

Univerzita Hradec Králové
Přírodovědecká fakulta
Katedra biologie

Preference barev květů včelami - vyhodnocení
rozdílů v počtu samců a samic v barevných miskách

Bakalářská práce

Autor: Veronika Kracíková

Studijní program: B 1501 – Biologie

Studijní obor: Systematická biologie a ekologie

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

Podklad pro zadání BAKALÁŘSKÉ práce studenta

Jméno a příjmení: **Veronika Kracíková**
Osobní číslo: **S18B1023BP**
Adresa: **Benecko 179 179, Benecko, 51237 Benecko, Česká republika**
Téma práce: **Preference barev květů včelami – vyhodnocení rozdílů v počtu samců a samic v barevných miskách**
Téma práce anglicky: **Preference of flower colours by bees – evaluation of the differences of numbers of males and females in colour pan traps**
Vedoucí práce: **doc. Mgr. Petr Bogusch, Ph.D.**
Katedra biologie

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je z nálezoých dat z barevných misek (Moenickeho pasti) vyhodnotit, zda samice samotářských včel více preferují jednu barvu misky než samci. Získaná data budou zhodnocena statisticky a srovnána s literárními údaji o preferenci květů určitých druhů skupin rostlin, případně s pylými vzorky.

Seznam doporučené literatury:

Heneberg P., Bogusch P. 2014: To enrich or not to enrich? Are there any benefits of using multiple colors of pan traps when sampling aculeate Hymenoptera? *Journal of Insect Conservation* 18: 1123-1136.
Macek J., Straka J., Bogusch P., Dvořák L., Bezděčka P. & Tyrner P. 2010: *Blanokřídlí České republiky I. Žahadloví*. Academia, Praha.
Scheuchl E. & Willner M. 2016: *Taschenlexikon der Wildbienen Mitteleuropas: Alle Arten im Porträt*. Quelle & Meyer, Leipzig.
Westrich P. 2018: *Die Wildbienen Deutschlands*. Eugen Ulmer, Stuttgart.

Podpis studenta:

Datum:

Podpis vedoucího práce:

Datum:

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „*Preference barev květů včelami--
vyhodnocení rozdílů v počtu samců a samic v barevných miskách*“ vypracovala
samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny,
z kterých jsem vycházela.

V Hradci Králové dne

.....

Veronika Kracíková

Poděkování

Touto cestou bych velmi ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce doc. Mgr. Petru Boguschovi, Ph.D. za jeho odbornou pomoc, velikou trpělivost a ochotu, kterou mi věnoval a za doporučení vhodných zdrojů a publikací, které jsem využila při tvorbě této práce. Také bych ráda poděkovala mé sestře Mgr. Daniele Jezberové za jazykovou korekturu anglického jazyka. V neposlední řadě bych také ráda poděkovala své rodině a kamarádům za podporu, kterou mi během psaní této práce poskytli.

Anotace

KRACÍKOVÁ, Veronika. *Preference barev květů včelami - vyhodnocení rozdílů v počtu samců a samic v barevných miskách*. Hradec Králové, 2022. Bakalářská práce. Univerzita Hradec Králové. Vedoucí práce doc. Mgr. Petr Bogusch.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá preferencí barev u některých vybraných druhů včel z čeledi Andrenidae. Cílem je zjistit, které barvy preferují jednotlivé druhy, a zda samice preferují jinou barvu než samci. První část práce obsahuje literární rešerši o pylové specializaci včel a o informace o odchyty hmyzu pomocí barevných pastí. V druhé části se věnuji barevným preferencím. Vyhodnocování barevných preferencí konkrétních druhů probíhalo na základě poskytnutých biologických dat v MS Excel. Bylo zjištěno, že u některých druhů existuje shodná barevná preference barev u samic i samců (*A. bicolor*, *A. cineraria*, *A. dorsata*, *A. fulva*, *A. fulvago*, *A. helvola*, *A. chrysoceles*, *A. minutula*, *A. nigroaenea*, *A. ovatula*, *A. strohmella*, *A. haemorrhoea*, *A. taraxaci*, *A. varians*). U zbývajících druhů (*A. barbilabris*, *A. batava*, *A. flavipes*, *A. gravida*, *A. labiata*, *A. minutuloides*, *A. nitida*, *A. polita*, *A. praecox*, *A. wilkella*, *P. calcaratus*) samice preferovaly jinou barvu než samci.

Klíčová slova

včely, Andrenidae, Moerického pasti, preference barev, samec, samice

Annotation

KRACÍKOVÁ, Veronika. *Preference of flower colours by bees evaluation of the differences of numbers of males and females in coloured pan traps*. Hradec Králové, 2022. Bachelor thesis at the Faculty of Science of the University of Hradec Králové. The thesis Supervisor: doc. Mgr. Petr Bogusch Ph.D.

Abstract

This Bachelor thesis deals with the color preference of selected species of bees from the family Andrenidae. The aim is to find out, which colors are preferred by each species and whether females prefer different colors than males. The first part of the study consists of a review on pollen specialization of bees and efficiency of color pan traps. In the second part, I focused on colored preferences of 25 species of the family Andrenidae. Evaluation of color preferences of specific species was performed on the basis of provided biological data in MS Excel. It has been found that some bee females preferred the same colors as males (*A. bicolor*, *A. cineraria*, *A. dorsata*, *A. fulva*, *A. fulvago*, *A. helvola*, *A. chrysoseles*, *A. minutula*, *A. nigroaenea*, *A. ovatula*, *A. strohmella*, *A. haemorrhoea*, *A. taraxaci*, *A. varians*). For the remaining species, female bees preferred a different color than males (*A. barbilabris*, *A. batava*, *A. flavipes*, *A. gravida*, *A. labiata*, *A. minutuloides*, *A. nitida*, *A. polita*, *A. praecox*, *A. wilkella*, *P. calcaratus*).

Keywords

bee, Andrenidae, Moeric traps, preference of colours, male, female

Obsah

Úvod a cíle práce	10
1 Apoidea: Apiformes (včely)	11
2 Pylové specializace	14
2.1 Polylektické druhy včel	15
2.2 Oligolektické druhy včel	16
2.3 Monolektické druhy včel	17
3 Pan trapping (Moerického pasti, barevné misky, včelí pasti, miskové pasti)	18
3.1 Výzkum včel pomocí barevných misek	20
3.1.2 Materiál a metody	20
3.1.2.3 Výhody a nevýhody pan traps	21
3.1.2.3.4 Efektivita barevných misek	22
4 Metodika	29
5 Výsledky	30
<i>Andrena barbilabris</i>	30
<i>Andrena batava</i>	30
<i>Andrena bicolor</i>	30
<i>Andrena cineraria</i>	31
<i>Andrena dorsata</i>	31
<i>Andrena flavipes</i>	31
<i>Andrena fulva</i>	32
<i>Andrena fulvago</i>	32
<i>Andrena gravida</i>	32
<i>Andrena haemorrhoa</i>	33
<i>Andrena helvola</i>	33
<i>Andrena chrysoceles</i>	33
<i>Andrena labiata</i>	34
<i>Andrena minutula</i>	34

<i>Andrena minutuloides</i>	34
<i>Andrena nigroaenea</i>	35
<i>Andrena nitida</i>	35
<i>Andrena ovatula</i>	35
<i>Andrena polita</i>	36
<i>Andrena praecox</i>	36
<i>Andrena strohmeilla</i>	36
<i>Andrena taraxaci</i>	37
<i>Andrena varians</i>	37
<i>Andrena wilkella</i>	37
<i>Panurgus calcaratus</i>	38
Celková druhová preference barev	38
Celková druhová preference barev u samic	39
Celková druhová preference u samců.....	39
Míra zachycení včel v jednotlivých barevných miskách.....	40
1. Preference žlutých misek.....	40
1.1 Polylektické druhy – preference	40
1.2 Oligolektické druhy – preference.....	40
2. Preference bílých misek.....	40
2.1 Polylektické druhy - preference barev	40
2.2 Monolektické druhy - preference barev.....	41
2.3 Oligolektické druhy – preference barev.....	41
6 Diskuse	42
Závěr	48
Seznam použité literatury.....	49
Přílohy.....	54

Úvod a cíle práce

Tématem této bakalářské práce je „Preference barev květů včelami - vyhodnocení rozdílů v počtu samců a samic v barevných miskách.“ Ze skupiny samotářských včel se jedná konkrétně o druhy spadající do čeledi Andrenidae. Cílem této práce bylo zjistit z nálezových dat sesbíraných z barevných misek (Moerického pastí), zda samice samotářských včel více preferují jednu barvu misky než samci. Od mého vedoucího práce doc. Mgr. Petru Bogusche, Ph.D. jsem získala faunistická data, která jsem následně vyhodnotila v MS Excel a následovně jsem z výsledků vypracovala příslušné grafy, které nám jasně ukázaly, jakou barvu květů preferují různé druhy čeledi Andrenidae.

První část práce obsahuje literární rešerši, která je zaměřená na použití a efektivitu miskových pastí (Moerického pastí) při odchytu včel a pylovou specializaci včel. V druhé části je vyhodnocení zjištěných výsledků.

Včely jsou velice spjaté s člověkem. Asi nejznámějším druhem včel je včela medonosná (*Apis mellifera*), která patří především mezi významné producenty medu a vosku (Bogusch 2019). Včely jsou velmi specializovanou skupinou opylovačů, která je zaměřena výhradně na sběr rostlinného pylu, nektaru a rostlinných olejů (Macek et al. 2010).

Podle pylových preferencí se neparazitické druhy včel dělí na polylektické a oligolektické druhy. Polylektické druhy včel sbírají pyl z více rostlin, zatímco oligolektické včely jsou omezeny na sběr pylu z několika obvykle příbuzných rodin (Bogusch et al. 2020). Toto je to nejzákladnější rozdělení pylových specializací včel. Více je toto téma rozvedeno v kapitole Pylové specializace včel.

Různé včely preferují různé barvy květů. Preference barev se může lišit mezi rody stejné čeledi, druhy, stejnými rody, nebo dokonce mezi pohlavími stejného druhu (Moreira et al. 2016). O barevných preferencích střeoevropských včel není zatím známo dostatek informací, a proto vznikla tato práce.

1 Apoidea: Apiformes (včely)

Včely (Apiformes nebo Anthophila) jsou zástupci blanokřídlého hmyzu, který se vyskytuje na celém světě. Včely jsou na Zemi zastoupeny asi 430 rody a doposud bylo popsáno kolem 16 500 druhů včel. Jedná se o velmi početnou skupinu hmyzu, která zahrnuje 7 čeledí: Apidae, Andrenidae, Colletidae, Megachilidae, Melittidae, Stenotritidae a Halictidae. V Evropě se z těchto čeledí nevyskytuje pouze málo početná čeleď Stenotritidae, ostatní čeledi jsou zastoupeny od několika zástupců až po několik set druhů (Macek et al. 2010).

Včely pocházejí ze všech kontinentů kromě Antarktidy. Jen málo druhů se nachází na izolovaných oceánských ostrovech, ale některé velmi odolné druhy se vyskytují severně od polárního kruhu. Pouze sociální včely mají největší rozmanitost v nížinných oblastech tropického deštného pralesa. Nesociální (nebo solitérní) druhy jsou nejvíce zastoupeny v sušších, sezonnějších biomech mírného pásu (např. jižní Kalifornie, střední Chile a Argentina, velká část Austrálie) (Cane 2008).

V mnohých regionech jsou včely důležitými opylovači velkého množství původních a zemědělských plodin (Prendergast et al. 2020). Včely jsou nezbytnými opylovači některých druhů zeleniny, mnoha ovocných a olejnatých plodin, krmných luštěnin a několika ořechových nebo vláknitých plodin. Jsou často označovány jako nejdůležitějšími opylovači pro většinu převládajících čeledí rostlin, jako jsou hvězdnicovité (Asteraceae), bobovité (Fabaceae), hluchavkovité (Lamiaceae), vstavačovité (Orchidaceae), růžovité (Rosaceae) a lilkovité (Solanaceae) (Cane 2008).

Barva kvetoucích rostlin je jedním z nejdůležitějších atraktantů, které rostliny používají, aby přitáhly své opylovače. Kromě toho také rostliny k přilákání opylovačů využívají své vůně, odměny (nektar/pyl/oleje), svou velikost a tvar květů (Vrdoljak et Samways 2012; Csánady et al. 2021).

Přes velký význam včel na Zemi jejich počty postupně ubývají. Divokým včelám je proto v poslední době věnována zvýšená pozornost. Jejich populace klesá především kvůli zvýšenému výskytu invazivních rostlin, konkurence z Evropy v podobě včely

medonosné, zavlečeným patogenům, ztrátě a fragmentaci stanovišť, degradaci a fragmentaci půdy v důsledku zemědělské a městské expanze, používání pesticidů, změn klimatu a nedostatku rozmanitých druhů kvetoucích rostlin (Hudson 2011; Prendergast et al. 2020; Acharya et al. 2021).

Kromě matek a trubců vysoce eusociálních druhů všechny včely navštěvují květiny. Samice včel na květech vyhledávají, shromažďují a transportují výživné látky (pyl, nektar) do hnízda pro jejich potomstvo.

Nektar napomáhá k letu včel a je bohatým zdrojem sacharidů a vody pro včelí potomstvo. Přístup včel k nektaru je omezen velikostí těla, délkou jazyka a rozměrem navštěvovaných květů (Cane 2008). Včely nasbíraný nektar uloží do svého medného váčku nebo volete a následně ho přepraví do svého hnízda či úlu (Tsuruda et al. 2021).

Některé květiny, většinou tropické, vylučují spíše kaloricky bohaté rostlinné oleje než nektar. Tyto oleje jsou včelami vytírány pomocí speciálních polštářků a stěrácích chlupů.

Včely také vyhledávají pyl na květech, který je klíčovým zdrojem bílkovin, tuků, minerálů a někdy škrobů pro samotné včely i jejich potomky. Pyl také nese samčí gamety kvetoucích rostlin, takže slouží k oplození rostlinných vajíček a rozmnožování včel (Cane 2008).

Sběr pylu může být podpořen bzučením, kousáním a škrábáním. Včely mají na svém těle mnoho specializovaných struktur, které slouží k lepšímu sběru pylu. Tyto struktury, chlupy a chování včel při hledání potravy dohromady umožňují účinně upravit a nahromadit pyl pro další transport (Cane 2008; Thorp 1979).

Pyl je pak transportován ve sběracím aparátu umístěném často na zadní končetině (nebo na spodu zadečku u čeledi Megachilidae). Při transportu pylu existuje několik zvláštností. Například několik taxonů přenáší pyl uvnitř ve svém těle. Včely rodu *Hylaeus* nosí pyl smíchaný s nektarem uvnitř svého těla (Cane 2008; Thorp 1979). Ke sběru a transportu pylu mohou také sloužit trny na hlavě včel (Rophites), kdy tyto trny umožňují efektivnější sběr pylu z rostlin čeledi hluchavkovitých

(Lamiaceae). Rod *Systropha* má na celém zadečku tvrdé štětiny, které slouží ke sběru pylu ze svlačce (*Convolvulus*) (Bogusch 2013).

Čmeláci, včely medonosné, Euglossini a včely bez žihadla nosí pyl v pylovém košíčku „corbicula“ na zadních končetinách. Jedná se o hladký, mírně konkávní povrch obklopený ochrannými chloupky, který drží vlhké pylové pelety (Cane 2008; Thorp 1979).

2 Pylové specializace

Pro včely jsou hlavními složkami potravy pyl a nektar. Pyl sbírají samice včel, pro které je pyl hlavním zdrojem bílkovin a také slouží jako potrava pro jejich larvy (Westrich 1989; Michener 2007; Dötterl et Vereecken 2010).

Některé druhy rostlin z různých čeledí např. tykvovité (Cucurbitaceae), kosatcovité (Iridaceae), prvosenkovité (Primulaceae), krtičníkovité (Scrophulariaceae) a lilkovité (Solanaceae) vylučují místo nektaru rostlinné oleje. Některé druhy včel tyto oleje sbírají, shromažďují je a mísí s pylem. Předpokládá se, že tyto rostlinné oleje u některých druhů samotářských včel zastupují úlohu nektaru a včely je pak využívají jako hlavní zdroj energie. Včely (samice) rodu *Macropis* (Melittidae) sbírají rostlinný olej z vrbiny (*Lysimachia*) a tento olej slouží jako impregnační materiál plodových komůrek (Michener 2007; Simpson et Neff 1983). Tento sekret je produkován speciálními trichomy této rostliny (Simpson et Neff 1983).

Nektar je hlavním zdrojem sacharidů, tedy zdrojem energie ve včelí potravě. Spolu s pylem tvoří potravu pro larvy téměř všech druhů včel. Nektar obsahuje některé aminokyseliny a díky nim tak přispívá k metabolismu dusíku u včel (Michener 2007).

Pyl je pro včely hlavním zdrojem bílkovin. Včely ho sbírají na květech a nosí ho do hnízda, kde slouží jako potrava pro jejich larvy, tak i dospělé. Velmi významný je pro samice, které produkují vajíčka (Michener 2007; Dötterl et Vereecken 2010; Sedivy et al. 2011, Müller 2018).

Některé druhy samotářských včel se zaměřují výhradně na sběr konkrétního druhu pylu. Včely podle jejich specializace na sběr určitého typu pylu dělíme na včelí specialisty (oligolektické a monolektické druhy) a generalisty (polylektické druhy), ti se nijak nespécializují. Včelí specialisté sbírají pyl přímo z konkrétních rodů či druhů rostlin. Hranice mezi těmito skupinami není přesně definována, a proto se touto otázkou zabývá mnoho výzkumných prací (Cane et Sipes 2007; Cane 2020; Robertson 1925; Bogusch et al. 2020).

Pyl je pro včely velmi důležitým zdrojem potravy pro jejich larvy a jejich reprodukci. Proto je nutné zajistit to, aby nedocházelo k jeho zbytečným ztrátám (Müller et Kuhlmann 2008). Pylové specializace jsou často uzpůsobeny různým faktorům. Některé květy rostlin jsou morfologicky přizpůsobeny tomu, aby nedocházelo ke zbytečným ztrátám jejich pylu. Tento pyl je uložen dostatečně hluboko ve specializovaných prašnicích či květních strukturách, odkud je dostanou pouze včely, které jsou pro sběr pylu z těchto rostlin morfologicky nebo etologicky specializované (Sedivy et al. 2011; Thorp 1979).

Je nutné, aby každá rostlina dokázala vyvážit potřebu spotřeby pylu k přilákání opylovačů a zároveň tak omezit ztrátu pylu včelami. U rostlin se tedy vyvinula adaptace minimalizovat ztráty pylu omezením pylového spektra pro své návštěvníky. U některých rostlin z čeledí Fabaceae, Lamiaceae a Boraginaceae se vyvinula schopnost proti nadměrnému opylování (Müller et Kuhlmann 2008).

Dalšími faktory, které dokážou ovlivnit nadměrnou ztrátu pylu, jsou jeho nutriční hodnota a toxicita (Müller et Kuhlmann 2008, Sedivy et al. 2011.). Některé pyly mají nedostatek bílkovin, proto nejsou vhodné jako potrava pro včely. Jedná se například o pyl slunečnice (*Helianthus*) a dalších druhů hvězdnicovitých (Asteraceae). Některé pyly také mohou obsahovat takové látky, které jsou pro včely toxické. Z těchto důvodů se u včel a jejich blízce příbuzných druhů vyvinuly fyziologické adaptace trávicího traktu, které zajišťují detoxikaci škodlivých toxických látek z jejich těla, vyrovnávání se s nízkým obsahem bílkovin či základních výživných látek (Sedivy et al. 2011).

Tradičně se včely podle pylové specializace dělí na monolektické, oligolektické a polylektické. Tyto termíny nejsou zcela přesné, a to konkrétně ze tří důvodů. Dle využití pylu nemohou být včely (rody, druhy, čeledi) děleny pouze do tří kategorií. Prozatímní znalosti o pylových preferencích nejsou úplné. V neposlední řadě jsou to analytické metody, které se vymykají srovnání (Cane et Sipes 2007).

2.1 Polylektické druhy včel

Pro polylektické druhy včel je typické, že sbírají pyl z různých druhů rostlin. Polylektické včely můžeme dále rozdělit na široce polylektické druhy a úzce

polylektické druhy. Termín úzká polylektie je používán pro druhy, které shromažďují pyl z více než tří rostlinných čeledí, ale zároveň množství navštěvovaných čeledí je nějakým způsobem omezeno. Široká polylektie je známá svou obrovskou hostitelskou rozmanitostí. Včely spadající do této skupiny sbírají pyl z většiny rodů a druhů četných rostlinných čeledí. Do této skupiny patří například naše nejznámější včela medonosná (*Apis mellifera*), která sbírá pyl z různých nepříbuzných druhů rostlin (Cane et Sipes 2007; Michener 2007). Dalšími druhy, které patří do skupiny široko polylektických druhů jsou například včely bez žihadla (Meliponini), čmeláci (*Bombus*) a některé druhy ploskočelek (Halictini). Dalším typem specializace spadající do polylektie je mezolektie. Mezolektické druhy včel sbírají pyl z více než čtyř druhů z maximálně tří čeledí, přičemž obvykle pyl z jednoho druhu výrazně preferují. Příkladem takové včely může být *Anthidium oblongatum*, která sbírá pyl z šesti rostlinných druhů více rodů (Cane et Sipes 2007).

2.2 Oligolektické druhy včel

Oligolektické druhy včel sbírají pyl z vzájemně příbuzných druhů rostlin. Některé druhy včel sbírají pyl z více druhů rostlin jedné čeledi. Tyto druhy nazýváme široko oligolektické. Naopak druhy, které sbírají pyl jen od několika příbuzných druhů rostlin, označujeme jako úzce oligolektické. Hranice mezi těmito pojmy jsou velice nepřesné. Úzká oligolektie je častá například u *Dufourea* (Halictidae), *Perdita*, *Andrena* (Andrenidae) a *Melitta* (Melittidae) (Cane et Sipes 2007). Mezi úzké oligolekty patří například rod *Systropha* (Halictidae), kdy všechny druhy tohoto rodu sbírají pyl výhradně ze svlačce (*Convolvulus*-Convolvulaceae). Dalším příkladem může být *Macropis* (Melittinae), která sbírá pyl výhradně z vrbiny (*Lysimachia*) (Michener 2007). Do této skupiny řadíme i druhy včel, které spadají pod termín eklektická specializace. Včely této kategorie se specializují na sběr pylu pouze z několika rodů rostlin. V dnešní době je známo jen několik málo rodů spadající do eklektické rodiny. Takovým příkladem může být včela *Osmia ribifloris* z čeledi Megachilidae (čalounicovití), která se vyskytuje od Texasu po Kalifornii. Tato včela sbírá pyl výhradně z *Cercis* (Fabaceae), *Berberis* (Berberidaceae), *Arctostaphylos* (Ericaceae) a z některých druhů rodu *Vaccinium* (Ericaceae) (Cane et Sipes 2007).

2.3 Monolektické druhy včel

Monolektická specializace (monolektie) je velmi nejednoznačný termín, který byl definován před sto lety. Dříve tento termín označoval včely, které sbírají pyl výhradně z jednoho rostlinného druhu. Nově tento termín definoval Cane (2020), kdy tento autor označil jako monolektické druhy včely, které se orientují na sběr pylu výhradně z jednoho rostlinného druhu či rodu (Bogusch et al. 2020). Monolektické včely obývají všechny světadíly kromě Asie (Cane 2020). U některých druhů monolektických včel je dokázáno, že jejich specializace je způsobena omezenou potravní nabídkou (Cane et Sipes; Cane 2020).

Příkladem této specializace mohou být všechny druhy čeledi Melittidae, kromě oligolektického druhu *Dasygoda hirtipes* (Kristus, 1791). Nejvyšší počet monolektických druhů (29) se vyskytuje v čeledi Andrenidae. Patří sem také většina druhů rodu *Colletes* (Bogusch et al. 2020).

V případě, že pyloví specialisté nemají možnost sbírat pyl z jejich preferovaných květů, jsou schopni sbírat pyl i z jiných druhů rostlin. *Andrena lapponica* vykazuje velmi úzkou potravní specializaci na čeleď Ericaceae. Preferovanými rostlinami pro *A. lapponica* je brusnice (*Vaccinium*) a pěnišník (*Rhododendron*). Doba květu hlavního hostitele je však poměrně krátká a trvá jen několik týdnů. A tak *A. lapponica* si hledá náhradní zdroje pylu. *A. lapponica* se vyskytuje například na hoře Sněžník v jižním Slovinsku, kde čeleď Ericaceae úplně chybí. Místo toho sbírá pyl na *Helianthemum* (Cistaceae) a *Salix* (Salicaceae). Pylová specializace *A. lapponica* tedy není tak přísná, jak se dříve předpokládalo (Müller 2018).

3 Pan trapping (Moerického pasti, barevné misky, včelí pasti, miskové pasti)

V poslední době se využití barevných misek nebo také Moerického pastí široce využívá jako prostředek pro snadné odběry včelích společenstev, který umožňuje odběr hmyzu na více místech ve stejný den nebo v různých ročních obdobích. Barevné plastové misky (typicky modrá, žlutá, bílá) jsou položeny obvykle na zemi a částečně jsou naplněny vodou a kapkou neparfémovaného detergentu, který slouží jako povrchově aktivní látka. Okřídlený hmyz, zejména pak včely, přistane na hladině a utopí se. Utopené včely jsou pak na konci dne obvykle z pastí vyloveny. Účinnost těchto pastí závisí především na počtu použitých pastí, prostorovém uspořádání těchto pastí, umístěním, jejich barvě, množství kvetoucích rostlin a barvě květů rostlin kolem těchto pastí (Viana et Lourenco 2020; Cane et al. 2000; Hall 2016).

Moerického pasti jsou cenným nástrojem ve studiích hmyzu a jeho rozmanitosti, rozšíření, sezonní hojnosti a chování při hledání potravy. Běžně se používají pro odběr vzorků v zemědělství k odběru hmyzích škůdců a dalších členovců v různých ekosystémech. Tato metoda je často popisována jako jedna z neúčinnějších levných a velmi efektivních pasivních metod vzorkování a je ideální na dlouhodobý monitoring velkého blanokřídlého hmyzu. Jejich používání je účinné ve všech zeměpisných lokalitách, zemědělských pozemcích a polopřirozených stanovištích. Jedná se o relativně objektivní metodu hodnocení abundance a diverzity včel a dalšího hmyzu. Původně byly tyto pasti navrženy tak, aby zachytily dvoukřídlé (Diptera) nalákáním na žluté barvy. Následně byl tento způsob odchyty úspěšně aplikován i na další skupiny hmyzu (Sircom et al. 2018; Acharya et al. 2021; Berglund et Milberg 2019; Csanády et al. 2021).

Barevné misky patří mezi metody pasivního vzorkování, které nevyžadují k výzkumu žádné speciální vybavení a aktivní přítomnost sběrače/pozorovatele. Pan trapping patří mezi velice efektivní metody sběru hmyzu navštěvujícího květy rostlin a je široce používán ke studiu opylovačů. Poskytuje velkou návratnost dat za relativně méně času, úsilí a je to vhodná metoda zejména pro začátečnické

faunistické průzkumy. Tento typ pastí nám může poskytnout dobré odhady druhového bohatství, ale relativní odhady populačních hustot pomocí této metody jsou obtížné. Chytání hmyzu pomocí těchto pastí nám poskytuje velkou užitečnost při výzkumu na stanovištích s nedostatkem nektaru, nestabilním počasí i ve stromovém patře tropických pralesů. Někdy jejich použití může být destruktivní, proto je doporučeno používat tyto pasti s maximální opatrností. Tuto metodu je vhodné kombinovat s dalšími metodami (entomologické sítě, pozorování...). Pan trapping a další pasivní metody jsou vynikající způsoby, jak získat přehled o včelí fauně dané lokality nebo oblasti. Může nám pomoci sestavit úplnější seznam druhů a získat vybrané taxony, které jsou jinak nezachytitelné. Velikost pastí, jejich vůně, umístění, rozmístění okolní vegetace, druh stanoviště a povětrnostní podmínky jsou vlastnostmi, které silně ovlivňují zachycené úlovky. Kvetoucí rostliny používají různé barvy, vůně, odměny (nektar/pyl) a velikost nebo tvar květů k přilákání svých opylovačů. A barva je právě jeden z nejdůležitějších atraktantů. Tato metoda je založena právě na barevné přitažlivosti květu, které navštěvuje opylovač (Campbell et Hanula 2007; Csanády et al. 2021; Cane et al. 2000; Vrdoljak et Samways 2012).

Barevná atraktivita je skupinově charakteristická. Každá barva přitahuje různé skupiny létajícího hmyzu, ale ne všechny patří mezi opylovače (Moreira et al. 2016).

Různý hmyz preferuje různé barvy. Včely jsou schopné identifikovat odlišné barvy a rozlišovat barevné textury. Včely jsou při hledání vhodného květu silně ovlivněny barevným viděním. Rozměry barevného vidění mohou proto dramaticky ovlivnit, jakou si včely vyberou barvu. Včely mají trichromatické vidění s ultrafialovými, modrými a zelenými fotoreceptory s maximální citlivostí při 350, 440 a 540 nm. Člověk má také trichromatické vidění, ale má odlišné fotoreceptory (modrý, zelený, červený). Včely proto vnímají barvy jinak než člověk. Proto je nutné barevnost květů řešit z pohledu včel (Shrestha et al. 2019; Acharya et al. 2021; Straka 2003). Obecně včely rozlišují modrou, modrozelenou, fialovou a žlutou barvu ve spektru. Přestože včely mají viditelné barevné spektrum od UV po oranžovou, mohou také využít barevný kontrast k nalezení cílových objektů (Acharya et al. 2021).

3. 1 Výzkum včel pomocí barevných misek

Většina studií monitorujících včely užívá pasti na stanovištích s nízkým zastíněným od rostlin, kde jsou pasti pokládány přímo na zem mezi otevřenou nebo nízko rostoucí vegetací. Tento způsob odchyty včel je vhodný pro mnoho přírodních stanovišť, kde včely hledají potravu. Pokud se tato metoda má aplikovat v zemědělství, kde vzrůstá zájem o ochranu včel, musíme brát v úvahu to, že mnoho plodin opylovaných včelami má hustou vertikální vegetaci a využití barevných misek je zde problematické (Tuell et Isaacs 2009).

Mnoho studií se pokusilo určit nejúčinnější barvu misek pro přilákání včel, s různými výsledky na základě výběru použitých barev, regionu nebo typu stanoviště (Cane et al. 2000; Nielsen et al. 2011; Abrahamczyk et al. 2010) Některé studie použily několik různých vzorků barev a zkombinovaly data. Zatímco některé jiné doplňovaly odchyty pomocí sítí (Cane et al. 2000; Prendergast et al. 2020; Hall 2018).

Studií na toto téma je poměrně málo, z nichž většina byla provedena v mírných a subtropických pásmech, zejména v Evropě, Austrálii a Severní Americe, avšak jen několik málo výzkumů bylo provedeno v tropických oblastech. Je proto nutné zkoumat rozmanitější prostředí a regiony po celém světě a adekvátně testovat a porozumět účinnosti misek různých barev (Viana et Lourenço 2020; Moreira et al. 2016).

3.1.2 Materiál a metody

Plastové misky, nejčastěji modré, žluté nebo bílé barvy jsou částečně naplněny vodou s kapkou detergentu, který přerušuje povrchové napětí (Viana et Lourenco 2020; Campbell et Hanula 2007). Někdy však jsou ke studiu využívány i další barvy jako je fialová, červená, zelená či oranžová (Ascharya et al. 2021; Csanády et al. 2021; Vrdoljak et Samways 2012). Tyto pasti jsou obvykle rozmístěny na zemi ve zkoumaných oblastech (Tuell et Isaacs 2009; Viana et Lourenco 2020; Cane et al. 2000; Abrahamczyk et al. 2010; Shrestha et al. 2021; Leong et Thorp 1999). Barevné pasti mohou být také vyvýšené. Například Tuell et Isaacs (2009) umístili při své

studii pasti ve čtyřech polohách vzhledem k porostu. Pasti se mohou i různorodě uspořádat. Shrestha et al. (2019) uspořádali při svém studiu v Austrálii osm plastových barevných misek do kruhu. Abrahamczyk et al. (2010) rozmístili v Bolívii naopak barevné misky podél 1,5 km transektu. Pasti jsou obvykle vyprázdněny na konci každého odběrového dne (Leong et Thorp 1999; Abrahamczyk et al. 2010; Hall 2018).

Pokud použijeme propylenglykol jako detergent, je možné vyprazdňovat pasti každých až 7-10 dní, protože krátkodobě působí jako konzervační prostředek (Sircom et al. 2018). Nasbírané úlovky jsou následně umístěny do 75 % nebo 70 % ethanolu (Heneberg et Bogusch 2014; Sircom et al. 2018). V laboratoři jsou následně včely očištěny, přišpendleny a identifikovány. Takto získané vzorky jsou následně uloženy do sbírek. Ze získaných dat odborníci vytváří rozsáhlé datové analýzy a statistiky, ze kterých jsou vyvozeny výsledky a závěry (Sircom et al. 2018; Heneberg et Bogusch 2014; Viana et Lourenco 2020; Campbell et Hanula 2007; Acharya et al. 2021; Csanády et al. 2021; Vrdoljak et Samways 2012; Tuell et Isaacs 2009; Abrahamczyk et al. 2010; Shrestha et al. 2021; Leong et Thorp 1999).

3.1.2.3 Výhody a nevýhody pan traps

Existuje rozsáhlá škála metod vzorkování včel. Každá metoda má své vlastní výhody a limity. Použité metody jsou při odběru vzorků ovlivněny mnoha faktory, vynaloženým úsilím a dovednostmi sběratele, taxonomickým a funkčním skupinovým zkreslením a vynaloženými náklady (Prendergast et al. 2020).

Použití pan traps může eliminovat kolektorové zkreslení, což je zvláště důležité při porovnávání údajů v různých studiích nebo když se jedné studie účastní více sběratelů. Odebrané vzorky pomocí této metody mohou být přesně identifikovány pod mikroskopem vyškoleným personálem (Tuell et Isaacs 2009).

Mezi další výhody použití barevných misek při odchytu hmyzu patří: snadná instalace; velká efektivnost při vzorkování velkého počtu včel; použitelnost na dlouhou dobu; komerčně dostupné a poměrně levné materiály zajišťující stálou kvalitu barvy a design (Hall 2018; Prendergast et al. 2020); zcela pasivní metoda nevyžadující hodiny strávené v terénu; menší zkreslení zajišťuje spolehlivější

vzorky; možnost výzkumu velké plochy za relativně krátké časové období; zkoumané oblasti jsou obvykle méně poškozeny (tolik nenašlapáno) (Leong et Thorp 1999); umožňují průzkum na více místech ve stejném čase či ročním období (Cane et al. 2000).

I přes všechny výhody má tato metoda jisté nevýhody. Díky použití těchto pastí je odchycený hmyz odstraněn z populace a pasti mohou výrazně extrahovat některé druhy či skupiny na rozdíl od jiných a výsledky sběru tak mohou podcenit početnost některých druhů (Tuell et Isaacs 2009). Tyto pasti zachytí většinou pouze nízko letící hmyz a hmyz létající na květy. Úspěšnost úlovku se také může výrazně lišit v závislosti na druhu použité barvy pasti (např. jiná odrazivost) a s použitím jinak veliké misky. Misky se také mohou převrátit a vylít za deštivého počasí, nebo jsou poničeny zvířaty nebo vandaly (Prendergast et al. 2020).

Další velikou nevýhodou této metody je, že se do ní mohou zachytit i vzácné druhy hmyzu, které se utopí a zahynou. Barevné misky a jejich úlovky mohou být silně ovlivněny rychlostí větru, množstvím slunečního záření, teplotou vzduchu a množstvím okolní vegetace na zkoumaném stanovišti (Leong et Thorp 1999; Prendergast et al. 2020).

3.1.2.3.4 Efektivita barevných misek

Existuje mnoho studií zabývajících se použitím barevných misek, které ovšem vykazují odlišné výsledky. V této práci jsem porovnávala několik studií zabývajících se použitím barevných misek při sběru včel.

Tyto studie probíhaly v různých částech světa. Mnoho výzkumných prací bylo provedeno v USA (Acharya et al. 2021; Tuell et Isaacs 2009; Campbell et Hanula 2007; Hall 2016; Hudson 2011; Leong et Thorp 1999; Toler et al. 2005), v Jižní Americe (Abrahamczyk et al. 2010; Viana et Lourenco 2020; Moreira et al. 2016) a v Austrálii (Hall 2018; Shrestha et al. 2019; Prendergast et al. 2020). Další studie probíhala na Slovensku (Csanády et al. 2021), v severní Africe (Vrdoljak et Samways 2012), jižním Švédsku (Berglund et Milberg 2019), ve Středomoří (Nielsen et al. 2011) nebo v Severní Americe (Sircom et al. 2018; Cane et al. 2000).

Různé studie zkoumaly různé otázky. Některé studie se zabývaly užitečností, úspěšností a účinností různě zbarvených pastí (Acharya et al. 2021; Abrahamczyk et al. 2010; Csanády et al. 2021; Hall 2018; Hudson 2011; Shrestha et al. 2019; Leong et Thorp 1999; Vrdoljak et Samways 2012; Toler et al. 2005). Další studie porovnávaly použití barevných misek a sítí (Berglund et Milberg 2019; Hall 2016; Cane et al. 2000). Jedna ze studií zkoumala, zda závisí účinnost míry zachycení včel na umístění pastí vzhledem k porostu (Tuell et Isaacs 2009). Další studie porovnávala účinnost užití pan traps a Malaiseho pastí (Campbell et Hanula 2007). Dvě studie hodnotily pomocí barevných misek druhovou bohatost včelích společenstev (Berglund et Milberg 2019; Nielsen et al. 2011). Sircom et al. (2018) zkoumali, zda jsou eusociální včely přitahovány k barevným pastím více než ostatní druhy včel. Jedna studie zkoumala, zda jsou misky modré, bílé a žluté barvy vhodnými nástroji k doplnění vzorku blanokřídlých (Moreira et al. 2016). Prendergast et al. (2020) a Nielsen et al. (2011) porovnávali několik aktivních a pasivních metod sběru hmyzu.

Výzkumy včel pomocí pan traps probíhal na různých typech stanovišť, např. na pastvinách (Acharya et al. 2021), na porostech *Vaccinium corymbosum* (brusnice chocholičnatá) (Tuell et Isaacs 2009), v hemiboreálním lese (Berglund et Milberg 2019), na komerčních brusinkové farmě a přilehlých lesích (Sircom et al. 2018), Bahia – krajina podobná savanám (Moreira et al. 2016), phrygana a olivové háje (Nielsen et al. 2011), na keřích *Larrea tridentata* (Cane et al. 2000), v zalesněných ekosystémech (Campbell et Hanula 2007) a na vojenském území v pouštích Utahu (Toler et al. 2005).

V každé studii byla použita různá metodika a různé kombinace barevných misek. Autoři těchto studií nejčastěji využívali ke sběru včel barevnou kombinaci tříbarevných misek žluté, modré a bílé barvy (Viana et Lourenco 2020; Leong et Thorp 1999; Sircom et al. 2018; Moreira et al. 2016; Toler et al. 2005). Berglund et Milberg (2019) navíc doplnili tyto misky o smýkáni. V několika studiích ke sběru včel sloužily páry barevných pastí, většinou se jednalo o kombinaci modré a žluté misky (Abrahamczyk et al. 2010; Hall 2018), modré a bílé (Hudson 2011). Hall (2016) využil ke sběru včel různé barevné kombinace žluté, modré a bílé barvy a sítě. Cane et al. (2000) použili ke sběru hmyzu žluté a modré misky v kombinaci se

sítěmi. Další výzkumné práce využily ke sběru včel vyvýšené barevné pasti. Acharya et al. (2021) sbírali včely pomocí vyvýšených modrých, zelených, fialových a žlutých misek. Žluté vyvýšené pasti ke sběru včel využili také Tuell et Isaacs (2009). Vrdoljak et Samways (2012) klasické bílé, modré a žluté misky obohatili o další tolik neobvyklé barvy jako je např. červená, oranžová a fialová. Ve studii Campbell et Hanula (2007) využívali ke sběru včel kombinaci modrých, bílých a červených misek a Malaiseho pasti/bez panelů/s panely. Velké množství barevných misek (bílá, žlutá, modrá, fialová, červená) využili při své studii Csanády et al. (2021). Shrestha et al. (2019) porovnávali použití fluorescenčních a nefluorescenčních misek ve stejných barvách.

Použití pan traps na Slovensku

Během studovaného období celkově Hymenoptera preferovali nejvíce žlutou barvu, poté bílou, modrou, fialovou a nejméně hmyzu se zachytilo do červených pastí. Zástupci čeledi Apidae preferovali bílé pasti. Jedinci z čeledi Megachilidae preferovali žlutou barvu. Čeď Andrenidae preferovala modrou barvu. Fialovou a červenou barvu nikdo nepreferoval. Rody *Apis* a *Megachile* preferovaly žlutou barvu. Rody *Andrena*, *Colletes*, *Chelostoma*, *Hylaleus*, *Halictus*, *Eucera* a *Xylocopa* preferovaly bílou. Získané výsledky byly v souladu s literárními údaji, které jasně ukázaly, že žlutá barva je pro hmyz nejatraktivnější (Csanády et al. 2021).

Použití pan traps v jižním Švédsku

Berglund et Milberg (2019) porovnávali účinnost barevných misek a sítí. Pomocí sítí bylo zachyceno dvojnásobné množství jedinců i druhů než v pan traps. Porovnat výsledky bylo v tomto případě velmi složité, protože pomocí jedné metody bylo zachyceno mnohem více jedinců a úlovky tak nemohly být numericky porovnány.

Použití pan traps ve Středomoří

Studie probíhala na dvou běžných typech stanovišť, která se nacházejí ve Středomoří. Nielsen et al. (2011) zde porovnávali několik typů metod. Různé metody vzorkování zaznamenaly různý počet zachycených jedinců, druhů i rodů. Nejvíce jedinců bylo zachyceno pomocí barevných misek, které také zachytily

nejvyšší průměrný počet druhů na lokalitu. Další velmi účinnou metodou bylo standardizované a variabilní transektové procházení. Pan traps zde zajistily konzistentní zlomek včelí fauny, bez ohledu na prostorovou heterogenitu druhového složení mezi lokalitami.

Použití pan traps v Austrálii

Nejvíce jedinců bylo zachyceno v miskách modré barvy (85 %), ve žlutých pouze 15 %. Modré pasti byly celkově nejúspěšnější pro vzorkování velké většiny jedinců a pro vzorkování většiny druhů. Žluté misky zachytily pouze dva druhy, které nebyly zachyceny v modrých miskách (*Hylaeus elegans*, *Lasioglossum* cf. *tridens*) (Hall 2018). Shrestha et al. (2019) při svém výzkumu využili čtyři barevné misky nastříkané fluorescenční barvou a čtyři barevné misky nenastříkané. Zjistili, že blanokřídlý hmyz nemá žádnou významnou barevnou preferenci pro fluorescenční ani pro nefluorescenční misky. Prendergast et al. (2020) porovnávali několik metod při odchytu hmyzu. Počet odebraných exemplářů a jejich taxonomická bohatost se mezi jednotlivými metodami lišila. Nejúčinnější metodou k vzorkování včel bylo smýkání. To zachytilo nejvíce jedinců, druhů i rodů. Žluté lopatkové pasti byly účinnější než modré miskové pasti. Modré lopatkové pasti byly velice účinné, zachytily celkově více taxonomických jednotek než ostatní pasivní metody. Do modrých lopatkových pastí byly hojně zachyceny např. samci i samice *Amegilla chlorocyanea*, samice *Thyreus waroonensis* a samice *Lasioglossum* spp. Pouze dva druhy *Lasioglossum* spp. (samec) a *Braunsapis nitida* (samice) byly exkluzivními druhy pro lapače se žlutými lopatkami. Pět taxonomických jednotek bylo exkluzivní pro modré lopatkové pasti: *Lasioglossum lanarium* (samec), *Lasioglossum inflatum* (samice), *Homalictus sphecodoides* (samice), *Euryglossula fultoni* (samec) a *Lasioglossum lanarium* (samice). Pohlaví byla vzorkována různě v závislosti na použité metodě.

Použití pan traps v USA

V oblasti Spojených států amerických bylo provedeno několik výzkumů. Nejčastěji zachycenými čeleděmi pomocí barevných misek v USA byly čeledi Halictidae a Anthophoridae (Acharya et al. 2021; Campbell et Hanula 2007; Toler et al. 2005).

Čeled' Andrenidae zde vykazovala preferenci ke žluté barvě. Čeledi Apidae a Megachilidae byly přitahovány k modrým miskám (Hall 2016; Toler et al. 2005). Čeled' Halictidae vykazovala rozdílné preference barev. Hall (2016) uvádí, že čeled' Halictidae preferovala žluté pasti. Toler et al. (2005) však uvádějí, že jedinci z čeledi Halictidae upřednostňují modré misky. Modré pasti byly velmi účinné při odchytu včel. Zachytily velké množství jedinců a druhů (Acharya et al. 2021; Campbell et Hanula 2007). Každá studie má rozdílné výsledky, co se týče nejméně účinných barevných misek, protože v každé studii byly použity jiné barvy misek. Acharya et al. (2021) uvádějí, že nejméně jsou účinné zelené misky, zřejmě kvůli tomu, že byly použity na pastvinách, kde netvořily téměř žádný kontrast s pozadím a včely je tak snáze přehlédly. Campbell et Hanula (2007) zas jako nejméně účinné označili červené misky. Bílé misky byly nejméně účinné ve studii, kterou prováděl Hall (2016).

V jedné studii bylo zkoumáno, zda závisí na výšce umístění žlutých pastí na porostu *V. corymbosum* (brusnice chocholičnatá) na úspěšnosti zachycení včel do pastí. Bylo zjištěno, že čeled' Andrenidae a Halictidae byla zachycena nejvíce v pastích, které byly umístěny uprostřed na rostlině. Předpokládá se, že hmyz je nejčastěji zachycen v takové výšce, kde je nejvíce aktivní, a proto je nutné, ke každé rostlině přistupovat individuálně a najít vhodné výšky k umístění pastí k zachycení konkrétního druhu včel (Tuell et Isaacs 2009).

Campbell et Hanula (2007) prováděli výzkum včel na třech stanovištích. Porovnávali zde barevné pasti a Malaiseho pasti (s panely; bez panelů). Zjistili, že pan traps a Malaiseho pasti s panely měly podobnou účinnost při vzorkování druhového bohatství opylovačů, ale jejich úlovky se lišily v početnosti. Malaiseho pasti bez panelů byly relativně neúčinné, zřejmě proto, že včely se jim dokázaly vyhnout.

Dvě studie nám ukázaly velmi významné rozdíly v preferencích mezi jedinci pohlavími stejného druhu (Hall 2016; Leong et Thorp 1999). Hall (2016) uvádí několik rozdílů u několika druhů. Samci *Andrena miserabilis* preferovali výrazně žluté misky, samice však preferovaly bílé misky. Samice *Perdita gerardiae* preferovaly modrou barvu. Samice *Agapostemon splendens* byly zachyceny v miskách všech tří barev (bílá, žlutá, modrá), avšak samci nebyli vůbec zachyceni.

Samice *Melissodes mitchelli* silně přitahovaly modré misky. Leong et Thorp (1999) pozorovali silnou preferenci u samic *Andrena limnanthis* pro bílé a modré pasti. Samice tohoto druhu vykazovaly stejné preference pro obě tyto barvy nebo mezi nimi nedokázaly rozlišit. Tento druh silně preferoval bílou barvu (u obou pohlaví) a bílé misky se proto jeví jako nejúčinnější a nejselektivnější pro vzorkování obou pohlaví tohoto druhu současně.

Hudson (2011) využil při své studii k pozorování videokamery. Do pastí se zachytilo celkem 16 včel (19,3 %), 25 včel (30,1 %) navázalo kontakt s pastí, ale nezachytily se do ní, 42 včel (50,6 %) se k pasti pouze přiblížilo a odletělo. Tyto pasti byly nejúčinnější pro odchyt *Lasioglossum* spp., a zachytily velký reprezentativní vzorek včelí diverzity.

Použití pan traps v Jižní Americe

Tři studie probíhaly také v Jižní Americe s rozlišnými výsledky. Jako nejúčinnější se v této oblasti jeví modré misky, které zachytily nejvíce jednotlivců a největší druhovou bohatost ve srovnání s jinými barvami (Viana et Lourenco 2020; Moreira et al. 2016). Druhou nejúčinnější barvou byla žlutá. Celkově ale žluté misky sesbíraly výrazněji více jednotlivců a čeledí než modré misky. V této studii bylo zjištěno, že relativní účinnost použití barevných misek je řízena lesní strukturou, tedy světelnými podmínkami a viditelností. Žluté pasti jsou ve stinných místech mnohem atraktivnější a nápadnější a hmyz je tak snázeji nalezne, než modré pasti (Abrahamczyk et al. 2010). Celkově se žluté, bílé a modré pasti doplňují navzájem a jsou tak vhodným nástrojem k odběru vzorků včelích společenstev (Moreira et al. 2016).

Použití pan traps v Severní Americe

V Severní Americe Sircom et al. (2018) zjistili, že čeledi Andrenidae, Colletidae, Halictidae a Megachilidae byly přitahovány nejvíce ke žlutým miskám. Čeď *Melittidae* však upřednostňovala modré misky. Bylo zjištěno, že eusociální včely preferují podobně bílé a modré misky. Samotářské včely preferovaly žluté misky.

Odběr včelí fauny probíhal také na kreosotovém keři (*L. tridentata*). Porovnávali zde účinnost barevných pastí a sítí. Avšak miskové pasti zde slabě reprezentovaly vzorek včelí fauny v porovnání s použitím sítí. Nedostatek včel zachycených v barevných pastí mohl být způsoben špatně zvolenou výškou pastí, kde byly pasti nastraženy, nebo možná žluté a modré pasti nebyly pro včely tak vizuálně atraktivní jako žlutě kvetoucí květy *L. tridentata* (Cane et al. 2000).

Použití pan traps v severní Africe

V barevných miskách dominovaly čeledi Halictidae a Platygastriidae. Většina druhů byla zachycena ve žluté, resp. bílé pasti. Nejvíce včel bylo přitahováno do sady misek, kde byla kombinace bílé a žluté pasti. Pan traps s vysokou odrazivostí zachytily nejvíce druhů. Žluté a bílé pasti zachytily více úlovků než modré a fialové pasti. Barva pasti měla tedy zásadní vliv na kvalitu a velikost úlovku (Vrdoljak et Samways 2012).

Shrnutí

Celkově nejvíce včel bylo zachyceno do modrých misek (Hall 2018; Moreira et al. 2016; Acharya et al. 2021; Viana et Lourenco 2020). Druhou velmi účinnou barvou byla žlutá (Abrahamczyk 2010; Csanády et al. 2021; Hall 2016).

V rámci jednotlivých čeledí byly zaznamenány také rozdíly v preferencích barev. Čeleď Halictidae byla nejčastěji zachycena v modrých miskách (Campbell et Hanula 2007; Toler et al. 2005). Dále byla tato čeleď nalezena hojně ve žlutých miskách (Sircom et al. 2018). Čeleď Anthophoridae byla nejvíce zachycena v modrých miskách (Campbell et Hanula 2007). Včely z čeledi Apidae byly nalezeny nejčastěji v miskách modré barvy (Toler et al. 2005; Hall 2016). V jedné studii byla Apidae nejvíce zachycena v bílých miskách (Csanády et al. 2021). Čeleď Megachilidae vykazovala stejnou preferenci pro modrou (Hall 2016; Toler et al. 2005) a žlutou barvu (Csanády et al. 2021; Sircom et al. 2018). Čeleď Andrenidae měla podobnou preferenci pro žlutou a modrou barvu (Sircom et al. 2018). Dle Csanády et al. (2021) čeleď Andrenidae preferovala modrou barvu, avšak podle Toler et al. (2005) včely z této čeledi preferují žlutou barvu. Čeleď Melittidae preferovala modrou barvu, zatímco Colletidae byly zachyceny ve žlutých miskách (Sircom et al. 2018).

4 Metodika

Od mého vedoucího bakalářské práce jsem získala rozsáhlá faunistická data. Doc. Mgr. Petr Bogusch, Ph.D. a doc. RNDr. Petr Heneberg, Ph.D. prováděli výzkumy pomocí barevných pastí na různých typech stanovišť (mokřady, rudy, motokrosové dráhy, hlinišť, Týnčany, acidofilní stepi a polní mokřady). Tato data obsahovala záznamy všech zachycených druhů hmyzu do barevných misek od roku 2013 do roku 2017.

Z dostupných dat (MS Excel) jsem nejprve odstranila všechny druhy hmyzu, které mě v této práci nezajímaly (*Bombus* a *Apis mellifera*) a v tabulkách jsem nechala pouze včely, tj. čeledi Colletidae, Andrenidae, Halictidae, Melittidae, Megachilidae a Apidae. Z těchto čeledí jsem následně vyřadila všechny parazitické rody: *Sphecodes*, *Coelioxys*, *Stelis*, *Dioxys*, *Nomada*, *Biastes*, *Ammobates*, *Epeolus*, *Melecta* a *Thyreus*. Ke včelám, které mi v tabulce zbyly, jsem přiřadila dle legendy barvu misek, kde byly zachyceny tj. (bílá, žlutá, modrá (tyrkysová), růžová = modrá (chytají se do ní stejné druhy). Tyto výsledky jsem sloučila do jednoho souboru. Z nasbíraných biologických dat jsem pomocí výpočtů a statistických zhodnocení získala potřebné informace o barevné preferenci včel některých druhů z čeledi Andrenidae. Ze získaných dat jsem následně vytvořila příslušné vysvětlující grafy, které nám jasně zobrazují celkovou preferenci barev u jednotlivých druhů, u samic a samců. Jelikož počty misek jednotlivých barev byly různé, provedla jsem přepočet počtu zjištěných včel se zařazením tzv. misko-dnů, které lépe vystihují preference barev jednotlivých druhů. Nakonec jsem porovnávala své výsledky s literaturou.

5 Výsledky

Andrena barbilabris

A. barbilabris patří mezi polylektické druhy včel a létá na různé druhy rostlin. Celkově jedinci tohoto druhu navštěvovali nejvíce bílé misky (62,14 %), dále pak žluté misky (37,28 %). Samice však preferovaly žluté misky (88,37 %) nad bílými (11,63 %), u samců to bylo naopak (79,64 % bílé, 20,36 % žluté misky). Tyto včely modré misky nenavštěvovaly vůbec, nebo v nich byly zachyceny jen ve velmi malém množství. Dle literárních údajů se tyto včely specializují na sběr pylu ze žlutých květů, např. na *Taraxacum officinale* (smetánka lékařská), *Brassica napus* (brukev řepka) či na *Hypochaeris radicata* (prasetník kořenatý), což koresponduje se zjištěnými výsledky o preferencích barev pastí samicemi.

Andrena batava

A. batava je monolektický druh, sbírá pyl jen na vrbách (*Salix* spp.). Samice byly nalezeny pouze v bílých miskách (100 %), samci nebyli zachyceni (0 %). Vrby mají květenství světle zelené až bělavé barvy se žlutými prašníky, proto není tento výsledek překvapivý.

Andrena bicolor

A. bicolor patří mezi polylektické druhy včel. Celkově jedinci tohoto druhu nejčastěji navštěvovali žluté misky (52,4 %), poté bílé misky (41,52 %) a nejméně modré misky (6,08 %). Samice nejvíce navštěvovaly žluté misky (52,39 %), dále pak bílé misky (44,03 %) a v modrých miskách nebyly téměř zachyceny (3,58 %). Samci preferovali nejvíce žluté misky (65,75 %), dále pak bílé misky (32,0 %) a nejméně navštěvovali modré misky (2,25 %). Dle literárních údajů se *A. bicolor* specializuje na sběr pylu ze žlutých květů, např. z *Ranunculus bulbosus* (pryskyřník hlíznatý), *Potentilla* (mochna) či *T. officinale* (smetánka lékařská), což se shoduje se zjištěnými výsledky o barevných preferencích samic.

Andrena cineraria

A. cineraria je polylektický druh a létá na různé druhy rostlin. Celkově jedinci tohoto druhu nejvíce preferovali žluté misky (50,94 %), dále pak bílé misky (28,61 %) a nejméně modré (20,45 %). Samice nejčastěji navštěvovaly žluté misky (56,87 %), dále pak bílé misky (25,63 %), poté modré (17,5 %). U samců byla pozorována podobná preference barev jako u samic (46,91 % žluté, 30,64 % bílé, 22,45 % modré misky). Dle literárních údajů se tento druh včel specializuje na sběr pylu ze žlutých květů, např. z *Sinapsis arvensis* (hořčice polní), *T. officinale* (smetánka lékařská) a *B. napus* (brukev řepka), což koresponduje se zjištěnými výsledky o barevných preferencích těchto včel.

Andrena dorsata

A. dorsata je polylektický druh. Celkově jedinci druhu *A. dorsata* nejvíce navštěvovali žluté misky (62,75 %), poté bílé (37,25 %). Samice nejvíce preferovaly žluté misky (61,69 %), pak bílé (38,31 %), u samců tomu bylo dost podobně (66,46 % žluté, 33,54 % bílé misky). Modré misky tyto včely vůbec nenavštěvovaly. Dle literárních údajů se tento druh specializuje na sběr pylu z bílých květů, např. na *Heracleum sphondylium* (bolševník bílý), *Daucus carota* (mrkev setá) a *Pimpinella saxifraga* (bedrník obecný), což se neshoduje s mými zjištěnými výsledky o barevných preferencích tohoto druhu včel.

Andrena flavipes

A. flavipes patří mezi polylektické druhy včel, které navštěvují různé druhy rostlin. Celkově jedinci tohoto druhu nejvíce preferovali bílé misky (48,78 %), poté žluté (42,32 %), pak modré (8,9 %). Samice preferovaly téměř shodně žluté (43,93 %) a bílé misky (41,89 %), nejméně modré (14,18 %). Samci vykazovali velmi rozdílné preference barev (56,63 % bílé, 40,49 % žluté, 2,88 % modré misky). Literární údaje uvádí, že se tento druh včel specializuje na sběr pylu z bílých květů např. z *H. sphondylium* (bolševník bílý), *Anthriscus sylvestris* (kerblík lesní), *Ornithogalum umbellatum* (snědek chocholičnatý), což nekoresponduje se zjištěnými výsledky o barevných preferencích samic.

Andrena fulva

A. fulva je polylektický druh včel. Celkově jedinci tohoto druhu nejčastěji navštěvovali bílé misky (63,61 %), poté žluté (24,31 %), nakonec modré (12,07 %). Samice preferovaly nejvíce bílé misky (72,14 %), poté žluté (22,97 %), modré (4,89 %). Samci nejčastěji navštěvovali také bílé misky (58,97 %), pak žluté (25,04 %) a modré (15,98 %). Literární údaje uvádí, že se *A. fulva* specializuje na sběr pylu ze žlutých květů např. z *B. napus* (brukev řepka), *Brassica rapa* (brukev řepák) a *Ranunculus ficaria* (orsej jarní), což se neshoduje s mými zjištěnými výsledky o barevných preferencích.

Andrena fulvago

A. fulvago je oligolektický druh včel. Celkově jedinci tohoto druhu nejvíce preferovali žluté misky (56,63 %), pak bílé (36,99 %), modré (6,38 %). Samice byly nalezeny nejčastěji ve žlutých miskách (57,2 %), pak v bílých (33,68 %), nejméně v modrých (9,13 %). Samci preferovali žluté misky (55,33 %) nad bílými (44,67 %). V modrých miskách nebyli samci vůbec zachyceni. Dle dostupné literatury se tento druh specializuje na sběr pylu ze žlutých květů, např. *Crepis biennis* (škarda dvouletá), *Crepis capillaris* (škarda vláskovitá) a *Hieracium pilosella* (jestřábník chlupáček), což odpovídá zjištěným výsledkům o barevných preferencích.

Andrena gravida

A. gravida patří mezi polylektické druhy včel. Celkově jedinci tohoto druhu preferovali bílé misky (45,62 %), pak žluté (41,19 %), modré (13,19 %). Samice byly nejčastěji zachyceny také v bílých (47,16 %), pak ve žlutých (32,37 %), a nejméně v modrých miskách (20,47 %). Samci na rozdíl od samic preferovali více žluté misky (49,0 %) nad bílými (44,26 %) a v modrých byli zachyceni ve velmi malém množství (6,74 %). Dle literárních údajů se tento druh specializuje na sběr pylu z bílých květů rostlin, např. z *Fragaria vesca* (jahodník obecný), *Achillea millefolium* (řebíček obecný) a *Cardamine pratensis* (řeřišnice luční), což odpovídá mým zjištěným výsledkům o barevných preferencích.

Andrena haemorrhoa

A. haemorrhoa je řazena mezi polylektické druhy včel, které hojně létají na rostliny z čeledi Ranunculaceae. Celkově jedinci tohoto druhu byli nejčastěji nalezeni v miskách žluté barvy (65,79 %), poté v bílých (28,47 %), nejméně v modrých (5,74 %). Samice preferovaly bílé misky (61,51 %) nad žlutými (38,49 %). V modrých miskách se žádné samice nezachytily. Samci byli zachyceni nejčastěji v bílých miskách (67,09 %), pak ve žlutých (25,42 %), nejméně v modrých (7,49 %). Dle literárních údajů se *A. haemorrhoa* specializuje na sběr květů ze žlutých květů rostlin, např. z *Ranunculus acris* (pryskyřník prudký), *R. bulbosus* (pryskyřník hlíznatý) nebo na *Ficaria verna* (orsej jarní), což se neshoduje se zjištěnými výsledky o preferencích barev těchto včel.

Andrena helvola

A. helvola je polylektický druh včel, který létá na různé druhy rostlin. Celkově jedinci tohoto druhu byli nejčastěji nalezeni ve žlutých miskách (50,48 %), poté v modrých (26,36 %), bílých (23,16 %). Samice také nejvíce preferovaly žluté misky (50,42 %), pak bílé (25,44 %), nakonec modré (24,14 %). Samci nejvíce preferovanou miskou byla žlutá (50,52 %), avšak na rozdíl od samic upřednostňovali modré misky (27,63 %) nad bílými (21,85 %). Dle literárních údajů se tyto včely specializují na sběr pylu ze žlutých květů rostlin, např. z *T. officinale* (smetánka lékařská), *Ribes rubrum* (rybíz černý) a *Rhamnus cathartica* (řešetlák počistivý). Mé výsledky se shodují s literárními údaji.

Andrena chrysoceles

A. chrysoceles je polylektický druh včel, který navštěvuje různé rostliny. Celkově jedinci tohoto druhu výrazně preferovali misky žluté barvy (81,86 %), poté bílé (18,14 %). V modrých miskách nebyl tento druh vůbec zachycen. Samice silně preferovaly žluté misky (89,1 %) nad bílými (10,9 %). Samci stejně jako samice upřednostňovali žluté misky (61,32 %) nad bílými (38,68 %). Dle literárních údajů se tyto včely specializují na sběr pylu ze žlutých květů rostlin, např. z *T. officinale*

(smetánka lékařská), *Potentilla viridis* (mochna jarní) a *R. acris* (pryskyřník prudký), což odpovídá mým zjištěným výsledkům o barevných preferencích těchto včel.

Andrena labiata

A. labiata patří mezi polylektické druhy včel. Celkově jedinci tohoto druhu byli nejvíce zachyceni v bílých miskách (40,82 %), pak v modrých (33,18 %) a ve žlutých (26 %). Samice nejvíce preferovaly bílé misky (48,78 %), pak modré (33,65 %) a žluté (17,57 %). Samci na rozdíl od samic nejvíce preferovali žluté misky (42,17 %), pak modré (32,3 %), nejméně bílé (25,54 %). Dle literárních údajů tento druh včel se specializuje na sběr pylu ze žlutých květů, např. *T. officinale* (smetánka lékařská), *Leontodon hispidus* (máchelka srstnatá) a *B. napus* (brukev řepka), což nekoresponduje se zjištěnými výsledky o barevných preferencích samic.

Andrena minutula

A. minutula je polylektický druh včel. Celkově jedinci tohoto druhu byli nejhojněji zastoupeni ve žlutých miskách (51,98 %), pak v bílých (42,04 %), pak v modrých (5,97 %). Samice preferovaly nejvíce žluté misky (51,73 %), bílé (43,73 %), modré (4,54 %). Samci byli také zachyceni nejčastěji ve žlutých miskách (52,29 %), pak v bílých (39,93 %) a nejméně v modrých (7,78 %). Dle literárních údajů se tento druh specializuje na sběr pylu z bílých květů, např. z *F. vesca* (jahodník obecný), *Malus domestica* (jablono obecná) či *D. carota* (mrkev setá), což neodpovídá mým zjištěným výsledkům ohledně barevných preferencí samic tohoto druhu.

Andrena minutuloides

A. minutuloides je polylektická včela. Celkově jedinci tohoto druhu preferovali nejvíce žluté misky (51,45 %), pak bílé (42,76 %) a nakonec modré (5,79 %). Samice byly zastoupeny nejvíce ve žlutých miskách (59,26 %), pak v bílých (33,64 %) a nejméně v modrých (7,09 %). Samci výrazně preferovali bílé misky (83,46 %) nad žlutými (16,54 %). V modrých miskách nebyli žádní samci zachyceni. Dle literárních údajů se druh *A. minutuloides* specializuje na sběr pylu z bílých květů, např. z *A. sylvestris* (kerblík lesní), *D. carota* (mrkev setá) či *H. sphondylium* (bolševník obecný). Toto zjištění nekoresponduje s literárními údaji.

Andrena nigroaenea

A. nigroaenea patří mezi polylektické druhy včel, které navštěvují různé druhy rostlin. Celkově jedinci tohoto druhu nejvíce preferovali žluté misky (70,7 %), pak bílé (21,24 %), nejméně modré (8,06 %). Samice měly nejhojnější zastoupení také ve žlutých miskách (67,77 %), poté v bílých (22,42 %), pak v modrých (9,81 %). Samci byli silně přitahováni ke žlutým miskám (79,01 %), pak k bílým (17,9 %), nejméně k modrým (3,09 %). Dle dostupné literatury se tento druh specializuje na sběr pylu ze žlutých květů, např. *B. napus* (brukev řepka), *T. officinale* (smetánka lékařská) a *R. acris* (pryskyřník prudký). Mé zjištěné výsledky o barevných preferencích se shodují s literárními údaji.

Andrena nitida

A. nitida je polylektický druh včel, který navštěvuje velmi různorodé spektrum rostlin. Celkově jedinci tohoto druhu nejvíce preferovali žluté misky (56,55 %), pak bílé (35,12 %), modré (8,33 %). Samice však upřednostňovaly bílé misky (45,64 %) nad žlutými (41,99 %) a modré misky navštěvovaly nejméně (12,37 %). U samců tomu bylo přesně naopak: nejvíce navštěvovali žluté misky (68,41 %), pak bílé (26,55 %), poté modré (5,04 %). Dle literárních údajů se tyto včely specializují na sběr pylu ze žlutých květů z rostlin z čeledi pryskyřníkovité (Ranunculaceae), což se neshoduje s výsledky o barevných preferencích *A. nitida*.

Andrena ovatula

A. ovatula je druh včel, který je zařazován mezi polylektické včely. Celkově jedinci tohoto druhu preferovali žluté misky (54,98 %), pak bílé (32,64 %), nejméně modré (12,38 %). Samice preferovaly žluté misky (59,78 %) nad bílými (40,22 %), v modrých miskách nebyly vůbec zachycené. Samci silně preferovali žluté misky (50,42 %), bílé (25,44 %) a modré (24,13 %) preferovali téměř stejně. Dle literárních údajů se tento druh specializuje na sběr pylu zejména ze žlutých a bílých květů ve stejné míře, např. *Melilotus officinalis* (komonice lékařská), *Melilotus albus* (komonice bílá) či na *Lotus corniculatus* (štírovník růžkatý), což nekoresponduje se zjištěnými výsledky o barevných preferencích.

Andrena polita

A. polita je oligolektický druh včel. Celkově jedinci tohoto druhu výrazně preferovali bílé misky (68,67 %), mezi žlutými (16 %) a modrými miskami (15,33 %) téměř nerozlišovali. Samice tohoto druhu byly nejčastěji zachycené v bílých miskách (74,64 %), pak v modrých (16,66 %) a nejméně ve žlutých (8,7 %). Samci druhu *A. polita* byli zachyceni pouze ve žlutých miskách (100 %), v bílých a v modrých miskách nebyli samci vůbec nalezeni. Dle literárních údajů tyto včely sbírají pyl hlavně ze žlutých květů, např. z *H. pilosella* (jestřábník chlupáček), *Leontodon autumnalis* (máchelka podzimní) a *H. radicata* (prasetník kořetnatý), což se neshoduje se zjištěnými výsledky o barevných preferencích tohoto druhu.

Andrena praecox

A. praecox je řazena mezi monolektické druhy včel. Specializuje se výhradně na sběr pylu z vrb (*Salix* spp.). Celkově jedinci tohoto druhu se specializovali na bílé misky (51,95 %), pak modré (28,75 %), nakonec žluté (19,3 %). Samice výrazně preferovaly modré misky (50,62 %), pak bílé (30,5 %) a nejméně žluté (18,88 %). Samci byli nejhojněji zachyceni v bílých miskách (80,15 %), pak ve žlutých (19,85 %) a žádný samec nebyl zachycen v modré misce. Dle literárních údajů se tento druh včel specializuje na sběr pylu z vrb, což se neshoduje s mými zjištěnými výsledky o barevných preferencích samic tohoto druhu.

Andrena strohella

A. strohella je polylektická včela, která navštěvuje různé druhy rostlin. Celkově jedinci tohoto druhu nejvíce preferovali žluté misky (61,54 %), pak bílé (29,67 %), modré (8,79 %). Samice nejvíce preferovaly žluté misky (53,87 %), pak bílé (34,14 %), nejméně modré (11,99 %). Samci výrazně preferovali žluté misky (82,63 %) nad bílými (17,37 %), v modrých miskách nebyli téměř zachyceni. Dle literárních údajů se tento druh včel specializuje na sběr pylu z bílých květů, např. *Rubus idaeus* (maliník obecný), *Stellaria holostea* (ptačinec velkokvětý) či na *O. umbellatum* (snědek chocholičnatý), což se neshoduje se zjištěnými výsledky o barevných preferencích.

Andrena taraxaci

A. taraxaci je oligolektickým druhem včel. Celkově jedinci tohoto druhu preferovali bílé misky (62,72 %) nad žlutými (37,28 %), v modrých miskách nebyl tento druh vůbec zachycen. Samice téměř nerozlišovaly bílé (50,23 %) a žluté misky (49,77 %). Samci pak výrazně upřednostňovali bílé misky (83,46 %) nad žlutými (16,54 %). Dle literárních údajů se tyto včely specializují na sběr pylu ze žlutých květů rostlin: např. podběl lékařský (*Tussilago farfara*) nebo smetánka lékařská (*T. officinale*), což nesouhlasí s mými zjištěnými výsledky o barevných preferencích.

Andrena varians

A. varians je polylektický druh včel. Celkově jedinci tohoto druhu výrazně preferovali bílé misky (74,08 %), pak žluté (14,68 %), nejméně modré (11,24 %). Samice silně preferovaly bílé misky (85,83 %) nad žlutými (14,17 %), v modrých miskách nebyly vůbec zachycené. Samci byli nejhojněji zastoupeni v bílých miskách (71,01 %), žluté (14,81 %) a modré misky (14,18 %) téměř nerozlišovali. Dle literárních údajů tyto včely často navštěvují bílé květy rostlin, např. *Pyrus communis* (hrušeň obecná), *M. domestica* (jabloň domácí) nebo na *Prunus avium* (třešeň ptačí), což koresponduje se zjištěnými výsledky o barevných preferencích pastí samicemi.

Andrena wilkella

A. wilkella patří mezi oligolektické druhy včel. Celkově jedinci tohoto druhu nejvíce preferovali bílé misky (43,27 %), pak žluté (34,63 %) a nejméně modré (22,1 %). Samice preferovaly žluté misky (48,71 %), poté bílé (33,8 %), nakonec modré (17,49 %). Samci pak nejvíce preferovali bílé misky (54,46 %), pak modré (27,55 %), žluté (17,99 %). Dle literárních údajů se tento druh včel specializuje na sběr pylu z modrých květů, např. *Vicia sepium* (vikev polní), *Medicago sativa* (tolice vojtěška), *Ononis spinosa* (jehlice trnitá), což neodpovídá mým zjištěným výsledkům o barevných preferencích.

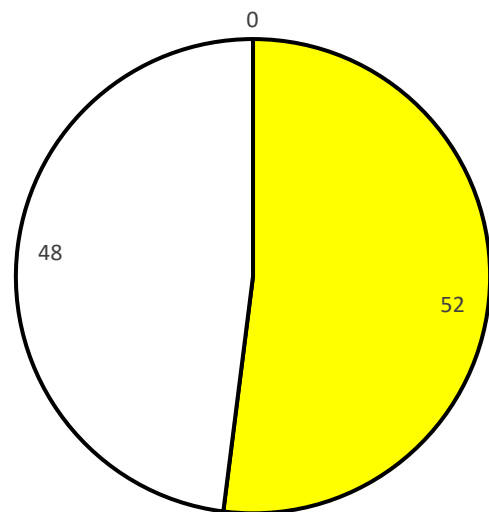
Panurgus calcaratus

P. calcaratus je oligolektický druh včel. Celkově jedinci druhu *P. calcaratus* preferovali bílé misky (62,72 %) nad žlutými (37,28 %), v modrých miskách nebyli vůbec zachyceni. Samice preferovaly žluté misky (59,15 %) nad bílými (40,85 %). U samců to bylo přesně naopak (bílé misky 79,64 %, žluté misky 20,36 %). Dle literárních údajů se tento druh včel specializuje na sběr pylu ze žlutých květů, např. *H. radicata* (prasetník kořenatý), *H. pilosella* (jestřábník chlupáček) či *Hieracium umbellatum* (jestřábník okoličnatý), což odpovídá zjištěným výsledkům o barevných preferencích samic tohoto druhu.

Celková druhová preference barev

Celkově jedinci jednotlivých druhů preferovali žluté misky (13 druhů; 52 %), poté bílé misky (12 druhů; 48 %), modré misky nepreferovali vůbec. Žluté misky preferovaly druhy *A. bicolor*, *A. cineraria*, *A. dorsata*, *A. fulvago*, *A. haermorrhoea*, *A. helvola*, *A. chrysoceles*, *A. minutula*, *A. minutuloides*, *A. nigroaenea*, *A. nitida*, *A. ovatula* a *A. strohmella*. Bílé misky preferovaly druhy *A. barbilabris*, *A. batava*, *A. flavipes*, *A. fulva*, *A. gravida*, *A. labiata*, *A. polita*, *A. praecox*, *A. taraxaci*, *A. varians*, *A. wilkella* a *P. calcaratus*. Modré misky celkově žádný druh nepreferoval.

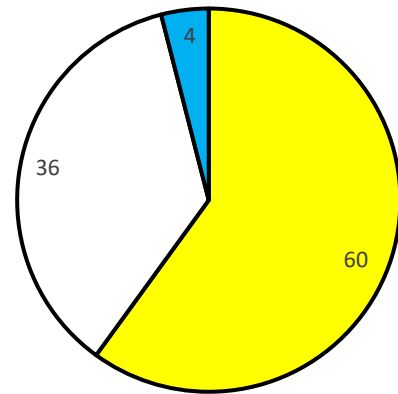
Celková druhová preference barev (%)



Celková druhová preference barev u samic

Samice byly nejčastěji zachyceny ve žlutých miskách (15 druhů; 60 %), poté v bílých (9 druhů; 36 %) a v modrých (1 druh; 4 %). Samice *A. barbilabris*, *A. bicolor*, *A. cineraria*, *A. dorsata*, *A. flavipes*, *A. fulvago*, *A. helvola*, *A. strohmella*, *A. wilkella* a *P. calcaratus* byly silně přitahovány ke žlutým miskám. Samice *A. batava*, *A. fulva*, *A. gravida*, *A. haemorrhoea*, *A. labiata*, *A. nitida*, *A. polita* a *A. varians* byly zas přitahovány k bílým pastím. Samice druhu *A. taraxaci* také preferovaly bílé misky (50,23 %), avšak žluté misky (49,77 %) navštěvovaly jen o něco málo méně. Jediné samice *A. praecox* byly silně přitahovány k modrým pastím.

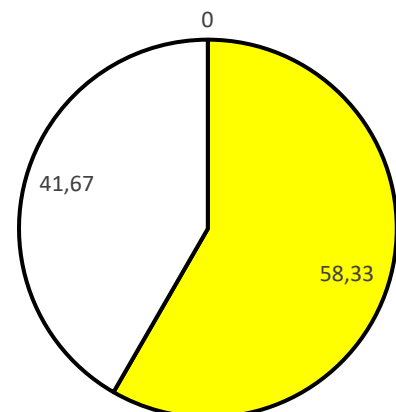
Celková druhová preference barev u samic (%)



Celková druhová preference u samců

Samci byli nejčastěji zachyceni ve žlutých miskách (14 druhů; 58,33 %), poté v bílých (10 druhů; 41,67 %) a v modrých miskách nebyli nalezeni žádní samci. Žluté pasti nejvíce přitahovaly samce *A. bicolor*, *A. cineraria*, *A. dorsata*, *A. fulvago*, *A. gravida*, *A. helvola*, *A. chrysosceles*, *A. labiata*, *A. minutula*, *A. minutuloides*, *A. nigroaenea*, *A. nitida*, *A. ovatula*, *A. polita* a *A. strohmella*. Bílé misky nejvíce přitahovaly samce *A. barbilabris*, *A. flavipes*, *A. fulva*, *A. haemorrhoea*, *A. minutuloides*, *A. praecox*, *A. taraxaci*, *A. varians*, *A. wilkella* a *P. calcaratus*. *pozn. Samci *A. batava* nebyli v pastech vůbec zachyceni

Celková druhová preference barev u samců (%)



Míra zachycení včel v jednotlivých barevných miskách

Celkově nejvíce jedinců těchto druhů bylo zachyceno do misek všech tří barev (19 druhů; 76 %). Další 5 druhů (20 %) bylo zachyceno ve žlutých a bílých miskách. Pouze jediný druh (4 %) byl zachycen jen v bílé misce (*A. batava*).

Většina druhů samic (64 %) byla zachycena v miskách všech tří barev, 32 % samic bylo zachyceno pouze ve žlutých a bílých miskách. Pouze jediný druh samic byl zachycen v bílé misce (4 %) (*A. batava*).

Také samci byli nejvíce zachyceni do misek všech tří barev (14 druhů; 58,33 %), pak ve žlutých a bílých miskách (9 druhů; 37,5 %), pouze jediný druh samce byl nalezen jen ve žlutých miskách (4,17 %; *A. polita*).

1. Preference žlutých misek

1.1 Polylektické druhy - preference

Druhy, které preferovaly žluté pasti nad ostatními (*A. bicolor*, *A. cineraria*, *A. dorsata*, *A. haemorrhoidalis*, *A. helvola*, *A. chrysosceles*, *A. minutula*, *A. minutuloides*, *A. nigroaenea*, *A. nitida*, *A. strohmella*) jsou typickými návštěvníky žlutých květů, např. Brassicaceae/brukvovité; Cucurbitaceae/tykvovité; Ranunculaceae/pryskyřníkovié; Primulaceae/prvosenkovité, protože tyto včely navštěvují velmi různorodou škálu rostlinných čeledí, všechny tyto druhy jsou polylektické.

1.2 Oligolektické druhy - preference

Druh *A. fulvago* preferoval žluté pasti více než pasti ostatních barev a protože se specializuje na sběr pylu z příbuzných druhů (Asteraceae, Cichorieae, Cynareae), je klasifikován jako oligolektický. *A. ovatula* řadíme mezi široce oligolektické druhy, protože sbírá pyl z několika druhů jedné rostlinné čeledi (Fabaceae).

2. Preference bílých misek

2.1 Polylektické druhy - preference barev

Druhy, které upřednostňovaly bílé pasti nad ostatními (*A. barbilabris*, *A. flavipes*, *A. fulva*, *A. gravida*, *A. labiata*, *A. varians*) jsou typickými návštěvníky bíle zbarvených

květů. Protože tyto včely létají na různé druhy rostlin např. z čeledi (miříkovité/*Apiaceae*); zimolézovité/*Caprifoliaceae*); vrbovité/*Salicaceae*), všechny jsou polylektické.

2.2 Monolektické druhy - preference barev

Druhy *A. batava* a *A. praecox* dávaly přednost bílým miskám před ostatními. Oba druhy se specializují na sběr pylu z rostlin *Salix* spp. a jsou monolektické.

2.3 Oligolektické druhy – preference barev

Mezi oligolektické druhy patří *A. polita*, *A. taraxaci*, *A. wilkella* a *P. calcaratus*, avšak každý druh je jinak oligolektický. *A. polita* se specializuje na sběr pylu z čekanek a z dalších druhů z čeledi *Asteraceae*, ale létá i na žluté a bílé zbarvené květiny. *A. taraxaci* a *P. calcaratus* se specializují na sběr pylu ze žlutých druhů z čeledi *Asteraceae*. *A. wilkella* se podobně jako *A. ovatula* specializuje na sběr pylu z různých druhů rostlin z čeledi *Fabaceae*. Všechny tyto druhy v mé práci dávaly přednost bílým miskám před ostatními, avšak to se moc neshoduje s tím, ze kterých rostlin sbírají pyl.

6 Diskuse

Ze 25 zkoumaných druhů se mé výsledky shodovaly u 13 druhů včel (Andrenidae) s literárními údaji o pylové specializaci (Westrich 2018). Jedná se o druhy *A. batava*, *A. bicolor*, *A. cineraria*, *A. flavipes*, *A. fulvago*, *A. gravida*, *A. haemorrhoea*, *A. helvola*, *A. chrysoseles*, *A. nigroaenea*, *A. nitida*, *A. praecox* a *A. varians* (52% studovaných druhů), kde preferovaná barva pastí koresponduje s literárními údaji o květech navštěvovaných rostlin. U zbylých 12 druhů (48 %) barevné preference neodpovídaly literárním údajům. Jedná se o druhy *A. barbilabris*, *A. dorsata*, *A. fulva*, *A. labiata*, *A. minutula*, *A. minutuloides*, *A. ovatula*, *A. polita*, *A. strohmella*, *A. taraxaci*, *A. wilkella* a *P. calcaratus*.

Rozdílné výsledky mohly být způsobeny několika faktory. V literatuře, ze které jsem čerpala informace o pylové specializaci včel je uvedeno jen několik příkladů rostlinných druhů, ze kterých uvedené druhy sbírají nejčastěji pyl. Většina druhů v této práci je polylektických a navštěvuje tak velmi rozsáhlé spektrum rostlinných druhů. Proto je to velmi obtížné porovnávat a mohly tak vzniknout rozdílné výsledky o barevných preferencích konkrétních druhů. Velkou roli mohla také mít geografická odlišnost lokalit, kde byly tyto studie prováděny. Na každé lokalitě se vyskytují různé druhy kvetoucích barevných rostlin. Včely v dané lokalitě sbírají pyl ze všeho, co kvete, nebo navštěvují druhy, které jsou v dané oblasti zastoupeny nejhojněji, nebo si květy vybírají. Druhy včel z čeledi Andrenidae mají krátký sosák, a tak sbírají pyl pouze z rostlin, které mají krátké květní trubky, nebo létají na květy, které jsou dostatečně velké, tak aby se do nich vešla celá včela a posbírala pyl (Cariveau et al. 2016).

Celkem 5 druhů vykazovalo barevné preference pro bílou barvu misek. Mezi tyto druhy patřily včely *A. batava*, *A. flavipes*, *A. gravida*, *A. praecox* a *A. varians*. Westrich (2018) uvádí, že se tyto včely specializují na sběr pylu výhradně z bílých květů rostlin. Výsledky mé práce tak potvrzují tvrzení tohoto autora.

Celkem 8 druhů včel bylo nejčastěji zachyceno do žlutých misek: *A. bicolor*, *A. cineraria*, *A. fulvago*, *A. haemorrhoea*, *A. helvola*, *A. chrysoseles*, *A. nigroaenea*

a *A. nitida*. Westrich (2018) uvádí, že tyto včely sbírají pyl převážně ze žlutých květů rostlin. Výsledky mé práce tak potvrzují tvrzení tohoto autora.

Modré misky v této práci žádný druh nepreferoval, avšak dle Westricha (2018) je *A. wilkella* specialistou na druhy rostlin z čeledi Fabaceae a nejčastěji se specializuje na sběr pylu z fialových nebo modrých květů, ale může navštěvovat také jinak barevné květy z čeledi Fabaceae a právě tyto druhy mohly v daných lokalitách kvést v hojném počtu. Tyto literární údaje neodpovídají mým zjištěným výsledkům, kdy tento druh včel dle mých zjištěných výsledků preferoval bílé misky.

U většiny (55,56 %) polylektických druhů včel a u všech monolektických včel (100 %) byla potvrzená shodná barevná preference. U oligolektických včel byla zaznamenána velmi rozdílná preference barev v porovnání s Westrichem (2018).

Celkem u 10 druhů polylektických včel (*A. bicolor*, *A. cineraria*, *A. flavipes*, *A. gravida*, *A. haemorrhoea*, *A. helvola*, *A. chrysosceles*, *A. nigroaenea*, *A. nitida*, a *A. varians*) se mé výsledky shodovaly s tvrzením Westricha (2018). Velká část (70 %) polylektických včel byla zachycena ve žlutých miskách, pak v bílých (30 %). Žluté misky nejčastěji zachytily jedince *A. bicolor*, *A. cineraria*, *A. haemorrhoea*, *A. helvola*, *A. chrysosceles*, *A. nigroaenea* a *A. nitida*. V bílých miskách byly zachyceny druhy *A. flavipes*, *A. gravida* a *A. varians*. U zbylých polylektických druhů (44,44 %; *A. barbilabris*, *A. dorsata*, *A. fulva*, *A. labiata*, *A. minutula*, *A. minutuloides*, *A. ovatula*, *A. strohmella*) nebyla prokázána shodná barevná preference.

Pouze u jednoho oligolektického druhu (*A. fulvago*, 20 %) se shodovala barevná preference s literárními údaji, kdy bylo potvrzeno, že tento druh preferuje žluté barvy. U zbylých oligolektických druhů (80%; *A. polita*, *A. taraxaci*, *A. wilkella*, *P. calcaratus*) byly nalezeny velmi rozdílné preference barev a neshodovaly se s mými zjištěnými výsledky.

Westrich (2018) a Calabuigová et Madsen (2009) uvádí, že druh *A. batava* je silně monolektický a sbírá tak pyl pouze z vrb (*Salix* spp.). Velmi často navštěvuje bělavé květenství vrb. V mé studii byly tyto včely nejčastěji zachyceny právě v bílých miskách, což odpovídá tvrzení od Westricha (2018) a Calabuigové et Madsena (2009). *A. praecox* patří také mezi monolektické druhy a byla také nejčastěji

zachycená v bílých pastech. Toto zjištění tedy koresponduje s literárními údaji (Westrich 2018).

Preference barev je řešena v mnoha studiích, avšak každá studie vykazuje velmi rozličné výsledky.

Téměř všechny studie zjistily, že typ a barva pastí silně ovlivňuje míru odlovu a druhové složení těchto pastí. Nejvyšší úlovky byly celkově zaznamenány nejčastěji v modrých miskách (Hall 2018; Moreira et al. 2016; Acharya et al. 2021; Viana et Lourenco 2020). Druhou velmi účinnou barvou byla žlutá (Abrahamczyk 2010; Csanády et al. 2021; Hall 2016). Mé výsledky se tak shodují se studiemi od Abrahamczyk (2010), Csanády et al. 2021 a Hall (2016).

Ve většině studiích byla zachycena čeled' Andrenidae (Tuell et Isaacs 2009; Csanády et al. 2021; Berglund et Milberg 2019; Hall 2016; Hudson 2011; Leong et Thorp 1999; Sircom et al. 2018; Moreira et al. 2016; Nielsen et al. 2011; Cane et al. 2000; Toler et al. 2005; Viana et Lourenco 2020). V některých studiích nebyli zachyceni žádní jedinci z čeledi Andrenidae (Abrahamczyk et al. 2010; Acharya et al. 2021; Campbell et Hanula 2007; Hall 2018; Shrestha et al. 2019; Prendergast et al. 2020; Vrdoljak et Samways 2012).

Csanády et al. (2021) prováděli výzkum, který byl zaměřen na barevnou preferenci včel na Slovensku. Zjistili, že celkově blanokřídlí preferovali žluté misky, čeled' Apidae preferovala bílé misky a zástupci čeledi Andrenidae preferovali modré misky, což se neshoduje s mými zjištěnými výsledky o celkové druhové preferenci barev. Tito autoři uvádí, že čeled' Andrenidae (*Andrena* spp.) preferuje modré misky, avšak ve své studii neuvádí barevnou preferenci konkrétních druhů, a tak jsem tyto výsledky nemohla porovnat.

V jižním Švédsku Berglund et Milberg (2019) porovnávali účinnost barevných misek a sítí. Numerické porovnání výsledků v této studii bylo však velice obtížné, protože pomocí sítí bylo zachyceno mnohem více jedinců, než bylo zachyceno v barevných pastech. V této studii nebyly zjištěny výsledky o konkrétních druzích, a tak jsem je nemohla porovnat s mými zjištěnými informacemi o barevných preferencích.

Nielsen et al. (2011) ve svém výzkumu ve Středomoří porovnávali několik typů metod odchyty hmyzu. Každá metoda zaznamenala různé výsledky. Nejúspěšnější metodou byl odchyt hmyzu pomocí barevných misek, které zachytily nejvyšší průměrný počet druhů na lokalitu. V této studii nebyly zjištěny konkrétní výsledky o barevných preferencích konkrétních druhů z této čeledi, proto to nelze porovnat s mými výsledky.

Hall (2018) uvádí, že v Austrálii bylo celkově nejvíce jedinců zachyceno v modrých miskách (85 %), ve žlutých miskách bylo zachyceno pouze 15 % druhů. V mnoha studiích byly modré misky velmi účinnou pasivní metodou sběru, avšak v mé studii se jeví jako nejméně účinné. V této studii nebyli zachyceni žádní jedinci *Andrena* spp., tak jsem je nemohla porovnat s mými výsledky. V oblasti Austrálie se jeví jako velmi účinné používání modrých lopatkových pastí, které zachytily velký reprezentativní vzorek včelí fauny (Prendergast et al. 2021). Prendergast et al. (2021) také nezachytili žádné jedince z čeledi Andrenidae. Z tohoto důvodu to nelze porovnat.

V USA bylo provedeno několik odchyť včel pomocí barevných pastí. Hall (2016) a Toler et al. (2005) se ve svých studiích také zabírali otázkou preference barev. Zjistili, že čeleď Andrenidae je silně přitahována k miskám žluté barvy. Toto zjištění se tak shoduje s mými výsledky, kdy celkově jedinci z čeledi Andrenidae preferovali žluté misky (52 %). Leong et Thorp (1999) zas uvádí, že nejvhodnějšími nástroji k odchyty včel z čeledi Andrenidae jsou bílé misky. Mé tvrzení se tak neshoduje s těmito autory. Ačkoliv v mé studii se modré misky ukázaly jako nejméně účinné, v některých studiích bylo prokázáno, že modré misky jsou velice efektivním nástrojem ke sběru včel, protože zachycují velké množství jedinců a druhů (Acharya et al. 2021; Campbell et Hanula 2007). Například Campbell et Hanula (2007) při své studii zjistili, že modré misky silně preferovaly čeledi Halictidae a Anthophoridae, čeleď Andrenidae nezachytili, tak to nelze porovnat s mými výsledky. Hall (2016) uvádí, že čeledi Megachilidae a Apidae jsou také silně přitahovány k modrým miskám. Toler et al. (2005) uvádějí, že modré misky jsou nejúspěšnější k odchyty včel z čeledí Apidae, Halictidae a Megachilidae. Existují druhy včel, které preferují modré misky. Například Hall (2016) uvádí, že druhy *Perdita gerardiae*, *Lasioglossum floridanum*, *L. nymphale*, *Megachile georgica*, *M. pseudobrevis*, *Melissodes communis*

a *Xenoglossa konsensis* silně preferují modré misky. Toler et al. (2005) zjistili, že modré misky preferují druhy *Agapostemon angelicus*, *Ashmeadiella gillettei*, *Eucera fulvitaris*, *Eucera lutziana*, *Melissodes dagosa* a *Anthophora affabilis*. Tyto druhy se vyskytují v Americe, a tak jejich barevné preference není možné porovnat s mými výsledky. Acharya et al. (2021) označili jako nejméně účinné zelené misky, zřejmě kvůli jejich nízkému kontrastu s pozadím (pastviny). Tyto misky byly zřejmě pro létající hmyz špatně viditelné, a proto se do pastí nezachytilo tolik jedinců. Tito autoři ve své studii nezachytili žádné druhy z čeledi Andrenidae, proto jsem nemohla porovnat tyto zjištěné informace s mými výsledky.

V Jižní Americe byly neúspěšnější metodou k odchytu včel modré misky, které i v tomto případě zachytily nejvíce jedinců a největší druhovou bohatost (Viana et Lourenco 2020; Moreira et al. 2016), což se neshoduje s mými výsledky, kdy modré misky žádný druh nepreferoval. Abrahamczyk et al. (2010) ve své studii zjistili, že účinnost barevných pastí je silně ovlivňována místem, kde je past nastražena. Ve stinných lesích byly pro hmyz mnohem atraktivnější žluté misky než modré, protože je včely mnohem lépe našly. Tito autoři nezachytili ve své studii žádné jedince z čeledi Andrenidae. Nelze tuto studii porovnávat s mými výsledky.

V Severní Americe Sircom et al. (2018) zkoumali účinnost žlutých, bílých a modrých misek. Zjistili, že čeleď Andrenidae je silně přitahována ke žlutým miskám. Tyto výsledky se tak shodují s výsledky mé práce. Sircom et al. (2018) ve své studii však neuvádí barevnou preferenci konkrétních druhů, proto jsem nemohla porovnat jejich studii se svými zjištěnými výsledky.

Ke své studii v severní Africe Vrdoljak et Samways (2012) využívali také barevné misky. Nejvíce druhů bylo zachyceno ve žlutých pastí, resp. bílých. Nejvíce včel bylo přitahováno do sady misek, kde se vyskytovala kombinace žluté a bílé. Tyto výsledky se shodují s výsledky mé práce.

V těchto studiích neexistuje shoda ohledně barevných preferencí čeledi Andrenidae. V Evropě tyto včely preferovaly modré misky (Csanády et al. 2021) a žluté misky (Kracíková 2022). V USA čeleď Andrenidae nejčastěji preferovala žluté misky (Cane et al. 2000; Hall 2016, Toler et al. 2005) a méně pak bílé (Leong et Thorp

1999). V Severní Americe včely nejčastěji navštěvovaly žluté misky (Sircom et al. 2018). V Jižní Americe čeleď Andrenidae nejčastěji preferovala modré misky (Viana et Lourenco 2020; Moreira et al. 2016) a poté žluté (Viana et Lourenco 2020).

Závěr

Cílem této práce bylo z nálezových dat z barevných misek (Moerickeho pasti) vyhodnotit, zda samice samotářských včel více preferují jednu barvu misky než samci. Jednalo se konkrétně o druhy *A. barbilabris*, *A. batava*, *A. bicolor*, *A. cineraria*, *A. dorsata*, *A. flavipes*, *A. fulva*, *A. fulvago*, *A. gravida*, *A. haemorrhoea*, *A. helvola*, *A. chrysoseles*, *A. labiata*, *A. minutula*, *A. minutuloides*, *A. nigroaenea*, *A. nitida*, *A. ovatula*, *A. polita*, *A. praecox*, *A. strohmella*, *A. taraxaci*, *A. varians*, *A. wilkella* a *P. calcaratus*.

Bylo zjištěno, že u 10 druhů preferujících žluté misky (66, 67 %; *A. bicolor*, *A. cineraria*, *A. dorsata*, *A. fulvago*, *A. helvola*, *A. chrysoseles*, *A. minutula*, *A. nigroaenea*, *A. ovatula*, *A. strohmella*), se shoduje barevná preference u samic i samců. Bílé misky preferovaly 4 druhy (44, 44 %; *A. fulva*, *A. haemorrhoea*, *A. taraxaci*, *A. varians*) u kterých se také prokázala shodná preference barev u samic a samců. U některých druhů se barevné preference samic a samců lišily. Samice *A. barbilabris*, *A. flavipes*, *A. minutuloides*, *A. wilkella* a *P. calcaratus* preferovaly žluté misky, avšak samci těchto druhů preferovali bílé misky. Samice *A. gravida*, *A. labiata*, *A. nitida* a *A. polita* preferovaly bílé misky a samci těchto druhů preferovali žluté. Samice *A. batava* preferovaly bílé misky, samci nebyli do misek zachyceni. Samice *A. praecox* preferovaly modré misky, avšak samci byli zachyceni v bílých miskách.

Existuje velká řada studií na toto téma, avšak většina těchto studií se zaměřuje na druhovou preferenci nebo preferenci barev v rámci čeledi nikoli na problematiku preferenci barev v závislosti na pohlaví. Pro získání optimálních výsledků by bylo vhodné zaměřit více studií na téma pohlavní rozdílnost v preferencích barev, aby bylo možné v případě dalšího studia této problematiky porovnávat výsledky z více zdrojů a získat tak kvalitnější údaje o barevných preferencích samic a samců včel.

Seznam použité literatury

1. Abrahamczyk S, Steudel B, Kessler M (2010) Sampling Hymenoptera along a precipitation gradient in tropical forests: the effectiveness of different coloured pan traps. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **137**: 262–268.
2. Acharya RS, Leslie T, Fitting E, Burke J, Loftin K, Joshi NK (2021) Color of Pan Trap Influences Sampling of Bees in Livestock Pasture Ecosystem. *Biology* **10**: 445.
3. Berglund HL, Milberg P (2019) Sampling of flower-visiting insects: Poor correspondence between the catches of colour pan-trap and sweep netting. *European Journal Entomology*. **116**: 425–431.
4. Bogusch P (2013) Fylogeneze a ekologie žahadlových blanokřídlých (Hymenoptera: Aculeata). Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra zoologie, diplomová práce, 106 pp.
5. Bogusch P (2019) *Domečky pro včely a užitečný hmyz*. Grada, Praha, 96 pp.
6. Bogusch P, Bláhová E, Horák J (2020) Pollen specialists are more endangered than non-specialised bees even though they collect pollen on flowers of non-endangered plants. *Arthropod-Plant Interactions* **14**: 759–769.
7. Bogusch P, Straka J, Kment P (2007) Annotated checklist of Aculeata (Hymenoptera) of the Czech republic and Slovakia. Komentovaný seznam žahadlových blanokřídlých (Hymenoptera: Aculeata) České republiky a Slovenska. *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae, Supplementum* **11**: 1-300.
8. Calabuig I, Madsen HB (2009) Annotated checklist of the Bees in Denmark – Part 2: Andrenidae (Hymenoptera, Apoidea). *Entomologiske Meddelelser*. **77**: 83-113.

9. Campbell JW, Hanula JL (2007) Efficiency of malaise traps and coloured pan traps for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems. *Journal of Insect Conservation* **11**: 399–408.
10. Cane J, Sipes S (2007) Characterizing floral specialization by bees: analytical methods and a revised lexicon for oligolecty. pp. 99–122. In: Waser NM, Ollerton J (eds): Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization University of Chicago Press, Chicago and London, 122 pp.
11. Cane JH (2008) Bees (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes). *Encyclopedia of Entomology* **2**: 419-434.
12. Cane JH (2020) A brief review of monolecty in bees and benefits of a broadened definition. *Apidologie* **52**: 17-22.
13. Cane JH, Minckley RL, Kervin LJ (2000) Sampling bees (Hymenoptera: Apiformes) for pollinator community studies: pitfalls of pan-trapping. *Journal of the Kansas Entomological Society* **73**: 225-231.
14. Cariveau DP, Nayak GK, Bartomeus I, Zientek J, Ascher JS, Gibbs J, et al. (2016) The Allometry of Bee Proboscis Length and Its Uses in Ecology. *PLoS ONE* **11** (3): e0151482.
15. Csanády A, Oboňa J, Zapletalová L, Panigaj L, Dojčaková D, Záleta B (2021) Hymenopteran color preference using multiple colours of pan traps in Slovakia. *Acta Musei Silesiae, Scientiae Naturales* **70**: 33-46.
16. Dötterl S, Vereecken NJ (2010) The chemical ecology and evolution of bee–flower interactions: a review and perspectives. *Canadian Journal of Zoology* **88**: 668–697.
17. Hall G (2016) Color Preferences of Bees Captured in Pan Traps. *Journal of the Kansas Entomological Society* **89**(3): 273-276.
18. Hall M (2018) Blue and yellow vane traps differ in their sampling effectiveness for wild bees in both open and wooded habitats. *Agricultural and Forest Entomology* **20**: 487–495.

19. Heneberg P, Bogusch P (2014) To enrich or not to enrich? Are there any benefits of using multiple colors of pan traps when sampling aculeate Hymenoptera? *Journal of Insect Conservation* **18**(6): 1123-1136.
20. Hristov P, Shumkova R, Palova N, Neov B (2021) Honey Bee Colony Losses: Why Are Honey Bees Disappearing? *Sociobiology* **68**(1): e-5851.
21. Hudson JR (2011) Effects of removing chinese privet (*Ligustrum sinense*) on plant communities, pollinator communities, and tree growth in riparian forests five years after removal with mechanisms of reinvasion. University of Georgia. Graduate faculty, thesis, 120 pp.
22. Leong JM, Thorp RW (1999) Colour-coded sampling: the pan colour preferences of oligolectic and nonoligolectic bees associated with a vernal pool plant. *Ecological Entomology* **24**: 329-335.
23. Macek J, Straka J, Bogusch P, Bezděčka P, Dvořák L (2010) *Blanokřídli České republiky I. – Žahadloví*. Academia, Praha, 524 pp.
24. Michener CD (2007) *The Bees of the World* (second edition). The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 992 pp.
25. Moreira EF, da Silva Santos RL, Penna UL, Angel-Coca C, de Oliveira FF, Viana BF (2016) Are pan traps colors complementary to sample community of potential pollinator insects? *Journal of Insect Conservation* **20**: 583–596.
26. Müller A (2018) Pollen host selection by predominantly alpine bee species of the genera *Andrena*, *Panurginus*, *Dufourea*, *Megachile*, *Hoplitis* and *Osmia* (Hymenoptera, Apoidea). *Alpine Entomology* **2**: 101–113.
27. Müller A, Kuhlmann M (2008) Pollen hosts of western palaeartic bees of the genus *Colletes* (Hymenoptera: Colletidae): The Asteraceae paradox. *Biological Journal of the Linnean Society* **95**: 719–733.

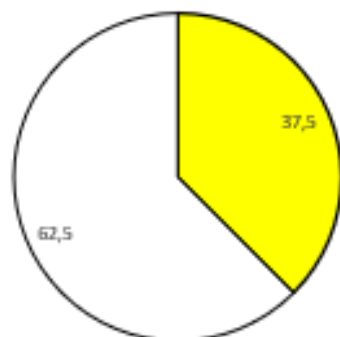
28. Nielsen A, Dewenter IS, Westphal C, Messinger O, Potts SG, Szentgyorgyi H, Vaissiere BE, Vaitis M, Woyciechowski M, Bazos I, Biesmeijer JC, Bommarco R, Kunin WE, Tscheulin T, Lamborn E, Petanidou T (2011) Assessing bee species richness in two Mediterranean communities: importance of habitat type and sampling techniques. *Ecological Research* **26**: 969–983.
29. Prendergast KS, Menz MHM, Dixon KW, Bateman PW (2020) The relative performance of sampling methods for native bees: an empirical test and review of the literature. *Ecosphere* **11**(5):e03076. 10.1002/ecs2.3076.
30. Robertson C (1925) Heterotropic bees. *Ecology* **6**: 412-436.
31. Sedivy C, Müller A, Dorn S (2011) Closely related pollen generalist bees differ in their ability to develop on the same pollen diet: evidence for physiological adaptations to digest pollen. *Functional Ecology* **25**: 718–725.
32. Shrestha, M, Garcia JE, Chua JH, Howard SR, Tscheulin T, Dorin A, Nielsen A, Dyer AG (2019). Fluorescent pan traps affect the capture rate of insect orders in different ways. *Insects* **10**:40.
33. Simpson BB, Neff JL (1983) Floral Biology and Floral Rewards of *Lysimachia* (Primulaceae). *The American Midland Naturalist*, **110**(2): 249-256.
34. Sircom, J, Jothi GA, Pinksen J (2018) Monitoring bee populations: Are eusocial bees attracted to different colours of pan trap than other bees? *Journal of Insect Conservation* **22**: 433–441.
35. Straka J (2003) Včely a evoluce barev květu. Rozmnožování rostlin závisí na věrnosti někoho třetího. *Vesmír* **82**: 507, dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2003/cislo-9/vcely-evoluce-barev-kvetu.html>.
36. Thorp RW (1979) Structural, Behavioral, and Physiological Adaptations of Bees (Apoidea) for Collecting Pollen. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **66**(4): 788-812.

37. Toler TR, Evans EW, Tepedino VJ (2005) Pan-trapping for bees (Hymenoptera: Apiformes) in Utah's West Desert: the importance of color diversity. *The pan-pacific entomologist* **81**(3/4): 103-113.
38. Tsuruda JM, Basu PCh, Sagili RR (2021) Honey Bee Nutrition. *Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice* **37**: 505-519.
39. Tuell, JK, Isaacs R (2009) Elevated pan traps to monitor bees in flowering crop canopies. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **131**: 93–98.
40. Viana TA, Lourenco AP (2020) Surveys of the bee (Hymenoptera: Apiformes) community in a Neotropical savanna using pan traps. *Papéis Avulsos De Zoologia* **60**: 1-12.
41. Vrdoljak SM, Samways MJ (2012) Optimising coloured pan traps to survey flower visiting insects. *Journal of Insect Conservation* **16**: 345–354.
42. Westrich P (1989) Die Wildbienen Baden-Württembergs. Teil 1: Lebensräume, Verhalten, Ökologie und Schutz. Teil 2: Die Gattungen und Arten. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 972 pp.
43. Westrich P (2018) *Die Wildbienen Deutschlands*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 824 pp.

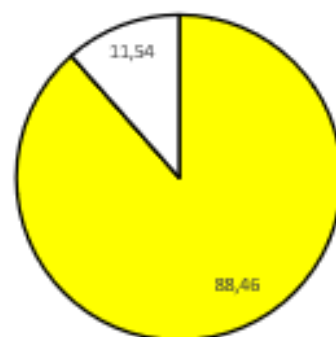
Přílohy

1. *Andrena barbilabris*

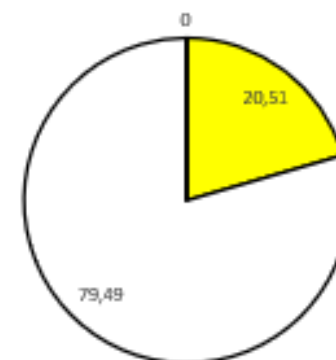
Preference barev u druhu *Andrena barbilabris*



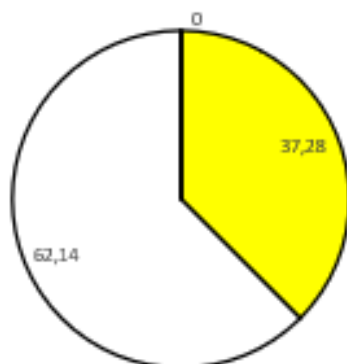
Preference barev u samic



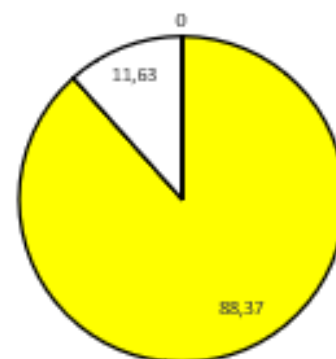
Preference barev u samců



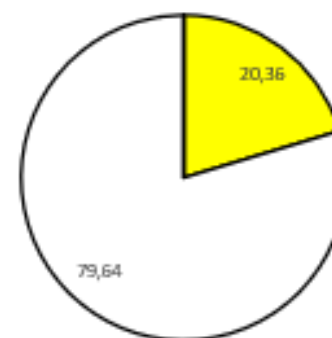
Miskodny u druhu *Andrena barbilabris*



Miskodny u samic

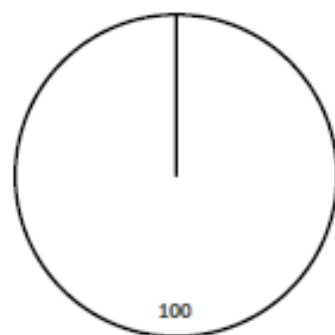


Miskodny u samců

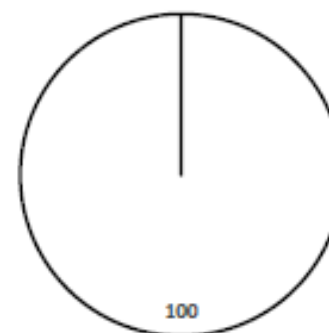


2. *Andrena batava* (pozn: u tohoto druhu nebyli zachyceni v barevných miskách žádní samci)

Preference barev u druhu *Andrena batava*

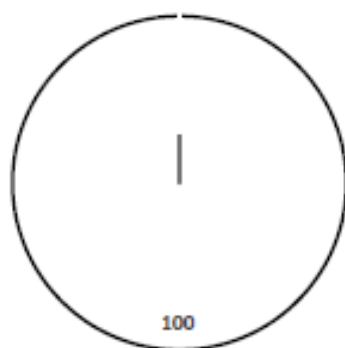


Preference barev u samic

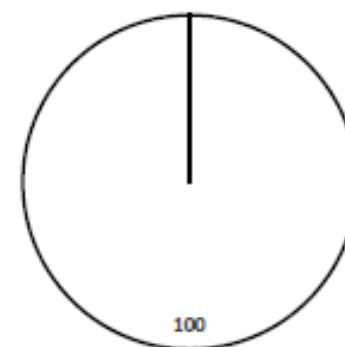


Miskodny u druhu *Andrena batava*

0

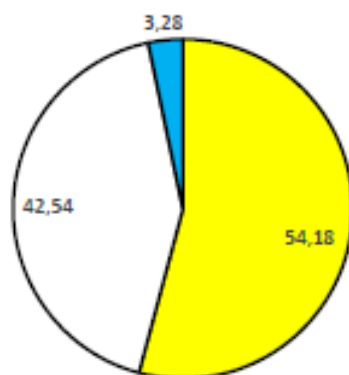


Miskodny u samic

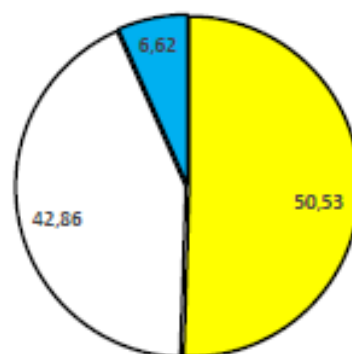


3. *Andrena bicolor*

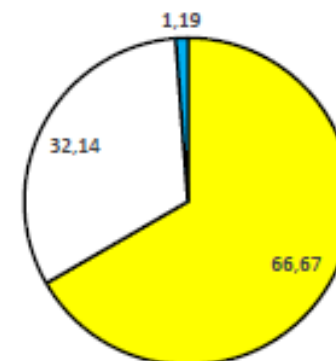
Preference barev u druhu *Andrena bicolor*



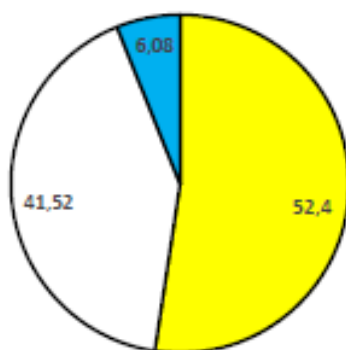
Preference barev u samic



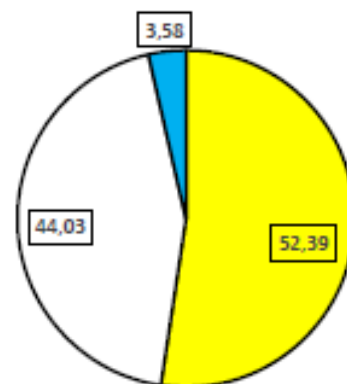
Preference barev u samců



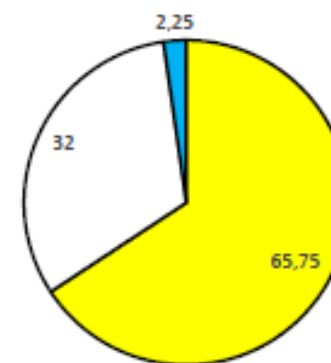
Miskodny u druhu *Andrena bicolor*



Miskodny u samic

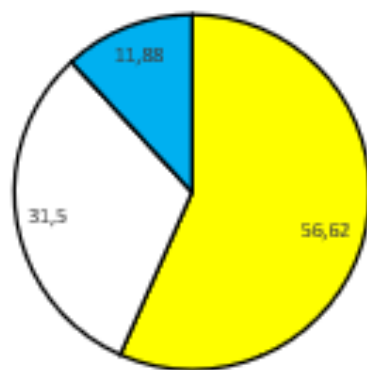


Miskodny u samců

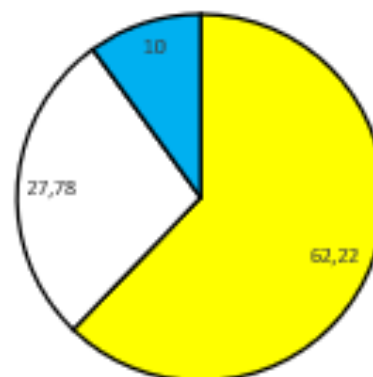


4. *Andrena cineraria*

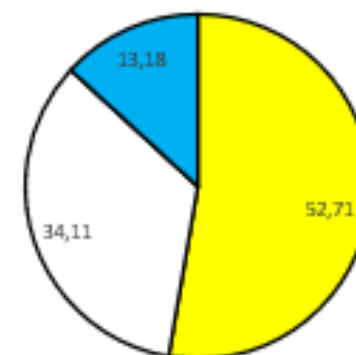
Preference barev u druhu *Andrena cineraria*



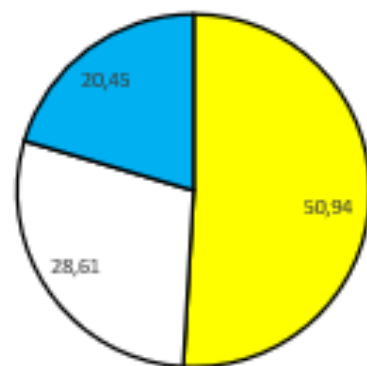
Preference barev u samic



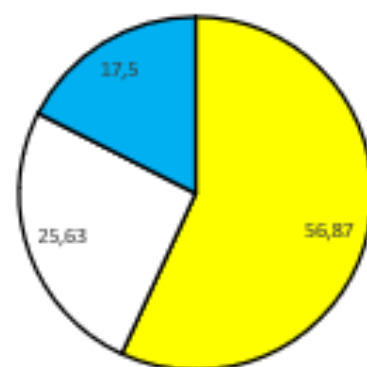
Preference barev u samců



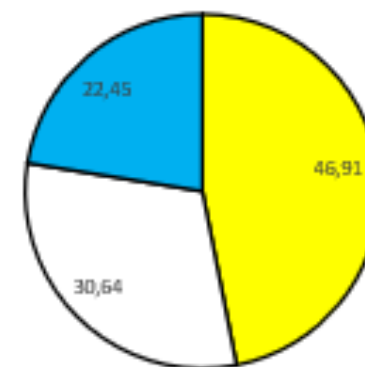
Miskodny u druhu *Andrena cineraria*



Miskodny u samic

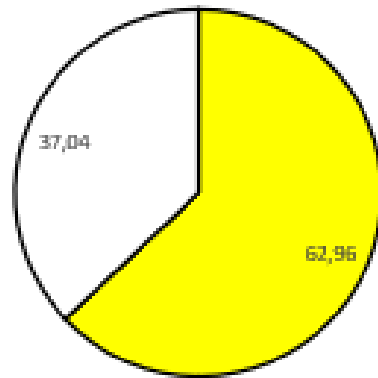


Miskodny u samců

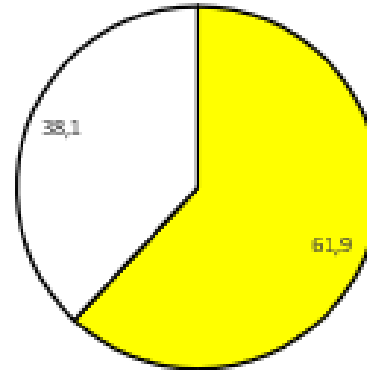


5. *Andrena dorsata*

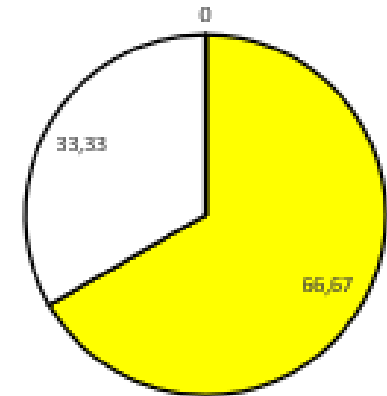
Preference barev u druhu *Andrena dorsata*



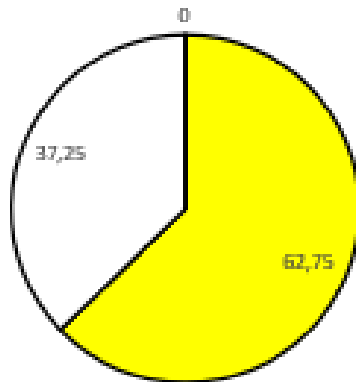
Preference barev u samic



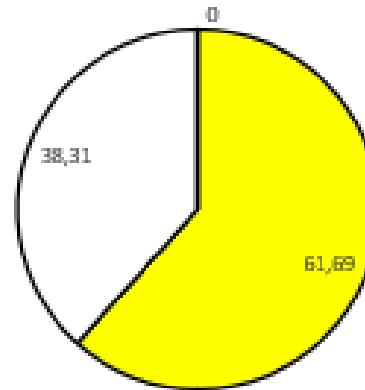
Preference u samců



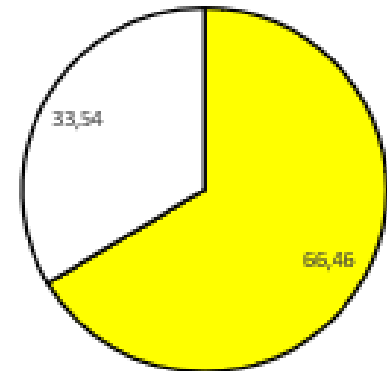
Miskodny u druhu *Andrena dorsata*



Miskodny u samic

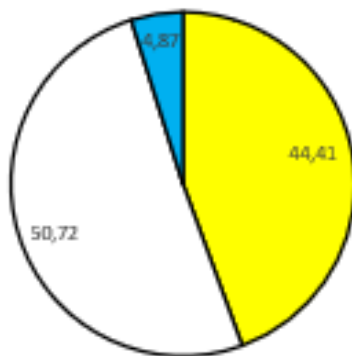


Miskodny u samců

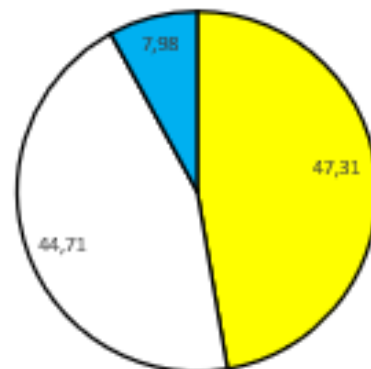


6. *Andrena flavipes*

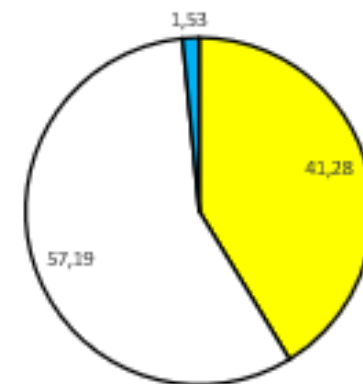
Preference barev u druhu *Andrena flavipes*



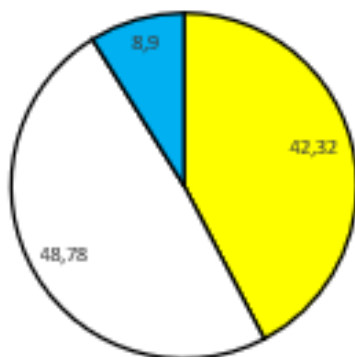
Preference barev u samic



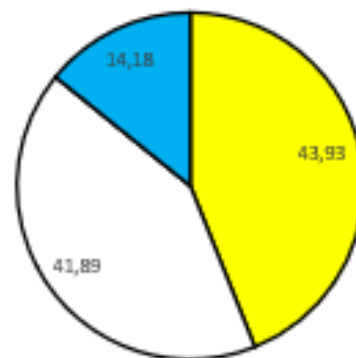
Preference barev u samců



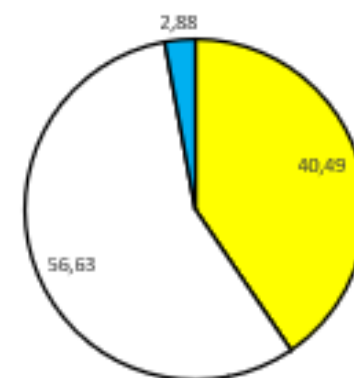
Miskodny u druhu *Andrena flavipes*



Miskodny u samic

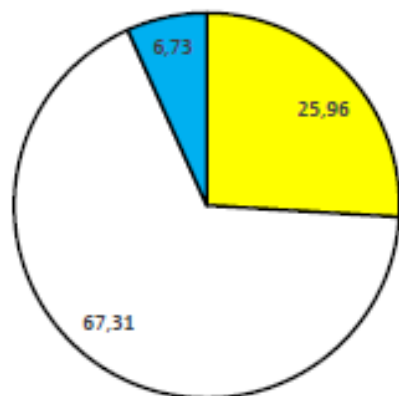


Miskodny u samců

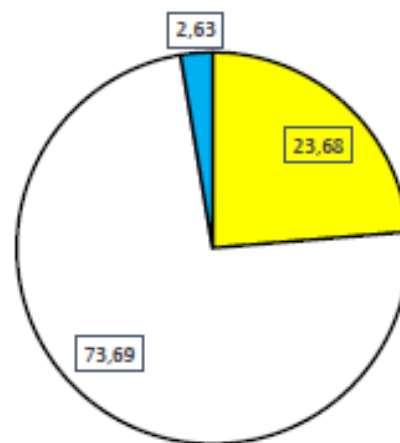


7. *Andrena fulva*

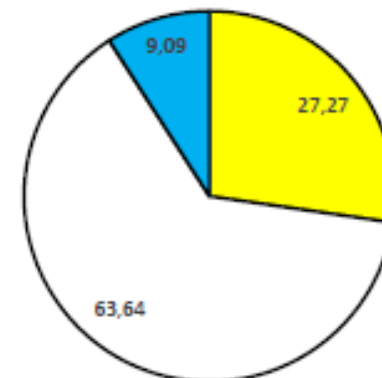
Preference barev u druhu *Andrena fulva*



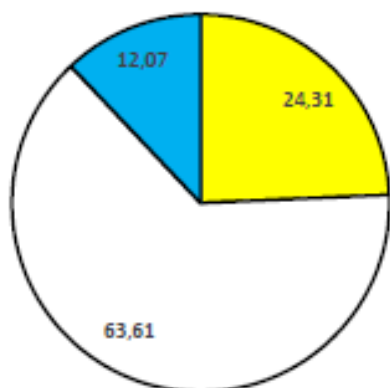
Preference barev u samic



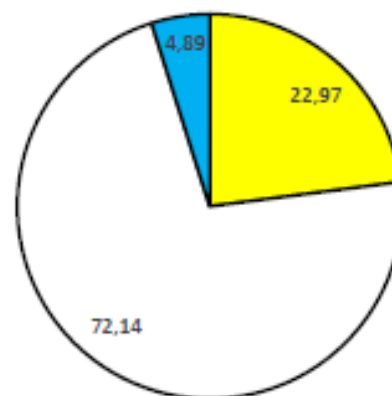
Preference barev u samců



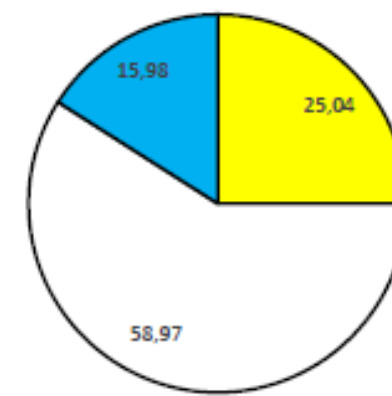
Miskodny u druhu *Andrena fulva*



Miskodny u samic

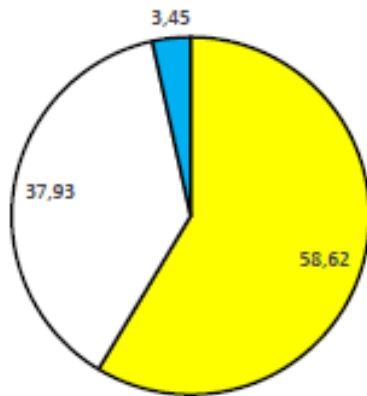


Miskodny u samců

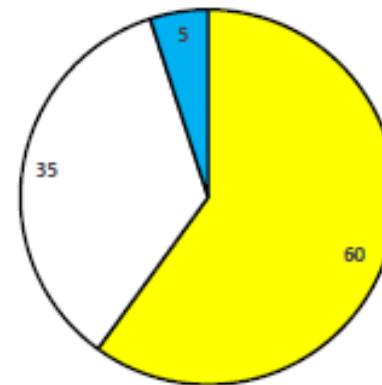


8. *Andrena fulvago*

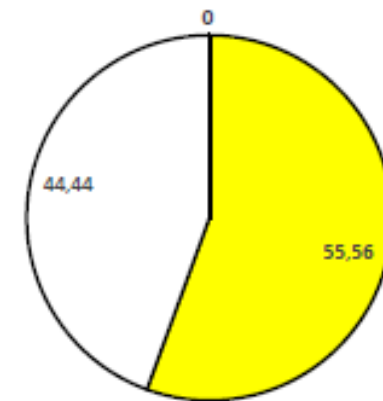
Preference barev u druhu *Andrena fulvago*



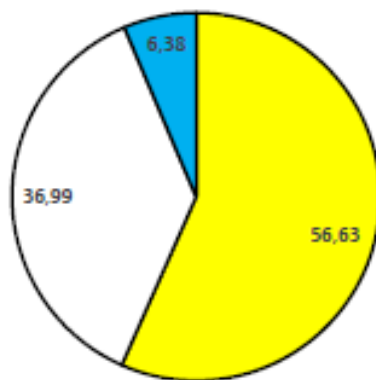
Preference barev u samic



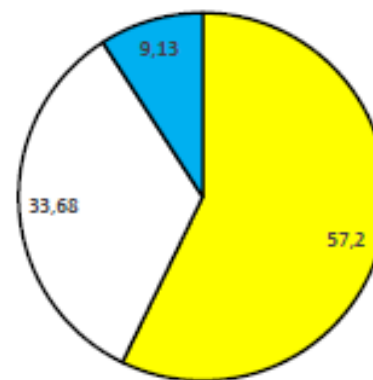
Preference barev u samců



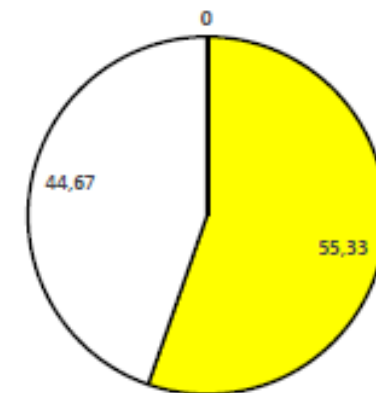
Miskodny u druhu *Andrena fulvago*



Miskodny u samic

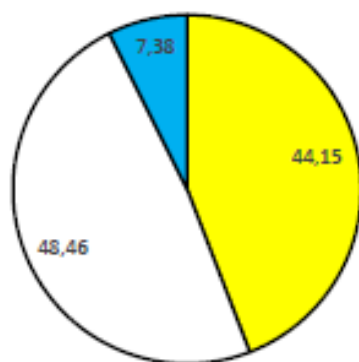


Miskodny u samců

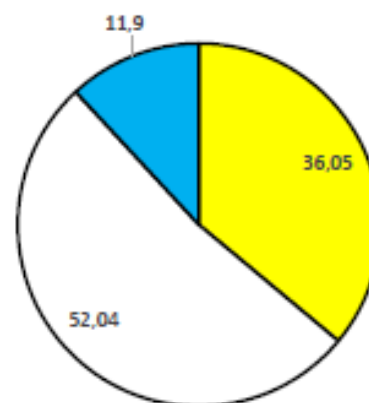


9. *Andrena gravida*

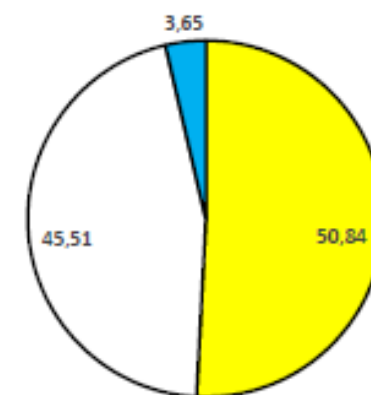
Preference barev u druhu
Andrena gravida



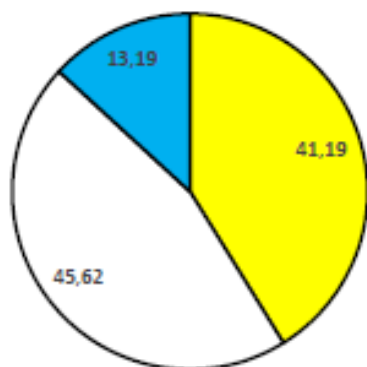
Preference barev u samic



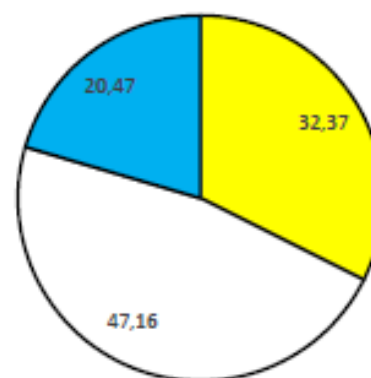
Preference barev u samců



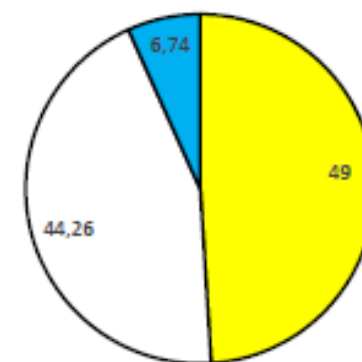
Miskodny u druhu *Andrena gravida*



Miskodny u samic

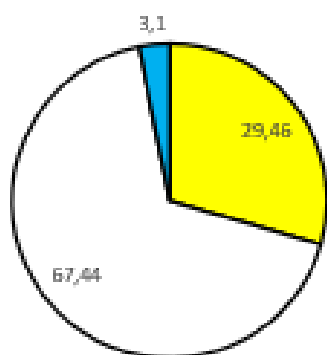


Miskodny u samců

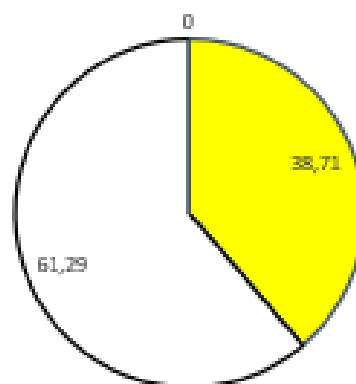


10. *Andrena haemorrhoa*

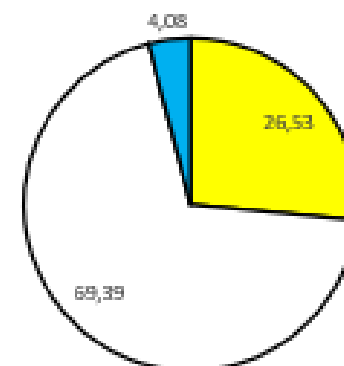
Preference barev u druhu *Andrena haemorrhoa*



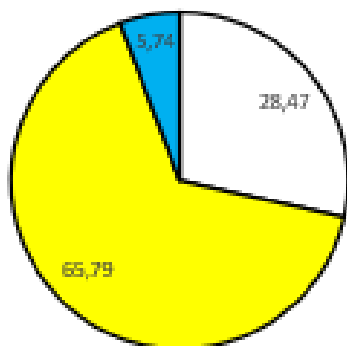
Preference barev u samic



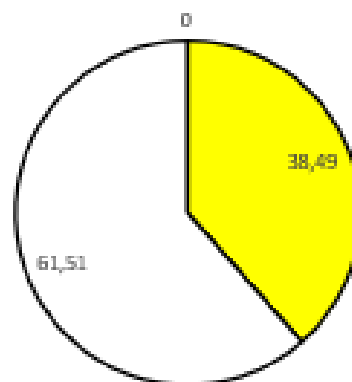
Preference u samcú



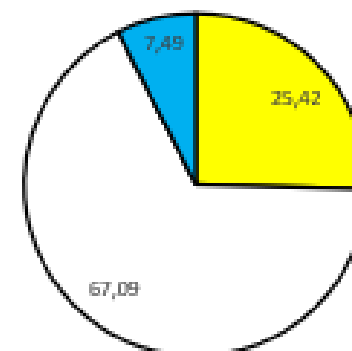
Miskodny u druhu *Andrena haemorrhoa*



Miskodny u samic

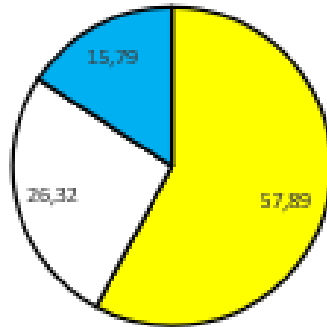


Miskodny u samcú

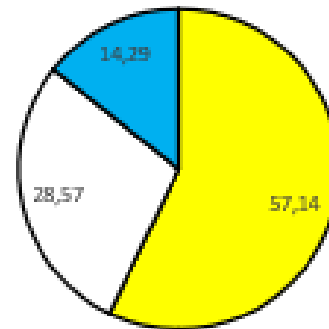


11. *Andrena helvola*

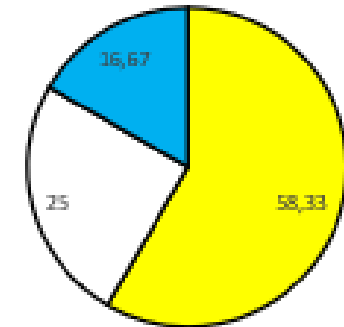
Preference barev u druhu *Andrena helvola*



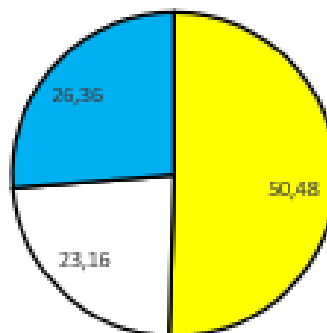
Preference barev u samic



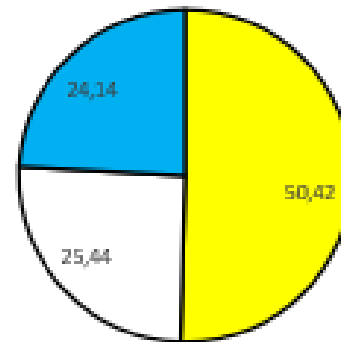
Preference barev u samců



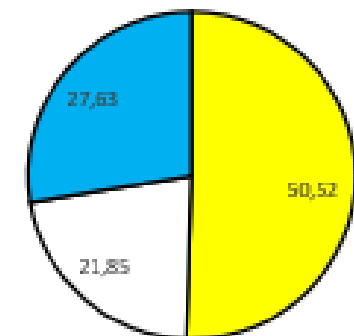
Miskodny u druhu *Andrena helvola*



Miskodny u samic

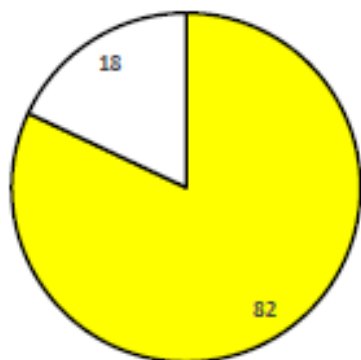


Miskodny u samců

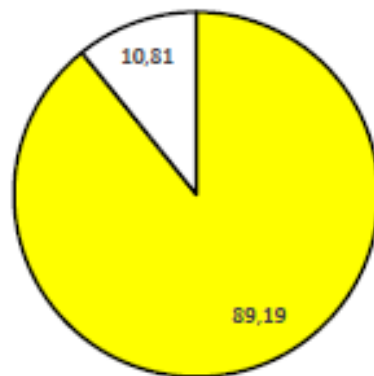


12. *Andrena chrysoceles*

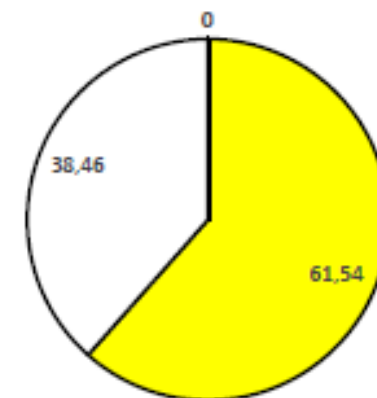
Preference barev u druhu *Andrena chrysoceles*



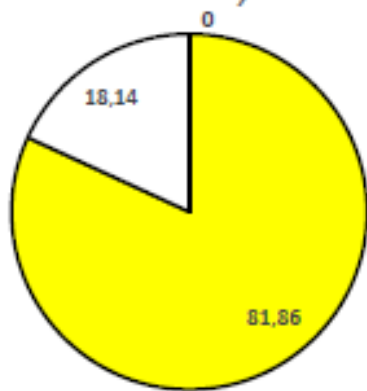
Preference barev u samic



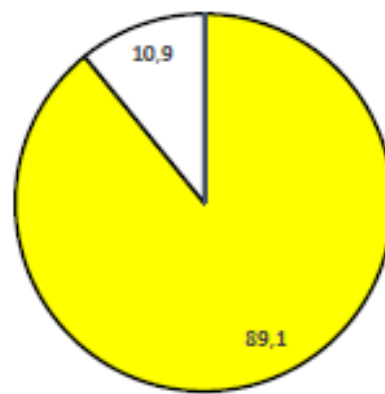
Preference barev u samců



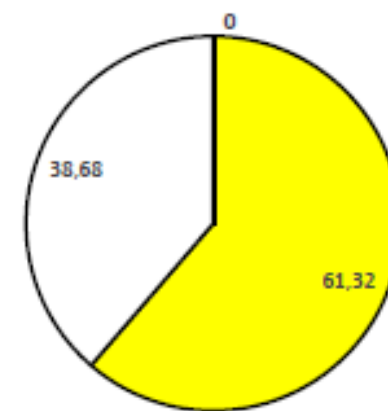
Miskodny u druhu *Andrena chrysoceles*



Miskodny u samic

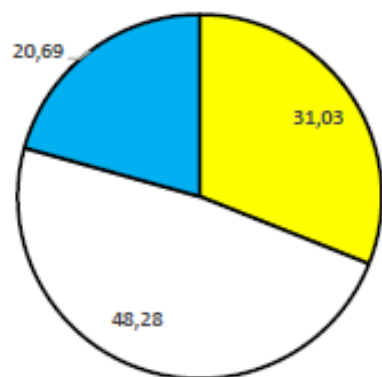


Miskodny u samců

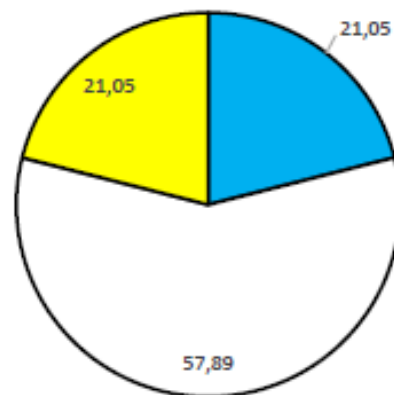


13. *Andrena labiata*

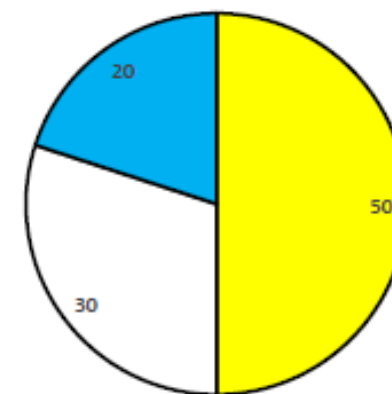
Preference barev u druhu
Andrena labiata



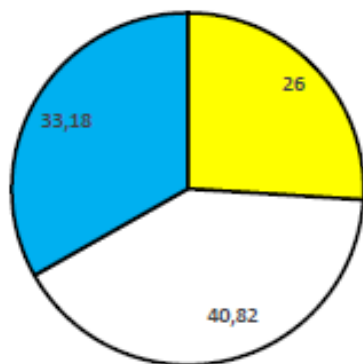
Preference barev u samic



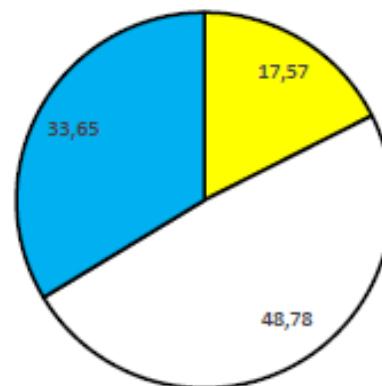
Preference barev u samců



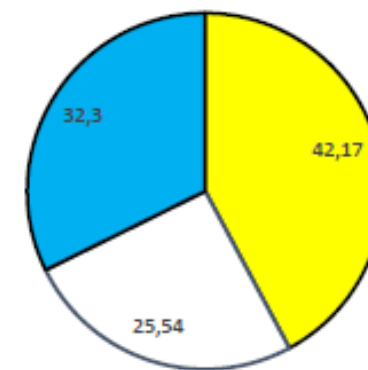
Miskodny u druhu *Andrena labiata*



Miskodny u samic

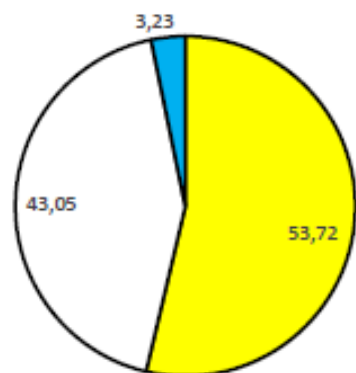


Miskodny u samců

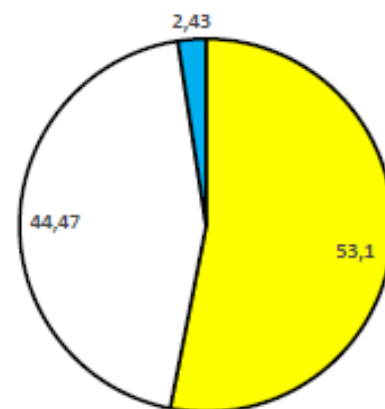


14. *Andrena minutula*

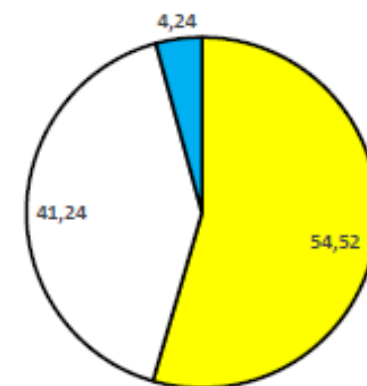
Preference barev u druhu
Andrena minutula



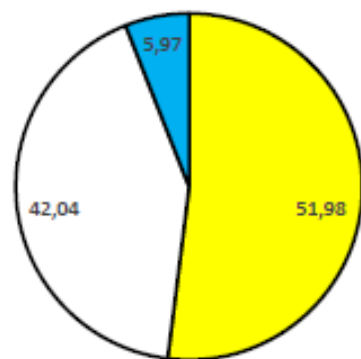
Preference barev u samic



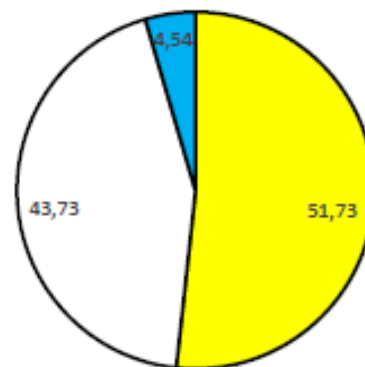
Preference barev u samců



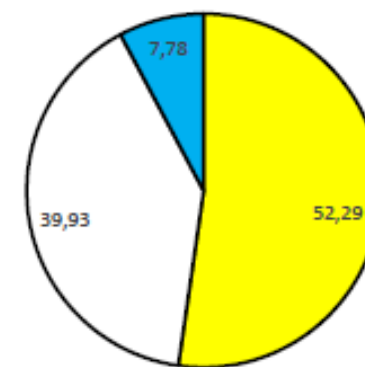
Miskodny u druhu *Andrena
minutula*



Miskodny u samic

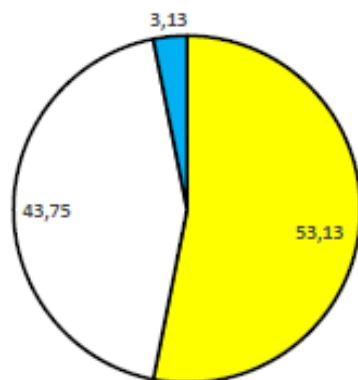


Miskodny u samců

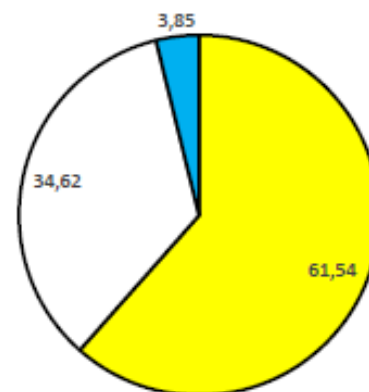


15. *Andrena minutuloides*

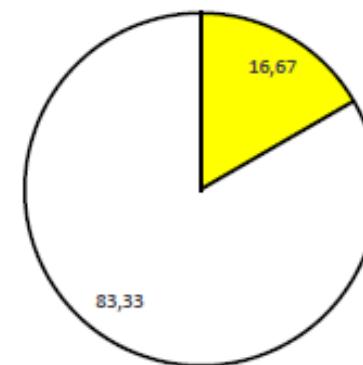
Preference barev u druhu *Andrena minutuloides*



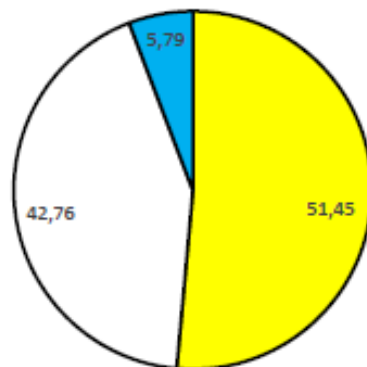
Preference barev u samic



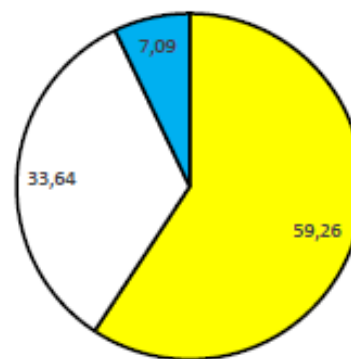
Preference barev u samců



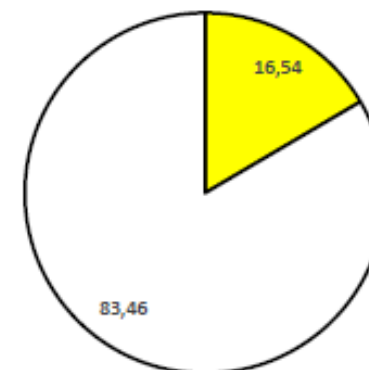
Miskodny u druhu *Andrena minutuloides*



Miskodny u samic

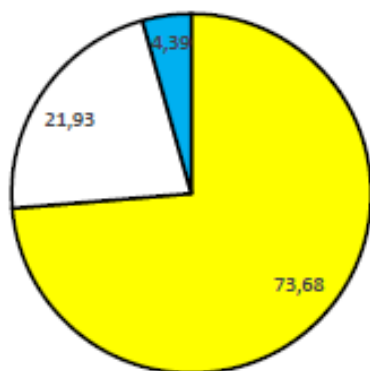


Miskodny u samců

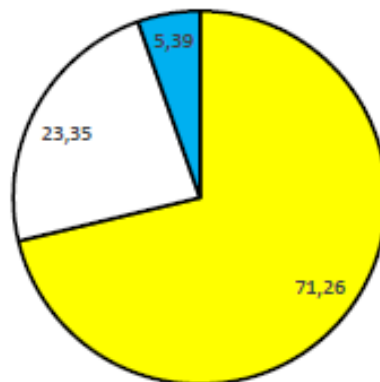


16. *Andrena nigraenea*

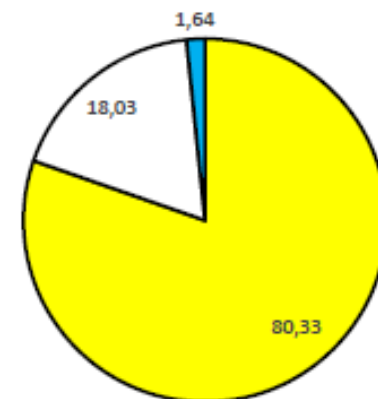
Preference barev u druhu
Andrena nigraenea



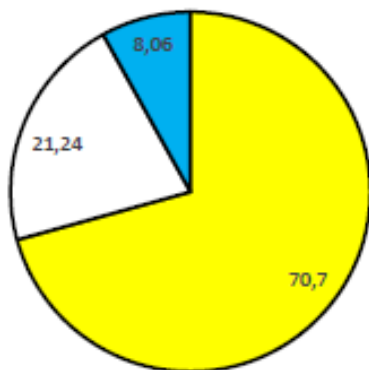
Preference barev u samic



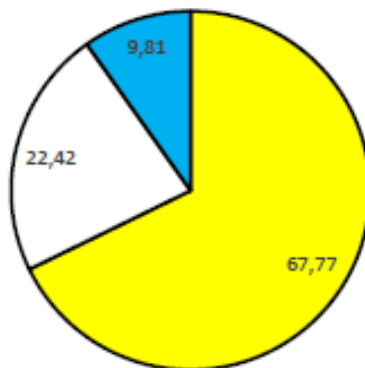
Preference barev u samců



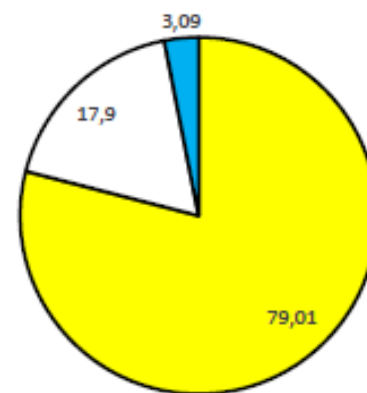
Miskodny u druhu *Andrena nigraenea*



Miskodny u samic

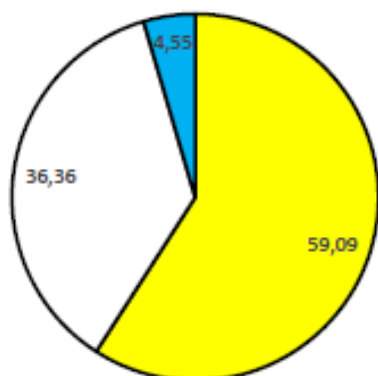


Miskodny u samců

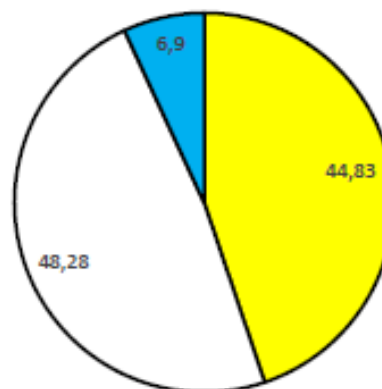


17. *Andrena nitida*

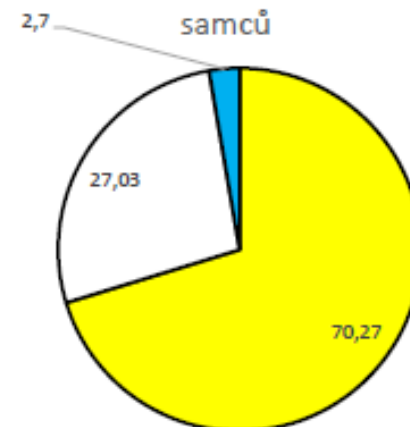
Preference barev u druhu *Andrena nitida*



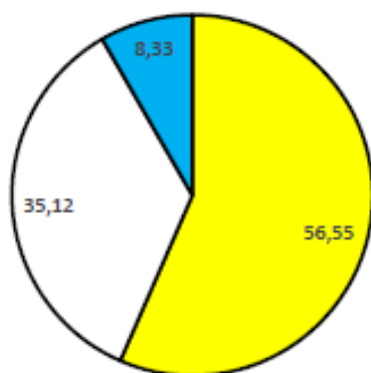
Preference barev u samic



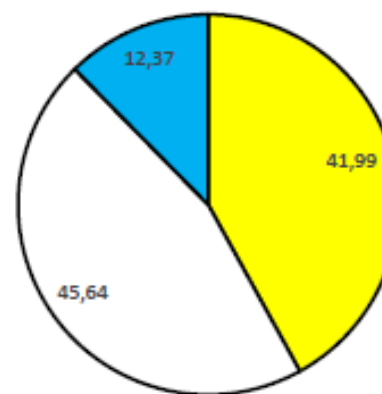
Preference barev u samců



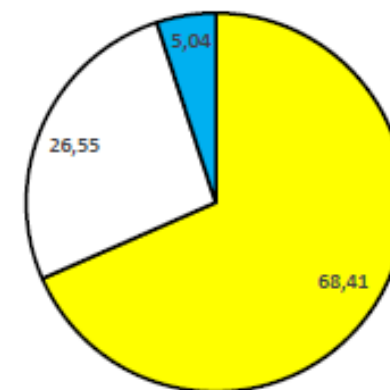
Miskodny u druhu *Andrena nitida*



Miskodny u samic

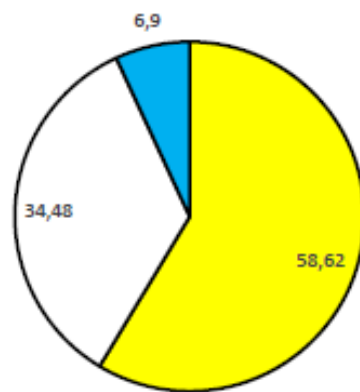


Miskodny u samců

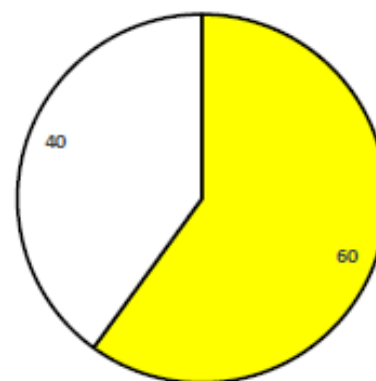


18. *Andrena ovatula*

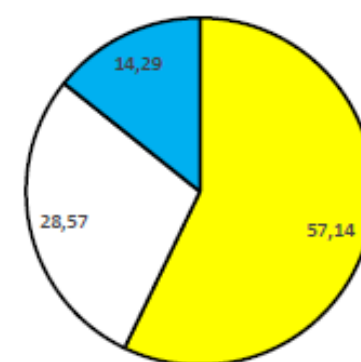
Preference barev u druhu *Andrena ovatula*



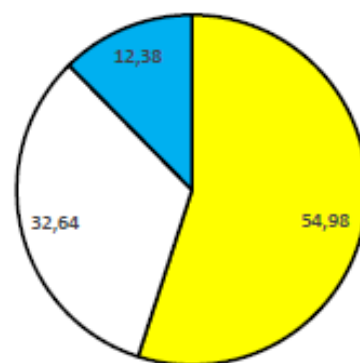
Preference barev u samic



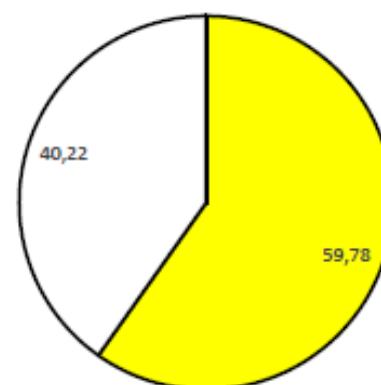
Preference barev u samců



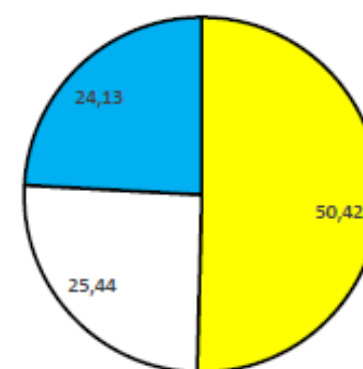
Miskodny u druhu *Andrena ovatula*



Miskodny u samic

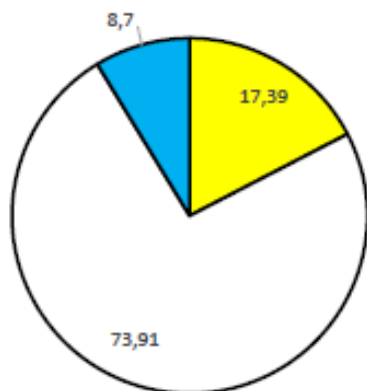


Miskodny u samců

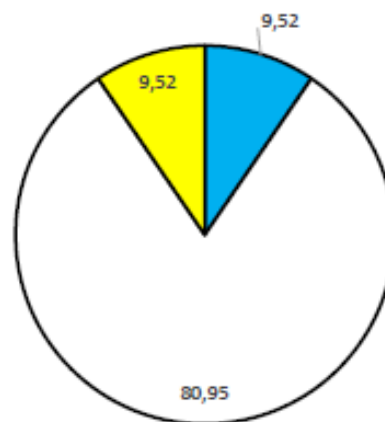


19. *Andrena polita*

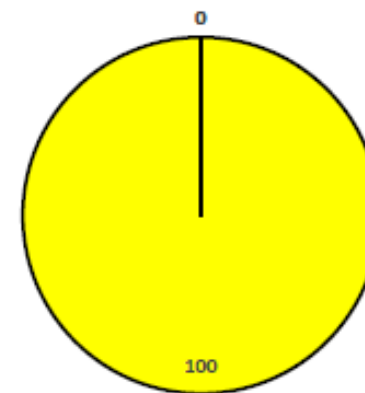
Preference barev u druhu
Andrena polita



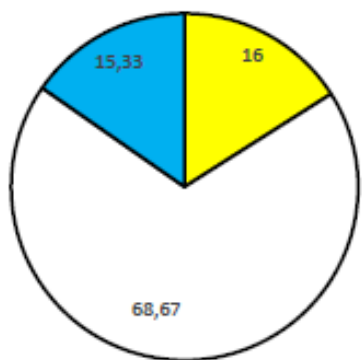
Preference barev u samic



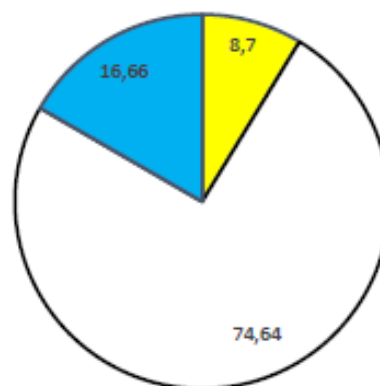
Preference barev samců



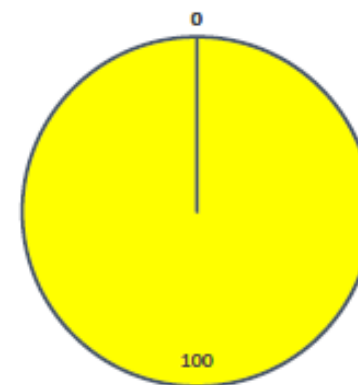
Miskodny u druhu *Andrena polita*



Miskodny u samic

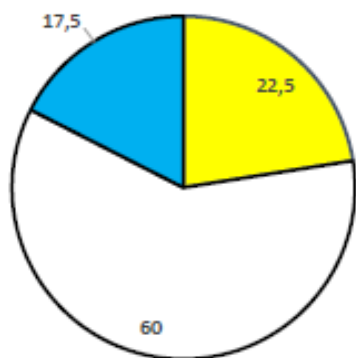


Miskodny u samců

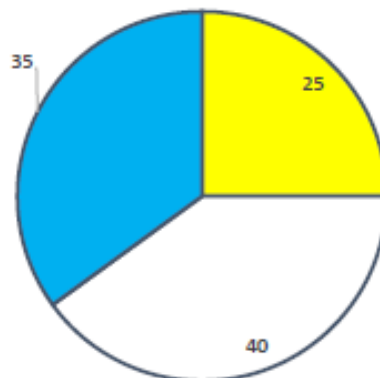


20. *Andrena praecox*

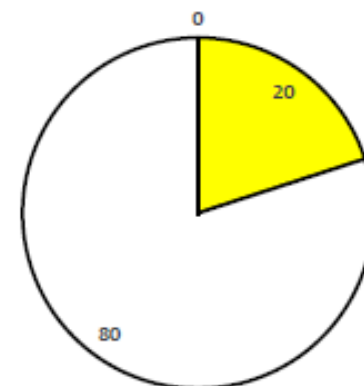
Preference barev u druhu
Andrena praecox



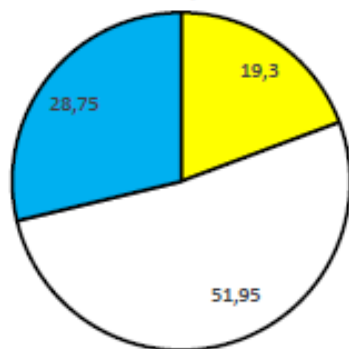
Preference barev u samic



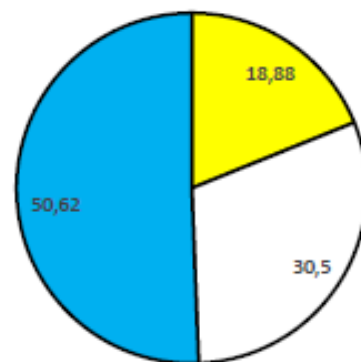
Preference barev u samců



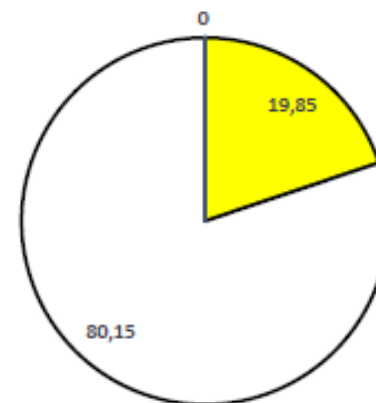
Miskodny u druhu
Andrena praecox



Miskodny u samic

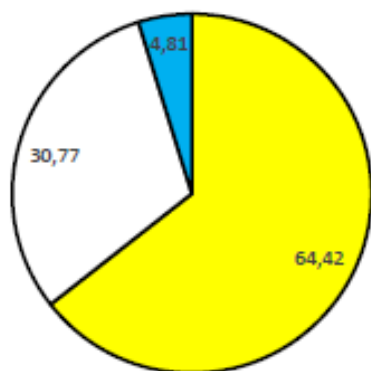


Miskodny u samců

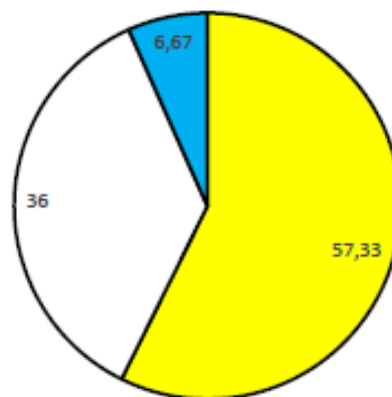


21. *Andrena strohella*

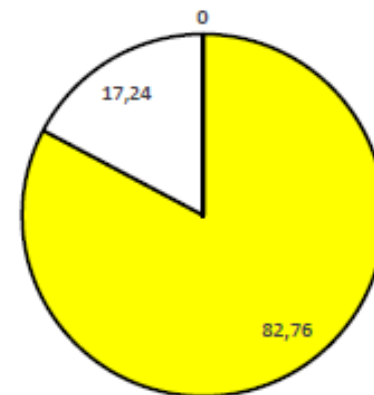
Preference barev u druhu
Andrena strohella



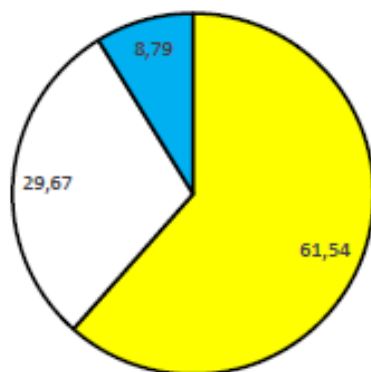
Preference barev u samic



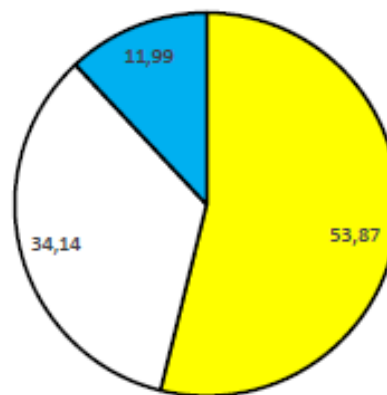
Preference barev u samců



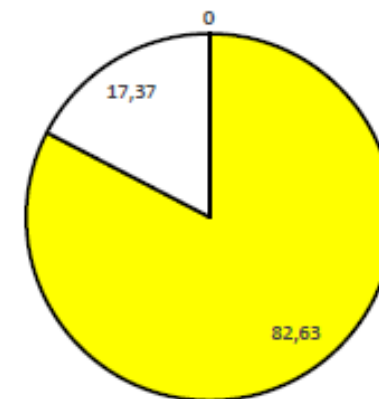
Miskodny u druhu *Andrena strohella*



Miskodny u samic

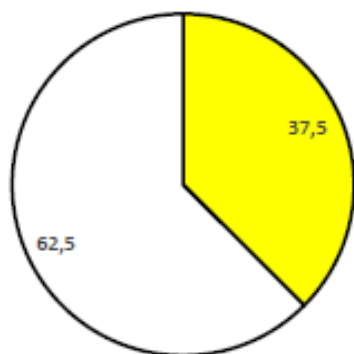


Miskodny u samců

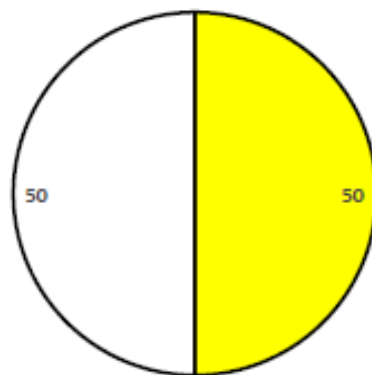


22. *Andrena taraxaci*

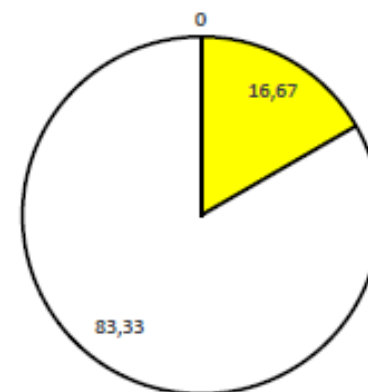
Preference barev u druhu *Andrena taraxaci*



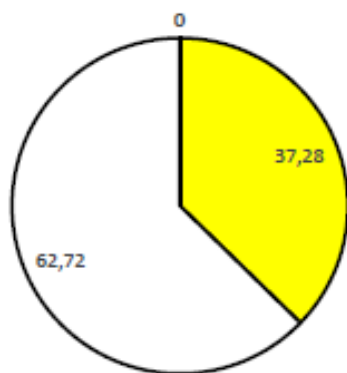
Preference barev u samic



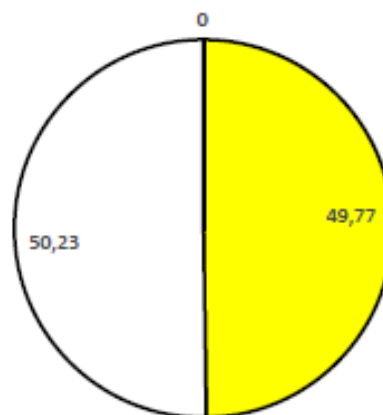
Preference barev u samců



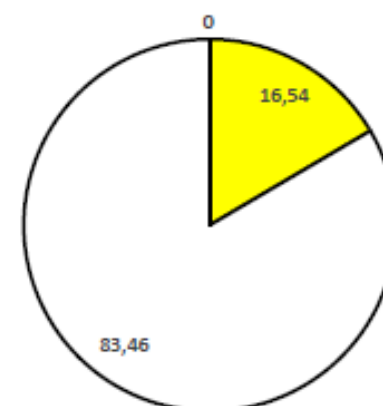
Miskodny u druhu *Andrena taraxaci*



Miskodny u samic

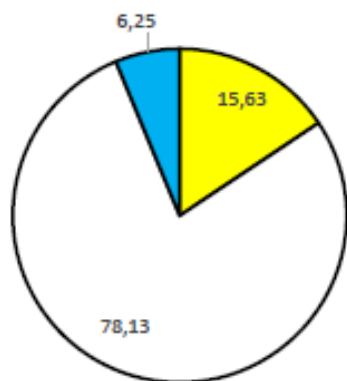


Miskodny u samců

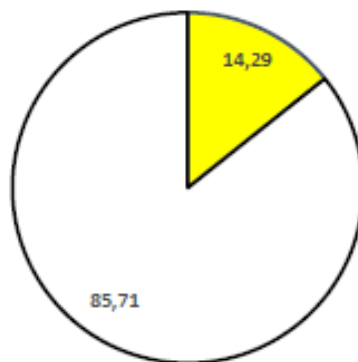


23. *Andrena varians*

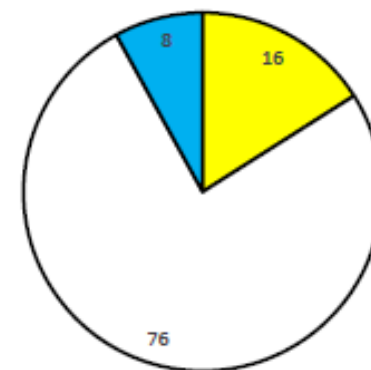
Preference u druhu *Andrena varians*



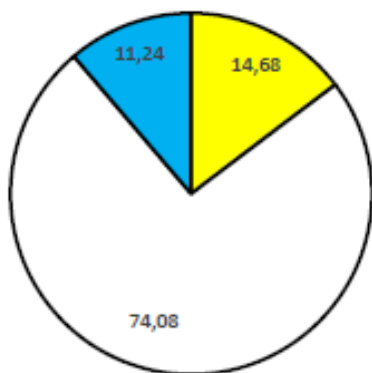
Preference barev u samic



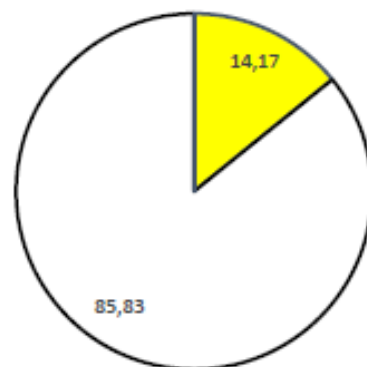
Preference barev u samců



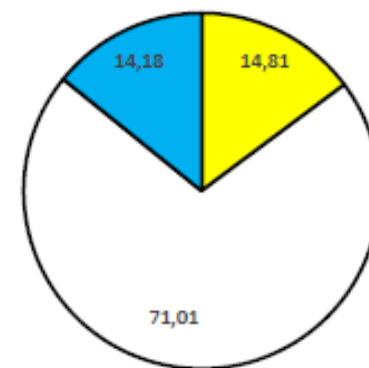
Miskodny u druhu *Andrena varians*



Miskodny u samic

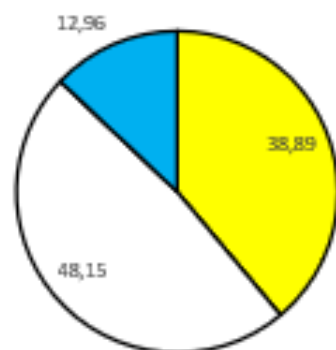


Miskodny u samců

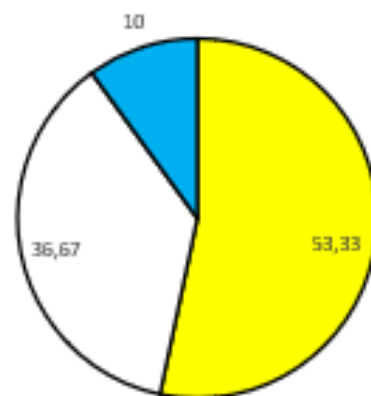


24. *Andrena wilkella*

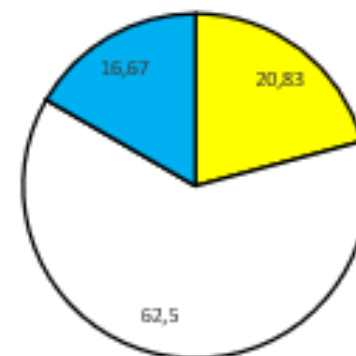
Preference barev u druhu *Andrena wilkella*



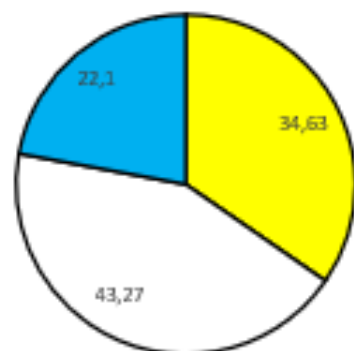
Preference barev u samic



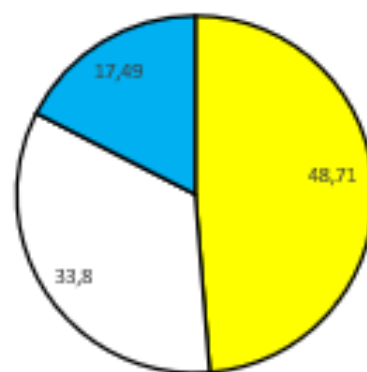
Preference barev u samců



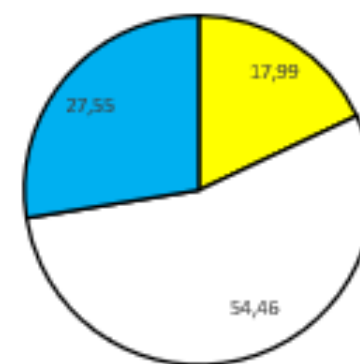
Miskodny u druhu *Andrena wilkella*



Miskodny u samic

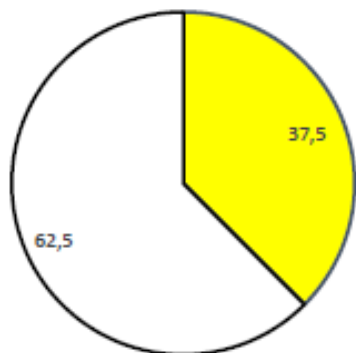


Miskodny u samců

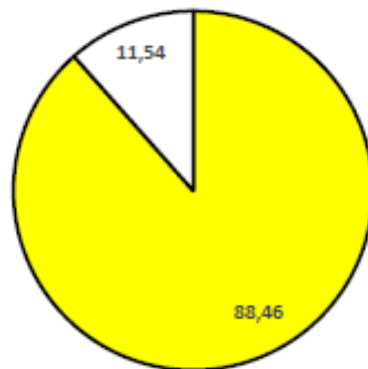


25. *Panurgus calcaratus*

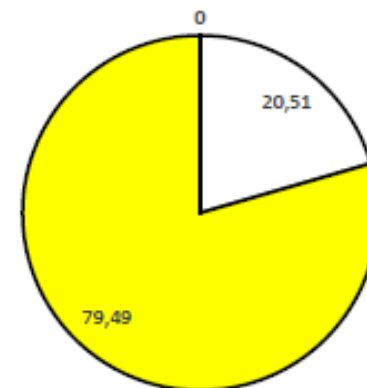
Preference barev u druhu
Panurgus calcaratus



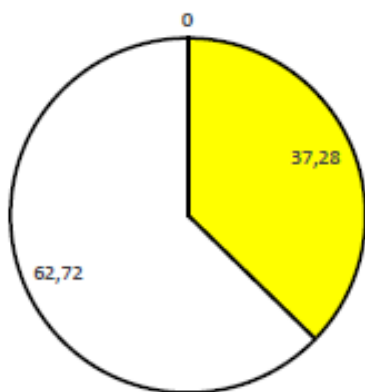
Preference barev u samic



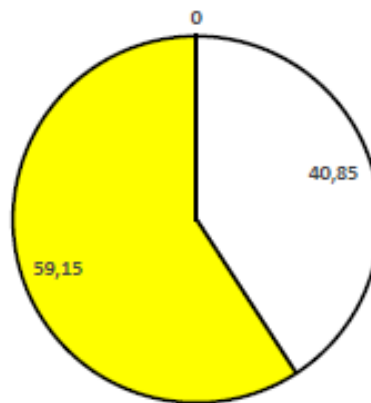
Preference barev u samců



Miskodny u druhu *Panurgus calcaratus*



Miskodny u samic



Miskodny u samců

