

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



Žižlavka ako potenciálna korisť dravých článkonožcov

Martin Martinka

bakalárska práca predložená

na Katedre ekológie a životného prostredia

Prírodovedeckej fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

ako súčasť požiadaviek na získanie titulu Bc. v obore

Ekologie a ochrana životního prostředí

Vedúci práce: doc. RNDr. Mgr. Ivan Hadrián Tuf, Ph.D.

2019

MARTINKA M. 2019. Žiživka ako potenciálna korisť dravých článkonožcov. Bakalárska práca. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí PřF UP v Olomouci. 36 strán, v slovenskom jazyku.

Abstrakt

Žiživka obyčajná (*Porcellio scaber*) patrí spolu s ostatnými suchozemskými rovnakonôžkami k najdôležitejším rozkladačom organickej hmoty, čím výrazne pozitívne vplýva na pôdotvorný proces. Ako obyvateľ pôdy je súčasťou edafickej potravovej siete. V tejto práci boli skúmané interakcie troch typov predátorov (kútnik, stonôžka a bystruška) so žiživkou obyčajnou. Predátorom najčastejšie loviacim rovnakonôžku bol kútnik tmavý (45 %, $F_{3,275} = 3,027$, $p = 0,061$). Stonôžky v laboratórnych podmienkach neprejavovali veľký záujem o túto korisť (17 %) a bystrušky ju lovili ešte menej (7 %). Iný druh potravy bystrušky konzumovali značne ochotnejšie (50 %, $F_{4,351} = 6,385$, $p = 0,020$). Žiživka bola výrazne najmenej aktívna pri kútnikovi ($F_{3,102} = 66,866$, $p < 0,001$), no nízka aktivita nebola zaznamenaná pri pokusoch s ostatnými dvoma predátormi. Sledované boli tiež behaviorálne prejavy živočíchov pri vzájomnom stretnutí.

Kľúčové slová: žiživka obyčajná, suchozemské rovnakonôžky, predácia, edafon, potravová sieť

MARTINKA M. 2019. Woodlouse as a potential prey of predatory arthropods. Bachelor thesis. Olomouc: Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of science, Palacky University in Olomouc. 36 pp. in Slovak.

Abstract

Common rough woodlouse belongs along with others terrestrial isopods to the most important decomposers of organic material. This has a high positive impact on soil - forming process. As a soil dweller it is a part of the edaphic food web. This thesis is focused on interactions of three types of predators (house spider, centipede and carabid beetle) with the common rough woodlouse. Woodlice were most often preyed by the giant house spider (45 %, $F_{3,275} = 3,027$, $p = 0,061$). Centipedes did not show a big interest in this kind of prey in laboratory conditions (17 %) and carabid beetles preyed it even less (7 %). Different kind of prey was significantly more accepted by this predator (50 %, $F_{4,351} = 6,385$ $p = 0,020$). Woodlouse showed markedly the lowest activity while it was facing the giant house spider ($F_{3,102} = 66,866$, $p < 0,001$), but low activity was not observed while it was facing two other predators. Behavioural signs after mutual interactions were another point of this thesis.

Key words: Common rough woodlouse, terrestrial isopods, predation, edaphon, food web

Prehlásenie

Prehlasujem, že túto bakalársku prácu som vypracoval samostatne pod vedením doc. Ivana H. Tufa a len s použitím uvedených literárnych zdrojov.

V Olomouci dňa

.....

Obsah

Zoznam obrázkov	vii
Pod'akovanie	viii
1 Úvod	9
1.1 Potravové siete	9
1.1.1 Rozkladači v potravných sieťach	10
1.2 Charakteristika druhu <i>Porcellio scaber</i>	12
1.3 Predátori špecializovaní na lov suchozemských rovnakonôžiek	14
2 Ciele práce	16
3 Materiál a metódy.....	17
3.1 Zber a príprava	17
3.2 Výskum	17
3.3 Stručná charakteristika použitých predátorov	19
3.3.1 Kútnik tmavý.....	19
3.3.2 Stonôžka obyčajná.....	20
3.3.3 Bystruška.....	21
4 Výsledky.....	22
4.1 Vyhodnotenie predácie.....	22
4.2 Vyhodnotenie interakcií skúmaných živočíchov na záznamoch.....	23
4.2.1 Interakcie stonôžky <i>Lithobius forficatus</i> a rovnakonôžky <i>Porcellio scaber</i>	23
4.2.2 Interakcie chrobákov rodu <i>Carabus</i> a rovnakonôžky <i>Porcellio scaber</i>	24
4.2.3 Interakcie pavúka <i>Eratigena atrica</i> a rovnakonôžky <i>Porcellio scaber</i>	26
5 Diskusia	28
6 Záver.....	32
7 Literatúra	33

Zoznam obrázkov

Obr. 1 Porovnanie parametru predácie a parametru aktivity rovnakonôžky	22
Obr. 2: Porovnanie behaviorálnych reakcií predátora (<i>Lithobius forficatus</i>) a koristi (<i>Porcellio scaber</i>) pri vzájomnej interakcii	23
Obr. 3: Porovnanie behaviorálnych reakcií predátora (<i>Carabus</i>) a koristi (<i>Porcellio scaber</i>) pri vzájomnej interakcii.....	25
Obr. 4: Percentuálne porovnanie ochoty jedincov rodu <i>Carabus</i> loviť <i>Porcellio scaber</i> a <i>Tenebrio molitor</i>	25
Obr. 5: Porovnanie behaviorálnych reakcií predátora (<i>Eratigena atrica</i>) a koristi (<i>Porcellio scaber</i>) pri vzájomnej interakcii	26

Pod'akovanie

Chcel by som poďakovať vedúcemu bakalárskej práce, doc. RNDr. Mgr. Ivanovi Hadriánovi Tufovi, Ph.D., za neoceniteľné rady a jeho čas, ktorý obetoval tejto práci. Ďakujem svojej priateľke za to, že ma upozornila na rýchlo plynúci čas a za neustálu pozitívnu motiváciu. Taktiež patrí vďaka mojej sestre a rodičom za podporu a vytváranie príjemného pracovného prostredia.

V Olomouci 30.4. 2019

1 Úvod

1.1 Potravové siete

Systém trofických vzťahov v prírode, ktoré vedú k ovplyvňovaniu abundancie, denzity a celkovej biomasy organizmov na všetkých jeho stupňoch, sa nazýva potravová sieť. Zmeny v rozložení činiteľov v tomto systéme pôsobia aj na tok energie a živín. Pre ich mimoriadny dopad na ekosystémy sú tieto vzťahy veľmi častou témou vedeckého bádania na všetkých úrovniach. Rozlišujú sa tri základné stupne potravových sietí - producent, konzument a rozkladač, pričom aj tieto kategórie zvyknú byť ďalej členené. Takto rozdelené organizmy sú vo vzájomnom prepojení, keďže stav jednej skupiny často závisí na zvýšenej či zníženej denzite inej skupiny, či už to znamená pozitíva, alebo negatíva. Jedna takáto zmena je väčšinou napojená na predchádzajúce deje v ekosystéme, tak isto ako sú na ňu napojené budúce udalosti.

Ak napríklad dôjde k premnoženiu herbivora (konzumenta), začne vegetácia (producent), ktorou sa živí, strádať a trpieť poklesom hustoty populácie, čo môže výrazne ovplyvniť biotop, alebo vo väčšom merítku ekosystém nedostatkom detritu, vysychaním, zníženou biodiverzitou a ďalšími negatívnymi javmi. Rozkladači (pôdne živočíchy, bakérie, huby a pod.) trpia nedostatkom potravy - neživých organických zvyškov. Premnoženie herbivora ale vyhovuje iným konzumentom, a to jeho predátorom, ktorí prosperujú vďaka dostatku koristi, čo vedie aj k ich rastúcej abundancii. Premnožený herbivor prechádza do obdobia poklesu zapríčinenému nie len predačným tlakom, ale i nedostatkom potravy a vnútrodruhovou konkurenciou. Podľa takejto hypotézy môžeme teda povedať, že zvýšená spotreba vedie k striedaniu zvýšenej a zníženej biomasy medzi úrovňami potravovej siete (POLIS a STRONG, 1995). V tomto príklade šlo len o časť potravového reťazca v potravovej sieti ekosystému. Dynamika je ale tvorená mnohými súvisiacimi procesmi, ktoré po sčítaní dohromady znamenajú už spomínanú silu vplyvu potravových sietí.

Použitý príklad vyplýva z takzvanej top-down teórie, ktorá hovorí, že vyššie stupne potravovej pyramídy majú zásadný dopad na stupne pod sebou. Taktiež uvádza, že ak sú vrcholoví predátori hojní, zákonite to znamená ich limitáciu potravou. Môžu byť teda hojní len v prípade, že im to ekosystém umožňuje svojou dostatočnou produktivitou. Pokiaľ tomu tak nie je a ich abundancia je veľmi malá, nižšie postavení predátori preberajú funkciu tých vrcholových, kým sa ich abundancia tiež neznižuje.

(VADAS, 1989). Potravné obmedzenie je základom bottom-up teórie, popisujúcej situáciu, kedy sa mení stav organizmov na vyšších priečkach pyramídy vplyvom tých nižších - zdrojov. Bottom-up a top-down efekty sa prejavujú trofickými kaskádami (POLIS a WINEMILLER, 1996). Jedná sa o to, že jeden potravný stupeň neovplyvňuje len stupeň o jeden rád vyšší či nižší, ale aj stupne o niekoľko rádo vzdialené. Keď dosadíme čísla od 1 do 5 za rozličné trofické stupne, pričom číslo 5 predstavuje vrcholového predátora a číslo 1 najnižší článok reťazca, môžeme zjednodušene vysvetliť schému kaskád. Každý vyšší stupeň je predátor toho nižšieho. Ak sa výrazne zvýši abundancia stupňa 5, jeho vplyvom je redukovaný stupeň 4, čo má prvotný pozitívny dopad pre stupeň 3 a dôjde k nárastu jeho populácie. Rovnakým princípom stráda stupeň 2, ktorý čelí zvýšenému tlaku a otvára sa tak príležitosť najnižšiemu stupňu rozmnožiť sa efektívnejšie ako doposiaľ. Stupne 4 a 2 čelia zníženej abundancii, čo ale znamená, že potrava nie je limitujúcim faktorom. Avšak stupne 5, 3 a 1 začnú byť časom limitované svojou potravou a ich hojnosť začína klesať. Takto popisuje potravný mechanizmus top-down teória. Na rozdiel od toho bottom-up teória považuje všetky trofické stupne za potravné limitované. Všeobecne uznávanejšou je prvá z menovaných, pričom bottom-up hypotéza je častejšie označovaná za alternatívnu (VADAS, 1989).

Keď si uvedomíme rôznorodosť a početnosť organizmov v jednotlivých úrovniach, šírku potravnovej ponuky a množstvo možných predátorov, mohli by sme si utvoriť reálnu predstavu o zložitosti potravných sietí. Štruktúra potravných sietí však môže byť zjednodušená faktom, že mnoho z nich je viac či menej uzatvorených biotopom. Pre každý z nich sú potom typickí zástupcovia trofických úrovní. Pre pôdny biotop tvoria prvý stupeň rastliny a ich korene. Nasledujúci stupeň potom obsahuje rozkladače, hlištice a iné menšie živočíchy. Na vyššom stupni potom nájdeme dravé či herbivorné článkonožce. Nasledujúce stupne sú obsadené vyššími predátormi v podobe stavovcov. Tí nemusia byť súčasťou pôdneho biotopu, ale môžu do neho zasahovať svojou činnosťou (TUGEL a LEWANDOWSKI, 1999).

1.1.1 Rozkladači v potravných siet'ach

V potravných sietí majú esenciálny význam i rozkladači, ktorí sú zodpovední za viac ako 95% celkového energetického príspevku suchozemskej živočíšnej komunity (PUTMAN, 1983). Nie sú však dôležití len ako pôdotvorci, ale aj ako potrava pre širokú škálu konzumentov. Toto platí primárne pre makroskopických saprofágov. Platí, že so

zmenšujúcou sa veľkosťou rozkladača a tým aj posuvom v potravinovom reťazci sa zvyšuje počet jedincov nasledujúceho stupňa. Keď teda dôjde k prechodu potravy cez tráviacu sústavu makrofágnej terestrickej rovnakonôžky, vylúčené nestrávené zvyšky sa stanú výborným substrátom pre rozšírenie mikrobiálnych či mykotických zástupcov detritivornej mikrofauny, ktorých početnosť je samozrejme vyššia, ako početnosť rovnakonôžiek. Vďaka ich rozkladaniu hmoty až na jednoduché zlúčeniny je celkovo zlepšený pôdotvorný proces, vegetácia je v lepších podmienkach. To má okrem iného za následok aj zlepšenie primárnej produkcie, čo znamená ďalší pozitívny dopad na biotop či ekosystém. Pokiaľ by dôležitý rozkladač (rozkladači) dlhodobo čelil príliš veľkému predačnému tlaku, nemuselo by sa dostať rastlinám od pôdy takej podpory v podobe živín, aby spoločenstvo prosperovalo v rovnakom zložení. Jedná sa, samozrejme, o zjednodušenú schému a ani zďaleka neboli spomenuté všetky aspekty vedúce k výslednému stavu ekosystému. Väčšina detritivorných živočíchov požíva živočíšnu i rastlinnú hmotu, takže ich možnosť uvoľňovať živiny je o to efektívnejšia. Okrem toho polyfágia znamená pre populáciu zníženú hrozbu nedostatku potravy (POLIS a STRONG, 1996). Makroskopickí rozkladači sú potravou pre dravých bezstavovcov, ale aj pre drobných a väčších stavovcov- od článkonožcov, cez hlodavce a vtáky až po veľkých cicavcov.

Dobrý príklad trofickej dynamiky obsahujúcej rozkladače v pôdnom biotope predstavujú výsledky práce Gao et al., (2017), v ktorej boli skúmané rôzne kombinácie spoločného rozšírenia invázných pôdnych červov, stonôžiek v roli generalistického predátora a predstaviteľa malých článkonožcov v podobe chvostoskokov. Zistilo sa, že počty chvostoskokov boli regulované prítomnosťou invázných červov najmä v prvých týždňoch experimentu. Príčina nie je objasnená, no tento tím výskumníkov predpokladá, že dôvodom by mohla byť konzumácia vajíčok chvostoskokov v listovej vrstve červami či ich činnosťou spôsobený úbytok potravinových možností pre chvostoskokov. Časom biomasa červov klesala, čo spôsobilo zníženie negatívneho efektu na biomasu malých článkonožcov. Negatívny vplyv stonôžiek na chvostoskokov nebol zaznamenaný, čo bolo zrejme ale spôsobené konkrétnym výberom druhov, keďže tento výsledok bol v rozpore s inými štúdiami (POSER, 1988; SALMON et al., 2005). Biomasa stonôžiek však stúpala v interakcii s červami, ktoré teda zrejme pre týchto predátorov slúžili ako zdroj potravy. Nepriamou úmerou v tomto prípade teda klesala abundancia červov pôsobením stonôžiek, čo teda znamená, že za určitých okolností môžu mať určité druhy

stonožiek pozitívny dopad na abundanciu chvostoskokov, ktorým zníženie početnosti červov vyhovuje aspoň určitý čas.

1.2 Charakteristika druhu *Porcellio scaber*

Žižiavka obyčajná, *Porcellio scaber*, Latreille 1804, je živočích radený do kmeňa článkonožce (Arthropoda), podkmeňa kôrovce (Crustacea), triedy rakovce (Malacostraca), radu rovnakonôžky (Isopoda), podradu suchozemské rovnakonôžky (Oniscidea) a čeľade Porcellionidae. Ako súčasť detritofágneho edafonu rovnakonôžky požírajú odumierajúcu organickú hmotu živočíšneho i rastlinného pôvodu, čím sprístupňujú tento materiál nižším trofickým stupňom. Nie je im cudzí ani kanibalizmus.

Napriek tomu, že kedysi opustili vodné prostredie a prešli na to suchozemské, stále k prežitiu vyžadujú pomerne vlhké podmienky (BROLY et al., 2013). Aj táto skupina organizmov, do ktorej žižiavka patrí, čelí rôznorodej skupine predátorov. Možné hrozby pre jej zástupcov predstavujú predátori patriaci medzi bezstavovcov i stavovcov. Príkladmi bezstavovcov predujúcich na suchozemských rovnakonôžkach sú mravce, pavúkovce, stonôžky, dravé chrobáky a podobne (TUF, 2017). Potenciálni predátori z rád stavovcov sú obojživelníci, jašterice, vtáky, hlodavce, piskory či ježovia (BUREŠ a WEIDINGER 2003). Avšak pre väčšinu predátorov nepredstavuje žižiavka pravidelný zdroj potravy, či už pre ich veľkosť, alebo funkčnosť antipredačných stratégií, ktorými žižiavka disponuje (ŘEZÁČ a PEKÁR, 2007).

Zrejme najčastejšie využívanou antipredačnou stratégiou je útek, i keď rýchly pohyb nepatrí k silným stránkam tohto živočícha. Pri skúmaní rýchlostí rôznych taxónov bezstavovcov (HIRT et al., 2017) bolo zistené, že detritivorné skupiny sú všeobecne pomalšie ako ostatné potravné typy, pričom súčasťou výskumu boli i samotné rovnakonôžky. Za možný dôvod autori uvádzajú kombináciu troch vplyvov. Prvým je fakt, že rozkladače nemusia disponovať rýchlosťou pre ulovenie koristi. Druhým faktorom je prostredie, v ktorom žijú a ktoré im neumožnilo evolučne rozvíjať rýchly pohyb. Tretím spomínaným dôvodom je silný exoskelet, ktorý znižuje potrebu a možno i možnosť bleskového úteku. Výskum zároveň ukázal, že telesná hmotnosť a rýchlosť jedinca sú v pozitívnej korelácii, čo znamená, že väčší jedinec je zároveň rýchlejší. Tento trend bol v skupine obsahujúcej rovnakonôžky výrazný (HIRT et al.,

2017). Súčasťou úteku často býva vyhľadanie úkrytu. Jedná sa o schopnosť pohybu na súši, nedá sa teda hovoriť o vlastnosti primárne získanej pre obranu voči predácii.

Ďalšou behaviorálnou stratégiou je tonická imobilita - stav strnulosti. Ide o reverzibilný stav fyzickej nehybnosti, počas ktorého má živočích zníženú či úplne chýbajúcu reaktivnosť na vonkajšie podnety (GALLUP, 1974). Tento termín nie je vo všetkých literárnych dielach považovaný za zhodný s významom termínov tanatóza či predstieranie smrti, keďže v tomto prípade nedochádza k zmene pozície tela tak, aby živočích vyzeral ako mŕtvy (QUADROS et al., 2012). V otázke tonickej imobility má veľkú váhu individualizmus – špecifiká tohto behaviorálneho prejavu nezávisia len od druhu, ale taktiež na personalite jedinca. Jedná sa o ochotu reagovať na stimul tonickej imobilitou, jej trvanie a podobne. Tuf so svojim tímom skúmal personalitu žižavky obyčajnej pomocou reakcií na tri typy podnetov: dotyk, stlačenie a pád. Výsledky okrem iného ukázali, že individuálne rozdiely v trvaní tonickej imobility existujú (TUF et al., 2015). Taktiež sa však zaznamenalo, že reaktivnosť strnulosťou bola pomerne nízka a oveľa častejší bol útek. Tonickej imobilita môže pomôcť pri vyhnutí sa predátorovi tým, že si ju ten nevšimne, nie je pre neho nehybný živočích predačne atraktívny, alebo sa pomocou nej žižavka odlepí od zvislého povrchu, čím sa predátorovi stratí pádom (TUF, 2017). Táto situácia nemusí byť ojedinelá, keďže žižavky sa často pohybujú po stromoch, stenách, múroch a podobných povrchoch, čo nazývame vertikálnou aktivitou (BOER, 1961).

Nemenej dôležitým prostriedkom proti úspešnému napadnutiu žižavky je zabránenie preniknutiu predátora k citlivým častiam tela. Toto zabezpečuje na dorzálny strane silne inkrustovaný článkovaný pancier tvorený jednotlivými tergity chrániaci mäkké časti tela, účinný najmä proti menším predátorom. Ide o morfológickú vlastnosť žižavky. Počas rastu tento pancier vzliekajú a nahrádzajú ho novým. Žižavke môže získať čas na útek, keď ju ochráni pred prvotným útokom predátora. Pavúci rodu šesťočka špecializovaní na lov rovnakonôžiek dokážu obranný faktor panciera obísť vpichom chelicery pomedzi tergity či odhalením mäkkých častí koristi vďaka morfológickým prispôbeniam.

Ďalším obranným mechanizmom je chemická ochrana, kedy žižavka vylučuje látky odpudzujúce predátorov (SUTTON et al., 1980). Tejto vlastnosti živočíchov podradu Oniscidea sa bližšie venoval Gorvett (1956). Uvádza, že vylúčenie sekrétu bolo pozorované len po veľmi negatívnom stimule, ako bolo vhadenie do alkoholu, dotyk s rozžeraveným skalpelom či pichnutie ihlou. Látka vychádza zo žliaz na uropodoch

a na okrajových častiach hrudných článkov. Obsah žliaz zrejme súvisí i s neprijemnou arómou žižiavky. Mnoho pavúkov ju po chemotaktickej reakcii odmietne ako potravu. Gorvett (1956) taktiež uvádza koreláciu medzi stupňom vývoja repugnatorických žliaz rôznych rodov rovnakonôžiek a ich odmietaním pavúkmi ako potravy. U iných taxónov kôrovcov tieto žľazy neboli zistené.

Suchozemské rovnakonôžky sa veľmi často združujú do agregácií, ktoré môžu predstavovať jednotky až stovky jedincov, pričom najčastejšie je to niekoľko desiatok. Výhodami sú zníženie strát vody, ľahšie nájdenie sexuálneho partnera či dokonca získavanie zdrojov pomocou kanibalizmu (TUF, 2017). Táto vlastnosť taktiež jedincovi pomáha vyhnúť sa predátorovi, pretože zvyšuje šancu, že daný jedinec ostane predátorom nepovšimnutý pri väčšom počte živočíchov na jednom mieste. Agregácie nie sú tvorené len jedincami rovnakého druhu, bežné sú viacdruhové agregácie. So združovaním je spojený pojem tigmokinéza, ktorý vyjadruje tendenciu živočícha vyhľadávať kontakt, napríklad s telom druhého živočícha. Niektoré adaptácie sa primárne nevyvinuli ako obrana pred predátormi, či už ide o tvrdý pancier alebo beh (TUF a kol., 2015).

Ako dôležitú súčasť pôdnej makrofauny a zároveň ako vhodný objekt pre štúdium behaviorálnych vlastností je žižiavka obyčajná často skúmaná z viacerých hľadísk, ako je agragačné a spoločenské chovanie, personalita jedincov, prežívanie v náročnejších podmienkach, reakcie na znečistenie a degradáciu pôdy, predačnú hrozbu a iné.

1.3 Predátori špecializovaní na lov suchozemských rovnakonôžiek

Potravových špecialistov živiacich sa rovnakonôžkami je známych len málo. Řezáč a Pekár (2007) vo svojej práci hovoria o istých tropických mravcoch loviacich terestrické rovnakonôžky a bližšie opisujú rod pavúkov – šesťočiek (*Dysdera*) – v ktorom je niekoľko druhov špecializovaných na lov rovnakonôžiek. Táto vlastnosť je potvrdená napríklad u druhov *Dysdera erythrina* či *Dysdera crocata*. Tento rod je rozšírený najmä na západe palearktiskej oblasti (Řezáč et al., 2007). Šesťočky nepoužívajú k lovu siete, sú aktívnymi nočnými hľadačmi koristi, pričom deň prečkávajú v úkrytoch (ŘEZÁČ a PEKÁR, 2007). Okrem priameho pozorovania predácie v prírode (Bristowe, 1958; Hopkin & Martin, 1985) boli pri potvrdzovaní špecializácie zistené aj jedinečné antigény v ich tráviacom trakte (SUNDERLAND a SUTTON, 1980) a zvyšky rovnakonôžiek v ich úkrytoch (COOKE, 1965).

Výskumníci si kladú otázku, či sú rovnakonôžky jedinou potravou šesťočiek, ktoré boli potvrdené ako ich predátori. U takto pozorovaných šesťočiek môžeme vidieť i morfológické vlastnosti, ktoré by mohli súvisieť s prispôsobením sa na lov suchozemských kôrovcov. Jedná sa o predĺžené chelicery a celkovú zmenu ich tvaru (BRISTOWE, 1958; POLLARD et al., 1995). Řezáč a Pekár teda uvažujú o tom, že takáto adaptácia by mala znamenať užšiu špecializáciu, čo ale podľa nich vyvracajú laboratórne experimenty, pri ktorých šesťočky lovili väčšinu predhodených článkonožcov. Ďalej dokladajú, že alternatívna potrava pre špecialistov má často nízku hodnotu a nie je tak prospešná pre zlepšenie fitness. Potvrdili to aj vo svojom výskume, v ktorom skúmali vývin a zmenu váhy druhu *Dysdera hungarica* v závislosti na type potravy (ŘEZÁČ a PEKÁR, 2007). Vytvorili tri skupiny: jedna skupina sa živila výhradne rovnakonôžkami, druhá muchami a tretej skupine boli podávané tak rovnakonôžky, ako aj muchy. Skupiny, ktoré obsahovali rovnakonôžky, mali rýchlejší vývin a aj väčšiu váhu, avšak signifikatne väčšia časť šesťočiek lovila muchy.

Počas iného výskumu sledovali rôzne morfológické typy chelicier piatich druhov šesťočiek (ŘEZÁČ, PEKÁR, LUBIN, 2007). Boli vytvorené tieto kategórie: nemodifikované chelicery, slabo predĺžené chelicery, silne predĺžené chelicery, chelicery dorzálne sploštené s predĺženým jedovým zubom a chelicery s dorzoventrálne splošteným jedovým zubom. Zistilo sa, že šesťočky s nemodifikovaným ústnym ústrojenstvom lovili menšie mäksie článkonožce, pričom vôbec nepredovali rovnakonôžky. Ostatné štyri skupiny ochotne rovnakonôžky lovili, pričom pre tie so silne predĺženými klepietkami predstavovali rovnakonôžky jedinú korisť. Tieto skupiny lovili rovnakonôžky veľmi efektívne a rýchlo, viacerými spôsobmi závisiacimi na type klepietok. Ako príklad slúži stratégia, kedy šesťočka vychýlila pred útokom jedno klepietko smerom nahor, druhé nadol. Tento úkon sa pri útoku prejavil tak, že jedno klepietko sa dostalo pod rovnakonôžku, a druhé ju prichytávalo zvrchu. Dolné klepietko preniklo cez ventrálnu časť tela koristi. Dorzoventrálne sploštenie chelicier iného druhu zas umožňuje predátorovi penetráciu rovnakonôžky pomedzi tergity. Morfológické adaptácie špecialistov sú častejšie pozorované ako zmeny v zložení jedu či v správaní. Nakoľko ústne ústroje sú u pavúkov zväčša uniformné, jedinečná odlišnosť naznačuje súvislosť s potravinovou špecializáciou (Řezáč, Pekár, Lubin, 2007).

2 Ciele práce

- Review literatúry venujúcej sa problematike potravných sietí a záujmovým skupinám živočíchov
- Zistiť, či pre vybrané druhy predátorov predstavuje žiživka obyčajná možnú korisť pomocou vlastného výskumu
- Zhodnotiť behaviorálne vlastnosti žiživky obyčajnej a jej predátorov pri vzájomnej interakcii

3 Materiál a metódy

3.1 Zber a príprava

Na prelome septembra a októbra 2018 prebehol zber skúmaných živočíchov. Hlavná časť zberu prebehla počas niekoľkých dní v oblasti mestského parku Bezručovy sady mesta Olomouc v Českej republike. V menšej miere sa tiež zbieralo na iných územiach. Zber bol zameraný na jedincov suchozemských rovnakonôžiek druhu žižavka obyčajná a na ich potenciálnych predátorov, ako sú stonôžky, rozličné druhy pavúkov a dravé druhy chrobákov. Zozbieralo sa niekoľko desiatok žižaviek a 8 pavúkov, z čoho boli 4 druhy kútnik tmavý (*Eratigena artrica*), jeden jedinec rodu skálovka (*Scotophaeus* sp.) a 3 jedinci trasavky koscovitej (*Pholcus opilionoides*). Taktiež boli získaní traja zástupcovia veľkých bystrušiek a 8 stonôžiek obyčajných (*Lithobius forficatus*). Živočíchov boli umiestnené do chovných nádob s otvormi pre vzduch. Vo vnútri bolo simulované ich prirodzené prostredie - nádoby s rovnakonôžkami obsahovali pôdnu hrabanku s kartónovými či prírodnými úkrytmi. Vlhkosť bola udržiavaná pridávaním vody rozprašovačom raz za týždeň. Raz do týždňa bola podávaná aj potrava v podobe mrkvy či hlávkovej kapusty. Bystrušky a stonôžky boli chované obdobne, no boli kŕmené larvami múčiara. Nádoby s pavúkmi obsahovali len úkryty a malé množstvo hrabanky na udržanie vlhkosti. Teplota prostredia bola približne 20-22°C.

3.2 Výskum

Plastové štvorcové nádoby o rozmeroch 20x20 centimetrov s hĺbkou 10 centimetrov boli vyplnené približne 2 centimetrami sádry, ktorá okrem udržiavania vlhkosti v nádobe slúžila aj k lepšej viditeľnosti zvierat na videozázname vďaka bielej farbe sádry a tmavšej farbe živočíchov. Následne bol do nádoby umiestnený priehľadný červený kryt z plastu, ktorý mal slúžiť ako úkryt pre oba živočíchov. Vďaka priehľadnosti boli živočíchov a ich správanie zachytené i pod týmto krytom, zatiaľ čo červená farba mala vytvárať pre skúmaných bezstavovcov tmavé prostredie. Tento predpoklad je založený na fakte, že článkonožce len slabo alebo vôbec nevnímajú červené farebné spektrum (BRUCE-WHITE a SHARDLOW, 2011). Po zvolenej dobe adaptácie predátora v takto pripravenej nádobe (30 min.- 24h), aby došlo k jeho

upokojeniu, bol k nemu prihodený jedinec rodu žiživka vhodnej veľkosti. Nasledujúce udalosti v nádobe boli zaznamenávané zhora kamerou po dobu 30 minút. Pozornosť bola upriamená na vzájomnú interakciu predátora a potenciálnej koristi, ochotu predácie a jej spôsob, reakcie žiživky na kontakt s predátorom a prípadné pozorovanie antipredačných stratégií rovnakonôžky. Nahrávanie trvalo 30 minút. V ďalších nádobách zatiaľ prebiehala adaptácia ostatných predátorov, u ktorých prebehol rovnaký postup. Ak išlo o nočného predátora, nahrávanie prebiehalo pod červeným svetlom bez iného svetelného zdroja, čím boli simulované podmienky noci.

Videozáznamy z testovania boli rozčlenené do troch kategórií podľa druhu predátora a bola podrobne zaznamenaná aktivita oboch živočíchov pri a tesne po vzájomnom kontakte. Každá z týchto skupín bola hodnotená pomocou štyroch podskupín na základe aktivity živočíchov pri jednotlivých interakciách: aktívny predátor, pasívny predátor, aktívna žiživka, pasívna žiživka. Po kontakte boli zo strany predátora sledované smrteľné napadnutia žiživky (predácia), obranné či výstražné správanie predátora voči rovnakonôžke (obrana), uvedenie pokojného predátora do lokomócie smerom od žiživky (útek) a zotrvanie predátora pri pôvodnej činnosti (ignorancia). Zo strany žiživky sa jednalo o útek od predátora (útek), prejav tigmataxie voči predátorovi (združovanie), upadnutie do tonickej imobility (TI) a nejavenie záujmu o predátora (ignorancia). Následne boli porovnávané všetky štyri podskupiny i tri skupiny navzájom, pričom bol zhodnotený jednotlivo aj predačný záujem o žiživku. K tomuto základnému testu boli po uvážení pridané ešte sprievodné testy. Niektorí predátori neboli ochotní prejavovať počas 30 minút záujem o korisť ani po dlhšej adaptácii, a preto bola korisť i predátor ponechaní spoločne v testovacej nádobe aj mimo kamery 12 až 24 hodín. V tomto prípade sa hodnotilo len, či v priebehu tohto času došlo ku konzumácii či aspoň usmrteniu žiživky. Táto stratégia riešila aj problém, že zástupcovia niektorých skupín lovia takmer výhradne v noci. Taktiež boli použité iné typy potravy k zisteniu, či nezáujem o rovnakonôžku pramení z nechuti k potrave ako takej, alebo sa jedná o odmietanie konkrétne tejto živočíšnej skupiny. Pre tento účel boli použité larvy múčiara obyčajného (*Tenebrio molitor*). Pre porovnanie predačnej úspešnosti jednotlivých kategórií predátorov, zhodnotenie aktivity žiživky závisiacej na type predátora a predačný záujem bystrušky o žiživku a larvu múčiara bola použitá jednocestná ANOVA.

Počas experimentov sa ukázalo, že niektoré druhy predátorov nie sú vhodné pre daný typ výskumu v daných podmienkach. Preto boli dáta z ich skúmania z tejto práce vylúčené. Konkrétne, jedinci druhu križiak obyčajný (lat. *Aranius diadematus*) neboli schopní v testovacích nádobách vytvoriť svoje štandardné siete, a teda neboli schopní ani lovu, takže po zahynutí niekoľkých jedincov sa od ich používania odstúpilo. Pri testovaní druhu trasavka koscovitá opakovane nedochádzalo k interakcii s korisťou (trasavka vyčkáva na korisť mierne spustená zo stropu miestnosti - v tomto prípade z veka nádoby. Problém s nulovou interakciou nastal aj pri testoch s menšími druhmi bystrušiek a s pavúkom roku skálovka (lat. *Scotophaeus*). Rod skálovka bol tiež zastúpený jediným jedincom, čo taktiež nevyhovovalo experimentu. Skúmanými predátormi teda boli kútnik tmavý, stonôžka obyčajná a veľkí zástupcovia bystruškovitých.

3.3 Stručná charakteristika použitých predátorov

3.3.1 Kútnik tmavý

Kútnik tmavý (*Eratigena atrica*) z čeľade kútnikovité (Agelenidae), európsky druh samotárskeho pavúka, je známym živočíchom, nakoľko sa často zdržuje v blízkosti ľudských obydli a aj v nich. Ide o jeden z najväčších druhov pavúkov na našom území. Zdržiava sa pod kameňmi, kôrou stromov, v jaskyniach, v dierach prirodzených i antropogenne vzniknutých povrchoch a na podobných miestach. Tu vytvára silnú nepravidelnú pavučinu, ktorá má často na konci úkrytu tvar tunelu. Pavučina je nelepivá a keď korisť vstúpi na sieť a vojde do tunela, kútnik, dovtedy nehybný, vybehne po návštevníkovi. Pokiaľ nie je sieť utkaná do tvaru tunela, lov prebieha obdobne. Jedná sa teda o takzvaného sit-and-wait stratéga, ktorý potravu aktívne nevyhľadáva, ale vyčkáva, kým potrava príde dostatočne blízko k nemu (PRUITT, 2010). Jonathan Pruitt vo svojej práci uvádza, že sit-and-wait stratégovia počas experimentov požívali potravu signifikantne častejšie, ako aktívni vyhľadávači. Kútnik nie je špecializovaný na určitý druh potravy a ide o značne žravého živočícha. Jeho jed je dostačujúci pre lov primerane veľkej koristi k jeho telu, pre živočícha veľkosti človeka nepredstavuje jed hrozbu, avšak chelicery sú dosť silné na preniknutie cez kožu. Môže dosahovať veľkosti približne do 7 centimetrov v rozpätí nôh. S jeho solitárnym spôsobom života súvisí aj silne teritoriálne správanie. Samičky môžu usmrtiť a zožrať samčeka aj v prípade, že

samček mal v pláne sa páriť, dokonca aj po samotnom párení (FOELLMER a Moya-LARANO, 2014). Aj napriek tomu, že môžeme vidieť viac dospelých jedincov kútnika na relatívne malej ploche, neznamená to sociálnu väzbu. Ich vzájomná agresivita nie je ničím ojedinelým. Tento jav je jedným z prejavov agonistického správania (ARCHER, 1986). Avšak to neplatí pre mladých jedincov z rovnakého vrhu. Tie niekoľko mesiacov po vyliahnutí ostávajú pospolu. Agresívna interakcia adultných štádií k ostatným jedincom tiež nie je obligatórna (POURIÉ et al., 2005). Vzhľadom na miesta, kde má kútnik tmavý často svoj úkryt, je jeho stret so žižiavkou obyčajnou bežný. Výskum Petry Hudcovej (2016) však ukázal, že žižiavky sa vyhýbajú kontaktu s pavúkom a jeho prítomnosť vplýva na ich správanie.

3.3.2 Stonožka obyčajná

Stonožka obyčajná (*Lithobius forficatus*), patriaca do kmeňa článkonožce (Arthropoda), podkmeňa viacnôžky (Myriapoda), triedy stonôžky (Chilopoda) čeľade stonôžkovité (Lithobiidae) je vlhkomilný predátor žijúci v horných vrstvách pôdy, v listovej hrabanke, pod kameňmi, kôrou stromov a na podobných miestach. Počas vývinu prechádza cez štyri larválne štádiá. Odhadovaná doba života je päť až šesť rokov, z čoho trvá adultné štádium tri až päť rokov. Doba kladenia vajíčok súvisí so zvýšením teploty a teda závisí od zemepisných, klimatických a lokálnych podmienok. V laboratórnych podmienkach dochádzalo k rozmnožovaniu celoročne (LEWIS, 1981). Pri nedostatku potravy môžu upadnúť do kviescencie. Curry (1974) zistil, že sa tak deje pri strate 20-30% telesnej hmotnosti. Okrem jedného páru tykadiel hlava stonôžky obyčajnej nesie veľký počet očiek, nahlúčených do dvoch skupín, pričom každá je na jednej strane hlavy. Potravu spracúvajú pomocou mandibúl a dvoch párov maxíl. Z prvého záhlavného článku smerom k ústnemu otvoru vystupuje pár nôh premenených na forcipuly obsahujúce jedovú žľazu, slúžiace na lov a obranu. Jednotlivé telové články sú z dorzálnej strany chránené tergitom a z ventrálnej sternitom, pričom kutikula nie je nijak zvlášť tvrdá. Dýchanie prebieha pomocou vzdušnic. So svojimi štrnástimi párami kráčavých nôh vie vyvinúť veľmi rýchly pohyb, ktorý využíva či už pri love, alebo pri úteku pred hrozbou či svetlom (LEWIS, 1981). Okrem kráčavých nôh má ešte jeden pár nôh vlečných, a na konci tela pohlavné gonopody. Počet párov nôh zodpovedá počtu telových článkov. Vlečné nohy slúžia ako zmyslový či zriedkavejšie obranný orgán (KENNING a kol. 2019). Sú to najdlhšie nohy stonôžiek. Stonožka loví

drobné pôdne živočíchy vrátane lariiev hmyzu, červov a suchozemských rovnakonôžiek. Nepohrdne ani pomerne čerstvo uhynutými živočíchmi.

3.3.3 Bystruška

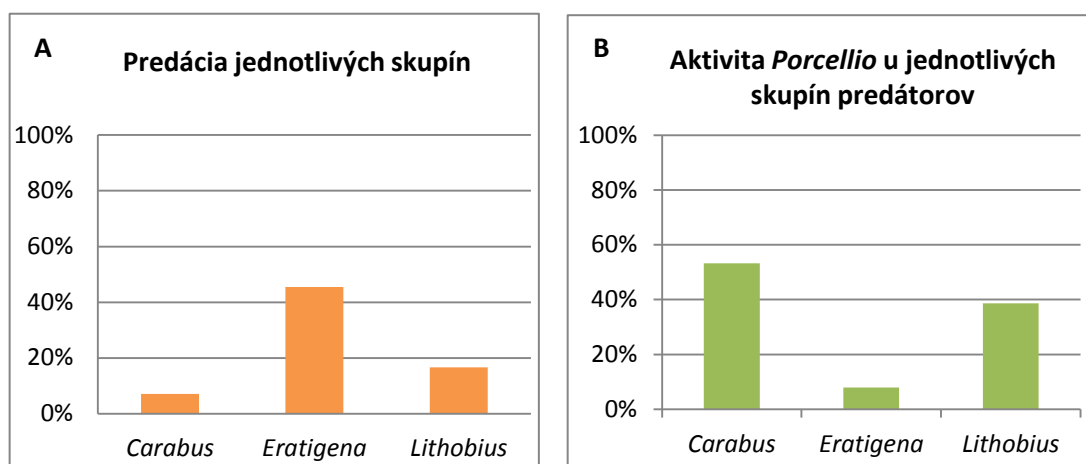
Bystruška je zástupca chrobákov čeľade bystruškovité, v ktorej sa početnosť pohybuje na území Českej republiky blízko 500 druhom. V čeľadi bystruškovité nájdeme aj polyfágne či herbivorné rody, rod *Carabus* obsahuje i zoofágne druhy. Ide o veľké a behajúce druhy, ktoré v druhotnom vývoji stratili možnosť letu - zrastením tvrdých kroviek sa z nich stali apterné živočíchy. Ich veľkosť v strednej Európe sa pohybuje medzi 1,5 až 4 centimetrami (BOHÁČ, 2005; HORÁK, 2008). Larvy týchto chrobákov sú oligopodné a dravé, s čím súvisí aj prognátny typ hlavy. Dospelý jedinec má nit'ovité tykadlá a dlhé silné nohy (HŮRKA et al., 1996). Bystrušky preferujú vlhké, nie príliš teplé prostredie lesa, jeho okrajov, lúk, stepí, záhrad, blízkosť polí a podobne. Práve v okolí polí je často vo večerných hodinách možné vidieť bystrušku, keďže v lete je cez deň hospodárska plocha ničím nezatienená a vysokým teplotám sa tieto chrobáky vyhýbajú. Cez deň sa ukrývajú v podzemných či vonkajších úkrytoch. Potravu vyhľadávajú aktívne, veľmi často sú to predátori noční. Vďaka fyzickej sile dokážu usmrtiť i väčšiu korisť. Ich potravou je široké spektrum bezstavovcov ako sú d'ážďovky, slimáci, larvy hmyzu, červy a iní zástupcovia edafonu či epigeického prostredia. Ako potrava im tiež môžu slúžiť uhynuté živočíchy (FOLTAN a kol, 2005). Ide o značne žravé organizmy, ktoré sa stali významnými regulátormi herbivorných škodcov (HORÁK, 2008). Čas pokoja často trávajú v nehybnej póze so sklonenou hlavou. Rozmnožovanie prebieha raz do roka a to na jar alebo cez leto. Synchronizácia jedincov je zabezpečená predchádzajúcou diapauzou (HŮRKA et al., 1996). Vzhľadom na fakt, že mnoho druhov je súmračných či nočných, stret so žižiavkou obyčajnou je možný, taktiež vyhľadávajú podobné úkryty. No mnoho bystrušiek obýva lesné lokality, ktoré nie sú pre žižiavku obyčajnú úplne bežné.

4 Výsledky

4.1 Vyhodnotenie predácie

Predátorom najčastejšie usmrucujúcim žižiavku bol kútnik tmavý. Bystruškovití chrobáci naopak lovili rovnakonôžku najmenej. Stonôžky taktiež prejavovali o korisť nevelký záujem, no bol väčší ako v prípade bystrušiek. Kútnik tmavý usmrtil a skonzumoval žižiavku vo viac ako 45 % pokusov. Rozdiel medzi ním a zvyšnými dvoma predátormi sa silne blížil k hodnote štatistickej významnosti ($F_{3,275} = 3,027$, $p = 0,06$). Nastávali však aj situácie, kedy po prvotnom útoku odmietol žižiavku ako potravu. Pre bystrušky sa žižiavka stala korisťou len v 7% pokusov, čo koreluje z vysokým nezaujmom bystrušky o rovnakonôžku pri sledovaní interakcií. Stonôžky ulovili suchozemského kôrovca v 17 % pokusov.

V závislosti na konkrétnom predátorovi sa líšila i aktivita žižiavky. Z porovnania grafov predácie a aktivity žižiavky (obr. 1) sa dá vyčítať, že najaktívnejšia bola pri predátorovi, ktorý ju lovil najmenej. Naopak signifikantne najmenej aktívna bola pri kútnikovi, ktorý vykazoval najvyššiu predačnú tendenciu ($F_{3,102} = 66,866$, $p < 0,01$).



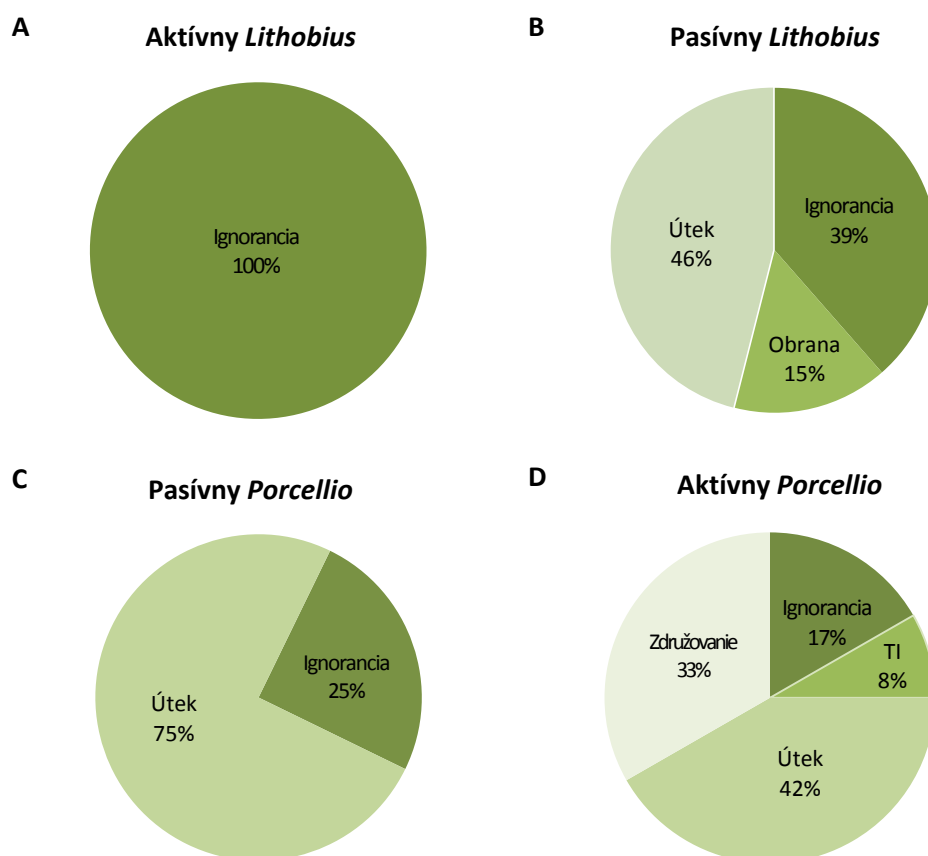
Obr. 1 Porovnanie parametru predácie a parametru aktivity rovnakonôžky:

A) Percentuálne vyjadrenie počtu usmrtení žižiavky vzhľadom na celkový počet pokusov pre jednotlivé skupiny predátorov B) Percentuálne vyjadrenie aktívneho správania žižiavky pre každú skupinu z celkového počtu sledovaných interakcií, pri ktorých sa žižiavka aktívne pohybovala

4.2 Vyhodnotenie skúmaných živočíchov na záznamoch

4.2.1 Interakcie stonôžky *Lithobius forficatus* a rovnakonôžky *Porcellio scaber*

Stonôžky obyčajné boli v testovacích nádobách pomerne neaktívne. V prípade ich nehybnosti, kedy k interakcii došlo zapríčinením aktívnej žiživky, bola stonôžka v 46 % prípadov vyrušená a ušla z miesta stretu (obr. 2). V 39 % však nijak výrazne nereagovala na jej prítomnosť či dotyk a ostala pokojná. To platilo aj keď bola žiživka priamo pod ústnym otvorom stonôžky. V 15 % prípadov reagovala defenzívnym útokom, ktorým žiživku odohnala a sama stonôžka sa hneď potom stiahla späť. Obranné útoky prebiehali ako vymrštenie prednej časti tela kusadlami smerom k žiživke, pričom zadná časť tela sa nepohla. Predácia nebola pozorovaná. V situáciách, kedy stonôžka aktívne prehľadávala nádobu, nedošlo k žiadnej reakcii na žiživku, takže percentuálna hodnota paramatru ignorancie dosiahla 100 %.



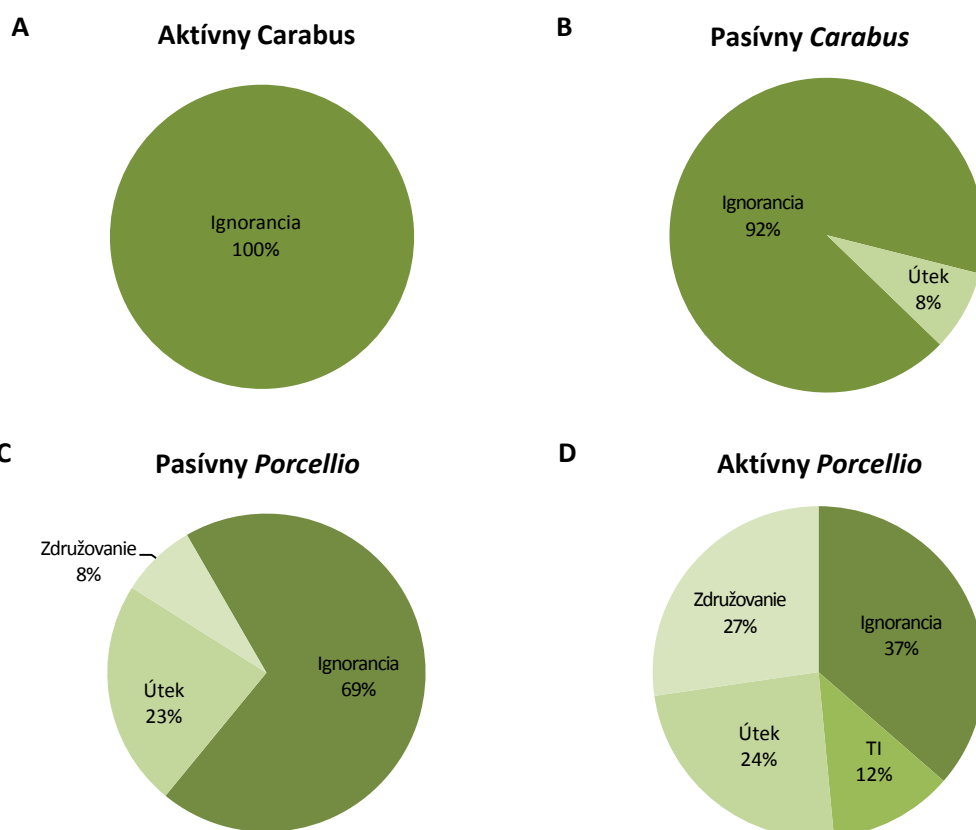
Obr. 2: Porovnanie behaviorálnych reakcií predátora (*Lithobius forficatus*) a koristi (*Porcellio scaber*) pri vzájomnej interakcii: A) Predátor aktívne pohybujúci sa v priestore B) Predátor odpočívajúci na mieste C) Korisť odpočívajúca na mieste D) Korisť aktívne pohybujúca sa v priestore

Žiživka sa vyznačovala aktívnym správaním (obr. 2). Počas tohto správania sa v 33% prípadov prejavila tigmotaktická reakcia – žiživka po narazení na stonôžku ostala v jej blízkosti, pričom s ňou udržovala fyzický kontakt. Často zaliezala pod telo stonôžky, či aspoň pod jej kráčavé končatiny, kde zotrvala dlhú dobu. Pozorovaný bol aj kontakt s ústnym ústrojenstvom stonôžky, pod ktorým žiživka zotrvala niekoľko minút. Po úteku stonôžky sa k nej tiež znova vracala a opakovala tigmotaktickú reakciu. V 17 % prípadov si stonôžku nevšímala a pokračovala v prehl'adávaní nádoby. Najčastejšou reakciou bol útek, ktorý bol zaznamenaný v 44 % interakcií. Tonická imobilita nastala len v 8 % prípadov. Ak bola žiživka pasívna, jej prevládajúcou reakciou bol opäť útek (75 %) a zvyšných 25 % zaberala ignorancia. Týchto interakcií (pasívna žiživka) bolo však podstatne menej.

4.2.2 Interakcie chrobákov rodu *Carabus* a rovnakonôžky *Porcellio scaber*

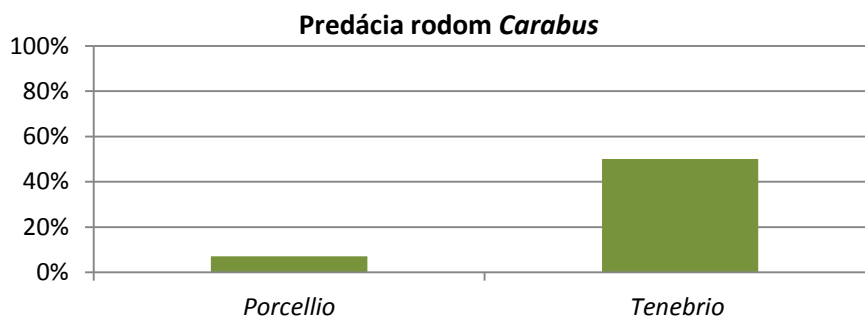
Zástupcovia bystruškovitých patrili pri výskume k aktívnejším živočíchom, i keď ani pokojné stavy neboli výnimkou (obr. 3). Ak bola bystruška aktívna, tak reagovala na prítomnosť žiživky len nevýznamne. Ignorancia bola teda pozorovaná v 100 % prípadov. Podobne tomu bolo i pri pasívnom správaní chrobáka s tým rozdielom, že 8 % reakcií zabral útek od žiživky. Zvyšných 92 % patrí ignorancii. Bystruška nejavila záujem o rovnakonôžku ani v prípade, že tá trávila čas priamo pod predátorovými kusadlami. Taktiež výrazne nereagovala, keď rovnakonôžka vyliezla na jej dorzálnu časť tela a chvíľu tam zotrvala. Predácia ani obranné správanie neboli pozorované.

Žiživka prejavovala veľkú aktivitu i záujem o druhého živočícha. 27 % interakcií v aktívnom stave tvorilo jej združovanie s predátorom. Najčastejšie šlo o skrytie sa pod telo bystrušky a prečkávanie pod ním. Pozorované bolo i lezenie po krovkách chrobáka a zotrvanie na vrchnej časti tela. Žiživka si predátora nevšímala v 37 % prípadov, útek zahájila v 24 %. Útek prevládal najmä v prípadoch, ak bol aktívny i predátor a narazil na žiživku v pohybe. Tonická imobilita bola videná v 12% interakcií. V pasívnom stave prevládala ignorancia (69 %), útek zaberá 23 % reakcií. 8 % pripadlo na situáciu, kedy sa pokojná žiživka po príchode bystrušky posunula tak, aby bola pod jej telom.



Obr. 3: Porovnanie behaviorálnych reakcií predátora (*Carabus*) a koristi (*Porcellio scaber*) pri vzájomnej interakcii: A) Predátor aktívne pohybujúci sa v priestore B) Predátor odpočívajúci na mieste C) Korisť odpočívajúca na mieste D) Korisť aktívne pohybujúca sa v priestore

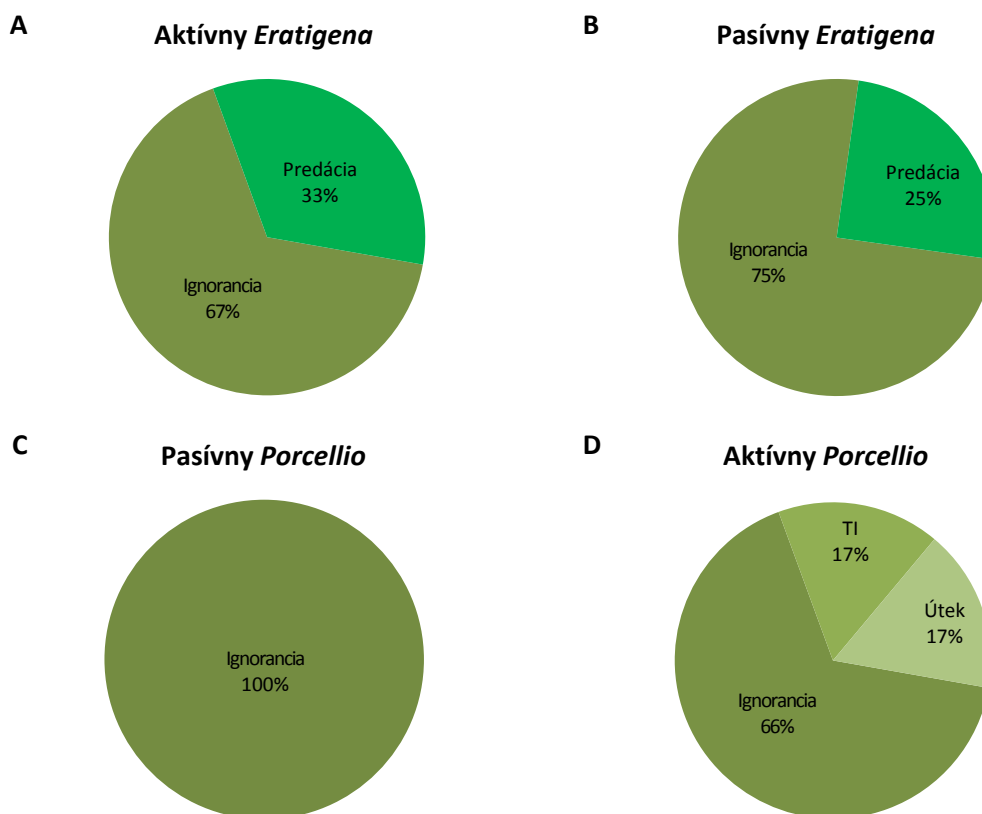
Pri podaní larvy múčiara obyčajného bystruške došlo k predácii v 50 % prípadov (obr. 4), zatiaľ čo len v 7 % sa stala korisťou žiživka. Tento rozdiel je štatisticky signifikantný ($F_{4,351} = 6,385$, $p = 0,02$). Larva bola lovená aj bezprostredne po odmietnutí žiživky.



Obr. 4: Percentuálne porovnanie ochoty jedincov rodu *Carabus* loviť *Porcellio scaber* a *Tenebrio molitor*

4.2.3 Interakcie pavúka *Eratigena atrica* a rovnakonôžky *Porcellio scaber*

V prípade, kedy bol predátorom kútnik tmavý, bolo zaznamenaných najmenej interakcií zo všetkých troch kategórií (obr. 5). Predpokladaným dôvodom nedostatku interakcií je znížená aktivita rovnakonôžiek, ak je v blízkosti hrozba v podobe pavúka. Z porovnania videozáznamov je táto znížená aktivita dobre pozorovateľná, ak porovnáme záznamy zo skúmania interakcií tejto skupiny a zvyšných dvoch. Žiživky sa väčšinou zdržiavali len na jednom mieste, či aspoň ďalej od kútnika. Ďalším dôvodom je fakt, že kútnici lovili žiživku narozdiel od stonôžiek a bystrušiek i počas nahrávania, takže pozorovanie ďalších interakcií nebolo možné. Pavúci taktiež neboli tak pohybliví ako ostatné dve skupiny predátorov.



Obr. 5: Porovnanie behaviorálnych reakcií predátora (*Eratigena atrica*) a koristi (*Porcellio scaber*) pri vzájomnej interakcii: A) Predátor aktívne pohybujúci sa v priestore B) Predátor odpočívajúci na mieste C) Korisť odpočívajúca na mieste D) Korisť aktívne pohybujúca sa v priestore

Pohyb preč vyvolaný kontaktom so žiživkou ani obranná reakcia proti nej neboli zaznamenané. Ak bol pavúk aktívny, parameter ignorancie dosiahol 67 %. Zvyšných 33 % pripadalo predácii. V prípade pavúkovho vyčkávania na mieste 75 % patrilo ignorancii, v 25 % prípadov došlo k usmrteniu a konzumácii rovnakonôžky. Dát

z pohľadu žiživky bolo kvôli jej zníženej aktivite veľmi málo. Ignorancia predátora bola u aktívnej žiživky zaznamenaná v 66 % prípadov, u pasívnej to bolo 100 %. Aktívna žiživka upadla do strnulosti v 17 % pozorovaní, útek zabral taktiež 17 %. Tieto dáta ale nezohľadňujú fakt, že kontakt medzi týmito dvoma živočíchmi bol len ojedinelý, a oveľa častejšie sa žiživka držala čo najďalej od predátora.

5 Diskusia

V tejto práci bol skúmaný vzťah korisť – predátor u žiživky obyčajnej a vybraných druhov predátorov zo skupiny bezstavovcov. Boli použítí nešpecializovaní predátori – generalisti – stonôžka, bystruška a pavúk. Pavúkom bol kútnik tmavý (*Eratigena atrica*).

Tento kútnik bol spolu s dvoma ďalšími druhmi testovaný i v práci Pekára et al., (2016). Ďalší pavúk bol druh známy lovením rovnakonôžiek - šesťočka (*Dysdera crocata*) a posledným bol generalista trasavka veľká (*Pholcus phalangoides*). Pavúci boli podrobení diéte na rodoch *Armadillidium* a *Porcellio*. V kontrolnej skupine predstavovali korisť rôznorodí článkonožci. Výsledky ukázali, že diéta pozostávajúca len z jedincov rodu *Porcellio* veľmi vyhovovala šesťočke, zatiaľ čo dva zvyšné druhy neniesli túto potravu dobre. Kútnik signifikantne menej prežíval na diéte z rovnakonôžiek pri porovnaní s prežívaním pri rôznorodej potrave. Telesná hmotnosť i frekvencia rozmnožovania bola výrazne nižšia, ak sa pavúk živil len rovnakonôžkami. Autori uvádzajú, že kútnik lovil žiživku len veľmi vzácnne, a to len v prípade, keď bola žiživka vyvrátená ventrálnou časťou tela smerom nahor. Toto pozorovanie sa nezhoduje s mojim výskumom, keďže kútnici boli opakovane zaznamenaní pri útoku na žiživku, aj keď bola v prirodzenej pozícii – pancierom nahor. Predačnú úspešnosť kútnika 45 % tiež neoznačujem za vzácnu. Je však pravdou, že pavúk bol pozorovaný aj pri odmietnutí žiživky ako potravy, a tak isto i pri neúspešnom útoku. Výsledky ich výskumu tiež ukázali, že trasavka bola v love žiživky úspešnejšia ako kútnik. Pri mojom výskume sa trasavky predačne ani inak neprejavovali a preto boli označené za nevhodné pre výskum a vylúčené z ďalších testov.

Pekár s tímom (2016) spomína možnosť nízkej nutričnej hodnoty žiživky pre kútnika, ktorá môže byť dôvodom jeho strádania spolu s nechotou loviť i s nedokončeným požívaním usmrtenej žiživky. Malý počet interakcií medzi pavúkom a žiživkou a jej prevažný odstup od predátora korešponduje s výsledkami práce Petry Hudcovej (2016), ktorá sledovala správanie sviniek v prítomnosti šesťočky. Zistila, že rovnakonôžky si udržovali signifikantne väčší odstup od malej klietky v nádobe, ak v nej bol umiestnený pavúk. Aktivita žiživky pri stonožke či bystruške sa ukázala

signifikantne vyššia ako pri kútnikovi. To by mohlo naznačovať, že oproti pavúkovi nerozpoznáva u zvyšných dvoch predátorov nebezpečenstvo na väčšiu vzdialenosť, pričom útek prevažoval až po bližšom kontakte s predátormi. Vysokú mieru ignorancie pavúka žiživkou pri ich blízkom strete prisudzujem len nedostatočnému množstvu údajov. Preto je v tomto prípade dôležitejším ukazovateľom miera aktivity rovnakonôžky. Výskum venujúci sa rozdielom v úspešnosti útoku v závislosti na type modifikácie chelicer (ŘEZÁČ et al., 2007) ukázal, že pavúk s nemodifikovanými kusadlami nelovil rovnakonôžky, naproti čomu špecializované druhy boli veľmi efektívne. Mnou skúšaní jedinci kútnika tmavého však uspeli vo väčšine útokov, pri ktorých nestratili sami o korisť záujem (71 %). Bol pozorovaný i útek žiživky, keď sa pavúk pokúsil priamo prekonať jej pancier. Niektorí jedinci však žiživku pri útoku obrátili mäkkou časťou nahor.

Dôležitou znalosťou pri skúmaní predačných interakcií je i pravdepodobnosť stretnutia skúmaných živočíchov vo voľnej prírode. Kútnik je jedným z najčastejšie sa vyskytujúcich pavúkov v blízkosti ľudských obydlií či priamo v nich. Jeho výskyt v ľudských obydliach je najčastejšie pozorovaný v poslednej tretine leta a na jeseň. (HART et al., 2018). Väčšina článkonožcov, ktoré by im mohli slúžiť ako potrava, sa do obydlií dostáva len náhodne a nezdržiava sa tam po dlhší čas. Z toho dôvodu môžu byť zdroje potravy pomerne obmedzujúcim faktorom a stálejší obyvatelia antropogénneho prostredia sa môžu stať hlavnou potravou pre týchto predátorov. Žiživka je jedným zo živočíchov, ktoré toto prostredie obýva dlhodobo a preto fakultatívne synantropný spôsob života kútnikov môže prispieť k predpokladu, že stretý žiživky a tohto predátora nie sú vzácne. To zvyšuje aj pravdepodobnosť, že žiživka môže pre kútnika predstavovať pomerne bežnú korisť.

Výskum potravovej palety bystruškovitých ukazuje, že rovnakonôžky sú menej preferovanou korisťou ako iní bežní obyvatelia pôdneho biotopu, čo platí ešte dôraznejšie pre veľké druhy bystrušiek (ŠERIC JELASKA et al., 2014). Výsledky tejto práce sa s daným vyjadrením zhodujú, nakoľko nezáujem bystrušiek o žiživku veľmi výrazne prevyšoval ostatné reakcie vrátane predácie. Taktiež tento chrobák viackrát ukoristil larvu múčiara bezprostredne po odmietnutí žiživky a predácia na červovi bola značne častejšia. Mimo testovacích dní prejavovali chrobáci veľký apetít, požierali veľkých múčnych červov i na druhý deň od predchádzajúceho kŕmenia. Avšak žiživku opakovane neskonzovali za 12 hodín ani po takmer týždni bez potravy. Usmrtenie rovnakonôžky bolo len veľmi ojedinelé. Iná práca (SUNDERLAND a SUTTON, 2014)

však naznačuje, že draví chrobáci majú veľký podiel na frekvencii predácie na rovnakonôžkach.

Stonôžka obyčajná sa pri rovnakých experimentoch ukázala ako hlavný predátor rovnakonôžiek. Výsledky mojej práce však naznačujú, že minimálne v laboratórnych podmienkach stonôžka nie je veľmi ochotná loviť. Sunderland a Sutton (2014) konštatujú, že v laboratórnych podmienkach stonôžky preferovali mŕtve žižiavky pred živými, čo môže čiastočne vysvetľovať spomínanú neochotu. Absencia pôdy a teda pevný povrch by nemali predstavovať pre stonôžky pri love problém, keďže rod *Lithobius* je známy pohybom a vyhľadávaním potravy na povrchu pôdy (LEWIS, 2007). Stonôžky Južnej Ameriky z rádu Scolopendromorpha sa pri skúmaní ich etológie spojenej s predáciou prejavovali odlišne (GUIZZE et al., 2016). Stonôžky lovili veľmi ochotne všetky typy predloženej potravy a len zanedbateľné množstvo pokusov neskončilo usmrtením koristi. Všetky interakcie boli spojené s útokom na korisť. Autori spomínajú i situácie, kedy predátor vyzdvihol prednú tretinu svojho tela pri útoku a ostatnými časťami bol pevne na zemi. Tento prejav bol pozorovaný i pri mojom výskume, keď stonôžka obranne útočila na príchodiu žižiavku bez úmyslu usmrtiť a skonzumovať ju. U stonôžky obvyčajnej bolo opísané vyzdvihovanie hornej časti tela Lewisom (1981). Avšak odpočívajúca stonôžka, vyrušená dotykom žižiavky, reagovala častejšie premiestnením sa, alebo nereagovala vôbec. Niektorí odborníci sú toho názoru, že priame pozorovanie predácie ako takej nie len u stonôžiek nie je kvôli neprirodzenosti prostredia a iným faktorom úplne správne. Taktiež nepokladajú za vhodné hodnotiť trofické vzťahy na základe tuhých zvyškov koristi v tráviacom trakte stonôžiek, nakoľko oveľa bežnejšie je požívanie tekutých či polotekutých zvyškov. Preto považujú za najideálnejšie riešenie výskum pomocou DNA koristi (BORTOLIN et al., 2018). Pri takto zvolenom postupe však výskumník pracuje len s otázkou, čo predstavuje pre danú živočíšnu skupinu možnú potravu. Priame pozorovanie je jediným spôsobom, ktorý nám dovoľuje hľadať odpovede na etologické otázky. Bortolin a spol. (2018) pri testovaní štyroch rozličných druhov stonôžiek zistil prevládajúcu DNA chvostoskokov vo vnútornostiach stonôžiek, pričom iné výskumy (EITZINGER a TRAUGOTT, 2011; EITZINGER et al., 2018) toto zistenie podporujú.

Žižiavky často vyhľadávali prítomnosť druhého živočícha (predátora). Táto skutočnosť neplatí pre interakcie kútnik – žižiavka. Tigmotaxia je u rovnakonôžiek dobre známa, a to aj v zmysle medzidruhových interakcií. Združovanie mohlo byť tiež vyvolané vďaka veľkosti stonôžky či bystrušky, čím ich telá mohli pôsobiť ako úkryt

pred svetlom či teplom. S tým môže súvisieť i znížená strata vody (ALLEE 1926). Je pravdepodobné, že v niekoľkých prípadoch žiživka skúmala, či jej telo druhého živočícha neposlúži ako potrava. Aj napriek tomuto správaniu dochádzalo najmä pri interakciách so stonôžkou k úteku od nej, a to aj ak žiživka narazila na pokojnú stonôžku.

Tonická imobilita bola len ojedinelou reakciou na predátora. Na záznamoch bola rozpoznateľná vďaka náhlemu zastaveniu a stuhnutiu na mieste, pričom nehybné boli aj tykadlá živočícha. Napriech troma kategóriami dosahovala 8 – 17 %, pričom k úteku došlo v 17 – 42 % všetkých reakcií, ak sa jednalo o aktívnu žiživku. Tonická imobilita skúmaná na úrovni jedincov (TUF et al., 2015) ukázala, že týmto spôsobom reagovalo 23% skúmaných jedincov, pričom útekem až 77%.

6 Záver

Žiživka obyčajná patrí spolu s ostatnými suchozemskými kôrovcami k dôležitým obyvateľom pôdných ekosystémov. Ich zásluhou je pôda obohacovaná o rozložené látky, ktoré prispievajú k jej úrodnosti. Aj keď nepatrí k najvyhľadávanejšej potrave predátorov, stále čelí niekoľkým z nich. V tejto práci boli použité zástupcovia zo štyroch podkmeňov kmeňa článkonožce, pričom zástupca kôrovcov bol skúmaný v roli koristi a zvyšné tri taxóny predstavovali predátorov. Výsledky ukázali, že žiživka môže predstavovať zdroj potravy pre všetkých skúmaných živočíchov, no kútnik tmavý sa prejavil ako najúspešnejší predátor. Ďalej môžeme konštatovať, že interakcie s predátormi neznamenaajú pre žiživku vždy len smrť alebo použitie obranných stratégií, ale aj združovanie s potenciálne nebezpečným tvorom. V danom type sledovania interakcií vidím potenciál i v budúcom štúdiu personality jedincov rovnakonôžiek.

7 Literatúra

- Allee, W. C. 1926. Studies in animal aggregations: Causes and effects of bunching in land isopods. *Journal of Experimental Zoology*, 255-277.
- Archer, J. 1986. Animal sociobiology and comparative psychology: A review. *Current Psychological Research and Reviews*, vol. 5., pp 48-61.
- Den Boer, P.J. 1961. The Ecological Significance of Activity Patterns in the Woodlouse *Porcellio scaber* Latr. (Isopoda). *Arch Neerl Zool* 16(3): 283 – 409.
- Boháč, J., 2008. Biodiverzita na plantážích rychle rostoucích rostlin pro energetické účely. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví Pelhřimov, 83 s.
- Bortolin, F., Fusco, G., Bonato, L. 2018. Comparative analysis of diet in syntopic geophilomorph species (Chilopoda, Geophilomorpha) using a DNA-based approach, *Soil Biology and Biochemistry*.
- Bristowe, W.S. 1958. *The World of Spiders*. London: Collins, 302 s.
- Broly, P., Deville, P., Maillet, S. 2013. The origin of terrestrial isopods (Crustacea: Isopoda: Oniscidea). *Evol Ecol*, 27: 461 – 476.
- Bruce-White, Ch., Shardlow, M. 2011. *A Review of the Impact of Artificial Light on Invertebrates*. United Kingdom: Buglife – The Invertebrate Conversation Trust. 32 s.
- Bureš, S., Weidinger K. 2003. Sources and timing of calcium intake during reproduction in flycatchers. *Oecologia* 137.
- Cooke, J.A.L. 1965. A contribution to the biology of the British spiders belonging to the genus *Dysdera*. *Oikos*, 16: 20 – 25.
- Curry, A. 1974. The spiracle structure and resistance to desiccation of centipedes. *Symposium of the Zoological Society of London*, 32: 365-382.
- Eitzinger, B., Rall, B., Traugott, M., Scheu, S., 2018. Testing the validity of functional response models using molecular gut content analysis for prey choice in soil predators. *Oikos* DOI: 10.1111/oik.04885.
- Eitzinger, B., Traugott, M., 2011. Which prey sustains cold-adapted invertebrate generalist predators in arable land? Examining prey choices by molecular gut-content analysis. *Journal of Applied Ecology* 48: 591–599.

- Foellmer, M.W., Moya-Laraño, J. 2014. Sexual size dimorphism in spiders: patterns and processes. Oxford University Press, pp.71-81.
- Foltan, P., Sheppard, S., Konvicka, M., Symondson, W.O.C. 2005. The significance of facultative scavenging in generalist predator nutrition: detecting decayed prey in the guts of predators using PCR. *Molecular Ecology*, 14: 4147–4158.
- Gallup, G.G., Jr. 1974. Animal hypnosis: Factual status of a fictional concept. *Psychological Bulletin*, 81(11): 836 - 853.
- Gao, M., Taylor, M.K., Callahan, Mac A. Jr., 2017. Trophic dynamics in a simple experimental ecosystem: Interactions among centipedes, Collembola and introduced earthworms. *Elsevier*, 115: 66 – 72.
- Gorvett, H. 1956. Tegumental glands and terrestrial life in woodlice. *Journal of zoology*, 126: 291 – 314.
- Hart, A.G., Nesbit R. Goodenough A.E. 2018. Spatiotemporal Variation in House Spider Phenology at a National Scale Using Citizen Science. *Arachnology*, 17(7) : 331 - 334.
- Hint, M.R., Lauermann, T., Brose, U., Noldus, L.P.J.J., Dell, A.I. 2017. The little things that run: a general scaling of invertebrate exploratory speed with body mass. *Ecology*, 98(11): 2751 – 2757.
- Horák, P., 2008. Epigeičtí střevlíkovití (Coleoptera: Carabidae) vybraných stanovišť v horní části údolí Rakovce [diplomová práce]. [Brno (CZ)]. Mendelova univerzita v Brně.
- Hudcová, P. 2016. Vliv predátorů na chování suchozemských stejnonožců [diplomová práce]. [Olomouc (CZ)]. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Hůrka, K., Veselý, P., Farkač, J. 1996. Využití střevlíkovitých (Coleoptera: Carabidae) k indikaci kvality prostředí. Die Nutzung der Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae) zur Indikation der Umweltqualität. *Klapalekiana*. 32. 15-26.
- Kenning, M., Schendel, V., Müller, C.H.G., Sombke, A. 2019. Comparative morphology of ultimate and walking legs in the centipede *Lithobius forficatus* (Myriapoda) with functional implications. *Zoological letters*, 5:3.
- Lewis, J.G.E. 1981. The biology of centipedes. Cambridge: Cambridge University Press, 488s.
- Pekár, S., Líznarová, E., & Řezáč, M. (2015). Suitability of woodlice prey for generalist and specialist spider predators: a comparative study. *Ecological Entomology*, 41(2), 123–130.

- Polis, G.A., Strong, D.R. 1996. Food web complexity and community dynamics. *The American naturalist*, Vol. 147, No 5., 813 - 846.
- Polis, G.A., Winemiller, K.O. 1996. Food webs: Integration of patterns and dynamics. Chapman and Hall, New York, 461 s.
- Pollard, S.D., Jackson, R.R., Van Olphen, A., Robertson, M.W. 1995. Does *Dysdera crocata* (Araneae *Dysderidae*) prefer woodlice as prey? *Ethol. Ecol. Evol.* 7:271–275.
- Poser, E., 1988. Chilopoden als pradatoren in einem laubwald. *Pedobiologia*, 31: 261 – 281.
- Pourié, G., Ibarra, F., Francke, W., Tralalon, M. 2005. Fatty acids mediate aggressive behavior in the spider *Tegenaria atrica*. *Chemoecology*, vol. 15., 161 – 166.
- Pruitt, J. 2010. Differential selection on sprint speed and ad libitum feeding behaviour in active vs. sit-and-wait foraging spiders. *Functional Ecology*, 24(2): 392 – 399.
- Putman, R.J. 1983. Carrion and dung: the decomposition of animal wastes. The Institute of Biology's Studies in Biology, 156, 61pp.
- Quadros, A.F., Bugs, P.S., Araujo, P.B. 2012. Tonic immobility in terrestrial isopods: intraspecific and interspecific variability. *Zookeys*, 176:155 – 170.
- Řezáč, M., Král, J., Pekár, S. 2007. The spider genus *Dysdera* (Araneae, Dysderidae) in central Europe: Revision and natural history. *The Journal of Arachnology*, 35: 432 - 462.
- Řezáč, M., Pekár, S. 2007. Evidence for woodlice-specialization in *Dysdera* spiders: behavioural versus developmental approaches. *Physiological Entomology*, 32. 367 – 371.
- Řezáč, M., Pekár, S., Lubin, Y. 2008. How oniscophagous spiders overcome woodlouse armour. *Journal of Zoology*, 275(1): 64 – 71.
- Salmon, S., Geoffroy, J.J., Ponge, J. F., 2005. Earthworms and collembola relationships: effects of predatory centipedes and humus forms. *Soil Biology and Biochemistry*, 37: 487 - 495.
- Seric Jelaska, L., Franjevic, D., Jelaska, S. D., & Symondson, W. O. C. 2014. Prey detection in carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) in woodland ecosystems by PCR analysis of gut contents. *European Journal of Entomology*. 111(5): 631–638.
- Sutton, S.L., Harding, P.T., Burn D. 1980. Woodlice. Oxford, England; New York: Pergamon Press, 144s.

- Sunderland, K.D. Sutton, S.L. 1980. A seriological study of arthropod predation on woodlice in a dune grassland ecosystem. *Journal of Animal Ecology*, 49: 987 – 1004.
- Tuf, I.H. 2017. Půdní fauna [habilitačná práca]. [Olomouc (CZ)]: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Tuf, I.H., Drábková, L., Šipoš, J. 2015. Personality affects defensive behaviour of *Porcelio Scaber* (Isopoda, Oniscidea). *ZooKeys*, 515: 159 – 171.
- Tugel, A.J., Lewandowski, A.M. 1999. *Soil Biology Primer*. NRCS Soil Quality Institute, Ames, Iowa.
- Vadas R.L., Jr. 1989. Food web patterns in ecosystems: a Reply to Fretwell and Oksanen. *Oikos*, 56: 339 - 343.