing Flower Strips to Promote Pollinators in Simplified Agricultural Landscapes: Comprehensive Viability Assessment in Sunflower Fields. *Land* **11**: 1720.
- OUVRARD P. & JACQUEMART A.-L. 2018: Agri-environment schemes targeting farmland bird populations also provide food for pollinating insects. *Agricultural and Forest Entomology* **20**: 558-574.
- OWAYSS A. A., SHEBL M. A., IQBAL J., AWAD A. M., RAWEH H. S. & ALQARNI A. S. 2020: *Phacelia tanacetifolia* can enhance conservation of honey bees and wild bees in the drastic hot-arid subtropical Central Arabia. *Journal of Apicultural Research* **59**: 569-582.
- PACKER L., ZAYED A., GRIXTI J. C., RUZ L., OWEN R. E., VIVALLO F. & TORO H. 2005: Conservation Genetics of Potentially Endangered Mutualisms: Reduced Levels of Genetic Variation in Specialist versus Generalist Bees. *Conservation Biology* **19**: 195-202.
- PAGE M. L. & WILLIAMS N. M. 2023: Evidence of exploitative competition between honey bees and native bees in two California landscapes. *Journal of Animal Ecology* **92**: 1802-1814.
- PAINI D. R. & ROBERTS J. D. 2005: Commercial honey bees (*Apis mellifera*) reduce the fecundity of an Australian native bee (*Hylaeus alcyoneus*). *Biological Conservation* **123**: 103-112.
- PAINI D. R. 2004: Impact of the introduced honey bee (*Apis mellifera*) (Hymenoptera: Apidae) on native bees: A review. *Austral Ecology* **29**: 399-407.
- PALMER-JONES T., FORSTER I. W. & CLINCH P. G. 1966: Observations on the pollination of Montgomery red clover (*Trifolium pratense* L.). *New Zealand Journal of Agricultural Research* **9**: 738-747.
- PARKER F. D. 1988: Nesting biology of two North American species of *Chelostoma* (Hymenoptera: Megachilidae). *Pan-Pacific Entomologist* **64**: 1-7.
- PATTEN K. D., SHANKS C. H. & MAYER D. F. 1993: Evaluation of herbaceous plants for attractiveness to bumble bees for use near cranberry farms. *Journal of Apicultural Research* **32**: 73-79.
- PAWELEK J. C., FRANKIE G. W., THORP R. W. & PRZYBYLSKI M. 2009: Modification of a Community Garden to Attract Native Bee Pollinators in Urban San Luis Obispo, California. *Cities and the Environment* **2**: 1-20.
- PAWLIKOWSKI T., OLSZEWSKI P., ŻYŁA W. & PRZYBYLIŃSKA M. 2016: The rare oligolectic bumblebee *Bombus gerstaeckeri* Morawitz, 1882 from Poland. *Spixiana* **39**: 130.

- PENNEY H. D., HASSALL CH., SKEVINGTON J. H., ABBOTT K. R. & SHERRATT T. N. 2012: A comparative analysis of the evolution of imperfect mimicry. *Nature* **483**: 461-464.
- PÉREZ-BAÑÓN C., MARCOS-GARCÍA M.-A. & PETANIDOU T. 2000: *Eupeodes luniger* (Diptera, Syrphidae) a new record to Greece and a key for the genus *Eupeodes* in this country. *ENTOMOLOGIA HELLENICA* **13**: 31-34.
- PETANIDOU T. 2003: Introducing plants for bee-keeping at any cost? – Assessment of *Phacelia tanacetifolia* as nectar source plant under xeric Mediterranean conditions. *Plant Systematics and Evolution* **238**: 155-168.
- PETERS R. S., KROGMANN L., MAYER CH., DONATH A., GUNKEL S., MEUSEMANN K., KOZLOV A., PODSIADLOWSKI L., PETERSEN M., LANFEAR R., DIEZ P. A., HERATY J., KJER K. M., KLOPFSTEIN S., MEIER R., POLIDORI C., SCHMITT T., LIU S., ZHOU X., WAPPLER T., RUST J., MISOF B. & NIEHUIS O. 2017: Evolutionary History of the Hymenoptera. *Current Biology* **27**: 1013-1018.
- PETERSEN B. 2011: *Blütenvielfalt auf dem Acker: Blütenreiche Augenweide und Ertrag kombinieren*. KÖN, Bioland, Bio Austria, IBLA Luxemburg, FiBL; 12 pp.
- PFIFFNER L., OSTERMAIER M., STOECKLI S. & MÜLLER A. 2018: Wild bees respond complementarily to ‘high-quality’ perennial and annual habitats of organic farms in a complex landscape. *Journal of Insect Conservation* **22**: 551-562.
- PHILIPS C. R., KUCHAR, T. P. & HERBERT D. A. 2014: Effect of Buckwheat Farmscapes on Abundance and Parasitism of *Pieris rapae* (L.) in Virginia Collards. *Journal of Entomological Science* **49**: 273-284.
- PLEPYS D., IBARRA F., FRANCKE W. & LÖFSTEDT CH. 2002: Odour-mediated nectar foraging in the silver Y moth, *Autographa gamma* (Lepidoptera: Noctuidae). *Oikos* **99**: 75-82.
- POTTER C., DE VERE N., JONES L. E., FORD C. R., HEGARTY M. J., HODDER K. H., DIAZ A. & FRANKLIN E. L. 2019: Pollen metabarcoding reveals broad and species-specific resource use by urban bees. *PeerJ* **7**: e5999.
- POTTS S. G., BIESMEIJER J. C., KREMEN C., NEUMANN P., SCHWEIGER O. & KUNIN W. E. 2010: Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution* **25**: 345-353.
- POTTS S. G., BIESMEIJER K., BOMMARCO R., BREEZE T., CARVALHEIRO L., FRANZÉN M., GONZÁLEZ-VARO J. P., HOLZSCHUH A., KLEIJN D., KLEIN A.-M., KUNIN, B., LECOQ T., LUNDIN O., MICHEZ D., NEUMANN P., NIETO A., PENEV L., RASMONT P., RATAMÄKI O., RIEDINGER V., ROBERTS S. P. M., RUNDLÖF M., SCHEPER J., SØRENSEN P., STEFFAN-DEWENTER I., STOEV P., VILÀ M. & SCHWEIGER O. 2015: *Status and trends of European pollinators. Key findings of the STEP project*. Sofia: Pensoft Publishers, 72 pp.
- POWELL J. A. 2009: Lepidoptera: Moths, Butterflies, pp. 559-587. In: RESH V. H. & CARDÉ R. T. (eds.): *Encyclopedia of Insects*. USA: Academic Press, 1168 pp.

- PROKHOROV A. V., POPOV G. V. & ZAIKA M. I. 2018: New Records of Hoverflies (Diptera, Syrphidae) from Ukraine. III. Pipizinae and Syrphinae. *Vestnik Zoologii* **52**: 241-250.
- PUDASAINI R., THAPA R. B., CHAUDHARY, N. K. & TIWARI S. 2015: Insect pollinators' diversity of rapeseed (*Brassica campestris* var. *toria*) in Chitwan, Nepal. *Journal of the Institute of Agriculture and Animal Science* **33**: 73-78.
- RADER R., BARTOMEUS I., GARIBALDI L. A., GARRATT M. P. D., HOWLETT B. G., WINFREE R., CUNNINGHAM S. A., MAYFIELD M. M., ARTHUR A. D., ANDERSSON G. K. S., BOMMARCO R., BRITTAIN C., CARVALHEIRO L. G., CHACOFF N. P., ENTLING M. H., FOULLY B., FREITAS B. M., GEMMILL-HERREN B., GHAZOUL J., GRIFFIN S. R., GROSS C. L., HERBERTSSON L., HERZOG F., HIPÓLITO J., JAGGAR S., JAUKER F., KLEIN A.-M., KLEIJN D., KRISHNAN S., LEMOS C. Q., LINDSTRÖM S. A. M., MANDELIK Y., MONTEIRO V. E., NELSON W., NILSSON L., PATTEMORE D. E., DE O. PEREIRA N., PISANTY G., POTTS S. G., REEMER M., RUNDLÖF M., SHEFFIELD C. S., SCHEPER J., SCHÜEPP C., SMITH H. G., STANLEY D. A., STOUT J. C., SZENTGYÖRGYI H., TAKI H., VERGARA C. H., VIANA B. F. & WOYCIECHOWSKI M. 2016: Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **113**: 146-151.
- RADER R., CUNNINGHAM S. A., HOWLETT B. G. & INOUE D. W. 2020: Non-Bee Insects as Visitors and Pollinators of Crops: Biology, Ecology, and Management. *Annual Review of Entomology* **65**: 391-407.
- RADER R., EDWARDS W., WESTCOTT D. A., CUNNINGHAM S. A. & HOWLETT B. G. 2011: Pollen transport differs among bees and flies in a human-modified landscape. *Diversity and Distributions* **17**: 519-529.
- RAMANKUTTY N., MEHRABI Z., WAHA K., JARVIS L., KREMEN C., HERRERO M. & RIESEBERG L. H. 2018: Trends in Global Agricultural Land Use: Implications for Environmental Health and Food Security. *Annual Review of Plant Biology* **69**: 789-815.
- RASRAN L., DIENER A., PACHINGER B. & BERNHARDT K.-G. 2017: Vergleich von Blühstreifen innerhalb von Weingärten und Grünlandflächen in Weinbaugebieten am Stadtrand von Wien hinsichtlich Blütenangebot und Bestäubervielfalt. *Acta ZooBot Austria* **154**: 133-143.
- REEMER M. & ROTHERAY G. E. 2009: Pollen feeding larvae in the presumed predatory syrphine genus *Toxomerus Macquart* (Diptera, Syrphidae). *Journal of Natural History* **43**: 939-949.
- RENZI J. P., COITO C., REINOSO O., QUINTANA M., GARCÍA F. & CANTAMUTTO M. A. 2022: *Megachile rotundata* (Fab.) as a potential agro-environmental conservation strategy for alfalfa seed production in Argentina. *Journal of Applied Entomology* **146**: 44-55.
- RICHARDS K. W. 2015: The alfalfa leafcutter bee, *Megachile rotundata*: a potential pollinator for some annual forage clovers. *Journal of Apicultural Research* **34**: 115-121.
- RICHARDS K. W. 2020: Effectiveness of the alfalfa leafcutter bee *Megachile rotundata* Fab. to pollinate four perennial legumes. *Journal of Apicultural Research* **59**: 69-76.

- ROHÁČEK J., ŠEVČÍK J. & VLK P. (eds.) 2013: *Příroda Slezska*. Opava: Slezské zemské museum, 480 pp.
- ROLLIN O., BENELLI G., BENVENUTI S., DECOURTYE A., WRATTEN S. D., CANALE A. & DESNEUX N. 2016: Weed-insect pollinator networks as bio-indicators of ecological sustainability in agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **36**: 8.
- ROTREKL J. & KOLAŘÍK P. 2014: Výskyt užitečného hmyzu v zemědělské krajině. *Úroda* **62**: 57-64.
- ROUBIK D. W. (ed.) 1995: *Pollination of Cultivated Plants in the Tropics*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 209 pp.
- ROUBIK D. W. 1989: *Ecology and natural history of tropical bees*. New York: Cambridge University Press, 526 pp.
- SAEIDI K., MIRFAKHRAEI S., MEHRKHOUE F. & VALIZADEGAN O. 2015: Biodiversity of insects associated with safflower (*Carthamus tinctorius*) crop in Gachsaran, Iran. *Journal of Entomological and Acarological Research* **47**: 26-30.
- SÁNCHEZ M., BELLIURE B., MONTSERRAT M., GIL J. & VELÁSQUEZ Y. 2022: Pollination by the hoverfly *Eristalinus aeneus* (Diptera: Syrphidae) in two hybrid seed crops. *The Journal of Agricultural Science* **160**: 194-206.
- SÁNCHEZ-BAYO F. & WYCKHUYS K. A. G. 2019: Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation* **232**: 8-27.
- SANTOS A. C. F. 2021: *Effect of eutrophication on plant-pollinator interactions of crop species*. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, diplomová práce, 50 pp. (nepublikovaný manuskript).
- SANTOS R. S., MILFONT M. O., SILVA M. M., CARNEIRO L. T. & CASTRO C. C. 2020: Butterflies provide pollination services to macadamia in northeastern Brazil. *Scientia Horticulturae* **259**: 108818.
- SEDIVY C., PRAZ CH. J., MÜLLER A., WIDMER A. & DORN S. 2008: Patterns of host-plant choice in bees of the genus *Chelostoma*: the constraint hypothesis of host-range evolution in bees. *Evolution* **62**: 2487-2507.
- ŞENGONCA Ç. & FRINGS B. 1988: Einfluß von *Phacelia tanacetifolia* auf Schädlings- und Nützlingspopulationen in Zuckerrübenfeldern. *Pedobiologia* **32**: 311-316.
- SGOLASTRA F., HINAREJOS S., PITTS-SINGER T. L., BOYLE N. K., JOSEPH T., LÜCKMANN J., RAINE N. E., SINGH R., WILLIAMS N. M. & BOSCH J. 2019: Pesticide Exposure Assessment Paradigm for Solitary Bees. *Environmental Entomology* **48**: 22-35.
- SHAKEEL M., ALI H., AHMAD S., SAID F., KHAN K. A., BASHIR M. A., ANJUM S. I., ISLAM W., GHARAMH H. A., ANSARI M. J. & ALI H. 2019: Insect pollinators diversity and abundance in *Eruca sativa* Mill. (Arugula) and *Brassica rapa* L. (Field mustard) crops. *Saudi Journal of Biological Sciences* **26**: 1704-1709.

- SHARKEY M. J. 2007: Phylogeny and Classification of Hymenoptera. *Zootaxa* **1668**: 521-548.
- SCHULD T A., EBELING A., KUNZ M., STAAB M., GUIMARÃES-STEINICKE C., BACHMANN D., BUCHMANN N., DURKA W., FICHTNER A., FORNOFF F., HÄRD TLE W., HERTZOG L. R., KLEIN A.-M., ROSCHER CH., SCHALLER J., VON OHEIMB G., WEIGELT A., WEISSER W., WIRTH CH., ZHANG J., BRUELHEIDE H. & EISENHAUER N. 2019: Multiple plant diversity components drive consumer communities across ecosystems. *Nature Communications* **10**: 1460.
- SIKORA A., MICHOLAP P. & KELM M. 2016: Flowering plants preferred by bumblebees (*Bombus* Latr.) in the botanical garden of medicinal plants in Wrocław. *Journal of Apicultural Science* **60**: 59-68.
- SIKORA A., MICHOLAP P. & SIKORA M. 2020: What kind of flowering plants are attractive for bumblebees in urban green areas? *Urban Forestry and Urban Greening* **48**: 126546.
- SILVEIRA M. V., ABOT A. R., NASCIMENTO J. N., RODRIGUES E. T., RODRIGUES S. R. & PUKER A. 2012: Is manual pollination of yellow passion fruit completely dispensable? *Scientia Horticulturae* **146**: 99-103.
- SKEVINGTON J. H. & DANG P. T. 2002: Exploring the diversity of flies (Diptera). *Biodiversity* **3**: 3-27.
- SMEJKALOVÁ H. 2020: Herbicidní ochrana komonice bílé. *Agromanuál* **16**: 15-17.
- SMÉKALOVÁ K., KAFFKOVÁ K. & VOTAVOVÁ A. 2018: *Podpora čmeláků pro malopěstitele a zahrádkáře*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 51 pp.
- SOMMAGGIO D. 1999: Syrphidae: can they be used as environmental bioindicators? *Agriculture, Ecosystems and Environment* **74**: 343-356.
- SOMMAGGIO D., ZANOTELLI L., VETTORAZZO E., BURGIO G. & FONTANA P. 2022: Different Distribution Patterns of Hoverflies (Diptera: Syrphidae) and Bees (Hymenoptera: Anthophila) Along Altitudinal Gradients in Dolomiti Bellunesi National Park (Italy). *Insects* **13**: 293.
- SPELLMAN K. V., SCHNELLER L. C., MULDER CH. P. H. & CARLSON M. L. 2015: Effects of non-native *Melilotus albus* on pollination and reproduction in two boreal shrubs. *Oecologia* **179**: 495-507.
- SPRAGUE R., BOYER S., STEVENSON G. M. & WRATTEN S. D. 2016: Assessing pollinators' use of floral resource subsidies in agri-environment schemes: An illustration using *Phacelia tanacetifolia* and honeybees. *PeerJ* **4**: e2677.
- SSYMANK A., KEARNS C. A., PAPE T. & THOMPSON F. CH. 2008: Pollinating Flies (Diptera): A major contribution to plant diversity and agricultural production. *Biodiversity* **9**: 86-89.
- STANLEY D. A. & STOUT J. C. 2014: Pollinator sharing between mass-flowering oilseed rape and co-flowering wild plants: implications for wild plant pollination. *Plant Ecology* **215**: 315-325.

- STANLEY D. A., GUNNING D. & STOUT J. C. 2013: Pollinators and pollination of oilseed rape crops (*Brassica napus* L.) in Ireland: ecological and economic incentives for pollinator conservation. *Journal of Insect Conservation* **17**: 1181-1189.
- STEFFAN-DEWENTER I. & TSCHARNTKE T. 1997: Early succession of butterfly and plant communities on set-aside fields. *Oecologia* **109**: 294-302.
- STEINHAEUER N., KULHANEK K., ANTÚNEZ K., HUMAN H., CHANTAWANNAKUL P., CHAUZAT M.-P. & VANENGELSDORP D. 2018: Drivers of colony losses. *Current Opinion in Insect Science* **26**: 142-148.
- STEJSKALOVÁ M. & KAZDA J. 2018: Ovlivňují pěstované hybridy či pesticidní ošetření návštěvnost slunečnice opylovači? *Agromanuál* **14**: 127-129.
- STONER K. A. 2020: Pollination Is Sufficient, Even with Low Bee Diversity, in Pumpkin and Winter Squash Fields. *Agronomy* **10**: 1141.
- STOUT J. C., ALLEN J. A. & GOULSON D. 1998: The influence of relative plant density and floral morphological complexity on the behaviour of bumblebees. *Oecologia* **117**: 543-550.
- STRICKLER K. 1979: Specialization and Foraging Efficiency of Solitary Bees. *Ecology* **60**: 998-1009.
- SUBEDI B., STEWART A. B., NEUPANE B., GHIMIRE S. & ADHIKARI H. 2021: Butterfly species diversity and their floral preferences in the Rupa Wetland of Nepal. *Ecology and Evolution* **11**: 2086-2099.
- SÜHS R. B., SOMAVILLA A., KÖHLER A. & PUTZKE J. 2009: Pollen vector wasps (Hymenoptera, Vespidae) of *Schinus terebinthifolius* Raddi (*Anacardiaceae*), Santa Cruz do Sul, RS, Brazil. *Revista Brasileira de Biociências* **7**: 138-143.
- SYDENHAM M. A. K., VENTER Z. S., ELDEGARD K., TORVANGER M. S., NOWELL M. S., HANSEN S., ØVERLAND J. I., DUPONT Y. L., RASMUSSEN C., SKRINDO A. B. & RUSCH G. M. 2023: The contributions of flower strips to wild bee conservation in agricultural landscapes can be predicted using pollinator habitat suitability models. *Ecological Solutions and Evidence* **4**: e12283.
- ŠLACHTA M., ERBAN T., VOTAVOVÁ A., CUDLÍN O., CUDLÍN P. & HALEŠOVÁ T. 2021a: *Metodika podpory populací samotářských včel v agroekosystémech: certifikovaná metodika*. Troubsko: Zemědělský výzkum, spol. s r. o. Troubsko, 34 pp.
- ŠLACHTA M., KARAS Z. & HALADA M. 2021b: Faunistic records from the Czech Republic – 511 (Hymenoptera: Aculeata: Apoidea). *Klapalekiana* **57**: 171-172.
- ŠTĚPÁNEK P. & TALAŠOVÁ A. 2018: Přínos mimoprodukčních ploch. *Agromanuál* **14**: 68-69.
- ŠVAMBERK V. 2015: *Prostředí a včely: ekologie (nejen) pro včelaře*. Praha: Mája, 224 pp.



- TAHA E.-K. A. & BAYOUMI Y. A. 2009: The value of honey bees (*Apis mellifera*, L.) as pollinators of summer seed watermelon (*Citrullus lanatus colothyntoides* L.) in Egypt. *Acta Biologica Szegediensis* **53**: 33-37.
- TAHA E.-K. A., AL-ABDULSALAM M. & AL-KAHTANI S. 2016: Insect Pollinators and Foraging Behavior of Honey Bees on Alfalfa (*Medicago sativa* L.) in Saudi Arabia. *Journal of the Kansas Entomological Society* **89**: 92-99.
- TALAŠOVÁ A. 2019: *Flower strips as a tool promoting pollinators in agroecosystems*. Department of Plant Protection, Faculty of Agrobiolgy, Food and Natural Resources, Czech University of Life Sciences, dizertační práce, 107 pp. (nepublikovaný manuskript).
- TARMI S, HELENIUS J. & HYVÖNEN T. 2011: The potential of cutting regimes to control problem weeds and enhance species diversity in an arable field margin buffer strip. *Weed Research* **51**: 641-649.
- TAUTZ J. 2009: *Fenomenální včely: biologie včelstva jako superorganizmu*. Praha: Brázda, 270 pp.
- TAYAL M. & KARIYAT R. 2021: Examining the Role of Buzzing Time and Acoustics on Pollen Extraction of *Solanum elaeagnifolium*. *Plants* **10**: 2592.
- TEPEDINO V. J. 1981: The Pollination Efficiency of the Squash Bee (*Peponapis pruinosa*) and the Honey Bee (*Apis mellifera*) on Summer Squash (*Cucurbita pepo*). *Journal of the Kansas Entomological Society* **54**: 359-377.
- TEPEDINO V. J., BRADLEY B. A. & GRISWOLD T. L. 2008: Might Flowers of Invasive Plants Increase Native Bee Carrying Capacity? Intimations From Capitol Reef National Park, Utah. *Natural Areas Journal* **28**: 44-50.
- THOMSON D. 2004: Competitive interactions between the invasive european honey bee and native bumble bees. *Ecology* **85**: 458-470.
- THOMSON D. M. & IRWIN R. 2016: Local bumble bee decline linked to recovery of honey bees, drought effects on floral resources. *Ecology Letters* **19**: 1247-1255.
- THRASYVOULOU A. & TSIRAKOGLU B. 1998: Observations of *Phacelia tanacetifolia* as a Food Plant for Honey Bees and other insects. *ENTOMOLOGIA HELLENICA* **12**: 47-53.
- TOIVONEN M., KARIMAA A.-E., HERZON I. & KUUSSAARI M. 2022: Flies are important pollinators of mass-flowering caraway and respond to landscape and floral factors differently from honeybees. *Agriculture Ecosystems & Environment* **323**: 1-11.
- TSCHUMI M., ALBRECHT M., ENTLING M. H. & JACOT K. 2015: High effectiveness of tailored flower strips in reducing pests and crop plant damage. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **282**: 20151369.
- UDY K. L., REININGHAUS H., SCHERBER CH. & TSCHARNTKE T. 2020: Plant-pollinator interactions along an urbanization gradient from cities and villages to farmland landscapes. *Ecosphere* **11**: 03020.

- ULRICH W. 1999: The number of species of Hymenoptera in Europe and assessment of the total number of Hymenoptera in the world. *Polish Journal of Entomology* **68**: 151-164.
- VALLEJO-MARÍN M. 2019: Buzz pollination: studying bee vibrations on flowers. *New Phytologist* **224**: 1068-1074.
- VAN DER SLUIJS J. P. & VAAGE N. S. 2016: Pollinators and Global Food Security: the Need for Holistic Global Stewardship. *Food Ethics* **1**: 75-91.
- VAN RIJN P. C. J. & WÄCKERS F. L. 2016: Nectar accessibility determines fitness, flower choice and abundance of hoverflies that provide natural pest control. *Journal of Applied Ecology* **53**: 925-933.
- VAUDO A. D., TOOKER J. F., GROZINGER CH. M. & PATCH H. M. 2015: Bee nutrition and floral resource restoration. *Current Opinion in Insect Science* **10**: 133-141.
- VEJVODOVÁ A. 2016a: *Ochrana čejky chocholaté: informační materiál pro zemědělce*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 16 pp.
- VEJVODOVÁ A. 2016b: *Biopásy: informační materiál pro zemědělce*. 2. aktualizované vydání. Praha: Ministerstvo zemědělství, 16 pp.
- VELTHUIS H. H. W. & VAN DOORN A. 2006: A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie* **37**: 421-451.
- VESELÝ V., BACÍLEK J., ČERMÁK K., DROBNÍKOVÁ V., HARAGSIM O., KAMLER F., KRIEG P., KUBIŠOVÁ S., PEROUTKA M., PTÁČEK V. & ŠKROBAL D. 2013: *Včelařství*. Praha: Brázda, 288 pp.
- VICENS N. & BOSCH J. 2000: Weather-Dependent Pollinator Activity in an Apple Orchard, with Special Reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae). *Environmental Entomology*: **29**: 413-420.
- VISICK O. D. & RATNIEKS F. L. W. 2023: Density of wild honey bee, *Apis mellifera*, colonies worldwide. *Ecology and Evolution* **13**: e10609.
- VISSCHER P. K. & SEELEY T. D. 1982: Foraging Strategy of Honeybee Colonies in a Temperate Deciduous Forest. *Ecology* **63**: 1790-1801.
- VLADEK A., HYBL M. & PRIDAL A. 2018: Pollination and pollinators of haskap (*Lonicera caerulea*), pp. 211-216. In: CERKAL R., BŘEZINOVÁ BELCREDI N. & PROKEŠOVÁ L. (eds.). *MendelNet 2018*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 565 pp.
- VLAŠÁNKOVÁ A., PADYŠÁKOVÁ E., BARTOŠ M., MENGUAL X., JANEČKOVÁ P. & JANEČEK Š. 2017: The nectar spur is not only a simple specialization for long-proboscid pollinators. *New Phytologist* **215**: 1574-1581.
- WAGNER D. L., GRAMES E. M., FORISTER M. L., BERENBAUM M. R. & STOPAK D. 2021: Insect decline in the Anthropocene: Death by a thousand cuts. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **118**: e2023989118.

- WAHENGAM J., RAUT A. M., PAL S. & BANU A. N. 2019: Role of Bumble Bee in Pollination. *Annals of Biology* **35**: 290-295.
- WARREN S. D., HARPER K. T. & BOOTH G. M. 1988: Elevational Distribution of Insect Pollinators. *American Midland Naturalist* **120**: 325-330.
- WEBER I. D., LOPES W. R., DE PAULA L. CH. B., ALBERNAZ-GODINHO K. C. & CZEPAK C. 2021: Tachinids associated with lepidopteran pests in agricultural crops in south-central region of Goiás, Brazil. *BioControl* **66**: 625-637.
- WERMUTH K. H. & DUPONT Y. L. 2010: Effects of field characteristics on abundance of bumblebees (*Bombus* spp.) and seed yield in red clover fields. *Apidologie* **41**: 657-666.
- WESTPHAL C., STEFFAN-DEWENTER I. & TSCHARNTKE T. 2003: Mass flowering crops enhance pollinator densities at a landscape scale. *Ecology Letters* **6**: 961-965.
- WESTPHAL C., STEFFAN-DEWENTER I. & TSCHARNTKE T. 2006: Foraging trip duration of bumblebees in relation to landscape-wide resource availability. *Ecological Entomology* **31**: 389-394.
- WHITE A. J., WRATTEN S. D., BERRY N. A. & WEIGMANN U. 1995: Habitat manipulation to enhance biological control of brassica pests by hover flies (Diptera: Syrphidae). *Journal of Economic Entomology* **88**: 1171-1176.
- WILLIAMS C. S. 1997: Nectar secretion rates, standing crops and flower choice by bees on *Phacelia tanacetifolia*. *Journal of Apicultural Research* **36**: 23-32.
- WILLIAMS I. H. & CARRECK N. L. 2014: Land use changes and honey bee forage plants, pp. 7-20. In: MATHESON A. & CARRECK N. L. (eds.): *Forage for pollinators in an agricultural landscape*. Cardiff: International Bee Research Association, 82 pp.
- WILLIAMS I. H. & CHRISTIAN D. G. 1991: Observations on *Phacelia tanacetifolia* Bentham (*Hydrophyllaceae*) as a food plant for honey bees and bumble bees. *Journal of Apicultural Research* **30**: 3-12.
- WILLIAMS N. M. 2003: Use of novel pollen species by specialist and generalist solitary bees (Hymenoptera: Megachilidae). *Oecologia* **134**: 228-237.
- WILLIAMS P. H. 1998: An Annotated Checklist of Bumble Bees with an Analysis of Patterns of Description (Hymenoptera: Apidae, *Bombini*). *Bulletin of the Natural History Museum Entomology* **67**: 79-152.
- WILLIAMS P., TANG Y., YAO J. & CAMERON S. 2009: The bumblebees of Sichuan (Hymenoptera: Apidae, *Bombini*). *Systematics and Biodiversity* **7**: 101-189.
- WILSON A. M., VICKERY J. A. & BROWNE S. J. 2001: Numbers and distribution of Northern Lapwings *Vanellus vanellus* breeding in England and Wales in 1998. *Bird Study* **48**: 2-17.

- WILSON H., WONG J. S., THORP R. W., MILES A. F, DAANE K. M. & ALTIERI M. A. 2018: Summer Flowering Cover Crops Support Wild Bees in Vineyards. *Environmental Entomology* **47**: 63-69.
- WINKLER K., WÄCKERS F. L., TERMORSHUIZEN A. J. & VAN LENTEREN J. C. 2010: Assessing risks and benefits of floral supplements in conservation biological control. *BioControl* **55**: 719-727.
- WNUK A. & WOJCIECHOWICZ-ŻYTKO E. 2007: Effect of intercropping of broad bean (*Vicia faba* L.) with tansy phacelia (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) on the occurrence of *Aphis fabae* Scop. and predatory Syrphidae. *Aphids and other Hemipterous Insects* **13**: 211-217.
- WNUK A., WOJCIECHOWICZ-ŻYTKO E. & WALIGÓRA U. 2009: Atrakcyjność kwiatów facelii błękitnej (*Phacelia tanacetifolia* BENTH.) w przywabianiu mszycożernych bzygowatych (Diptera, Syrphidae). *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* **539**: 743-751.
- WOJCIECHOWICZ-ŻYTKO E. & JANKOWSKA B. 2017: Herbs as a source of nutrition for flower-visiting hoverflies (Diptera, Syrphidae). *Folia Horticulturae* **29**: 135-141.
- WOJCIECHOWICZ-ŻYTKO E. & WNUK A. 2012: The Occurrence of Syrphidae in *Aphis Fabae* Scop. (Hemiptera) Colonies on Broad Bean Intercropped with Phacelia (Part II). *Journal of Plant Protection Research* **52**: 196-201.
- WOJCIECHOWICZ-ŻYTKO E. 2019: Attractiveness of some *Apiaceae* flowers for Syrphidae (Diptera) – pollinators and biological control agents. *Acta Horticulturae* **1264**: 275-282.
- WOOD T. J., HOLLAND J. M. & GOULSON D. 2017: Providing foraging resources for solitary bees on farmland: current schemes for pollinators benefit a limited suite of species. *Journal of Applied Ecology* **54**: 323-333.
- WOODARD S. H., FISCHMAN B. J., VENKAT A., HUDSON M. E., VARALA K., CAMERON S. A., CLARK A. G. & ROBINSON G. E. 2011: Genes involved in convergent evolution of eusociality in bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **108**: 7472-7477.
- WOODCOCK B. A., EDWARDS M., REDHEAD J., MEEK W. R., NUTTALL P., FALK S., NOWAKOWSKI M. & PYWELL R. F. 2013: Crop flower visitation by honeybees, bumblebees and solitary bees: Behavioural differences and diversity responses to landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **171**: 1-8.
- WOTTON K. R., GAO B., MENZ M. H. M., MORRIS R. K. A., BALL S. G., LIM K. S., REYNOLDS D. R., HU G. & CHAPMAN J. W. 2019: Mass Seasonal Migrations of Hoverflies Provide Extensive Pollination and Crop Protection Services. *Current Biology* **29**: 2167-2173.e5.
- WOYKE J., WILDE J. & WILDE M. 2003: Flight activity reaction to temperature changes in *Apis dorsata*, *Apis laboriosa* and *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Science* **47**: 73-80.
- WRATTEN S. D., BOWIE M. H., HICKMAN J. M., EVANS A. M., SEDCOLE J. R. & TYLIANAKIS J. M. 2003: Field boundaries as barriers to movement of hover flies (Diptera: Syrphidae) in cultivated land. *Oecologia* **134**: 605-611.

- WRÓBLEWSKA A. 2010: Flowering dynamics, nectar secretion and insect visitation of *Phacelia campanularia* A. Gray. *Acta Agrobotanica* **63**: 29-35.
- WUEPPENHORST K., ECKERT J. H., STEINERT M. & ERLER S. 2022: What about honey bee jelly? Pesticide residues in larval food jelly of the Western honey bee *Apis mellifera*. *Science of The Total Environment* **850**: 158095.
- YANKIT P., RANA K., KUMAR SHARMA H., THAKUR M. & THAKUR R. K. 2018: Effect of Bumble Bee Pollination on Quality and Yield of Tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.) Grown Under Protected Conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* **7**: 257-263.
- YEATES D. K., WIEGMANN B. M., COURTNEY G. W., MEIER R., LAMBKIN CH. PAPE T. 2007: Phylogeny and systematics of Diptera: Two decades of progress and prospects\*. *Zootaxa* **1668**: 565-590.
- ZÁMEČNÍK V. 2018: Agroenvironmentální opatření v České republice. *Fórum ochrany přírody* **5**: 13-18.
- ZHAO J. Z., AYERS G. S., GRAFIUS E. J. & STEHR F. W. 1992: Effects of Neighboring Nectar-Producing Plants on Populations of Pest Lepidoptera and Their Parasitoids in Broccoli Plantings. *The Great Lakes Entomologist* **25**: 253-258.
- ZOLOTAREV V. N., LORETTIS O., NAZAROVA O., KARPUKHIN M., KUKHAR V. & RUCHKIN A. 2021: Study of the efficiency of creeping clover pollination (*Trifolium repens* L.) by honey bees (*Apis mellifera* L.). *E3S Web of Conferences* **282**: 03024.
- 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.



Tab. 12 (část 1/5): Žahadloví blanokřídlí (vyjma čmeláků) zaznamenaní na květech svazenky vratičolisté – porovnání výsledků předkládané práce (zvýrazněný sloupec) s výsledky dalších studií.

Taxon/studie:	Carreck et Willimas (2002)	Čirliĝ et al. (2021)	Čirliĝ et al. (2023)	Giovanetti et al. (2022)	Harásek (2016)	Hudewenz et Klein (2015)	Kirk (2005)	Klaus et al. (2021)	Kobeščak et al. (2015)	Krombein et al. (1979)	Owayss et al. (2020)	Petaniĝou (2003)	Santos (2021)	Sydenham et al. (2023)	Thrasvoulou et Tsirakoglou (1998)	Udy et al. (2020)	Williams (2003)	Wilson et al. (2018)	Wood et al. (2017)
<b>Andrenidae</b>																			
<i>Andrena</i> sp.								•											
<i>Andrena agillissima</i>	•																		
<i>Andrena auricoma</i>										•									
<i>Andrena flavipes</i>	•												•		•				
<i>Andrena fulvicornis</i>	•																		
<i>Andrena limata</i>												•	•						
<i>Andrena minutula</i>	•																		
<i>Andrena nigroaerulea</i>										•									
<i>Andrena ovatula</i>	•																		
<i>Andrena pilipes</i>													•						
<i>Andrena thoracica</i>													•						
<i>Andrena vulcana</i>													•						
<i>Andrena wilkella</i>	•																		
<i>Andrena w-scripta</i>																			•
<i>Calliopsis barbata</i>										•									
<i>Calliopsis obscurella</i>										•									
<b>Apidae</b>																			
<i>Amegilla nubica</i>											•								
<i>Anthophora aestivalis</i>	•																		
<i>Anthophora atroalba</i>													•						
<i>Anthophora furcata</i>	•																		
<i>Anthophora plumipes</i>													•						
<i>Anthophora quadrimaculata</i>	•																		
<i>Apis florea</i>											•								
<i>Ceratina acantha</i>																			•
<i>Ceratina cucurbitina</i>															•				
<i>Ceratina cyanea</i>	•											•							
<i>Ceratina pacifica</i>										•									
<i>Ceratina parvula</i>											•								
<i>Ceratina tejonensis</i>																			•
<i>Eucera alternans</i>												•							
<i>Eucera berlandi</i>															•				
<i>Eucera codinai</i>													•						
<i>Eucera dalmatica</i>															•				
<i>Eucera longicornis</i>															•				
<i>Eucera nigrilabris</i>													•						
<i>Eucera nitidiventris</i>															•				







Tab. 12 (část 4/5): Žahadloví blanokřídlí (vyjma čmeláků) zaznamenaní na květech svazenky vratičolisté – porovnání výsledků předkládané práce (zvýrazněný sloupec) s výsledky dalších studií.

Taxon/studie:	Carreck et Willimas (2002)	Čirliĝ et al. (2021)	Čirliĝ et al. (2023)	Giovanetti et al. (2022)	Harásek (2016)	Hudewenz et Klein (2015)	Kirk (2005)	Klaus et al. (2021)	Kobeščak et al. (2015)	Krombein et al. (1979)	Owayss et al. (2020)	Petaniĝou (2003)	Santos (2021)	Sydenham et al. (2023)	Thrasvoulou et Tsirakoglou (1998)	Udy et al. (2020)	Williams (2003)	Wilson et al. (2018)	Wood et al. (2017)
<b>Halictidae</b>																			
<i>Lasioglossum parvulum</i>	•																		
<i>Lasioglossum pauxillum</i>	•												•						
<i>Lasioglossum politum</i>	•																		
<i>Lasioglossum quadrinotatum</i>	•																		
<i>Lasioglossum rufitarse</i>	•																		
<i>Lasioglossum sabulosum</i>	•																		
<i>Lasioglossum tegulariforme</i>																			•
<i>Nomiapis diversipes</i>												•							
<i>Nomioides</i> sp.											•								
<i>Nomioides minutissimus</i>															•				
<i>Pseudapis nilotica</i>											•								
<i>Rhophitoides canus</i>					•														
<i>Seladonia leucahenea</i>	•																		
<i>Seladonia subaurata</i>	•																		
<i>Seladonia tumulorum</i>	•																		
<i>Sphecodes crassus</i>	•																		
<i>Sphecodes ephippius</i>	•																		
<i>Sphecodes longulus</i>	•																		
<i>Sphecodes miniatus</i>	•																		
<i>Sphecodes pellucidus</i>	•																		
<i>Sphecodes puncticeps</i>	•																		
<b>Chrisididae</b>																			
<i>Holopyga fastuosa generosa</i>	•																		
<i>Chrysis ignita</i>					•														
<i>Stilbum calens</i>															•				
<b>Megachilidae</b>																			
<i>Anthidium collectum</i>											•								
<i>Anthidium manicatum</i>					•														
<i>Heriades truncorum</i>	•															•			
<i>Hoplitis adunca</i>	•																		
<i>Chelostoma campanularum</i>	•																		
<i>Chelostoma florisomne</i>		•																	
<i>Chelostoma phaceliae</i>											•								
<i>Chelostoma rapunculi</i>	•																		
<i>Megachile rotundata</i>					•														
<i>Osmia</i> sp.																			•
<i>Osmia bicornis</i>					•	•							•						



Tab. 13 (část 1/2): Pestřenky zaznamenané na květech svazenky vratičolisté – porovnání výsledků předkládané práce (zvýrazněný sloupec) s výsledky dalších studií.

Taxon/studie:	Ambrosino et al. (2006)	Barbir et al. (2015)	Carreck et Williams (2002)	Cirrig et al. (2021)	Colley et Luna (2000)	Emtia (2019)	Emtia et Ohno (2017)	Giovanetti et al. (2022)	Harásek (2016)	Hickman et al. (1995)	Hickman et Wratten (1996)	Hogg et al. (2011)	Klaus et al. (2021)	Kobešák et al. (2015)	Laubertie (2007)	Laubertie et al. (2012)	Lövei et al. (1992)	Luna et al. (2000)	Ouvrard et Jacquemart (2018)	Pérez-Bañón et al. (2000)	Petanidou (2003)	Rastran et al. (2017)	Santos (2021)	Thrasivoulou et Tsirakoglou (1998)	Udy et al. (2020)	White et al. (1995)	Wnuk et al. (2009)	Wnuk et Wojciechowicz-Żytko (2007)	Wojciechowicz-Żytko et Wnuk (2012)	Wratten et al. (2003)	
<i>Allograpta javana</i>						•																									
<i>Betasyrphus serarius</i>						•																									
<i>Didea fasciata</i>	•																														
<i>Epistrophe eligans</i>																															•
<i>Episyrrhus</i> sp.													•																		
<i>Episyrrhus balteatus</i>	•		•		•	•	•	•	•	•			•	•	•							•			•			•	•	•	
<i>Eristalinus aeneus</i>	•																														
<i>Eristalinus taeniops</i>																								•							
<i>Eristalis arbustorum</i>	•																				•										
<i>Eristalis interrupta</i>	•																														
<i>Eristalis pertinax</i>	•																														
<i>Eristalis tenax</i>	•		•																	•				•							
<i>Eupeodes</i> sp.																								•							
<i>Eupeodes corollae</i>	•	•	•		•					•											•						•		•	•	
<i>Eupeodes frequens</i>						•																									
<i>Eupeodes fumipennis</i>	•																														
<i>Eupeodes lapponicus</i>					•														•												
<i>Eupeodes latifasciatus</i>	•																										•				
<i>Eupeodes lundbecki</i>	•																														
<i>Eupeodes luniger</i>																					•	•						•			
<i>Helophilus hybridus</i>	•																														
<i>Helophilus trivittatus</i>	•																														
<i>Chrysotoxum bicinctum</i>	•																														
<i>Chrysotoxum festivum</i>	•																											•			
<i>Lapposyrphus lapponicus</i>	•																														
<i>Lejogaster metallina</i>	•																														
<i>Megasyrphus erraticus</i>	•																														
<i>Melangyna novaezelandiae</i>														•													•				
<i>Melanostoma fasciatum</i>									•						•		•										•				•
<i>Melanostoma mellinum</i>	•																											•	•		











Tab. 17 (část 1/3): Žahadloví blanokřídlí (vyjma čmeláků) zaznamenaní na jednotlivých lokalitách se svazkou (čísla vyjadřují poměr samců a samic zaznamenaných ex.).  
Číslování lokalit odpovídá popisu uvedeném v Tab. 2.

Taxon/lokality:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.
<i>Andrena agilissima</i>		1/0																												
<i>Andrena flavipes</i>			0/1		0/1			0/1			13/1	1/1	2/4	2/0				0/3	0/1	0/5			0/1	0/3	0/1	0/2	0/1	0/2	0/5	
<i>Andrena fulvicornis</i>																								1/0						
<i>Andrena minutula</i>									0/1			0/1							1/0		1/0	4/0		1/0						
<i>Andrena ovatula</i>										2/0	0/1									0/5										
<i>Andrena wikella</i>																		0/1												
<i>Anthophora aestivalis</i>													0/1																	
<i>Anthophora furcata</i>																									1/0	0/1				
<i>Anthophora quadrimaculata</i>																										0/2			0/1	
<i>Ceratina cyanea</i>																									1/0					
<i>Cerceris quinquefasciata</i>																									0/1					
<i>Colletes similis</i>																											1/0			
<i>Crabro cribrarius</i>								0/1																						
<i>Dolichovespula adulterina</i>																			0/1											
<i>Entomognathus brevis</i>																													0/1	
<i>Halictus rubicundus</i>											0/1											0/1								
<i>Halictus scabiosae</i>	1										0/2														0/1				1/1	
<i>Halictus simplex</i>																					0/1									
<i>Heriades truncorum</i>																						1/1				1/0				
<i>Holopyga fastuosa generosa</i>																			0/1											
<i>Hoplitis adunca</i>		1/1																												
<i>Hylaeus bisinuatus</i>																									1/2					
<i>Hylaeus communis</i>		1/0	0/1								0/1		0/1					0/1	0/1						0/11	0/2	0/1		0/1	
<i>Hylaeus confusus</i>																				0/1										
<i>Hylaeus difformis</i>											1/0									0/1					5/4		1/2			
<i>Hylaeus hyalinatus</i>																									1/0					
<i>Hylaeus incongruus</i>																									0/1					

Tab. 17 (část 2/3): Žahadlovní blanokřídlí (vyjma čmeláků) zaznamenaní na jednotlivých lokalitách se svazenkou (čísla vyjadřují poměr samců a samic zaznamenaných ex.).  
Číslování lokalit odpovídá popisu uvedeném v Tab. 2.

Taxon/lokality:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.
<i>Hylaeus moricei</i>																													0/1	
<i>Hylaeus nigritus</i>		0/1																							0/1					
<i>Hylaeus paulus</i>																					1/0									
<i>Hylaeus sinuatus</i>																											1/0			
<i>Chelostoma campanularum</i>																						0/1								
<i>Chelostoma rapunculi</i>		1/0																							2/0					
<i>Lasioglossum calceatum</i>			0/1		0/3							0/3	0/1	0/5						0/4	0/2	0/3	0/2	0/2	0/24	0/7	0/2		2/0	
<i>Lasioglossum laticeps</i>			0/1	0/2							1/3	0/11	0/20		0/8	1/0		0/1	0/30	0/4	0/3	1/2	0/6	0/8	0/89	1/0	0/1	14/0	0/1	
<i>Lasioglossum lativentre</i>							0/2	0/1	0/1																					
<i>Lasioglossum leucopus</i>									0/1												0/1									
<i>Lasioglossum malachurum</i>								0/3	0/1			0/7		0/1			0/12	0/2					0/2					1/1		
<i>Lasioglossum morio</i>					0/1						0/1	0/6	1/1	0/1				0/3	0/4	0/1			0/2	0/16	0/3	3/1	0/1			
<i>Lasioglossum nitidulum</i>		0/1																						0/2						
<i>Lasioglossum parvulum</i>							0/7	0/4												0/40										
<i>Lasioglossum pauxillum</i>		0/2	0/2		3/1						2/5	0/27	0/35	0/3	0/6			0/1	0/74		0/6			3/5	0/15	0/8	0/5	27/0		
<i>Lasioglossum politum</i>			0/1		1/0															0/21	0/29				0/54					
<i>Lasioglossum quadrinotatum</i>																							0/1	0/1						
<i>Lasioglossum rufitarse</i>		0/1																												
<i>Lasioglossum sabulosum</i>																1/0														
<i>Lindeniuss albilabris</i>																												0/1	0/1	
<i>Myrmosa atra</i>																								1/0						
<i>Nomada fucata</i>											1/0	1/0											0/2					0/1		
<i>Nomada rufipes</i>																												0/1		
<i>Oxybelus trispinosus</i>																									1/0					
<i>Passaloecus insignis</i>																													0/1	
<i>Pemphredon austriaca</i>									0/1																					
<i>Podalonia hirsuta</i>																							0/1							



Tab. 18 (část 1/3): Žahadloví blanokřídlí (vyjma čmeláků) zaznamenaní na jednotlivých lokalitách se směsnými porosty (čísla vyjadřují poměr samců a samic zaznamenaných ex.). Číslování lokalit odpovídá popisu uvedeném v Tab. 3.

Taxon/lokality:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	
<i>Ammophila sabulosa</i>																												0/1	
<i>Ancistrocerus claripennis</i>														0/1															
<i>Ancistrocerus nigricornis</i>			0/1																			1/0							
<i>Andrena agilissima</i>		0/2	0/1																										
<i>Andrena cinerea</i>		0/3																											
<i>Andrena dorsata</i>															0/2							0/2							
<i>Andrena flavipes</i>		0/1		0/1		0/1	0/2	2/0	1/0	0/3	0/2			0/4		3/4	0/5	0/5	0/1	1/11	1/10	0/2	1/2	0/1	0/2	0/2			
<i>Andrena haemorrhoa</i>		0/3																											
<i>Andrena minutula</i>					1/0																								
<i>Andrena nigroaenata</i>		0/1																											
<i>Andrena ovatula</i>										1/2						1/1	0/5	1/0		1/3		0/2	0/8						
<i>Cerceris quadricincta</i>																													0/1
<i>Cerceris rybyensis</i>																									1/1		1/0	0/1	
<i>Colletes similis</i>															2/0														
<i>Crossocerus podagricus</i>																							0/1						
<i>Deuteraenia bifasciatum</i>																												0/1	
<i>Diodontus luperus</i>																				1/0									
<i>Dolichovespula saxonica</i>																		1/0											
<i>Ectemnius dives</i>																						0/1				0/1	0/2		
<i>Entomognathus brevis</i>										1/0																			
<i>Halictus rubicundus</i>														0/1	0/1														
<i>Halictus scabiosae</i>				0/2										1/0								1/0		2/0	0/1				
<i>Halictus simplex</i>																1/2													
<i>Heriades truncorum</i>																0/1													
<i>Hylaeus angustatus</i>																											0/1		
<i>Hylaeus brevicornis</i>																							0/1						
<i>Hylaeus communis</i>								1/2	1/0						0/1	2/2	0/4		0/2	0/1		0/1	1/3	0/1	1/1	1/3			



Tab. 18 (část 3/3): Žahadloví blanokřídlí (vyjma čmeláků) zaznamenaní na jednotlivých lokalitách se směsnými porosty (čísla vyjadřují poměr samců a samic zaznamenaných ex.). Číslování lokalit odpovídá popisu uvedeném v Tab. 3.

Taxon/lokality:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.
<i>Pemphredon lethifer</i>																			0/1									
<i>Philanthus triangulum</i>																									0/1			
<i>Podalonia hirsuta</i>					0/1																							
<i>Polistes dominula</i>		0/1						1/0	0/1	0/1									0/1				1/0	0/1	1/1			
<i>Polistes nimpha</i>																							1/0	0/1	2/0	0/1	1/0	
<i>Rhabdopyris pallidipennis</i>																										0/1		
<i>Seladonia subaurata</i>																			0/2	0/1		0/1				0/2		
<i>Seladonia tumulorum</i>		0/2				0/1		0/1		0/1						2/6			0/3	0/6		0/1	0/1		1/1		1/0	
<i>Sphecodes crassus</i>								1/0																				
<i>Sphecodes ephippius</i>							2/0																					
<i>Sphecodes monilicornis</i>																							1/0			0/1		
<i>Trypoxylon minus</i>										0/1																		
<i>Vespa crabro</i>																												
<i>Vespula germanica</i>																						0/1		0/1			0/1	0/2
<i>Xylocopa valga</i>								0/2								0/1								0/1				
<i>Xylocopa violacea</i>										1/0															0/1			

Tab. 19 (část 1/2): Pestřenky zaznamenané na jednotlivých lokalitách se svazkou (čísla vyjadřují počet zaznamenaných ex.). Číslování lokalit odpovídá popisu uvedeném v Tab. 2.

Taxon/lokality:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.
<i>Didea fasciata</i>							1																							
<i>Episyrphus balteatus</i>		5	4	4	13			2	4	1	4	10	46	4	12	24	84	10	176	36	3	2	3		1	8		1	2	1
<i>Eristalinus aeneus</i>							1																						1	
<i>Eristalis arbustorum</i>								1												1									3	
<i>Eristalis interruptus</i>																												1		
<i>Eristalis pertinax</i>																						1				1				
<i>Eristalis tenax</i>								1	1											4				1		2			1	
<i>Eupeodes corollae</i>		6	12	1			2		9	11	21	16	20	14	1	1	2	10	9	16	3	4	2	5	1				4	
<i>Eupeodes latifasciatus</i>		1	1						3	1			3														1		1	
<i>Eupeodes lundbecki</i>																								1					1	
<i>Helophilus hybridus</i>							1																							
<i>Helophilus trivittatus</i>									1		1									1									1	
<i>Chrysotoxum bicinctum</i>			2																1											
<i>Chrysotoxum festivum</i>							1																							
<i>Lapposyrphus lapponicus</i>							1																		1					
<i>Lejogaster metallina</i>										1																				
<i>Megasyrphus erraticus</i>																														1
<i>Melanostoma mellinum</i>				6	5						1	5	26	1					1	30			36	4		2	3		3	8
<i>Paragus quadrifasciatus</i>																								1						
<i>Platycheirus albimanus</i>																										1				
<i>Platycheirus angustatus</i>																				2										
<i>Platycheirus scutatus</i>				1																										
<i>Scaeva pyrastris</i>			1	1	1		2		1	1	3	1	6	1	1				3	2			1		1	1				
<i>Scaeva selenitica</i>							1				2								2											
<i>Sericomyia silentis</i>																														1
<i>Sphaerophoria rueppelli</i>						1																								
<i>Sphaerophoria scripta</i>		4	14	9	7	2	13	2	6	8	13	26	19	12	10	4	1	17	8	40	13	8	21	7	11	23	5	5	18	8

Tab. 19 (část 2/2): Pestřenky zaznamenané na jednotlivých lokalitách se svazenkou (čísla vyjadřují počet zaznamenaných ex.). Číslování lokalit odpovídá popisu uvedeném v Tab. 2.

Taxon/lokalita:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.
<i>Syrpitta pipiens</i>			1						1									2			5	1	1			2			2	5
<i>Syrphus ribesii</i>		8	7	1					2	1	1	1									1			1		1				2
<i>Syrphus torvus</i>		12																	1											
<i>Syrphus vitripennis</i>		2	2		1																			1		1				1





Tab. 20 (2/2): Pestřenky zaznamenané na jednotlivých lokalitách se směsnými porosty (čísla vyjadřují počet zaznamenaných ex.). Číslování lokalit odpovídá popisu uvedeném v Tab. 3.

Taxon/lokalita:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.
<i>Neoscia podagrica</i>																									2	2		
<i>Paragus pecchiolii</i>																1												
<i>Platycheirus albimanus</i>										2																		
<i>Platycheirus scutatus</i>						2																						
<i>Psilota anthracina</i>						1																						
<i>Scaeva pyrastris</i>			1	2	1	2		1				2																
<i>Scaeva selenitica</i>								1																				
<i>Sericomyia silentis</i>			1																									
<i>Sphaerophoria rueppelli</i>					1						1																	
<i>Sphaerophoria scripta</i>	17	10	8	14	32	17	61	34	2	14	38	25	23	1	15	17	18	19	19	19	15	43	8	3	8	13		1
<i>Syrirta pipiens</i>			1	1		1				1	2		4	2	2		11		1		1		2		1	1	2	14
<i>Syrphus ribesii</i>	1						1			2		1	3										1				1	1
<i>Syrphus torvus</i>							1																					
<i>Syrphus vitripennis</i>									1																			
<i>Trichopsomyia joratensis</i>								1																				
<i>Trichopsomyia lucida</i>																										1		
<i>Volucella pellucens</i>															1		2										1	
<i>Xanthandrus comtus</i>															1													
<i>Xylota segnis</i>																						1						



Tab. 22: Denní motýli zaznamenaní na jednotlivých lokalitách se směsnými porosty (čísla vyjadřují počet zaznamenaných ex.). Číslování lokalit odpovídá popisu uvedeném v Tab. 3.

Taxon/lokalita:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.
<i>Aglais urticae</i>		1						1																				
<i>Aphantopus hyperanthus</i>			1					2	1						2			1										
<i>Aricia agestis</i>																	1											
<i>Coenonympha pamphilus</i>		2				1		1								1						1		1	1	2		
<i>Colias hyale</i>				1				2			1																	
<i>Gonepteryx rhamni</i>															1	1							1					
<i>Inachis io</i>												2				1												
<i>Issoria lathonia</i>			1	1												1	13	7					2	1			2	1
<i>Lasiommata megera</i>																1												
<i>Lycaena phlaeas</i>														1		1												
<i>Maniola jurtina</i>				1		1			1						6	1	2	4	1		1	2	2					
<i>Melanargia galathea</i>		1		1											2							1						
<i>Neozephyrus quercus</i>																									1			
<i>Ochlodes sylvanus</i>											2	2					1											
<i>Pieris brassicae</i>				1											1					1								
<i>Pieris napi</i>		1					6			1					1	1		1					1			1		
<i>Pieris rapae</i>			1	6		9		12	2	5	5	6				2	8	6	4		1	7	24	6	3	6	2	8
<i>Polyommatus icarus</i>		1		1												1						1	1					
<i>Thymelicus lineola</i>																	1			1								
<i>Thymelicus sylvestris</i>												3																
<i>Vanessa atalanta</i>			1																									
<i>Vanessa cardui</i>																			1					1		1		
<i>Zygaena loti</i>																								1				

### 8.3 Fotodokumentace hmyzu



Obr. 4: Čmelák zeminí (*Bombus terrestris*) na svazence. Foto autor



Obr. 5: Čmelák polní (*Bombus pascuorum*) na svazence. Foto autor



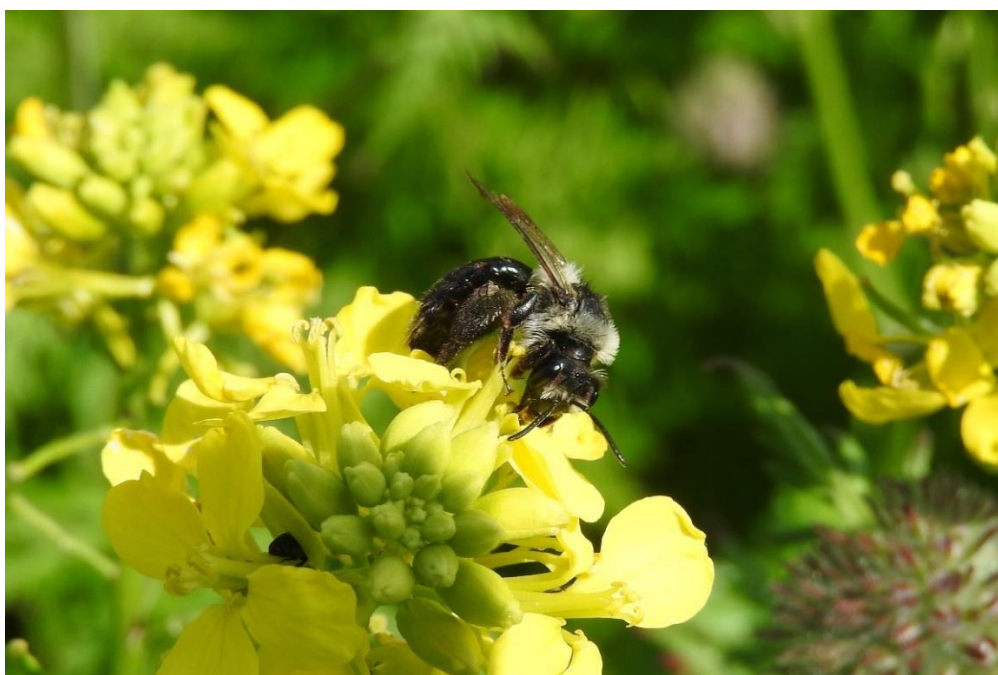
Obr. 6: Pačmelák cizopasný (*Psithyrus rupestris*) na svazence. Foto autor



Obr. 7: Pačmelák ladní (*Psithyrus campestris*) na svazence. Foto autor



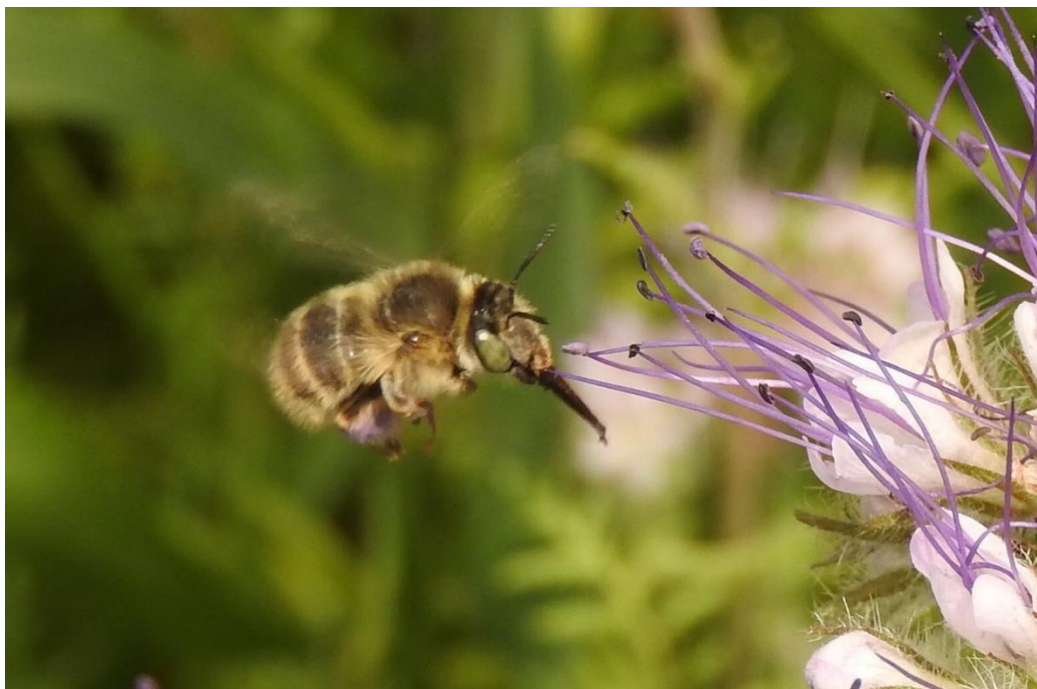
Obr. 8: Pískorypka modrolesklá (*Andrena agilissima*) na hořčici. Foto autor



Obr. 9: Pískorypka popelavá (*Andrena cineraria*) na hořčici. Foto autor



Obr. 10: Drvodělka fialová (*Xylocopa violacea*) na svazence. Foto autor

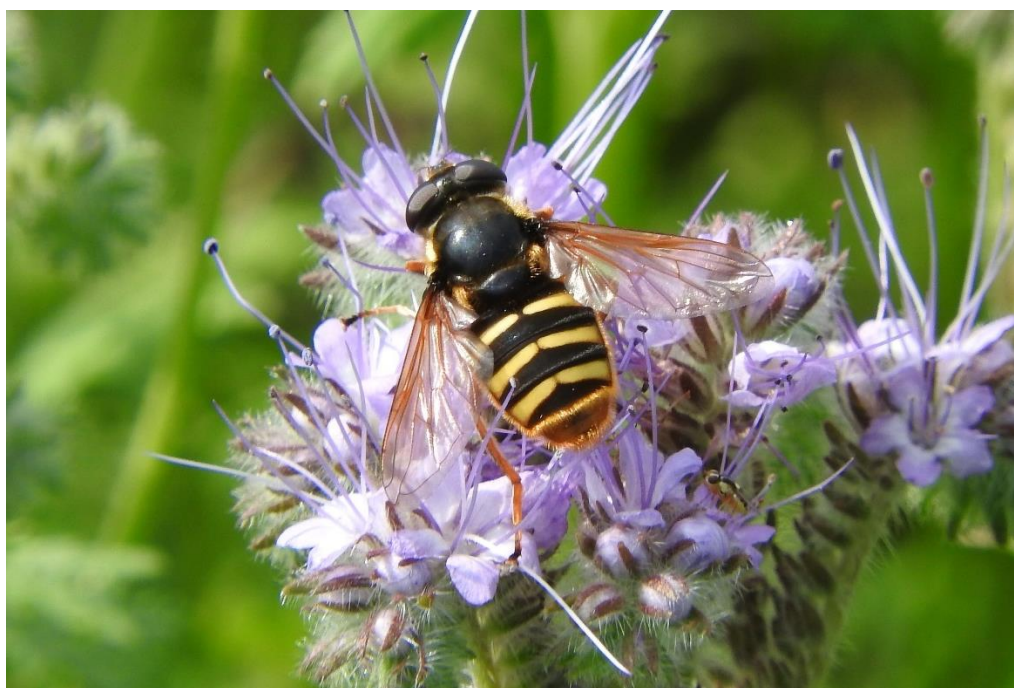


Obr. 11: Pelonoska liščí (*Anthophora quadrimaculata*) na svazence. Foto autor





Obr. 12: Pestřenka červenonosá (*Helophilus trivittatus*) na svazence. Foto autor



Obr. 13: Pestřenka tichá (*Sericomyia silentis*) na svazence. Foto autor



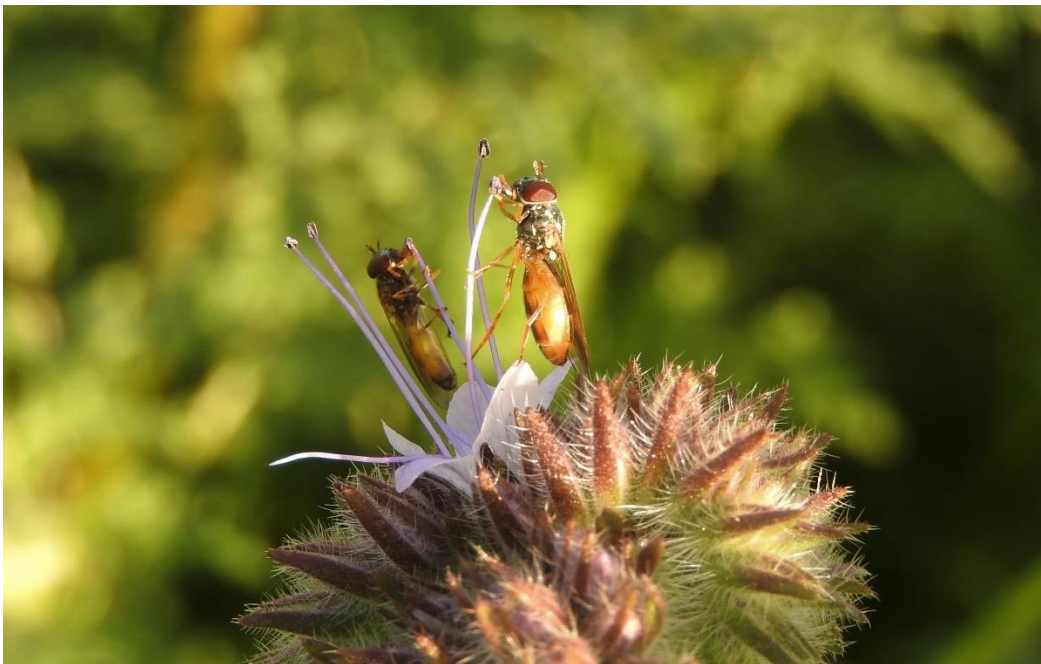
Obr. 14: Pestřenka trubcová (*Eristalis tenax*) na svazence. Foto autor



Obr. 15: Pestřenka včelová (*Eristalis arbustorum*) na svazence. Foto autor



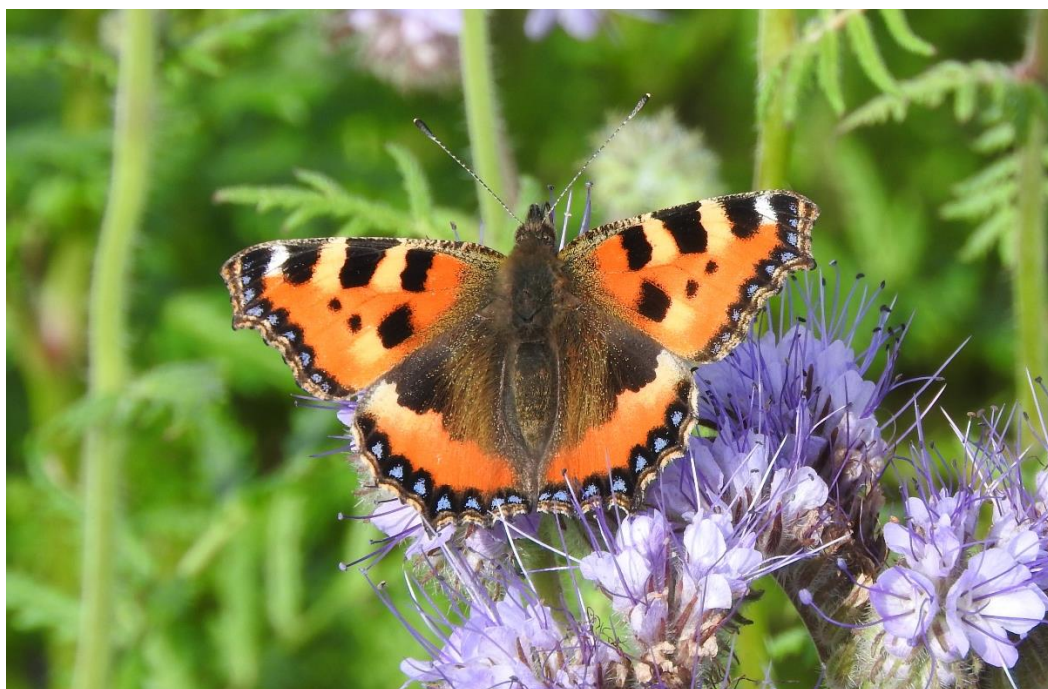
Obr. 16: Pestřenka druhu *Dasyrphus tricinctus* na svazence. Foto autor



Obr. 17: Pestřenky druhu *Melanostoma mellinum* konzumují pyl svazenky. Foto autor



Obr. 18: Babočka paví oko (*Inachis io*) na svazence. Foto autor



Obr. 19: Babočka kopřivová (*Aglais urticae*) na svazence. Foto autor



Obr. 20: Bělásek řepkový (*Pieris napi*) na svazence. Foto autor



Obr. 21: Žlutásek čiřorečkový (*Colias hyale*) na svazence. Foto autor



Obr. 22: Modrásek jehlicový (*Polyommatus icarus*) na svazence. Foto autor



Obr. 23: Perleťovec malý (*Issoria lathonia*) na svazence. Foto autor