

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

katedra biologie

Diverzita opylovačů na kolotočníku ozdobném v CHKO Orlické hory

Diplomová práce

Autor: Bc. Kateřina Věříšová
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:	Kateřina Věříšová
Studium:	S21BI014NP
Studijní program:	N0588A030001 Biologie a ekologie
Studijní obor:	Biologie živočichů
Název diplomové práce:	Diverzita opylovačů na kolotočníku ozdobném v CHKO Orlické hory
Název diplomové práce A):	The diversity of pollinators on <i>Telekia speciosa</i> in Orlické hory PLA

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Invazní kolotočník ozdobný se svými velkými žlutými květenstvími láká mnoho hmyzu, Bohužel, zatím nebyla vypracována žádná studie o diverzitě tohoto hmyzu. Cílem práce bude pomocí odchytů entomologickou sítkou zjistit diverzitu opylovačů na květenstvích kolotočníku ozdobného a srovnat ji s druhy odchycenými do barevných mistek v okolí porostů kolotočníku.

Mlíkovský J., Stýblo P. 2006: Nepůvodní druhy flóry a fauny České republiky. ČSOP, Praha

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 „Diverzita opylovačů na kolotočnicku ozdobném v CHKO Orlické hory“ vypracovala samostatně (pod vedením vedoucího práce) a uvedla jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Hradci Králové dne:

Kateřina Věříšová

PODĚKOVÁNÍ

V první řadě bych ráda poděkovala vedoucímu práce doc. Mgr. Petru Boguschovi, Ph.D. za vedení práce, poskytnutí odborných zdrojů a všechny rady, které vedly k úspěšnému zpracování této práce. Dále bych tímto chtěla poděkovat svému partnerovi za jeho velkou podporu a trpělivost, kterou se mnou měl při zpracování práce.

ANOTACE

VĚŘÍŠOVÁ, K. (2023). *Diverzita opylovačů na kolotočníku ozdobném v CHKO Orlické hory*. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí diplomové práce doc. Mgr. Petr Bogusch, Ph.D. 45 s.

Kolotočník ozdobný (*Telekia speciosa*) je vysokou, vytrvalou rostlinou, která byla jako okrasná rostlina zavlečena na území České republiky již v polovině devatenáctého století. Od té doby se postupně rozšiřuje do svého okolí, kde působí invazivně a potlačuje některé přirozené taxony. Její invazivní potenciál však není na takové úrovni, aby způsoboval lokální extinkci přirozených rostlinných taxonů. Na tuto hvězdnicovitou rostlinu létá sát nektar a sbírat pyl mnoho druhů hmyzu z čeledi blanokřídlých, a kolotočník by tak mohl obohacovat jejich zdroje potravy. Cílem této práce je zjištění diverzity blanokřídlého hmyzu v lokalitách s výskytem kolotočníku. Odchyt probíhal na 10 vybraných lokalitách s hojným výskytem *T. speciosa* v oblasti CHKO Orlické hory. Samotné určení diverzity blanokřídlých opylovačů proběhlo výpočtem indexů a estimátorů biodiverzity ze zpracovaných datových setů.

Klíčová slova: *Telekia speciosa*, kolotočník ozdobný, invazivní rostliny, hvězdnicovité, opylovači, biodiverzita, oligolektické druhy

ANNOTATION

VĚŘÍŠOVÁ, K. (2023). *Pollinator diversity on heartleaf oxeye in CHKO Orlické hory*. Master thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis supervisor doc. Mgr. Petr Bogusch, Ph.D. 45 p

Heartleaf oxeye (*Telekia speciosa*) is a tall perennial plant, that has been introduced to the Czech Republic as a decorative plant in the middle of the 19th century. Since then, it has gradually spread throughout its surroundings where it acts invasively and suppresses some native taxa. However, its invasive potential is not at such a level as to cause local extinction of natural plant taxa. This plant from Asteraceae family attracts many species of Hymenoptera insects to collect nectar and pollen, and thus it could potentially enrich their food sources. The aim of this study is to determine the diversity of Hymenoptera in locations where *T. speciosa* is present. The capture was carried out at 10 selected sites with abundant occurrence of *T. speciosa* in the CHKO Orlické hory. The determination of the diversity of hymenopteran pollinators itself was carried out by calculating biodiversity indices and estimators from processed data sets.

Key words: *Telekia speciosa*, heartleaf oxeye, invasive plants, Asteraceae, pollinators, biodiversity, oligolectic species

Obsah

1. Úvod	9
<u>1.1. Obecný úvod do problematiky</u>	<u>9</u>
<u>1.2. Cíle práce</u>	<u>9</u>
2. Přehled dosavadních poznatků o problematice	10
<u>2.1 Kolotočník ozdobný (<i>Telekia speciosa</i>)</u>	<u>10</u>
2.1.1. <i>Obecná charakteristika</i>	10
2.1.2. <i>Zařazení <i>Telekia speciosa</i> jako invazivního druhu v EU</i>	10
2.1.3. <i>Opylovači a žlutá barva květů</i>	11
<u>2.2. Diverzita hmyzích opylovačů</u>	<u>13</u>
2.2.1. <i>Blanokřídlí (Hymenoptera)</i>	13
2.2.2. <i>Pylová specializace</i>	14
2.2.3. <i>Využití blanokřídilých pro člověka</i>	15
2.2.4. <i>Dvoukřídlí (Diptera)</i>	18
2.2.5. <i>Motýli (Lepidoptera)</i>	19
<u>2.3. Asteraceae a včelí specialisti</u>	<u>20</u>
3. Metodika	21
<u>3.1. Popis sledovaných lokalit</u>	<u>21</u>
<u>3.2. Tabulka lokalit s GPS souřadnicemi a daty sběru</u>	<u>22</u>
3.2.1. <i>Doplňkový popis lokalit</i>	23
<u>3.3. Zpracování odebraných dat</u>	<u>25</u>
4. Výsledky	27
<u>4.1. Zhodnocení druhů z datových setů</u>	<u>27</u>

<u>4.2. Druhy v rozdělení na: býložravce, dravce, parazity</u>	<u>27</u>
<u>4.3. Zhodnocení hodnot diverzity</u>	<u>29</u>
<u>4.4. Počet druhů v rozdělení do skupin: čmeláci, včely a ostatní blanokřídílí.....</u>	<u>30</u>
<u>4.5. Interpretace výsledků pomocí křivky rarefakce</u>	<u>32</u>
5. Diskuse	33
6. Závěr	37
7. Literatura.....	38
8. Přílohy	44
<u>Příloha č. 1 - tabulka odchycených druhů smýkáním a spadem do Moerickeho misek.</u>	<u>44</u>

1. Úvod

1.1. Obecný úvod do problematiky

Problematika invazivních rostlin a jejich působení na prostředí, do kterého pronikají, či jejich impakt, kterým působí na alochtonní druhy rostlin, je často studovaným tématem. To platí hlavně u druhů, které silně ovlivňují prostředí a často i člověka. Existuje ale málo studií, které by se zabývaly rostlinami s nižší úrovní invazivnosti, a ještě méně studií, které by se zabývaly účinkem těchto rostlin na druhové složení opylovačů. Ti jsou přitom často vázáni právě na přirozeně se vyskytující rostliny, které invazivní rostlina potlačuje. Ve většině případů se zkoumá pouze úroveň, na jaké ovlivňují ekosystémy, a jaké jsou nezbytné kroky k jejich efektivnímu managementu. Právě proto vznikají seznamy a systémy pro rozdělení invazivních druhů rostlin a živočichů do kategorií podle jejich vlivu na ostatní druhy a podle jejich schopnosti samovolného šíření a míry invazivnosti. Těmito systémy jsou například EICAT (Environmental Impact Classification for Alien Tax), což je systém vydaný a spravovaný mezinárodním svazem ochrany přírody (IUCN) (IUCN, 2020; Pyšek et al., 2022). Alternativou je pak systém SEICAT (Socio-economic impact classification of alien taxa) pro klasifikaci socioekonomického dopadu na člověka (Bacher et al., 2018). Kromě těchto mezinárodních seznamů si jednotlivé země vytváří vlastní seznamy, kterými hodnotí rostliny na svých územích. Ty se nemusí nutně slučovat se zařazením invazivního druhu v mezinárodních seznamech, protože každý invazivní organismus se může na invadovaných územích šířit jinou rychlostí a působit na okolí jiným způsobem. Tato schopnost závisí na specifických klimatických a geografických podmínkách území, na které se rozšiřuje. V České republice proto existuje takzvaný Černý a Šedý seznam pro kategorizaci invazivních druhů na našem území (Pergl et al., 2016). Pomocí těchto seznamů jsme pak schopni odhadovat, jak budou invazivní rostliny měnit složení přirozených druhů na lokalitách a jakým způsobem pak budou dále působit na opylovače, kteří jsou na ně vázáni. Nově zjištěné poznatky pak mohou přinášet další informace o přesnějších vztazích mezi rostlinami a jejich opylovači.

1.2. Cíle práce

Cílem této diplomové práce je za pomoci smyku entomologickou sítíkou odchytil blanokřídlý hmyz na invazivní rostlině kolotočník ozdobný (*Telekia speciosa*), která se postupně rozšiřuje v oblasti CHKO Orlické hory. Pro srovnání budou na lokalitách instalovány Moerickeho pasti žluté barvy, za jejichž pomocí se zjistí, který další hmyz létá na lokalitách kolotočníku na květy rostlin žluté barvy. Odchycený hmyz bude poté roztříděn do skupin a determinován. Na základě těchto výsledků budou vypočítány indexy a estimátory diverzity pro určení rozmanitosti opylovačů, kteří kolotočník využívají jako zdroj pylu a nektaru. Z výsledků této práce v porovnání s výsledky podobných prací na kolotočnících či jiných žlutých rostlin ze skupiny Asteraceae bude možné více přiblížit, jakým způsobem *Telekia speciosa* působí na přirozenou druhovou skladbu opylovačů v CHKO Orlické hory.

2. Přehled dosavadních poznatků o problematice

2.1 Kolotočník ozdobný (*Telekia speciosa*)

2.1.1. Obecná charakteristika

Jedná se o aromatickou vytrvalou rostlinu patřící do čeledi hvězdnicovitých. Původně pochází z oblastí v jihovýchodní Evropě (Ilyrsko-balkánská provincie a karpatské hory) a západní Asii (Euxinská provincie a Kavkazské pohoří) (Brandes, 2010). Charakteristické jsou pro ni stonky, schopné dorůst do výšky až dvou metrů (takto vysoké jedince lze najít spíše ojediněle a nejčastěji tak nacházíme jedince do výšky jednoho metru). Květenství žlutooranžové barvy mohou narůstat do velikosti až 5 cm. Samotná rostlina začíná kvést v měsíci červnu a odkvétá až na konci srpna (Pergl et al., 2020).

Na chudě rozvětvených, zato ale silných lodyhách vyrůstá v době kvetení 2 až 8 květních úborů. Listy srdčito-vejčitého tvaru s velikostí 20-40 cm mají vlastnost vyvolávat alergické reakce při kontaktu s pokožkou. Rozmnožování probíhá pomocí semen (Černý et al., 1998).

Tento druh vytrvalé rostliny se na území České republiky začal šířit již v druhé polovině 19. století (Pyšek et al., 2012). Do okolního prostředí se později dostal díky své oblíbenosti jakožto okrasná rostlina určená do zahrádek a parků, odkud postupně začala samovolně expandovat. Za posledních 50 let se volně rozšiřoval a v současné době je řazen jako invazivní rostlina na mnoha místech v Evropě, kde se původně nevyskytoval. Ve volné přírodě se šíří hlavně do vlhkých a chladnějších oblastí (břehy potoků, paseky, lesní lemy a příkopy atd.), které mají podobné podmínky jako původní oblast výskytu kolotočníku (Karpaty, Kavkaz atd.). Ve velkých trsech ji často nalezneme na prosluněných místech; například na lesních světlinách. Samotná invazivní schopnost kolotočníku na větší vzdálenost není tak výrazná, avšak jedná se o rostlinu s vysokou perzistencí, která se dokáže uchytit a přežít i v méně vlhkých oblastech a je schopna přežít i určitou úroveň zastínění. Všechny tyto vlastnosti napomáhají kolotočníku se silně šířit lokálně a snižovat tak diverzitu okolí, do kterého postupně proniká. V současné době se od jejího využití v zahrádkách, jakožto okrasné květiny upouští, a to nejen z důvodu, že jsou velkoploché listy schopny způsobit dermatitidu, ale hlavně kvůli dostupnosti více druhů podobně vypadajících okrasných rostlin (Mlíkovský & Stýblo, 2006).

2.1.2. Zařazení *Telekia speciosa* jako invazivního druhu v EU

Ačkoliv se jedná o druh s částečně původním výskytem v Evropě, tak je kolotočník v mnoha zemích EU zařazen jako invazivní rostlina se schopností snížení biodiverzity okolního prostředí. Jeho invazivní status v zemích EU není uniformní a mnoho zemí má tento druh zařazen s jiným invazivním statusem. Například Dánsko má tento druh zařazen jako vysoce invazivní, zatímco v Norsku je rostlina zařazena jako druh s vysokým invazivním potenciálem, ale bez signifikantního ekologického účinku (Kaukoranta et al., 2019). V České republice je kolotočník zařazen v takzvaném Černém a Šedém seznamu, pro invazivní druhy. Zde je kolotočník zařazen v kategorii BL2, tedy v kategorii druhů se středním až vysokým vlivem na

životní prostředí, které jsou stále závislé na lidské činnosti, a její podpoře šíření těchto druhů (Pergl et al., 2016).

V roce 2022 pak vyšel nový katalog invazivních rostlin České republiky, který byl vytvořen za pomoci systému EICAT (Environmental Impact Classification for Alien Taxa), což je oficiální nástroj pro klasifikaci invazivních druhů působících na životní prostředí. V tomto seznamu se *Telekia speciosa* řadí do kategorie MO (=mírný). Organismy v této kategorii jsou specifikovány jako druh, který má mírný dopad na prostředí a způsobuje populační pokles alespoň jednoho přirozeného taxonu, ale nevyvolává jeho lokální extinkci (IUCN, 2020; Pyšek et al., 2022). Kromě řazení této rostliny z pohledu environmentálního impaktu, je možné na invazivní rostliny pohlížet i podle toho, jaký socio-ekonomický dopad mají na člověka (systém SEICAT – Socio-economic impact classification of alien taxa). Tento systém je analogický k systému EICAT, kdy po zhodnocení druhu pomocí EICAT by na základě jeho zařazení mělo být možné odhadnout, jaký dopad bude mít další šíření určitého nepůvodního druhu na člověka. Při hodnocení je třeba vzít v potaz mnoho faktorů: negativní vliv na lidské zdraví, bezpečí nebo možná újma na hmotném a nehmotném majetku. Příkladem může být postupné rozšíření parazitů a nemocí užitkových druhů, které stojí člověka čas, finance i úsilí nutné k vyřešení problémů, čímž vyčerpává vlastní zdroje, které by mohl využít pro svůj vlastní rozvoj. Rozšíření alergizujících rostlin či agresivního žahadlového hmyzu může snížit bezpečnost prostředí (Bacher et al., 2018). Prozatím nebyl kolotočnický podle systému SEICAT vyhodnocen, nicméně se o jeho socio-ekonomickém dopadu pojednává v Černém a Šedého seznamu, kde je uvedeno, že vyvolává minimální socio-ekonomický dopad (Pergl et al., 2016).

Je tedy pravděpodobné, že se postupem času bude kolotočnický šířit dál, a to hlavně do zemí, kde převládá mírné oceánské klima, které je pro rapidní šíření této rostliny ideální. Momentální rozšíření této rostliny převládá ve střední Evropě, předpokládá se však, že bude postupně expandovat i do teplejších částí Evropy (Kaukoranta et al., 2019).

2.1.3. Opylovači a žlutá barva květů

Opylovači hledají rostliny primárně pomocí čichu a zraku. Za pomoci čichových receptorů umístěných na tykadlech jsou opylovači schopni zachytit a analyzovat chemické látky, dokonce jsou některé druhy včel a čmeláků schopné rozlišit, zda se jedná o vůni celého květu s nektarem nebo pouze pylových zrn. Tím rozlišují, které květy již byly navštíveny a jsou již „prázdné“ a které jsou „plné“ (Dötterl & Vereecken, 2010; Burger et al., 2021). Kromě čichových vjemů se opylovači orientují zrakově, a to podle barvy a popřípadě tvaru květu. Celková barva květu má za úkol přilákat opylovače z dálky, zatímco kontrastní barvy květu (vzory v UV reflektující a UV pohlcující části květu) napomáhají opylovačům při orientaci na blízko. Většina rostlin, které jsou opylovány včelami, má takzvaná UV absorpční centra a UV reflektující okvěti. Výjimku zde tvoří rostliny, které jsou z hlavní části opylovány ptáky, ty mají jen UV absorpční části. To poukazuje na společný vývoj a adaptace vztahů opylovač-rostlina (Papiorek & Junker, 2015). Včely mají složené oči z několika tisíc segmentů – omatidií, kdy každý segment má vlastní čočku a fotoreceptory. Složené oko ale vidí přibližně stokrát hůře než oko člověka. Kdyby tak včely viděly a rozeznávaly barvu stejně jako my, musel by mít květ rozpětí 26 cm, aby ho včela byla schopna rozeznat z dálky 1 m. Proto včely k hledání květů často využívají kombinaci vjemů, kdy jsou schopné vnímat UV záření odrážející se od rostliny v kombinaci s kontrastem zelené barvy v pozadí (Chittka & Raine, 2006). Včely mají trichromatické vidění se třemi fotoreceptory,

z nichž jeden vnímá UV záření a další dva vnímají vlnovou frekvenci mezi modrou a zelenou barvou. Díky tomuto vidění, které přesahuje i do UV spektra, jsou včely schopny vnímat mnoho květin na základě vzorů v UV absorbujících a reflektujících částech květů. Zcela žluté květy jsou často mnohem výrazněji viditelné v UV spektru než květy jiných barev a díky UV odrážejícím centrům a UV absorbujícímu okvěti tvoří žluté květy vzory nazývané „bull’s eye“ (platí hlavně pro rostliny z čeledi Asteraceae). Kromě funkce přilákání opylovačů slouží UV vzory i k navádění opylovačů k nektariím nebo k pylu (Papiorek & Junker, 2015; Silberglied, 1979).



Obrázek 1: Kolotočník ozdobný. Autor: Kateřina Věříšová

2.2. Diverzita hmyzích opylovačů

Přibližně 85 % krytosemenných rostlin je závislých na opylování živočichy, z čehož největší roli hrají hmyzí opylovači (Hahn & Brühl, 2016). Opylování rostlin živočichy tak představuje kritickou ekosystémovou službu; a má velkou hodnotu i pro člověka. Bohužel je aktivní snaha o zachování interakcí rostlina – opylovač doceňována až v posledních několika letech, zatímco opylovací systémy jsou stále více ohrožovány lidskou činností (fragmentace lokalit výskytu, moderní nešetrné agrikulturní postupy, využívání pesticidů a herbicidů, rozšiřování invazivních druhů atd.) (Kearns et al., 1998). Pro změnu ke zvyšování nebo alespoň zachování diverzity hmyzích opylovačů je potřeba zavádět nové postupy, které podporují výskyt ostatních opylovačů a nezávisí pouze na opylování za pomoci včely medonosné. Včela medonosná navíc může v některých ekosystémech (hlavně těch kam byla introdukována) potlačovat nativní druhy hmyzích opylovačů, jelikož může docházet k vysoké kompetici o zdroje rostlin. To spolu s ostatními negativními vlivy na přirozené hmyzí opylovače může vést k úpadku diverzity v některých ekosystémech. (Rasmussen et al., 2021)

2.2.1. Blanokřídlí (Hymenoptera)

Blanokřídlí neboli Hymenoptera je rozsáhlý řád, do kterého spadá více jak 115 000 doposud popsanych druhů. Do tohoto řádu se řadí i jedna z největších a nejnámějších skupin opylovačů, a to včely (Macek et al., 2010). Celkově na světě máme 17 533 popsanych druhů rozdělených do 443 rodů a zařazených do 7 čeledí (Apidae, Megachilidae, Halictidae, Andrenidae, Colletidae, Melittidae, and Stenotritidae) (Michener, 2000)

Včely jsou taxonomicky řazeny jako skupina v sekci žahadloví (Aculeata). Do této sekce řadíme krom včel mimo jiné také vosy a mravence, tyto skupiny jsou však ve valné většině případů masožravé a neopylující nebo opylující okrajově. Včely, kutilky a čmeláci spolu pak vytváří nadčeleď Apoidea. Celkově se tato nadčeleď blíže rozděluje na dvě linie: Spheciformes, do které řadíme kutilky, a Apiformes, do které řadíme včely. Zatímco u kutilek jsou alespoň jejich larvy masožravé, včely se evolučně vyvinuly z původních masožravých druhů na druhy výhradně býložravé, kdy hlavním zdrojem proteinu se stal rostlinný pyl a zdrojem cukrů nektar. Díky této adaptaci a závislosti na kvetoucích rostlinách se včely staly jednou z nejdůležitějších skupin opylujícího hmyzu (Michener, 2000; Macek et al., 2010; Zahradník, 2004).

Andrenidae (pískorypkovití): Samotářské včely s hlavním výskytem v holarktické oblasti. Velikostně se jedná o malé až středně velké druhy s charakteristicky ochlupenými lícními vtisky na vnitřním okraji očí. Název pískorypkovití napovídá o jejich stylu tvorby hnízd, která si hrabou v zemi s písčitém podkladem. Velká část druhů hnízdí samostatně, ale najdeme zde i druhy, které hnízdí v takzvaných hnízdních agregacích (nejedná se o sociální způsob života, pouze společenské hnízdění). Celkově se čeleď Andrenidae může rozdělit blíže na čtyři podčeledi: Andreninae, Panurginae, Oxaeinae a Alocandreninae (Michener, 2000; Macek et al., 2010).

Apidae (včelovití): Kosmopolitně rozšířená skupina, druhově nejpočetnější. Zařazeny jsou zde druhy s různými životními strategiemi. V této čeledi najdeme druhy samotářské, ale i eusociální. Velikostně zde lze najít velké i malé druhy. V ČR se vyskytují jen tři podčeledi: Xylocopinae, Nomadinae, Apinae. Do podčeledi Apinae řadíme kromě jiných druhů čmeláky a včelu medonosnou. Díky velké diverzitě druhů s různou životní strategií a velikostí nejsou pro tuto čeleď dané obecné charakteristické znaky (Michener, 2000; Macek et al., 2010).

Colletidae (hebvábnicovití): Kosmopolitně rozšířená skupina s největším zastoupením v Jižní Americe a Austrálii. V holarktické oblasti se vyskytují pouze dvě z pěti podčeledí, a to Colletinae a Hylaeinae. Velikostně zde najdeme malé až střední druhy. Většina samic některých druhů v této čeledi má charakteristický znak tzv. glossu (dvojlaločný jazýček na spodním pysku). To je spojeno s původem jejich názvu, kdy pomocí adaptovaného jazýčku roztírají lesklý sekret, podobný hedvábí, po stěnách plodové komůrky, čímž se komůrka stává vodotěsnou. Druhům vyskytujícím se v ČR navíc chybí řitní ploška (Michener, 2000; Macek et al., 2010).

Halictidae (ploskočelkovití): Kosmopolitně rozšířená čeleď. Pokud nebudeme brát v potaz rod *Apis*, tak jsou zástupci této čeledi nejpočetněji zastoupenými druhy včel, co se týče počtu jedinců v přírodě. Najdeme zde samotářské druhy, které často hnízdí ve společných hnízdních agregacích, podobně jako pískorypky, ale také některé druhy s eusocialitou. Vyvinuly se tu i druhy s takzvaným hnízdním parazitismem. Celkově se čeleď dělí na 4 podčeledi (Rophitinae, Nomiinae, Nomioidinae, Halictinae). Všechny čtyři podčeledi můžeme najít v ČR (Michener, 2000; Macek et al., 2010).

Megachillidae (čalounicovití): Kosmopolitně rozšířená čeleď. Mnoho druhů lze určovat pomocí charakteristického obdélníkového horního pysku, který je delší, než je široký a směrem ke štítku se značně člení. Velikostně zde najdeme malé i velké druhy. Pyl sbírají na pylosběrný aparát na spodní straně zadečku. Hnízdění u této čeledi je velice různorodé a její zástupce můžeme najít hnízdit v zemi, opuštěných dutinách, stoncích rostlin anebo uvnitř opuštěných ulit. Plodové komůrky si staví z velké škály materiálu (rostlinné části, kamínky, hlína atd.), které poté spojují za pomoci nektaru a celou komůrku ke konci pokrývají sekretem ze slinných žláz, který po zaschnutí vytvoří vodotěsnou vrstvu. Celá čeleď se dále dělí na čtyři podčeledi (Pararhophitinae, Fideliinae, Lithurginae, Megachilinae) z nichž v ČR můžeme nalézt pouze druhy z podčeledí Lithurginae a Megachilinae (Michener, 2000; Macek et al., 2010).

Melittidae (pilorožkovití): Čeleď s rozšířením hlavně na africkém kontinentu a v mírném pásmu severní polokoule. Řadíme sem samotářské druhy hnízdící v zemi, často potravně specializované. Čeleď se dále dělí na čtyři podčeledi, z čehož můžeme v ČR najít 10 druhů zastoupených ve třech podčeledích (Dasypodainae, Macropidinae, Melittinae) (Michener, 2000; Macek et al., 2010).

Stenotritidae: Čeleď zastoupená pouze dvěma rody (*Ctenocolletes* a *Stenitritus*) s rozšířením pouze v Austrálii. Jedná se o středně velké až velké druhy s výrazným ochlupením. (Michener, 2000)

2.2.2. Pylová specializace

Neparazitické druhy včel, sbírající pyl je možné rozdělit do tří základních skupin podle jejich pylové specializace: monolektické, oligolektické a polylektické. Tyto specializace se pak mohou dělit blíže do dalších podkategorií. Toto dělení vzniklo z důvodu úzké specializace některých druhů na vybrané zdroje rostlin a adaptace jiných druhů ke sběru z mnoha dostupných zdrojů (Michener, 2000). Podle předešlých studií jsou dvě třetiny druhů včel ve střední Evropě přizpůsobeny na sběr z více druhů rostlin, a řadí se tak mezi generalisty s polylektickou specializací, zatímco ostatní druhy sbírají pyl pouze z několika mála příbuzných druhů rostlin z jedné čeledi nebo dokonce jen z jednoho rodu (Bogusch et al., 2020).

Polylektická specializace, kam patří druhy sbírající pyl ze tří a více rostlinných čeledí, se vyvinula hlavně u druhů multivoltinních, které za rok zplodí více jak jednu generaci (Cane & Sipes, 2006). Dále u eusociálních, ty na rozdíl od samotářských druhů musejí překonat větší vzdálenosti a mít větší výběr rostlin, ze kterých mohou sbírat nektar a pyl, právě kvůli velkému množství jedinců v hnízdě (Grüter & Hayes, 2022). Tyto druhy musejí sbírat pyl v delším období a nemohou tak být vázány jen na úzké spektrum rostlin a omezovány jejich obdobím kvetení. Polylekticitu jim v tomto případě umožňuje aktivně shánět potravu i v době, kdy odkvétá jeden z jejich zdrojů (Cane & Sipes 2006). Takto jednoduše však nelze mnoho druhů rozdělit, a tak byla vyčleněna podkategorie mesolektické včely. Jedná se o druhy, které stejně jako druhy polylektické sbírají z více rostlinných čeledí, ale mají většinou silnou preferenci jen pro jednu čeleď a je tak možné při pylových rozborech najít v hnízdech těchto druhů i taxonomicky čistý pyl (Cane & Sipes, 2006; Müller & Kuhlmann, 2008; Dötterl & Vereecken, 2010).

Druhy s **oligolektickou** specializací pak můžeme blíže rozdělit na druhy: úzce oligolektické, které sbírají pyl ze dvou nebo více druhů z jednoho rostlinného rodu. Široce oligolektické druhy pak sbírají pyl z dvou a více rodů rostlin patřících do jedné podčeledi či čeledi. Posledním bližším dělením oligolektické specializace jsou druhy elekticky oligolektické, které sbírají pyl až ze čtyř rostlinných rodů, které patří do dvou až tří rostlinných čeledí. (Müller & Kuhlmann, 2008).

Druhy, které mají nejužší specializaci a sbírají pyl pouze z jednoho druhu rostlin nebo pouze z několika málo blízce příbuzných zástupců z jednoho rodu nazýváme **monolektické** (Cane & Sipes 2006). Druhy, které jsou čistě monolektické jsou obvykle velmi vzácné a často se jedná spíše o druhy, které na daném území navštěvují jen jeden druh rostliny, protože ostatní jejich možné hostitelské rostliny stejného rodu se na místě nevyskytují. V tomto případě by je bylo možné zařadit mezi „oligolektické druhy bez možnosti volby“ (Cane & Sipes, 2006). Mnoho monolektických druhů včel tedy lze považovat jen za artefakty geograficky osiřelých hostitelů, kde včely nemají příležitost navštívit jiné příbuzné rostliny (Cane, 2020).

2.2.3. Využití blanokřídlých pro člověka

Včelích druhů je velké množství v mnoha čeledích s různou hnízdní a potravní strategií, avšak valná většina z nich využívá jako zdroj proteinů pyl, který sbírají z kvetoucích rostlin, čímž rostliny také opylují. Pro člověka tak hrají velkou roli v opylování pěstovaných rostlin (jsou zodpovědné za 35% světové úrody) (Orford et al., 2015). Pro tento účel se často úmyslně využívaly jen včely z rodu *Apis*, které se zároveň chovají jako producenti medu. V posledních letech se však poptávka po rostlinné výrobě zvyšuje a bylo potřeba najít alternativní zdroj opylovačů než jen využívání včel medonosných. Jedním ze skupin ideálních pro tento úkol by se mohly stát bezžihadlové včely patřících do čeledi Apidae, přesněji kmen Meliponini. Jedná se o sociálně žijící včely tvořící velké kolonie, často čítající až 100 000 jedinců. Od domestikovaného druhu *Apis mellifera* se tyto bezžihadlové včely liší nejen velikostí kolonií, ale také rozdělením kast dělnic a chováním. Meliponini pak můžeme najít v tropických a subtropických regionech, zvláště v jižní Americe, kde jsou jedněmi z nejběžnějších opylovačů (Heard, 1999; Michener, 2000).

Hlavními výhodami pro použití bezžihadlových včel pro cílené opylování za účelem prospěchu člověka, je jejich polylekticita, tedy schopnost sbírat pyl na více druzích či čeledích kvetoucích rostlin. Navíc jsou druhy s touto potravní specializací schopné adaptovat se na nové zdroje lépe než druhy specializované. Sociální chování a tvorba hnízd v dutinách pak umožňuje umístění kolonií do uměle vytvořených specializovaných úlů. Dalším výhodným znakem je, že stejně jako včela medonosná si i tyto druhy včel vytvářejí rezervy potravy v hnízdech, proto sbírají pyl i nad rámec okamžitých potřeb, tudíž umocňují opylování rostlin. Využívání těchto včel a jejich množení by mohlo přispět k zachování biodiverzity a zpomalení úpadku včelích druhů, které je v posledních letech výrazné. Nevýhodou užití bezžihadlových včel jako alternativy *Apis mellifera* je zatím nízká úroveň domestikačních technologií pro tyto druhy, možnost co nejpřesnější replikace jejich nároků na hnízdění (některé druhy vyžadují mízu a mohly by při jejím hledání ničit okolní rostliny), nebo jejich teritorialita, což znemožňuje umístění více kolonií do těsné blízkosti anebo omezené (Heard, 1999).

Dalšími druhy, kterými je možné za určitých podmínek z části nahradit opylovače z rodu *Apis* (nebo minimálně obohatit diverzitu opylovačů) by se mohly stát solitérní druhy z rodu *Osmia*. Využití těchto samotářských včel je důležité hlavně díky poznatku, že jsou schopny mnohem efektivněji opylovat některé druhy rostlin (např. mandle, třešně a jabloně) než jedinci druhu *Apis mellifera*. V jabloňových sadech v Japonsku je proto již mnoho let využívána *Osmia cornifrons*, jejíž velkou výhodou, kterou se liší od včely medonosné je to, že je schopna opylovat za chladnějšího a vlhčího počasí. Další z výhod využití zednice je i schopnost za den navštívit až 4050 květů, zatímco *Apis mellifera* zvládne navštívit jen 720 květů za den (Matsumoto et al., 2009; Pinilla-Gallego et al., 2022). Krom *O. cornifrons* se pak z rodu *Osmia* využívají i druhy *Osmia bicornis* a *Osmia cornuta* (ty se využívají k opylování některých druhů rostlin z čeledi *Brassicaceae*) (Wilkaniac et al., 2004; Teper & Bilinski, 2009). V sadech se nejvíce využívají druhy: *Osmia lignaria* a *O. cornifrons*, díky jejich polylektické specializaci se silnou preferencí pro ovocné stromy (Bosch & Kemp, 2002; Pinilla-Gallego et al., 2022).

Zajímavé je využití druhu *Megachile rotundata* (čalounice vojtěšková). Druh s původem v palearktickém regionu, který byl cíleně introdukován do mnoha regionů na světě (Argentina, Austrálie, Nový Zéland, Kanada atd.) za účelem opylování vojtěšky a některých ostatních rostlin, které se ve velkém pěstují jako krmivo pro užitková zvířata. Její komerční využití je velice známé hlavně v severní Americe, kde se zjistilo, že při řízeném využití této včely (často v kombinaci s *Apis mellifera*) se zvedne produkce vojtěšky až o 50 %. (Michener, 2000). Ačkoliv bylo prokázáno, že mají velký potenciál opylovat i jiné rostliny než jen vojtěšku, například některé druhy borůvek, brusinek nebo mrkve, které jsou úspěšně komerčně opylovány solitérními druhy z rodu *Osmia*, tak se ukázalo, že ačkoliv jsou schopny opylovat v uzavřených skleněných sklenících, tak mají problém v orientaci pod plastovými foliemi (Pitt-Singer et al., 2011).

Jak pro rod *Osmia*, tak i pro rod *Megachile* se pro jejich chov vytvářejí uměle vyrobené hnízdní bloky. Oba rody nemají problém s hnízděním blízko sebe, což umožňuje vytvořit jednu velkou hnízdní strukturu, která bude obsahovat více hnízd. Přirozeně včely z rodu *Osmia*, které se komerčně využívají k opylování, hnízdí ve volných dutinách ve dřevě, rákosu nebo i pod kameny. Uměle vytvořené hnízdní bloky tak simulují tyto dutiny a mohou to být dřevěné bloky s vyvrtanými dutinkami, nebo svazky papírových (popřípadě rákosových či bambusových) brček. Tyto dutinky si včely pak zacpávají hlínou a bahnem. Pro rod *Megachile*, které hnízdí podobně, jako rod *Osmia* v dutinách ve dřevě se dají využívat stejné uměle vytvořené dřevěné bloky s vyvrtanými dutinkami nebo popřípadě je možné u tohoto rodu využívat polystyrenové

bloky s vyvrtnými dutinami, ale ochotně hnízdí i ve svazcích z rákosu. Včely si posléze dutiny vystylají kousky rostlin (Bosch & Kemp, 2002; Mader et al., 2010).

Krom včel se v Evropě již přes 30 let používají ke komerčnímu opylování rostlin také některé druhy čmeláků. Jejich první expanze na trhu se udává v letech 1987–1992, a to v Belgii, Španělsku a Francii. Postupem času se začaly metody jejich použití rozšiřovat i do zbytku světa. V Evropě jsou nyní nejvíce využívány druhy *Bombus terrestris* a *Bombus lucorum* v Asii pak využívají *Bombus ignitus* a v Americe *Bombus occidentalis* a *Bombus impatiens*. Hlavními důvody využití těchto druhů je jejich schopnost: vytvářet velké kolonie a úspěšně se adaptovat uměle vytvořeným podmínkám (Velthuis & Doorn, 2006). Na rozdíl od včel, které se využívají k opylování užitkových rostlin, jsou čmeláci schopni opylovat za nižších teplot a nižší intenzity světla, což umožňuje jejich využití ve sklenících. Tam se využívají zejména k opylování rajčat a malin (Heemert et al., 1990). Jejich výhodou použití je i jejich větší velikost, díky které jsou schopni zachytit a odnést na svém těle více pylu. Za minutu dokonce navštíví více květů než včely a mají menší sklony k agresivitě. Díky těmto vlastnostem jsou proto více doporučovány k opylování v uzavřených prostorách skleníků (Wahengbam et al., 2019). Jejich použití by ale mělo být chráněno bezpečnostními opatřeními proti jejich úniku do přírody, jelikož by mohli ohrožovat přirozené populace (přenos parazitů a nemocí, možná hybridizace). Velký důraz na opatření by se v případě měl klást na použití nepřírodně se vyskytujících druhů na daném území (Chandler et al., 2019).

2.2.4. Dvoukřídlí (Diptera)

Dvoukřídlí jsou jednou z největších a nejvíce diverzifikovaných skupin hmyzu na světě s více jak 160 000 popsánymi druhy rozdělenými do 150 čeledí, z čehož nejméně 71 je opylujících. Bylo potvrzeno až 100 druhů hospodářských rostlin (například mango, kešu, cibule atd.), které jsou z velké části opylovány některými druhy ze skupiny Diptera. V některých částech světa, hlavně v oblastech s velkou nadmořskou výškou (alpínské a subarktické ekosystémy), jsou Diptera hlavní skupinou opylovačů, jelikož vyšší nadmořská výška značně omezuje aktivitu včel (zejména v důsledku nižších teplot) (Kearns 2001; Ssymank et al., 2008). Bylo zjištěno, že závislost blanokřídlých na endotermickém vytváření energie je omezuje v opylování ve vyšších nadmořských výškách a snižuje v těchto lokalitách jejich kompetiční schopnost s druhy z řádů dvoukřídlných a motýlů, kteří se mezi intervaly sběru často vyhřívají na slunci a snižují tak závislost na endotermním získávání energie (Warren et al., 1988).

Z dvoukřídlných opylovačů jsou nejvýznamnější zástupci těchto čeledí: Anthomyiidae, Bibionidae, Bombyliidae, Calliphoridae, Muscidae, Tachinidae a Syrphidae. Malá část druhů je přímo specializovaná ke sběru pylu z kvetoucích rostlin. K tomu mají některé druhy specializované chloupky nebo štětinky, na které se pyl zachytává (Bombyliidae, Acroceridae a Muscidae). Ačkoliv ostatní druhy tyto struktury pro přenos pylu nemají, přesto květy navštěvují kvůli sběru nektaru, a část pylu na nich tak ulpívá. Nejsou nicméně schopni přenášet takové množství pylu jako lépe vybavené včely; také ho ale nepotřebují ve všech stádiích svého vývojového cyklu, protože larvy mnoha druhů dvoukřídlných jsou závislé na jiném příjmu potravy (například aphidofágní larvy požírající mšice nebo saprofágní mrchožravé larvy). Pro opylování přispívají Diptera také tím, že květy využívají nejen jako zdroje potravy, ale také jako místa pro slunění a páření. K nejčastěji zkoumaným skupinám za účelem opylování patří čeleď pestřenkovití (Syrphidae) (Kearns, 2001; Ssymank et al., 2008)

Syrphidae (pestřenkovití): Globálně rozšířená čeleď (až na arktické oblasti a některé vzdálené oceánské oblasti) s 6674 druhy a 284 rody je jednou z nejvíce zkoumaných skupin dvoukřídlných v ohledu na opylování (Dunn et al., 2020). V této čeledi můžeme nalézt druhy s velikostí od 4–25 mm a vzhledově zde najdeme od druhů, které připomínají malé černé mušky nebo druhy kteří napodobují vosy a včely (Courtney, 2017). Bylo zjištěno, že v rámci skupiny Diptera jsou zástupci této čeledi schopni unést mnohem více pylu než ostatní druhy, což z nich dělá jedny z nejdůležitějších opylovačů řádu dvoukřídlných. Na rozdíl od včel (v porovnání s čeleděmi Apidae a Halictidae) nejsou pestřenky schopny unést velké množství pylu, z důvodu absence specializovaných košíčků a pylosběrných chloupků, zato jsou ale schopny přemístit pyl na větší vzdálenosti (až 400 metrů). Výhodou komerční aplikace některých druhů z této čeledi je možnost dvojího využití, kdy dospělci, závislí na příjmu nektaru a pylu, budou využíváni pro opylování, zatímco dravé larvy pestřenek, jejichž hlavním potravním zdrojem jsou mšice, by mohly být využívány jako kontrola populace škůdců. Hlavními druhy s velkým potenciálem ke komerčnímu využití jsou druhy z rodu *Eristalis*, u kterých se ukázaly pozitivní výsledky při jejich experimentálním využití pro opylení paprik ve sklenících (Dunn et al., 2020).

2.2.5. Motýli (*Lepidoptera*)

Motýli jsou další druhově bohatou skupinou opylovačů. Bylo popsáno na 180 000 druhů, což odpovídá přibližně 10 % všech hmyzích druhů. Většina dospělých jedinců je závislá na nektaru z kvetoucích rostlin nebo z něho prosperuje, avšak ne všichni motýli, kteří navštěvují květy, jsou opylovači (Warren et al., 1988). Díky své rozmanité aktivitě (rozlišujeme motýly denní, noční a večerní – krepuskulární) navštěvují motýli kvetoucí rostliny prakticky neustále (Travers et al., 2011). Z denních motýlů kvetoucí rostliny nenavštěvují všechny druhy, ale pouze druhy s ústním ústrojím, které se vyvinulo do podoby dlouhého, úzkého sosáku, díky kterému jsou schopni přijímat tekutou potravu, kterou získávají z květů. Z nejčastěji uváděných druhů opylujících denních motýlů jsou druhy z čeledí: Danaidae, Nymphalidae, Papilionidae, Pieridae, Hesperidae a někteří samci z čeledi Lycaenidae (Reddi et al., 1984). Krom nektaru se také některé druhy z rodu *Heliconius* (čeleď Nymphalidae) přiživují pylem, kterým si obohacují svoji stravu o aminokyseliny, a tím výrazně zvyšují vlastní reprodukční schopnosti. Jednou z výhod opylování motýly je fakt, že motýli často migrují na velké vzdálenosti (někdy až 4500 kilometrů), čímž přenášejí pyl i na vzdálené rostliny a přispívají tak k vyššímu biologickému fitness opylovaných rostlin (Ghazanfar et al., 2016).

2.3. Asteraceae a včelí specialisti

Hvězdicovité jsou jednou z druhově nejpočetnějších čeledí kvetoucích rostlin na světě s více jak 25,000 druhů v 1600 rodech. Rozšíření mají po celém světě s výjimkou arktických oblastí a v menším množství se vyskytují v tropických oblastech. Vyskytují se v mnoha ekosystémech, ale hlavně v nížinách, lesích a hojně se vyskytují i v městských oblastech. V takto velké skupině můžeme najít hojnou morfologickou diverzitu, kdy zástupce lze najít v podobě vytrvalých bylin, keřů nebo dokonce i velkých stromů, jako je například *Vernonia arborea* z Malajsie (Rolnik & Olan, 2021). Velké množství druhů s sebou nese i velkou potřebu opylovačů, které lákají svými pestrými květy. Často najdeme druhy včel, které se právě na sběr z hvězdicovitých rostlin specializovaly oligolekticky, nebo zde najdeme polylektické zástupce, s preferencí na hvězdicovité (Michener, 2000). Celkově se udává, že většina druhů oligolektických a monolektických včel specializovaných na Asteraceae se nachází v čeledích Andrenidae a Megachilidae (Bogusch et al., 2020). K těmto specialistům patří například *Lasioglossum lustrans*. Jedná se o druh včely z čeledi Halictidae, který se vyskytuje v jihovýchodní části Ameriky (opyluje z hvězdicovitých rostlin rodu *Pyrrhopappus*). Z čeledi Halictidae se na hvězdicovité specializují také včely rodu *Dieunomia*, vyskytující se v severní a střední části Ameriky. Nebo například některé druhy z čeledi Andrenidae, například *Perdita hyalina*, která se vyskytuje v západní části spojených států (Michener, 2000). Do zástupců specialistů na území České republiky můžeme zařadit kriticky ohrožený druh včely z čeledi Megachilidae, *Lithurgus cornutus* (Güler & Sorkun, 2007). Nebo zástupci z čeledi Andrenidae, například *Andrena denticulata*, *Panurgus banksianus*, *Panurgus calcaratus*. Na území České republiky se také nachází velká část specializovaných včel na hvězdicovité, které patří do čeledi Colletidae. Například *Colletes daviesanus*, *Colletes fodiens* nebo *Colletes similis* (Pekkarinen, 1997; Westrich, 1989).

U těchto rostlin však vzniká takzvaný „hvězdicovitý paradox“, kdy kromě morfologických adaptací květu, obsahuje mnoho rostlin z této čeledi pyl, který je chudý na proteiny a obsahuje látky, které ho činí méně stravitelný. Obě tyto adaptace jsou výsledkem dlouhého vývoje vztahů rostlina-opylovač. Jedná se o obranu rostlin proti velkým ztrátám pylu, který by vznikal nadměrným opylováním, a rostliny tímto způsobem zužují spektrum svých opylovačů. Mnoho specializovaných opylovačů se tak muselo adaptovat k opylování těchto rostlin a vyvinout si schopnost efektivně natrávit jejich pyl (Müller & Kuhlmann, 2008; Vanderplanck et al., 2020).

3. Metodika

3.1. Popis sledovaných lokalit

Odchyt hmyzu probíhal na 10 vybraných lokalitách na území CHKO Orlické hory, kde v posledních letech dochází ke značnému rozšíření kolotočníku ozdobného. Lokality s hojným výskytem kolotočníku byly vybrány na základě informací poskytnutých pracovníky Správy CHKO Orlické hory, některé lokality byly pak doplněny vlastním hledáním v rámci oblasti. Cílem bylo aplikovat odchvy hmyzu ve dvou termínech, a to mezi měsíci červenec a srpen; tedy v době kvetení kolotočníků a největší aktivity opylovačů. Dny odběru byly zvoleny tak, aby bylo na zkoumaných lokalitách přes 20 °C a pokud možno slunečné počasí, a tím byla zajištěna co možná nejvyšší aktivita opylovačů a dostatečné množství materiálu pro budoucí interpretaci výsledků.

Na všech zkoumaných lokalitách byl proveden odchyt veškerého hmyzu přímo z květenství kolotočníků pomocí entomologické sítě. Odchyt probíhal minimálně 30 minut a cílem bylo odchytit všechny jedince blanokřídlých, kteří se na květech vyskytovali. Po příjezdu na lokalitu byl nejprve prováděn odchyt pomocí entomologické sítě. K tomu bylo nejprve potřeba rostliny pozorovat a následně smýkat pouze hmyz, který se zdržoval na květech kolotočníků, aby se zabránilo případnému sběru druhů, které se v okolí pouze náhodně vyskytovaly a kolotočník neopylovaly. Odchycení opylovači byli přesunuti do předem připravených zkumavek naplněných technickým lihem, kde byli uchováni pro pozdější přesnou determinaci. Výjimkou byla pouze včela medonosná (*Apis mellifera*), která jakožto nepůvodní druh nebyla studována. Dále nebyla odchycena většina čmeláků, ale byli jen zapisováni do připraveného škrtačku. Odchycení a usmrcení byli jen čmeláci, které nebylo možné determinovat přímo v terénu (jednotky až nižší desítky jedinců).

Následně byl proveden odchyt hmyzu pomocí z Moerickeho pastí. Pro tuto metodu odchytu byly připraveny speciální odchytové nádoby. V tomto případě byly použity konzumní plastové misky, které byly nabarveny tak, aby co nejlíže simulovaly žlutou barvu květů kolotočníku (sprejová syntetická barva RAL6200). Tyto misky byly položeny mezi porosty kolotočníků nebo do jejich blízkosti a naplněny předem namíchaným roztokem vody, soli a malého množství mycího prostředku na nádobí. Tento roztok měl za úkol urychleně usmrtit a uchovat všechny druhy opylovačů bez poškození do doby, než došlo k opětovnému sesbírání misek a nachytaný materiál byl dále zpracován. Na každou lokalitu bylo takto rozmístěno 10 pastí, které zde pak byly ponechány 2-3 dny pro dosažení co nejvyššího dosažení dostatečného množství do nich odchyceného hmyzu. Při sběru misek byly odchycené druhy opylovačů promyty čistou vodou a uloženy do zkumavek s lihem, který je schopen uchovat materiál po delší dobu, aniž by se porušil exoskelet odchycených druhů a nebyly tak porušeny určovací znaky, čímž by se materiál stal pro vyhodnocení výsledků bezcenný. Celkově měl být tímto způsobem odběru teoreticky získán materiál z 200 misek (2x 10 misek na deseti lokalitách). Z celkového počtu bylo 28 misek ztraceno, a to převážně likvidací zemědělskými stroji (v době mezi položením a opětovným sběrem misek byly 2 lokality posekány). Například z lokality T7 bylo v jednom termínu odběru ztraceno všech 10 misek a z lokality T5 5 misek.

3.2. Tabulka lokalit s GPS souřadnicemi a daty sběru

Do tabulky níže byla zanesena data zkoumaných lokalit; přesné souřadnice a název obce, kde se lokality nacházely. Položení a sběr pastí proběhl ve dvou etapách: první se uskutečnila ve dnech 18.-21. 7. 2022, druhá pak 26.-28. 8. 2022, tedy v době, kdy kolotočnický již začaly hromadně kvést, a pak v době těsně před odkvétáním. Tyto dvě fáze jsou v tabulce označeny jako „První sběr“ a „Druhý sběr“. Při každém tomto sběru byl získán materiál z individuálního množství misek; část jich totiž byla různými způsoby ztracena (například v lokalitě T7 – Zdobnice, došlo během prvního sběru k nečekanému sečení lokality, při čemž byly všechny misky zničeny). Se ztrátou některých misek se počítalo a byl tomu přizpůsoben i jejich celkový počet, nebylo tudíž třeba sběry opakovat.

Tab.1: GPS data jednotlivých lokalit s daty sběru a počty zachovaných misek

Lokalita	X	Y	Obec	První sběr	Druhý sběr
T1	16.4332756	50.216005 8	Říčky	10	10
T2	16.4325225	50.210590 8	Říčky	10	10
T3	16.4501072	50.209386 9	Říčky	8	9
T4	16.4547917	50.217006 7	Říčky	10	10
T5	16.4065872	50.244716 7	Zdobnice	5	7
T6	16.4047453	50.229912 8	Zdobnice	10	10
T7	16.4028628	50.217380 6	Zdobnice	0	10
T8	16.4024586	50.199018 9	Zdobnice	10	8
T9	16.4238144	50.190110 8	Souvlastní	9	10
T10	16.3795725	50.236800 8	Kačerov	10	6

3.2.1. Doplnkový popis lokalit

T1

Zde se jednalo o území louky poblíž vesnice Říčky směrem na Zdobnici. Zdejší porosty kolotočníků se vyskytovaly ve větším množství hlavně na okrajích lesa, který území ze dvou stran obklopuje. Celková plocha lokality byla 642 m².

T2

Na tomto místě byla lokalita ze dvou stran olemována lidskou infrastrukturou (chatka, silnice). S největší pravděpodobností byla i sekána a využívána jako zahrada a z velké části zde byl jen porost nízkého trávníku se sporadicky kvetoucími lučními rostlinami. Kolotočníky se na tomto místě nacházely hlavně podél silnice v mělkém příkopu a podél protější strany lokality u vyšlapané cesty směrem k chatce. Pasti se položily nejen pod kolotočníky, ale také z malé části na trávník (absence kvetoucích rostlin na zeleném trávníku by v teorii měla přilákat více opylovačů na žluté misky). Celková plocha lokality 1047 m².

T3

Lokalita T3 byla jednou z rozsáhlejších lokalit a v hustém porostu lučního kvítí a vysokých travin se zde nacházelo hojné množství kolotočníků. Kolotočníky se zde nevyskytovaly ve větších porostech, ale spíše jako samostatně rostoucí rostliny. Při sběru misek byla lokalita z části posekána a druhý sběr tam musel být posunut o pár metrů výše na louku podobného charakteru. Celková plocha lokality 1053 m².

T4

Jde o lokalitu, která se vyskytuje poblíž obce Říčky, přesněji u chalupy Nová Hájovna. Kolotočníky zde rostou sporadicky na malé loučce vedle hájovny, ale také ve větších trsech podél cesty a parkoviště. Pasti byly položeny spíše pod větší trsy a 4 misky byly umístěny mezi porost louky. Celková plocha lokality 412 m²

T5

Lokalita T5 se nachází přímo ve středu v obce Zdobnice. Kolotočníky se zde vyskytují v podélných porostech a zastávají zde funkci okrasných rostlin, pěstovaných v předzahrádkách). Zdejší porosty rostlin jsou tak silně ovlivněné člověkem, který toto místo využívá jako relaxační zónu. Celková plocha lokality 112 m².

T6

Další z menších lokalit, které se nachází v obci Zdobnice. Kolotočníky se zde nacházely pouze na malém místě u říčky Zdobnice, které lokalitu z jedné strany lemuje. Misky bylo možné nasažit pouze na malé ploše kolem zdejšího porostu, jelikož část lokality byla zasypána stavebním materiálem. Celková plocha lokality 123 m².

T7

Lokalita se nachází na začátku obce Zdobnice. Z jedné strany je obehnána svahem se silnicí a na druhé říčkou Zdobnicí. Jedná se o louku, kde se porosty *Telekia speciosa* nacházely ve velkých shlucích (největší množství ze všech lokalit). Bylo očekáváno velké množství nachytaného materiálu. Bohužel celá tato lokalita byla posekána a výsledky zde bylo možné odebrat až při druhém sběru. Celková plocha lokality 622 m².

T8

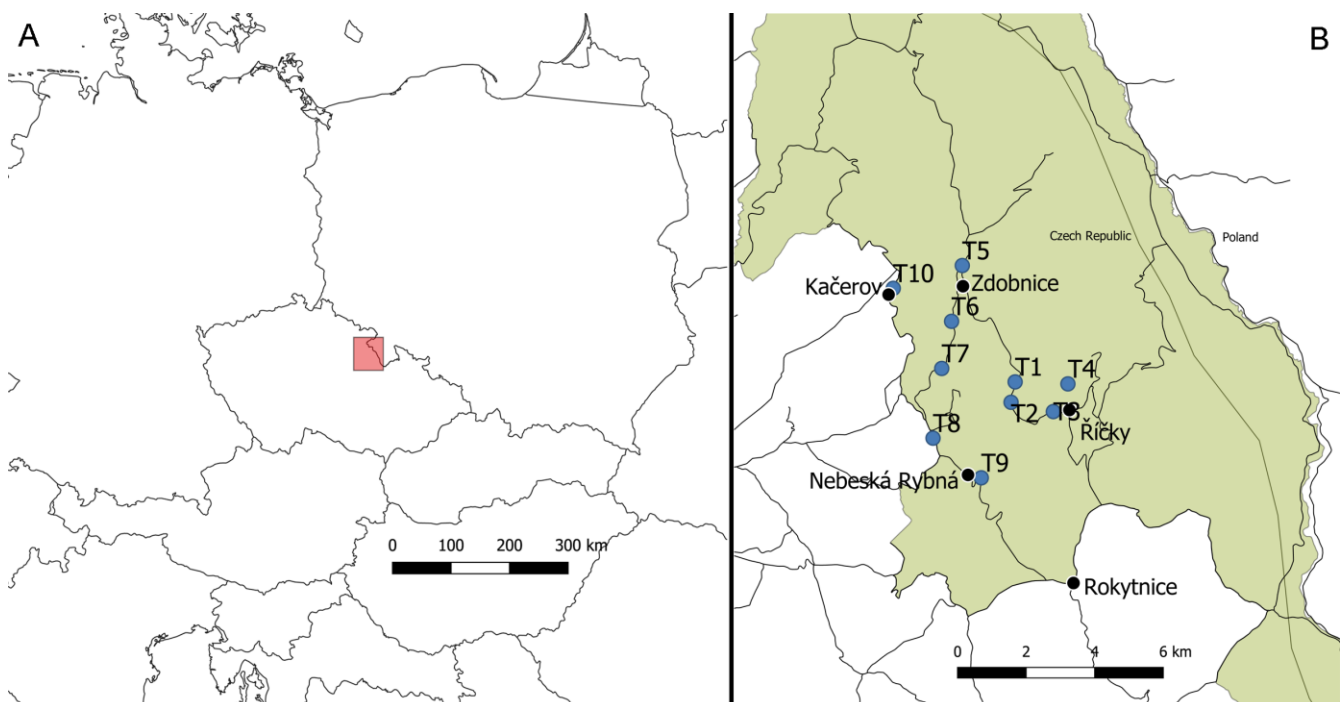
Stejně jako předchozí lokalita T7 je i lokalita T8 obklopena říčkou Zdobnicí z jedné strany a silnicí ze strany druhé. Trsy kolotočnicku na i tomto místě rostly ve větším množství, jejich umístění bylo na rozdíl od předešlé T8 více na okrajích u silnice, ale i na okrajích říčky. Celková plocha lokality 590 m².

T9

Zde se lokalita nachází u obce Nebeská Rybná. Kolotočník se zde vyskytuje nahodile v porostech louky. Lokalita je obklopena lesem a říčkou Zdobnicí. Okolní lesy zde zadržují velké množství vlhkosti a kolotočníky se díky tomu úspěšně rozrůstají. Celková plocha lokality je 516 m².

T10

Lokalita T10, poblíž obce Kačerov se vyskytuje mezi lesem a mírným svahem, díky tomu je lokalita dost slunná. *Telekia speciosa* se na tomto místě rozrůstá ve velkých a vysokých shlucích. Část lokality je využívána jako část zahrádky pro přilehlé domy a je zde udržován nízký trávník. Misky byly položeny mezi porosty kolotočníky, ale také podél hranice, kde se vzhled louky mění na nízký trávník. Celková plocha lokality 577 m².



Obrázek 2: Odběrové lokality. Autor: doc. Mgr. Petr Bogusch, Ph.D.

3.3. Zpracování odebraných dat

Zpracování nasbíraného materiálu proběhlo v laboratoři na Univerzitě Hradec Králové. Hmyz byl nejprve určen a roztríděn do řádů. Skupiny jasně neopylující a náhodně spadlé do pastí (např. plži, pavouci, střeplíci apod.) byly bez další determinace vyřazeny. Roztrídění probíhalo pomocí jemné entomologické pinzety, aby bylo třídění co nejšetrnější a nedošlo tak k poškození určovacích znaků jednotlivých jedinců. Jedinci zbylých řádů byli přesunuti do předem připravených epruvet s technickým lihem. Každá epruveta byla poté opatřena popiskem, na kterém bylo napsáno jméno příslušného řádu s lokalitou, ze které byl materiál odchycen. Ze zpracovaného materiálu bylo zpracováno největší zastoupení řádů dvoukřídlí (Diptera) a blanokřídlí (Hymenoptera), naopak velmi malé zastoupení bylo pozorováno u řádů rovnokřídlí (Orthoptera) a brouci (Coleoptera). Pro účely této práce se výzkum zaměřil jen na zástupce řádu blanokřídlých.

Takto zpracované a popsané zkumavky byly uloženy do lednice a uchovány pro přesné určení druhu. Pro správné určení jednotlivých druhů byl roztríděný materiál předán do rukou doc. Mgr. Petru Boguschovi, Ph.D., který jejich obsah spolehlivě určil.

Další zpracování a vyhodnocení výsledků probíhalo ze získaných a určených dat. Byla vytvořena tabulka se seznamem zaznamenaných druhů na květenstvích kolotočníků a v Moerickeho miskách a počty jedinců každého druhu. Z těchto dat byly vypočteny v programu PAST 4.3 indexy diverzity (Shannon-Wienerův a Simpsonův index), odhad druhové početnosti (Chao-1 estimator) a vytvořeny rarefakční křivky. Dále byl vypočten Sørensenův index podobnosti pro oba vzorky.



Obrázek 3: Barevná miska. Autor: Adéla Bubeníčková

4. Výsledky

4.1. Zhodnocení druhů z datových setů

Celkově bylo pomocí obou typů sběru odchyceno 905 jedinců v 98 druzích blanokřídlého hmyzu. Při odchyty z květů kolotočnicku bylo odebráno 39 druhů v počtu 604 jedinců, z nichž nejpočetnější byli čmeláci *Bombus lucorum* v počtu 89 jedinců, *Bombus sylvestris* v počtu 84 jedinců a *Bombus pascuorum* v počtu 76 jedinců. Ze včel byly nejpočetnější druhy *Heriades truncorum* v počtu 21 jedinců, *Lasioglossum calceatum* v počtu 19 jedinců a *Megachile ligniseca* v počtu 18 jedinců. Skupina ostatní blanokřídlí byla v případě odchyty z kolotočníků zastoupena šesti druhy, kdy každý z nich byl odchycen v počtu jednoho jedince. Při odchyty pomocí Moerickeho pastí bylo posbíráno 59 druhů v počtu 301 jedinců, z čehož z čmeláků byl nejhojněji zastoupený druh *Bombus pascuorum* v počtu 22 jedinců a *Bombus soroeensis* v počtu 15 jedinců, zbytek druhů byl zastoupen jedním či dvěma jedinci. Ze skupiny včel byly nejpočetnější druhy *Seladonia tumulorum* v počtu 28 jedinců a *Panurgus banksianus* v počtu 20 jedinců. Z ostatních blanokřídlých byly nejpočetnější druhy *Vespula vulgaris* v počtu 71 jedinců (celkově nejpočetnější druh vůbec), poté *Vespula rufa* a *Priocnemis hyalinata*, kdy oba tyto druhy měly po osmi jedincích. Počet odchycených jedinců ze skupiny čmeláků z kolotočníků převažoval 5x počet odchycených včel, naopak počet odchycených včel odchycených pomocí barevných misek 1,6x převažoval počet takto odchycených čmeláků.

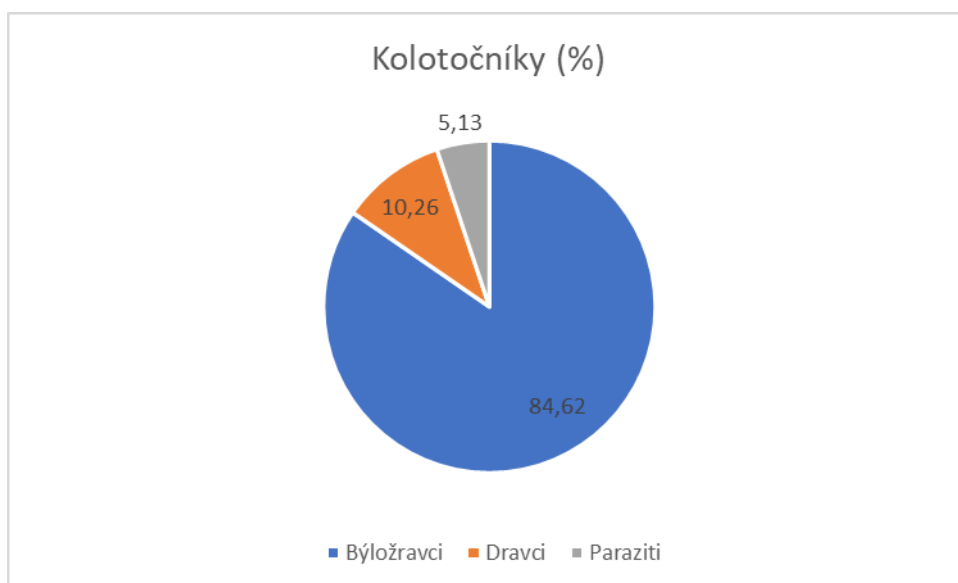
Včel, specializovaných na sběr z hvězdicovitých bylo nalezeno šest druhů, z čehož nejpočetněji odchycenými druhy byly: *Heriades truncorum* v počtu 21 jedinců a *Andrena denticulata* v počtu 15 jedinců. Oba druhy byly odchyceny pomocí metody smyku z kolotočníků. Pomocí metody odchyty pomocí Moerickeho pastí byl v největším počtu odchycen druh *Panurgus banksianus*, a to v počtu 20 jedinců. Další odchycené druhy specializované na hvězdicovité byly: *Panurgus calcaratus*, *Colletes daviesanus* a *Osmia leaiana*.

Z hlediska ochranný významných druhů dle červeného seznamu (Hejda et al., 2017) byl odchycen jeden druh se zařazením „kriticky ohrožený“, a to *Ectemnius lituratus*, dva druhy z kategorie „ohrožený“: *Argogorytes mystaceus* a *Lasioglossum semilucens* a šest druhů zařazených v kategorii „zranitelné“, čtyři z toho byly rodu *Bombus*, (*B. humilis*, *B. hypnorum*, *B. quadricolor* a *B. wurflenii*) a dalšími dvěma druhy byly: *Nomada rufipes* a *Halictus sexcinctus*.

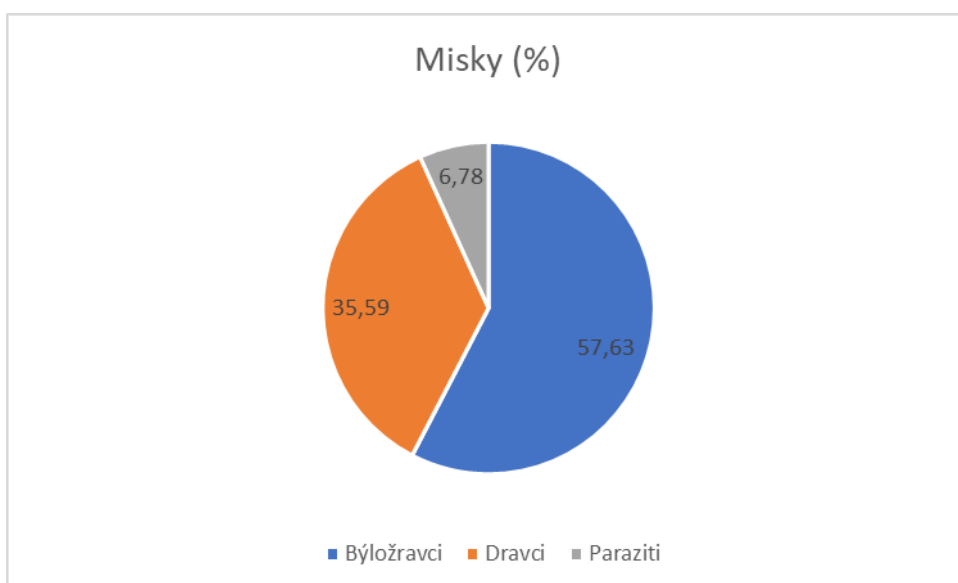
4.2. Druhy v rozdělení na: býložravce, dravce, parazity

Níže zobrazené **graf 1.** graficky zobrazuje všechny odchycené druhy na kolotočnicku s rozdělením do skupin na býložravce (včely), dravce (vosy, kutilky) a parazity včetně kleptoparazitů (zlatěnky, kukaččí včely a některé kutilky). Býložravci jsou majoritní skupinou u sběru z kolotočníků a zabírají 84,62 % z celkového počtu druhů, díky velkému zastoupení druhů z rodu *Bombus*. Dravci v tomto případě zahrnovali přes 35,59 % druhů a nejméně zastoupenou skupinou byli paraziti, kteří čítali 6,78 % z celkového počtu odchycených druhů. **Graf 2.** zobrazuje všechny odchycené druhy ve stejném rozdělení jako graf 1. (býložravci, dravci, paraziti). V tomto případě vychází počty býložravců stále majoritně, ale v menším počtu než

odchycené druhy na kolotočnicích, a to v počtu 57,63 %. Pomocí metody Moerickeho pastí vychází počet dravců vyšší než počet na kolotočnicích a čítá 35,59 % z celkového počtu odchycených druhů. Odchyt parazitů byl v případě barevných misek opět úspěšnější než jejich odchyt na kolotočnicích a vycházel jako 6,78 % parazitů z celkového počtu odchycených druhů.



Graf 1: Procentuální zastoupení druhů ze smyku z květů, s rozdělením na býložravce (včely), dravce (vosy, kutilky) a parazity včetně kleptoparazitů (zlatěnky a některé kutilky).



Graf 2: Procentuální zastoupení druhů z odchyty z Moerickeho misek s rozdělením na býložravce (včely), dravce (vosy, kutilky) a parazity včetně kleptoparazitů (zlatěnky a některé kutilky).

4.3. Zhodnocení hodnot diverzity

Pro další zpracování dat se vypočítal Sørensenův index podobnosti, který se používá pro určení podobnosti mezi dvěma sety dat mezi dvěma lokalitami nebo dvěma typy odběru. Hodnota stanovená tímto indexem činila 0,475; tuto hodnotu můžeme pro lepší představu převést na procenta a vzniká tak Sørensenův koeficient s hodnotou 47,5 %. Z toho vychází, že oba typy sběru si jsou z 47,5% podobné a sdílí téměř polovinu odchylených druhů. Pro určení teoretického rozsahu diverzity opylovačů na stanovištích se byl využit program PAST 4.3, který ze zadaných dat vypočítal hodnotu Chao-1. Jedná se o estimátor druhové bohatosti, který určuje ze zadaných dat teoretický počet taxonů. Teoretický počet taxonů na stanovištích s kolotočником spočítaný pomocí programu Chao - 1 činil 144 taxonů blanokřídlého hmyzu. Při zpracování dat z Moerickeho pastí pak vychází Chao-1 v hodnotě 84 taxonů blanokřídlého hmyzu. Teoretický počet taxonů a tím i vyšší diverzity podle Chao-1 vychází vyšší u metody sběru z květů kolotočniku.

Pro další zpracování bylo využito dvou druhů indexů alfa diverzity. Prvním je Simpsonův index diverzity (SDI), který poukazuje na dominanci druhů. Je definován jako pravděpodobnost, že dva náhodně vybraní jedinci budou patřit do stejného druhu. Výhodou tohoto indexu je, že bere v potaz celkový počet druhů v odběru (druhová bohatost), ale i relativní početnost každého druhu (druhovou vyváženost). Index nabírá hodnot od nuly do jedné, kdy vyšší hodnota ukazuje vyšší diverzitu. V případě použitých dat z kolotočníků a misek poukazují obě výsledné hodnoty na vysokou diverzitu (**viz tab. 2**). Výsledek interpretovaný v procentech ukazuje 91 % šanci, že dva náhodně vybraní jedinci z hodnocených souborů dat budou každý patřit do jiného druhu a 9% šance, že dva náhodně vybraní jedinci budou patřit do stejného druhu.

Druhým použitým indexem diverzity je Shannon-Wienerův index, který určuje vyrovnanost abundancí jednotlivých druhů. Index nabírá hodnot od nula do pěti, kde opět platí že čím vyšší je index tím vyšší je diverzita stanoviště. Na rozdíl od Simpsonova indexu má vyšší rozptyl hodnot a vyhodnocuje tak, že pokud je hodnota indexu pod 1,5 jedná se o oblast s nízkou diverzitou, hodnoty v rozmezí 1,5 až 2,5 mají středně vysokou diverzitu a hodnoty nad 2,5 naznačují o vysoké diverzitě. Výsledné hodnoty ze souborů dat z kolotočníků a misek vychází nad hodnotou 2,5 a udávají tak vysokou druhovou bohatost.

Při porovnání výsledků z indexů diverzity Simpson a Shannon - Wiener vychází, že oba soubory zpracovaných dat poukazují v obou indexech na vysokou diverzitu. Ve výsledcích z Simpsonova indexu, že diverzita vychází o 0,0025 hodnoty vyšší u sběru přímo z květů kolotočníků a udává tím nepatrně vyšší dominanci druhů při této metodě sběru. Shannon - Wienerův index vychází z obou souborů dat s rozdílem hodnoty o 0,333 vyšší pro výsledky z odběru z Moerickeho pastí. I s tímto rozdílem poukazují obě hodnoty na vysokou diverzitu, ale vyšší vyrovnanost druhů v odběru pomocí metody Moerickeho pastí.

Tab.2: Zhodnocení dat za použití indexu diverzity Simpson a Shannon-Wiener společně s estimátorem rozmanitosti Chao-1

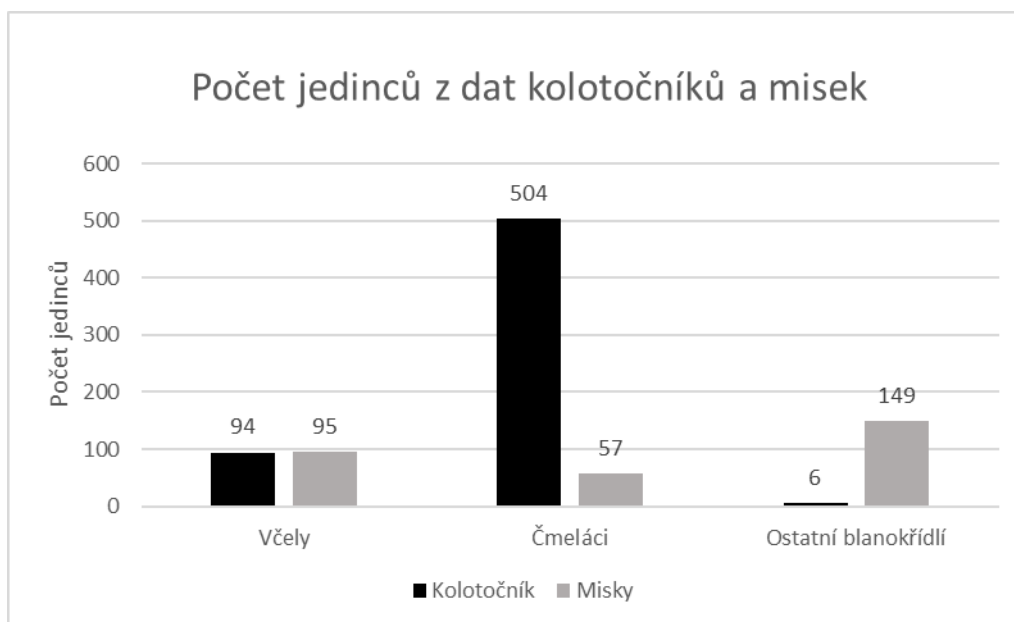
	Kolotočnický	Pasti
Počet jedinců	604	301
Počet druhů	39	59
Chao-1	144	84
Simpson_1-D	0,9178	0,9153
Shannon_H	2,853	3,186

4.4. Počet druhů v rozdělení do skupin: čmeláci, včely a ostatní blanokřídlí

Níže zobrazený **Graf 3.** nám poukazuje na rozdíl v počtu druhů spadajících do skupin včel, čmeláků a ostatních blanokřídlých (například vosy a zlatěnky), které byly odchyceny pomocí dvou rozdílných metod. Metodou pomocí barevných misek bylo odchyceno pouze 8 druhů čmeláků, 32 druhů včel a 15 druhů ostatních blanokřídlých. Naopak metodou odchyty z květů bylo odebráno 18 druhů čmeláků, 15 druhů včel a 6 druhů ostatních blanokřídlých. Metoda barevných misek tak úspěšnější v odchyty včel a ostatních blanokřídlých, a to o víc jak polovinu počtu druhů z obou skupin (u včel byl odchyt o 56 % druhů vyšší a o ostatních blanokřídlých byl o počet druhů vyšší o 60 %). Vyšší úspěšnost odchyty z květů kolotočnicku byla pouze v případě čmeláků, kdy počet odchycených druhů byl o 50% vyšší. **Graf 4.** zobrazuje opět skupiny včely, čmeláci a ostatní blanokřídlí, ale zobrazuje počet jedinců v těchto skupinách. I v tomto případě byla metody smyku z kolotočnicků úspěšnější a skupina čmeláků odchycených touto metodou značně převažuje počet jedinců, kteří byli odchyceni pomocí Moerickeho pastí, a to až o 89. Skupina včely byla v tomto případě, bez jednoho jedince z odchyty smykem z květů, vyrovnána. U skupiny ostatní blanokřídlí byla na odchyt jedinců úspěšnější metoda odchyty Moerickeho misek, a to o 96 %.

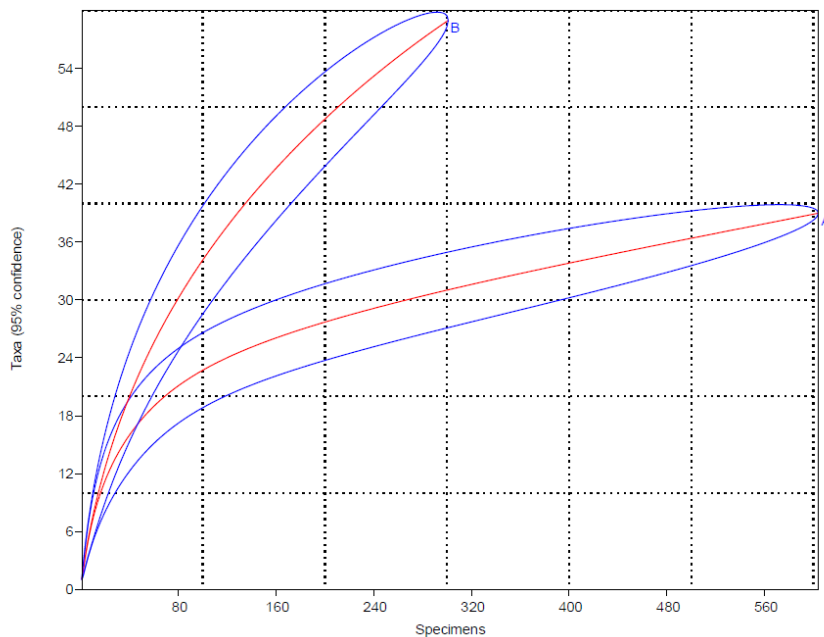


Graf 3: Počet druhů včel, čmeláků a ostatního blanokřídilého hmyzu odchyceného na kolotočnicích a pomocí barevných misek.



Graf 4: Počet jedinců ze skupin včel, čmeláků a ostatního blanokřídilého hmyzu odchyceného na kolotočnicích a pomocí barevných misek.

4.5. Interpretace výsledků pomocí křivky rarefakce



Graf 5. Křivka rarefakce s počtem jedinců na ose x a počtem druhů na ose y. Křivky zobrazují testovací metody, kdy křivka A je metoda sběru z květu kolotočníku a metoda B zobrazuje metodu Moerickeho pastí. Osa X udává počet jedinců a osa Y počet druhů.

Výše zobrazený **graf 5.** zobrazující křivky rarefakce se využívá k zobrazení druhové rozmanitosti z datových setů. Jak je patrné z grafu, data sesbíraná metodou smyku z květů kolotočníku (křivka A) byla bohatší na jedince ale chudší na druhy, což vyznačuje nižší diverzitu, než je u dat z barevných misek (křivka B). Charakter křivky B poukazuje na méně jedinců z datového setu ale více odchycených taxonů a vyznačuje tak o polovinu vyšší diverzitu v porovnání s křivkou A.

5. Diskuse

Cílem této práce bylo zjistit diverzitu druhů blanokřídlého hmyzu na kolotočnicku ozdobném (*Telekia speciosa*) na deseti vybraných studovaných lokalitách v CHKO Orlické hory. Kolotočnick ozdobný byl pro účely této práce vybrán z důvodu, že se jedná o invazivní rostlinu, která se postupně rozšiřuje v mnoha zemích Evropy, ale nezpůsobuje lokální extinkci přirozených taxonů, pouze je potlačuje (IUCN, 2020; Pyšek et al., 2022). Navíc se jedná o rostlinu z čeledi Asteraceae, na které se potravně specializuje mnoho druhů blanokřídlého hmyzu a jeho výskyt v CHKO Orlické hory by mohl poskytovat těmto specializovaným druhům další zdroj potravy (Westrich, 1989).

Na květenstvích kolotočníků bylo odchyceno 39 druhů blanokřídlých v celkem 604 jedincích. Jednoznačně nejpočetnější skupinou byli čmeláci, kterých bylo smýkáním odchyceno 18 druhů v celkovém počtu 504 jedinců. Většina druhů čmeláků odchycených tímto způsobem čítala řádově desítky odchycených jedinců. Nejpočetnějším druhem byl *Bombus lucorum* v počtu 89 jedinců; naopak nejméně početnými se staly druhy *Bombus quadricolor* a *Bombus hypnorum*, u nichž byl v obou případech odchycen pouze 1 jedinec. V případě práce Bubeníčkové (2021), kde byli odchytáváni čmeláci na kolotočnicku na stejných lokalitách, byl nejhojněji zastoupen druh *Bombus sylvestris* v počtu 37 jedinců (24,8 % z celkového počtu odchycených čmeláků), následovaný *Bombus terrestris* v počtu 25 jedinců (16,8 % z celkového počtu odchycených čmeláků). V porovnání s našimi výsledky můžeme vidět, že druhy byly odchyceny i v této práci ve velkých počtech *B. sylvestris* (84 jedinců – 16,7 %) a u *B. terrestris* (58 jedinců – 11,5 %). To může poukazovat na změnu druhové skladby čmeláků, kdy v roce 2021 byl, podle výsledků Bubeníčkové, na kolotočnicku dominantní druh *B. sylvestris* ve velkém počtu jedinců oproti celkovému počtu odchycených jedinců. V roce 2022 byl podle výsledků z této práce na kolotočnicku dominantní druh *B. lucorum*, který zaujímal 17,7 % z celkového počtu odchycených jedinců.

Ostatních včel (kromě včely medonosné, která nebyla studována) bylo celkem 15 druhů, avšak v počtu jedinců poměrně nízkém v porovnání se čmeláky; pouze 94 jedinců. Druhy zde byly poměrně nerovnoměrně zastoupeny; často byly totiž zastoupeny pouze jedním jedincem. Výjimku tvořily čtyři druhy, které byly početnější: *Heriades truncorum* (21 jedinců), *Lasioglossum calceatum* (19 jedinců), *Megachile ligniseca* (18 jedinců) a *Andrena denticulata* (15 jedinců). Druhy *L. calceatum* a *M. ligniseca* patří mezi polylektické včely. První jmenovaný druh se v na území České republiky vyskytuje hojně po celém území, druhý je typickým druhem podhorských oblastí. Jejich početnost na kolotočnicích lze vysvětlit právě jejich běžným výskytem, ale také polylektickou specializací, kdy sbírají pyl a nektar z více rostlinných taxonů (Westrich, 1989). Nicméně samice druhu *L. calceatum*, ačkoliv se přímo neřadí do druhů mesolektických (druhy se silnou preferencí), často opylují z rostlin z čeledi Asteraceae, což mohlo být příčinou častějšího výskytu jedinců tohoto druhu na kolotočnicích (Wood et al., 2016). Co se týče druhu *M. ligniseca*, mnoho druhů rodu *Megachille* má často preferenci ke sběru z hvězdnicovitých, avšak *M. ligniseca* je udávána jako čistě polylektická bez známé preference. Ve velkém počtu byly odchyceny i druhy *H. truncorum* a *A. denticulata*, včely s oligolektickou

specializací na hvězdicovité rostliny, což vysvětluje velký počet odchycených jedinců na kolotočnicku. Ostatních blanokřídlých bylo odchyceno pouze 6 druhů po jednom jedinci.

Do Moerickeho pastí v podobě žlutě nabarvených misek se chytilo 59 druhů, což je o 20 více než za použití metody odchyty smykem pomocí entomologické sítky. U této metody tvořil počet čmeláků v porovnání s metodou smýkání relativně malou část materiálu; celkem osm odchycených druhů v počtu 57 jedinců. Důvodem může být fakt, že čmeláci na kolotočnicku z větší části nesbírají pyl, ale pouze se na květech přikrmují nektarem. V tomto případě by tato teorie vysvětlovala, proč je tak velký rozdíl v počtu jedinců odchycených z květů a počtu jedinců, kteří byli odchyceni na žlutých miskách. K tomuto závěru došla ve své bakalářské práci i Bubeníčková (2021), která při studiu čmeláků na květenstvích kolotočnicku zjistila, že pouze malý počet odchycených dělnic čmeláků na sobě nesl pyl z kolotočnicků. Je však možné, že by se výsledky počtu čmeláků v miskách mohly výrazně lišit, pokud by Moerickeho pasti byly umístěny do výšky jednoho metru, aby se ocitly přibližně na úrovni květenství kolotočnicků. Tato metoda se udává jako úspěšnější pro odchyt čmeláků oproti miskám umístěným na zemi (Monsevičius, 2004). V miskách tedy byly v nejhojnějším počtu zastoupeny druhy čmeláků *Bombus pascuorum* (22 jedinců) a *Bombus soroeensis* (15 jedinců), zbytek druhů byl zastoupen 1-6 jedinci. Nutno podotknout, že pomocí barevných misek nebyl odchycen žádný druh čmeláka, který by již nebyl odchycen předešlou metodou smyku.

Metoda pastí však byla velice úspěšná na odchyt druhů včel a ostatních blanokřídlých (vosy, zlatěnky, kutilky atd.). Bylo odchyceno 32 druhů včel (95 jedinců) a 24 druhů (149 jedinců) ostatních blanokřídlých. Z toho nejvíce zastoupenými druhy byly: *Seladonia tumulorum* (28 jedinců) a *Panurgus banksianus* (20 jedinců). Velké množství odchycených jedinců druhu *Panurgus banksianus* bylo opět zapříčiněno oligolektickou specializací druhu na Asteraceae, a to především na žlutě kvetoucí druhy (stejným způsobem specializovaný druh *Panurgus calcaratus* byl odchycen také, ale pouze v malém množství 4 jedinců pomocí smyku a 2 pomocí misek) (Westrich 1989). Druh *S. tumulorum* je polylektický, ale udává se, že stejně jako všechny druhy tohoto rodu, má určitou úroveň preference pro hvězdicovité rostliny (Pesenko, 2006).

Kolotočnick ozdobný tak mnoha druhům blanokřídlého hmyzu slouží jako zdroj pylu a nektaru. Za účelem sběru pylu z kolotočnicku často nacházíme ve velkém množství druhy oligolekticky specializované na Asteraceae, nebo druhy mesolektické, které na ně mají silnou preferenci a k v neposlední řadě druhy polylektické, které mají různé úrovně preference pro Asteraceae a jsou schopny zpracovat i na proteiny chudý a těžko stravitelný pyl hvězdicovitých (Müller & Kuhlmann, 2008; Vanderplanck et al., 2020). Na odběrových lokalitách, které byly často v podobě rozkvetlých luk, bylo i více rostlin spadajících do čeledi Asteraceae, které poskytovaly specializovaným včelám možný zdroj pylu. I tak se zdá, že včely více preferovaly velké, žlutooranžové květy kolotočnicku. To může mít mnoho příčin, od jiných UV vzorů (rozdíl v UV reflektujících a UV absorpčních částech květu), průměru květů (větší květy jsou oblíbenější) či schopnosti včel mít na lokalitách určitou úroveň květové stálosti, kdy navštěvují pouze jeden druh kvetoucí rostliny, i přestože se v okolí vyskytují i jiné kvetoucí květiny, které by včely

mohly navštěvovat (Muren et al., 2003). V případě kolotočnicku však nejsou žádné studie, které by na složení opylovačů na něm poukazovaly a není tedy s čím výsledky této práce srovnávat. Jediná studie, která by mohla poukazovat na květní stálost a oblibu kolotočnicku u specializovaných včel, by mohla být diplomová práce Bubeníčková (nepublikáno), s názvem: „Vazba opylovačů na kolotočník ozdobný a další žlutě kvetoucí hvězdnicovité rostliny na lokalitách jeho výzkumu“. V práci Bubeníčkové jsou zpracovány analýzy pylových vzorků odebraných z včel odchycených na kolotočnicku, u kterých byla viditelná přítomnost pylu na sběracím aparátu, kdy podmínkou odchytu bylo, že se v okolí rozkvetlých kolotočníků vyskytují ostatní rozkvetlé žluté rostliny z čeledi Asteraceae (např. *Crepis*, *Achillea*, *Cirsium* nebo *Centaurea*). Když se podíváme na výsledky pylových analýz u různých včelích druhů, které byly zároveň odchyceny i v této diplomové práci, tak můžeme vidět, že včelí druhy jako *Heriades truncorum*, *Andrena denticulata*, *Halictus sexcinctus*, *Osmia leiana*, *Lasioglossum pauxillum* a *Megachile ligniseca* na sobě nesly z více jak 50 % pyl z kolotočníků. V případě *Heriades truncorum* je nutné podotknout, že Bubeníčková zjistila, že na sobě jedinci tohoto druhu měli až 86 % pylu *Telekia speciosa*, což poukazuje na jejich květní stálost, kdy nejspíše sbíraly pyl v době kvetení z největší části pouze na kolotočnicku.

Výsledky v této práci tak poukazují na vysokou diverzitu jak specializovaných i nespécializovaných opylovačů, tak i mnoha druhů blanokřídlého hmyzu, které kolotočník navštěvují kvůli nektaru, a výsledky pylových analýz v práci Bubeníčkové (nepublikováno) poukazují na to, že mnoho těchto druhů preferuje kolotočník, a to i v případě, že se v okolí vyskytují i jiné žluté Asteraceae. Bohužel není práce, která by srovnávala diverzitu invadovaných a neinvadovaných lokalit kolotočnickem, která by nám mohla přesněji porovnat, jak velký dopad na opylovače má kolotočník na území, do kterých proniká. Lze však porovnávat s analýzami jiných žlutých, invazivních rostlin z čeledi Asteraceae. Například u analýzy opylovačů a lokalit s výskytem invazivních druhů *Solidago canadensis* (zlatobýl kanadský) a *Solidago gigantea* (zlatobýl obrovský) se ukázalo, že *Solidago* spp. může negativně ovlivňovat motýlí druhy a některé druhy úzce specializovaných včel. Právě tyto druhy jsou nejvíce náchylné na změnu prostředí a skladby jejich hostitelských rostlin, což invazivní druhy způsobují vytlačováním ostatním druhům rostlin. Problémem se může stát i fakt, že ačkoliv invazivní druh patří do stejné čeledi jako jejich přirozené hostitelské druhy, tak ho včely jako možný alternativní zdroj potravy nepoznají (Moroň et al., 2009). Ukázalo se, že ačkoliv složení některých skupin opylovačů se často výrazně nezmění, tak na invadované ekosystémy v mnoha případech nejsou schopni pokrýt všechny potřeby přirozeně se vyskytujících opylovačů, a to hlavně kvůli jiným potravním nárokům v jiných vývojových stádiích hmyzu, což platí z velké části hlavně u skupiny motýli, kdy imaga se živí nektarem (popřípadě pylem), který jsou schopny získat z více druhů rostlin, jejich housenky jsou ale často vázané na menší spektrum hostitelských rostlin, což vytváří další negativní efekt, který sebou invazivní rostliny přináší (De Groot et al., 2007; Moroň et al. 2009).

Analýza opylovačů navštěvující květenství invazivního starčku *Senecio inaequidens* v porovnání s opylovači na původním, příbuzném druhu *Senecio jacobaea* ukázala, že ačkoliv diverzita opylovačů na obou rostlinách byla podobná a podle Sørensenova indexu podobnosti rostliny sdílely 54,7 % hmyzích opylovačů, tak počet jedinců, kteří navštěvovali invazivní *Senecio inaequidens*, byl výrazně nižší než na *Senecio jacobaea* (Černý, 2021). V celkovém porovnání

s těmito studii můžeme předpokládat, že ani kolotočník také nebude mít výrazně kladný vliv na opylovače. Další studie na toto téma by tyto teorie mohla potvrdit či vyvrátit, je však potřeba brát v potaz, že například předešle zmíněné rostliny *Solidago* spp. jsou schopny vyvolat lokální extinkci, tudíž značně mění rostlinou skladbu prostředí, zatímco kolotočník pouze přirozené taxony potlačuje bez vyvolání jejich extinkce (IUCN, 2020; Pyšek et al., 2022).

6. Závěr

Kolotočником ozdobným a druhovou skladbou opylovačů, kteří ho navštěvují, se zabývá pouze málo studií. Hlavním důvodem toho je nejspíše jeho malý invazivní vliv, a dopad, kterým působí na prostředí, tak i nízká úroveň socioekonomického vlivu, kterým působí člověk. A právě díky tomuto malému dopadu na prostředí, při kterém potlačuje pouze malé množství přirozených taxonů, aniž by způsoboval jejich lokální extinkce, vznikla myšlenka, zda i tato rostlina a její přítomnost v prostředí má negativní vliv na opylovače (jako mají jiné agresivnější invazivní rostliny), nebo jestli naopak rozšiřuje jejich potravní zdroje. Díky této myšlence pak vznikla tato práce.

Výsledky odchyty blanokřídlých na květenství kolotočniku během sezóny jeho kvetení a jejich srovnání s výsledky odchyťů do žlutých Moerickeho pastí ukázaly, že i přes invazivní status kolotočniku ho navštěvuje mnoho opylovačů, kteří na něm sbírají pyl (hlavně včely) nebo ti, kteří z něj získávají nektar (čmeláci). Zajímavým zjištěním hlavně bylo, že ačkoliv kolotočník často navštěvuje mnoho polylektických druhů, tak druhy včel s oligolektickou specializací na Asteraceae (nebo včely, které se na ně vytvořili silnou preferenci) na něm, v přepočtu na jedince, najdeme v mnohem větším množství. To potvrzují i vypočítané indexy diverzity, které poukazují na vysokou diverzitu opylovačů navštěvujících kolotočník. Tyto výsledky jsou důležité především díky poznatku, že specializované druhy jsou často těmi prvními, u kterých klesá diverzita při změně rostlinné skladby na území jejich výskytu. Poznatky z této práce pak mohou dopomáhat k dalšímu rozvoji studií, které by se na kolotočník zaměřily a rozšířily by poznatky o diverzitě opylovačů i o další skupiny, které v této práci nebyly zpracovány, jako například Diptera, Coleoptera a Lepidoptera. Mohly by tak vytvořit lepší přehled o tom, jakým přesně způsobem kolotočník a jemu podobné žluté invazivní rostliny působí na naše prostředí a jakou úroveň managementu těchto rostlin je potřeba implementovat.

7. Literatura

- BACHER, S., BLACKBURN, T. M., ESSL, F., GENOVESI, P., HEIKKILÄ, J., JESCHKE, J. M., JONES, G., KELLER, R., KENIS, M. KUEFFER CH., MARTINO A. F., NENTWIG, W., PERGL, J., PYŠEK, P., RABITSCH, W., RICHARDSON, D. M., ROY, H., E., SAUL, W.CH., SCALERA, R., VILÀ, M., WILSON, J. R. U., KUMSCHICK, S. (2018). *Socio-economic impact classification of alien taxa (SEICAT)*. *Methods in Ecology and Evolution*, **9** (1), 159-168. Dostupné online: doi.org/10.1111/2041-210X.12844
- 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. Dostupné online: doi.org/10.1007/s11829-020-09789-y
- BOSCH, J., KEMP, W. P. (2002). *Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of Osmia spp.(Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees*. *Bulletin of entomological research*, **92** (1): 3-16. Dostupné online: doi.org/10.1079/BER2001139
- BRANDES, D. (2010). *Telekia speciosa (Schreb.) Baumg. am Nordhang der Karnischen Alpen unterhalb des Plöckenpasses (Kärnten, Österreich)*. Institut für Pflanzenbiologie der Technischen Universität Braunschweig, Braunschweig, pp 1–13. Dostupné online: www.zobodat.at/pdf/Brandes-Dietmar_99_2010_0001-0013.pdf
- BUBENÍČKOVÁ, A. (2021). *Monitoring čmeláků (Bombus) na lokalitách výskytu kolotočníku ozdobného (Telekia speciosa) v CHKO Orlické hory*. Hradec Králové. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce doc. Mgr. Petr Bogusch, Ph.D., 39 p.
- BUBENÍČKOVÁ, A. (nedatováno). *Vazba opylovačů na kolotočník ozdobný a další kvetoucí hvězdnicovité rostliny na lokalitách jeho výskytu*. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí diplomové práce doc. Mgr. Petr Bogusch, Ph.D.
Nepublikováno
- BURGER, H., MARQUARDT, M., BABUCKE, K., HEUEL, K. C., AVASSE, M., DÖTTER, S., GALIZIA, C. G. (2021). *Neural and behavioural responses of the pollen-specialist bee Andrena vaga to Salix odours*. *Journal of Experimental Biology*, **224** (13). Dostupné online: doi.org/10.1242/jeb.242166
- CANE, J. H., SIPES, S. (2006). *Characterizing floral specialization by bees: analytical methods and a revised lexicon for oligolecty*. *Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization*. University of Chicago Press, Chicago, IL, pp 99-122.
- CANE, J. H. (2021). *A brief review of monolecty in bees and benefits of a broadened definition*. *Apidologie*, **52** (1): 17-22. Dostupné online: doi.org/10.1007/s13592-020-00785-y

- COURTNEY, G. W., PAPE, T., SKEVINGTON, J. H., SINCLAIR, B. J. (2017). *Biodiversity of Diptera*. Insect Biodiversity, pp 229–278. Dostupné online: doi.org/10.1002/9781118945568.ch9
- ČERNÝ, J. (2021). *Hmyz na květenstvích invazního starčku úzkolistého (Senecio inaequidens)*. Hradec Králové. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce Petr Bogusch. 73 s.
- ČERNÝ, Z., NERUDA, J., VÁCLAVÍK, F. (1998). *Invazní rostliny a základní způsoby jejich likvidace*. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, Praha, 43 s. ISBN 80-7105-164-0.
- DE GROOT, M., KLEIJN, D., JOGAN, N. (2007). *Species groups occupying different trophic levels respond differently to the invasion of semi-natural vegetation by Solidago canadensis*. Biological conservation, **136**(4), pp 612-617. Dostupné online: doi.org/10.1016/j.biocon.2007.01.005
- DÖTTERL, S., VERECKEN, N. J. (2010). *The chemical ecology and evolution of bee–flower interactions: a review and perspectives*. Canadian Journal of Zoology, **88** (7): 668-697. Dostupné online: doi.org/10.1139/Z10-031
- DUNN, L., LEQUERICA, M., REID, C. R., LATTY, T. (2020). *Dual ecosystem services of syrphid flies (Diptera: Syrphidae): pollinators and biological control agents*. Pest management science, **76**(6): 1973-1979. Dostupné online: doi.org/10.1002/ps.5807
- 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** (2): 115-118. Dostupné online: doi.org/10.29303/jppipa.v9i1.2508
- GRÜTER, C., HAYES, L. (2022). *Sociality is a key driver of foraging ranges in bees*. Current Biology, **32** (24): 5390-5397. Dostupné online: doi.org/10.1016/j.cub.2022.10.064
- GÜLER, Y., SORKUN, K. (2007). *Pollen preferences of Hoplosmia bidentata and Lithurgus cornutus (Hymenoptera: Megachilidae)*. Entomologica Fennica, **18** (3): 174-178. Dostupné online: doi.org/10.33338/ef.84395
- 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** (1): 21–28. Dostupné online: doi.org/10.1007/s11829-016-9414-3
- HEARD, T. A. (1999). *The role of stingless bees in crop pollination*. Annual review of entomology, **44** (1): 183-206. Dostupné online: doi.org/10.1146/annurev.ento.44.1.183
- HEJDA R., FRAKAČ J., CHOBOT K. (2017). *Červený seznam ohrožených druhů České republiky*. Bezobratlí, Příroda, **36**: 1-612. ISSN 1211-3603
- CHANDLER, D., COOPER, E., PRINCE, G. (2019). *Are there risks to wild European bumble bees from using commercial stocks of domesticated Bombus terrestris for crop pollination?* Journal of Apicultural Research, pp 1–17. Dostupné online: doi.org/10.1080/00218839.2019.1637238
- CHITTKA, L., RAINE, N. E. (2006). *Recognition of flowers by pollinators*. Current Opinion in Plant Biology, **9** (4): 428–435. Dostupné online: doi.org/10.1016/j.pbi.2006.05.00

- IUCN (2020). *EICAT categories and criteria: the environmental impact classification for alien taxa*. (EICAT): first edition, IUCN, Gland. Dostupné online: doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.05.en
- KEARNS, C. A. (2001). *North American dipteran pollinators: assessing their value and conservation status*. Conservation Ecology, **5** (1): 5. Dostupné online: doi.org/10.5751/ES-00262-050105
- KEARNS, C. A., INOUE, D. W., WASER, N. M. (1998). *Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions*. Annual review of ecology and systematics, **29** (1): 83-112. Dostupné online: doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.83
- MADER, E., SPIVAK, M., EVANS, E. (2010). *Managing alternative pollinators*. NRAES, Ithaca, New York. ISBN: 978-1933395203
- MATSUMOTO, S., ABE, A., MAEJIMA, T. (2009). *Foraging behavior of Osmia cornifrons in an apple orchard*. Scientia Horticulturae, **121**: 73–79. Dostupné online: doi.org/10.1016/j.scienta.2009.01.003
- MICHENER, C.D. (2000). *The bees of the world*. The John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland. ISBN 0-8018-6133-0
- MLÍKOVSKÝ J., STÝBLO, P. (2006). *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky*. ČSOP, Praha, pp 496. ISBN 80-86770-17-6.
- MONSEVIČIUS, V. (2004). *Comparison of three methods of sampling wild bees (Hymenoptera, Apoidea)*. Čepkeliai Nature Reserve (South Lithuania). Ekologija, **4**: 32-39.
- MOROŃ, D., LENDA, M., SKÓRKA, P., SZENTGYÖRGYI, H., SETTELE, J., WOYCIECHOWSKI, M. (2009). *Wild pollinator communities are negatively affected by invasion of alien goldenrods in grassland landscapes*. Biological Conservation, **142** (7), 1322-1332. Dostupné online: doi.org/10.1016/j.biocon.2008.12.036
- MÜLLER, A. (2018). *Pollen host selection by predominantly alpine bee species of the genera Andrena, Panurginus, Dufourea, Megachile, Hoplitis and Osmia (Hymenoptera, Apoidea)*. Alpine Entomology, **2**: 101–113. Dostupné online: doi.org/10.3897/alpento.2.29250
- MÜLLER, A., KUHLMANN, M. (2008). *Pollen hosts of western palaeartic bees of the genus Colletes (Hymenoptera: Colletidae): the Asteraceae paradox*. Biological Journal of the Linnean Society, **95**: 719–733. Dostupné online: doi.org/10.1111/j.1095-8312.2008.01113.x
- 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** (1805): 20142934. Dostupné online: doi.org/10.1098/rspb.2014.2934
- PAPIOREK, S., JUNKER, R. R., ALVES-DOS-SANTOS, I., MELO, G. A. R., AMARAL-NETO, L. P., SAZIMA, M., WOŁOWSKI, M., FREITAS, L., LUNAU, K. (2015). *Bees, birds and yellow flowers: pollinator-dependent convergent evolution of UV patterns*. Plant Biology, **18** (1): 46–55. Dostupné online: doi.org/10.1111/plb.12322
- PEKKARINEN, A. (1997). *Oligolectic bee species in northern Europe (Hymenoptera, Apoidea)*. Entomologica Fennica, **8** (4): 205-214. Dostupné online: doi.org/10.33338/ef.83945

- PERGL J., SÁDLO J., PETRUSEK A., LAŠTŮVKA Z., MUSIL J., PERGLOVÁ I., ŠANDA R., ŠEFROVÁ H., ŠÍMA J., VOHRALÍK V., PYŠEK P. (2016). *Black, Grey and Watch Lists of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts and management strategy*. *NeoBiota*, **28**: 1-37. Dostupné online: doi.org/10.3897/neobiota.28.4824
- PERGL, J., PETŘÍK, P., FLEISCHHANS, R., ADÁMEK, M., BRŮNA, J. (2020). *Baumg in human made environment: spread and persistence, two sides of the same coin*. *Bioinvasion Record*, **9** (1): 17-28. Dostupné online: doi.org/10.3391/bir.2020.9.1.03
- PESENKO, Y.A. (2006). *Contributions to the halictid fauna of the Eastern Palaearctic Region: genus Seladonia Robertson (Hymenoptera: Halictidae, Halictinae)*. *Esakia*, **46**: 53-82. Dostupné online: doi.org/10.5109/2861
- PINILLA-GALLEGO, M. S., ROWE, L. M., GIBBS, J., PITTS-SINGER, T. L., ISAACS, R. (2022). *Improving Osmia lignaria and O. cornifrons (Hymenoptera: Megachilidae) retention with preferred nest materials and attractant spray*. *Journal of Applied Entomology*, **146** (6): 743-752. Dostupné online: doi.org/10.1111/jen.13001
- PITTS-SINGER, T. L., CANE, J. H. (2011). *The alfalfa leafcutting bee, Megachile rotundata: the world's most intensively managed solitary bee*. *Annual review of entomology*, **56**: 221-237. Dostupné online: doi.org/10.1146/annurev-ento-120709-144836
- PYŠEK, P., DANIHELKA, J., SÁDLO, J., CHRTEK, J., CHYTRÝ, M., JAROŠÍK, V., KAPLAN, Z., KRAHULEC, F., MORAVCOVÁ, L., PERGL, J., ŠTAJEROVÁ, K., TICHÝ, L. (2012). *Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns*. *Preslia*, **84** (2): 155-255. ISSN 0032-7786.
- PYŠEK, P., SÁDLO, J., CHRTEK, J. JR., CHYTRÝ, M., KAPLAN, Z., PERGL, J., POKORNÁ, A., AXMANOVÁ, I., ČUDA J., DOLEŽAL, J., DŘEVOJAN, P., HEJDA, M., KOČÁR, P., KORTZ, A., LOSOSOVÁ, Z., LUSTYK, P., SKÁLOVÁ, H., ŠTAJEROVÁ, K., VEČEŘA, M., VÍTKOVÁ, M., WILD, J., DANIHELKA, J. (2022). *Catalogue of alien plants of the Czech Republic (3rd edition): species richness, status, distributions, habitats, regional invasion levels, introduction pathways and impacts*. *Preslia*, **94**: 447-577. Dostupné online: doi.org/10.23855/preslia.2022.447
- RASMUSSEN, C., DUPONT, Y. L., MADSEN, H. B., BOGUSCH, P., GOULSON, D., HERBERTSSON, L., MAIA, K. P., NIELSEN, A., OLESEN, J. M., POTTS, S. G., ROBERTS, S. P. M., SYDENHAM, M. A. K., KRYGER, P. (2021). *Evaluating competition for forage plants between honey bees and wild bees in Denmark*. *Plos one*, **16** (4): e0250056. Dostupné online: doi.org/10.1371/journal.pone.0250056
- REDDI, C. S., BAI, G. M. (1984). *Butterflies and pollination biology*. *Proceedings: Animal Sciences*, **93**: 391-396. Dostupné online: doi.org/10.1007/BF03186258
- ROLNIK, A., OLAS, B. (2021). *The plants of the Asteraceae family as agents in the protection of human health*. *International journal of molecular sciences*, **22** (6): 3009. Dostupné online: doi.org/10.3390/ijms22063009

- SILBERGLIED, R. E. (1979). *Communication in the Ultraviolet*. Annual Review of Ecology and Systematics, **10** (1): 373–398. Dostupné online: doi.org/10.1146/annurev.es.10.110179.002105 10.1146
- SSYMANK, A., KEARNS, C. A., PAPE, T., F., THOMPSON, F.C. (2008). *Pollinating Flies (Diptera): A major contribution to plant diversity and agricultural production*. Biodiversity, **9** (1-2): 86-89. Dostupné online: doi.org/10.1080/14888386.2008.9712892
- STEFFAN-DEWENTER, I., POTTS, S. G., PACKER, L. (2005). *Pollinator diversity and crop pollination services are at risk*. Trends in ecology & evolution, **20** (12): 651-652.
- TEPER, D., BILINSKI, M. (2009). *Red mason bee (Osmia rufa L.) as a pollinator of rape plantations*. J. Apic. Sci, **53** (2): 115-120. Dostupné online: doi.org/10.1016/j.tree.2005.09.004
- TRAVERS, S. E., FAUSKE, G. M., FOX, K., ROSS, A. A., HARRIS, M. O. (2011). *The hidden benefits of pollinator diversity for the rangelands of the Great Plains: Western prairie fringed orchids as a case study*. Rangelands, **33** (3): 20-26. Dostupné online: doi.org/10.2458/azu_rangelands_v33i3_travers
- VAN DER MUREN, C., HOFFMANN, F., KWAK, M. M. (2003). *Insect diversity on yellow Asteraceae in road verges in the Netherlands*. Proceedings of the section experimental and applied entomology-netherlands entomological society, **14**: 115-118. Dostupné online: www.secties.nev.nl/pages/publicaties/proceedings/nummers/14/115-118.pdf
- VAN HEEMERT, C., DE RUIJTER, A., VAN DEN EIJNDE, J., VAN DER STEEN, J. (1990). *Year-Round Production of Bumble Bee Colonies for Crop Pollination*. Bee World, **71** (2): 54–56. Dostupné online: doi.org/10.1080/0005772x.1990.11099036
- VANDERPLANCK, M., GILLES, H., NONCLERCQ, D., DUEZ, P., GERBAUX, P. (2020). *Asteraceae paradox: Chemical and mechanical protection of Taraxacum pollen*. Insects, **11** (5): 304. Dostupné online: doi.org/10.3390/insects11050304
- VELTHUIS, H. H., VAN DOORN, A. (2006). *A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination*. Apidologie, **37**(4), 421-451. Dostupné online: doi.org/10.1051/apido:2006019
- WAHENGAM, J., RAUT, A. M., PAL, S., BANU, A. N. (2019). *Role of bumble bee in pollination*. Annals of Biology, **35** (2): 290-295. ISSN 0970-0153
- WARREN, S. D., HARPER, K. T., BOOTH, G. M. (1988). *Elevational Distribution of Insect Pollinators*. American Midland Naturalist, **120** (2): 325. Dostupné online: doi.org/10.2307/2426004
- WESTRICH, P. (1989). *Die Wildbienen Baden-Württembergs*. Ulmer, Stuttgart. ISBN: 3-8001-3307-5
- WILKANIEC, Z., GIEJDASZ, K., PROSZYNSKI, G. (2004). *Effect of pollination of onion seeds under isolation by the red mason bee (Osmia rufa L.) (Apoidea, Megachilidae) on the setting and quality of obtained seeds*. Journal of Apicultural Science, **48** (2): 35-41.

WOOD, T. J., HOLLAND, J. M., GOULSON, D. (2016). *Diet characterisation of solitary bees on farmland: dietary specialisation predicts rarity*. *Biodiversity and Conservation*, **25**: 2655-2671.
Dostupné online: doi.org/10.1007/s10531-016-1191-x

ZAHRADNÍK, J. (2004). *Hmyz*. Praha, Aventinum. ISBN 80-868-5801-4

8. Přílohy

Příloha č. 1 – tabulka odchycených druhů smýkáním a spadem do Moerickeho misek

Čeď	Rod	Druh	Kolotočník	Misky
Andrenidae	<i>Andrena</i>	<i>denticulata</i>	15	1
Andrenidae	<i>Andrena</i>	<i>dorsata</i>	0	1
Andrenidae	<i>Andrena</i>	<i>flavipes</i>	0	1
Andrenidae	<i>Andrena</i>	<i>minutula</i>	0	1
Andrenidae	<i>Andrena</i>	<i>minutuloides</i>	0	3
Andrenidae	<i>Andrena</i>	<i>subopaca</i>	0	2
Andrenidae	<i>Panurgus</i>	<i>banksianus</i>	0	20
Andrenidae	<i>Panurgus</i>	<i>calcaratus</i>	4	2
Apidae	<i>Bombus</i>	<i>barbutellus</i>	10	0
Apidae	<i>Bombus</i>	<i>bohemicus</i>	13	0
Apidae	<i>Bombus</i>	<i>campestris</i>	7	0
Apidae	<i>Bombus</i>	<i>hortorum</i>	14	2
Apidae	<i>Bombus</i>	<i>humilis</i>	10	0
Apidae	<i>Bombus</i>	<i>hypnorum</i>	1	0
Apidae	<i>Bombus</i>	<i>jonellus</i>	19	1
Apidae	<i>Bombus</i>	<i>lapidarius</i>	30	5
Apidae	<i>Bombus</i>	<i>lucorum</i>	89	6
Apidae	<i>Bombus</i>	<i>pascuorum</i>	76	22
Apidae	<i>Bombus</i>	<i>pratorum</i>	10	0
Apidae	<i>Bombus</i>	<i>quadricolor</i>	1	0
Apidae	<i>Bombus</i>	<i>rupestris</i>	13	0
Apidae	<i>Bombus</i>	<i>soroensis</i>	43	15
Apidae	<i>Bombus</i>	<i>sylvarum</i>	21	0
Apidae	<i>Bombus</i>	<i>sylvestris</i>	84	0
Apidae	<i>Bombus</i>	<i>terrestris</i>	58	5
Apidae	<i>Bombus</i>	<i>wurflenii</i>	5	1
Apidae	<i>Nomada</i>	<i>rufipes</i>	0	1
Colletidae	<i>Colletes</i>	<i>daviesanus</i>	1	0
Colletidae	<i>Hylaeus</i>	<i>communis</i>	4	1
Colletidae	<i>Hylaeus</i>	<i>confusus</i>	0	6
Colletidae	<i>Hylaeus</i>	<i>hyalinatus</i>	0	1
Crabronidae	<i>Argogorytes</i>	<i>mystaceus</i>	0	1
Crabronidae	<i>Crossocerus</i>	<i>varus</i>	0	2
Crabronidae	<i>Ectemnius</i>	<i>cephalotes</i>	1	0
Crabronidae	<i>Ectemnius</i>	<i>lapidarius</i>	0	1
Crabronidae	<i>Ectemnius</i>	<i>lituratus</i>	1	0
Crabronidae	<i>Ectemnius</i>	<i>ruficornis</i>	0	1
Crabronidae	<i>Mellinus</i>	<i>arvensis</i>	1	5
Crabronidae	<i>Nysson</i>	<i>spinus</i>	0	1
Crabronidae	<i>Trypoxylon</i>	<i>attenuatum</i>	0	1

Čeleď	Rod	Druh	Kolotočník	Misky
Halictidae	<i>Halictus</i>	<i>maculatus</i>	0	2
Halictidae	<i>Halictus</i>	<i>sexcinctus</i>	1	0
Halictidae	<i>Lasioglossum</i>	<i>aeratum</i>	0	1
Halictidae	<i>Lasioglossum</i>	<i>calceatum</i>	19	5
Halictidae	<i>Lasioglossum</i>	<i>leucopus</i>	0	2
Halictidae	<i>Lasioglossum</i>	<i>morio</i>	0	1
Halictidae	<i>Lasioglossum</i>	<i>pauxillum</i>	0	2
Halictidae	<i>Lasioglossum</i>	<i>semilucens</i>	0	2
Halictidae	<i>Seladonia</i>	<i>subaurata</i>	0	3
Halictidae	<i>Seladonia</i>	<i>tumulorum</i>	0	28
Chrysididae	<i>Cleptes</i>	<i>pallipes</i>	1	1
Megachilidae	<i>Anthidium</i>	<i>manicatum</i>	0	1
Megachilidae	<i>Coelioxys</i>	<i>rufescens</i>	1	0
Megachilidae	<i>Heriades</i>	<i>truncorum</i>	21	0
Megachilidae	<i>Hoplitis</i>	<i>leucomelana</i>	0	1
Megachilidae	<i>Chelostoma</i>	<i>campanularum</i>	1	1
Megachilidae	<i>Megachile</i>	<i>centuncularis</i>	3	1
Megachilidae	<i>Megachile</i>	<i>lapponica</i>	1	0
Megachilidae	<i>Megachile</i>	<i>ligniseca</i>	18	0
Megachilidae	<i>Megachile</i>	<i>versicolor</i>	3	0
Megachilidae	<i>Megachile</i>	<i>willughbiella</i>	1	0
Megachilidae	<i>Osmia</i>	<i>leaiana</i>	1	0
Melittidae	<i>Macropis</i>	<i>europaea</i>	0	2
Melittidae	<i>Macropis</i>	<i>fulvipes</i>	0	3
Pompilidae	<i>Anoplius</i>	<i>nigerrimus</i>	0	3
Pompilidae	<i>Priocnemis</i>	<i>cordivalvata</i>	0	1
Pompilidae	<i>Priocnemis</i>	<i>exaltata</i>	0	1
Pompilidae	<i>Priocnemis</i>	<i>fennica</i>	0	1
Pompilidae	<i>Priocnemis</i>	<i>hyalinata</i>	0	11
Tiphiidae	<i>Tiphia</i>	<i>femorata</i>	0	5
Vespidae	<i>Ancistrocerus</i>	<i>claripennis</i>	0	2
Vespidae	<i>Dolichovespula</i>	<i>adulterina</i>	0	2
Vespidae	<i>Dolichovespula</i>	<i>media</i>	0	1
Vespidae	<i>Dolichovespula</i>	<i>norvegica</i>	1	8
Vespidae	<i>Dolichovespula</i>	<i>saxonica</i>	0	8
Vespidae	<i>Dolichovespula</i>	<i>sylvestris</i>	0	8
Vespidae	<i>Symmorphus</i>	<i>allobrogus</i>	0	1
Vespidae	<i>Symmorphus</i>	<i>crassicornis</i>	0	2
Vespidae	<i>Vespula</i>	<i>rufa</i>	0	11
Vespidae	<i>Vespula</i>	<i>vulgaris</i>	1	71