

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



Vztahy mezi rostlinami a opylovači. Struktura opylovací  
sítě podhorského bezlesí.

Natálie Heldesová

Bakalářská práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Bc. v oboru

Ekologie a ochrana životního prostředí

Vedoucí práce: Mgr. Monika Mazalová, Ph.D.

Olomouc 2023



**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Moniky Mazalové, Ph.D., s použitím citované literatury.

V Olomouci 31. 7.2023

.....

Podpis

Heldesová N. 2022. Vztahy mezi rostlinami a opylovači. Struktura opylovací sítě podhorského bezlesí.[bakalářská práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 61 s., 13 příloh, v češtině.

## Abstrakt

Opylování je klíčová ekosystémová služba a opylovači jsou velmi různorodá a diverzifikovaná skupina, která však v průběhu posledního století prodělává významné změny diverzity i početnosti. Zatímco ubývají samotářské včely, čmeláci i denní motýli, zástupci dvoukřídlého hmyzu (např. pestřenky) zůstávají relativně početní. Za nejvýznamnějšího opylovače mírného pásu bývá označována včela medonosná, mj. díky značné populační početnosti a schopnosti létat za potravními zdroji na velké vzdálenosti. Recentní práce však poukazují na výrazně větší podíl volně žijících opylovačů na opylování rostlin, než se předpokládalo v minulosti. V podmínkách ČR byla struktura opylovacích sítí studována dosud pouze ojediněle, cílem mé práce je proto zachytit podobu nejvýznamnějších vazeb opylovací sítě vybrané lokality trvalých travních porostů v širší oblasti Králického Sněžníku. Tu jsem studovala během letních sezón r. 2022 a 2023 v prostoru heterogenní a druhově bohaté pastviny v obci Podlesí. Opakovaným záznamem interakcí mezi rostlinami a opylovači na šesti odlišných ploškách jsem během 25 dnů terénního sběru dat zaznamenala celkem 5 839 interakcí, z nichž většinu tvořily návštěvy motýlů, pestřenek a čmeláků. Struktura polinačních sítí se lišila mezi jednotlivými stanovišti, přesto jsem zachytila některé obecné trendy, například preferenci pestřenek a obecně dvoukřídlého hmyzu k rostlinám s velkým počtem lehce přístupných malých květů a všeobecnou atraktivitu druhů *Thymus pulegoides*, *Knautia arvensis* a *Centaurea jacea*. Strukturu celkové polinační sítě lokality jsem analyzovala pomocí nástrojů knihovny R:“bipartite“ a zjistila jsem průkazně vyšší modularitu, což odpovídá druhově bohatším sítím obsahujícím i specializované druhy, i zahrnutost, což lze interpretovat jako stabilizující faktor, umožňující dlouhodobou koexistenci diverzifikovaného společenstva. Studované společenstvo opylovačů obsahovalo významný podíl ochranně významných druhů, a to především mezi motýly.

**Klíčová slova:** druhy opylovačů, podhorská louka, interakce, opylovací síť, bipartitní graf, chráněné druhy, ekosystémová služba, včela medonosná

Heldesová N. 2022. Plant-pollinator interactions. Structure of a submontane grassland's pollination network. [bachelor thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University of Olomouc, 61. pp., 13 appendices, in Czech.

## Abstract

Pollination is a crucial ecosystem service, and pollinators represent a highly diverse and group that has undergone significant changes in diversity and abundance over the last century. While solitary bees, bumblebees, and diurnal butterflies are declining, representatives of the Diptera insects (e.g., hoverflies) remain relatively abundant. The honeybee is often regarded as the most important pollinator in temperate regions, owing to its substantial population size and ability to forage for food sources over long distances. However, recent studies have highlighted a significantly larger contribution of free-living pollinators to plant pollination than previously assumed. In the conditions of the Czech Republic, the structure of pollination networks has only been sporadically studied. Therefore, the aim of my work is to capture the structure of the most significant links in the pollination network of a selected location with permanent grassland in the broader area of Králický Sněžník. I studied this location during the summer seasons of 2022 and 2023 in a heterogeneous and species-rich pasture in the village of Podlesí. By repeatedly recording interactions between plants and pollinators on six distinct plots during 25 days of field data collection, I documented a total of 5839 interactions, with the majority visits by butterflies, hoverflies, and bumblebees. The structure of pollination networks differed between individual habitats, yet some general trends were observed, such as the preference of hoverflies and dipteran insects in general for plants with a large number of easily accessible small flowers, as well as the overall attractiveness of species such as *Thymus pulegioides*, *Knautia arvensis*, and *Centaurea jacea*. I analyzed the structure of the overall pollination network of the location using the tools of the R library "bipartite" and found significantly higher modularity, corresponding to species-rich networks that also include specialized species, as well as nestedness, which can be interpreted as a stabilizing factor enabling the long-term coexistence of a diversified community. The studied pollinator community contained a significant proportion of species of conservation concern, particularly among butterflies.

**Keywords:** pollinator species, submontane meadow, interactions, pollination network, bipartite graph, protected species, ecosystem service, honeybee.

# Obsah

Seznam obrázků .....	vii
Seznam tabulek .....	viii
Seznam grafů.....	ix
Poděkování.....	x
1. Úvod.....	1
2. Cíle práce .....	2
3. Literární přehled .....	3
3.1. Evoluce opylování .....	3
3.2. Opylovací sítě.....	8
5. Metodika .....	13
4.1 Charakteristika zájmového území, studijní lokality .....	14
4.2 Charakteristika sledovaných skupin opylovačů .....	16
4.3 Design sběru dat .....	17
4. 4 Metody vyhodnocení dat .....	21
6. Výsledky .....	22
6.2. Faunistický souhrn .....	22
6.2. Výsledky analýzy polinačních sítí.....	26
6.3.2. Ploška dva .....	28
6.3.3. Ploška tři .....	28
7. Diskuze.....	37
8. Závěr .....	40
9. Seznam zdrojů.....	41
10. Seznam příloh.....	47

## Seznam obrázků

- Obrázek 1** Pohled na vybranou studijní lokalitu s detaily druhů opylovačů. V detailu nejběžnější druhy opylovačů: okáč bojínkový (*Melanargia galathea*), ohniváček celíkový (*Lycaena virgaurea*), hnědásek jitrocelový (*Melitaea athalia*). Fotografie pořízeny v různých částech letních sezón 2022 a 2023 během sběru dat. ....2
- Obrázek 2** Způsoby vizualizace sítě. Vizualizace sítě programem R bipartite::plotweb (Dormann et al. 2008), bipartitní matice, vizualizace sítě programem R bipartite::visweb (Dormann et al. 2008) zdroj: Hadrava 2013. .... 10
- Obrázek 3** Situační mapka širšího zájmového území s vyznačenými pozicemi studovaných lokalit. Pastvina v Podlesí jakožto studovaná lokalita opylovacích sítí je označena červeně. V mapě jsou rovněž označeny i čtyři ostatní lokality žlutě, navštěvované při terénním screeningu území v r. 2021 s cílem výběru nejvhodnější lokality pro studium opylovacích sítí. Upraveno s využitím mapového podkladu dostupného na [www. google/maps](http://www.google/maps). .... 13
- Obrázek 4** Prostorové schéma zvolených dílčích plošek. Plošky na pastvině v Podlesí se liší zastoupením sledovaných druhů entomogamních rostlin. Upraveno s využitím mapového podkladu dostupného na [www.google/maps](http://www.google/maps). .... 18
- Obrázek 5** Čerstvě vylíhlý samec modráška lesního (*Cyaniris semiargus*) ..... 25
- Obrázek 6** Schématické zachycení proporce dílčích skupin opylovačů na šesti studijních ploškách..... 27

## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1</b> Struktura polinační sítě lokality.....	33
---	----



## Seznam grafů

<b>Graf 1</b> Souhrnné zastoupení hlavních skupin opylovačů studované lokality v Podlesí.	26
<b>Graf 2</b> Vizualizace dílčí polinační sítě plošky č. 1	28
<b>Graf 3</b> Vizualizace dílčí polinační sítě plošky č. 2	28
<b>Graf 4</b> Vizualizace dílčí polinační sítě plošky č. 3	29
<b>Graf 5</b> Vizualizace dílčí polinační sítě plošky č. 4	30
<b>Graf 6</b> Vizualizace dílčí polinační sítě plošky č. 5	30
<b>Graf 7</b> Vizualizace dílčí polinační sítě plošky č. 6	31
<b>Graf 8</b> Vizualizace celkové struktury polinační sítě studijní plochy pastviny	32
<b>Graf 9</b> Vizualizace zahnížděnosti (nestedness) studované potravní sítě. Konstruováno v R:bipartite:visweb	35
<b>Graf 10</b> Vizualizace modularity studované potravní sítě. Konstruováno v R:bipartite:plotModuleWeb.	36

## Poděkování

Velmi ráda bych poděkovala vedoucí své bakalářské práce, Mgr. Monice Mazalové, Ph.D. Cením si její trpělivosti, pozitivního přístupu i jejich nekonečných znalostí, o které se se mnou neváhala podělit. Děkuji Mgr. Janu Šipošovi, Ph.D, za vytvoření grafů a výsledků ve statistickém programu R. Děkuji mým kamarádkám Mgr. Michaele Konečné a Sáře Hurytové za spoustu rad, které mi velmi pomohly. Nakonec bych chtěla poděkovat svým psím kamarádům Scoobymu a Bubimu za morální podporu při každé návštěvě lokality.

# 1. Úvod

Opylování představuje jednu z klíčových ekosystémových služeb, na které je závislé rozmnožování nejméně 80% krytosemenných rostlin (Ollerton et al. 2011), včetně mnoha významných zemědělských plodin (Palma et al. 2015). Opylovači jsou taxonomicky různorodá a druhově bohatá skupina (Ollerton 2017), která však v průběhu posledního století prodělává významné změny celkové početnosti, početnosti v rámci jednotlivých taxonů, a tím i druhového bohatství. Existují četné práce, referující o celkovém ústupu hmyzu jako taxonu (např. Hallmann et al. 2017, van der Sluijs 2020), či poklesu početností gildy opylovačů (Biesmeijer et al. 2006, Kluser a Peduzzi 2007, Potts et al. 2010), na úrovni jednotlivých skupin opylovačů je situace zřejmě ještě komplikovanější. Zatímco ubývají samotářské včely (Zattara a Aizen 2021), čmeláci (Kosior et al. 2007, Dupont et al. 2011, Rolin et al. 2020) i denní motýli (Rada et al. 2019, Warren et al. 2021), zástupci dvoukřídlého hmyzu (např. pestřenky) zůstávají relativně početní (Potts et al. 2010, Doyle et al. 2020). Za nejvýznamnějšího opylovače mírného pásu bývá označována včela medonosná, mj. díky značné populační početnosti odrážející všeobecnou oblibu včelaření a schopností létat za potravními zdroji na velké vzdálenosti (Greenleaf et al. 2007). Recentní práce však poukazují na výrazně větší podíl volně žijících opylovačů na opylování planě rostoucích rostlin, než by bylo možno očekávat na základě pouhého srovnání početností jednotlivých taxonů na konkrétních lokalitách (Janovský 2012, Rader et al. 2020). V podmínkách ČR se studium struktury opylovacích sítí rozvíjí teprve v posledních deseti letech (Janovský et al. 2013, Klečka et al. 2018, Hadrava et al. 2022), pozornost je v daném ohledu upřena především na studium polopřirozených trávníků ve středních polohách (Janovský et al. 2013, Klečka et al. 2018). Cílem mé bakalářské práce je proto zachytit podobu opylovací sítě vybrané lokality trvalých travních porostů v oblasti podhůří Králického Sněžníku. Podhorská otevřená stanoviště České republiky disponují ve srovnání s intenzívně zemědělsky využívanými pozemky nížin zachovalejším druhovým bohatstvím rostlin i bezobratlých (např. Kašák a Mazalová 2010, Mazalová et al. 2010, Hlošková 2019). Zároveň byla z hlediska popisu a interpretace hlavních vztahů v rámci sítí entomogamních rostlin a jejich opylovačů v prostředí naší země dosud opomíjena. Výsledky mohou přispět k pochopení významu dílčích skupin opylovačů pro jednotlivé taxony rostlin či jejich soubory, a to v prostorové škále dílčích mikrohabitatů vybrané lokality charakteru druhově bohaté podhorské pastviny.

## 2. Cíle práce

Předkládaná bakalářská práce navazuje na v reáliích ČR průkopnickou práci týmu kolem RNDr. Zdeňka Janovského, Ph.D., jenž studuje společenstva opylovačů a jejich živných rostlin na sekundárních druhově bohatých bezlesích (Janovský 2012, Janovský et al. 2013). Práce byla zadána jako kombinovaná přehledová studie spolu s prezentací výsledků vlastního terénního výzkumu, prováděného během letní sezóny r. 2022 a 2023. Cílem práce bylo na základě předběžného terénního screeningu vybrat vhodnou lokalitu sekundárních, druhově bohatých podhorských trávníků (tj. s dostatečnou stanovištní heterogenitou a početným výskytem dvouděložných entomogamních rostlin a druhově pestrými společenstvy hmyzu s důrazem na hlavní skupiny opylovačů (Hymenoptera, Diptera a Lepidoptera), na ní pak zaznamenávat jednotlivé interakce mezi taxony opylovačů a rostlin, tyto následně vyhodnotit pomocí konstrukce a popisu struktury, jakož i základních charakteristik polinační sítě (sensu Elberling a Olesen 1999, Memmot 1999). Práce si klade za cíl také zodpovědět následující otázky: Jak významným opylovačem je ve skutečnosti včela medonosná na loukách s vyšší druhovou bohatostí dvouděložných rostlin, kolik druhů rostlin je opylováno domestikovanými včelami, jež představují obecně nejpočetnější druh opylovače v podmínkách ČR? Jaký je potenciál nevčelích opylovačů, zejména pestřenek, dalších dvoukřídlých druhů či motýlů?



**Obrázek 1** Pohled na vybranou studijní lokalitu s detaily druhů opylovačů. V detailu nejběžnější druhy opylovačů: okáč bojínkový (*Melanargia galathea*), ohniváček celíkový (*Lycaena virgaurea*), hnědásek jitrocelový (*Melitaea athalia*). Fotografie pořízeny v různých částech letních sezón 2022 a 2023 během sběru dat.

### 3. Literární přehled

Druhově bohatá louka v období maxima kvetení rostlin nabízí široké škále hmyzu pestré nabídku potravních zdrojů i dílčích typů stanoviště. Rozmanitá vegetace heterogenních luk a pastvin umožňuje existenci podobně bohatých společenstev hmyzu, reprezentujících různé trofické úrovně i potravní gildy heterotrofních organismů. Stanovištně i vegetačně pestré plochy druhově bohatých luk i pastvin jsou domovem mnoha druhů generalistů, ale zároveň je obývají i některé specializované, náročnější druhy s omezeným areálem výskytu. Výsledkem je existence složité sítě interakcí mezi rostlinami, herbivorními druhy, opylovači a jejich predátory, která odráží dynamiku fungování celého ekosystému. Jednu z klíčových ekosystémových služeb představuje opylování.

#### 3.1. Evoluce opylování

Opylování je mutualistický vztah mezi rostlinami a živočichy, formovaný stovky milionů let koevolucí (Ollerton 2017). Rostlina nabízí svým opylovačům zdroje potravy, z nichž nejvýznamnější jsou nektar a pyl, opylovač rostlině slouží jako vektor přenosu pylových zrn, pokud možno na bliznu květu jiného jedince stejného druhu (Darwin 1859). Ačkoliv tedy každá ze stran opylovací interakce má odlišnou motivaci (rostlina reprodukci, opylovač, s trochou nadsázky, oběd), je možné obojí spojit ve vzájemně prospěšný, mutualistický vztah, ačkoliv rozhodně ne všechny polinační interakce fungují s pozitivou na straně obou zúčastněných stran (Hrouda et al. 2019; Janovský et al. 2012). Opylování je každopádně jednou z velmi frekventovaných, a proto významných ekologických interakcí: bez opylovačů by většina rostlin nebyla schopna vytvářet semena a generativně se rozmnožovat, bez rostlin a jimi poskytovaných zdrojů potravy by opylovači umřeli hlady (Kearns et al. 1998).

Celosvětově je cca 87,5 % druhů rostlin opylováno živočichy. Nejvíce druhů zoogamních rostlin nalezneme v tropech (94 %) a jejich podíl směrem k pólům klesá. V našich zeměpisných šířkách je okolo čtyř pětina druhů rostlin (78 %) opylováno živočichy. Mezi cca. 20 % větrosprašných (anemogamních) druhů patří všechny trávy a většina u nás pěstovaných zemědělských plodin (naopak ovoce, zelenina a píce z čeledi bobovitých rostlin – jetel, vojtěška - jsou téměř bez výjimky závislé na opylovačích). Zbývající dvě procenta druhů rostlin připadají na vodosprašnost (hydrogamii) a tzv. apomixii (agamospermii), kdy pro vývoj semene nemusí dojít k přenosu pylu (Hrouda et al. 2019). U většiny rostlin je generativní rozmnožování doprovázeno reprodukcí

vegetativní, ta však vede ke vzniku klonů, výhodných především ve stabilním, neměnném prostředí (Vinšová 2012). Při sexuální reprodukci naopak vznikají nové kombinace genů, prostřednictvím mutací i zcela nová genetická variabilita, jež je výhodná, protože zajišťuje ekologickou plasticitu (Kolaříková 2015). Rostliny jsou ovšem sesilní organismy, nemohou se tedy vyhnout nepříznivým faktorům prostředí, nadto si nejsou schopny aktivně vyhledat sexuálního partnera. Proto jsou z hlediska reprodukce zcela závislé na faktorech okolního prostředí. Původním způsobem reprodukce byla hydrogamie, kdy jako vektor či spíše prostředí sloužila voda, umožňující šíření obrvených spermatozoidů nesemenných rostlin. Primitivnější druhy rostlin, např. mechorosty, se dodnes spoléhají na vodu (He 2016), sloužící jako médium pohybu bičíkatých spermatozoidů. Tyto pohyblivé samčí pohlavní buňky se pohybem ve vodním prostředí aktivně přemístí a oplodní vajíčka. Popsaný původní opylovací mechanismus se během spodního devonu, kdy se na Zemi objevují první semenné rostliny, dále vyvíjel, s odlišným výsledkem u dnešních nahosemenných (Gymnospermae) a krytosemenných (Angiospermae) rostlin. Obě skupiny rostlin mají určité znaky stejné: u většiny semenných rostlin jsou samčí i samičí pohlavní buňky aktivně nepohyblivé a k přenosu s následným vytvořením zygoty, zárodku, resp. semene, potřebují zprostředkovatele (Hroudek et al. 2019). Většina fosilních, ale i dnešních nahosemenných rostlin využívá anemogamní přenos pylu (Willis a McElwain, 2014). Předpokládá se, že opylování větrem se u nich vyvinulo v reakci na historické změny v abiotickém prostředí (sušší klima). Později, přibližně před 130 až 90 miliony let (Kvaček a Kvaček 2009), v období křídly (Abrol, 2011), se vyvinula skupina krytosemenných rostlin, jejíž vývoj z hlediska reprodukčních strategií významně koreloval s vývojem pokročilejších skupin hemimetabolního hmyzu, jako jsou především motýli (Lepidoptera), dvoukřídli (Diptera) a blanokřídli (Hymenoptera) (Armbruster a Patiny, 2012). Opylení hmyzem bylo výhodné hlavně v uzavřených, zalesněných stanovištích nebo v nižších polohách, a ačkoliv v průběhu času docházelo u krytosemenných i k sekundárnímu přechodu od entomogamie k lokálně výhodnější anemogamii, přesto je dodnes zoogamie, a to především entomogamie, převládající životní strategií krytosemenných rostlin (Ollerton et al. 2011), což platí nejvíce především v nížinných tropických oblastech. Naopak anemogamní rostliny mají nejvyšší zastoupení v temperátních oblastech, v otevřených biomech jako jsou savany, nebo na ostrovech a ve vysokohorském prostředí (Culley et al., 2002). Sekundárně anemogamní druhy rostlin mají typicky zmenšené celé květní obaly i jednotlivé lístky květního obalu, tento může být i zcela redukován, stejně jako

např. nektária a květní vůně (Culley et al., 2002). Absence obalů je velmi výhodná – z tyčinek s dlouhými nitkami se snadno uvolňuje pyl a blizna je uzpůsobena k jeho snadnějšímu zachycení. Největší skupinu anemogamních rostlin představují trávy, tuto strategii ale využívají i běžné rody opadavých stromů temperátu, jako je buk (*Fagus* spp.), dub (*Quercus* spp.) nebo bříza (*Betula* spp.).

Jak vyplývá z dosud uvedeného, zoogamie je nejrozšířenější reprodukční strategií většiny rostlin. Ačkoliv obecně nejčastějšími opylovači jsou zástupci čtyř největších řádů hmyzu: dvoukřídlých (Diptera), blanokřídlých (Hymenoptera), motýlů (Lepidoptera) a brouků (Coleoptera), platí, že v různých typech ekosystémů se na opylování podílejí různé skupiny živočichů odlišnou měrou. Tak v tropických oblastech najdeme relativně nejvíce opylujících obratlovců - převažují mezi nimi ptáci a letouni, ale podílejí se i další savci (primáti, lemuři, hlodavci aj.), plazi – např. gekoni, a dokonce i měkkýši (Corlett a Primack 2011) – ale dominantní skupinou jsou včelovití blanokřídlí, na jejichž opylovací služby spoléhá 40-50 % rostlin. V tropech můžeme narazit i na největší počty opylovačů z neobvyklých skupin hmyzu jako jsou např. polokřídlí (Hemiptera), švábi (Blattodea), síťokřídlí (Neuroptera). Směrem od rovníku na sever, ale i do horských oblastí, blanokřídlých rychle ubývá, stejně jako motýlů. V opravdu vysokých nadmořských výškách a zeměpisných šířkách nakonec klesá i význam čmeláků a jejich místo ve společenstvech opylovačů přebírají dvoukřídlí - jak očekávané druhy (pestřenky, mouchy), tak i drobné nenápadné skupiny, včetně taxonů, které máme zafixovány kupříkladu jako obtížný, krev sající hmyz (např. komáři či muchničky). Ve vyšších zeměpisných šířkách, stejně jako v horách se také vyskytuje více druhů rostlin, které se dokáží různými cestami obejít při tvorbě semen bez opylovačů např. samosprašení, anemogamie (Hroudek et al. 2019).

Na základě značné převahy zoogamních rostlin lze konstatovat, že jde o úspěšnou reprodukční strategii. Cílem rostliny je ovšem maximalizovat svůj reprodukční úspěch, čehož lze docílit tehdy, pokud je co nejvíce z vytvořeného pylu přeneseno na místo určení. To vlastně znamená, že v zájmu rostliny je přilákat co nejspecializovanějšího opylovače, jenž minimum pylu „vyplývá návštěvami jiných druhů rostlin (případně zkonzumuje). Tohoto opylovače je třeba si následně hýčkat, aby příště usednul na stejný druh rostliny s perspektivou opětovného zisku atraktivní odměny.

Zatímco skutečnou odměnou pro opylovače může být samotný pyl (obsahující esenciální aminokyseliny, lipidy a řadu dalších látek) a samozřejmě nektar, vedle dalších metabolitů, jako jsou například rostlinné vosky, oleje aj., k primárnímu přilákání

opylovače na květ slouží sada jeho vlastností, označovaných jako polinační syndrom, působící na smyslový aparát opylovače (Proctor et al. 1996). Obecně jde o tvar (typ souměrnosti) květu, barvu, vůni aj., jejichž konkrétní varianty a kombinace cílí na konkrétní skupiny opylovačů, v krajních případech extrémní koevoluce (a tím i specializace) na konkrétní rod nebo dokonce druh rostliny (viz notoricky známý případ endemické orchideje a jejího opylovače – rovněž endemického lišaje, jehož existenci předpověděl sám Darwin poté, co při návštěvě Madagaskaru spatřil extrémně dlouhou ostruhu orchideje větrobýlu (*Angraecum sesquipedale*)).

**Barvu** květů vnímají různí opylovači odlišně. Souvisí to se způsobem, jakým je vyvinut jejich zrakový orgán. Blanokřídlý hmyz má kupříkladu trichromatické vidění. Barvy vnímá odlišně než člověk, díky fotoreceptorům citlivým na UV záření. Pro nás bílé květy se mohou blanokřídlym jevit jako pestře zbarvené, často s rozmanitými vzory, jelikož část okvětních lístků, které odráží UV světlo, ostře kontrastuje se zbytkem květu, který UV světlo pohlcuje. Vzniká pro člověka neviditelná mozaika barev a tvarů, díky které se rostlina snaží opylovače nalákat. Výskyt ultrafialových květních vzorů je mnohem častější než výskyt viditelných barevných kreseb, nejčastěji v purpurové nebo modročervené barvě. Hmyz neumí rozpoznat červenou barvu, výjimky jako včelí mák odráží obrovské množství UV světla a tím jsou pro opylovače viditelné. Květní generalisté – mnoho druhů včel a motýlů – využívají svůj zrak k detekci květů. Zapamatují si tvar, barvu a vzory těch květů, jež je odmění a naučí se je tak odlišovat od méně výnosných rostlin (Chittka et al. 2014; Hroudek et al. 2019). Kromě všeobecného lákadla a reklamy, že zrovna jejich květ je vhodný pro opylení, může barva sloužit i k propracovanější komunikaci. Barva květu, nebo jeho části se může se stářím změnit což je signál pro opylovače, že tento konkrétní květ je již opylen, a tím pádem i bez odměny. Řada entomogamních rostlin mění s odkvetením barvu květu (nebo jeho části) na odstíny červené, tedy barvy, kterou hmyz nerozlišuje (Pecháček 2016).

**Vůně** má velký podíl na přilákání opylovačů, zejména u specializovaných, často i deceptivních (klamavých) druhů. Například u populace tořiče pavoukonosného (*Ophrys sphegodes*), který je vysoce specializovaný na opylování konkrétním druhem samotářské včely pískorypky černolesklé (*Andrena nigroaenea*). Tořič napodobuje tvarem, vůní a ochlupením květů samičky pískorypek a láká tak samečky k falešnému páření, při němž na oklamaném nápadníkovi ulpí pylové brylky orchideje. Vůně je ale velmi důležitá i pro generalisty, především pro hmyzí a netopýří návštěvníky, kteří rozpoznají vůni i na delší vzdálenosti. Hmyzí opylovači totiž častěji poznají a naučí se rychleji rozpoznat vůni, než–



li barvu či tvar květu (Balamurali et al., 2015). Vůni produkují specializované orgány osmofory na povrchu okvětních lístků (Jersáková a Tropek, 2018). Spektrum vůní je velmi rozmanité, kromě nasládlé květových vůní rostliny využily smyslové zaujatosti opylovačů a vytvářejí látky stejné či podobné, jako jsou ty, které se podílejí na jejich vlastní chemické komunikaci (např. feromony), případně těžkou vůni kvasícího ovoce, nebo dokonce intenzivní zápach rozkládajícího se masa (poslední opět klamem cílí zejména na mouchy, masařky, bzučivky a další hmyz s nekrofágní specializací larev).

Jako atraktant může působit i produkce *tepla*, které květ uvolňuje, hlavním cílem sice bývá urychlení dozrávání reprodukčních orgánů či buněk, ale výhoda pro rostlinu je atraktivní i pro mnohé opylovače, zejména ty, kteří žijí v nehostinném, či teplotně kolísavém prostředí (vysoko za obratníky či vysoko v horách)

Specifický tvar květu, umožňující rostlině odrážet směrované *zvuky*, cílí na letouny, orientující se v prostředí pomocí echolokace. Netopýrem vyslaný ultrazvukový signál se při vhodném tvaru květu, či jiné rostlinné struktury, odráží konkrétním směrem, což pyložravému letounovi umožní rozkvetlou rostlinu lokalizovat

Rovněž *struktura a tvar* květu jsou vytvářeny tak, aby přitahovaly konkrétní druhy. Opylovači s krátkým sosákem (včely, pestřenky, vosy, brouci, mouchy) vyhledávají květy, které mají nektar uložený na dně svých malých kalichů (např. čeled' brukvovité (Brassicaceae), hvozdíkovité (Caryophyllaceae) nebo rod mochna (Potentilla spp.)). Opylovači s dlouhým sosákem (čmeláci, motýli, můry) navštěvují květy s méně přístupným nektarem, květy ukrývají nektar hluboko uvnitř. Chrání ho před odcizením živočichy, kteří neplní opylovací funkci.

*Pyl* je jemný prášek složený z jednotlivých pylových zrn nesoucí samčí gamety semenných rostlin. Je to velmi výživná látka, která obsahuje až 30% proteinů, až 15 % cukru, fosfáty, bílkoviny a další základní složky nezbytné pro správný vývoj. Včely pyl potřebují pro růst jejich kolonie, pro vývoj larev, nově vzniklé dělnice i pro královnu. Pestřenky naopak díky svrchní vrstvě pylových zrn, ve které se nachází aminokyselina prolin snadno rozpoznávají své hostitelské květy. Tyto prospěšné látky hmyz naruší pomocí kusadel a vstřebává je až během samotného trávení v těle opylovače (Konzmann et al. 2014).

*Nektar* vylučuje specializovaný žláznatý orgán, tzv. nektarium. Najdeme ho u většiny krytosemenných druhů, několika nahosemenných ale i u kapradin. Nachází se u báze květu. Jsou to specializované, vícevrstevné parenchymatické buňky pod epidermis. Najdeme zde i škrobová zrna, která po dozrání nektaru praskají a spustí jeho vyloučení.

## 3.2. Opylovací síť

Živý svět kolem nás je hierarchicky uspořádaný a velmi pestrý. Rostliny a opylovači jsou ve společenstvech uspořádáni do sítě spleťtých a složitých vztahů, o jejíž celkové komplexnosti a funkčnosti víme mnohem méně, než si připouštíme. Přitom poznání a pochopení struktury této sítě může významně napomoci porozumění dynamice celých společenstev či ekosystémů, mj. například zásadám udržování biologické rozmanitosti. Znalosti začlenění jednotlivých druhů v síti zase mohou mít význam v jejich ochraně (Hadrava 2013) v období globální krize opylovačů (*sensu* Biesmeijer et al. 2006, Potts et al. 2010, Zattara a Aizen 2021).

Naše znalosti struktury společenstev opylovačů ve vztahu k jejich živným rostlinám jsou poměrně omezené, a to i přes dlouho trvající zájem odborníků o toto odvětví ekologie, datující se nejméně do dob Darwinových. Víme kupříkladu, že až 85 % středoevropských rostlin spoléhá na opylování hmyzem. Okolo 26 % rostlin si vytvořilo i jinou strategii kromě cizosprašnosti (např. samosprašné či apomiktické rostliny jako např. okrotice bílá, huseníček rolní a celá řada apomiktických taxonů, vytvářejících početné mikrospecie, sdružované do tzv. agregátů, jako například pampeliška *Taraxacum sect. Ruderalia*, mnohé ostružiníky r. *Rubus* či jeřáby r. *Sorbus*.

U většiny druhů rostlin nepřevažuje jednoznačně konkrétní skupina opylovačů, přesto nelze říci, že jsou návštěvy hmyzu zcela náhodné (Janovský et al. 2012). Recentní práce z prostředí druhově pestrých sušších luk České republiky například ukazují, že na složení společenstva opylovačů konkrétních rostlin má i pozice (výška) květů v rámci porostu a záleží na lokálním kontextu (jaká je celková výška porostu), že konkrétní druhy opylovačů preferují návštěvy květů určitých rostlin v konkrétní výšce než jiné (Klečka et al. 2018b), a že různé druhy rostlin snižují vzájemnou kompetici o opylovače mj. i odlišením denní doby maximální dostupnosti pylu (Štencl et al. 2023).

Studium vztahů mezi opylovači a jejich živnými rostlinami přitahuje biology již odedávna. Lze na nich studovat princip koevoluce a slouží jako jeden z nejnámějších příkladů mutualistického vztahu. Kromě pochopení evolučních a ekologických principů, kdy můžeme přičítat opylovačům značný podíl na existenci dnešní diverzity hmyzu a krytosemenných rostlin (Grimaldi & Engel 2004), je vhodné studovat ekologii opylování i z důvodů čistě praktických - jednak kvůli ochraně přírody v lidmi využívané krajině, ale také pro zjištění významu konkrétních skupin opylovačů v zemědělské produkci. Již teď je z řady prací známo, že bez opylovačů by lidstvo nemohlo využívat mnoho základních

potravin, jako výrobky obsahující med, ale i oleje, pečivo, koření, cukrovinky, džemy, džusy. V kontextu doloženého mizení opylovačů z krajiny se polemizuje o využívání tzv. „lidských včel“ - metody velmi ekonomicky i časově náročné ve srovnání s ekosystémovou službou zajišťovanou opylovači přirozeně zcela „zdarma“ (Partap, Ya 2012).

Donedávna se téměř všechny výzkumy opylování soustředily na konkrétní druh na konkrétní rostlině, zjištěné výsledky tedy byly vytrženy z kontextu celkového společenstva, v němž daný vztah fungoval. Teprve v poslední době se začíná uplatňovat komplexní přístup studia celých polinačních sítí, který podhaluje řadu doposud neznámých zákonitostí utváření vztahů mezi rostlinami a živočišnými opylovači v různých typech prostředí (Janovský et al. 2013, Moquet et al. 2017, Vizentin-Bugoni et al. 2018, Krishnan et al. 2020, Hadrava et al. 2022).

Co je to tedy opylovací síť? Velmi zjednodušeně matematická formalizace snahy pochopit, jak vlastně funguje „obyčejná“ louka, kde každý den vidíme opylovací proces – různé druhy opylovačů navštěvují s odlišnou frekvencí různé druhy rostlin. Opylovací, neboli polinační síť (ang. pollination network) umožňuje po vzoru sítí potravních podívat se prostřednictvím teorie grafů na společenstvo rostlin a opylovačů jako na jeden celek. (Hadrava 2013). Koncept opylovacích sítí tak umožňuje propojení tradičního studia opylování s teoretickou ekologií, synekologií, krajinnou ekologií a matematikou (Proulx et al. 2005), v důsledku může také sloužit jako varování, jakých zjednodušení se dopouštíme při studiu ekologie opylování na širších škálách. Aby však bylo možné popsat odlišnosti ve struktuře dílčích systémů propojení rostlin a opylovačů, nezbyvá nic jiného než tyto systémy zjednodušit do nějaké uchopitelné formy – jednou z možností jsou právě opylovací sítě. Tyto sítě umožňují nahlížet na společenstvo rostlin a opylovačů jako na jeden celek a všimnout si tak jeho uspořádání. Poskytují nám také možnost porovnávat mezi sebou ekosystémy různých oblastí a hledat souvislosti mezi biologickými interakcemi, které probíhají ve společenstvech a biodiverzitou. V posledních letech byla těmto tématům věnována velká pozornost ( Olesen 2007, Hadrava 2013, Bascompte a Schefer 2023).

Síť je speciálním případem tzv. grafu. Graf je matematický objekt, který je tvořen množinou bodů zvaných *vrcholy* a množinou spojů zvaných *hrany*. Každá hrana spojuje vždy právě dva vrcholy. Každá z dvojic vrcholů může, nebo nemusí, být spojena hranou, pokud zde hranu najdeme, říkáme, že tyto vrcholy spolu *sousedí*. Počet sousedů určitého vrcholu nazýváme jeho *stupněm*. Cestou v grafu označujeme sled neopakujících se,

vzájemně sousedících vrcholů a hran, které tyto vrcholy spojují. Graf může být tzv. ohodnocený, to pokud všem hranám přiřadíme určité číselné hodnoty. Graf, jehož všechny vrcholy lze rozdělit do dvou množin, pro které platí, že každá hrana z grafu spojuje vrcholy náležející do různých množin (to znamená, že žádná hrana nespojuje vrcholy téže množiny) nazýváme *bipartitním grafem* (Hadrava 2013). Tento typ grafu nejvhodněji využijeme v popisu opylovacích sítí. V bipartitním grafu vrcholy odpovídají jednotlivým druhům – jedna množina druhům rostlin, druhá množina druhům opylovačů. Hrany spojují dvojice opylovač + rostlina, mezi nimiž existuje opylovací interakce. U ohodnocených grafů pak hodnota hrany pak kvantifikuje intenzitu (např. četnost) této konkrétní interakce.



**Obrázek 2** Způsoby vizualizace sítí. Vizualizace sítě programem R `bipartite::plotweb` (Dormann et al. 2008), bipartitní matice, vizualizace sítě programem R `bipartite::visweb` (Dormann et al. 2008) zdroj: Hadrava 2013.

Je třeba si uvědomit, že síť, se kterou v analýze zacházíme, není nikdy dokonalým obrazem skutečné ideální sítě pro danou lokalitu v daném čase (záleží na mnoha faktorech, od početnosti a obecné aktivity rostlin i opylovačů, přes preference druhů ovlivňované např. parametry porostu – viz výška a pozice květů konkrétních rostlin v jeho rámci (Klečka et al. 2018b), míra produkce pylu konkrétních rostlin v závislosti na denní době (Šterncl et al. 2023) a míra „sytosti“ opylovačů aj.). Uvedené faktory proto definují soubor přítomných druhů, popsaná síť je tedy nutně jen určitým pozorovaným výběrem možných interakcí.

Na základě dosud publikovaných dat však bylo doloženo, že opylovací sítě nejsou uspořádané náhodně (Bascompte et al. 2003). Oproti dřívějším studiím opylování, často zaměřeným spíše na konkrétní druhy a vztahy, přinesl výzkum polinačních sítí také lepší představu o tom, jak hojně se ve skutečnosti uplatňují konkrétní skupiny hmyzu ve společenstvech opylovačů, tj. při opylování konkrétních rostlinných skupin, případně i jednotlivých druhů. Komplexní pohled na celá společenstva opylovačů a jejich živných

rostlin především zvýšil povědomí o velkém významu oportunistických opylovačů ze skupiny dvoukřídlých (Diptera). Např. Ssymank et al. (2008) ve své práci uvádějí, že až 80% druhů rostlin v Německu může být opylováno pestřenkami. Významnou roli ve společenstvech návštěvníků květů hrají však i další skupiny dvoukřídlého hmyzu, v případě zemědělských plodin např. Calliphoridae, Muscidae, Sarcophagidae, Tachinidae, a Bombyliidae (Rader et al. 2020). Význam dvoukřídlých ještě narostl v důsledku ohrožení a poklesu abundancí ostatních skupin opylovačů jako jsou motýli, včely, čmeláci (např. Biesmeijer et al. 2006, Kosior et al. 2007, Rada et al. 2019, Zattara a Aizen 2021), ke kterému opylující skupiny dvoukřídlých podle dostupné evidence nejsou tolik náchylné (Potts et al. 2010, Doyle et al. 2020).

V posledních dekádách je jasně patrné, že z krajiny mizí hmyz a že ochrana bezobratlých není efektivní. Za poslední století v naší republice vyhynulo asi 5–10 % druhů hmyzu, v absolutních číslech nějakých 1500–3000 druhů. Vysoké počty druhů kriticky ohrožených, tedy právě vymírajících, ukazují, že situace se nezlepšuje. Mnoho dříve běžných druhů dnes pouze dožívá v jedné nebo několika izolovaných populacích (Čížek et al. 2009). V rámci obecného ústupu hmyzu lze definovat taxony, které ustupují nejrychleji, jednou z nejohroženějších skupin jsou obyvatelé druhově pestrých bezlesí, mezi které se řadí nejvýznamnější opylovači, zejména blanokřídlí (Čížek et al. 2009).

Jak uvádím výše, mezi dvoukřídlými situace pravděpodobně není tak kritická, což vybízí k dalšímu studiu polinačních sítí v rámci různých typů prostředí, které umožní lépe postihnout význam různých skupin opylovačů na konkrétních stanovištích. V podmínkách České republiky, nesporně jedné z celosvětových „včelařských velmocí“ dle přepočtu počtu registrovaných včelstev na obyvatele (573.676 včelstev), přetrvává mezi veřejností kolektivní povědomí o zásadním podílu domestikované včely medonosné na opylování plodin i planě rostoucích rostlin (Bajko 2019).

Recentní světové i regionální práce však kreslí poněkud odlišný obrázek a poukazují na větší potenciál nevčelích opylovačů, než se původně předpokládalo (Janovský 2012, Janovský et al. 2013, Klečka et al. 2018a, Doyle et al. 2020, Rader et al. 2020, Esquivel et al. 2021), a to hlavně v kontextu výše popsaných globálních změn rozšíření opylovačů, kdy pozorujeme výrazně pomalejší ústup dvoukřídlých, než ostatních skupin významných opylovačů.

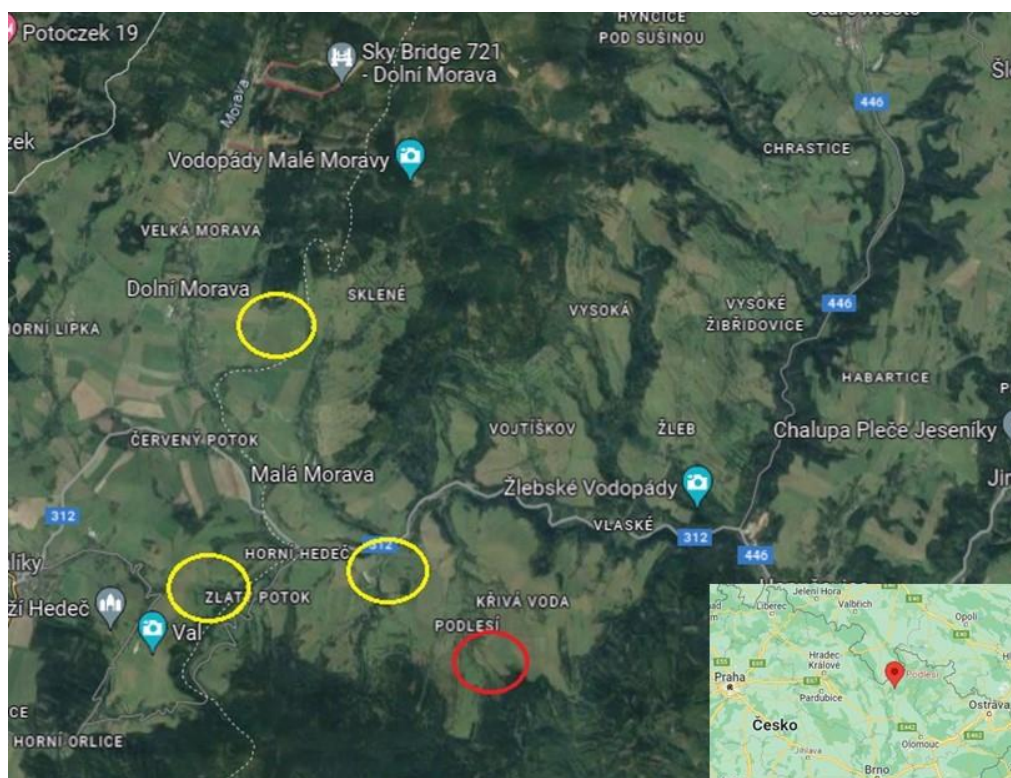
Průkopnické studie ekologických sítí v prostředí ČR (Janovský et al. 2012, Janovský et al. 2013) a navazující práce Klečky et al. (2018a,b), Hadravy et al. (2022) a Štencla et al. (2023) studují funkční propojení rostlin a opylovačů na zemědělské půdě trvalých

travních porostů, ale i okrajů polí, tzv. biopásů, zakládaných s cílem podpory biologické rozmanitosti hmyzu obecně a opylovačů zvlášť. Obraz, který se jim začal odhalovat, je mnohem pestřejší a zajímavější, než bylo zvykem se dosud domnívat (viz zásadní význam včely medonosné při opylování většiny entomogamních rostlin temperátu). Janovského pracovní skupina studuje vztahy mezi opylovači a rostlinami intenzivně, ale přesto dosud zdaleka nepokryli heterogenní škálu otevřených typů stanovišť v prostředí ČR. Proto se nabízí idea provést podobnou studii v jiném typu prostředí, konkrétně v regionu podhůří masivu Kralického Sněžníku, travních porostů, udržovaných v minulosti nejen sečí, ale také pastvou různých druhů dobytka.

## 5. Metodika

Předkládaná bakalářská práce se skládá z literárního přehledu uvozujícího vlastní zaměření praktické části, založené na terénním sběru dat. V rešeršním úvodu pracuji s tištěnými a elektronickými literárními zdroji, relevantními ve vztahu k řešené problematice opylování a jeho možného narušení vlivem globálního trendu poklesu populací hmyzu, včetně opylovačů.

Vlastní terénní výzkum probíhal v podhorské oblasti vymezené masívem Králického Sněžníku od severozápadu a Hanušovickou vrchovinou z jihovýchodu. Širší zájmová oblast byla zvolena vzhledem ke svému podhorskému charakteru a přítomností dostatečného počtu extenzivně využívaných trvalých travních porostů (dále TTP) luk a pastvin (louky sečeny převážně jedenkrát ročně, pastva v jednom období během sezóny za středně velkého pastevního tlaku pasených zvířat). Relativně citlivý management otevřených ploch spolu s jejich značnou plochou a konektivitou dílčích ploch TTP umožňuje dlouhodobé přežívání druhově bohatých společenstev rostlin i bezobratlých živočichů (Fahrig et al. 2011), včetně zvláště chráněných a ohrožených druhů, které již v nižších nadmořských výškách s intenzivnějším zemědělstvím nejsou běžné (Černá 2011).



**Obrázek 3** Situační mapka širšího zájmového území s vyznačenými pozicemi studovaných lokalit. Pastvina v Podlesí jakožto studovaná lokalita opylovacích sítí je označena **červeně**. V mapě jsou rovněž označeny i čtyři ostatní lokality **žlutě**, navštěvované při terénním screeningu

území v r. 2021 s cílem výběru nejvhodnější lokality pro studium opylovacích sítí. Upraveno s využitím mapového podkladu dostupného na [www. google/maps](http://www.google/maps).

## 4.1 Charakteristika zájmového území, studijní lokality

Během letní sezóny r. 2021 jsem na základě dlouhodobé znalosti území (od narození žiji v obci Malá Morava) vytypovala čtyři potenciálně vhodné lokality v širší zájmové oblasti, vymezené přibližně obcí Malá Morava na severozápadě a Hanušovicemi na jihovýchodě. Jedná se převážně o území podhorských luk a pastvin s fragmenty lesní vegetace, především jako doprovodné vegetace vodních toků v území (Obr.3), území je součástí rozsáhlé ptačí oblasti (dále PO) Králický Sněžník, vyhlášené k ochraně chřástala polního (*Crex crex*) včetně jeho biotopu, jež tvoří především později sukcesní (tj. extenzivně obhospodařované) vlhčí louky či pastviny (Pykal et al. 2021). Tyto lokality jsem v sezóně 2021 opakovaně navštěvovala a pořizovala jakési „momentky“ opylovacích sítí. Díky této systematické průzkumné činnosti jsem nejen zdokumentovala přírodní charakteristiky ploch, ale zároveň pořídila srovnávací sbírku nejběžnějších zástupců přítomných skupin opylovačů a zdokonalila se tak i ve schopnosti jejich terénní determinace. Stejně tak jsem věnovala čas i vytipování nejvhodnějších (tj. dostatečně zastoupených) entomogamních rostlin, jež jsou hojně navštěvovány opylovači.

Na základě průzkumu území jsem vytypovala celkem čtyři lokality podhorských bezlesí, dvě z nich obhospodařované jako louky, tj. sečí jedenkrát v roce (lokality Zlatý potok a Sklené) a dvě jako pastviny (lokality Podlesí pasená koňmi a Vysoký potok – pastvina s komplikovanější strukturou i způsobem údržby, v němž se kombinuje extenzivní pastva skotu a koní se sečí).

V konečné volbě studijní lokality se odráží nejen průběžně monitorovaná struktura vegetace a druhové bohatství a početnost zaznamenaných opylovačů, ale také způsob údržby lokalit a ochota vlastníků vyjít vstříc cílům mého výzkumu (např. umožnění vstupu a pohybu po pozemcích, možnost oplocení vymezených studijních ploch atd.). Na základě všech posuzovaných parametrů jsem jako cílovou studijní lokalitu zvolila pastvinu při vesnici Podlesí (m.č. obce Malá Morava), již níže charakterizují z hlediska přírodních poměrů. Popis ostatních ploch je součástí příloh bakalářské práce.

### Charakteristika vybrané studijní plochy



S ohledem na maximální druhovou bohatost stanoviště, jakož i ochotu vlastníka pozemku umožnit a být nápomocen plánovanému terénnímu výzkumu jsem zvolila TTP, navazující na jihovýchodě na zastavěné území obce Podlesí. Vegetace pastviny spadá do fytochorionu Hanušovické vrchoviny, převládajícím půdním typem jsou písčité kambizemě. Dle E. Quitta se lokalita nachází v chladné klimatické oblasti (1971). Plocha velikosti 18,1 ha je využívána jednou ročně jako extenzivní pastvina, pasená malým stádem koní po dobu cca. 1 měsíce v letní sezóně. Jedná se o svažité území se severozápadní expozicí, délkou svahu necelých 300 m a průměrnou sklonitostí cca. 8,33 °. Horní okraj pastviny leží v nadmořské výšce 628 m n. m., dolní okraj se nachází v 664 m n. m.

Především díky svažitosti plochy, písčitému podloží a odlišné dostupnosti vody v různých částech plochy je území heterogenní a vegetačně pestré. V údolnici svahu teče Kamenný potok se stinnými plochami břehových porostů jasanovo-olšové luhů (Chytrý et al. 2010). Dle Katalogu biotopů se jedná o biotop podhorských smilkových trávníků (2010). Struktura vegetace je tvořená smilkou tuhou (*Nardus stricta*) a ovsíkem vyvýšeným (*Arrhenatherum elatius*). K těmto dominantám se řadí i další druhy trav (např. *Agrostis capillaris*, *Danthonia decumbens*, *Festuca filiformis*), které jsou doprovázeny mnoha bylinami. Kromě zapojených travinných porostů zde můžeme najít rozvolněné porosty s dominancí trav na narušovaných svazích ovlivňovaných půdní erozí nebo periodickým vysycháním či býložravci. Na sušších, exponovaných stanovištích, především na prudších svazích a pasených místech, se vytvářejí méně zapojené porosty s dominancí trav, ve kterých se více uplatňují suchomilné druhy, např. *Dianthus deltoides*, *Euphrasia rostkoviana*, *Pimpinella saxifraga* a *Thymus pulegioides*. Obecně je tento druh vegetace náchylný k erozi a eutrofizaci (při příliš intenzivní pastvě), jež vede nárůstu podílu produktivních trav, jako je *Dactylis glomerata* a *Phleum pratense*, a ústupu drobných bylin, ale na druhé straně rychle sukcesně zarůstá při upuštění od pastvy semenáčky dřevin (zejména břízy a jeřábu). Tyto se zde pravidelně vyskytují zejména v nezapojených porostech s nízkou kompeticí o prostor a sukcese po opuštění pozemků zde může být velmi rychlá. K udržení těchto společenstev je nutná pravidelná seč nebo pastva s možností přihnojování (Chytrý et al. 2010).

Vegetace konkrétní studované plochy je typická výskytem mnoha nektarodárných rostlin, např. mateřídoušky vejčité (*Thymus pulegioides*) dobromysli obecné (*Origanum vulgare*), máčky ladní (*Eryngium campestre*), chrastavce rolního (*Knautia arvensis*), pcháče rolního (*Cirsium arvense*), pupavy bezlodyžné (*Carlina*

*acaulis*), hvozdíku kartouzku (*Dianthus carthusianorum*), světlíku lékařského (*Euphrasia officinalis*) či rozrazilu lékařského (*Veronica officinalis*).

Z pyloidárných rostlin zde najdeme jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*), třezalku tečkovanou (*Hypericum perforatum*), vikev ptačí (*Vicia cracca*) a taky velmi významnou chrpu luční (*Centaurea jacea*). Druhovou pestrost pro opylovače atraktivních rostlin reflektuje i pestrost společenstva opylovačů, již popisují v úvodní části kap. Výsledky.

## 4.2 Charakteristika sledovaných skupin opylovačů

Za nejvýznamnější skupiny opylovačů jsou považováni zástupci řádů Lepidoptera, Hymenoptera (především včelovití blanokřídlí z čel. Apidae) a Diptera (především, ale nejen pestřenkovití – čel. Syrphidae). Uvedené skupiny se liší svými životními historiemi i potravními nároky, druhé platí především pro larvální stádia. Housenky motýlů se zpravidla živí rostlinnými pletivy a zároveň jsou spíše sedentární, naopak dospělci jsou potravně závislí na příjmu nektaru, případně potravu nepřijímají a čítají jak druhy málo pohyblivé, tak i vysoce mobilní (Beneš a Konvička 2002).

Jazýčkovitý sosák včely medonosné je přibližně tak dlouhý jako hlava, proto si vybírají květy bez ostruh a dlouhých trubek.

Čmeláci jsou blízcí příbuzní včely, stejně jako včela medonosná patří mezi košičkaté včely (Apinae). Ve svých „chutích“ se od ní ale poměrně liší. Je to dáno především jejich ještě o něco vyšší hmotností a delšími sosáky. Všechny druhy našich čmeláků jsou polytrofní, živí se a opylují široké druhové spektrum rostlin. Navštěvují často rostliny s trubkovitými květy a obvykle se vyhýbají zcela otevřeným květům, kde bývá „přetlak“ návštěvníků, například na velmi oblíbeném druhu *Knautia Arvensis* (Janovský et al. 2012). Včely a čmeláci se živí pylem a nektarem rostlin po celý život a jedná se o sociální či sociálně parazitické druhy (pačmeláci), citlivé jak na diverzitu kvetoucích rostlin (Goulson et al. 2008), tak i na stanovištní pestrost (viz odlišné hnízdní nároky jednotlivých druhů – Kells a Goulson 2003, Lye et al. 2012).

Dvoukřídle hmyz zahrnuje skupiny s velmi rozmanitými strategiemi, také pestrost ekologických nároků a životních strategií druhů je značná. Pestřenky mají velké rozpětí velikostí i délek sosáků, najdeme mezi nimi specialisty i ryzí oportuniste požírající nektar i pyl z různorodých druhů rostlin (Janovský et al., 2012). Rostlinám s drobnými květy se většina opylovačů vyhýbá, nachází je pouze z malé dálky a tyto květy obvykle slibují malou odměnu, pestřenky je ale hojně vyhledávají. Dokáží obsáhnout nejširší spektrum druhů rostlin na lokalitě (Janovský et al., 2012; Janovský et al., 2013). Ostatní dvoukřídle

jsou také početní a nevybíraví opylovači (Janovský et al. 2012). Nejčastěji se jedná o nejrůznější „mouchy“, které si navštívené květy příliš nevybírají, dokud se do nich dá dosáhnout s jejich krátkým sosákem (Janovský et al. 2012). U většiny nepestřenkovitých dvoukřídlých nemáme příliš dobré údaje, jak účinnými opylovači jsou a jestli se na ně rostliny mohou spolehnout. Zvláštní kategorii mezi „mouchami“ tvoří masařky (Sarcophagidae) a bzučivky (Calliphoridae) se značnou slabostí pro tmavě červené až hnědé květy připomínající vzhledem či vůní hnijící maso či exkrementy.

Všem uvedeným skupinám opylovačů je společná značná mobilita imag v prostředí (jedná se o okřídlené skupiny), ekologickými nároky, nejjobecněji mírou specializovanosti či generalizovanosti, se ovšem vzájemně liší druhy i v rámci téže skupiny.

### 4.3 Design sběru dat

Během úvodního terénního průzkumu širšího území s cílem nalézt nejvhodnější studijní lokalitu jsem uplatňovala pouhý *check in* zápis druhů přítomných rostlin (s využitím vlastních znalostí a aplikace PlantNet, zároveň jsem determinačně obtížné druhy konzultovala s kolegyní studující odbornou botaniku. Nezapisovala jsem všechny dominantní druhy rostlin (např. trávy), ale pouze dostatečně zastoupené entomogamní taxony. Pro odchyt opylovačů jsem používala entomologickou síťku a v případě nutnosti smrtičku s kyanidem draselným (pro pořízení srovnávací sbírky hmyzu a následně už jen v případě jedinců, jež jsem nebyla schopna určit v terénu). Přednostně jsem se však vždy pokoušela jedince fotograficky zdokumentovat, ať už v síťce, nebo opatrně fixované mezi dvěma prsty. Uvedenou metodu jsem uplatnila hlavně v určování motýlů, kdy byly pořízené fotografie následně srovnány přesně determinovanými jedinci ve srovnávací sbírce.

Po vytipování pastviny v Podlesí jakožto nejvhodnější studijní lokality jsem v letním období sezóny r. 2022 vytipovala na ploše pastviny celkem šest dílčích ploch, velikosti přibližně jeden a půl metru x jeden a půl metru, lišících se vegetačně z hlediska početně zastoupených druhů entomogamních rostlin (Obr 4). Výběr plošek zároveň zohledňoval maximální zachycení heterogenity přítomných mikrostanovišť, proto byl původní větší počet ploch rozmístěn velmi různorodě – některé plošky v blízkosti lesa, jiné na slunném exponovaném místě, další poblíž potoka či remízku, tvořící hranici plochy. V každé plošce bylo vybráno 4 až 5 druhů kvetoucích rostlin s entomogamní

reprodukční strategií, lišící se nejen taxonomicky, ale pokud možno i velikostí, barvou a tvarem květu. Základní vegetační charakteristika níže.



**Obrázek 4** Prostorové schéma zvolených dílčích plošek. Plošky na pastvině v Podlesí se liší zastoupením sledovaných druhů entomogamních rostlin. Upraveno s využitím mapového podkladu dostupného na [www.google/maps](http://www.google/maps).

**Ploška 1** se nachází ve svahu, na silně osluněném místě, výběr sledovaných druhů odpovídá otevřené vegetaci trávníků kyselých písčín.

Sledovány byly následující druhy: chlupáček zední (*Pilosella officinarum*), žlutý, zygomorfní květ s redukovaným kalichem; hvozdík kropenatý (*Dianthus deltoides*), nápadně fuchsiová barva aktinomorfního květu; chrastavec rolní (*Knautia arvensis*), květenství modrofialových či bílých květů s hlubším kalichem; vikev ptačí (*Vicia cracca*), modrofialové hroznovité květenství, souměrný květ stavby typické pro čeleď Fabaceae a mateřídouška vejčitá (*Thymus pulegioides*) květenství drobných, jemných květů růžové barvy.

**Ploška 2** je umístěna v relativně ploché části louky poblíž potoka, během části dne je zastíněna stromy, tvořícími břehový porost toku.

Sledovány byly následující druhy: zvonek rozkladitý (*Campanula patula*), typicky zvonkovitý tvar květu, fialová barva; štirovník růžkatý (*Lotus corniculatus*), zygomorfní

žlutý květ; jetel luční (*Trifolium pratense*), květenství se srostlolupennými kalichy jednotlivých květů, růžová barva a kokrhel větší (*Rhinanthus major*), poloparazit s charakteristickou srostlou, dvoupyskou korunou převažující žluté barvy s fialovou špičkou.

**Ploška 3** se nachází ve středu louky, v mírném svahu, typická je vegetací ovsíkových luk a horských smilkových spásaných trávníků.

Sledovány druhy: řebříček obecný (*Achillea millefolium*), květenství chocholičnaté laty úborů, bílá nebo světle růžová barva květů; chrpa luční (*Centaurea jacea*), druh významný chmýrovitým srůstem kalichu a pro výraznou fialovou barvu květu; chrastavec rolní (*Knautia arvensis*), květenství modrofialových či bílých květů s hlubším kalichem a třezalka tečkovaná (*Hypericum perforatum*), aktinomorfní žluté květy s červenými pigmentovými skvrnami.

**Ploška 4** je situována v mírném svahu, na slunném stanovišti.

Sledovány druhy: řebříček obecný (*Achillea millefolium*), květenství chocholičnaté laty úborů, bílá nebo světle růžová barva květů; škarďa dvouletá (*Crepis biennis*) s chmýřitým srůstem kalichu, žlutá barva plochých květů; kopretina bílá (*Leucanthemum vulgare*), velké květenství s typickou žlutou barvou středu a bílými okraji, dobře přístupná nektária; hvozdík kropenatý (*Dianthus deltoides*), nápadně fuchsiová barva aktinomorfního květu a mateřídouška vejčitá (*Thymus pulegoides*), květenství drobných, jemných květů růžové barvy.

**Ploška 5** se nachází v mírném svahu, je částečně zastíněna dřevitou vegetací.

Sledované druhy: ptačinec velkokvětý (*Stellaria holostea*), drobné, bílé, aktinomorfní květy; světlík lékařský (*Euphrasia officinalis*), dvoupyská bílá koruna s žlutou tečkou uvnitř; pryskyřník prudký (*Ranunculus acris*), aktinomorfní kuželové květenství květů výrazné žluté barvy; svízel bílý (*Galium album*), velmi jemné aktinomorfní květy bílé barvy.

**Ploška 6** je položena ve svahu, nejvíce ovlivněna stromovitou vegetací.

Sledované druhy: děhel lesní (*Angelica sylvestris*), květenství typu složeného okolíku, mělké květy, bílá barva; drobnější druh patřící také do čeledi miříkovité, bedrník obecný (*Pimpinella saxifraga*); pupava bezlodyžná (*Carlina acaulis*) netypický vzhled aktinomorfního bílého až hnědého květu; chrpa luční (*Centaurea jacea*) druh významný chmýrovitým srůstem kalichu a pro výraznou fialovou barvu květu a vratič obecný (*Tanacetum vulgare*) se žlutým, aktinomorfním květem s typickou vůní.

Na výše uvedených dílčích ploškách jsem prováděla záznam polinačních interakcí. Záznam opylovačů jsem zapisovala na nejnížší možnou taxonomickou úroveň odlišitelnou přímo v terénu. Motýly jsem určovala do druhu, jedinou výjimkou byl komplex druhů vřetenušek *Z. minos*/*Z. purpuralis*, jež není možné bez pitvy genitálií odlišit. Vzhledem k výhřevnému charakteru lokality s hojným výskytem živné rostliny nelze *apriori* vyloučit výskyt vzácnější z obou vřetenušek, uvádím je tedy společně. Mnohé druhy čmeláků nelze v terénu spolehlivě odlišit, také pestřenky jsou v rámci rodů problematické. Proto jsem druhové spektrum konzultovala s odborníky na daný taxon a na základě ověřené determinace dokladových exemplářů a doporučení jsem v terénu odlišovala jen rozeznatelné druhy, skupiny problematických druhů jsem zahrнула pouze jako morfospecie (např. skupina definovaná jako pačmelák cf. *B. sylvestris*, téměř s jistotou zahrnovala i samce ostatních obtížně odlišitelných druhů, tj. *B. bohemicus* a možná i *B. campestris*, skupina *B. lucorum* zahrnuje i v terénu těžko odlišitelné dělnice *B. terrestris* apod.). Postupovala jsem také na základě informací o proporčním zastoupení druhů v čmeláčích společenstvech blízkého okolí uvedených v dostupných recentních regionálních pracích (Dvořák et al. 2009, Mazalová et al. 2010).

Vymezené plošky jsem sledovala během dvou sezón v letech 2022 (ve vrcholném létě – 8 návštěv v období 5. 8. -15. 8.) a 2023 (v časném létě – 17 návštěv v období 19. 6. -21. 7.), kdy jsem v době fenologického maxima kvetení rostlin i aktivity opylovačů zapisovala konkrétní interakce. Zápis byl velmi prostý, vytvořila jsem tabulky plošek s vybranými dostatečně zastoupenými druhy rostlin a zaznamenávala postupně druhy (počty jedinců), které jsem na rostlině spatřila usednout na dostatečně dlouhou dobu, abych mohla s jistotou stanovit, že konzumují nektar nebo pyl. Každý den, kdy bylo vhodné počasí, tedy slunečno až polojasno, bezvětří až středně silný vítr, jsem na lokalitu dorazila v přibližně stejnou dobu (okolo 13. hodiny), zapsala datum, počátek a následně konec monitoringu. Na každém stanovišti jsem při každé návštěvě strávila přibližně 40 minut, během kterých jsem zaznamenávala maximum návštěvníků květů zvolených druhů rostlin.

## 4. 4 Metody vyhodnocení dat

Zapsané mezidruhové interakce jsem nejprve zpracovala do tabelární podoby, a to nejprve samostatně pro každou ze šesti dílčích plošek, poté jsem vytvořila souhrnnou datovou tabulku postihující komplexní záznam druhového spektra opylovačů a absolutní četnosti jejich návštěv na všech vzorkovaných druzích rostlin. Tyto datové tabulky byly dále analyzovány v prostředí statistického software R 4.1.3 (2022-03-10), v detailu níže. Z dílčích druhových tabulek jsem dále spočítala proporci zastoupení jednotlivých vyšších taxonů opylovačů pro každou dílčí plochu i souhrnně pro celou lokalitu, které jsem vizualizovala pomocí jednoduchých koláčových grafů v prostředí MS Excel. Detailní vizualizace polinačních sítí dílčích plošek i lokality jako celku byla zpracována v knihovně „bipartite“ (Dormann et al. 2008) za použití grafické funkce: **plotweb**, pro grafické znázornění parametrů celkové polinační sítě pak funkce: **visweb** (vnořenost/nestedness), **plotModuleWeb** (modularita). Pro výpočet míry vnořenosti společenstva posloužila funkce: **networklevel**, test byl proveden pomocí **nullmodel**, v případě výpočtu a testování stupně modularity byly použity funkce: **computeModules** a **nullmodel**. Míra konektivity sítě byla vypočtena pomocí funkce: **networklevel**, důležitost druhu v potravní síti se počítala s využitím funkce: **strength**, konečně pro výpočet C a Z hodnoty pro jednotlivé druhy jsem použila funkci: **czvalues**.

## 6. Výsledky

Během terénního experimentu, který probíhal v celkové délce 25 dní na ploše heterogenní a druhově bohaté pastviny v Podlesí (50°04'13.8"N 16°51'47.0"E) jsem během dvou vzorkovacích období ve vrcholném létě (r. 2022) a časném létě (r. 2023) sledovala individuální strukturu společenstev opylovačů každé z šesti dílčích, vegetačně odlišných, studovaných plošek a následně i strukturu polinační sítě celé lokality. Na šesti studovaných ploškách jsem zaznamenala úhrnem 5839 konkrétních interakcí mezi 22 rostlinnými druhy a 23 opylovači. Nejčastějšími návštěvníky přítomných rostlin byli motýli (zapsáno 2408 interakcí celkem 10 sledovaných druhů motýlů), následovaly pestřenky (1217 návštěv celkem čtyř druhů pestřenek) a čmeláci (867 záznamů 6 druhů, či druhových komplexů), Zaznamenala jsem pouze 555 návštěv květů vykonaných jedinci včely medonosné (*Apis mellifera*), 457 návštěv masařky obecné (*Sarcophaga carnaria*) a 336 návštěv bzučivky zelené (*Lucilia sericata*). V následujícím textu prezentuji nejprve faunistický souhrn druhů opylovačů, zjištěných na lokalitě, samostatně pak výsledky analýzy struktury opylovacích sítí.

### 6.2. Faunistický souhrn

V této dílčí kapitole představuji společenstvo opylovačů, zjištěných během celého studijního období, tj. neomezují se na představitele dále prezentovaných mezidruhových vztahů.

Většina zjištěných druhů patří k taxonům s vazbou na otevřené lokality, heterogenní louky či extenzivní pastviny, v některých případech i podhorská až horská stanoviště. Na studované lokalitě jsem zaznamenala nejvíce druhů motýlů (9) z čeledi babočkovitých (Nymphalidae), včetně zvláště chráněného batolce červeného (*Apatura ilia*). Na lokalitě se vyskytovala i babočka admirál (*Vanessa atlantanta*), babočka síťovaná (*Araschnia levana*) či perleťovec stříbropásek (*Argynnis paphia*) nebo okáč luční (*Maniola jurtina*). Druhově početní byli zastoupeni i modráskovití (Lycaenidae, 9). Vřetenuškovití (Zygaenidae) motýli se v mých záznamech z lokality vyskytují pravděpodobně ve čtyřech druzích (*Zygaena filipendulae*, *Z. minos*, *Z. lonicerae* a *A. staites*). Nejistota je dána faktem, že jsem neprováděla pitvu genitálu přítomných jedinců komplexu druhů *Z. minos/Z. purpuralis*, jež jinak nelze odlišit. Výskyt vřetenušky mateřidouškové (*Z. purpuralis*) však vzhledem k výslunnému charakteru lokality a dostatku živné rostliny nelze pravděpodobně vyloučit. Pouze třemi běžnými druhy byli



reprezentování soumráčníkovití (Hesperiidae – *Thymelicus lineola*, *T. sylvestris* a *O. venatus*) a běláskovití (Pieridae – *Pieris rapae*, *P. napi* a *L. juvernica*). Nejpočetnějšími druhy dle pořizovaného záznamu interakcí byli (kromě včely medonosné, zaznamenané v 555 případech) běžní soumráčníci *T. lineola* a *T. sylvestris* (jež jsem v záznamu neodlišovala – celkem 363 záznamů), ale překvapivě i vřetenušky *Z. minos*/*Z. purpuralis* (328) a *Z. filipendulae* (289). Mezi hojně se vyskytující motýly dále patřili obecně běžní okáči prosíčkoví (*Aphanthopus hyperanthus*, 254) a okáči bojínkoví (*Melanargia galathea*, 167), početnější však na lokalitě byly obecně ustupující druhy modráskovitých – ohniváček celíkový (*Lycaena virgaureae*, 289) a fakultativně myrmekofilní modrásek ušlechtilý (*Polyommatus amandus*, 260). Druhý jmenovaný byl kromě kvantifikovaných záznamů na květech pozorován v počtu desítek jedinců – samců, sajících po dešti na vlhkém bahně na písčité cestě u potoka, hromadě písku u nejbližšího domu a taky na koňských exkrementech na pastvině.

Dalšími relativně hojně zaznamenávanými druhy Červeného seznamu byli perleťovec dvanáctitečný (*Boloria selene*, 182) a hnědásek jitrocelový (*Melitaea athalia*, 180), všechny čtyři posledně uvedené druhy figurují v Červeném seznamu jako téměř ohrožené (NT) (Hejda et al. 2017).

Význam lokality z hlediska uchování druhové rozmanitosti motýlů dokládá fakt, že zde byla v hojném počtu nalezena řada ustupujících druhů motýlů, v rámci čeledi modráskovitých již zmíněný ohniváček celíkový (*L. virgaureae*) a modrásek ušlechtilý (*P. amandus*), oba uvedeni jako téměř ohrožené druhy (NT), (Hejda R., 2017), ale také ohniváček černočárny (*L. dispar*), zvláště chráněný druh dle zákona č. 114/1992 Sb., zařazený dle vyhlášky č. 395/1992 Sb. mezi druhy silně ohrožené. Dílčí společenstvo modráskovitých motýlů doplňuje ještě ohniváček modrolelý (*L. hippothoe*), další druh klasifikovaný v ČS jako téměř ohrožený druh (NT) a dva běžnější druhy ohniváčeků – o. černokřídly (*L. phlaeas*) a o. černoskvrný (*L. tityrus*) – ale především zranitelný (VU) modrásek lesní (*Cyaniris semiargus*). Jedná se o fakultativně myrmekofilní druh modráška, jenž v minulosti prodělal markantní ústup v souvislosti se zemědělskými melioracemi a obecně intenzifikací zemědělského hospodaření, jež především v 70.-80. letech minulého století zasáhlo i pahorkatiny a podhorské oblasti (Beneš et al. 2002). Jedná se o nejvzácnější doložený druh motýla v zájmovém území (Obr 5).

V zájmovém území jsem během výzkumu interakcí zaznamenávala návštěvu čmeláků a jejich hnízdních parazitů pačmeláků v počtu 6 odlišných druhů, resp. morfospecií. Toto spektrum však rozhodně nepostihuje všechny zástupce taxonu na

lokalitě, reflektuje pouze druhy/komplexy druhů, které lze v terénu navzájem jednoduše odlišit, a zároveň jsou početně zastoupeny. Nejpočetněji zastoupenými čmeláky byla skupina druhů kolem čmeláka hájového (*B. lucorum*), zahrnující v malém počtu i jedince čmeláka zemního (*B. terrestris*) – úhrnem 185 záznamů. Čmelák hájový je běžný hylofilní druh s polylektickou potravní strategií, který často převládá ve vyšších polohách s větší proporcí zalesněných ploch. *B. lucorum* se se naučil obejít handicap krátkého jazyka tak, že u rostlin s méně dostupným nektarem prokouše kalich květu ze strany tak, aby se dostal až k nektaru. I další početně zapisovaní čmeláci se řadí k hylofilním druhům s vazbou na otevřená horská stanoviště. Mezi typicky horské druhy nalezené na lokalitě patří čmelák sorojský (*Bombus soroensis*, 124) řazený do nominotypická subspecie a klasifikovaný v ČS jako téměř ohrožený druh (NT). Dalším typickým obyvatelům horských otevřených stanovišť je čmelák širolebý (*Bombus wurflenii*, 81), faunisticky nejvýznamnější prvek studovaného společenstva čmeláků, uvedený v ČS jako zranitelný druh (VU). V současné době se druh vyskytuje lokálně v podhůří a v horách na květnatých loukách, na okrajích lesů a v křovinách. Preferuje bohatou mozaiku různých biotopů (Macek et al. 2010) a je nejtypičtějším našim druhem čmeláka se strategií „lupiče nektaru“ (Pavelka a Smetana 2003). Je ohrožen zánikem a změnou managementu, zarůstáním nebo zalesňováním vhodných biotopů. Vyžaduje tradiční údržbu krajiny, kdy se louky sekají v různou dobu a mozaikovitě, nebo extensivní typ pastvy, aby byl zajištěn kontinuální dostatek květů s nektarem. Lokalita v Podlesí pro tyto dva ohrožené druhy představuje vhodné refugium mimo primární horská subalpínská bezlesí. Naopak eurytopním druhem, vyskytujícím se na široké škále stanovišť, je čmelák polní (*Bombus pascuorum*), početný i v mém záznamu polinačních interakcí (155). Zvláštností druhového záznamu interakcí je přítomnost nezvykle vysokého počtu pačmeláků (celkem přes 400 záznamů komplexu druhů cf. *B. sylvestris* a *B. rupestris*).

Kromě výše uvedených druhů, zařazených v ČS je vhodné zmínit, že v České republice jsou všechny druhy čmeláků (*Bombus* spp.) uvedeny ve vyhlášce č. 395/1992 Sb. jakožto zvláště chráněné druhy v kategorii druhů ohrožených, kromě *Bombus rupestris*, jenž je zařazen mezi druhy silně ohrožené.

Nejpočetnějším druhem čeledi Apidae, ale i celkově druhem s nejvyšším počtem záznamů ovšem byla včela medonosná. Na lokalitě se ale vyskytovaly i další druhy čmeláků a pačmeláků, jak vyplývá z jednorázového záznamu druhů, determinovaných mojí školitelkou v období letního maxima při návštěvě lokality s prvotním záznamem interakcí, provedené dne 5. 8. 2022. Kromě výše uvedených druhů byly na pastvině v

Podlesí zjištěny ještě následující druhy čmeláků (*B. lapidarius*, *B. ruderarius*, *B. hortorum*, a *B. sylvarum*) a pačmeláků (*B. sylvestris* – dominantní druh, *B. campestris*)

Vysoký počet pestřenek i jejich diverzitu obecně zapříčiňuje heterogenita stanovišť (odlišné nároky na typ biotopu vývoje larev různých druhů i rozdílné potravní preference imag mezi druhy). V rámci skupiny jsem však zaznamenávala jen 4 taxony, které jsem s jistotou dokázala v terénu určit. Na lokalitě byly však pestřenky velmi početné. Můj druhový záznam však zachycuje jen běžné a rozšířené druhy, jako je pestřenka černonosá (*Helophilus pendulus*, 321), obývající prakticky všechny biotopy od nížin až po horské oblasti. Další hojně druhy, které jsem zaznamenala během zápisu polinačních interakcí byly: pestřenka psaná (*Sphaerophoria skriptata*, 285), opět běžně rozšířený druh, aktivní i při sychravém počasí; pestřenka pisklavá (*Syrpitta pipiens*, 277) běžný druh s tmavším zabarvením a pronikavým bzučením a pestřenka rybízová (*Syrphus ribesii*, 334), hojně rozšířený a nezaměnitelný druh s 5 černými proužky na zadečku. Do svého výzkumu jsem nezařadila, ale na lokalitě byli početné tyto druhy: pestřenka dvoj pásá (*Chrysotoxum bicinctum*), pestřenka čmeláková (*Volucella bombylans*), pestřenka prosvítavá (*Volucella pellucens*), pestřenka hrušňová (*Scaeva pyrastris*) či pestřenka sršňová (*Volucella zonaria*).

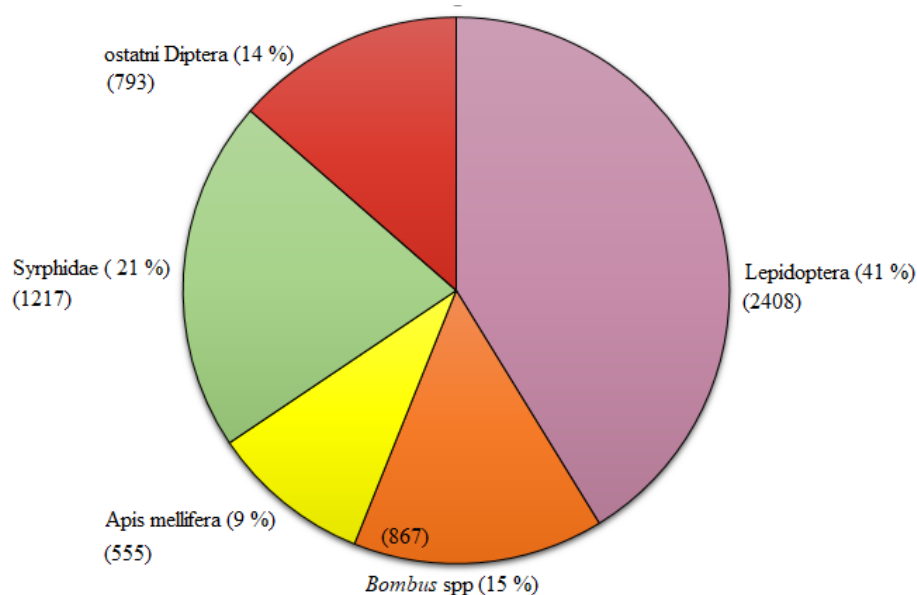
Z ostatních druhů z řádu dvoukřídlých jsem do svého výzkumu dále zařadila kosmopolitní druhy bzučivku zelenou (*Lucilia sericata*, 336) a masařku obecnou (*Sarcophaga carnaria*, 457). Na lokalitě se však vyskytovala i kuklice červenonohá (*Tachina fera*) a kuklice vřetenušková (*Exorista larvarum*).



**Obrázek 5** Čerstvě vylíhlý samec modráska lesního (*Cyaniris semiargus*).

## 6.2. Výsledky analýzy polinačních sítí

V této části práce nejprve zachycuji proporce hlavních skupin opylovačů souhrnně pro celou lokalitu pomocí obyčejných koláčových grafů vytvořených v prostředí MS Excel a následně prezentuji obdobné individuální výstupy pro každou studovanou plošku s lokalizací na podkladu ortofotosnímku studované lokality.



**Graf 1** Souhrnné zastoupení hlavních skupin opylovačů studované lokality v Podlesí

Z grafického výstupu je zřejmé, že ze zaznamenaných 5 839 interakcí nejvýznamnějšími návštěvníky napříč spektrem sledovaných 22 druhů rostlin na všech dílčích ploškách byli motýli. Přibližně pětina interakcí byla zajišťována pestřenkami, další zástupci dvoukřídlého hmyzu se podíleli na opylování přibližně stejnou měrou jako čmeláci (vč. pačmeláků). Nejmenší podíl návštěv květů zajišťovali překvapivě jedinci včely medonosné.

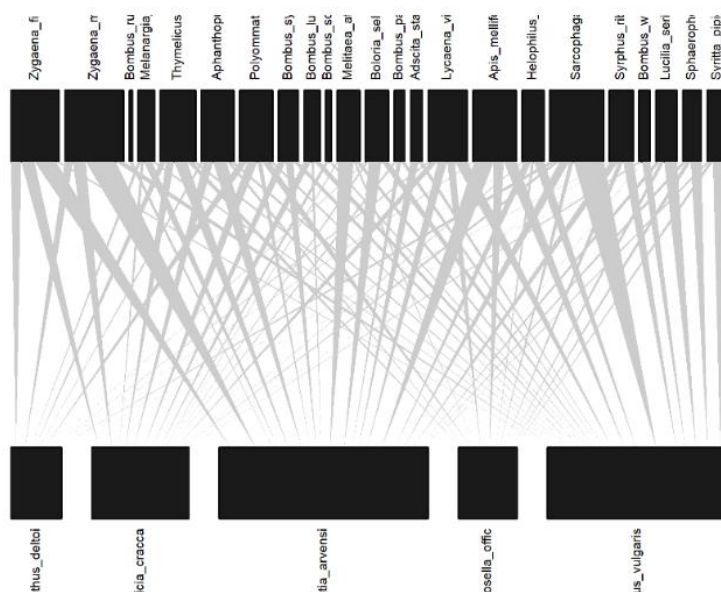


**Obrázek 6** Schématické zachycení proporce dílčích skupin opylovačů na šesti studijních ploškách

Grafy jsou vyneseny s přibližnou lokací v prostoru pastviny. Barevné schéma grafů odpovídá barvám použitým v Grafu 1, tj.: **Fialová** barva značí procenta návštěv motýlů, **oranžová** čmeláků, **žlutá** včely medonosné, **zelená** pestřenek, **červená** ostatních druhů dvoukřídlých.

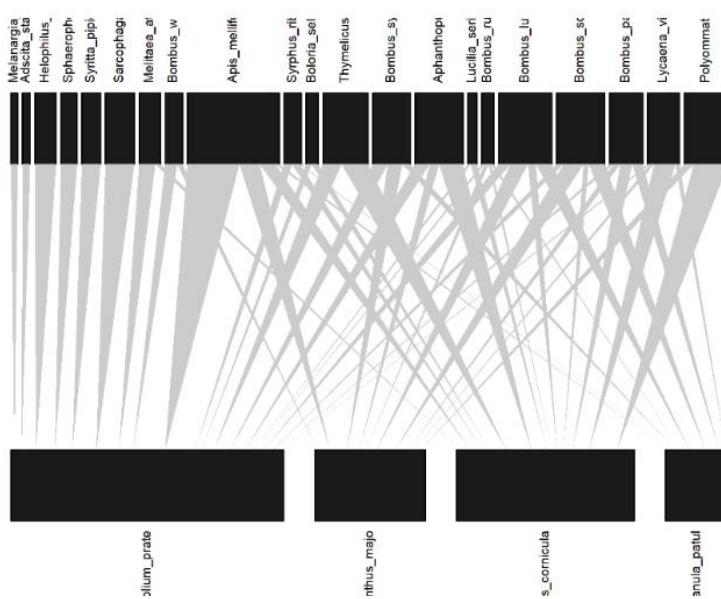
Ze schematizované struktury společenstev opylovačů dílčích plošek vyplývá, že se mezi jednotlivými vzorkovanými částmi louky liší, přičemž nejvýraznější je rozdíl plošek č. 1, 3 a 4 oproti zbytku plošek, a to především v zastoupení motýlů, kteří v případě těchto plošek tvoří nadpoloviční většinu zaznamenaných interakcí. Plocha č. 3, jež se nachází v nejméně svažitém území v kontaktu s břehovým porostem Kamenného potoka, měla ve srovnání s ostatními největší proporcí návštěv čmeláků, kteří tvořili dominantní skupinu opylovačů vegetace této plochy. Nejvýznamnějšími opylovači plošky 5 byly naopak pestřenky, které tvořily dominantní skupinu právě jen na této dílčí plošce.

Dále strukturu společenstva dílčích plošek vizualizují pomocí grafického zachycení polinačních sítí, konstruovaných v prostředí R 4.1.3, v knihovně „bipartite“::plotweb.



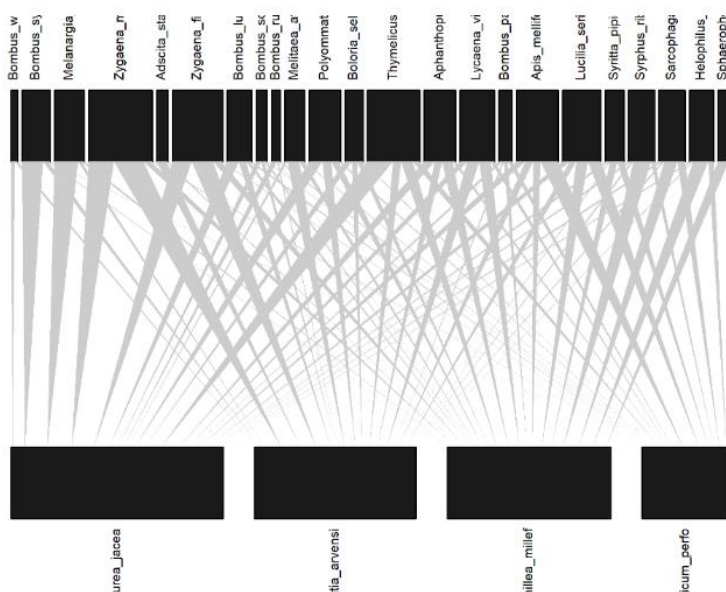
**Graf 2** Vizualizace dílčí polinační sítě plošky č. 1

V případě plošky č. 1 je zjevné, že nejatraktivnější rostlinou, a to pro široké spektrum opylovačů, je chřastavec rolní. Podobně atraktivním druhem je i mateřídouška vejčitá, a to především pro masařky, naopak nejméně navštěvován byl hvozdík, na nějž zalétaly především vřetenušky. Tato skupina motýlů však preferovala především chřastavec, stejně jako většina druhů čmeláků.



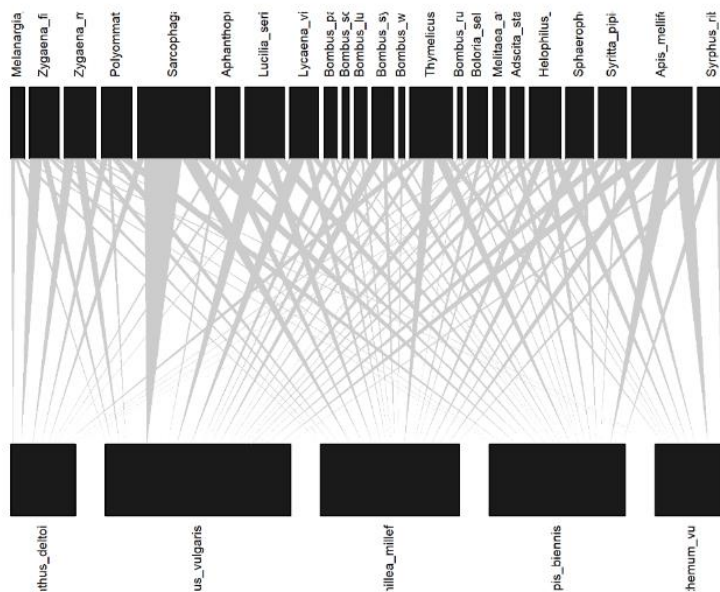
**Graf 3** Vizualizace dílčí polinační sítě plošky č. 2

Obečným rysem opylovací sítě na plošce č. 2 je výrazná atraktivita obou zástupců bobovitých rostlin, jež na sebe vážou pozornost většiny opylovačů, přičemž jetel byl oblíbeným cílem nejen včely medonosné, ale navštěvovala ho také většina pestřenek, pro většinu druhů pestřenek byl dokonce jediným navštěvovaným druhem. Stojí za pozornost, že čmeláci naopak jetel nijak výrazně nenavštěvovali a zalétali častěji na štírovník, ale také na kokrhel. Jediným druhem čmeláka s preferencí jetele lučního byl čmelák širolebý (*B. wurflenii*). Jediná ploška bez výskytu vřetenušek, zato s dominancí včelovitých blanokřídlých. Modráskovití motýli vykazovali silnou preferenci k štírovníku.



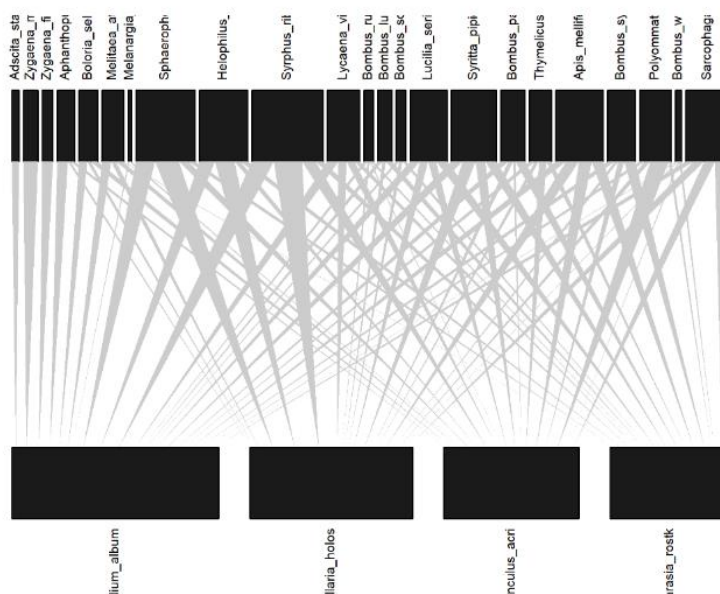
**Graf 4** Vizualizace dílčí polinační sítě plošky č. 3

Atraktivitu druhů rostlin sledovaných na dílčí plošce č. 3 lze ve vztahu k přítomným opylovačům popsat jako vcelku vyrovnanou. Nejnavštěvovanější rostlinou je chrpa luční, jen o málo menší pozornosti opylovačů se těší chrastavec rolní a řebříček obecný. Mezi obě nejfrekventovaněji navštěvované rostliny se rovnoměrně dělí aktivita čmeláků a vřetenušek, všichni zástupci dvoukřídlého hmyzu pak preferují řebříček. Třezalka byla navštěvována včelou medonosnou i zástupci dvoukřídlého hmyzu.



**Graf 5** Vizualizace dílčí polinační sítě plošky č. 4

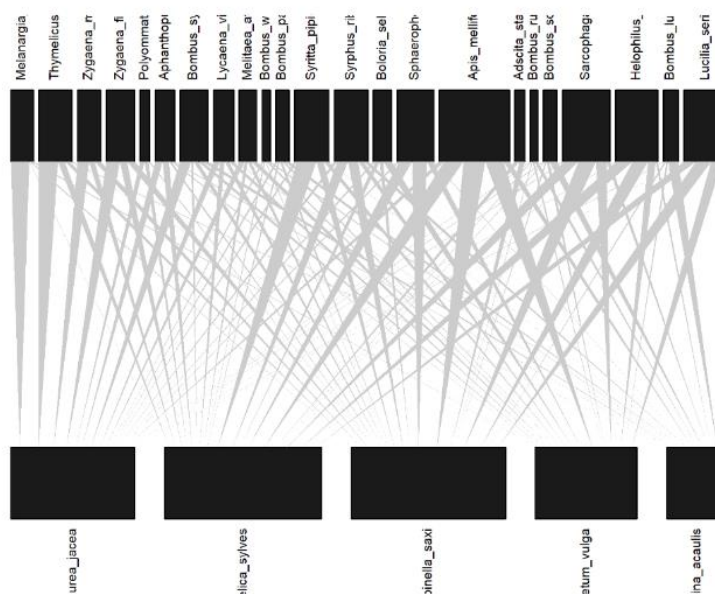
Na plošce č. 4 byla sledována frekvence návštěv jednotlivých druhů opylovačů na pěti druzích rostlin, z nichž nejnavštěvovanější byla mateřídouška vejčitá. Pro tuto plošku je typická celkově nejpestřejší škála různých interakcí – přítomné rostliny byly navštěvovány mnoha různými opylovači a většina druhů opylovačů navštěvovala mnoho druhů rostlin. Celkově druhem s nejnižší atraktivitou pro opylovače byl hvozdík kropenatý, navštěvovaný (stejně jako v případě plošky č. 1) nejčastěji vřetenuškami. Obdobně konzistentní preference vykazovala masařka obecná, navštěvující dominantně mateřídoušku (opět viz ploška č. 1).



**Graf 6** Vizualizace dílčí polinační sítě plošky č. 5



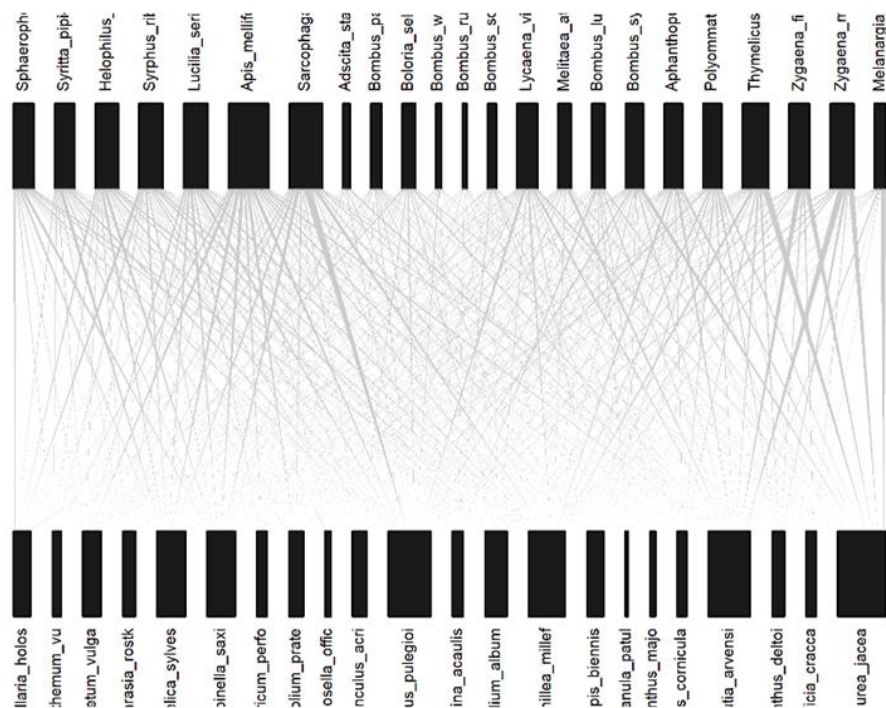
Plocha č. 5 se od ostatních sledovaných ploch liší převahou rostlin bílé barvy s drobnými a mělkými květy, které byly s výjimkou svízele zcela opomíjeny zástupci čeledi Zygaenidae, stejně tak nebyly atraktivní ani pro většinu čmeláků. Jistou výjimku představuje světlík lékařský. Přítomné druhy rostlin naopak byly téměř magnetem pro pestřenky, a to jak svízel bílý, tak i ptačinec velkokvětý. Nejpestřejší spektrum opylovačů měl pryskyřník prudký, jenž byl preferovanou rostlinou modráska ušlechtilého (*P. amandus*).



**Graf 7** Vizualizace dílčí polinační sítě plošky č. 6

Plocha č. 6 je nejvíce ovlivněna stromovitou vegetací. Této charakteristice odpovídá i zastoupení statných druhů miříkovitých rostlin, jež poutají pozornost většiny opylovačů s výjimkou přítomných druhů čmeláků a vřetenušek. Vřetenušky, stejně jako soumráčníci a okáč bojínkový zřetelně preferují chrpu luční. Hlavními návštěvníky děhele i bedrníku jsou pestřenky, ale také další dvoukřídli a včela medonosná.

Jako poslední prezentuji celkovou podobu polinační sítě studijní plochy – pastviny v Podlesí.



**Graf 8** Vizualizace celkové struktury polinační sítě studijní plochy pastviny

Vzhledem k relativně velkému počtu druhů sledovaných rostlin (22) a zaznamenávaných opylovačů (celkem 23) není zcela jednoduché zachytit při dané velikosti grafu jemné nuance ve složení opylovačů a jejich vazbě na rostliny a naopak, je však zřejmé, že celkově nejpočetnějším (či nejaktivnějším) druhem byla včela medonosná, následována masařkou a pestřenkami. Zatímco včela medonosná je zachycena jako generalistický opylovač, v případě masařky obecné se i na úrovni celého společenstva projevuje její preference k návštěvám mateřídoušky vejčité. Významnými opylovači jsou obecně pestřenky a motýli, mezi motýly byli nejčastějšími návštěvníky květů soumráčníci s výraznou preferencí chrpy a vřetenušky, navštěvující kromě chrpy také chrastavce. Kromě dvou uvedených nejatraktivnějších druhů rostlin byla hojně navštěvována také mateřídouška, především dvoukřídlým hmyzem byly vyhledávány mířkovité druhy monitorovaných rostlin (tj. děhel lesní a bedrník obecný).

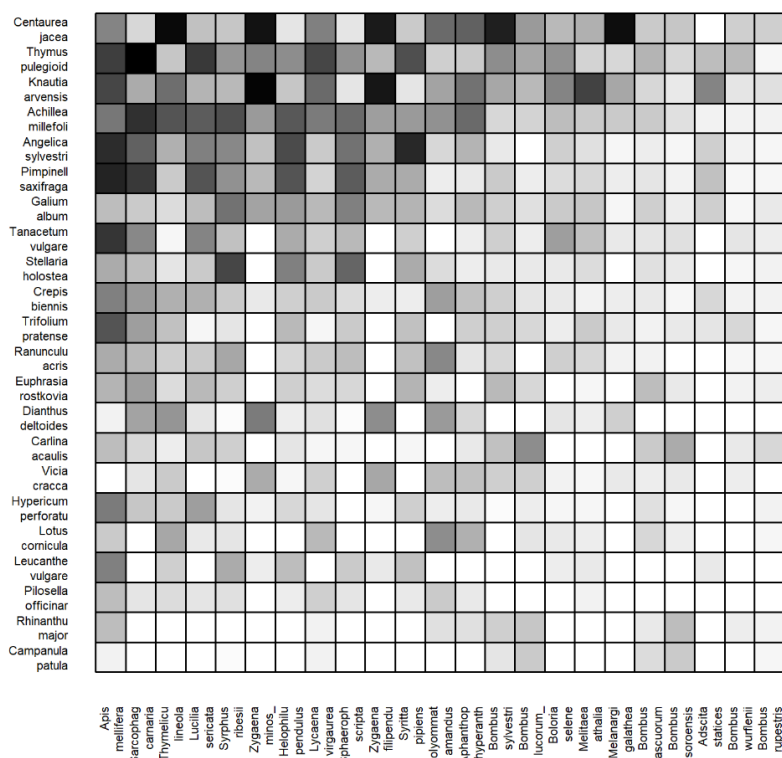
**Tabulka 1** Struktura polinační sítě lokality

	<i>Lycena virgaurea</i>	<i>Polyommatus amandus</i>	<i>Aphantopus hyperanthus</i>	<i>Boloria selene</i>	<i>Melanargia galathea</i>	<i>Melitaea athalia</i>	<i>Thymelicus lineola</i>	<i>Adscita statices</i>	<i>Zygaena minos</i>	<i>Zygaena filipendulae</i>	<i>Bombus lucorum</i>	<i>Bombus pascuorum</i>	<i>Bombus ruderastri</i>	<i>Bombus soroensis</i>	<i>Bombus sylvestris</i>	<i>Bombus wurflenii</i>	<i>Apis mellifera</i>	<i>Helophilus pendulus</i>	<i>Sphaerophoria scripta</i>	<i>Syrphid pipiens</i>	<i>Syrphid ribesii</i>	<i>Lucilia sericata</i>	<i>Sarcophaga carnaria</i>
<i>Angelica sylvestris</i> (397)	3%	2%	4%	3%	<1%	2%	5%	3%	4%	5%	0%	1%	<1%	<1%	1%	1%	12%	10%	8%	12%	7%	7%	9%
<i>Pimpinella saxifraga</i> (390)	3%	1%	1%	2%	1%	2%	3%	4%	4%	5%	1%	2%	<1%	1%	3%	<1%	14%	10%	9%	5%	6%	10%	12%
<i>Achillea millefolium</i> (509)	6%	5%	7%	3%	2%	2%	8%	1%	5%	4%	2%	2%	1%	1%	2%	1%	6%	7%	7%	5%	8%	7%	9%
<i>Carina acaulis</i> (154)	1%	0%	3%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	17%	8%	6%	12%	9%	3%	10%	4%	1%	1%	8%	6%	7%
<i>Centaurea jacea</i> (667)	4%	5%	5%	2%	13%	3%	13%	0%	11%	10%	3%	2%	2%	2%	9%	2%	4%	1%	1%	2%	2%	2%	1%
<i>Crepis biennis</i> (231)	5%	10%	6%	2%	2%	1%	8%	4%	2%	2%	3%	2%	1%	1%	5%	1%	13%	5%	3%	2%	5%	8%	10%
<i>Pilosella officinarum</i> (88)	13%	14%	6%	0%	0%	3%	9%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	5%	7%	6%	8%	7%	7%
<i>Leucanthemum vulgare</i> (123)	0%	0%	0%	3%	0%	4%	9%	4%	3%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	24%	12%	10%	11%	15%	0%	0%
<i>Tanacetum vulgare</i> (257)	4%	0%	2%	9%	2%	5%	1%	0%	0%	0%	2%	2%	2%	3%	4%	2%	18%	7%	6%	4%	5%	11%	11%
<i>Stellaria holostea</i> (241)	5%	3%	2%	2%	0%	3%	2%	0%	0%	0%	2%	3%	1%	2%	2%	1%	8%	12%	15%	8%	17%	5%	6%
<i>Campanula patula</i> (47)	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	26%	17%	4%	26%	13%	0%	2%	0%	0%	0%	2%	0%	0%
<i>Dianthus deltoides</i> (176)	4%	13%	5%	3%	6%	2%	14%	0%	17%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	1%	0%	1%	3%	12%
<i>Knautia arvensis</i> (583)	6%	4%	5%	5%	3%	7%	6%	5%	16%	12%	3%	2%	1%	1%	3%	1%	7%	2%	1%	1%	3%	3%	3%
<i>Lotus corniculatus</i> (133)	12%	20%	14%	4%	0%	3%	15%	0%	0%	0%	5%	7%	2%	3%	0%	0%	9%	0%	0%	0%	5%	4%	0%
<i>Trifolium pratense</i> (204)	1%	0%	5%	2%	2%	6%	7%	3%	0%	0%	4%	1%	1%	2%	5%	4%	19%	8%	6%	7%	3%	1%	11%
<i>Vicia cracca</i> (145)	8%	10%	10%	2%	3%	1%	8%	0%	13%	14%	8%	3%	0%	3%	8%	3%	0%	2%	0%	0%	<1%	0%	4%
<i>Hypericum perforatum</i> (144)	4%	3%	3%	1%	0%	1%	8%	0%	2%	1%	3%	5%	2%	1%	<1%	0%	21%	6%	0%	8%	4%	15%	9%
<i>Euphrasia rostkoviana</i> (177)	5%	2%	0%	0%	0%	1%	5%	0%	0%	0%	5%	8%	2%	3%	9%	2%	10%	6%	5%	10%	6%	9%	12%
<i>Rhinanthus major</i> (83)	4%	8%	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	16%	6%	4%	18%	13%	5%	10%	6%	5%	10%	6%	9%	12%
<i>Ranunculus acris</i> (200)	6%	14%	3%	6%	2%	5%	6%	0%	0%	0%	0%	2%	1%	0%	5%	1%	10%	5%	8%	7%	10%	6%	8%
<i>Galium album</i> (306)	5%	3%	5%	4%	1%	4%	3%	4%	7%	5%	2%	4%	2%	1%	4%	1%	5%	8%	9%	6%	10%	5%	4%
<i>Thymus pulegioides</i> (584)	7%	2%	2%	4%	2%	2%	2%	3%	5%	3%	3%	3%	<1%	2%	4%	3%	8%	4%	4%	7%	4%	8%	19%

V řádcích jsou pro každý druh rostliny uvedeny relativní příspěvky sledovaných druhů opylovačů na celkovém počtu zaznamenaných interakcí daného druhu rostliny. Tón podbarvení buňky s názvem rostliny odpovídá podbarvení buněk zástupců skupiny opylovačů, jež se zásadní měrou podílí na interakcích této rostliny. Modře jsou zvýrazněny buňky s relativními příspěvky druhů klíčové skupiny opylovačů pro konkrétní druh rostliny.

Ještě částečně odlišný pohled na strukturu polinační sítě nabízí celkový tabelární přehled zaznamenaných interakcí, kde jsou v řádku příslušného druhu rostliny uvedeny relativní příspěvky sledovaných druhů opylovačů na celkovém počtu návštěv tohoto druhu rostliny. Tón podbarvení buňky s názvem rostliny odpovídá podbarvení skupiny opylovačů, jež se zásadní měrou podílí na interakcích této rostliny. Z tabulky je zřejmé, že motýli jsou dominantními návštěvníky květů takřka poloviny sledovaných druhů rostlin (10), pro 7 druhů jsou nejvýznamnější pestřenky, pro 4 druhy čmeláci, masařky a bzučivky zajišťují největší proporci interakcí u třezalky tečkované. Jedinci včely medonosné byli sice zaznamenáni při největším počtu interakcí a zalétali na všechny sledované rostliny s výjimkou vikve jarní, ale v žádném případě nepřevážil počet jejich návštěv celkový počet návštěv v rámci ostatních skupin opylovačů.

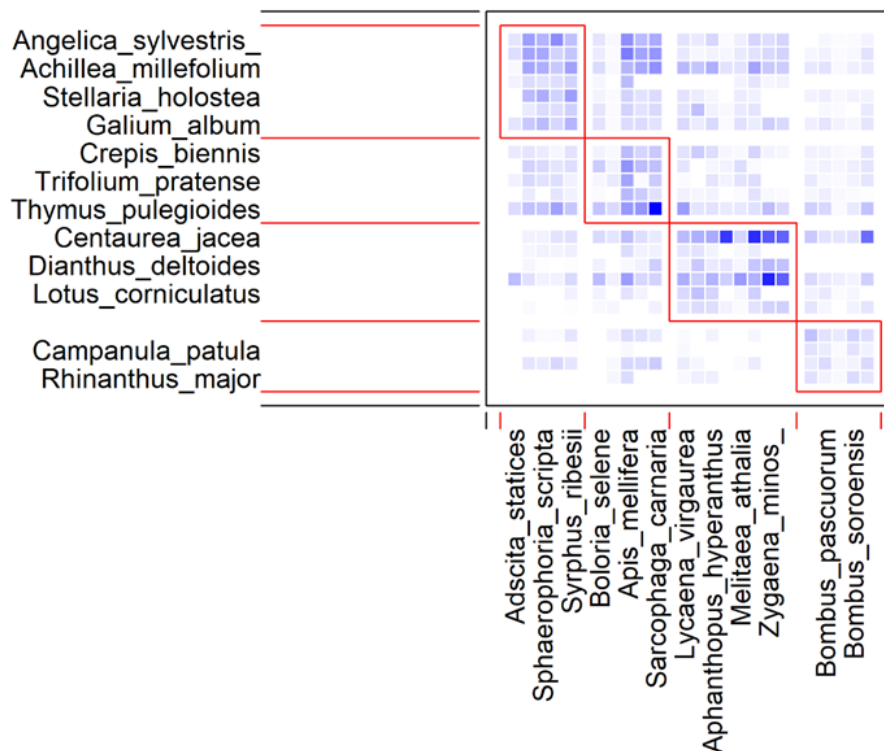
Poslední část výsledků analýzy polinační sítě lokality – pastviny u obce Podlesí – představuje rozbor základních parametrů popsané polinační sítě. Prvním z testovaných parametrů byla tzv. zahnížděnost (*nestedness*) potravní sítě. Tento jev nastává, když druhy s malými počty interakcí (specializované druhy) z jedné skupiny mají tendenci upřednostňovat naopak druhy generalistů z druhé skupiny, tedy druhů, které mají naopak hodně různých interakcí. Přesně tuto situaci dokládá následující schéma (Graf 9).



**Graf 9** Vizualizace zahrňdžnosti (nestedness) studované potravní síť. Konstruováno v R:bipartite:visweb

Výpočet míry zahrňdžnosti (neboli vnořenosti) síť byl proveden pomocí funkce: networklevel (**Nestedness (weighted NODF) = 47.5851**) a testován permutačním testem pomocí funkce: nullmodel (**p = 0,015**). Z výsledku vyplývá, že zahrňdžnost síť je průkazně větší, než by odpovídalo náhodě. To naznačuje, že rostliny s velkým spektrem interakcí hostů i relativně specializované druhy opylovačů.

Dalším hodnoceným parametrem síť byla její modularita, jejíž míra vypovídá v zásadě o tom, jak pravidelně je utvářena celková struktura síť. Nepravidelnost síť vzniká tehdy, pokud je síť tvořena shluky vrcholů, jež jsou vzájemně bohatě pospojované, ale jen málo hran (interakcí) od nich vede k jiným vrcholům (druhům). Takové shluky se označují jako moduly, síť s vysokou modularitou je sestavena z několika víceméně nezávislých modulů. Výpočet stupně modularity síť byl proveden pomocí funkce: computeModules a testován opět pomocí funkce: nullmodel.



**Graf 10** Vizualizace modularity studované potravní sítě. Konstruováno v R: bipartite:plotModuleWeb.

Výpočet stupně modularity sítě byl proveden pomocí funkce: `computeModules` (**Modularity = 0,1938**) a testován permutačním testem pomocí funkce: `nullmodel` ( **$p < 0,0001$** ). Z výsledku je zjevné, že modularita sítě je průkazně větší, než by odpovídalo náhodě. To potvrzuje, že síť je formována více či méně oddělenými skupinami druhů rostlin, jež opylují konkrétní druhy opylovačů. Skupiny druhů rostlin tedy mají tendenci hostit unikátní seskupení druhů opylovačů s omezenou výměnou (propojeností interakcemi) mezi ostatními skupinami. Z biplotu výše je zřejmé, že tyto moduly představují (i) druhy rostlin bohatě kvetoucí drobnými (bílými) květy, jež opylují především pestřenky, (ii) nestejnorodá skupina druhů okolo mateřídoušky vejčité, na jejichž návštěvách se podíleli zástupci tří odlišných skupin opylovačů (motýli, dvoukřídlí a blanokřídlí), konkrétně masařky a perleťovec dvanáctitečný, (iii) modul tvořený nepříbuznými druhy rostlin, ale opylovaný různými zástupci motýlů a (iv) druhy opylované především čmeláky.

## 7. Diskuze

Na pastvině v Podlesí se vyskytovalo několik druhů chráněných motýlu, jako *Apatura ilia*, *Lycaena virgaureae*, *L. dispar*, *Polyommatus amandus*, *Cyaniris semiargus*, *Boloria selene*, *Melitaea athalia* a dva druhy čmeláků *Bombus soroensis*, *Bombus wurflenii* (Hejda et al. 2017). Ostatní druhy opylovačů jsou běžně rozšířené druhy, i přesto však můžeme tvrdit, že se jedná o plochu velmi cennou a to především z hlediska fauny motýlů.

V létě roku 2022 a roku 2023, jsem vytvořila „momentku“ opylovací sítě (Tab. 1). Zachytila jsem podobu vztahů opylovačů a rostlin v době maxima kvetení rostlin na pastvině. Pro 22 druhů rostlin se podařilo získat dostatečně vypovídající informace o jejich spektru opylovačů. Během 25 dní pozorování jsem zaznamenala celkem 5839 interakcí (návštěv opylovačů na rostlinách) na 6 ploškách, které obsahovaly 4 nebo 5 konkrétních druhů rostlin, vybíraných tak, aby se plošky navzájem lišily. Z výsledného zastoupení jednotlivých skupin opylovačů vyplývají tato významná zjištění:

- Dominantními opylovači na pastvině v Podlesí jsou motýli, pestřenky a včela medonosná.
- Pestřenky vyhledávají květy podobných rostlin, jako další druhy dvoukřídlých (*Hypericum perforatum*, *Achillea millefolium*).
- Včela medonosná se překrývá na květech navštěvovaných také bzučivkami a masařkami (*Hypericum perforatum*, *Ranunculus acris*, *Tanacetum vulgare*), obě skupiny mají oblibu v žlutých květech.
- Motýli usedají na různorodé druhy rostlin, nemají příliš jasnou preferenci (s výjimkou vřetenušek a soumráčníků), vyhledávají ale slunná, exponovaná stanoviště.
- Čmeláci vyhledávají druhy rostlin, které nejsou u ostatních druhů oblíbené, preferují stinná stanoviště, zastíněná stromy (Janovský et al. 2013).
- Také přítomnost ostatních kvetoucích rostlin v okolí má vliv na složení opylovačů na rostlině (např. včela medonosná se vyskytovala na *Thymus pulegioides* na plošce 4 více, než na plošce 1, kde byla mateřídouška rovněž hojná, jelikož má oblibu navštěvovat i druhy jako *Leucanthemum vulgare*, *Achillea millefolium* či *Crepis biennis*).

Dostatek odměny je pro opylovače zásadním faktorem při návštěvě květů (Dawson – Glass and L. Hargreaves 2022). Některé druhy rostlin opylovači nebyly často navštěvovány, i přes předpoklad dobré dostupnosti odměn z hlediska tvaru květu. Tyto druhy jsou charakteristické částečnou apomixí (*Dianthus deltoides*, *Pilosella officinarum* *Leucanthemum vulgare*), (Koltunow a Grossniklaus 2003), můžeme tedy předpokládat, že opylovači v nich nenachází uspokojivé množství nektaru či pylu. Pro opylovače je výhodné zůstat na jedné rostlině co nejdéle (Moquet et al. 2017), proto obecně vyhledávají rostliny s velkým počtem drobných květů u sebe. Druhy, které na pastvině v Podlesí značily svým počtem opylovačů výbornou dostupnost pylu/nektaru jsou: *Centaurea jacea*, *Knautia arvensis*, *Thymus pulegioides*, kdy se na konkrétní rostlině v určitý moment nacházelo až několik druhů opylovačů zaráz. Optimum shánění potravy by mělo obsahovat kombinaci zisku (energie z pylu, nektaru) a její vzdálenosti, tedy snížení četnosti návštěv rostlin (Janovský et al., 2013).

Celkově mohu uvést, že motýli byli hlavními opylovači 10 druhů rostlin z 22 druh rostlin. Tyto rostliny se liší barvou i tvarem květu, takže můžeme tvrdit, že motýli nemají preferenci, kterou u rostlin vyhledávají.

Čmeláci byli nejčastějšími opylovači 4 druhů rostlin. Ti naopak jistou preferenci mají, vyhledávali květy se zvonkovitým tvarem, trubkovitým tvarem, květy s nápadnými dlouhými kalichy, např. čeled' bobovité (Fabaceae) a hvězdnicovité (Asteraceae) (Janovský et al. 2012; Otypková 2021; Kolková 2017). Jelikož jsou čmeláci schopni dosáhnout na nektar ukrytý v hlubokém kalichu, jsou také jediní efektivní opylovači kokrhele (*Rhinanthus* sp.) (Kwak 1978, Kwak 1980, Natalis a Wesselingh 2012). Cílem většiny rostlin je získat jen jednu skupinu opylovačů, která se na jejich tvar bude specializovat a nebude opylovat jiné druhy, čímž by rostlina snížila svou šanci být opylena (Armbruster et al. 2000). Výjimku v preferencích rostlinných výběrů čmeláků tvoří rostlina *Centaurea jacea*, která má velice jemné květy uspořádané do chmýrovitého květenství. Tato rostlina byla všemi druhy opylovačů, kromě pestřenek, velmi hojně navštěvována, můžeme tedy předpokládat, že pro své úspěšné fitness produkuje velké množství odměny v podobě nektaru/pylu. Na květech *C. jacea* se v hojném počtu vyskytoval hlavně pačmelák lesní (*Bombus sylvestris*) s 63 zaznamenaných interakcí. Velký počet pačmeláků je patrně důsledkem vzorkování ve vrcholně letním aspektu (Smetana et al. 2010).



Včela medonosná se na pastvině v Podlesí neupínala na konkrétní druhy rostlin. Z hlediska srovnání proporce ostatních skupin opylovačů není zásadním opylovačem určitých rostlin, ale zajistila 555 návštěv a proto ji můžeme zařadit mezi nejpočetnější druhy opylovačů na pastvině. Tyto výsledky značí generalizaci včely medonosné jako druhu opylovače (Aslan et al. 2016). V oblíbě měla jemné, růžové květy mateřídoušky či různé druhy žlutých květů, např. *Pilosela officinarum*, *Tanacetum vulgare*, *Crepis biennis*.

Pestřenky byly hlavními opylovači 7 druhů rostlin z celkem studovaných 22 studovaných druhů. Jejich preference jsou jasně založené na snáze přístupné, malé květy, přesto se v celkem obstojné míře vyskytovaly na druhu *Trifolium pratense*. Své živné rostliny v dospělosti si určují podle různých preferencí, proto ale mohou rovnoměrně pokrýt pastvinu a představovat tak klíčovou skupinu opylovačů (Janovský et al. 2012; Janovský et al. 2013; Klečka et al. 2018).

Druhy *Lucilia sericata* a *Sarcophaga carnaria* mají jasnou preferenci k tmavým barvám květů (Janovský et al. 2012; Hrouda et al. 2019), přesto byly velmi hojné na druzích jako *Thymus pulegioides*, *Hypericum perforatum*, *Tanacetum vulgare*, *Pimpinella saxifraga*, které tmavou barvou květů neoplývají, proto tyto druhy dvoukřídlých můžeme považovat za generalistické opylovače (Inouye et al. 2015).

Detailní vizualizace polinačních sítí dílčích plošek i lokality jako celku byla zpracována v knihovně „bipartite“ (Dormann et al. 2008). Ve struktuře sítě můžeme pozorovat, zda druhy s malým počtem spojů (specialisti) integrují spíše s druhy, které mají také málo spojů, nebo naopak dávají přednost druhům, které mají spojů hodně (generalisti) (Hadrava 2013). Výsledky zahrnutí z lokality v Podlesí ukazují, že tato síť je více zahrnutí, než by odpovídalo náhodě. To naznačuje, že rostliny bohaté na druhy opylovačů hostí druhy vyskytující se také na druhově chudých rostlinách. Síť mohou být nestejně husté, mohou obsahovat shluky vrcholů, které jsou vzájemně bohaté, avšak jen málo hran z nich vede do jiných vrcholů. Těmto shlukům říkáme moduly, a pakliže je síť do takových modulů rozdělena, mluvíme o modularitě sítě (Hadrava 2013). Výsledky z pastviny v Podlesí značí, že síť je modulárnější, než se náhodně očekávalo. To potvrzuje, že různé skupiny rostlin mají tendenci hostit unikátní seskupení druhů s omezenou výměnou mezi ostatními skupinami.

## 8. Závěr

Během tříroční studie v podhůří Králického Sněžníku jsem provedla terénní screening čtyř odlišných lokalit a ponořila se do problematiky opylovacích sítí. Cílem bylo zachytit podobu opylovací sítě vytipované lokality s největší biodiverzitou. Podhorská otevřená stanoviště disponují ve srovnání s intenzívně zemědělsky využívanými pozemky nížin zachovalejším druhovým bohatstvím rostlin i bezobratlých (Kašák a Mazalová 2010, Mazalová et al. 2010, Hlošková 2019).

Pastvina v Podlesí hostí širokou škálu rostlinných společenstev mezofilních ovsíkových luk, díky tomu byla zajímavá pro výzkum preferencí a chování opylovačů. Společenstvo opylovačů bylo také druhově bohaté, na rozdíl od rostlin zde ale najdeme i chráněné druhy, zapsané v Červeném seznamu bezobratlých (Hejda R., 2017).

Z výsledků, které uvádím v kapitole šest, můžeme vyčíst, že převažujícími opylovači na pastvině v Podlesí jsou motýli, pestřenky a včela medonosná. Motýli nemají preferenci květů, které vyhledávají, stejně jako včela medonosná. Čmeláci preferují fialové květy či květy s nápadně dlouhými kalichy. Pestřenky mají v oblibě snáze přístupné, malé květy, často s bílou barvou. Ostatní druhy dvoukřídlých obecně vyhledávají žluté či světle růžové květy rostlin.

Nové studie se soustředí na vytváření pestrých ploch pro diverzitu opylovačů s ohledem i na jiné druhy než včelu medonosnou (Howlett et al. 2021) a i proto můžeme směřovat k novému pohledu na opylovací služby než na klasický pohled kdy včela medonosná je klíčovým opylovačem. Významnou roli bude nutno přiznat i dalším skupinám opylovačů: pestřenkám, dalším druhům dvoukřídlých, i motýlům.

Jak uváděl Janovský s kolektivem ve svém článku (2012), opylovací síť bude plná překvapení a mnohem složitější, než jsme předpokládali. To je sama o sobě dobrá zpráva, protože více skupin opylovačů znamená více možností pro lokality vyrovnávat se s probíhajícími změnami způsobenými člověkem (např. dlouhodobé změny početnosti jednotlivých skupin opylovačů z důvodu fragmentace a devastace biotopů či klimatické krize). Větší znalost toho, jak fungují zákony opylování na loukách a pastvinách nám umožní lépe předvídat následky těchto i dalších zásahů (Hadrava 2013). Tyto biotopy jsou již po generace jedním z prvků, bez kterých by naše krajina nebyla kompletní, a vymizelo by velké množství druhů, které jsou na těchto místech životně závislé.

## 9. Seznam zdrojů

ABROL, D. P. *Pollination biology: biodiversity conservation and agricultural production*. Springer Science & Business Media, 2011. Berlin.

ARMBRUSTER, W. S., & PATINY, S. Evolution and ecological implications of “specialized” pollinator rewards, 2012. (pp. 44-67). Cambridge: Cambridge University Press.

AVARGUÈS-WEBER, Aurore; CHITTKA, Lars. Observational conditioning in flower choice copying by bumblebees (*Bombus terrestris*): influence of observer distance and demonstrator movement. *PLoS One*, 2014. 9.2: e88415.

BAJKO Jaroslav. Včely jako nejdůležitější organismus na planetě. *Moderní včelař*, 2009, 11 str. 4.

BALAMURALI, G. S.; KRISHNA, Shivani; SOMANATHAN, Hema. Senses and signals: evolution of floral signals, pollinator sensory systems and the structure of plant–pollinator interactions. *Current Science*, 2015. 1852-1861.

BASCOMPTE, Jordi, et al. The nested assembly of plant–animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2003. 100.16: 9383-9387.

BASCOMPTE, Jordi; SCHEFFER, Marten. The resilience of plant–pollinator networks. *Annual Review of Entomology*, 2023. 68: 363-380.

BENEŠ J, ČÍŽEK L, FRIC Z, KONVIČKA M. Zpráva o stavu země: Odhmyzeno. Jak se daří nejpočetnější skupině obyvatel České republiky? 2009. *Vesmír* 88, 386.

BENEŠ, J.; KONVIČKA, M.; DVOŘÁK, J. (eds.) et al. *Motýli České republiky: Rozšíření a ochrana I, II: Butterflies of the Czech Republic: Distribution and conservation I, II*. Vyd. 1, 2002. Praha: SOM. 857 s. ISBN 80-903212-0-8.

BIESMEIJER, Jacobus C., et al. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 2006. 313.5785: 351-354.

CORLETT, Richard T.; PRIMACK, Richard B. *Tropical rain forests: an ecological and biogeographical comparison*. John Wiley & Sons, 2011.

CULLEY, Theresa M.; WELLER, Stephen G.; SAKAI, Ann K. The evolution of wind pollination in angiosperms. *Trends in Ecology & Evolution*, 2002. 17.8: 361-369.

ČERNÁ, Karolína. *Diverzita motýlů alpínských bezlesí Vysokých Sudet: vliv plochy a míry izolovanosti*, 2011. PhD Thesis. Disertační práce, Katedra ekologie a životního prostředí PřF UP, Univerzita Palackého, Olomouc, 24 s., Příloha 1–3.

DARWIN C. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, 1859. John Murray, London, 91-92.

DE PALMA, Adriana., et al. Ecological traits affect the sensitivity of bees to land-use pressures in European agricultural landscapes, 2015. *J Appl Ecol*, 52: 1567-1577.

- DORMANN, C.F, GRUBER B. & FRUEND, J. Introducing the bipartite Package:Analysing Ecological Networks, 2008. R news Vol 8/2, 8 - 11.
- DOYLE, Toby, et al. Pollination by hoverflies in the Anthropocene. *Proceedings of the Royal Society B*, 2020. 287.1927: 20200508.
- DUPONT, Yoko L.; DAMGAARD, Christian; SIMONSEN, Vibeke. Quantitative historical change in bumblebee (*Bombus* spp.) assemblages of red clover fields. *PloS one*, 2011, 6.9: e25172.
- DVOŘÁK, Libor, et al. Blanokřídlí (Hymenoptera) vybraných lokalit východní Moravy a Slezska (Česká republika) Hymenoptera of selected localities of the eastern Moravia and Silesia (Czech Republic). *Acta Mus. Beskid*, 2010. 2: 157-172.
- ENGEL MS, GRIMALDI DA. New light shed on the oldest insect. *Nature*. 2004, Feb 12;427(6975):627-30. doi: 10.1038/nature02291. PMID: 14961119.
- ESQUIVEL, Isaac L.; PARYS, Katherine A.; BREWER, Michael J. Pollination by non-*Apis* bees and potential benefits in self-pollinating crops. *Annals of the Entomological Society of America*, 2021, 114.2: 257-266.
- EVERT R, Susan E. EICHHORN, Joy PERRY: *Laboratory Topics in Botany*, 8. vyd, Macmillan Learning, 2012. ISBN 1464118108, 9781464118104.
- FAHRIG, Lenore, et al. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology letters*, 2011. 14.2: 101-112.
- GREENLEAF, Sarah S., et al. Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, 2007. 153: 589-596.
- GRULICH, Vít; CHOBOT, Karel; PLESNÍK, Jan. Červený seznam ohrožených druhů České republiky: Cévnaté rostliny: Red List of threatened species of Czech Republic:Vascular plants. *Příroda*, 2017. 1-178.
- HADRAVA, Jiří, et al. A comparison of wild bee communities in sown flower strips and semi-natural habitats: A pollination network approach. *Insect Conservation and Diversity*, 2022. 15.3: 312-324.
- HADRAVA, Jiří. *Ekologie opylovacích sítí*. Praha, 2013. bakalářská práce (Bc.). UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE. Přírodovědecká fakulta.
- HALLMANN, Caspar A., et al. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PloS one*, 2017. 12.10: e0185809.
- HEJDA, R.; FARKAČ, J.; CHOBOT, K. (eds.). Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí Red List of threatened species of the Czech Republic. *Invertebrates. Příroda*, 2017. 36, s. 1-612.
- HLOŠKOVÁ, Michaela. *Efektivita Moerickeho misek při odchytu hmyzu: Vliv barvy pastí a parametrů okolního prostředí*. Olomouc, 2020. bakalářská práce (Bc.). UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI. Přírodovědecká fakulta.

- HOWLETT, B. G., et al. Using non-bee and bee pollinator-plant species interactions to design diverse plantings benefiting crop pollination services. In: *Advances in ecological research*. Academic Press, 2021. p. 45-103.
- HROUDA L., et al. *Souhrnné texty k výstavě Intimní život rostlin, Skleník Fata Morgana*, 2019.
- HROUDOVÁ Věra a Viktor SÝKORA, : *Tajemství rostlin – Secrets of plants*, 1.vyd, Academia, 2009, ISBN 978-80-200-1770-3.
- CHYTRÝ, Milan, et al. *Pladias database of the Czech flora and vegetation*. *Preslia*, 2021, 93.1: 1-87.
- CHYTRÝ, Milan, ed. *Katalog biotopů České republiky*. 2. vyd. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2010. ISBN 978-80-87457-02-3.
- INOUYE, David W., et al. Flies and flowers III: ecology of foraging and pollination. *Journal of Pollination Ecology*, 2015. 16: 115-133.
- JANOVSKÝ Zdeněk, et al. Conspecific and Heterospecific Plant Densities at Small-Scale Can Drive Plant-Pollinator Interactions, 2013. *PLOS ONE* 8(10).
- JANOVSKÝ, Zdeněk. *Vztahy rostlin a opylovačů na louce aneb nejen botanici určují rostliny*. Praha: Živa, 2012. 210-212.
- JERSÁKOVÁ J, TROPEK R. *Polinační syndromy / Pollination Syndromes*. Živa, 2018, str. 300.
- KAŠÁK, Josef, MAZALOVÁ, Monika. *Lepidopterologický výzkum na území CHKO Jeseníky*. 2010.
- KEARNS, Carol A.; INOUYE, David W.; WASER, Nickolas M. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual review of ecology and systematics*, 1998. 29.1: 83-112.
- KINGSLEY R., et al. *Introductory Plant Biology*, 11. vyd, McGraw-Hill Higher Education, 2008. ISBN 0073314218, 9780073314211.
- KLECKA, Jan, et al. Flower visitation by hoverflies (Diptera: Syrphidae) in a temperate plant-pollinator network. *PeerJ*, 2018. 6: e6025.
- KLECKA, Jan; HADRAVA, Jiří; KOLOUŠKOVÁ, Pavla. Vertical stratification of plant-pollinator interactions in a temperate grassland. *PeerJ*, 2018. 6: e4998.
- KLEIN et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops, 2007. *Proc Biol Sci*. 303-13.
- KLUSER, Stéphane, et al. *Global pollinator decline: a literature review*. Geneva: UNEP/GRID, 2007.
- KOLÁŘÍKOVÁ, Veronika. *Adaptace rostlin ke klimatickým změnám*, 2015.

- KOLKOVÁ, Kateřina. Koevoluce rostlin a jejich opylovačů mutualismus vždy a všude, nebo pestrá škála strategií, kde je povoleno téměř vše? [online]. Olomouc, 2017 [cit. 2023-07-31]. Bakalářská práce. UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI, Přírodovědecká fakulta.
- KOLTUNOW, Anna M.; GROSSNIKLAUS, Ueli. Apomixis: a developmental perspective. *Annual review of plant biology*, 2003. 54.1: 547-574.
- KONZMANN, Sabine; LUNAU, Klaus. Divergent rules for pollen and nectar foraging bumblebees—a laboratory study with artificial flowers offering diluted nectar substitute and pollen surrogate. *PLoS one*, 2014. 9.3: e91900.
- KOSIOR, Andrzej, et al. The decline of the bumble bees and cuckoo bees (Hymenoptera: Apidae: Bombini) of Western and Central Europe. *Oryx*, 2007. 41.1: 79-88.
- KRISHNAN, Smitha, et al. The pollination services of forests: A review of forest and landscape interventions to enhance their cross-sectoral benefits. 2020.
- KUBÁT, Karel, ed. Klíč ke květeně České republiky. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0836-5.
- KVAČEK a KVAČEK. Jak vznikly krytosemenné rostliny a jejich květy. 2009. *Živa* 5/2009, 209.
- KWAK, M.M., 1978. Pollination, hybridization and ethological isolation of *Rhinanthus minor* and *R. serotinus* (Rhinanthoideae: Scrophulariaceae) by bumblebees (*Bombus Latr.*), 1978. *Taxon*, 145-158.
- KWAK, M.M., 1980. Artificial and Natural Hybridization and Introgression in *Rhinanthus* (Scrophulariaceae) in Relation to Bumblebee Pollination, 1980. *Taxon* 29, 613-628.
- MOQUET, Laura, et al. Nectar foragers contribute to the pollination of buzz-pollinated plant species. *American journal of botany*, 2017. 104.10: 1451-1463.
- NATALIS, L.C., WESSELINGH, R.A., 2012. Shared pollinators and pollen transfer dynamics in two hybridizing species, *Rhinanthus minor* and *R. angustifolius*, 2012. *Oecol.* 170, 709-721.
- NOVÁK, Jan a Milan SKALICKÝ: Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika. 3. vyd. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-53-5.
- OLESEN, Jens M., et al. The modularity of pollination networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2007. 104.50: 19891-19896.
- OLLERTON, J., et al. How many flowering plants are pollinated by animals?. *Oikos*, 2011. 120: 321-326.
- OLLERTON, Jeff. Pollinator diversity: distribution, ecological function, and conservation. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 2017. 48: 353-376.

- PARTAP, Uma; YA, Tang. The human pollinators of fruit crops in Maoxian County, Sichuan, China. *Mountain Research and Development*, 2012. 32.2: 176-186.
- PAVELKA, Miroslav, SMETANA Vladimír. Čmeláci. Vyd. 2, 2003. ISBN 80-239-1023-X.
- PECHÁČEK, Pavel. Ultrafialový svět rostlin II. Jak zachytit neviditelné a když červená není (jen) červená, 2016.
- POTTS SG, et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends Ecol Evol*, 2010. 345-53.
- PROCTOR, Michael, et al. The natural history of pollination. HarperCollins Publishers, 1996.
- PROULX, Stephen R.; PROMISLOW, Daniel EL; PHILLIPS, Patrick C. Network thinking in ecology and evolution. *Trends in ecology & evolution*, 2005. 20.6: 345-353.
- PYKAL, Jiří, et al. Rozšíření a odhad početnosti chřástala polního (*Crex crex*) v České republice v roce 2020 a dlouhodobé trendy početnosti ve vybraných oblastech. *Sylvia*, 2021, 57.
- QUITT, Evžen. Klimatické oblasti Československa. [Praha]: Academia, 1971. *Studia geographica*, 16.
- RADA, Stanislav, et al. Protected areas do not mitigate biodiversity declines: A case study on butterflies. *Diversity and Distributions*, 2019. 25.2: 217-224.
- RADER, Romina, et al. Non-bee insects as visitors and pollinators of crops: Biology, ecology, and management. *Annual review of entomology*, 2020. 65: 391-407.
- ROLLIN, Oriane, et al. Drastic shifts in the Belgian bumblebee community over the last century. *Biodiversity and Conservation*, 2020. 29.8: 2553-2573
- SMETANA V, MAZALOVÁ M, KURAS T. Čmeláci a pačmeláci (Hymenoptera: Apidae: *Bombus* spp.) podhorských luk a pastvin v okolí Nových Losin (Hrubý Jeseník), 2010.
- SSYMANK, Axel, et al. Pollinating flies (Diptera): a major contribution to plant diversity and agricultural production. *Biodiversity*, 2008. 9.1-2: 86-89.
- ŠTENC, Jakub, et al. Pollinator visitation closely tracks diurnal patterns in pollen release. *American Journal of Botany*, 2023. e16179.
- VAN DER SLUIJS, Jeroen P. Insect decline, an emerging global environmental risk. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2020. 46: 39-42.
- VANĚK, František; PRAUSOVÁ, Romana. Národní přírodní rezervace Králický Sněžník, 2005.
- VINŠOVÁ, Jana. Vztah fyziologické integrace klonálních rostlin a heterogenity prostředí, 2012.

VIZENTIN-BUGONI, Jeferson, et al. Plant-pollinator networks in the tropics: a review. *Ecological networks in the tropics: an integrative overview of species interactions from some of the most species-rich habitats on earth*, 2018. 73-91.

WARREN, Martin S., et al. The decline of butterflies in Europe: Problems, significance, and possible solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2021. 118.2: e2002551117.

WILLIS, Kathy; MCELWAIN, Jennifer. *The evolution of plants*. Oxford University Press, USA, 2014.

ZATTARA, Eduardo E.; AIZEN, Marcelo A. Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. *One Earth*, 2021. 4.1: 114-123.



## 10. Seznam příloh

### 1. Terénní screening lokalit v roce 2021

#### **Zlatý Potok**

Louka ve vesnici Zlatý Potok s průměrnou nadmořskou výškou 690m n. m. je pod ochranou chrástala polního, posunem termínu seče až po 15tém srpnu je zajištěno úspěšné vyhnízdění i pozdních snůšek (Pykal et al., 2021). Tato vlhká, podmáčená louka hostila více druhů trav, ostřic, a kopřivu dvoudomou (*Urtica dioica*), tyto druhy jsou jasnou známkou eutrofizace. Sekundárními druhy na této lokalitě byli třezalka tečkovaná (*Hypericum perforatum*), pryskyřník prudký (*Ranunculus acris*), vratič obecný (*Tanacetum vulgare*), jetel plazivý (*Trifolium repens*) a jetel luční (*Trifolium pratense*). Nejhojnějšími druhy opylovačů zde byly čmelák zemní (*Bombus terrestris*), pestřenka pruhovaná (*Episyrphus balteatus*), pestřenka rybízová (*Syrphus ribesii*), bělásek řeřichový (*Anthocharis cardamines*), bělásek řepový (*Pieris rapae*), okáč luční (*Maniola jurtina*), černokřídlec smuteční (*Odezia atrata*), soumračník rezavý (*Ochlodes sylvanus*) a zejkevce pozdní (*Colotois pennaria*). Často se zde nacházeli různé druhy motýlů z čeledi babočkovité (Nymphalidae) jako babočka paví oko (*Inachis io*), babočka kopřivová (*Aglais urticae*), či babočka bílé C (*Polygonia c-album*).



**Obr. 1** Pohled na louku na Zlatém potoce

## Sklené

Louka ve vesnici Sklené se nachází v průměrné nadmořské výšce 780 m n. m. Louka je ve svahu, patří pod horský stupeň, je vlhká až slatinná, charakteristická kyselou půdou s nedostatkem živin. Management spočívá v jednoroční seči do 31.7. Ve vyvýšených polohách louky se vyskytuje chráněný druh orchideje prstnatec májový (*Dactylorhiza majalis*), který patří do kategorie C3 či silně ohrožený druh lilie cibulkonosá (*Lilium bulbiferum*), v kategorii C2 (Grulich V. 2017). V střední části najdeme pcháče zeliné (*Cirsium oleraceum*), starček Fuchsův (*Senecio ovatus*). V nižší části louky najdeme šťovík kyselý (*Rumex acetosa*), mochnu nátržník (*Potentilla erecta*), silenku nadmutou (*Silene vulgaris*), silenku dvoudomou (*Silene dioica*), biku ladní (*Luzula campestris*), rdesno hadí kořen (*Bistorta major*). Na začátku května nacházíme chráněný druh okáče rosičkové (*Erebia medusa*), který patří do kategorie téměř ohrožených druhů, stejně jako ohniváček modrolelý (*Lyceana hippothoe*) a modrásek černoletý (*Plebejus argus*) (Hejda R. 2017). V letním aspektu velmi početné *M. jurtina* a *A. hyperanthus*. Jako nejkrásnější nález mohu uvést zranitelný druh perleťovce severního (*Boloria aquilonaris*) (Hejda R. 2017). Z druhů pestřenek uvádím pestřenku sršňovou (*Volucella zonaria*), pestřenku rybízovou (*S. ribesii*), pestřenku čmelákovou (*Volucella bombylans*) a pestřenku pisklavou (*Syricta pipiens*). Kromě obvyklých druhů čmeláků jako *B. terrestris*, *B. lucorum* se zde nachází chráněný druh čmelák sorojský (*Bombus soroensis*).



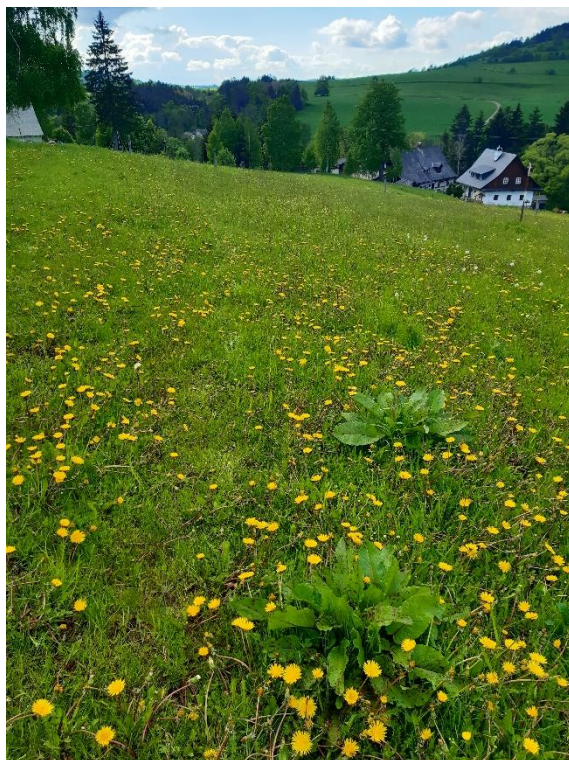
Obr. 2 Pohled na louku ve Skleném



Obr. 3 *Dactylorhiza majalis*

## Vysoký Potok

Pastvina ve Vysokém Potoku v průměrné nadmořské výšce 550 m n. m. je přepažena ohradníkem na dvě poloviny, management spočívá v kontinuálním střídání ploch pro pastvu koní, na druhé straně pastviny pro pastvu skotu. Je ve svahu, na jedné straně zamokřená s porosty kostivalu lékařského (*Symphytum officinale*) a pcháče rolního (*Cirsium arvense*), na druhé s fragmenty suchých trávníků i více květnatých částí s třezalkou tečkovanou (*Hypericum perforatum*) či kohoutkem lučným (*Lychnis flos-cuculi*). Hojný počet pryskyřníku prudkého (*Ranunculus acris*) nám značí dusíkatou půdu z důvodu dlouhodobé pastvy býložravců. Najdeme tu druhy jako okáč luční (*Maniola jurtina*, bělásek řepkový (*Pieris napi*), babočka kopřivová (*Aglais urticae*), babočka paví oka (*Inachis io*), babočka admirál (*Vanessa atalanta*), kovolesskec gama (*Autographa gamma*), okáč prosíčkový (*Aphantopus hyperantus*) či bělásek Realův (*Leptidea reali*). Ve vlhčí části louky najdeme čmeláka zemního (*Bombus terrestris*), čmeláka hájového (*Bombus lucorum*), pestřenku rybízovou (*Syrphus ribesii*) a pestřenky psané (*Sphaerophoria skripta*).



**Obr. 4** Pastvina ve Vysokém Potoku

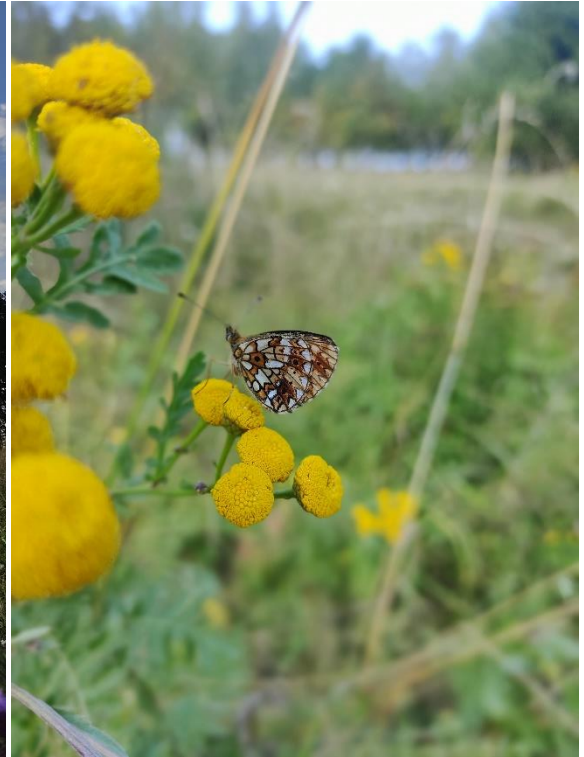


**Obr. 5** *Aglais urticae*

## 2. Fotodokumentace při vytváření momentky opylovací sítě na pastvině v Podlesí



**Obr. 6** Pohled na pastvinu v Podlesí



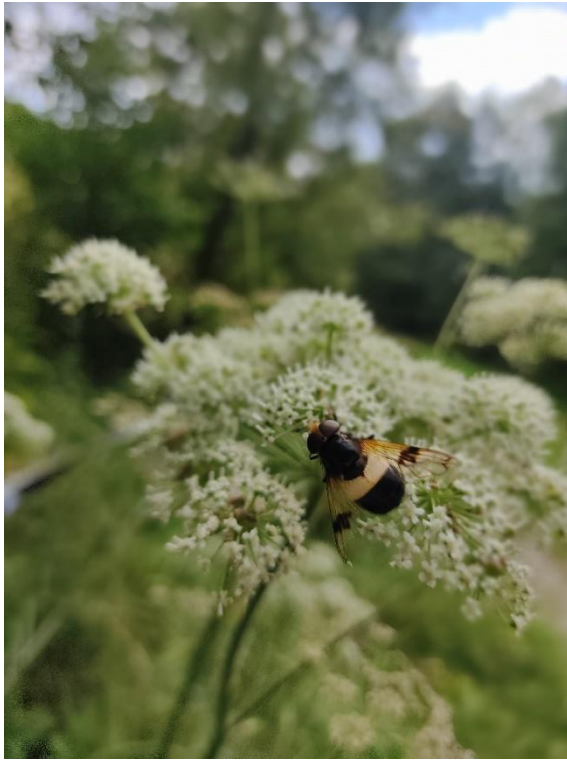
**Obr. 7** *Boloria selene* + *Tanacetum vulgare*



**Obr. 8** *K. arvensis* s dvěmi druhy opylovačů



**Obr. 9** Hojný počet *Polyommatus amandus*



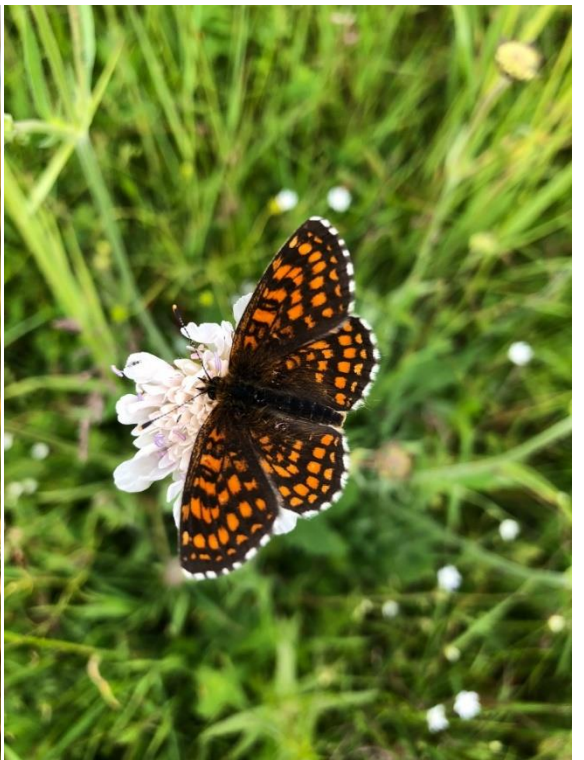
**Obr. 10** *Volucella pellucens*



**Obr. 11** *Melanargia galathea* + *Centaurea jacea*



**Obr. 12** *Z. filipendulae* + *Vicia craca*



**Obr. 13** *Melanargia athalia* + *K. arvensis*