

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

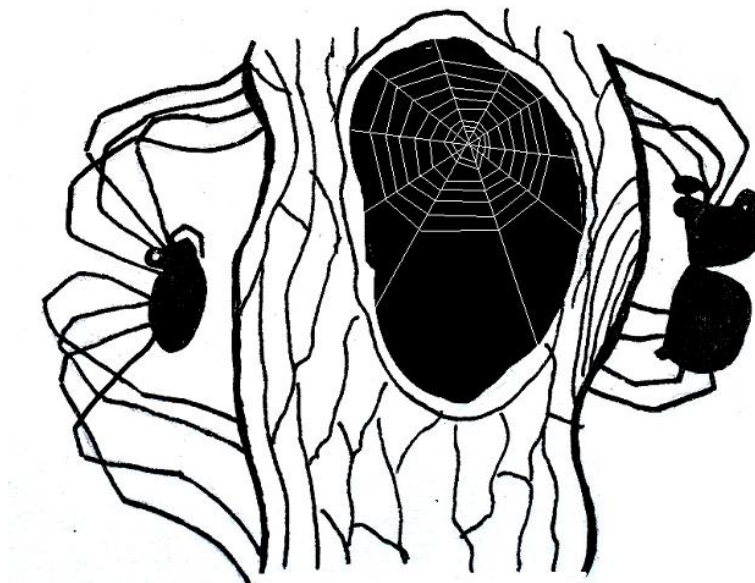
Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



Ekologie pavouků a sekáčů na specifických biotopech v lesích

Ondřej Machač



DOKTORSKÁ DISERTAČNÍ PRÁCE

Školitel: doc. RNDr. Mgr. Ivan Hadrián Tuf, Ph.D.

Olomouc 2021

Prohlašuji, že jsem doktorskou práci sepsal sám s využitím mých vlastních či
spoluautorských výsledků.

.....

Machač O. (2021): Ekologie pavouků a sekáčů na specifických biotopech v lesích [doktorská disertační práce]. Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Katedra ekologie a životního prostředí, Olomouc, 35 s., v češtině.

ABSTRAKT

Pavoukovci jsou ekologicky velmi různorodou skupinou, obývají téměř všechny biotopy a často jsou specializovaní na specifický biotop nebo dokonce mikrobiotop. Mezi specifické biotopy patří také kmeny a dutiny stromů, ptačí budky a biotopy ovlivněné hnízděním kormoránů. Ve své dizertační práci jsem se zabýval ekologií společenstev pavouků a sekáčů na těchto specifických biotopech.

V první studii jsme se zabývali společenstvy pavouků a sekáčů na kmenech stromů na dvou odlišných biotopech, v lužním lese a v městské zeleni. Zabývali jsme se také jednotlivými společenstvy na kmenech různých druhů stromů a srovnáním tří jednoduchých sběrných metod – upravené padací pasti, lepového a kartonového pásu.

Ve druhé studii jsme se zabývali arachnofaunou dutin starých dubů za pomoci dvou sběrných metod (padací past v dutině a nárazová past u otvoru dutiny) na stromech v lužním lese a solitérních stromech na loukách a také srovnáním společenstev v dutinách na živých a odumřelých stromech.

Ve třetí studii jsme se zabývali společenstvem pavouků zimujících v ptačích budkách v nížinném lužním lese a vlivem vybraných faktorů prostředí na jejich početnosti. Zabývali jsme se také znovuosídlováním ptačích budek pavouky v průběhu zimy v závislosti na teplotě a vlivem hnízdního materiálu v budce na početnosti a druhové spektrum pavouků.

Ve čtvrté studii jsme se zabývali společenstvy bezobratlých predátorů – pavouků, sekáčů a stonožek na čtyřech různě ovlivněných plochách v kormorání kolonii a vlivem změn vegetace na jejich početnosti, druhové spektrum a funkční skupiny.

Tato dizertační práce představuje nové ekologické poznatky o arachnofauně dosud málo studovaných biotopů a mikrobiotopů.

Klíčová slova: pavouci, sekáči, společenstva, dutiny stromů, kmeny stromů, ptačí budky, kormorání kolonie, Araneae, Opiliones

Machač O. (2021): Ecology of spiders and harvestmen in specific habitats in forests [doctoral dissertation]. Palacký University, Faculty of Science, Department of Ecology and Environmental Sciences, Olomouc, 35 p., in Czech.

ABSTRACT

Arachnids are one of the most numerous terrestrial predators with huge ecological diversity, inhabit almost all habitats and many species are often specialized to specific habitat or even a microhabitat. Specific microhabitats include also tree trunks, tree cavities, nesting boxes or habitats affected by nesting cormorants. In the presented doctoral thesis I dealt with the ecology of arachnids assemblages in these habitats.

In the first part, we studied assemblages of spiders and harvestmen on tree trunks in two different habitats - floodplain forest and trees in the urban habitats and compare three sampling methods - modified pitfall traps, stick and cardboard tapes. We also studied differences of assemblages on different tree species.

In the second part, we studied spiders and pseudoscorpions assemblages in the tree cavities in the old oaks by used two methods (pitfall trap into the tree hollow and window trap near the hollow entrance). We also studied comparison of trees in the forest and solitaires in the meadows and between live and dead trees.

In the third part, we studied assemblages of overwintering spiders in nesting boxes in the lowland floodplain forest and the influence of selected environmental factors on their abundances. We also studied how temperature influenced re-settlement of spiders in the nesting boxes during the winter and spider assemblages in the nest material in the nesting boxes.

In the fourth part, we studied assemblages of selected predatory invertebrates - spiders, harvestmen and centipedes in four differently affected plots in the cormorant colony and studied the effect of vegetation changes and nest density on their abundance and species diversity.

Overall, the thesis shows new ecological knowledge about assemblages of arachnids in rarely studied specific microhabitats and habitats.

Key words: spiders, harvestmen, assemblages, tree cavities, tree trunks, nesting boxes, cormorant colony, Araneae, Opiliones

OBSAH

1. ÚVOD	8
1.1 Biodiverzita a ekologie pavouků a sekáčů	8
1.2 Pavouci a sekáči na kmenech stromů.....	9
1.3 Pavouci v dutinách stromů	11
1.4 Pavouci a sekáči v lesích ovlivněných hnízdícími kormorány	12
1.5 Cíle této práce	13
2. CHARAKTERISTIKA DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ	13
2.1 Pavouci a sekáči na kmenech stromů ve městě a v lese.....	13
2.2 Pavouci a štírci v dutinách starých dubů.....	14
2.3 Pavouci zimující v ptačích budkách.....	15
2.4 Pavouci a sekáči v lesích ovlivněných hnízdícími kormorány	18
3. ZÁVĚR	20
4. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	22
5. PŘÍLOHY	30

SEZNAM PUBLIKACÍ

Předkládaná disertační práce je založena na níže uvedených publikacích, které jsou označeny a citovány jako Přílohy I–IV.

Příloha I

MACHAČ O. & TUF I. H. (2016): Spiders and harvestmen on tree trunks obtained by three sampling methods. *Arachnol. Mitt.* 51: 67–72.

Příloha II

MACHAČ O., CHRISTOPHORYOVÁ J., KRAJČOVIČOVÁ K., BUDKA J. & SCHLAGHAMERSKÝ J. (2018): Spiders and pseudoscorpions (Arachnida: Araneae, Pseudoscorpiones) in old oaks of Central European floodplains. *Arachnol. Mitt.* 56: 24–31.

Příloha III

MACHAČ O. & TUF I. H. (2021): Ornithologists help to spiders: factors influencing spiders overwintering in bird nesting boxes. *Insects*, 2021, 12: 465.

Příloha IV

MACHAČ O., IVINSKIS P., RIMŠAITE J., HORŇÁK O. & TUF I. H.: Response of ground dwelling predatory arthropods to vegetation changes in cormorant colony. *Forests* (in prep.)

PODĚKOVÁNÍ

V první řadě děkuji svému kamarádovi, kolegovi a školiteli Ivanu Hadriánu Tufovi za vedení, spolupráci, inspiraci, trpělivost, předávání zkušeností během studia a také za připomínky k finálnímu textu disertační práce i odborných článků. Dále děkuji všem kolegům, kteří se spolupodíleli na studiích v této práci. Velký dík patří všem zaměstnancům katedry ekologie a životního prostředí, kteří vytvořili podnětnou, radostnou a celkově nezapomenutelnou atmosféru a zejména pak kamarádům Adamu Bednaříkovi, Radimu Gabrišovi, Zdeňku Mačátovi, Filipu Trnkovi a Standovi Radovi za skvělé časy strávené na katedře i mimo ni nejen během studií. Dík patří i dalším „kumpánům z patra“ Vendule Kurdíkové, Lukáši Weberovi, Petře Zachovalové a Martinu Rulíkovi. Veliký dík za podporu patří také mé rodině a blízkým. Nakonec bych chtěl zvlášť poděkovat mé babičce Ludmile Dabbergerové, která mě vždy podporovala a nabízela laskavé zázemí k učení a tvorbě závěrečných prací během celého studia.

Některé studie byly částečně podpořeny univerzitními projekty IGA_PrF_2015_008 a IGA_PrF_2016_009.

1. ÚVOD

1.1 Biodiverzita a ekologie pavouků a sekáčů

Pavoukovci (Arachnida) jsou po hmyzu (Insecta) druhově nejpočetnější třídou členovců. Pavouků (Araneae) je na světě známo aktuálně téměř 50 000 druhů (WSC 2021) a jsou rozšířeni po celém světě, téměř ve všech biotopech – s výjimkou ledových pustin pólů a vod moří a oceánů. Z České republiky je doložen výskyt 881 druhů pavouků (ČAS 2021) a každým rokem počet druhů roste (ŘEZÁČ et al. 2021). Sekáči (Opiliones) jsou ve srovnání s pavouky druhově výrazně méně početnou skupinou pavoukovců, celosvětově je známo okolo 7000 druhů (KURY et al. 2021), v ČR bylo zaznamenáno pouhých 37 druhů (ČAS 2021). Oba tyto řády mají ve většině ekosystémů velký význam, protože jako početní predátoři s různými strategiemi lovu (CARDOSO et al. 2015) a zároveň jako kořist mnoha jiných živočichů, hrají významnou roli v potravních řetězcích (PINTO DA ROCHA et al. 2007, WISE et al. 1993).

Pavouci jsou ekologicky i funkčně různorodou skupinou predátorů (WISE et al. 1993). Většina druhů pavouků má schopnost poměrně rychle se šířit, zejména za pomoci pasivního transportu na pavučinových vláknech vzdušnými proudy, tzv. ballooningem (GREENSTONE et al. 1985). Pavouci jsou schopni rychle osídlit téměř jakýkoliv biotop a patří mezi první živočichy na biotopech v primárních stádiích sukcese (DUFFY 1978, HÅGVAR et al. 2020). Ekologická nika pavoukovců je ovlivněna zejména okolními mikroklimatickými podmínkami a strukturou vegetace a povrchu (ENTLING et al. 2007). Pavouci však obývají i biotopy bez vegetace, jako jsou pouště a polopouště, kamenné sutě, vrcholky hor a jeskyně. Dokonce osídlili i sladkovodní prostředí, některé druhy pod vodou jen loví kořist (např. lovcíci rodu *Dolomedes*) nebo se tam schovávají při ohrožení, např. pavučenka *Donacochara speciosa* (Thorell, 1875). Pouze vodouch stříbřitý *Argyroneta aquatica* (Clerck, 1757) je přizpůsoben žít trvale pod vodou (NOVÁK 1956). Ve vodách moří a oceánů sice pavouci nežijí, ale na mořském pobřeží v přílivové zóně si budují své pavučinové úkryty druhy čeledi Desidae, v těchto pavučinových úkrytech jsou schopni přečkat i příliv (BAEHR et al. 2017). Některé druhy pavouků jsou ekologicky vyhraněné a specializují se na určitý biotop nebo dokonce na specifický mikrobiotop, např. podzemní mikroprostory (LOPÉZ & OROMÍ 2010). Mnoho druhů se také přizpůsobilo životu v člověkem vytvořených

biotopech, jako jsou např. budovy nebo pole. Lidské stavby nahrazují biotop zejména druhům, které v přírodě obývají skály nebo dutiny stromů, ale často také nepůvodním a šířícím se druhům z teplejších oblastí (KŮRKA et al. 2015, ŘEZÁČ et al. 2021). Pavouci obývají všechny stratigrafické úrovně ekosystému a jsou druhy specializované na život v podzemních prostorech (např. čeleď Leptonetidae), ať už to jsou jeskyně (RŮŽIČKA et al. 2013) nebo prostory v půdě (RŮŽIČKA et al. 2015), které obývá např. i v ČR se vyskytující příčnatka *Iberina microphtalma* (Snazell & Duffey, 1980). Některé druhy, jako např. plachetnatka *Oreonetides quadridentatus* (Wunderlich, 1972), migrují mezi podzemními a nadzemními biotopy (KOPECKÝ & TUF 2015). Mnoho druhů pavouků žije epigeicky, ale také na vegetaci, v mechovém patře (BOŽANIĆ et al. 2014), na vyšších bylinách (VASCONCELLOS-NETO et al. 2017), keřích a poměrně velká skupina pavouků žije na stromech (SZINETÁR & HORVÁTH 2005).

Podobně jako pavouci jsou i sekáči často specializovaní na různé biotopy, ale jejich nízká schopnost se šířit jim nedovoluje tak úspěšně osídlovat všechny typy biotopů (PINTO DA ROCHA et al. 2007). Sekáče nalezneme zejména na vlhčích a lesních biotopech (PINTO DA ROCHA et al. 2007, UDDSTRÖM & RINNE 2016). Některé druhy sekáčů žijí také v podzemních prostorech (ISAIA et al. 2015) nebo i ve svrchních vrstvách půdy, např. rod *Holoscotolemon*. Většina druhů sekáčů je epigeických, ale zvláště dlouhonohé druhy, např. u nás žijící zástupci čeledi Phalangiidae a Sclerosomatidae, žijí také na bylinné vegetaci, keřích a často i na kmenech stromů (MIHÁL & ČERNECKÁ 2017, MACHAČ & TUF 2016, **Příloha I**). Některé druhy také žijí na skalách a na zdech (ŠILHAVÝ 1956, STAŠIOV & TUF 2016).

U většiny středoevropských druhů pavoukoců, zvláště pavouků, jsou poměrně dobře známé ekologické nároky jednotlivých druhů (NENTWIG et al. 2021). Pavouci jsou proto přinejmenším v rámci Evropy vhodnou modelovou skupinou k ekologickým studiím a mají velký bioindikační potenciál (BUCHAR 1983, PEARCE & VENIER 2006).

1.2 Pavouci a sekáči na kmenech stromů

Specifickým biotopem pro mnoho druhů pavouků a sekáčů jsou stromy, a to jak stromy rostoucí v lesních biotopech, tak solitérní a alejové stromy rostoucí mimo les (MACHAČ & TUF 2016, **Příloha I**, MACHAČ et al. 2018, **Příloha II**). Strom poskytuje pavoukocům řadu různých mikroklimaticky specifických mikrobiotopů i množství kořisti a úkrytů (WUNDERLICH 1982, NIKOLAI 1986). Některé druhy využívají prostory mezi kořenovými náběhy nebo v okolí pat stromů, kde si s oblibou staví sítě pavouci z

čeledi Agelenidae a Linyphiidae. Velká skupina druhů je specializována na život na kmenech stromů a jsou k tomu přizpůsobeny morfologicky, např. zploštěním těla u běžníka *Coriarachne depressa* (C. L. Koch, 1837) a listovníků rodu *Phloromus* nebo krycím zbarvením a způsobem života (MACHAČ 2015). Druhy žijící na kmenech stromů si často mezi prasklinami vytvářejí síť nebo zde hledají úkryty, např. pavučenka *Moebellia penicilata* (Westring, 1851) a snovačky rodu *Dipoena* nebo na povrchu kůry aktivně loví kořist (např. některé skákavky Salticidae). Další skupina druhů žije pod kůrou stromů, jako např. cedivka *Amaurobius fenestralis* (Ström, 1768). Překvapivě velká druhová diverzita pavouků je také v listoví v korunách stromů (OTTO & FLOREN 2007), typickými pavouky listoví stromů jsou např. různé snovačky (Theridiidae) a cedivečky (Dictynidae). Specifickým biotopem na kmenech stromů jsou dutiny (viz dále). Pavouci na kmenech stromů žijí celoročně nebo jen v určitém období roku, například během přezimování (HORVÁTH et al. 2001, HORVÁTH & SZINETÁR 2002, MACHAČ & TUF 2021), nebo naopak během vegetačního období (KOPECKÝ & TUF 2013). Z Evropy je známo několik stovek druhů pavouků, které alespoň občasně žijí na stromech (SZINETÁR & HORVÁTH 2005).

Ze sekáčů se na kmenech stromů objevují v rámci střední Evropy zejména dlouhonohé druhy čeledi Phalangiidae a Sclerosomatidae (SIMON 1994). Za typické sekáče, kteří obývají kmeny stromů, lze považovat např. druhy *Leiobunum rupestre* (Herbst, 1799) a *Platybunus bucephalus* (C. L. Koch, 1835). Jiné druhy obývají kmeny stromů jen příležitostně, případně na nich v noci hledají potravu (ŠILHAVÝ 1956, SPUNĚIS 2008).

Pavoukovci na kmenech stromů jsou studováni poměrně zřídka a ze střední Evropy existuje jen několik prací, které se společenstvy pavouků nebo sekáčů na kmenech zabývají. Většinou jde o součást studií zabývajících se komplexní arachnofaunou lesů (např. WEISS 1995, BLICK 2011), případně v sadech, kde jsou studováni pavouci na kmenech jako součást ochrany proti škůdcům (např. BOGYA et al. 1999, PEKÁR 1999). Některé studie se zabývají také přezimováním pavouků na kmenech stromů (např. PEKÁR 1999, SPITZER et al. 2010) nebo vertikální distribucí společenstva pavoukovců na kmenech (SIMON 1994, MACHAČ 2014).

Známe různé metody k získání materiálu pavouků a sekáčů z kmenů stojících stromů. Jednou z nejpoužívanějších, ale také technicky nejsložitějších metod je kmenový eklektor (BLICK & GOSSNER 2006), který zachytí široké spektrum druhů pohybujících se po kmenech (ALBRECHT 1995, KUBCOVÁ & SCHLAGHAMERSKÝ 2002,

BLICK 2011). Někdy se používá eklektor i na silnějších větvích (KOPONEN 2004, MOEED & MEADS 1983, BAR-NESS 2012). Použit se dá také nárazová past určená primárně ke sběru létajícího hmyzu (MACHAČ et al. 2018, **Příloha II**), ale i jiné jednodušší metody (MACHAČ & TUF 2016, **Příloha I**).

1.3 Pavouci v dutinách stromů

Dalším specifickým biotopem pro pavouky jsou dutiny stromů, které hostí řadu arborikolních i specializovaných druhů. Dutina stromu představuje mikroklimaticky specifický biotop s množstvím úkrytů i kořisti (NIKOLAI 1986), zvláště pokud byla osídlena ptáky nebo savci. V hnízdním materiálu se zdržuje řada parazitů a nidikolních komezálů (např. KRISTOFÍK et al. 2007), kteří slouží jako potrava pro pavouky. Některé druhy pavouků žijí v dutinách stromů po celý rok a využívají je jako úkryt a loví v nich kořist, některé druhy v dutinách pouze zimují nebo je jen příležitostně využívají (RŮŽIČKA et al. 1991).

Pavoukovci (s výjimkou roztočů) jsou v dutinách stromů studováni jen velmi zřídka, na rozdíl třeba od saproxylického hmyzu, zvláště brouků (např. ØKLAND 1995, RANIUS & JANSSON 2002). Z pavoukovců bývají daleko častěji v dutinách studováni štírci (např. BEIER 1963, DUCHÁČ 1993, WEYGOLDT 1969, RANIUS 2002, CHRISTOPHORYOVÁ et al. 2017), kteří jsou společně s roztoči typickými pavoukovci dutin stromů. Co se však týká pavouků či sekáčů, z Evropy existuje jen několik prací zabývajících se jejich výskytem v dutinách stromů, například ze Španělska (DE MURGUÍA et al. 2007) či z Rumunska (NIȚU et al. 2009). V Česku se pavouky v dutinách starých stromů na Třeboňsku zabýval pouze RŮŽIČKA & kol. (1991).

Materiál pavouků z dutin stromů lze získat různými metodami, nejjednodušší je prosev substrátu dutiny (RŮŽIČKA et al. 1991), v případě větších dutin je efektivní upravená padací past na dně dutiny (RANIUS & JANSSON 2002), případně také individuální sběr přímo v dutině. Je také možné do vstupního otvoru instalovat nárazovou past, která zachytí s větší efektivitou také druhy dutiny osidlující či navštěvující (MACHAČ et al. 2018, **Příloha II**).

Specifickým umělým mikrobiotopem jsou ptačí hnízdní budky, které nahrazují přirozené dutiny stromů a skýtají ptákům náhradní možnost k zahnízdění, zvláště v kulturních lesích s nedostatkem přirozených dutin (TEWT et al. 2001, MAINWARING 2011). Po skončení hnízdní sezóny zanechaný hnízdní materiál pavoukům poskytuje vhodný úkryt a pro druhy aktivní i během zimy také množství potravy. Pavouci obývají

ptačí budky celoročně, v hnízdním období jsou však pod tlakem ptačích predátorů, kteří se v budkách zdržují (ČERNECKÁ et al. 2017). Nejvíce se pavouci do budek stahují koncem podzimu, kdy v nich hledají úkryt pro přezimování (ČERNECKÁ et al. 2017, MACHAČ & TUF 2021, **Příloha III**). Většina druhů v budkách zimuje v neaktivním stavu v pavučinových zámotcích (např. záředníci rodu *Clubiona*) nebo volně v hnízdním materiálu a na stěnách budky (např. různé snovačky Theridiidae). Některé druhy, jako šplhalka *Anyphaena accentuata* (Walckenaer, 1802) však využívají budky jako denní úkryt a v noci loví kořist v okolí. Pavouci v ptačích budkách byli dosud studováni jen velmi sporadicky a existuje celosvětově pouze několik studií (NORDBERG et al. 1936, MC COMB & NOBLE 1982, GAJDOŠ et al. 1991, ČERNECKÁ et al. 2017), tito autoři studovali pavouky v budkách během hnízdní sezóny, případně je sbírali z hnízd v budkách hnízdících ptáků. Teprve recentně byla publikována první práce o využívání ptačích budek pavouky pro přezimování (MACHAČ & TUF 2021, **Příloha III**).

1.4 Pavouci a sekáči v lesích ovlivněných hnízdícími kormorány

Společensky hnízdící ptáci, jako jsou kormoráni velcí *Phalacrocorax carbo* (Linnaeus, 1758), mají výrazný vliv na biotopy v okolí svých hnízdních kolonií (KLIMASZYK & RZYMSKI 2016). Kormoráni vytvářejí početné, někdy až několikatisícové hnízdní kolonie na stromech v blízkosti jezer, řek nebo na mořském pobřeží (EERDEN et al. 2012).

Hnízdící kormoráni ovlivňují okolní vegetaci mechanicky, jednak svým hnízděním a opadem hnízdního materiálu, jednak sběrem materiálu na stavbu hnízda a pohybem po větvích. Svě okolí však ovlivňují také chemicky, produkcí velkého množství trusu, který extrémně zvyšuje množství živin a kyselost v půdě (BOUTIN et al. 2001, KLIMASZYK & RZYMSKI 2016). Tyto změny se odrážejí na struktuře vegetace, která se v různě ovlivněných plochách v kolonii mozaikovitě mění od holých ploch bez vegetace s uhynulými stromy v místech s největší hustotou hnízd, až po hustě zarostlé plochy v opuštěných částech kolonie (MATULEVIČIŪTĚ et al. 2018).

Množství zbytků ryb, uhynulých mláďat a trusu láká množství koprofágů, nekrofágů a jejich predátorů (GOC et al. 2005, YAHIRO et al. 2013). Některé skupiny bezobratlých, zvláště saprofágní druhy a predátoři, na těchto biotopech profitují, jiné, jako např. herbivorní druhy, naopak téměř chybí (KOLB et al. 2012). Dá se předpokládat, že tato místa budou atraktivní pro řadu bezobratlých predátorů. Některé studie však ukazují sníženou abundanci zvláště síťových, ale překvapivě i na zemi

aktivně lovících druhů pavouků v hustých kormoráních koloniích v porovnání s opuštěnými nebo neovlivněnými biotopy v okolí (např. KOLB et al. 2012). Studií zabývajících se společenstvy pavouků a sekáčů v kormoráních koloniích je však velmi málo (KOLB et al. 2012, MACHAČ et al., **Příloha IV**).

1.5 Cíle této práce

Cílem této práce je souhrn známým, ale zejména nově zjištěných poznatků o ekologii společenstev pavouků a sekáčů na čtyřech dosud málo studovaných specifických biotopech v lesních ekosystémech a to na kmenech stromů, v dutinách stromů, v ptačích budkách a v kormorání kolonii. Cílem bylo shrnout složení a popsat vliv vybraných faktorů ovlivňujících početnosti a složení společenstva pavouků a sekáčů obývajících tyto specifické biotopy.

2. CHARAKTERISTIKA DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ

2.1 Pavouci a sekáči na kmenech stromů ve městě a v lese

V první studii jsme se zabývali porovnáním tří metod odchyty pavouků a sekáčů na kmenech stromů na dvou odlišných biotopech, v městské zeleni a v lužním lese u města Přerov (MACHAČ & TUF 2016, **Příloha I**). V této studii jsme srovnávali abundance a druhové spektrum jak s ohledem na použitou metodu, tak i s ohledem na druh stromu (lípa, dub a javor). Ve studii byly srovnávány metody kartonových pásů (HORVÁTH & SZINETÁR 1998), leповých pásů a upravené padací pastí (PINZON & SPENCE 2008).

Celkem bylo všemi studovanými metodami na obou biotopech získáno 56 druhů pavouků a 6 druhů sekáčů. Více jedinců obou skupin bylo získáno v lužním lese, než na stromech v městské zeleni. Počet druhů pavouků byl na obou biotopech stejný, ale lišilo se jejich spektrum. Více druhů sekáčů bylo zjištěno v lese než na stromech v městské zeleni. Na kmenech v městské zeleni byly zjištěny také druhy, u nás žijící zejména synantropně, jako např. zářednice *Cheiracanthium mildei* L. Koch, 1864 nebo cedivečka *Nigma walckenaeri* (Roewer, 1951) (BUCHAR & RŮŽIČKA 2002, HANSEN 1992) a naopak zde chyběly některé druhy typické na stromech v lesích (BLICK 2011), jako např. pavučenka *Hypomma cornutum* (Blackwall, 1833) nebo běžník *Xysticus lanio* C. L. Koch, 1835. Podobně tomu bylo i u sekáčů, např. u nás nepůvodní a šířící se druh *Opilio canestrinii* (Thorell, 1876) (ROZWAŁKA & STAREGA 2012) byl zaznamenán

na obou biotopech, ovšem s výrazně větší početností na stromech v městské zeleni než v lese. Díky studovaným metodám se podařilo potvrdit také přítomnost sekáče *Lacinius ephippiatus* (C. L. Koch, 1835) na kmenech stromů v lužním lese, tento druh je považován spíše za epigeický (ŠILHAVÝ 1956). Většina získaných druhů pavouků patřila mezi arborikolní druhy (SZINETÁR et HORVÁTH 2005).

Ze studovaných stromů bylo nejvíce druhů i jedinců pavouků i sekáčů získáno z dubu, statistický rozdíl se však mezi jednotlivými druhy stromů neprokázal. Ze srovnávaných metod se ukázala jako nejúčinnější metoda upravené padací pasti, naopak metoda lepových pásů se ke sběru pavoukocvů neosvědčila, bylo z ní získáno nejméně jedinců i druhů a sekáčům často na lepu zůstávaly jen jejich končetiny. Dobře použitelná je také metoda kartonových pásů, která hostí nejvíce druhů v podzimních měsících, kdy zde hledají úkryt druhy zimující pod kůrou stromů. V letním období se pod kartonovými pásy vyskytovaly početně samice s kokony, např. křížák *Nuctenea umbratica* (Clerck, 1757) nebo záředníci rodu *Clubiona*, podobné výsledky jsou také při použití bublinkové fólie (ISAIA 2006).

Společenstva pavouků a sekáčů na kmenech se na různých biotopech můžou lišit. I za pomoci jednoduchých metod lze získat bohatý materiál pavouků a sekáčů z kmenů stromů, zvláště pak metodou upravené padací pasti a z kartonových pásů.

2.2 Pavouci a štírci v dutinách starých dubů

Ve druhé studii jsme se zabývali dutinovou arachnofaunou na starých dubech letních (*Quercus robur* L.) na Pohansku u Břeclavi (MACHAČ et al. 2018, **Příloha II**). Společenstvo pavouků a štírků bylo z dutin dubů získáno metodou upravené zemní pasti instalované ve 22 dutinách a nárazovou pastí umístěnou u otvoru každé dutiny na solitérních stromech na loukách i zastíněných stromech v lesním porostu. Zabývali jsme se také tím, zda se budou lišit druhy a jejich abundance v živých a odumřelých stojících stromech.

Celkem bylo získáno 41 druhů pavouků a šest druhů štírků, 20 druhů přímo z dutin stromů. Dominantními druhy pavouků v dutinách starých dubů byly plachetnatka *Midia midas* (Simon, 1884), skálovka *Scotophaeus quadripunctatus* (Linnaeus, 1758) a pokoutník *Tegenaria ferruginea* (Panzer, 1804), tyto tři druhy lze označit za typické dutinové druhy pavouků ve střední Evropě (RŮŽIČKA et al. 1991, RUSSELL-SMITH 2002, MACHAČ et al. 2018, **Příloha II**). V dutinách byla druhově

nejpočetnější čeleď Linyphiidae a z loveckých strategií pavouků (CARDOSO et al. 2015) byly zastoupeny zejména druhy tvořící si horizontální plachetkovité síť.

V dutinách a zejména na osluněných dubech bylo zjištěno i několik vzácných a ohrožených druhů pavouků a štírků (ŘEZÁČ et al. 2015, ŠTÁHLAVSKÝ 2017), tyto druhy dokládají důležitost přítomnosti dutin a starých stromů v přírodě. Z pavouků se jednalo o snovačku *Dipoena erythropus* (Simon, 1881), skákavku *Leptorchestes berolinensis* (C. L. Koch, 1846) nebo dutinovou plachetnatku *M. midas*. Průkazně se počty zjištěných jedinců pavouků a štírků v zapojeném lese a na solitérních dubech nelišily, stejně tak nebyl statisticky významný rozdíl v abundancích mezi živými a mrtvými stromy. Druhové spektrum se však na obou biotopech lišilo, 20 druhů bylo zjištěno jen na stromech v lese, např. *Harpactea rubicunda* (C. L. Koch, 1838), *Porrhomma oblitum* (O. Pickard-Cambridge, 1871) nebo *Philodromus albidus* Kulczyński, 1911. Oproti tomu pouze na osluněných solitérních stromech bylo zjištěno sedm druhů, např. *Pelecopsis mengei* (Simon, 1884) nebo *Nigma flavescens* (Walckenaer, 1830). Druhové spektrum se také lišilo na živých a mrtvých stromech, dutiny v mrtvých stromech obývalo pouze sedm druhů, na rozdíl od 13 druhů nalezených v dutinách živých stromů, přestože je známá preference některých druhů pavouků k odumřelým stromům (PAVIOUR-SMITH & ELBOURN 1978).

Celkově lze společenstvo druhů obývajících dutiny starých stromů charakterizovat jako druhově poměrně chudé, zastoupené zejména arborikolními druhy, ale byly v nich nalezeny také druhy spíše epigeické, obývajících stromy pravděpodobně jen příležitostně (NENTWIG et al. 2021, SZINETÁR & HORVÁTH 2015). Dutiny starých stromů patří mezi ohrožené mikrobioty, kterých v krajině spolu se starými stromy ubývá. Hostí řadu ohrožených druhů nejen saproxylického hmyzu, ale i pavoukoců.

2.3 Pavouci zimující v ptačích budkách

Společenstvo pavouků zimujících v ptačích budkách a vliv vybraných faktorů prostředí ovlivňujících jejich početnosti, jsme studovali v lužním lese v PR Království u obce Grygov na střední Moravě (MACHAČ & TUF 2021, **Příloha III**). V první části studie jsme v 50 ptačích budkách sbírali tři sezóny vždy na začátku zimy (listopad-prosinec) všechny pavouky a studovali vliv druhů stromů (lípa, dub, jasan) na abundance a druhové spektrum pavouků. Také jsme studovali vliv uzavřeného vstupního otvoru do budky na množství v nich zimujících pavouků.

V druhé části studie jsme sledovali vliv venkovní teploty na rekolonizaci prázdných budek pavouky během zimy. Pavouky jsme v budkách sbírali opakovaně a přitom jsme sledovali teplotní podmínky vně a uvnitř budek.

V třetí části studie jsme se zaměřili na vliv přítomnosti hnízdního materiálu na abundanci pavouků v budkách. Nasbírali jsme materiál pavouků celkově ze 126 ptačích budek a extrahovali hnízdní materiál z 39 obsazených budek.

Celkem jsme získali 3511 pavouků, náležejících do 16 druhů z 11 čeledí. Téměř všechny tyto druhy patřily mezi arborikolní pavouky, žijící během vegetační sezony na stromech; šlo převážně o druhy obývající kmeny stromů, v menší míře také druhy žijící na listech a větvích dřevin (SZINETÁR & HORVÁTH 2015). Pouze pokoutník *Tegenaria silvestris* L. Koch, 1872 není typickým obyvatelem stromů a je to spíše epigeický druh (NENTWIG et al. 2021), i když se na nižších partiích kmene občas vyskytuje (KUBCOVÁ & SCHLAGHAMERSKÝ 2002). V jednom případě byl v budkách zjištěn také křížák *Mangora acalypha* (Walckenaer, 1802), což je druh žijící na bylinné vegetaci (BUCHAR & RŮŽIČKA 2002). Dominantní druhy v ptačích budkách byly zápredník *Clubiona pallidula* (Clerck, 1757) (47 % získaného materiálu), šplhalka *Anyphaena accentuata* (Walckenaer, 1802) (24 % získaného materiálu), ve větších početnostech také snovačky *Steatoda bipunctata* (Linnaeus, 1758) (13 %) a *Platnickina tinctoria* (Walckenaer, 1802) (5 %).

Většinou šlo o běžné lesní druhy, mezi méně hojné druhy zimující v budkách patřila skákavka *Pseudicius encarpatus* (Walckenaer, 1802) a mikárie *Micaria subopaca* Westring, 1861, oba tyto druhy žijí během vegetační sezóny na kůře stromů (BUCHAR & RŮŽIČKA 2002). Podobné spektrum druhů zjistili i v budkách na Slovensku ČERNECKÁ et. al. (2017), kdy zjistili 31 druhů pavouků, budky však vzorkovali celou vegetační sezónu od jara do podzimu. Na Slovensku byly v budkách početněji nalezeny také druhy *Amaurobius fenestralis* (Ström, 1768) a *Segestria senoculata* (Linnaeus, 1758), které na naší lokalitě nebyly zaznamenány, jedná se totiž o druhy žijící zejména na kmenech jehličnatých stromů ve vyšších polohách (BUCHAR & RŮŽIČKA 2002). V ČR však byly oba tyto druhy nalezeny v ptačích budkách ve smíšených lesích např. ve Vsetínských vrších nebo v Beskydech (Machač nepublikováno), stejně jako vzácný karpatský endemit šestiočka *Dasumia carpatica* (Kulczyński, 1882). Druhy z červeného seznamu v budkách zjištěny nebyly.

Alespoň jeden jedinec pavouka byl získán z 92 % studovaných budek, což je vysoký podíl obsazených budek v porovnání se studií ze Severní Ameriky (MC COMB &

NOBLE 1982), kde zjistili přítomnost pavouků jen v 7 % budek a s nejnižšími abundancemi v zimním období. Z gild loveckých strategií pavouků byly nejpočetněji zastoupeny druhy, které si nestaví sítě a kořist aktivně loví (9 druhů). Druhy lovící za pomoci trojrozměrných a kruhových sítí byly zastoupeny shodně čtyřmi druhy. Druhy tvořící kruhové sítě však využívaly budky pouze jako úkryt pro přezimování a sítě si v nich nestavěly. Poměrně překvapivé bylo malé zastoupení druhů stavějící plachetkovité horizontální sítě, tato skupina druhů byla např. nejpočetnější v přirozených dutinách starých dubů na Pohansku (MACHAČ et al. 2018, **Příloha II**).

Druh stromu neměl průkazný vliv na abundance a druhové složení pavouků v ptačích budkách, tento výsledek jsme však předpokládali, což je zřejmě dáno zastoupením studovaných stromů s podobnou strukturou borky. Na jednotlivých druzích stromů se však společenstva pavouků mohou lišit, rozdíly jsou však patrné zejména mezi stromy lišící se výrazně strukturou borky (SAMU et al. 2014) nebo mezi jehličnatými a listnatými stromy (KORENKO et al. 2011). Budky s uzavřeným vchodem hostily průkazně méně jedinců pavouků než budky otevřené. Pavouci sice zřejmě využívají vstupní otvor k osídlení budky, ale byli zaznamenáni ve větších počtech i v celoročně zašpuntovaných budkách a zvláště menší a ploché druhy mohou budku osidlovat i škvírami pod střechou nebo ve spojích budky. V hnízdní sezoně však může být rozdíl v zastoupení pavouků mezi zavřenými a otevřenými budkami menší, protože v otevřených budkách jsou pavouci vystaveni predačnímu tlaku ptáků, zvláště když shánějí potravu i pro svá mláďata (ČERNECKÁ et al. 2017).

Teplota uvnitř budky a venku se průkazně nelišila, i když teplota v budce byla obvykle mírně vyšší. Průkazný vliv teploty na osidlování budek pavouky byl prokázán u sedmi v zimě aktivujících druhů. Během zimy kolonizovala budky v hojnějším počtu i při teplotách kolem bodu mrazu šplhalka *A. accentuata*, která je známá jako druh, který aktivně loví i v zimě (KOOMEN 1999, KORENKO et al. 2010), její abundance v budkách stoupaly se vzrůstající venkovní teplotou před vlastním odběrem. Ostatní druhy osidlovaly budky v zimním období jen sporadicky. Například nejpočetnější druh v budkách, zápredník *C. pallidula*, zimuje v pavučinových zámotcích na stěnách budky nebo v hnízdním materiálu a během zimy obvykle není aktivní.

V budkách se podařilo najít hnízdní materiál z celkem 39 hnízd, jež náležela sýkorám koňadrám (*Parus major* (Linnaeus, 1758)), sýkorám modřinkám (*Cyanistes caeruleus* (Linnaeus, 1758)) a lejskům bělokrkým (*Ficedula albicollis* (Temminck, 1815)). Tepelnou extrakcí tohoto materiálu v Tullgenových aparátech bylo získáno

deset druhů pavouků, z nichž byly nejpočetnější záředníci *Clubiona brevipes* Blackwall, 1841 (37 % ze získaného materiálu z hnízd), *C. pallidula* (35 %) a mladí jedinci snovačky *P. tincta* (20 %). Tyto druhy jsou známými obyvateli ptačích i savčích hnízd (např. GAJDOŠ et al. 1991).

Mimo pavouky obsahoval hnízdní materiál také blechy (Siphonaptera), larvy dvoukřídlých (Diptera) a drobných motýlů (Lepidoptera), škvory (Dermaptera) a z ostatních pavoukoců zejména roztoče (Acari). Štírci byli překvapivě zastoupeni pouze dvěma jedinci rodu *Chernes*.

Přítomnost hnízda v budkách měla průkazný pozitivní vliv na vyšší abundanci pavouků. Většina zjištěných druhů byla početnější v budkách s hnízdním materiálem, zvláště pak druhy, které jsou přes zimu neaktivní a kořist obvykle neloví, např. *C. brevipes*, *C. pallidula* a *P. tincta*, pouze šplhalka *A. accentuata* a snovačka *S. bipunctata* byly početnější v budkách bez hnízda. Tyto dva druhy jsou aktivní i v zimě. V budkách s hnízdním materiálem je v porovnání s volnými hnízdy (GAJDOŠ et al. 1991) nebo s hnízdy v norách hnízdících ptáků (HENENBERG et al. 2017) větší množství jedinců i druhů pavouků. V budkách, kde nocovali ptáci, nebyli zjištěni téměř žádní pavouci, zaznamenali jsme však pouze několik takových budek (rozpoznány byly podle přítomnosti čerstvého ptačího trusu). Ptačí budky jsou náhradním hnízdním biotopem pro ptáky, ale během zimy nabízejí úkryt pro rozmanité spektrum pavouků žijících na stromech. Našli jsme v budkách asi polovinu druhů pavouků, které jsou známé životem na stromech v lesích tohoto typu v regionu (MACHAČ & TUF 2016, **Příloha III**), a téměř všechny naše druhy, o nichž je známo, že na stromech přezimují. Ornitologové zavěšování budek na stromech podporují nejen v dutinách hnízdící ptáky a drobné savce, ale také přezimující pavouky, kteří jsou důležitými regulátory „škůdců“ v lesích.

2.4 Pavouci a sekáči v lesích ovlivněných hnízdícími kormorány

Ve čtvrté studii jsme studovali vliv změn vegetace na společenstva vybraných skupin epigeických bezobratlých predátorů, jako jsou pavouci, sekáči a stonožky v kolonii kormorána velkého. Hnízdní kolonie se nacházela v borovém lese na pobřeží Baltského moře v NP Kurská kosa v Litvě (MACHAČ & al., **Příloha IV**). V hustě osídlené kormorání kolonii, která patří mezi největší na pobřeží Baltu (ŽIDELIS & al. 2002) a v době studie čítala okolo 6000 hnízdících kormoránů (MATULEVIČIŪTĒ & al. 2018),

jsme tři roky na čtyřech různě ovlivněných plochách studovali početnosti a druhové složení vybraných epigeických skupin bezobratlých predátorů.

První plocha reprezentovala začínající hnízdící kolonii se vzrůstající počtem obsazených hnízdních stromů se střední densitou hnízd a vlivem kormoránů. Na této ploše byly pomalu odumírající stromy s keřovou vegetací a řídkým podrostem bylin. Druhá plocha představovala hustě osídlenou kolonii s největším vlivem kormoránů, s odumřelou vegetací a stromy, s většími plochami bez vegetace. Třetí plocha byla opuštěná kolonie jen s několika hnízdy pomalu zarůstající keři s nízkým ovlivněním kormorány. Čtvrtá plocha byl okolní borový les bez vlivu kormoránů.

Materiál byl získán za pomoci zemních pastí. Na všech plochách byl proveden fytoocenologický snímek (MATULEVIČIŮTĚ et al. 2018) a podle rostlinného spektra vypočítány Ellenbergovy indikační hodnoty pro společenstva rostlin na daných plochách (ELLENBERG et al. 2001). Zkoumali jsme vliv faktorů vegetace za pomoci Ellenbergova indexu pro světlo, živiny a vlhkost, dále přítomnost ploch bez vegetace a pokryvnost vegetace na společenstva epigeických predátorů.

Celkem bylo získáno 4299 jedinců pavouků náležejících 102 druhům, 451 jedinců sekáčů z devíti druhů a 1501 jedinců stonožek ze sedmi druhů. Nejpočetnějšími pavouky na všech čtyřech plochách byli slíďák *Trochosa tericola* Thorell, 1856 (39 %), plachetnatka *Diplostyla concolor* (Wider, 1834) (14 %) a pačelistnatka *Pachygnatha listeri* Sundevall, 1830 (5 %). Mezi sekáči dominovali sekáč *Phalangium opilio* Linnaeus, 1761) (40 %) a žlaznatka *Nemastoma lugubre* (Müller, 1776) (23 %). Celkově pouze třetina druhů pavouků patřila mezi typické lesní druhy (BUCHAR & RŮŽIČKA 2002), třetina mezi druhy nelesních biotopů a třetinu představovaly druhy bez vyhraněného biotopového nároku. Poměrně vysoký počet nelesních druhů dokládá velký podíl prosvětlených ploch v kormorání kolonii, je totiž známo, že světelnost vegetačního patra má na pavoukovce významný vliv a že lesní světliny poskytují vhodné podmínky i druhům z nelesních biotopů (UETZ 1979, KOŠULIČ et al. 2016). Jednotlivé skupiny studovaných členovců se v početnostech na různě ovlivněných plochách lišily. Pavouků bylo nejvíce zjištěno ve středně ovlivněné části kolonie, nejméně pak v opuštěné části kolonii, naproti tomu sekáčů a stonožek bylo nejvíce v nejhustší části kolonie a nejméně v začínající, resp. končící části kolonie. Počet druhů jednotlivých skupin se mezi různě ovlivněnými plochami výrazně nelišil, lišilo se však jejich druhové spektrum a poměrné zastoupení jednotlivých druhů.

Průkazný vliv na abundance pavouků, sekáčů a stonožek měl ze studovaných faktorů Ellenbergův index pro světlo, přítomnost ploch bez vegetace, hustota hnízd a pokryvnost bylin a mechového patra. Pokryvnost stromů ani keřů signifikantní vliv neměla. Mezi funkčními skupinami se vliv ukázal pouze u aktivně lovicích nesít'ových druhů pavouků, které preferují plochy bez vegetace s vyšší densitou hnízd, což potvrzuje, že aktivně lovicí druhy pavouků jsou méně vázání na přítomnost bylinného patra (HURD et al. 1992, LAFAGE et al. 2019). Konkrétně byli početnější slíd'áci *T. tericola* a rodu *Pardosa*, zatímco výskyt plachetnatky *D. concolor*, jako zástupce druhů lovicí za pomoci sítí, měl opačný trend. Kormoráni sice výrazně ovlivňují lesní ekosystémy, ale zároveň vytvářejí pestrou mozaiku různorodé vegetace, z které mohou skupiny epigeických predátorů, jako jsou pavouci a sekáči, profitovat.

3. ZÁVĚR

Specifické biotopy hostí řadu pavouků a sekáčů, ať už to jsou druhy z okolí, které tyto biotopy obývají jen příležitostně, nebo druhy na ně specializované. Na těchto specifických biotopech jsou v porovnání s okolím často rozdílné mikroklimatické a strukturní podmínky a tak jsou některými druhy pavouků a sekáčů vyhledávány a preferovány.

Mezi takové biotopy patří kmeny stromů, které poskytují řadu různých mikrobiotopů. Kmeny stromů obývá rozmanité společenstvo pavouků a sekáčů. Druhové spektrum a početnosti se mohou lišit v závislosti na biotopu a druhu stromu. Zjistili jsme např., že na kmenech v lužním lese bylo více jedinců pavouků a sekáčů než na stromech v městské zeleni, lišilo se také jejich druhové spektrum, ale počtem druhů se příliš nelišil. Na kmenech stromů v městské zeleni se vyskytují také některé synantropní druhy. Nejúčinnější metodou ke sběru pavoukoců z kmenů stromů se ukázala upravená padací past, na podzim se však osvědčila také i metoda kartonových pásů.

Specifické je společenstvo pavouků obývajících dutiny stromů. Umístění stromu s dutinou může mít vliv na složení pavoučích společenstev v dutinách. V naší studii se však vliv místa růstu dutinového stromu na louce nebo v lese neprokázal, stejně jako rozdíl mezi živými a odumřelými stromy. Nebyly zjištěny ani průkazné rozdíly v abundancích, lišilo se však jejich druhové spektrum a bylo v nich nalezeno i několik vzácných a ohrožených druhů pavouků. Dutiny starých stromů hostí řadu ohrožených

druhů, nejen saproxylického hmyzu, ale také pavouků. Dutiny starých stromů patří mezi ohrožené mikrobioty, kterých spolu se starými stromy v naší přírodě ubývá.

Ptačí budky poskytují pavoukům vhodný mikrobiotop, zvláště na podzim a v zimním období, kdy v budkách hledají úkryt pro přezimování. Ze studovaných faktorů měla průkazný vliv na vyšší abundance pavouků v budkách přítomnost hnízdního materiálu a otevřený vstup budky. Některé druhy pavouků osidlují budky i v průběhu zimy, zvláště pak šplhalka *Anyphaena accentuata*, ostatní druhy je osídlovaly pouze sporadicky. V budkách bylo zjištěno různorodé zimující společenstvo pavouků žijících na stromech a 92 % budek bylo osídleno alespoň jedním pavoukem. Lidé vyvěšováním ptačích budek nepodporují pouze v nich hnízdící ptáky, ale také přezimující pavouky, kteří hrají také důležitou roli v boji proti „škůdcům“.

Specifickými biotopy jsou plochy lesa ovlivněné hnízdicími kormorány. Na těchto plochách se střídají vlivem různé hustoty hnízdicích kormoránů plochy vegetace v různém stádiu sukcese, od holých míst po plochy zarostlé nitrofilními bylinami. Prokazatelný vliv na početnosti pavouků a sekáčů na těchto biotopech měla pokryvnost bylinné a mechové vegetace, Ellenbergův index pro světlo, hustota kormoráních hnízd a přítomnost ploch bez vegetace. Aktivně lovicí druhy měly vyšší abundance na plochách bez vegetace a s vyšší hustotou hnízd, naopak jejich početnost klesala s vyšší pokryvností vegetace. U síťových druhů pavouků a krátkonohých druhů sekáčů byl zjištěn opačný trend. Kormoráni významně ovlivňují lesní biotopy v hnízdních koloniích, vytvářejí však mozaiku různorodé vegetace, z které můžou profitovat některé světlomilné druhy a aktivně lovicí bezobratlí predátoři.

Studie zahrnuté v této práci přináší řadu nových poznatků o ekologii společenstev pavouků a sekáčů na málo studovaných specifických biotopech.

4. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ALBRECHT H. (1995): Stammeklektorenfänge von Spinnen (Araneae) in Laubwaldgesellschaften des ehemaligen Militärgeländes "Hohe Schrecke-Finne" (Nordthüringen). *Veröffentlichungen des Naturkundemuseums Erfurt* 14: 67–79.
- BAEHR B., RAVEN R. & HARMS D. (2017): High tide or low tide: *Desis bobmarleyi* sp. n., a new spider from coral reefs in Australia sunshine state and its relative from Sāmoa (Araneae, Desidae). *Evolutionary Systematics* 1(1): 111–120.
- BAR-NESS Y. D., MCQUILLAN P. B., WHITMAN M., JUNKER M. R., CRACKNELL M. & BARROWS A. (2012): Sampling forest canopy arthropod biodiversity with three novel minimal-cost trap designs. *Australian Journal of Entomology* 51: 12–21.
- BEIER M. (1963): Ordnung Pseudoscorpionidea (Afterskorpione). Bestimmungsbücher zur Bodenfauna Europas, Lieferung 1. Akademie-Verlag, Berlin. 313 pp.
- BOUTIN C., DOBBIE T., CARPENTER D. & HEBERT C. E. (2011): Effect of Double Crested Cormorant on island vegetation, seedbank and soil chemistry: evaluating island restoration potential, *Restor. Ecol.*, 19: 720–727.
- BLICK T. & GOSSNER M. (2006): Spinnen aus Baumkronen-Klopfproben (Arachnida: Araneae), mit Anmerkungen zu *Cinetata gradata* (Linyphiidae) und *Theridion boesenbergi* (Theridiidae). *Arachnologische Mitteilungen* 31: 23–39.
- BLICK T. (2011): Abundant and rare spiders on tree trunks in German forests (Arachnida: Araneae). *Arachnologische Mitteilungen* 40: 5–14.
- BOGYA S., SZINETÁR C. & MARKÓ V. (1999): Species composition of spider (Araneae) assemblages in apple and pear orchards in Central Basin. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 34: 99–121.
- BOŽANIĆ B., HRADÍLEK Z., MACHAČ O., PIŽL V., ŠTÁHLAVSKÝ F., TUFOVÁ J., VÉLE A. & TUF I. H. (2013): Factors affecting invertebrate assemblages in bryophytes of the Litovelské Luhy National Nature Reserve, Czech Republic. *Acta zool. bulg.* 65 (2): 197–206.
- BUCHAR J. & RŮŽIČKA V. (2002): *Catalogue of spiders of Czech Republic*. Peres, Praha. 351 pp.
- BUCHAR J. (1983): Klasifikace druhů pavoučí zvířeny Čech, jako pomůcka k bioindikaci kvality životního prostředí. *Fauna Bohem. septentr.* 8: 119–135.

- ČERNECKÁ L., MICHALCO R. & KRIŠTÍN A. (2017): Abiotic factors and biotic interactions jointly drive spider assemblages in nest-boxes in mixed forests. *The Journal of Arachnology* 45 (2): 213–222.
- CARDOSO P., PEKÁR S., JOCQUE R. & CODDINGTON J. (2011): Global patterns of guild composition and functional diversity of spiders. *PLoS ONE* 6.
- ČESKÁ ARACHNOLOGICKÁ SPOLEČNOST (2021): *Pavouci (Araneae), Sekáči (Opiliones)* Online at <https://www.arachnology.cz> (květen 5, 2021)
- DE MURGUÍA M. L., DE CASTRO A. & MOLINO-OLMEDO F. (2007): Artropodós Saproxilicos Forestales en los Parques Naturales de Aralar y Aizkorri (Guipúzcoa, España). *Boletín SEA* 41: 237–250.
- ELLENBERG H., WEBER H. E., DÜLL R., WIRTH V., WERNER W. & PAULIBEN D. (2001): *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. [Indicator values of plants in Central Europe]. *Scripta Geobotanica* 18. Lehrstuhl f. Geobotanik d. Universität Göttingen. 262 p.
- DUCHÁČ V. (1993): Štírci (Pseudoscorpionidea) ze stromových dutin na Třeboňsku. *Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy* 33: 65–69.
- DUFFY E. (1978): Ecological strategies in spiders including some characteristics of species in pioneer and mature habitats. *Symp. Zool. Soc. London* 42: 83–107.
- ENTLING W., SCHMIDT M. H., BACHER S., BRANDL R. & NENTWIG W. (2007): Niche properties of Central European spiders: shading, moisture and the evolution of the habitat niche. *Global Ecology and Biogeography* 16: 440–448.
- GAJDOŠ P., KRIŠTOFÍK J. & ŠUSTEK Z. (1991): Spiders (Araneae) in the birds' nests in Slovakia. *Biologia (Bratislava)* 48: 887–905.
- GOC M., ILISZKO L. & STEMPNIEWICZ L. (2005): The largest European colony of great cormorant on the Vistula spit (North Poland) an impact of the forest ecosystem. *Ecological Questions* 6: 93–103.
- GREENSTONE M. H., MORGAN C. E. & HULTSCH A. L. (1985): Spider ballooning: development and evaluation of field trapping methods (Araneae). *Journal of Arachnology* 13: 337–345.
- HÄGVAR S., GOBBI M., KAUFMANN R., INGIMARSDÓTTIR M., CACCIANIGA M., VALLE B., PANTINI P., FANCIULLI P. P. & VATER A. (2020): Ecosystem birth near melting glaciers: A review on the pioneer role of ground-dwelling arthropods. *Insects* 2020, 11, 644.

- HANSEN H. (1992): Über die Arachniden-Fauna von urbanen Lebensräumen in Venedig II. Die Rinde-bewohnenden Arten des Stammbereiches von *Platanus hybrida*. *Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Venezia* 41: 91–108.
- HENENBERG J., ŘEZÁČ M. & NOVÁKOVÁ M. (2016): Spider assemblages in bird burrows. *Biologia* (Bratislava) 73: 267–272.
- HORVÁTH R. & SZINETÁR C. (2002): Ecofaunistical study of bark-dwelling spiders (Araneae) on black pine (*Pinus nigra*) in urban and forest habitats. *Acta Biologica Debrecina* 24: 87–101.
- HORVÁTH R., LENGYEL S., SZINETÁR C. & JAKAB L. (2005): The effect of prey availability on spider assemblages on Black Pine (*Pinus nigra*) bark: spatial patterns and guild structure. *Canadian Journal of Zoology* 83: 324–335.
- HORVÁTH R., MAGURA T. & SZINETÁR C. (2001): Effects of immission load on spiders living on black pine. *Biodiversity and Conservation* 10: 1531–1542.
- HURD L. E. & FAGAN W. F. (1992): Cursorial spiders and succession: age of habitat structure? *Oecologia* 92: 215–221.
- CHRISTOPHORYOVÁ J., JAJCAYOVÁ D. & KRAJČOVIČOVÁ K. (2017): Pseudoscorpions (Arachnida: Pseudoscorpiones) living in tree microhabitats in Slovakia. *Klapalekiana* 53: 283–297.
- ISAIA M., BONA F. & BADINO G. (2006): Comparison of polyethylene bubble wrap and corrugated cardboard traps for sampling treeinhabiting spiders. *Environmental Entomology* 35: 1654–1660.
- ISAIA M., PASCHETTA M., LANA E., PANTINI P., SCHÖNHOFER A. L., CHRISTIAN E. & BADINO G. (2015): Subterranean Arachnids of the Western Italian Alps / Aracnidi sotteranei delle Alpi Occidentali italiane (Arachnida: Araneae, Opiliones, Palpigradi, Pseudoscorpiones). *Monografie/Museo Reg. Sci. Nat., Torino* 47: 1–325.
- KLIMASZYK P. & RZYMSKI P. (2016): The complexity of ecological impacts induced by great cormorants. *Hydrobiologia* 771: 13–30.
- KOLB G., JERLING L., ESSENBERG C., PALMBORG C. & HAMBÄCK P. A. (2012): The impact of nesting cormorants on plant and arthropod diversity. *Ecography* 35: 726–740.
- KOOMEN P. (1998): Winter activity of *Anyphaena accentuata* (Walckenaer, 1802) (Araneae: Anyphaenidae). In: P. A. Selden (ed.). *Proceedings of the 17th European Colloquium of Arachnology*, Burnham Beeches, Bucks: 20–23.

- KOPECKÝ O. & TUF I. H. (2013): Podzemní populace pavouka plachetníky čtyřzubé *Oreonetides quadridentatus* (Wunderlich, 1972). *Západočeské entomologické listy* 4: 106–109.
- KOPONEN S. (1996): Spiders (Araneae) on trunks and large branches in SW Finland, collected by a new trap type. *Revue suisse de Zoologie*, hors serie 1: 335–340.
- KORENKO S., PEKÁR S. & HONĚK A. (2010): Predation activity of two winter-active spiders (Araneae: Anyphaenidae, Philodromidae). *Journal of Thermal Biology* 35: 112–116.
- KORENKO S., KULA E., ŠIMON V., MICHALKOVÁ V. & PEKÁR S. (2011): Are arboreal spiders associated to particular tree canopies? *North-West J. Zool.* 7: 261–269.
- KOŠULIČ O., MICHALCO R. & HULA V. (2016): Impact of Canopy Openness on Spider Communities: Implications for Conservation Management of Formerly Coppiced Oak Forests. *PLoS ONE* 11(2): e0148585.
- KRIŠTOFÍK J., MAŠÁN P. & ŠUSTEK Z. (2007): Arthropods (Pseudoscorpionidea, Acari, Coleoptera, Siphonaptera) in the nests of the bearded tit (*Panurus biarmicus*). *Biologia*. 62: 749–755.
- KUBCOVÁ L. & SCHLAGHAMMERSKÝ J. (2002): Zur Spinnenfauna der Stammregion stehenden Totholzes in süd-mährischen Auwäldern. *Arachnologische Mitteilungen* 24: 35–61.
- KŮRKA A., ŘEZÁČ M., MACEK R. & DOLANSKÝ J. (2015): *Pavouci České republiky*. Academia, Praha. 621 pp.
- KURY A. B., MENDES A. C., CARDOSO L., KURY M. S., GRANADO A. de A. & GIRIBET G. (2020): *World Catalogue of Opiliones. WCO-Lite version 1.2.1*. Online at: <https://wcolite.com/>.
- LAFAGE D., DJOUDI E. A., PERRIN G., GALLET S. & PÉTILLON J. (2019): Responses of ground-dwelling spider assemblages to changes in vegetation from wet oligotrophic habitats of Western France. *Arthropod-Plant Interactions* 13: 653–662.
- LÓPEZ H & OROMÍ P (2010): A pitfall trap for sampling the mesovoid shallow substratum (MSS) fauna. – *Speleobiology Notes* 2: 7–11.
- MACHAČ O. (2014): Pavouci a sekáči na kmenech stromů Hostýnskovsetínské hornatiny. *Acta Carpathica Occidentalis* 5: 64–67.
- MACHAČ O. (2015): Plachetnatka náhorní a její přizpůsobení k životu na kmenech stromů. *Živa* 63: 279.

- MACHAČ O. & TUF I. H. (2016): Spiders and harvestmen on tree trunks obtained by three sampling methods. *Arachnol. Mitt.* 51: 67–72.
- MACHAČ O. & TUF I. H. (2021): Ornithologists help to spiders: factors influencing spiders overwintering in bird nesting boxes. *Insects*, 2021, 12: 465.
- MACHAČ O., CHRISTOPHORYOVÁ J., KRAJČOVIČOVÁ K., BUDKA J. & SCHLAGHAMERSKÝ J. (2018): Spiders and pseudoscorpions (Arachnida: Araneae, Pseudoscorpiones) in old oaks of Central European floodplains. *Arachnol. Mitt.* 56: 24–31.
- MAINWARING M. C. (2011): The use of nestboxes by roosting birds during the non-breeding season: a review of the costs and benefits. *Ardea* 99:167–176.
- MATULEVIČIŪTĖ D., MOTIEJŪNAITĖ J., UOGINTAS D., TARAŠKEVIČIUS R., DAGYS M. & RAŠOMAVIČIUS V. (2018): Decline of a protected coastal pine forest under impact of a colony of great cormorants and the rate of vegetation change under ornithogenic influence. *Silva Fennica* 52: 131–146.
- MCCOMB W. C. & NOBLE E. R. (1982): Invertebrate Use of Natural Tree Cavities and Vertebrate Nesting boxes. *The American Midland Naturalist* 107: 163–172.
- MIHÁL I. & ČERNECKÁ L. (2017): Structure of Harvestmen (Arachnida, Opiliones) Communities in Different, Anthropically Disturbed Beech Ecosystems (Western Carpathians, Slovakia). *Vestník zoologii* 51: 259–270.
- MOEED A. & MEADS M. J. (1983): Invertebrate fauna of four tree species in Orongorongo valley, New Zealand, as revealed by trunk traps. *New Zealand Journal of Ecology* 6: 39–53.
- NIKOLAI V. (1986): The bark of trees: thermal properties, microclimate and fauna. *Oecologia* 69: 148–160.
- NENTWIG W., BLICK T., BOSMANS R., GLOOR D., HÄNGGI A. & KROPF C. (2021): *Spiders of Europe. Version 01.2021*. Online at <https://www.araneae.nmbe.ch>, accessed on 01-10-2021.
- NIȚU E., OLENICI N., POPA I., NAE A. & BIRIȘ I. A. (2009): Soil and saproxylic species (Coleoptera, Collembola, Araneae) in primeval forests from the northern part of South-Eastern Carpathians. *Annals of Forest Research* 52: 27–54.
- NORDBERG S. (1936): Biologisch-Ökologische Untersuchungen über die Vogelnidicolen. *Acta zool. Fenn.* 21: 1–168.
- NOVÁK B. (1956): K ethologii vodoucha stříbřitého (*Argyroneta aquatica* Clerck). Sborník Vysoké školy pedagogické v Olomouci, Přírodní vědy 2: 119–128.

- ØKLAND B. (1996): A comparison of three methods of trapping saproxylic beetles. *European Journal of Entomology* 93: 195–209.
- OTTO S. & FLOREN A. (2007): The spider fauna (Araneae) of tree canopies in the Białowieża Forest. *Fragmenta Faunistica* 50: 57–70.
- PAVIOUR-SMITH K. & ELBOURN A. C. (1978): Some spiders of dead wood in living trees in Wytham Woods, near Oxford. *Bulletin of British Arachnological Society* 4: 213–220.
- PEARCE J. L. & VENIER L. A. (2006): The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: A review. *Ecological Indicators* 6: 780–793.
- PEKÁR S. (1999): Some observations on overwintering of spiders (Araneae) in two contrasting orchards in the Czech Republic. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 73: 205–210.
- PINZON J. & SPENCE J. R. (2008): Performance of two arboreal pitfall trap designs in sampling cursorial spiders from tree trunks. *Journal of Arachnology* 32: 280–286.
- PINTO DA ROCHA R., MACHADO G. & GIRIBET G. (2007): *Harvestmen: the Biology of Opiliones*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 597 pp.
- SIMON U. (1994): Spider and harvestmen fauna (Arachnida: Araneae, Opiliones) of pine trees (*Pinus silvestris* L.) and its stratification. *Bolletino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali, Catania* 26: 323–334.
- RANIUS T. (2002): Population ecology and conservation of beetles and pseudoscorpions living in hollow oaks in Sweden. *Animal Biodiversity and Conservation* 25: 53–68.
- RANIUS T. & JANSSON N. (2002): A comparison of three methods to survey saproxylic beetles in hollow oaks. *Biodiversity and Conservation* 11: 1759–1771.
- ROZWAŁKA R. & STAREGA W. (2012): The invasive harvestman *Opilio canestrinii* (Thorell, 1876) (Opiliones: Phalangiidae) in Poland. *Fragmenta Faunistica* 55: 161–168.
- RUSSELL-SMITH A. (2002): *Midia midas* (Simon, 1884) in Epping Forest, Essex. *Newsletter of the British Arachnological Society* 95: 13–14.
- RŮŽIČKA V., BOHÁČ J. & MACEK J. (1991): Bezobratlí živočichové dutých stromů na Třeboňsku. *Sborník Jihočeského Muzea v Českých Budějovicích, Přírodní Vědy* 31: 33–46.
- RŮŽIČKA V., ŠMILAUER P. & MLEJNEK R. (2013): Colonization of subterranean habitats by spiders in Central Europe. *Int. J. Speleol.* 42: 133–140.

- ŘEZÁČ M., KŮRKA A., RŮŽIČKA V. & HENEBERG P. (2015): Redlist of Czech spiders: 3rd adjusted according to evidence-based national conservation priorities. *Biologia* 70: 1–22.
- ŘEZÁČ M., RŮŽIČKA V., HULA V., DOLANSKÝ J., MACHAČ O. & ROUŠAR A. (in press): Spiders newly observed in Czechia in recent years – overlooked or invasive species? *BioInvasions Records*.
- SAMU F., LENGYEL G., SZITA E., BIDLÓ A. & ÓDOR P. (2014): The effect of forest stand characteristics on spider diversity and species composition in deciduous-coniferous mixed forests. *Journal of Arachnology* 42: 135–141.
- SPITZER L., KONVIČKA O., TROPEK R., ROHÁČOVÁ M., TUF I. H. & NEDVĚD O. (2010): Společenstvo členovců (Arthropoda) zimujících na jedli bělokoré na Valašsku (okr. Vsetín, Česká republika). *Časopis Slezského Muzea Opava* 59: 217–232.
- SPUNĢIS V. (2008): Fauna, distribution, habitat preference and abundance of harvestmen (Opiliones) in Latvia. *Latvijas Entomologs* 45: 14–24.
- STAŠIOV S. & TUF I. H. (2016): Nový nález sekáče obroubeného (Opiliones: Sclerosomatidae: Leiobuninae: *Leiobunum limbatum*) na Slovensku. *Acta Carp. Occ.* 7: 56–57.
- SZINETÁR C. & HORVÁTH R. (2005): A review of spiders on tree trunks in Europe (Araneae). *Acta zoologica bulgarica* 1: 221–257.
- ŠILHAVÝ V. (1956): *Sekáči – Opilionidea. Fauna ČSR* 7. NČSAV, Praha. 273 pp.
- ŠTÁHLAVSKÝ F. (2017): Pseudoscorpiones (štírci). In: Hejda R., Farkač J. & Chobot K. (eds.) *Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha: 78–79.
- TEWS J., BROSE U., GRIMM V., TIELBÖRGER K., WICHMANN K. & SCHWAGER M. (2004): Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography* 31:79–92.
- VASCONCELLOS-NETO J., MESSAS Y. F., DA SILVA SOUZA H., VILLANUEVA-BONILA G. A. & ROMERO G. Q. (2017): Spider–Plant Interactions: An Ecological Approach. In: Viera C., Gonzaga M. (eds) *Behaviour and Ecology of Spiders*. Springer, Cham: 165–214.
- WEISS I. (1995): Spinnen und Weberknechte auf Baumstämmen im Nationalpark Bayerischer Wald. In: Růžička V. (ed) *Proceedings of the 15th European Colloquium of Arachnology*. Czech Academy of Sciences, Institute of Entomology, České Budějovice: 184–192.

- UDDSTRÖM A. & RINNE V. (2016): *Suomen lukit ja valeskorpionit* (Finish harvestmen and pseudoscorpions). Hyönteistarvike Tibiale Oy, Helsinki. 223 pp.
- WEYGOLDT P. (1969): *The biology of pseudoscorpions*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 145 pp.
- WISE D. H. (1993): *Spiders in Ecological Webs*. Cambridge University Press, Cambridge. 328 pp.
- WORLD SPIDER CATALOG (2021): *World spider Catalog, version 21.5*. Natural History Museum, Bern. Online at <http://wsc.nmbe.ch> (May 3, 2021)
- WUNDERLICH J. (1982): Mitteleuropäische Spinnen (Araneae) der Baumrinde. *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 94: 9-21
- UETZ G. W. (1979): Influence of variation of litter habitatson spider communities. *Oecologia* 40: 29–42.
- YAHIRO K., KAMEDA K., NASU Y. & MURAHAMA S. (2013): Insect fauna of great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) nests. *Japan Journal of Entomology* (N. S.) 16: 15–23.
- ŽYDELIS R., GRAŽULEVIČIUS G., ZARANKAITĖ J., MEČIONIS R., MAČIULIS M. (2002): Expansion of the Cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) population in western Lithuania. *Acta Zoologica Lituanica* 12: 283–287.

5. PŘÍLOHY

Příloha I

MACHAČ O. & TUF I. H. 2016: Spiders and harvestmen on tree trunks obtained by three sampling methods. *Arachnol. Mitt.* 51: 67–72. DOI: 10.5431/aramit5110.

Příloha II

MACHAČ O., CHRISTOPHORYOVÁ J., KRAJČOVIČOVÁ K., BUDKA J. & SCHLAGHAMERSKÝ J. 2018: Spiders and pseudoscorpions (Arachnida: Araneae, Pseudoscorpiones) in old oaks of Central European floodplains. *Arachnol. Mitt.* 56: 24–31. DOI: 10.30963/aramit5604

Příloha III

MACHAČ O. & TUF I. H. 2021: Ornithologists help to spiders: factors influencing spider overwintering in bird nesting boxes. *Insects* 12: 465. DOI: 10.3390/insects12050465

Příloha IV

MACHAČ O., IVINSKIS P., RIMŠAITE J., HORŇÁK O. & TUF I. H.: Response of ground dwelling predatory arthropods to vegetation changes in cormorant colony. *Forests* (in prep.)

Příloha I

MACHAČ O. & TUF I. H. 2016: Spiders and harvestmen on tree trunks obtained by three sampling methods. *Arachnol. Mitt.* 51: 67–72. DOI: 10.5431/aramit5110.

Spiders and harvestmen on tree trunks obtained by three sampling methods

Ondřej Machač & Ivan H. Tuf



doi: 10.5431/aramit5110

Abstract. We studied spiders and harvestmen on tree trunks using three sampling methods. In 2013, spider and harvestman research was conducted on the trunks of selected species of deciduous trees (linden, oak, maple) in the town of Přerov and a surrounding floodplain forest near the Bečva River in the Czech Republic. Three methods were used to collect arachnids (pitfall traps with a conservation fluid, sticky traps and cardboard pocket traps). Overall, 1862 spiders and 864 harvestmen were trapped, represented by 56 spider species belonging to 15 families and seven harvestman species belonging to one family. The most effective method for collecting spider specimens was a modified pitfall trap method, and in autumn (September to October) a cardboard band method. The results suggest a high number of spiders overwintering on the tree bark. The highest species diversity of spiders was found in pitfall traps, evaluated as the most effective method for collecting harvestmen too.

Keywords: Araneae, arboreal, bark traps, Czech Republic, modified pitfall traps, Opiliones

Trees provide important microhabitats for arachnids including specific microclimatic and structural conditions in the bark cracks and hollows (Wunderlich 1982, Nikolai 1986). Some species lives on tree trunks throughout the year, whereas other spiders use trees only for a certain period, mainly during overwintering (Horváth et al. 2001, 2004). Facultative bark-dwelling spiders which usually live in the canopies are found on trees only in late autumn to early spring, i.e. in season when deciduous trees are without leaves (Horváth & Szinetár 2002).

Bark-dwelling spiders are relatively rarely studied. Information on bark-dwelling spiders are scattered in studies focused on the diversity of fauna of particular forest habitats (e.g. Weiss 1995, Horváth & Szinetár 2002, Blick 2011) or parks and towns (e.g. Hansen 1992, Horváth & Szinetár 1998). Applied research may study bark-dwelling spiders as pest-control agents in orchards (e.g., Bogya et al. 1999, Pekár 1999). Some studies are focused specifically on spider biology, e.g. overwintering (Pekár 1999, Spitzer et al. 2010) or habitat stratification (e. g. Simon 1994). Several species find shelter on tree trunks during harsh conditions, e.g. floods (Zulka 1989, Marx et al. 2012). In Europe, several hundreds of spider species were reported on the bark of different tree species (Szinetár & Horváth 2006, Blick 2011).

Different methods can be used to collect arachnids living on tree trunks. The most popular ones are arboreal eclectors placed on trunks (e.g. Albrecht 1995, Kubcová & Schlaghamerský 2002, Blick 2011) or branches in canopies (e.g. Koponen 2004, Moeed & Meads 1983, Simon 1995). Another method is the bark trap which can be made from wrapped cardboard (e.g. Bogya et al. 1999, Horváth & Szinetár 1998, 2002, Horváth et al. 2001, 2004, 2005) or polyethylene bubble film (Isaia et al. 2006). Pitfall traps (i.e. Barber traps) were adopted to sample trunk inhabiting invertebrates too (e.g. Pinzon & Spence 2008). Canopy-inhabiting invertebrates can be sampled by fogging (e.g. Otto & Floren 2007), window traps, various types of eclectors or direct beating of branches (Bolzer & Hänggi 2005, Blick & Gossner 2006, Aguilar 2010), but these methods are expensive, time-consuming or difficult.

This study is focused on the comparison of the species spectrum of spiders and harvestmen obtained by three simple low-cost trap designs – modified pitfall traps, cardboard bands and sticky traps.

Material and methods

The study was carried out in Přerov Town (49°26'58"N, 17°27'23"E) and a surrounding floodplain forest fragment (49°28'8"N, 17°29'7"E) in the Czech Republic. Both localities are situated at 220 m a.s.l. Spiders and harvestmen were sampled on the trunks of three different species of deciduous trees (Littleleaf linden – *Tilia cordata*, Norway maple – *Acer platanoides*, English oak – *Quercus robur*) using three different methods. Simple pitfall traps were made from the 1.5-litre plastic bottles (Fig. 1) filled with 0.25 litre of a saturated solution of salt (NaCl). Sticky traps were made from ordinary transparent sticky tape 20 cm wide and 40 cm long covered with a layer of glue 95-10-0220 used against tree pests (tape Stromset made by Propher, Fig. 2). Cardboard bands were made from corrugated cardboard 20 cm wide and 40 cm long (Fig. 3). Altogether, 90 traps were installed on 90 trees (each tree with one trap, 15 traps for each method in the forest as well as in the town, i.e. 45 trees in the forest and 45 trees in the town). The tree species were equally sampled by different traps in the forest and in the town (15 lindens, 15 maples and 15 oaks in both forest and town). Traps were placed on the tree trunks at a height of 4 m. Traps were exposed from May 5th to October 27th 2013 and sampled monthly. Spiders and harvestmen were identified to species level using common identification keys (Miller 1971, Šilhavý 1971, Nentwig et al. 2015). Nomenclature follows the World Spider Catalog (2015) and Martens (2013).

Results

Overall, 1862 spiders and 864 harvestmen were trapped, representing 56 spider species from 15 families and seven harvestman species from one family (Tab. 1). One third of all spiders were immature specimens (*Clubiona* 57 %, *Theridion* 23 %, *Philodromus* 20 %). Juveniles of Linyphiidae, which could not be determined to genus level, were not counted. Although the number of recorded individuals was higher in the forest than in town, the number of species was similar between the localities (39 vs. 39 species of spiders and seven vs. five harvestman species respectively). The highest number of species and specimens of spiders and harvestmen were found on oak. A total of 1133 spiders belonging to 48 species and

This contribution was presented at the 29th European Congress of Arachnology, Brno, 2015 August 24-28.

Ondřej MACHAČ, Ivan H. TUF, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacký University Olomouc, Czech Republic; E-mail: machac.ondra@seznam.cz, ivan.tuf@upol.cz

submitted 30.10.2015, accepted 15.2.2016, online 6.3.2016



Fig. 1: Pitfall trap made from a plastic bottle

Fig. 2: Sticky trap

Fig. 3: Cardboard band trap

805 harvestmen belonging to seven species were captured in modified pitfall traps. In total 16 spider species were recorded by pitfall trapping exclusively (30 % of all species sampled by this method). The most abundant taxa obtained using this method were *Anyphaena accentuata*, *Clubiona pallidula* (*Clubiona* sp.), *Drapetisca socialis* and the harvestman *Rilaena triangularis*. A total of 560 spiders belonging to 31 species but only 27 (mainly immature) harvestmen were sampled by cardboard bands (Tab. 1). Four spider species were obtained by this method exclusively (13 % of all species recorded by this method). The most abundant taxa obtained using this method were *Clubiona pallidula* and *Nuctenea umbratica*. A total of 169 spiders belonging to 24 species and 32 harvestmen belonging to three species were stuck on sticky traps. Three spider species were sampled by sticky traps exclusively (11 % of all species captured by this method). The most abundant taxa obtained with this method were *Philodromus* sp. and *Drapetisca socialis*. The number of spider and harvestman

specimens trapped in pitfall traps was the highest in May at both localities (Fig. 4), whereas the number of species was the highest in July (Fig. 5). The effectivity of cardboard bands (both in the number of individuals and species) was highest in October (Figs 4, 5). Only 11 species of spiders were trapped by all methods, other species were recorded by one method exclusively, or by a combination of two methods (Tab. 1).

Discussion

The 56 spider species collected during this study mostly represent common arboreal species. The number of spider species is low in comparison with some other methods like eclectors (e.g. Albert 1976, Platen 1985, Simon 1995, Koponen 1996, Blick 2009, 2012). Evidently, trunk eclectors are much more effective in sampling the whole spider species spectrum compared to our methods. Using trunk eclectors in different forests in Germany Blick (2011) found a total of 334 spider species between 1990 and 2003. In a different project (Blick

Tab. 1: List of all collected spiders and harvestmen species and the number of specimens collected at two localities and by three different methods. L – linden, O – oak, M – maple; PT – pitfall traps, CB – cardboard bands, ST – sticky traps. Bold numbers indicate trapping exclusively with one method.

Species/Family	Locality		Tree			Method		
	Forest	Town	L	O	M	PT	CB	ST
Araneae								
Segestriidae								
<i>Segestria senoculata</i> (Linnaeus, 1758)	1	3	.	3	1	3	1	.
Mimetidae								
<i>Ero furcata</i> (Villers, 1789)	1	.	.	1	.	1	.	.
Theridiidae								
<i>Anelosimus vittatus</i> (C. L. Koch, 1836)	2	12	9	.	5	13	1	.
<i>Dipoena melanogaster</i> (C. L. Koch, 1837)	4	4	.	8	.	4	3	1
<i>Enoplognatha ovata</i> (Clerck, 1757)	12	2	3	9	2	10	.	4
<i>Parasteatoda lunata</i> (Clerck, 1757)	8	7	6	3	6	12	3	.
<i>Parasteatoda simulans</i> (Thorell, 1875)	.	1	1	.	.	.	.	1
<i>Platnickina tinctoria</i> (Walckenaer, 1802)	24	23	10	31	6	10	24	13
<i>Steatoda bipunctata</i> (Linnaeus, 1758)	.	2	.	2	.	.	2	.
<i>Theridion mystaceum</i> L. Koch, 1870	22	14	9	21	6	.	29	7
<i>Theridion varians</i> Hahn, 1833	4	10	6	7	1	9	1	4
<i>Theridion</i> sp. (juv.)	61	42	40	46	17	50	17	36
Linyphiidae								
<i>Agyneta innotabilis</i> (O. P.-Cambridge, 1863)	.	11	.	7	4	9	.	2
<i>Agyneta rurestris</i> (C. L. Koch, 1836)	7	2	5	4	.	7	1	1
<i>Bathypantes</i> sp. (juv.)	1	.	.	1	.	1	.	.
<i>Drapetisca socialis</i> (Sundevall, 1833)	95	24	69	21	29	99	4	16
<i>Entelecara acuminata</i> (Wider, 1834)	13	12	7	2	16	22	.	3
<i>Erigone atra</i> Blackwall, 1833	.	1	1	.	.	.	.	1
<i>Hypomma cornutum</i> (Blackwall, 1833)	12	.	.	12	.	7	5	.
<i>Leptyphantes minutus</i> (Blackwall, 1833)	80	15	17	39	39	53	42	.
<i>Moebelia penicillata</i> (Westring, 1851)	24	20	20	12	12	10	34	.
<i>Neriere montana</i> (Clerck, 1757)	13	.	.	13	.	2	11	.

Species/Family	Locality		Tree			Method		
	Forest	Town	L	O	M	PT	CB	ST
<i>Tenuiphantes flavipes</i> (Blackwall, 1854)	2	2	.	2	2	3	.	1
<i>Trematocephalus cristatus</i> (Wider, 1834)	8	6	4	2	8	11	1	2
Tetragnathidae								
<i>Pachygnatha listeri</i> Sundevall, 1830	1	.	.	1	.	1	.	.
<i>Tetragnatha pinicola</i> L. Koch, 1870	4	2	1	5	.	2	.	4
Araneidae								
<i>Araneus</i> sp. (juv.)	.	8	.	.	8	6	.	2
<i>Gibbaranea gibbosa</i> (Walckenaer, 1802)	.	3	3	.	.	3	.	.
<i>Larinioides sclopetarius</i> (Clerck, 1757)	.	4	4	.	.	4	.	.
<i>Nuctenea umbratica</i> (Clerck, 1757)	24	45	8	30	31	20	49	
<i>Zygiella atrica</i> (C. L. Koch, 1845)	.	1	.	.	1	1	.	.
Agelenidae								
<i>Agelena labyrinthica</i> (Clerck, 1757)	.	1	.	.	1	.	1	.
<i>Eratigena atrica</i> (C. L. Koch, 1843)	.	1	1	.	.	1	.	.
<i>Tegenaria silvestris</i> (L. Koch, 1872)	5	.	.	3	2	4	.	1
Dictynidae								
<i>Brigittea civica</i> (Lucas, 1850)	.	2	2	.	.	1	.	1
<i>Dictyna uncinata</i> Thorell, 1856	1	.	1	.	.	.	.	1
<i>Emblyna annulipes</i> (Blackwall, 1846)	.	2	.	.	2	.	2	.
<i>Lathys humilis</i> (Blackwall, 1855)	4	.	.	3	1	3	1	.
<i>Nigma flavescens</i> (Walckenaer, 1830)	2	.	.	2	.	1	.	1
<i>Nigma walckenaeri</i> (Roewer, 1951)	.	10	.	.	10	2	8	.
Eutichuridae								
<i>Cheiracanthium mildei</i> L. Koch, 1864	.	10	1	.	9	5	5	.
Anyphaenidae								
<i>Anyphaena accentuata</i> (Walckenaer, 1802)	241	114	78	214	73	316	33	6
Clubionidae								
<i>Clubiona brevipes</i> Blackwall, 1841	8	.	.	8	.	8	.	.
<i>Clubiona comta</i> C. L. Koch, 1839	3	.	1	2	.	2	1	.
<i>Clubiona lutescens</i> Westring, 1851	.	3	2	.	1	2	1	.
<i>Clubiona pallidula</i> (Clerck, 1757)	175	124	62	184	53	105	191	3
<i>Clubiona</i> sp. (juv.)	202	54	68	114	74	175	51	30
Gnaphosidae								
<i>Micaria subopaca</i> Westring, 1861	3	.	.	3	.	2	1	.
Philodromidae								
<i>Philodromus albidus</i> Kulczyński, 1911	1	13	10	.	4	10	1	3
<i>Philodromus</i> sp. (juv.)	23	47	17	31	22	53	.	17
Thomisidae								
<i>Ozyptila praticola</i> (C. L. Koch, 1837)	36	4	.	40	.	11	29	.
<i>Pistius truncatus</i> (Pallas, 1772)	5	.	1	4	.	.	5	.
<i>Synema globosum</i> (Fabricius, 1775)	1	.	.	1	.	1	.	.
<i>Xysticus lanio</i> C. L. Koch, 1835	18	.	2	12	4	18	.	.
Salticidae								
<i>Ballus chalybeius</i> (Walckenaer, 1802)	8	5	3	10	.	13	.	.
<i>Evarcha falcata</i> (Clerck, 1757)	1	.	.	1	.	1	.	.
<i>Salticus scenicus</i> (Clerck, 1757)	.	8	5	.	3	8	.	.
<i>Salticus zebraneus</i> (C. L. Koch, 1837)	9	19	7	17	4	18	4	6
Opiliones								
Phalangiidae								
<i>Lacinius dentiger</i> (C. L. Koch, 1847)	3	1	.	2	2	4	.	.
<i>Lacinius ephippiatus</i> (C. L. Koch, 1935)	17	6	.	11	12	23	.	.
<i>Mitopus morio</i> (Fabricius, 1799)	1	.	.	.	1	1	.	.
<i>Opilio canestrinii</i> (Thorell, 1876)	7	20	5	12	10	26	1	.
<i>Opilio saxatilis</i> C. L. Koch, 1839	3	.	3	.	.	1	.	2
Phalangiidae spp. (juv.)	26	.	.	26	.	.	26	.
<i>Phalangium opilio</i> Linnaeus, 1761	12	1	4	7	2	9	.	3
<i>Rilaena triangularis</i> (Herbst, 1799)	566	202	203	471	94	741	.	27

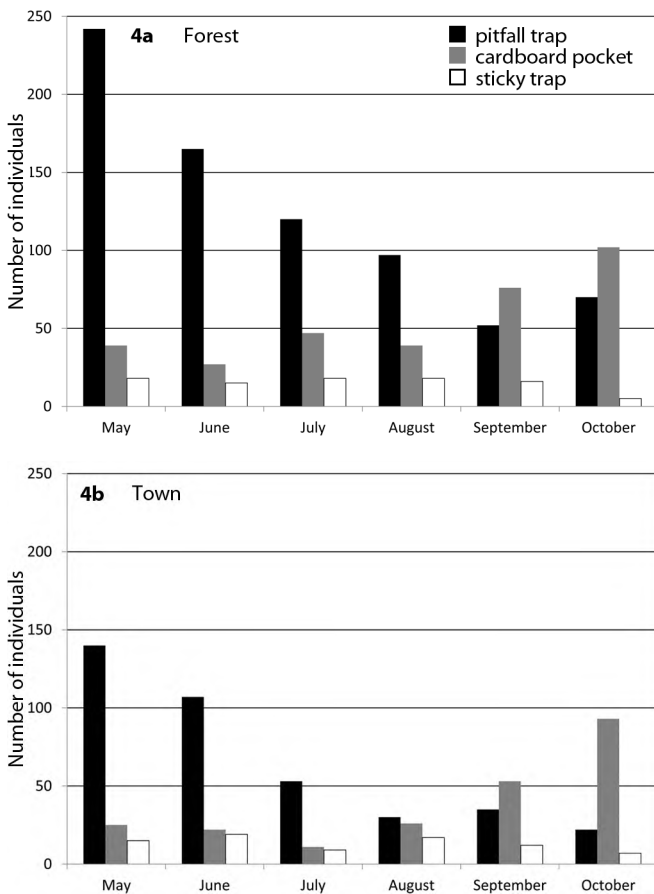


Fig. 4: Number of spider specimens obtained by three sampling methods during one year (total number); above (4a) – forest, below (4b) – town

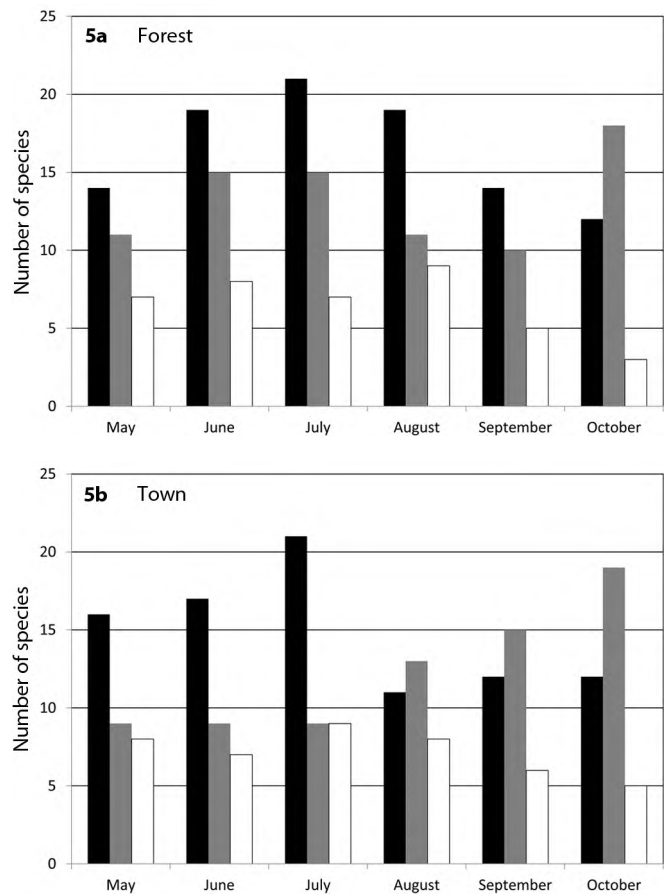


Fig. 5: Number of spider species obtained from three sampling methods during one year (total number); above (5a) – forest, below (5b) – town

2010), 105–151 spider species was sampled using just 8 eclectors in different forest reserves in Hesse (Germany). Similarly, Platen (1985) sampled 69 species using just one eclector.

Nevertheless, in comparison with other studies using modified pitfall traps, its efficiency was similar: Weiss (1995) found 57 species and Machač (2014) found 33 spider species and 3 harvestman species from 18 traps contrary to 48 species recorded by pitfall traps in this study. We trapped relatively more harvestman species than has been published (Sührig & Rothländer 2006), but without some typical bark-dwelling species, e.g. from the genus *Leiobunum*. The number of species can also be influenced by the type of locality, both localities are relatively disturbed and without protected nature status.

Most of the collected spider species in the forest are widespread, silvicolous spiders with a known arboreal occurrence (Szinetár & Horváth 2006). In the town, synanthropic species of spiders were collected too, e.g. *Brigittea civica*, *Cheiracanthium mildei* and *Nigma walckenaeri* (Buchar & Růžička 2002). The most dominant species found in the town and the forest are the common spider species *Anyphaena accentuata*, *Clubiona pallidula* and the harvestman *Rilaena triangularis*, known from previous studies (e.g. Horváth et al. 2001, Horváth & Szinetár 2002). The greatest number of spider specimens collected using cardboard bands were obtained during September and October (almost 60% of them). The exclusive species recorded in cardboard bands were *Agelena labyrinthica*, *Emblina annulipes*, *Pistius truncatus* and *Steatoda bipunctata*. Tree trunks provide important shelters for the overwintering of spiders (Pekár 1999, Horváth & Szinetár 2002, Szinetár

& Horváth 2006). Corrugated cardboard bands simulate tree bark asperities and spiders used them preferably (Isaia et al. 2006). During summer months, these cardboard bands are inhabited mostly by females with egg sacs, e.g. *Clubiona pallidula*, *Nuctenea umbratica* or *Ozyptila praticola*, which provide calm and warm shelters. Similarly, the spider *Oreonetides quadridentatus* is known to migrate onto tree trunks from soil during spring (Kopecký & Tuf 2013). Cardboard bands seem to be effective for sampling species living under bark or overwintering on trunks. On the contrary, this method is not suitable for harvestmen as only one aggregation of unidentified juveniles was found.

The pitfall traps made from PET bottles obtained the most spider specimens and the largest number of spider species (48) as well as harvestmen species (seven). Also, the highest portion of exclusive species was recorded by this method, including a majority of specimens belonging to Araneidae and Salticidae as well as harvestmen. The highest number of spider and harvestman specimens was obtained by this method during May, including the harvestman *Rilaena triangularis* which is most active in this month (Klimeš 1990). Pinzon & Spence (2008) found only 33 species on trunks using trunk pitfall traps in the forests of Canada. Trunk pitfall traps are, however, very effective for sampling of spiders and harvestmen living on tree trunks (Weiss 1995).

The sticky trap method was not effective for arachnids at all. Twenty-four spider (mostly juveniles and small species) and three harvestman species were obtained using this method only. Moreover, harvestmen were usually damaged when

releasing them from the glue. This method is not usually used for sampling arachnids, but is suitable for monitoring ballooning spiders (e.g. Greenstone et al. 1985). Sticky traps are more suitable for flying insects, e.g. Coleoptera, Diptera or Hymenoptera (Horváth et al. 2005, Bar-Ness et al. 2012).

Based on our results, we can recommend pitfall trapping for sampling spiders and harvestmen from tree trunks. In autumn and during winter, this method can be combined (or replaced) with cardboard bands (bark traps) as an effective method to collect arachnids searching for overwintering shelters.

Acknowledgements

We are thankful for financial support of the research to the project No. PrF_2013_016 of the Faculty of Science, Palacky University Olomouc.

References

- Aguilar JC 2010 Methods for catching beetles. *Naturalia Scientifica Collection*, Montevideo-Asuncion. 303 pp.
- Albert R 1976 Zusammensetzung und Vertikalverteilung der Spinnfauna in Buchenwäldern des Solling. – *Faunistisch-ökologische Mitteilungen* 5: 65-80
- Albrecht H 1995 Stammeklektorenfänge von Spinnen (Araneae) in Laubwaldgesellschaften des ehemaligen Militärgeländes "Hohe Schrecke-Finne" (Nordthüringen). – *Veröffentlichungen des Naturkundemuseums Erfurt* 14: 67-79
- Bar-Ness YD, McQuillan PB, Whitman M, Junker MR, Cracknell M & Barrows A 2012 Sampling forest canopy arthropod biodiversity with three novel minimal-cost trap designs. – *Australian Journal of Entomology* 51: 12-21 – doi: [10.1111/j.1440-6055.2011.00836.x](https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.2011.00836.x)
- Blick T & Gossner M 2006 Spinnen aus Baumkronen-Klopfproben (Arachnida: Araneae), mit Anmerkungen zu *Cinetata gradata* (Linyphiidae) und *Theridion boesenbergi* (Theridiidae). – *Arachnologische Mitteilungen* 31: 23-39 – doi: [10.5431/aramit3104](https://doi.org/10.5431/aramit3104)
- Blick T 2009 Die Spinnen (Araneae) des Naturwaldreservats Goldbachs- und Ziebachsrück (Hessen). Untersuchungszeitraum 1994-1996. In: Dorow WHO, Blick T & Kopelke J-P (eds) *Naturwaldreservate in Hessen. Band 11/2.1. Goldbachs- und Ziebachsrück. Zoologische Untersuchungen 1994-1996, Teil 1. – Mitteilungen der Hessischen Landesforstverwaltung* 45: 57-138
- Blick T 2010 Spiders coenoses in strict forest reserves in Hesse (Germany). In: Nentwig W, Entling M & Kropf C (eds) *European Arachnology 2008. Proceedings of the 24th European Congress of Arachnology*. Bern, Natural History Museum. pp. 11-29
- Blick T 2011 Abundant and rare spiders on tree trunks in German forests (Arachnida: Araneae). – *Arachnologische Mitteilungen* 40: 5-14 – doi: [10.5431/aramit4002](https://doi.org/10.5431/aramit4002)
- Blick T 2012 Die Spinnen (Araneae) des Naturwaldreservates Kinzigau (Hessen). Untersuchungszeitraum 1999-2001. In: Blick T, Dorow WHO & Kopelke J-P (eds) *Kinzigau. Zoologische Untersuchungen 1999-2001, Teil 1. – Naturwaldreservate in Hessen* 12: 53-124
- Bogya S, Szinetár C & Markó V 1999 Species composition of spider (Araneae) assemblages in apple and pear orchards in Central Basin. – *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 34: 99-121
- Bolzern A & Hänggi A 2005 Spinnenfänge (Arachnida, Araneae) auf subalpinen Fichten der Alp Flix (GR, Schweiz) – ein Methodenvergleich. – *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft* 78: 125-141 – doi: [10.5169/seals-402886](https://doi.org/10.5169/seals-402886)
- Buchar J & Růžička V 2002 Catalogue of spiders of Czech Republic. Peres, Praha. 351 pp.
- Greenstone MH, Morgan CE & Hultsch AL 1985 Spider ballooning: development and evaluation of field trapping methods (Araneae). – *Journal of Arachnology* 13: 337-345
- Hansen H 1992 Über die Arachniden-Fauna von urbanen Lebensräumen in Venedig II. Die Rinde-bewohnenden Arten des Stammbereiches von *Platanus hybrida*. – *Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Venezia* 41: 91-108
- Horváth R & Szinetár C 1998 Study of the bark-dwelling spiders (Araneae) on black pine (*Pinus nigra*) I. – *Miscellanea Zoologica Hungarica* 12: 77-83
- Horváth R & Szinetár C 2002 Ecofaunistic study of bark-dwelling spiders (Araneae) on black pine (*Pinus nigra*) in urban and forest habitats. – *Acta Biologica Debrecina* 24: 87-101
- Horváth R, Lengyel S, Szinetár C & Honti S 2004 The effect of exposition time and temperature on spiders (Araneae) overwintering on the bark of black pine (*Pinus nigra*). In: Samu F & Szinetár C (eds) *European Arachnology 2002*. Plant Protection Institute and Berzsenyi College, Budapest. pp. 95-102
- Horváth R, Lengyel S, Szinetár C & Jakab L 2005 The effect of prey availability on spider assemblages on Black Pine (*Pinus nigra*) bark: spatial patterns and guild structure. – *Canadian Journal of Zoology* 83: 324-335 – doi: [10.1139/z05-009](https://doi.org/10.1139/z05-009)
- Horváth R, Magura T & Szinetár C 2001 Effects of immission load on spiders living on black pine. – *Biodiversity and Conservation* 10: 1531-1542 – doi: [10.1023/A:1011819427941](https://doi.org/10.1023/A:1011819427941)
- Isaia M, Bona F & Badino G 2006 Comparison of polyethylene bubble wrap and corrugated cardboard traps for sampling tree-inhabiting spiders. – *Environmental Entomology* 35: 1654-1660 – doi: [10.1603/0046-225X\(2006\)35\[1654:COBPWA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0046-225X(2006)35[1654:COBPWA]2.0.CO;2)
- Klímeš L 1990 Vliv záplav na životní cyklus *Rilaena triangularis* (Herbst) (Opiliones). [Impact of floodings on the life cycle in *Rilaena triangularis* (Herbst) (Opiliones).] – *Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích, přírodní vědy* 30: 37-45 [in Czech]
- Kopecký O & Tuf IH 2013 Podzemní populace pavouka plachetnatky čtyřzubé (*Oreonetides quadridentatus* (Wunderlich, 1972)). [Subterranean population of spider *Oreonetides quadridentatus* (Wunderlich, 1972) (Araneae).] – *Západočeské entomologické listy* 4: 106-109 [in Czech]
- Koponen S 1996 Spiders (Araneae) on trunks and large branches in SW Finland, collected by a new trap type. – *Revue suisse de Zoologie*, hors série 1: 335-340
- Koponen S 2004 Arthropods from high oak branches – comparison of two trap types, with a special reference to spiders. – *Latvijas Entomologs* 41: 71-75
- Kubcová L & Schlaghamerský J 2002 Zur Spinnfauna der Stammregion stehenden Totholzes in süd-mährischen Auwäldern. – *Arachnologische Mitteilungen* 24: 35-61 – doi: [10.5431/aramit2403](https://doi.org/10.5431/aramit2403)
- Machač O 2014 Pavouci a sekáči na kmenech stromů Hostýnsko-vsetínské hornatiny. [Spiders and harvestmen on tree trunks in Hostýnsko-vsetínská highlands.] – *Acta Carpathica Occidentalis* 5: 64-67 [in Czech]
- Martens J 2013 Opiliones. Fauna Europaea, version 2.6. – Internet: <http://www.fauna-eu.org> (September 30, 2015)
- Miller F 1971 Řád Pavouci – Araneida. In: Daniel M & Černý V (eds) *Klíč zvířeny ČSSR IV.* [Key to the fauna of Czechoslovakia IV.] ČSAV, Praha. pp. 51-306 [in Czech]
- Moeed A & Meads MJ 1983 Invertebrate fauna of four tree species in Orongorongo valley, New Zealand, as revealed by trunk traps. – *New Zealand Journal of Ecology* 6: 39-53
- Nentwig W, Blick T, Gloor D, Hänggi A & Kropf C 2015 Spiders of Europe, version 09.2015. – Internet: <http://www.araneae.unibe.ch> (September 30, 2015)
- Nikolai V 1986 The bark of trees: thermal properties, microclimate and fauna. – *Oecologia* 69: 148-160 – doi: [10.1007/BF00399052](https://doi.org/10.1007/BF00399052)
- Otto S & Floren A 2007 The spider fauna (Araneae) of tree canopies in the Bialowieza Forest. – *Fragmenta Faunistica* 50: 57-70 – doi: [10.3161/00159301FF2007.50.1.057](https://doi.org/10.3161/00159301FF2007.50.1.057)
- Pekár S 1999 Some observations on overwintering of spiders (Araneae) in two contrasting orchards in the Czech Republic. – *Agriculture, Ecosystems & Environment* 73: 205-210 – doi: [10.1016/S0167-8809\(99\)00052-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00052-3)
- Pinzon J & Spence JR 2008 Performance of two arboreal pitfall trap designs in sampling cursorial spiders from tree trunks. – *Journal of Arachnology* 32: 280-286 – doi: [10.1636/CH07-97.1](https://doi.org/10.1636/CH07-97.1)
- Platen R 1985 Die Spinnentierfauna (Araneae, Opiliones) aus Boden und Baumelektoren des Staatswaldes Burgholz (MB 4708). –

- Jahresberichte des Naturwissenschaftlichen Vereins Wuppertal 38: 75-86
- Simon U 1994 Spider and harvestmen fauna (Arachnida: Araneae, Opiliones) of pine trees (*Pinus silvestris* L.) and its stratification. – *Bolletino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali*, Catania 26 (345) (1993): 323-334
- Simon U 1995 Untersuchung der Stratozöosen von Spinnen und Weberknechten (Arachnoidea: Araneae, Opilionida) an der Waldkiefer (*Pinus sylvestris*). *Wissenschaft und Technik Verlag*, Berlin. 142 pp.
- Spitzer L, Konvička O, Tropek R, Roháčová M, Tuf IH & Nedvěd O 2010 Společenstvo členovců (Arthropoda) zimujících na jedli bělokoré na Valašsku (okr. Vsetín, Česká republika). [Assemblage of overwintering arthropods on white fir (*Abies alba*) in the Moravian Wallachia region (West Carpathians, Czech Republic).] – *Časopis Slezského Muzea Opava (A)* 59: 217-232 [in Czech]
- Sührig A & Rothländer A 2006 Stammbewohnende Weberknechte (Arachnida: Opiliones) in einem Fichten-, einem Misch- und einem Buchenbestand im Solling. – *Arachnologische Mitteilungen* 32: 38-42 – doi: [10.5431/aramit3207](https://doi.org/10.5431/aramit3207)
- Szinetár C & Horváth R 2006 A review of spiders on tree trunks in Europe (Araneae). – *Acta zoologica bulgarica*, Supplement 1: 221-257
- Šilhavý V 1971 Sekáči – Opilionidea. In: Daniel M & Černý V (eds) *Klíč zvířeny ČSSR IV*. [Key to the fauna of Czechoslovakia IV.] ČSAV, Praha. pp. 33-49 [in Czech]
- Weiss I 1995 Spinnen und Weberknechte auf Baumstämmen im Nationalpark Bayerischer Wald. In: Růžička V (ed) *Proceedings of the 15th European Colloquium of Arachnology*. Czech Academy of Sciences, Institute of Entomology, České Budějovice. pp. 184-192
- World Spider Catalog 2015 World spider catalog, version 16.5. Natural History Museum Bern. – Internet: <http://wsc.nmbe.ch> (September 30, 2015)
- Wunderlich J 1982 Mitteleuropäische Spinnen (Araneae) der Baumrinde. – *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 94: 9-21 – doi: [10.1111/j.1439-0418.1982.tb02540.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1982.tb02540.x)
- Zulka KP 1989 Einfluß der Hochwässer auf die epigäische Arthropodenfauna im Überschwemmungsbereich der March (Niederösterreich). – *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie* 7: 74-75

Příloha II

MACHAČ O., CHRISTOPHORYOVÁ J., KRAJČOVIČOVÁ K., BUDKA J. & SCHLAGHAMERSKÝ J.
2018: Spiders and pseudoscorpions (Arachnida: Araneae, Pseudoscorpiones) in old oaks of
Central European floodplains. *Arachnol. Mitt.* 56: 24–31. DOI: 10.30963/aramit5604

Spiders and pseudoscorpions (Arachnida: Araneae, Pseudoscorpiones) in old oaks of a Central European floodplain

Ondřej Machač, Jana Christophoryová, Katarína Krajčovičová, Jan Budka & Jiří Schlaghamerský



doi: 10.30963/aramit5604

Abstract. Spiders and pseudoscorpions on old pedunculate oaks (*Quercus robur*) with tree cavities were studied in a Central European floodplain (South Moravia, Czech Republic). Altogether 322 specimens from 47 spider taxa and 71 specimens of six pseudoscorpion species were collected during 2010 and 2011 from tree cavities using two methods. More specimens and species of spiders were obtained from flight interception traps and more specimens and species of pseudoscorpions were obtained from pitfall traps. Remarkable records represent typical cavity dwellers, i.e. the spider *Midia midas* (Simon, 1884), the pseudoscorpions *Larca lata* (Hansen, 1884) and *Apocheiridium ferum* (Simon, 1879), the latter occurs mostly under tree bark. Five arachnid species are listed in the Czech red list: *Midia midas*, *Leptorchestes berolinensis* (C. L. Koch, 1846), *Dipoena erythropus* (Simon, 1881), *Larca lata* and *Dendrochernes cyrneus* (L. Koch, 1873).

Keywords: arboreal, Czech Republic, ecology, faunistics, solitary trees, tree cavity

Zusammenfassung. Spinnen und Pseudoskorpione (Arachnida: Araneae, Pseudoscorpiones) in alten Eichen eines mitteleuropäischen Auwalds. Spinnen und Pseudoskorpione alter Stieleichen (*Quercus robur*) mit Baumhöhlen wurden in einer mitteleuropäischen Aue (Südmähren, Tschechische Republik) untersucht. Insgesamt wurden 322 Individuen aus 47 Spinnentaxa und 71 Individuen aus sechs Pseudoskorpionarten in den Jahren 2010 und 2011 mit zwei Methoden erfasst. Spinnen wurden in höhere Individuen- und Artenzahl mit Kreuzfensterfallen und Pseudoskorpione zahl- und artenreicher in Bodenfallen in Baumhöhlen gefangen. Bemerkenswerte Arten nachweise betreffen typischer Baumhöhlenbewohner: die Spinne *Midia midas* (Simon, 1884) sowie die Pseudoskorpione *Larca lata* (Hansen, 1884) und *Apocheiridium ferum* (Simon, 1879), letztere kommt vor allem unter Baumrinde vor. Fünf Arten sind in der Tschechischen Roten Liste enthalten: *Midia midas*, *Leptorchestes berolinensis* (C. L. Koch, 1846), *Dipoena erythropus* (Simon, 1881), *Larca lata* und *Dendrochernes cyrneus* (L. Koch, 1873).

Old trees provide important microhabitats for arachnids, such as foliage, branches, trunk and hollows; bark cracks and cavities offer specific microclimatic and structural conditions (e.g. Wunderlich 1982, Nikolai 1986). Some arachnid species live on trees throughout the year, whereas others use trees only for certain periods, mainly for overwintering (e.g. Horváth & Szinetár 2002, Horváth et al. 2004). Some facultative bark-dwelling arachnids that usually live in the canopy are found on trunks and in cavities only from late autumn to early spring, i.e. while deciduous trees are without their leaves (Szinetár & Horváth 2006).

In Europe, spiders living in tree hollows have been studied sporadically (Martínez De Murguía et al. 2007, Niřtu et al. 2009), but no detailed study focusing on this topic has been published yet. From Czechia, only a single study dealing specifically with spiders (and some other invertebrate groups) in tree hollows has been published so far (Růřička et al. 1991).

In contrast, pseudoscorpion occurrence in tree hollows is generally known (Beier 1963, Weygoldt 1969, Ranius 2002, Christophoryová et al. 2017b). In Europe, obligate hollow-dwelling pseudoscorpions belong mainly to the families Cheliferidae and Chernetidae (Beier 1963). The first contribution about pseudoscorpions from tree hollows in Czechia was published by Ducháč (1993a); pseudoscorpions were collected using pitfall traps installed in hollow trees in the Třeboňsko

Protected Landscape Area. Šťáhlavský (2001) carried out systematic research in Prague and its surroundings, where pseudoscorpions were obtained from the mould of 101 tree hollows of 16 tree species. Šťáhlavský (2001) categorized the species found according to their relationship to tree hollows and defined *Mundochthonius styriacus* Beier, 1971, *Dinocheirus panzeri* (C.L. Koch, 1837), *Allochernes wideri* (C.L. Koch, 1843), and *Anthrenocheernes stellae* Lohmander, 1939 as species with a close relationship to this microhabitat. Later several additional records of pseudoscorpions from tree hollows across the country were mentioned in further faunistic publications (Šťáhlavský 2006a, 2006b, 2011, Šťáhlavský & Krásný 2007, Šťáhlavský & Tuf 2009, Šťáhlavský & Chytil 2013).

Various methods have been used to collect arboricolous arachnids. The most popular and effective are arboreal ecleptors situated on trunks (e.g. Albrecht 1995, Blick 2011) or on branches (e.g. Koponen 2004). Pocket traps attached to the tree bark represent another effective method (e.g. Bogya et al. 1999, Horváth & Szinetár 2002, Isايا et al. 2006). Pitfall traps have been used to sample arachnids in tree hollows (e.g. Růřička et al. 1991, Ranius & Jansson 2002) and on tree trunks (e.g. Pinzon & Spence 2008, Machač & Tuf 2016). Canopy-dwelling arachnids have been also sampled by canopy fogging (e.g. Otto & Floren 2007). Sweeping and hand collecting were used as a simple method for collecting specimens from branches (Hansen 1992). Flight interception traps have been developed mainly to collect flying insects, those of the window trap type being employed in particular for catching beetles in flight (e.g. Økland 1996). Flight interception traps have not been used primarily for sampling arachnids until now.

The aim of the present paper was to collect original data about spiders and pseudoscorpions of old oaks growing in a Central European floodplain on the northern margin of the Pannonian basin, obtained by pitfall traps installed in tree

Ondřej MACHAČ, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacký University, Šlechtitelů 28, 783 71 Olomouc, Czech Republic; E-mail: machac.ondra@seznam.cz

Jana CHRISTOPHORYOVÁ & Katarína KRAJČOVIČOVÁ, Department of Zoology, Faculty of Natural Sciences, Comenius University, Mlynská dolina B-1, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava, Slovakia;

E-mail: christophoryova@gmail.com, krajcovic.katarina@gmail.com

Jan BUDKA & Jiří SCHLAGHAMERSKÝ, Department of Botany and Zoology, Faculty of Science, Masaryk University, Kotlářská 2, 661 37 Brno, Czech Republic; E-mail: jiris@sci.muni.cz, budkaj@gmail.com

cavities and by flight interception traps installed near their openings. The material was collected within a study primarily focused on saproxylic beetles associated with tree hollows.

Material and methods

Study area

The study was carried out in the Lower Dyje (Thaya) floodplain (48°43'10"N, 16°54'27"E, 150 to 165 m a.s.l.) south to southeast of the Pohansko hunting chateau and archaeological site, which is located ca. 3 km south of the town of Břeclav (South Moravia, CZECH REPUBLIC). This area had been historically used as a wood pasture; during the last two hundred years, the more open areas were partially changed to hay meadows and the rest mostly to high forest for timber production. There is a high number of old trees, particularly pedunculate oaks (*Quercus robur*), both in the meadows and within smaller woods and larger forest stands, that had grown for a long time in open or semi-open conditions (Fig. 1). The study area, sampling design and sampling methods are described in detail in Schlaghamerský (2011) and Miklín et al. (2017).

Sampling design

Sampling was conducted in 2010 and 2011 (leg. J. Budka, J. Schlaghamerský). In 2010, 22 old oaks (*Quercus robur*) with cavities were studied. Ten (five live and five dead) were solitary trees in meadows. Twelve trees (seven live and five dead) were in close-canopy forest stands. All of the dead trees were standing. In 2011, a selection of 11 of these trees was resampled (traps remained on the same positions); only two of them were solitary trees in meadows (one dead), the rest growing in close-canopy forest (six live, three dead). Two sampling methods were used (their primary purpose was the sampling of saproxylic beetles associated with tree hollows). On each tree a flight interception trap (FIT) and a pitfall trap (PT) were installed. FITs hung near the opening of a selected cavity on a tree trunk. Cavity openings had to be at a height between 1.5 and 7 m above ground (Fig. 2a). Cavities with contact to

the ground or entirely hollow trees were excluded. The FIT position was thus determined by the position of the opening of the cavity (into which a pitfall trap was also installed) and its distance from the tree crown varied substantially – in some cases it hung within the lowest part of the crown, often substantially below it (due to the primary objective of their installation). FITs were of the vane type, made of two crossing sheets (50 cm × 25 cm) of transparent plastic, with a roof above and a funnel (24 cm in diameter) connected to a collecting bottle attached below. As killing and preserving agent, an aqueous 50% ethylene glycol solution with a drop of detergent was used. Inside each tree cavity a pitfall trap was buried into the wood mould with its opening (6 cm in diameter) level with the mould surface (Fig. 2b). FITs and pitfall traps were exposed simultaneously from the 21st April 2010 to 4th October 2010 and from the 5 May 2011 to 23 August 2011 with three week sampling intervals. Spiders were identified using the key of Nentwig et al. (2018). Pseudoscorpions were identified using the key by Christophoryová et al. (2011c). Nomenclature for all taxa follows the World Spider Catalog (2018) and the catalogue Pseudoscorpions of the World (Harvey 2013). The material of spiders and pseudoscorpions is deposited in the collection of the Department of Botany and Zoology at the Masaryk University in Brno.

Results

Spiders (Araneae)

A total of 322 specimens representing 47 taxa from 15 families were identified (Tab. 1). FITs yielded 165 specimens belonging to 40 taxa and 14 families. None of the species captured by the FITs were particularly abundant, only some species were present in relatively high numbers: *Parasteatoda lunata* (Clerck, 1757) (9 specimens), *Anyphaena accentuata* (Walckenaer, 1802) (8), *Porrhomma oblitum* (O. P.-Cambridge, 1871) (8), *Leptorchestes berlinensis* (C. L. Koch, 1846) (8) and *Platnickina tincta* (Walckenaer, 1802) (8) (Tab. 1). FITs exclusively yielded 27 spider taxa. Most species captured by FITs were Linyphiidae with nine species and a group of species



Fig. 1: Closed-canopy forest with interspersed old oaks at the Pohansko study site (photo J. Schlaghamerský)



Fig. 2: Sampling methods used during the current study. **a.** Flight interception trap (FIT) (photo J. Schlaghamerský); **b.** Pitfall trap (PT) inside a tree hollow (photo J. Budka)

identified only to family level (Tab. 1). Pitfall traps placed in tree hollows yielded 157 specimens belonging to 20 taxa and 11 families (Fig. 4a). The most abundant species trapped in the tree hollows were *Tegenaria ferruginea* (Panzer, 1804) and *Midia midas* (Simon, 1884). The most species-rich family in the pitfall traps was Linyphiidae with six species and a group of species identified only to family level. Most spiders collected in hollows are horizontal web builders. Seven spider taxa were obtained exclusively by pitfall traps. A total of

226 specimens belonging to 41 taxa were obtained from trees in forests and 96 specimens from 27 taxa from solitary trees in meadows. Twenty taxa were obtained exclusively from oak hollows situated in forests, six taxa were obtained exclusively from solitary trees in meadows. Traps installed on dead and live trees yielded 139 specimens belonging to 34 taxa and 183 specimens from 40 taxa, respectively. Seven species were obtained exclusively from dead trees. Exclusively in live trees, 13 taxa were present (Tab. 1).

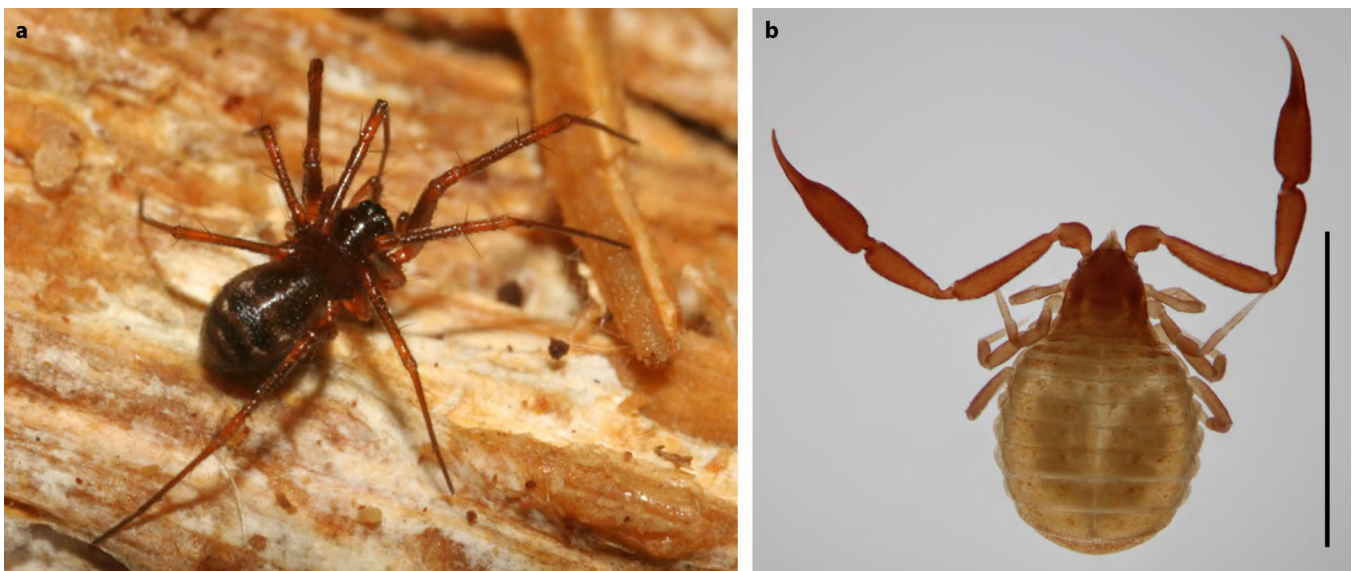


Fig. 3: Typical hollow dwellers. **a.** *Midia midas*, body length 3.5 mm (photo R. Macek); **b.** *Larca lata*, scale bar 2 mm (photo J. Christophoryová)

Remarkable spider species

Linyphiidae

Midia midas (Simon, 1884) (Fig. 3a)

This species is rare and associated with ancient deciduous trees. It lives in tree hollows, where it builds small horizontal webs (Russell-Smith 2002). It is known to occur from the Iberian Peninsula to Turkey, reaching Denmark, Great Britain and Poland in the north (Nentwig et al. 2018). Within Czechia it has been found in eastern Bohemia around Pardubice (Dolanský 1998), South Bohemia (Růžička et al. 1991) and South Moravia near Lednice (Buchar & Růžička 2002, Kubcová & Schlaghamerský 2002). The species is listed in the Czech red list as endangered (Řezáč et al. 2015). Its perceived rarity might be partially due to the lack of arachnological studies focusing on its habitat, although this habitat – old trees with cavities – has definitely become scarce and threatened.

Salticidae

Leptorchestes berolinensis (C. L. Koch, 1846)

Leptorchestes berolinensis is considered as a rare species, living on vegetation on sun-exposed forest edges, on rock outcrops (Buchar & Růžička 2002), as well as on sun-exposed bark of solitary trees and on wooden fences (Bryja et al. 2005, Machač & Niedobová 2015). It is known to occur widely in Europe, except North Europe and Great Britain (Nentwig et al. 2018). The species is listed in the Czech red list as vulnerable (Řezáč et al. 2015).

Theridiidae

Dipoena erythropus (Simon, 1881)

This species is very rare, living on trees and known within Czechia only from South Moravia (Buchar & Růžička 2002), but it might have been overlooked. It lives on branches in the crowns of deciduous trees, mainly oaks. It is known to occur widely in Europe, except the northern part of Europe (Nentwig et al. 2018). Four specimens were obtained from FITs in the present study. This species is listed in the Czech red list as critically endangered (Řezáč et al. 2015).

Pseudoscorpions (Pseudoscorpiones)

In total, 71 specimens belonging to six species from four families were identified (Tab. 1). More specimens were collected in pitfall traps than in FITs (Fig. 4b). The most abundant species, *Larca lata*, was found exclusively in pitfall traps. Also, all specimens of *Allochernes wideri* were found in pitfall traps. On the other hand, *Apocheiridium ferum* (Simon, 1879) and *Dendrochernes cyrneus* (L. Koch, 1873) were collected only in FITs. *Chelififer cancroides* (Linnaeus, 1758) and *Chernes bahni* (C. L. Koch, 1839) were captured in both trap types. Markedly more specimens were present in hollows in trees situated in forest stands than in those growing in meadows (Tab. 1). Remarkably, all pseudoscorpions were collected on live trees, not a single specimen on a dead one (Tab. 1).

Larca lata, was found exclusively in pitfall traps. Also, all specimens of *Allochernes wideri* were found in pitfall traps. On the other hand, *Apocheiridium ferum* (Simon, 1879) and *Dendrochernes cyrneus* (L. Koch, 1873) were collected only in FITs. *Chelififer cancroides* (Linnaeus, 1758) and *Chernes bahni* (C. L. Koch, 1839) were captured in both trap types. Markedly more specimens were present in hollows in trees situated in forest stands than in those growing in meadows (Tab. 1). Remarkably, all pseudoscorpions were collected on live trees, not a single specimen on a dead one (Tab. 1).

Remarkable pseudoscorpion species

Larcidae

Larca lata (Hansen, 1884) (Fig. 3b)

This species appears to be rare and vulnerable and is a typical cavity dweller (Judson & Legg 1996, Ranius & Wilander 2000). It occurs only in Europe, where it has been found in 13 countries until now (Harvey 2013). Recently it was reported for the first time from Slovakia and Hungary (Christophoryová et al. 2011a, Novák 2013). Within Czechia it has been found in the Třeboňsko Protected Landscape Area (South Bohemia) and in the Lower Morava Biosphere Reserve, which covers also the present study site (Ducháč 1993a, Šťáhlavský 2011, Šťáhlavský & Chytil 2013). In the Czech red list, it is listed as vulnerable (Šťáhlavský 2017).

Cheiridiidae

Apocheiridium ferum (Simon, 1879)

This species is distributed in Europe and has also been found in Asian Turkey, Azerbaijan and Uzbekistan (Harvey 2013). Beier (1963) reported that the species lives under tree bark, especially of fruit trees. According to Weygoldt (1966) it occurs even in the tightest spaces under bark. Ducháč (1997) reported *A. ferum* from South Moravia as new for Czechia, without providing information about its habitat. Later it was found in the same region in the village of Lednice (Šťáhlavský & Ducháč 2001) and also close-by at Valtice and Hlohovec, in both cases under *Platanus* bark (Šťáhlavský & Chytil 2013).

Chernetidae

Dendrochernes cyrneus (L. Koch, 1873)

This species is distributed in Asia and Europe (Harvey 2013). It is one of the pseudoscorpions that regularly occurs in bird nests, but it has also been found under tree bark and

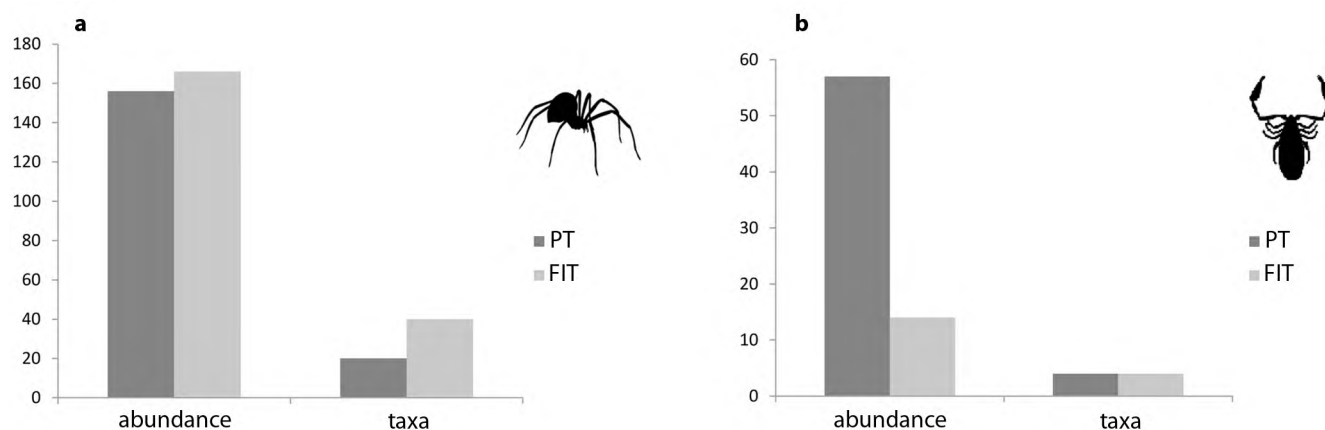


Fig. 4: Abundance and species numbers of spiders (a) and pseudoscorpions (b) in different types of traps. Abbreviations: FIT – flight interception trap, PT – pitfall trap

Tab. 1: List of taxa collected on old oaks at Pohansko; Abbreviations: FIT – flight interception traps close to cavity openings, PT – pitfall traps in hollows, for – trees in close-canopy forest, sol – solitary trees in meadows, dead – dead trees, live – live trees

Taxa	FIT	PT	for	sol	dead	live
SPIDERS (ARANEAE)						
Agelenidae						
<i>Tegenaria ferruginea</i> (Panzer, 1804)	3	66	42	27	31	38
Anyphaenidae						
<i>Anyphaena accentuata</i> (Walckenaer, 1802)	8	.	8	.	3	5
Araneidae						
<i>Araneus triguttatus</i> (Fabricius, 1775)	1	.	1	.	1	.
<i>Araneus</i> sp.	2	.	.	2	.	2
Clubionidae						
<i>Clubiona comta</i> C. L. Koch, 1839	1	.	1	.	.	1
<i>Clubiona pallidula</i> (Clerck, 1757)	3	.	2	1	1	2
<i>Clubiona</i> sp.	6	2	4	4	5	3
Dictynidae						
<i>Cicurina cicur</i> (Fabricius, 1793)	1	5	5	1	3	3
<i>Dictyna uncinata</i> Thorell, 1856	2	.	1	1	.	2
<i>Lathys humilis</i> (Blackwall, 1855)	7	1	5	3	2	6
<i>Nigma flavescens</i> (Walckenaer, 1830)	2	.	.	2	2	.
Dysderidae						
<i>Harpactea rubicunda</i> (C. L. Koch, 1838)	3	2	5	.	4	1
Gnaphosidae						
<i>Drassodes</i> sp.	1	.	1	.	.	1
<i>Scotophaeus quadripunctatus</i> (Linnaeus, 1758)	.	15	8	7	4	11
Linyphiidae						
<i>Araeoncus humilis</i> (Blackwall, 1841)	2	.	2	.	.	2
<i>Diplocephalus picinus</i> (Blackwall, 1841)	3	.	2	1	1	2
<i>Drapetisca socialis</i> (Sundevall, 1833)	.	1	1	.	.	1
<i>Erigone atra</i> Blackwall, 1833	2	.	1	1	2	.
<i>Hypomma cornutum</i> (Blackwall, 1833)	3	3	3	3	1	5
<i>Lepthyphantes minutus</i> (Blackwall, 1833)	7	7	11	3	7	7
<i>Linyphia triangularis</i> (Clerck, 1757)	5	.	5	.	.	5
Linyphiidae gen. spp.	19	5	18	6	7	17
<i>Midia midas</i> (Simon, 1884)	.	38	31	7	24	14
<i>Nerienne montana</i> (Clerck, 1757)	1	1	2	.	1	1
<i>Pelecopsis mingei</i> (Simon, 1884)	1	.	.	1	.	1
<i>Porrhomma oblitum</i> (O. P.-Cambridge, 1871)	8	.	8	.	3	5
<i>Trematocephalus cristatus</i> (Wider, 1834)	.	1	1	.	1	.

Taxa	FIT	PT	for	sol	dead	live
Liocranidae						
<i>Agroeca brunnea</i> (Blackwall, 1833)	.	1	.	1	1	.
Lycosidae						
<i>Pardosa</i> sp.	1	.	1	.	.	1
<i>Trochosa robusta</i> (Simon, 1876)	.	1	.	1	.	1
Philodromidae						
<i>Philodromus albidus</i> Kulczyński, 1911	6	.	6	.	.	6
<i>Philodromus</i> spp.	.	1	1	.	.	1
Salticidae						
<i>Ballus chalybeius</i> (Walckenaer, 1802)	1	.	1	.	1	.
<i>Leptorchestes berolinensis</i> (C. L. Koch, 1846)	8	.	1	7	5	3
<i>Salticus zebraneus</i> (C. L. Koch, 1837)	7	.	6	1	2	5
Tetragnathidae						
<i>Metellina segmentata</i> (Clerck, 1757)	1	.	.	1	1	.
<i>Tetragnatha pinicola</i> L. Koch, 1870	3	.	3	.	2	1
Theridiidae						
<i>Dipoena erythropus</i> (Simon, 1881)	2	2	4	.	1	3
<i>Enoplognatha ovata</i> (Clerck, 1757)	3	.	3	.	1	2
<i>Parasteatoda lunata</i> (Clerck, 1757)	9	2	8	3	4	7
<i>Parasteatoda simulans</i> (Thorell, 1875)	3	.	3	.	2	1
<i>Platnickina tinctoria</i> (Walckenaer, 1802)	8	.	7	1	2	6
<i>Robertus lividus</i> (Blackwall, 1836)	2	.	1	1	1	1
<i>Steatoda bipunctata</i> (Linnaeus, 1758)	2	2	3	1	3	1
<i>Theridion mystaceum</i> L. Koch, 1870	1	.	1	.	.	1
<i>Theridion</i> spp.	11	.	4	7	7	4
Thomisidae						
<i>Ozyptila praticola</i> (C. L. Koch, 1837)	6	1	5	2	3	4
PSEUDOSCORPIONS (PSEUDOSCORPIONES)						
Larcidae						
<i>Larca lata</i> (Hansen, 1884)	.	41	37	4	.	41
Cheiridiidae						
<i>Apocheiridium ferum</i> (Simon, 1879)	7	.	6	1	.	7
Cheliferidae						
<i>Chelifer cancroides</i> (Linnaeus, 1758)	3	7	5	5	.	10
Chernetidae						
<i>Chernes habnii</i> (C. L. Koch, 1839)	1	1	1	1	.	2
<i>Dendrochernes cyrneus</i> (L. Koch, 1873)	3	.	2	1	.	3
<i>Allochernes wideri</i> (C. L. Koch, 1843)	.	8	8	.	.	8

in tree hollows, though rarely (Christophoryová et al. 2011b, Krajčovičová & Christophoryová 2014). The Lower Morava Biosphere Reserve, which covers also our present study site, represents the only area within Czechia, from where *D. cyrneus* has been recorded; it was found in oak litter, under tree bark and phoretic on a longhorn beetle (Ducháč 1993b; Šťáhlavský & Chytil 2013). Šťáhlavský (2017) listed the species as vulnerable in the Czech red list.

Discussion

Most of the obtained 40 spider species represent arboreal ones (Szinetár & Horváth 2005). Only six taxa were epigeic: *Cicurina cicur* (Fabricius, 1793), *Drassodes* sp., *Harpactea rubicunda* (C. L. Koch, 1838), *Diplocephalus picinus* (Blackwall, 1841), *Pardosa* sp. and *Trochosa robusta* (Simon, 1876). The most abundant species in the FITs were *Anyphaena accentuata*, *Lep-torbestes berolinensis* and *Parasteatoda lunata*. *Anyphaena accentuata* lives during the vegetation season on tree branches, *L. berolinensis* and *P. lunata* dwell on tree trunks (Buchar & Růžička 2002). Several small linyphiid spiders were obtained from FITs, including juvenile specimens, which disperse by ballooning. The majority of the species captured by FITs live on tree trunks or branches.

Tegenaria ferruginea and *Midia midas* were most abundant in the pitfall traps. Both species are typical cavity dwellers (Růžička et al. 1991, Buchar & Růžička 2002). The money spider *M. midas* is rare and endangered in the whole of Europe (Russell-Smith 2002, Řezáč et al. 2015). Another typical hollow dweller is *Scotophaeus quadripunctatus* (Linnaeus, 1758), which we obtained only from pitfall traps. The record from Pohansko represents a new locality for Czechia, but not far from its nearest known locality close to Lednice (Kubcová & Schlaghamerský 2002). All specimens were obtained from pitfall traps. The number of spider species and family composition obtained by pitfall trapping was similar to other studies from tree hollows in Spain and Romania (Martínez De Murguía et al. 2007, Nițu et al. 2009), but the species composition differed. Other remarkable spider species were the jumping spider *L. berolinensis* and the theridiid *Dipoena erythropus*, listed in the Czech red list as vulnerable and critically endangered, respectively (Řezáč et al. 2015). Significantly more spiders were obtained from trees in the forest than from solitary trees in meadows. Forests have a high species pool of arboricolous spider species (Samu et al. 2014). More species and specimens were present on live trees than on dead ones.

All of the collected pseudoscorpion species, except *Che-lifer cancroides*, represent typical inhabitants of tree microhabitats. *C. cancroides* is considered to be cosmopolitan and synanthropic (Beier 1963), which may be related to its frequent occurrence in the nests of Hirundinidae (Turienzo et al. 2010). Nevertheless, its occurrence under tree bark and in tree cavities is also known (Mahnert 2011, Krajčovičová & Christophoryová 2014). Šťáhlavský & Chytil (2013) recorded the species in tree hollows within Czechia, in the south Moravian floodplains at Lednice and Břeclav. During the present study, *C. cancroides* was found in both trap types. The same numbers of individuals were found in hollows of solitary trees as well as of trees situated in forest stands. Two specimens of *Chernes habnii* were obtained in the present study, one in FIT one in a pitfall trap. The species shows a strong association with the microhabitat under tree bark (Šťáhlavský 2001, Droglá

& Lippold 2004, Krajčovičová & Christophoryová 2014). Its presence in FIT could have been caused by its upwards migration on the tree trunks or by zoophoresy. Krajčovičová & Christophoryová (2014) collected 11 specimens of *Chernes habnii* in photoelectors installed on tree trunks which can also be related with upwards migration on the tree trunks. A surprisingly low number of *Allochernes wideri* was found in tree hollows in the present study. In a study conducted in Prague and its surroundings, *A. wideri* represented the second most abundant species found in tree hollows (Šťáhlavský 2001). The species was reported in all of the subsequent faunistic papers dealing with pseudoscorpions from tree microhabitats in Czechia (Šťáhlavský 2006a, 2006b, 2011, Šťáhlavský & Krásný 2007, Šťáhlavský & Tuf 2009, Šťáhlavský & Chytil 2013). Three species *Larca lata*, *Apocheiridium ferum* and *Dendrochernes cyrneus* are presented as remarkable records in the current paper. Two of them, *L. lata* and *D. cyrneus*, are listed in the Czech red list as vulnerable (Šťáhlavský 2017).

In conclusion, looking at the obtained data, one has to bear in mind that whereas the pitfall traps collected specimens living in tree hollows or actively visiting them, the trapping of spiders and pseudoscorpions in free-hanging FITs was a rather accidental process. Both groups do not fly, though some passive air-born transport does occur (ballooning and zoophoresy) (Decae 1987, Christophoryová et al. 2017a). However, other non-flying invertebrates have also been obtained from FITs (own unpublished observation). In the present case one has to assume that many individuals falling down from the canopy, possibly taken by wind, ended up in the traps despite the trap roofs (meant to prevent flooding by rainwater and accumulation of debris in the trap funnel). We also observed spiders building their webs between the panes or between pane and roof.

Acknowledgements

Jana Christophoryová and Katarína Krajčovičová, working on the pseudoscorpion part of the paper, were financially supported by VEGA 1/0191/15. The Forests of the Czech Republic, state enterprise, kindly allowed us to access our study area using their roads in the Soutok Game Preserve. Stanislav Němejc, David Hauck and Jiří Procházka helped with field work. We would like to thank František Šťáhlavský and one anonymous reviewer for their valuable comments and corrections that improved the paper.

References

- Albrecht H 1995 Stammeklektorenfänge von Spinnen (Araneae) in Laubwaldgesellschaften des ehemaligen Militärgeländes „Hohe Schreck-Finne“ (Nordthüringen). – Veröffentlichungen des Naturkundemuseums Erfurt 14: 67-79
- Beier M 1963 Ordnung Pseudoscorpionidea (Afterskorpione). Bestimmungsbücher zur Bodenfauna Europas, Lieferung 1. Akademie-Verlag, Berlin. 313 pp.
- Blick T 2011 Abundant and rare spiders on tree trunks in German forests (Arachnida: Araneae). – Arachnologische Mitteilungen 40: 5-14 – doi: [10.5431/aramit4002](https://doi.org/10.5431/aramit4002)
- Bogya S, Szinetár C & Markó V 1999 Species composition of spider (Araneae) assemblages in apple and pear orchards in Central Basin. – Acta Phytopatologica et Entomologica Hungarica 34: 99-121
- Bryja V, Svatoň J, Chytil J, Majkus Z, Růžička V, Kasal P, Dolanský J, Buchar J, Chvátalová I, Řezáč M, Kubcová L, Erhart J & Fenclová I 2005 Spiders (Araneae) of the Lower Morava Biosphere Reserve and closely adjacent localities (Czech Republic). – Acta Musei Moraviae, Scientiae biologicae 90: 13-184
- Buchar J & Růžička V 2002 Catalogue of spiders of Czech Republic. Peres, Praha. 351 pp.

- Christophoryová J, Fenda P & Křištofik J 2011a *Chthonius hungaricus* and *Larca lata* new to the fauna of Slovakia (Pseudoscorpiones: Chthoniidae, Larcidae). – Arachnologische Mitteilungen 41: 1-6 – doi: [10.5431/aramit4101](https://doi.org/10.5431/aramit4101)
- Christophoryová J, Gruľa D & Krajčovičová K 2017a New records of pseudoscorpions (Arachnida: Pseudoscorpiones) associated with animals and human habitats in Slovakia and the Czech Republic. – Arachnologische Mitteilungen 53: 67-76 – doi: [10.5431/aramit5311](https://doi.org/10.5431/aramit5311)
- Christophoryová J, Jajcayová D & Krajčovičová K 2017b Pseudoscorpions (Arachnida: Pseudoscorpiones) living in tree microhabitats in Slovakia. – Klapalekiana 53: 283-297
- Christophoryová J, Krumpálová Z, Křištofik J & Országhová Z 2011b Association of pseudoscorpions with different types of bird nests. – Biologia 66: 669-677 – doi: [10.2478/s11756-011-0072-8](https://doi.org/10.2478/s11756-011-0072-8)
- Christophoryová J, Štáhlavský F & Fedor P 2011c An updated identification key to the pseudoscorpions (Arachnida: Pseudoscorpiones) of the Czech Republic and Slovakia. – Zootaxa 2876: 35-48
- Decae AE 1987 Dispersal: ballooning and other mechanisms. In: Nentwig W (ed.) Ecophysiology of spiders. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. pp. 348-356
- Dolanský J 1998 Tři vzácné druhy pavouků na pardubickém zámku. – Východočeský sborník přírodovědný. Práce a studie 6: 155-156
- Drogla R & Lippold K 2004 Zur Kenntnis der Pseudoskorpion-Fauna von Ostdeutschland (Arachnida, Pseudoscorpiones). – Arachnologische Mitteilungen 27-28: 1-54 – doi: [10.5431/aramit2701](https://doi.org/10.5431/aramit2701)
- Ducháč V 1993a Štírci (Pseudoscorpionidea) ze stromových dutin na Třeboňsku. – Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy 33: 65-69
- Ducháč V 1993b Zwei neue Afterskorpion-Arten aus der Tschechischen Republik. – Arachnologische Mitteilungen 3: 36-38 – doi: [10.5431/aramit0505](https://doi.org/10.5431/aramit0505)
- Ducháč V 1997 Noví příslušníci fauny štírců (Pseudoscorpiones) České republiky. In: Výjezdni seminář Arachnologické sekce České společnosti entomologické, 21–23 February 1997, Křivoklát. pp. 1-4
- Hansen H 1992 Über die Arachniden-Fauna von urbanen Lebensräumen in Venedig - II. Die Rinde-bewohnenden Arten des Stammbereiches von *Platanus hybrida*. – Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Venezia 41: 91-108
- Harvey MS 2013 Pseudoscorpions of the world, version 3.0. Western Australian Museum, Perth. – Internet: <http://museum.wa.gov.au/catalogues-beta/pseudoscorpions/> (September 4, 2018)
- Horváth R, Lengyel S, Szinetár C & Honti S 2004 The effect of exposition time and temperature on spiders (Araneae) overwintering on the bark of black pine (*Pinus nigra*). In: Samu F & Szinetár C (eds) European Arachnology 2002. Plant Protection Institute and Berzsenyi College, Budapest. pp. 95-102
- Horváth R & Szinetár C 2002 Ecofaunistic study of bark-dwelling spiders (Araneae) on black pine (*Pinus nigra*) in urban and forest habitats. – Acta Biologica Debrecina 24: 87-101
- Isaia M, Bona F & Badino G 2006 Comparison of polyethylene bubble wrap and corrugated cardboard traps for sampling tree-inhabiting spiders. – Environmental Entomology 35: 1654-1660 – doi: [10.1093/ee/35.6.1654](https://doi.org/10.1093/ee/35.6.1654)
- Judson MLI & Legg G 1996 Discovery of the pseudoscorpion *Larca lata* (Garypoidea, Larcidae) in Britain. – Bulletin of the British Arachnological Society 10: 205-210
- Koponen S 2004 Arthropods from high oak branches – Comparison of two trap types, with a special reference to spiders. – Latvijas Entomologs 41: 71-75
- Krajčovičová K & Christophoryová J 2014 Faunistic survey of pseudoscorpions (Arachnida: Pseudoscorpiones) collected from trees and using Malaise traps in Slovakia and the Czech Republic. – Klapalekiana 50: 167-180
- Kubcová L & Schlaghamerský J 2002 Zur Spinnenfauna der Stammregion stehenden Totholzes in südmährischen Auwäldern. – Arachnologische Mitteilungen 24: 35-61 – doi: [10.5431/aramit2403](https://doi.org/10.5431/aramit2403)
- Machač O & Niedobová J 2015 Spiders (Araneae) of Hůrka u Hranic National Nature Reserve (Moravia, Czech Republic). – Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis 63: 65-75 – doi: [10.11118/actaun201563010065](https://doi.org/10.11118/actaun201563010065)
- Machač O & Tuf HI 2016 Spiders and harvestmen on tree trunks obtained by three sampling methods. – Arachnologische Mitteilungen 51: 66-71 – doi: [10.5431/aramit5110](https://doi.org/10.5431/aramit5110)
- Mahnert V 2011 Pseudoscorpiones (Arachnida). In: Christian E, Komposch C, Mahnert V & Vogtenhuber P (eds) Checklist der Fauna Österreichs, No. 5. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien. pp. 28-39
- Martínez De Murguía L, De Castro A, Molino-Olmedo F 2007 Artropodós Saproxilicos Forestales en los Parques Naturales de Aralar y Aizkorri (Guipúzcoa, España). – Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa 41: 237-250
- Miklín J, Hauck D, Konvička O & Cizek L 2017 Veteran trees and saproxylic insects in the floodplains of the Dyje and Morava rivers, Czech Republic. – Journal of Maps 13: 291-299 – doi: [10.1080/17445647.2017.1300785](https://doi.org/10.1080/17445647.2017.1300785)
- Nentwig W, Blick T, Gloor D, Hänggi A & Kropf C 2018 Spiders of Europe, version 07.2018 – Internet: <http://www.araneae.nmbe.ch> (July 4, 2018)
- Nikolai V 1986 The bark of trees: thermal properties, microclimate and fauna. – Oecologia 69: 148-160 – doi: [10.1007/BF00399052](https://doi.org/10.1007/BF00399052)
- Niřu E, Olenici N, Popa I, Nae A & Biriș IA 2009 Soil and saproxylic species (Coleoptera, Collembola, Araneae) in primeval forests from the northern part of South-Eastern Carpathians. – Annals of Forest Research 52: 27-54 – doi: [10.15287/afr.2009.121](https://doi.org/10.15287/afr.2009.121)
- Novák J 2013 First records of *Larca lata* (Hansen, 1884) and *Neobisium bharicum* Beier, 1939 in Hungary. – Opuscula Zoologica, Budapest 44: 161-166
- Økland B 1996 A comparison of three methods of trapping saproxylic beetles. – European Journal of Entomology 93: 195-209 – doi: [10.1023/A:1020343030085](https://doi.org/10.1023/A:1020343030085)
- Otto S & Floren A 2007 The spider fauna (Araneae) of tree canopies in the Białowieża Forest. – Fragmenta Faunistica 50: 57-70 – doi: [10.3161/00159301FF2007.50.1.057](https://doi.org/10.3161/00159301FF2007.50.1.057)
- Pinzon J & Spence JR 2008 Performance of two arboreal pitfall trap designs in sampling cursorial spiders from tree trunks. – Journal of Arachnology 32: 280-286 – doi: [10.1636/CH07-97.1](https://doi.org/10.1636/CH07-97.1)
- Ranius T 2002 Population ecology and conservation of beetles and pseudoscorpions living in hollow oaks in Sweden. – Animal Biodiversity and Conservation 25: 53-68 – doi: [10.1016/S0006-3207\(01\)00124-0](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00124-0)
- Ranius T & Jansson N 2002 A comparison of three methods to survey saproxylic beetles in hollow oaks. – Biodiversity and Conservation 11: 1759-1771 – doi: [10.1023/A:1020343030085](https://doi.org/10.1023/A:1020343030085)
- Ranius T & Wilander P 2000 Occurrence of *Larca lata* H. J. Hansen (Pseudoscorpionida: Garypidae) and *Allochernes wideri* C. L. Koch (Pseudoscorpionida: Chernetidae) in tree hollows in relation to habitat quality and density. – Journal of Insect Conservation 4: 23-31 – doi: [10.1023/A:1009682722905](https://doi.org/10.1023/A:1009682722905)
- Russell-Smith A 2002 *Midia midas* (Simon, 1884) in Epping Forest, Essex. – Newsletter of the British Arachnological Society 95: 13-14
- Růžička V, Boháč J & Macek J 1991 Bezobratlí živočichové dutých stromů na Třeboňsku. – Sborník Jihočeského Muzea v Českých Budějovicích, Přírodní Vědy 31: 33-46
- Řezáč M, Kůrka A, Růžička V & Heneberg P 2015 Redlist of Czech spiders: 3rd adjusted according to evidence-based national conservation priorities. – Biologia 70: 1-22 – doi: [10.1515/biolog-2015-0079](https://doi.org/10.1515/biolog-2015-0079)
- Samu F, Lengyel G, Szita E, Bidló A & Ódor P 2014 The effect of forest stand characteristics on spider diversity and species composition in deciduous-coniferous mixed forests. – Journal of Arachnology 42: 135-141 – doi: [10.1636/CP13-75.1](https://doi.org/10.1636/CP13-75.1)
- Schlaghamerský J 2011 Die Totholzfauna der südmährischen March-Thaya-Auen. – Wissenschaftliche Mitteilungen Niederösterreichisches Landesmuseum 22: 219-240

- Szinetár C & Horváth R 2006 A review of spiders on tree trunks in Europe (Araneae). – *Acta zoologica bulgarica*, Suppl. 1 (European Arachnology 2005): 221–257
- Šťáhlavský F 2001 Štírci (Arachnida: Pseudoscorpiones) Prahy. – *Klapalekiana* 37: 73–121
- Šťáhlavský F 2006a Štírci (Pseudoscorpiones) CHKO Kokořínsko. – *Bohemia Centralis* 27: 161–165
- Šťáhlavský F 2006b Štírci (Arachnida: Pseudoscorpiones) Národního parku Podyjí. – *Klapalekiana* 42: 167–178
- Šťáhlavský F 2011 Štírci (Arachnida: Pseudoscorpiones) CHKO Třeboňsko a okolí. – *Klapalekiana* 47: 247–258
- Šťáhlavský F 2017 Pseudoscorpiones (štírci). In: Hejda R, Farkač J & Chobot K (eds) Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Invertebrates. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. pp. 78–79
- Šťáhlavský F & Chytil J 2013 Štírci (Arachnida: Pseudoscorpiones) Biosférické rezervace Dolní Morava a okolí (Česká republika). – *Klapalekiana* 49: 73–88
- Šťáhlavský F & Ducháč V 2001 Neue und wenig bekannte Afterskorpion-Arten aus der Tschechischen Republik. – *Arachnologische Mitteilungen* 21: 46–49 – doi: [10.5431/aramit2105](https://doi.org/10.5431/aramit2105)
- Šťáhlavský F & Krásný L 2007 Štírci (Arachnida: Pseudoscorpiones) Dolního Povltaví a Podřípska. – *Bohemia Centralis* 28: 427–436
- Šťáhlavský F & Tuf IH 2009 Štírci (Arachnida: Pseudoscorpiones) CHKO Litovelské Pomoraví. – *Acta rerum naturalium* 7: 97–102
- Turienzo P, Di Iorio O & Mahnert V 2010 Global checklist of pseudoscorpions (Arachnida) found in birds' nests. – *Revue Suisse de Zoologie* 117: 557–598
- Weygoldt P 1966 Moos- und Bücherskorpione. A. Ziemsen, Wittenberg Lutherstadt. 84 pp.
- Weygoldt P 1969 The biology of pseudoscorpions. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 145 pp.
- World Spider Catalog 2018 World spider Catalog. Version 19.0. Natural History Museum, Bern. – Internet: <http://wsc.nmbe.ch> (July 4, 2018) – doi: [10.24436/2](https://doi.org/10.24436/2)
- Wunderlich J 1982 Mitteleuropäische Spinnen (Araneae) der Baumrinde. – *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 94: 9–21

Electronic Appendix (pdf format): Supplementary file with detailed collection data of each specimen.

Supplementary file

Spiders

Agelenidae

Tegenaria ferruginea (Panzer, 1804)

Material examined: PT (21.IV.–17.V.2010): three dead trees in forest, 3 ♂♂, 2 ♀♀; five live trees in forest, 4 ♂♂, 1 juv.; four dead solitary trees, 2 ♂♂, 1 ♀, 2 juv.; four live solitary trees, 6 ♂♂, 5 ♀♀. PT (17.V.–3.VI.2010): two dead trees in forest, 2 ♂♂, 1 ♀; one live tree in forest, 1 ♂; two dead solitary trees, 1 ♂, 2 ♀♀. FIT (3.VI.–28.VI.2010): one dead tree in forest, 1 ♂; one live tree in forest, 1 ♂. PT (3.VI.–28.VI.2010): one dead tree in forest, 2 ♀♀; one live tree in forest, 1 ♀; two dead solitary trees, 1 ♂, 1 ♀. PT (28.VI.–16.VII.2010): two dead trees in forest, 1 ♂, 1 ♀; two dead solitary trees, 1 ♂, 1 ♀; one live solitary tree, 2 ♂♂. FIT (16.VII.–6.VIII.2010): one live tree in forest, 1 ♂. PT (16.VII.–6.VIII.2010): one dead tree in forest, 1 ♀. PT (4.X.–19.X.2010): one dead tree in forest, 1 juv.; one live solitary tree, 1 juv. PT (5.V.–2.VI.2011): two live trees in forest, 2 ♂♂, 2 ♀♀, 1 juv. PT (2.VI.–20.VI.2011): one dead tree in forest, 1 ♂; two live trees in forest, 5 ♂♂. PT (20.VI.–11.VII.2011): one dead tree in forest, 1 ♂; one live tree in forest, 1 ♂. PT (11.VII.–8.VIII.2011): one dead tree in forest, 1 juv.; one dead solitary tree, 1 juv. PT (8.VIII.–23.VIII.2011): one live tree in forest, 1 ♀, 3 juv.

Anyphaenidae

Anyphaena accentuata (Walckenaer, 1802)

Material examined: FIT (17.V.–3.VI.2010): one live tree in forest, 4 ♂♂. FIT (28.VI.–16.VII.2010): one dead tree in forest, 1 ♂, 1 ♀. FIT (6.VIII.–31.VIII.2010): one live tree in forest, 1 juv. FIT (2.VI.–20.VI.2011): one dead tree in forest, 1 ♂.

Araneidae

Araneus triguttatus (Fabricius, 1775)

Material examined: FIT (2.VI.–20.VI.2011): one dead tree in forest, 1 ♀.

Araneus sp.

Material examined: FIT (2.VI.–20.VI.2011): one live solitary tree, 2 juv.

Clubionidae

Clubiona comta C. L. Koch, 1839

Material examined: FIT (5.V.–2.VI.2011): one live tree in forest, 1 ♂.

Clubiona pallidula (Clerck, 1757)

Material examined: FIT (28.VI.–16.VII.2010): one dead tree in forest, 1 ♂; one live solitary tree, 1 ♂. FIT (11.VII.–8.VIII.2011): one live tree in forest, 1 ♀.

Clubiona sp.

Material examined: FIT (31.VIII.–4.X.2010): one dead solitary tree, 1 juv. PT (31.VIII.–4.X.2010): one dead tree in forest, 1 juv. FIT (5.V.–2.VI.2011): one dead solitary tree, 2 juv. FIT (2.VI.–20.VI.2011): two live trees in forest, 2 juv. PT (2.VI.–20.VI.2011): one dead solitary tree, 1 juv. FIT (8.VIII.–23.VIII.2011): one live tree in forest, 1 juv.

Dictynidae

Cicurina cicur (Fabricius, 1793)

Material examined: PT (21.IV.–17.V.2010): one dead tree in forest, 1 ♀; one live tree in forest, 1 ♀. PT (16.VII.–6.VIII.2010): one solitary dead tree, 1 ♂. PT (5.V.–2.VI.2011): one live tree in forest, 2 ♀♀. FIT (2.VI.–20.VI.2011): one dead tree in forest, 1 ♀.

Dictyna uncinata Thorell, 1856

Material examined: FIT (3.VI.–28.VI.2010): one live solitary tree, 1 ♂. FIT (8.VIII.–23.VIII.2011): one live tree in forest, 1 ♂.

Lathys humilis (Blackwall, 1855)

Material examined: FIT (17.V.–3.VI.2010): one live tree in forest, 2 ♂♂. FIT (5.V.–2.VI.2011): one live tree in forest, 1 ♂; one live solitary tree, 1 ♂, 2 ♀♀. PT (5.V.–2.VI.2011): one dead tree in forest, 1 ♀. FIT (8.VIII.–23.VIII.2011): one dead tree in forest, 1 ♂.

Nigma flavescens (Walckenaer, 1830)

Material examined: FIT (8.VIII.–23.VIII.2011): one dead solitary tree, 2 ♂♂.

Dysderidae

Harpactea rubicunda (C. L. Koch, 1838)

Material examined: PT (17.V.–3.VI.2010): one dead tree in forest, 1 ♂. FIT (28.VI.–16.VII.2010): two dead trees in forest, 2 ♂♂; one live tree in forest, 1 ♀. PT (31.VIII.–4.X.2010): one dead tree in forest, 1 ♀.

Gnaphosidae

Drassodes sp.

Material examined: FIT (21.IV.–17.V.2010): one live tree in forest, 1 juv.

Scotophaeus quadripunctatus (Linnaeus, 1758)

Material examined: PT (28.VI.–16.VII.2010): one live tree in forest, 2 ♂♂. PT (16.VII.–6.VIII.2010): one dead solitary tree, 1 ♂. PT (6.VIII.–31.VIII.2010): one dead solitary tree, 1 ♂. PT (31.VIII.–4.X.2010): one live tree in forest, 1 ♀; one dead solitary tree, 1 ♀; one live solitary tree, 2 ♂♂. PT (4.X.–19.X.2010): one live solitary tree, 1 ♀. PT (2.VI.–20.VI.2011): two live trees in forest, 1 ♂, 1 ♀; one dead solitary tree, 1 ♀. PT (11.VII.–8.VIII.2011): one live tree in forest, 1 ♂. PT (8.VIII.–23.VIII.2011): one live tree in forest, 2 ♂♂.

Linyphiidae

Araeoncus humilis (Blackwall, 1841)

Material examined: FIT (2.VI.–20.VI.2011): one live tree in forest, 1 ♂. FIT (20.VI.–11.VII.2011): one live tree in forest, 1 ♂.

Diplocephalus picinus (Blackwall, 1841)

Material examined: FIT (17.V.–3.VI.2010): one live tree in forest, 1 ♂. FIT (28.VI.–16.VII.2010): one dead tree in forest, 1 ♀. FIT (20.VI.–11.VII.2011): one live solitary tree, 1 ♂.

Drapetisca socialis (Sundevall, 1833)

Material examined: PT (28.VI.–16.VII.2010): one live tree in forest, 1 ♂.

***Erigone atra* Blackwall, 1833**

Material examined: FIT (6.VIII.–31.VIII.2010): one dead solitary tree, 1 ♂. FIT (5.V.–2.VI.2011): one dead tree in forest, 1 ♂.

***Hypomma cornutum* (Blackwall, 1833)**

Material examined: FIT (21.IV.–17.V.2010): one dead tree in forest, 1 ♂. PT (3.VI.–28.VI.2010): one live solitary tree, 2 ♂♂, 1 ♀. FIT (5.V.–2.VI.2011): one live tree in forest, 1 ♂. FIT (8.VIII.–23.VIII.2011): one live tree in forest, 1 ♂.

***Leptyphantes minutus* (Blackwall, 1833)**

Material examined: FIT (21.IV.–17.V.2010): two live trees in forest, 2 ♂♂. FIT (17.V.–3.VI.2010): one live tree in forest, 1 ♂. FIT (3.VI.–28.VI.2010): one dead tree in forest, 2 ♀♀; one dead solitary tree, 1 ♀. PT (28.VI.–16.VII.2010): two live trees in forest, 2 ♂♂; two dead solitary trees, 2 ♂♂. FIT (16.VII.–6.VIII.2010): one dead tree in forest, 1 ♀. PT (6.VIII.–31.VIII.2010): one dead tree in forest, 1 ♀; one live tree in forest, 1 ♀. PT (11.VII.–8.VIII.2011): one live tree in forest, 1 ♂.

***Linyphia triangularis* (Clerck, 1757)**

Material examined: FIT (11.VII.–8.VIII.2011): three live trees in forest, 5 ♂♂.

Linyphiidae gen. spp.

Material examined: PT (21.IV.–17.V.2010): one live solitary tree, 2 juv. PT (3.VI.–28.VI.2010): one live solitary tree, 1 juv. FIT (3.VI.–28.VI.2010): one dead solitary tree, 1 juv. FIT (16.VII.–6.VIII.2010): one live solitary tree, 1 juv. PT (16.VII.–6.VIII.2010): one dead tree in forest, 1 juv. FIT (5.V.–2.VI.2011): one dead tree in forest, 1 juv. FIT (20.VI.–11.VII.2011): one dead tree in forest, 3 juv.; four live trees in forest, 8 juv.; one live solitary tree, 1 juv. FIT (11.VII.–8.VIII.2011): two live trees in forest, 4 juv. PT (11.VII.–8.VIII.2011): one dead tree in forest, 1 juv.

***Midia midas* (Simon, 1884)**

Material examined: PT (21.IV.–17.V.2010): one dead solitary tree, 1 ♂. PT (17.V.–3.VI.2010): one dead tree in forest, 1 ♂; one dead solitary tree, 1 ♀. PT (3.VI.–28.VI.2010): one dead tree in forest, 1 ♀; one live tree in forest, 1 ♀. PT (28.VI.–16.VII.2010): two dead trees in forest, 1 ♂, 3 ♀♀; two live trees in forest, 2 ♂♂, 2 ♀♀; one live solitary tree, 2 ♀♀. PT (16.VII.–6.VIII.2010): one dead tree in forest, 1 ♀. PT (6.VIII.–31.VIII.2010): one live solitary tree, 1 ♀. PT (5.V.–2.VI.2011): three dead trees in forest, 2 ♂♂, 3 ♀♀. PT (2.VI.–20.VI.2011): two dead trees in forest, 1 ♂, 5 ♀♀; two live trees in forest, 1 ♂, 1 ♀; one live solitary tree, 1 ♀. PT (20.VI.–11.VII.2011): two dead trees in forest, 1 ♂, 1 ♀; one live tree in forest, 1 ♂, 1 ♀. PT (11.VII.–8.VIII.2011): one live solitary tree, 1 ♀. PT (8.VIII.–23.VIII.2011): one dead tree in forest, 2 ♀♀.

***Nerienne montana* (Clerck, 1757)**

Material examined: PT (21.IV.–17.V.2010): one dead tree in forest, 1 ♂. FIT (28.VI.–16.VII.2010): one live tree in forest, 1 ♀.

***Pelecopsis menzei* (Simon, 1884)**

Material examined: FIT (2.VI.–20.VI.2011): one live solitary tree, 1 ♂.

***Porrhomma oblitum* (O. P.-Cambridge, 1871)**

Material examined: FIT (21.IV.–17.V.2010): one dead tree in forest, 2 ♀♀. FIT (3.VI.–28.VI.2010): two live trees in forest, 3 ♀♀. FIT (6.VIII.–31.VIII.2010): one live tree in forest, 1 ♀. FIT (5.V.–2.VI.2011): one live tree in forest, 1 ♀. FIT (2.VI.–20.VI.2011): one dead tree in forest, 1 ♂.

***Trematocephalus cristatus* (Wider, 1834)**

Material examined: PT (16.VII.–6.VIII.2010): one dead tree in forest, 1 ♀.

Liocranidae***Agroeca brunnea* (Blackwall, 1833)**

Material examined: PT (17.V.–3.VI.2010): one dead solitary tree, 1 ♂.

Lycosidae***Pardosa* sp.**

Material examined: FIT (20.VI.–11.VII.2011): one live tree in forest, 1 juv.

***Trochosa robusta* (Simon, 1876)**

Material examined: PT (21.IV.–17.V.2010): one live solitary tree, 1 ♀.

Philodromidae***Philodromus albidus* Kulczyński, 1911**

Material examined: FIT (6.VIII.–31.VIII.2010): one live tree in forest, 1 ♀. FIT (2.VI.–20.VI.2011): two live trees in forest, 2 ♂♂. FIT (20.VI.–11.VII.2011): three live trees in forest, 3 ♀♀.

***Philodromus* sp.**

Material examined: PT (6.VIII.–31.VIII.2010): one live tree in forest, 1 juv.

Salticidae***Ballus chalybeius* (Walckenaer, 1802)**

Material examined: FIT (5.V.–2.VI.2011): one dead tree in forest, 1 ♂.

***Leptorchestes berolinensis* (C. L. Koch, 1846)**

Material examined: FIT (3.VI.–28.VI.2010): one dead solitary tree, 1 ♂. FIT (28.VI.–16.VII.2010): two dead solitary trees, 2 ♂♂, 1 ♀. FIT (16.VII.–6.VIII.2010): one live tree in forest, 1 ♀; one dead solitary tree, 1 ♀. FIT (20.VI.–11.VII.2011): one live solitary tree, 2 ♀♀.

***Salticus zebraneus* (C. L. Koch, 1837)**

Material examined: FIT (3.VI.–28.VI.2010): one dead tree in forest, 1 ♂; one live tree in forest, 2 ♂♂; one dead solitary tree, 1 ♂. FIT (20.VI.–11.VII.2011): three live trees in forest, 3 ♀♀.

Tetragnathidae***Metellina segmentata* (Clerck, 1757)**

Material examined: FIT (8.VIII.–23.VIII.2011): one dead solitary tree, 1 ♀.

***Tetragnatha pinicola* L. Koch, 1870**

Material examined: FIT (6.VIII.–31.VIII.2010): one dead tree in forest, 1 ♀; one live tree in forest, 1 ♀. FIT (11.VII.–8.VIII.2011): one dead tree in forest, 1 ♀.

Theridiidae***Dipoena erythropus* (Simon, 1881)**

Material examined: FIT (5.V.–2.VI.2011): one live tree in forest, 1 ♂. PT (2.VI.–20.VI.2011): one live tree in forest, 1 ♂, 1 ♀. FIT (8.VIII.–23.VIII.2011): one dead tree in forest, 1 ♀.

***Enoplognatha ovata* (Clerck, 1757)**

Material examined: FIT (5.V.–2.VI.2011): two live trees in forest, 2 ♂♂. FIT (2.VI.–20.VI.2011): one dead tree in forest, 1 ♀.

***Parasteatoda lunata* (Clerck, 1757)**

Material examined: FIT (3.VI.–28.VI.2010): one live tree in forest, 2 ♂♂; one dead solitary tree, 1 ♂. PT (28.VI.–16.VII.2010): one live tree in forest, 1 ♀. FIT (5.V.–2.VI.2011): one live tree in forest, 1 ♂. PT (5.V.–2.VI.2011): one dead tree in forest, 1 ♂. FIT (20.VI.–11.VII.2011): one dead solitary tree, 2 ♀♀. FIT (11.VII.–8.VIII.2011): one live tree in forest, 1 ♀. FIT (8.VIII.–23.VIII.2011): two live trees in forest, 2 ♀♀.

***Parasteatoda simulans* (Thorell, 1875)**

Material examined: FIT (20.VI.–11.VI.2011): two dead trees in forest, 2 ♀♀; one live tree in forest, 1 ♀.

***Platnickina tincta* (Walckenaer, 1802)**

Material examined: FIT (5.V.–2.VI.2011): one dead solitary tree, 1 ♂. FIT (2.VI.–20.VI.2011): one live tree in forest, 1 ♂. FIT (11.VII.–8.VIII.2011): one dead tree in forest, 1 ♀; one live tree in forest, 1 ♂, 1 ♀. FIT (8.VIII.–23.VIII.2011): two live trees in forest, 3 ♀♀.

***Robertus lividus* (Blackwall, 1836)**

Material examined: FIT (3.VI.–28.VI.2010): one live tree in forest, 1 ♂; one dead solitary tree, 1 ♂.

***Steatoda bipunctata* (Linnaeus, 1758)**

Material examined: PT (28.VI.–16.VII.2010): one dead tree in forest, 1 ♀. PT (8.VIII.–23.VIII.2011): one live tree in forest, 1 ♀. FIT (5.V.–2.VI.2011): one dead tree in forest, 1 ♂. FIT (11.VII.–8.VIII.2011): one dead solitary tree, 1 ♀.

***Theridion mystaceum* L. Koch, 1870**

Material examined: FIT (2.VI.–20.VI.2011): one live tree in forest, 1 ♀.

***Theridion* spp.**

Material examined: FIT (3.VI.–28.VI.2010): one dead tree in forest, 1 juv. FIT (28.VI.–16.VII.2010): one live tree in forest, 1 juv.; two dead solitary trees, 3 juv.; one live solitary tree, 1 juv. FIT (16.VII.–6.VIII.2010): one solitary dead tree, 1 juv.; one live solitary tree, 1 juv. FIT (5.V.–2.VI.2011): one live solitary tree, 1 juv. FIT (8.VIII.–23.VIII.2011): one dead tree in forest, 2 juv.

Thomisidae***Ozyptila praticola* (C. L. Koch, 1837)**

Material examined: FIT (3.VI.–28.VI.2010): one dead tree in forest, 1 ♀. PT (3.VI.–28.VI.2010): one live solitary tree, 1 ♂; one dead solitary tree, 1 ♀; one live tree in forest, 1 ♀. FIT (28.VI.–16.VII.2010): one live tree in forest, 2 ♀♀. FIT (6.VIII.–31.VIII.2010): one dead tree in forest, 1 ♀.

Pseudoscorpiones**Larcidae*****Larca lata* (Hansen, 1884)**

Material examined: PT (21.IV.–17.V.2010): two live trees in forest, 3 ♀♀, 1 deutonymph; one live solitary tree, 3 ♂♂. PT (17.V.–3.VI.2010): one live tree in forest, 2 ♂♂. PT (3.VI.–28.VI.2010): three live trees in forest, 4 ♂♂, 2 ♀♀, 2 deutonymphs. PT (28.VI.–16.VII.2010): four live trees in forest, 2 ♀♀, 1 deutonymph, 1 protonymph. PT (16.VII.–6.VIII.2010): two live trees in forest, 1 ♀, 1 deutonymph, 1 nymph. PT (6.VIII.–31.VIII.2010): two live trees in forest, 1 ♂, 1 ♀, 1 deutonymph. PT (5.V.–2.VI.2011): one live tree in forest, 2 ♀♀, 1 tritonymph; one live solitary tree, 1 ♀. PT (23.VIII.–19.X.2010): three live trees in forest, 2 ♂♂, 7 ♀♀, 1 tritonymph.

Cheiridiidae***Apocheiridium ferum* (Simon, 1879)**

Material examined: FIT (8.VIII.–23.VIII.2011): one live tree in forest, 4 ♂♂, 2 ♀♀. FIT (8.VIII.–23.VIII.2011): one live solitary tree, 1 ♀.

Cheliferidae***Chelifer cancroides* (Linnaeus, 1758)**

Material examined: FIT (17.V.–3.VI.2010): one live tree in forest, 1 ♀. PT (3.VI.–28.VI.2010): one live tree in forest, 2 ♀♀; one live solitary tree, 1 tritonymph. PT (6.VIII.–31.VIII.2010): one live tree in forest, 1 ♀. FIT (6.VIII.–31.VIII.2010): one live tree in forest, 1 ♀. FIT (5.V.–2.VI.2011): one live solitary tree, 1 ♀. PT (20.VI.–11.VII.2011): one live solitary tree, 1 deutonymph. PT (11.VII.–8.VIII.2011): one live solitary tree, 1 deutonymph, 1 protonymph.

Chernetidae***Chernes babnii* (C.L. Koch, 1839)**

Material examined: PT (21.IV.–17.V.2010): one live tree in forest, 1 tritonymph. FIT (3.VI.–28.VI.2010): one live solitary tree, 1 ♀.

***Dendrochernes cyrneus* (L. Koch, 1873)**

Material examined: FIT (17.V.–3.VI.2010): one live tree in forest, 1 ♀. FIT (3.VI.–28.VI.2010): one live tree in forest, 1 ♀. FIT (4.X.–19.X.2010): one live solitary tree, 1 ♂.

***Allochernes wideri* (C.L. Koch, 1843)**

Material examined: PT (21.IV.–17.V.2010): one live tree in forest, 1 ♂, 1 ♀, 3 tritonymphs. PT (16.VII.–6.VIII.2010): one live tree in forest, 2 ♂♂, 1 ♀.

Příloha III

MACHAČ O. & TUF I. H. 2021: Ornithologists help to spiders: factors influencing spider overwintering in bird nesting boxes. *Insects* 12: 465. DOI: 10.3390/insects12050465

Article

Ornithologists' Help to Spiders: Factors Influencing Spiders Overwintering in Bird Nesting Boxes

Ondřej Machač * and Ivan Hadrián Tuf

Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacký University Olomouc, Šlechtitelů 27, 77900 Olomouc, Czech Republic; ivan.tuf@upol.cz

* Correspondence: machac.ondra@seznam.cz

Simple Summary: Nesting boxes are often used to support hole-nesting birds, but are also attractive as a shelter for many invertebrates, especially for overwintering. We studied assemblages of spiders overwintering in nesting boxes in a lowland forest and the factors influencing their abundance and activity during winter. The results show that the majority of arboreal spider species use nesting boxes to overwinter and that their abundance increases with the presence of nest material. Some spider species are also active at low temperatures in winter and can resettle emptied nesting boxes during the winter season. By hanging nesting boxes on trees, ornithologists support not only hollow nesting birds, but also overwintering spiders.

Abstract: Spiders are common inhabitants of tree hollows, as well as bird nesting boxes, especially in autumn and winter. Some species of spiders use bird nesting boxes for overwintering. We investigated spider assemblages in nesting boxes and how temperature influences the abundance of overwintering spiders in nesting boxes in lowland forest in the Czech Republic. The study was conducted in the European winters of 2015–2017. In total, 3511 spider specimens belonging to 16 identified species were collected from nesting boxes over three years in late autumn and winter. Almost all species were arboreal specialists. The dominant species were *Clubiona pallidula*, *Anyphaena accentuata*, *Platnickina tincta*, and *Steatoda bipunctata*. Although the tree species had no effect on the abundance of overwintering spiders, the presence of nest material affected the abundance of spiders in the nesting boxes (preferred by *C. pallidula* and *P. tincta*). In general, spiders resettled nesting boxes during winter only sporadically, however *A. accentuata* reoccupied boxes continuously, and its activity was positively correlated with the outside temperature. Nesting boxes support insect-eaters all year around—birds during spring and summer and spiders during autumn and winter.

Keywords: Araneae; bird nests; *Anyphaena accentuata*; *Clubiona pallidula*; overwintering; artificial shelter



Citation: Machač, O.; Tuf, I.H. Ornithologists' Help to Spiders: Factors Influencing Spiders Overwintering in Bird Nesting Boxes. *Insects* **2021**, *12*, 465. <https://doi.org/10.3390/insects12050465>

Academic Editor: Brian T. Forschler

Received: 6 April 2021

Accepted: 13 May 2021

Published: 18 May 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Trees provide many specific microclimatic and structural microhabitats such as bark, trunk, cavities, hollows, and foliage microhabitats [1–3]. Spiders can be found in all microhabitats on trees: in spaces around the roots and trunk in soil [4], in foliage in the canopy [5], as well as on the bark [6]. Some species are specialist or temporal dwellers in tree hollows and cavities [7–9].

Tree cavities and hollows play an important role as a keystone component in biodiversity conservation [10,11]. Tree cavities provide breeding, feeding, and roosting habitats for many vertebrates, especially hole-nesting birds and mammals [12,13]. In hollows with nests (inhabited by birds or mammals), there is usually nest material with a rich abundance of prey and shelter for many invertebrates, including spiders. Spiders in bird and mammal nests are rarely studied, and only a few studies are known from Central Europe [14–19].

Spiders inhabiting tree hollows belong to web-builders, sit-and-wait predators, and active hunters [9]. Some species of spiders live in tree hollows throughout the year, whereas

other spiders use trees only during a certain period of the year, mainly for overwintering [20–23]. Many spiders hibernate in silk sacs or stay non active if the temperature is low [24], although some species are active and hunt during winter [25]. Winter-active arboreal hunters, such as some *Philodromus* spp. or *Anyphaena accentuata*, use tree cavities as shelter in winter during daylight and hunt for prey at night [26].

Nest material is attractive for many groups of invertebrates, for example, parasites of nesting vertebrates or commensals eating organic nest detritus and/or prey on their parasites [27]. The density and distribution of tree hollows in forests depends on the tree species and the age of forest stands [28]. Due to human management, the majority of Central European forests have changed their structure from old mixed forests to rather young monocultures of single-aged plantations, where minimum hollow trees are present [29,30]. Nesting boxes are often used to support birds and small mammals, especially in younger and single-aged forests [31,32]. Only a few studies have evaluated spider communities in bird nesting boxes [33], but, to our knowledge, none have investigated spiders overwintering there.

In this study, we investigated the community of spiders overwintering in nesting boxes in lowland forests. Specifically, we studied the influence of selected factors on its distribution such as tree species, the presence of nest material, vertebrate predator exclusion by closing the entrance with a rubber bung, and the influence of temperature on the resettlement of nesting boxes during winter.

2. Materials and Methods

The study was performed in a floodplain forest habitat in the Království Natural Reserve near Olomouc (Czech Republic: 49°30'36.37" N, 17°18'1.31" E, 205 m a.s.l.). Sampling sites were located in a mature broadleaf lowland forest dominated by lindens (*Tilia* spp.), oaks (*Quercus* spp.), ash (*Fraxinus excelsior* L.), hornbeam (*Carpinus betulus* L.), alders (*Alnus* spp.), and elms (*Ulmus* spp.), with a mean annual temperature of about 12 °C. In this area, bird nesting biology has been studied intensively [33] and several sites with nesting boxes are managed. Wooden nesting boxes (290 × 220 × 180 mm, inlet 35 mm) are mounted on trees 1.5 m above the ground. The boxes are spaced about 15 m apart in parallel lines. The boxes were mounted on trees by ornithologists in the spring of 2005, and their spatial distribution does not reflect tree species. Therefore, the frequency of host trees reflects the frequency of these trees in the stand.

Spiders were collected from the nesting boxes by individual sampling using a hand aspirator. Some boxes were emptied and the nest material was heat extracted (see below). Spiders were usually identified to the species level [34]; however, some juveniles were only identified to the genus level. The majority of nonadult specimens of *Clubiona* were subadults and were bred to adults confirming their identity as *C. pallidula*. We used the nomenclature according to the World Spider Catalog Version 21.5 [35]. The spiders were classified into hunting strategy guilds based on Cardoso et al. [36]. All material is deposited in the first author's collection.

Our research aims were split into three groups:

- (1) The effect of tree species and bunging nesting boxes on spider abundance

In this part of the study, we used 50 wooden nesting boxes sampled in November/December of 2015, 2016, and 2017. The nesting boxes were on 28 lindens, 16 oaks, 3 ashes, and 3 alders. Half of them were closed to birds by a bung before the start of the bird nesting season (providing vertebrate predatory exclusion for spiders). The spiders were collected once a year at the turn of November/December from the same trees each year.

- (2) The effect of temperature on nesting box resettlement by spiders

For the second part of our study, the same 50 wooden nesting boxes were sampled in two-week intervals from January–March 2016. Temperature was measured by a datalogger (EasyLog-USB) inside and outside of three of the nesting boxes.

(3) The effect of the presence of nest material on spider abundance

For this part of the study, we sampled 126 nesting boxes at the end of November 2017. The nesting boxes were on 66 lindens, 28 oaks, 21 ashes, and 11 other trees (birch, elm, and alder). Nest material from 39 nests (35 nests of *Parus major* Linnaeus, 1758; 2 *Parus caeruleus* Linnaeus, 1758; and 2 *Ficedula albicollis* (Temminck, 1815)) consisted of dry grass, moss, and mammal hair. This material was heat-extracted in Tullgren extractors in the laboratory.

For the statistical analyses, canonical correspondence models were developed in Canoco [37]. The abundances of individual species were analysed as species-dependent variables, whereas the independent environmental variables were year, tree species, temperatures (minimal, mean, and maximal, measured inside and outside the boxes), the presence of nest material, and bung. In a preliminary analysis, the length of the gradient in species variables was calculated (gradient 4.5 SD units long), and the unimodal Canonical Correspondence Analysis was subsequently chosen. There were no rare species (1–2 specimens) collected requiring exclusion from the analysis. Species data were log transformed as skewed by zero counts by the formula $Y' = Y + 1$. First, we performed a global test of significance for the explanatory variables (i.e., tree species, season, bung, nest material) to avoid Type I errors resulting from multiple comparisons. We then performed forward selection to investigate the significance of particular variables and their conditional term effect. Significance was tested by Monte Carlo permutation test (499 repetitions).

Changes in the abundance of spiders that were dependent on ambient temperatures were assessed using generalized additive models. From all tested temperatures, the outside maximum temperature was chosen as it had the highest conditional effect (pseudo- $F = 17.7$, explaining 6.1% of the variability) in the CCA model. Changes in the abundance of individual species reflecting this temperature were analysed in GAM using Poisson's distribution and 2.0 df temperature term smoothness.

The influence of the nest material and a bunged entrance on spider abundance were tested by Welsch two sample t-test in R version 3.6.3 [38].

3. Results

3.1. Assemblages of Spiders in Nesting Boxes

Altogether, 3511 specimens of spiders belonging to 16 identified species (11 families) were obtained from 92% of the nesting boxes (Table S1 in Supplementary Materials). Some specimens were identified to the genus level (Table 1). Almost all spiders were arboreal specialists and facultative dwellers on trees. The most abundant species were as follows: *Clubiona pallidula* (47% of all collected specimens), *Anyphaena accentuata* (24%), *Steatoda bipunctata* (13%), and *Platnickina tinctoria* (5%). The majority of species were common forest arboreal species, only *Pseudicius encarpatus* was rare; none of the species were listed on the Red List of Czech Spiders [39].

Four species were space web hunters or orb web hunters, and three were sheet web hunters, but the most abundant guilds were non-web hunters (9 species), with one ambush hunter, two ground hunters, and seven other hunters (Table 1).

3.2. Effect of Tree Species and Bunging Nesting Boxes

The spider assemblages differed significantly between the studied years (CCA: from 2015 to 2017: $F = 2.6$, $p = 0.002$; and 2016 to 2017: $F = 3.2$, $p = 0.006$, respectively; Figure 1). The tree species studied revealed no significant effect on the abundance of overwintering spiders in nesting boxes (CCA: linden: $F = 0.8$, $p = 0.666$; oak: $F = 1.00$, $p = 0.408$; ash: $F = 0.30$, $p = 0.97$). Nesting boxes without a bung hosted significantly more spiders than the bunged boxes (CCA: $F = 2$, $p = 0.026$; Figure 2).

Table 1. Species list of spiders overwintering in nesting boxes and their numbers. Hand collected = number of spiders hand collected in 2015–2017, heat extracted = number of spiders heat-extracted from nest material from 39 nesting boxes in 2017.

Species/Families	Ecological Niche	Hunter Guild	Hand Collected	Heat Extracted
Agelenidae				
<i>Tegenaria silvestris</i> L. Koch, 1872	ground, trunk base	sheet web	3	0
Anyphaenidae				
<i>Anyphaena accentuata</i> (Walckenaer, 1802)	branches, bark	other hunters	851	67
Araneidae				
<i>Mangora acalypha</i> (Walckenaer, 1802)	herbs, branches	orb web	1	0
<i>Nuctenea umbratica</i> (Clerck, 1757)	bark	orb web	14	0
<i>Zilla diodia</i> (Walckenaer, 1802)	branches	orb web	1	0
Clubionidae				
<i>Clubiona brevipes</i> Blackwall, 1841	branches	other hunters	84	31
<i>Clubiona pallidula</i> (Clerck, 1757)	bark	other hunters	1635	574
Gnaphosidae				
<i>Micaria subopaca</i> Westring, 1861	bark	ground hunters	4	2
<i>Scotophaeus</i> sp.	hollows	ground hunters	112	9
Linyphiidae				
<i>Lepthyphantes minutus</i> (Blackwall, 1833)	bark	sheet web	6	1
<i>Neriere montana</i> (Clerck, 1757)	hollows, branches	sheet web	28	2
Philodromidae				
<i>Philodromus dispar</i> Walckenaer, 1826	branches	other hunters	1	0
<i>Philodromus</i> sp.	branches	other hunters	105	25
Salticidae				
<i>Pseudicius encarpatus</i> (Walckenaer, 1802)	bark	other hunters	2	0
<i>Salticus zebraneus</i> (C. L. Koch, 1837)	bark	other hunters	20	9
Theridiidae				
<i>Dipoena</i> sp.	bark	space web	2	0
<i>Platnickina tincta</i> (Walckenaer, 1802)	branches	space web	162	42
<i>Steatoda bipunctata</i> (Linnaeus, 1758)	hollow	space web	449	51
<i>Theridion</i> sp.	bark, branches	space web	14	3
Thomisidae				
<i>Diaea dorsata</i> (Fabricius, 1777)	branches	ambush hunters	12	3
Tetragnathidae				
<i>Tetragnatha</i> sp.	branches	orb web	5	0

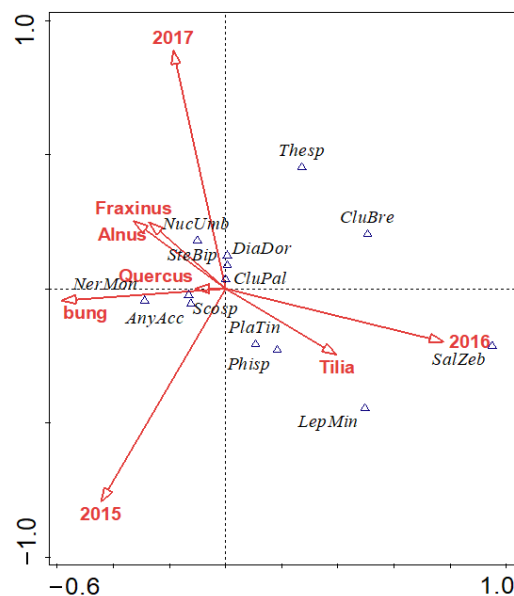


Figure 1. Spider species in relation to the sampling year, tree species, and bunging of nesting boxes during three years (AnyAcc–*Anyphaena accentuata*, CluPal–*Clubiona pallidula*, CluBre–*Clubiona brevipes*, DiaDor–*Diaea dorsata*, LepMin–*Lepthyphantes minutus*, NerMon–*Neriere montana*, NucUmb–*Nuctenea umbratica*, Phisp–*Philodromus* sp., PlaTin–*Platnickina tincta*, SalZeb–*Salticus zebraneus*, Scosp–*Scotophaeus* sp., SteBip–*Steatoda bipunctata*). CCA biplot is statistically significant (pseudo-F = 1.6, $p = 0.012$), and explanatory variables account for 7.0% of the variability.

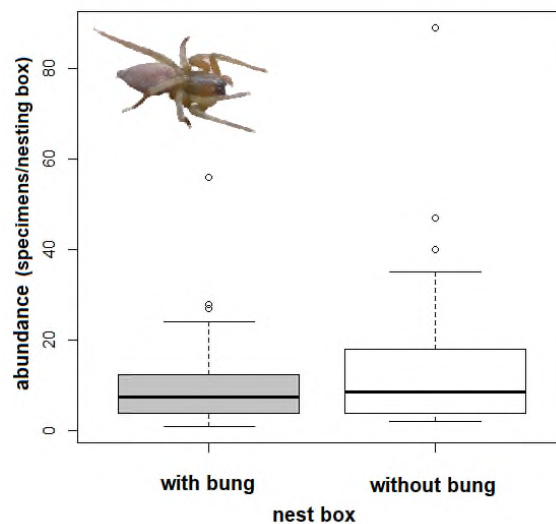


Figure 2. Comparison of the number of spider specimens per box and inspection (abundance = individuals) in bunged nesting boxes and boxes without a bung (sampled once in winter of 2015, 2016, and 2017), bold lines in the box plot are the median and the lines are 95% CI, the dots are outliers.

3.3. Effect of Temperature on the Nesting Box Resettlement by Spiders

The temperature inside and outside of the nesting boxes did not differ significantly. Temperature had a significant effect on seven species active during winter (GAM: *A. accentuata*, $F = 42$, $p < 0.001$; *C. pallidula*, $F = 31.4$, $p < 0.001$; *C. brevipes*, $F = 8$, $p < 0.001$; *P. tincta*, $F = 16.1$, $p < 0.001$; *S. bipunctata*, $F = 7.3$, $p < 0.001$; *Scotophaeus* sp., $F = 3.9$, $p = 0.021$; *Tetragnatha* sp., $F = 3.1$, $p = 0.046$). The strongest positive effect on the resettlement of the inspected boxes by spiders had the maximum temperature outside the boxes (CCA: t-max outside: $F = 17.70$, $p = 0.002$; t-max inside: $F = 7.10$, $p = 0.002$; t-mean outside: $F = 4.20$, $p = 0.002$; t-mean inside: $F = 3.80$, $p = 0.002$; t-min outside: $F = 3.60$, $p = 0.002$; t-min inside: $F = 2.50$, $p = 0.006$). There were two dominant species with opposite patterns: *C. pallidula* was abundant in nesting boxes at lower maximal temperatures (Figure 3), whereas *A. accentuata* was significantly more abundant in boxes following higher outside maximal temperatures (Pearson's $R = 0.72$; Figure 3).

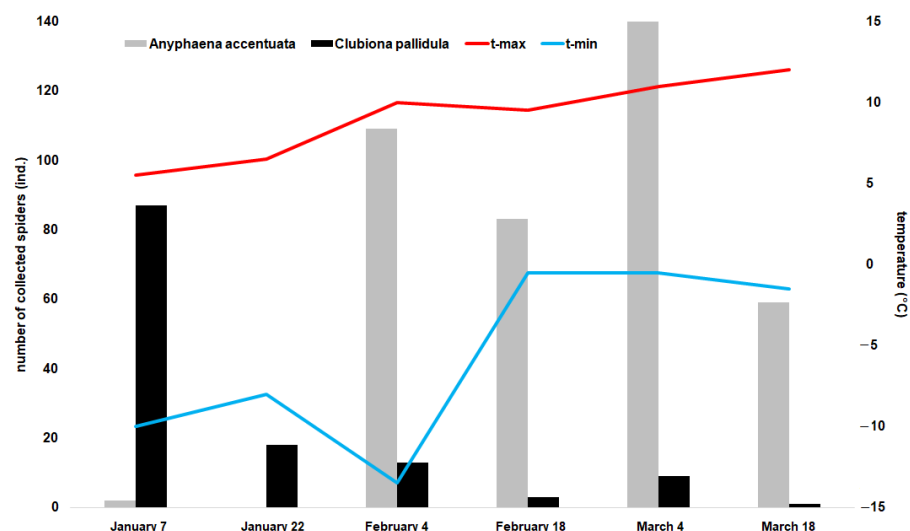


Figure 3. Abundance of *Anyphaena accentuata* and *Clubiona pallidula* per box during winter and the maximum and minimum temperature outside the boxes measured 14 days prior to spider collection in 2016.

3.4. Effect of Presence of Nest Material on Spider Abundances

In 2017, material was collected from 126 nesting boxes, of which 39 boxes contained nest material (grass, moss, hair). The majority of the nests were built by the great tit (*Parus major*). A total of ten spider species were heat-extracted from the nesting material in the laboratory (Table 1). The most common species were *C. brevipes* (37% of the specimens collected), *C. pallidula* (35%), and *P. tincta* (26%). Other invertebrates extracted included mites, fleas, earwigs, and the larvae of Diptera and Lepidoptera. Nest material significantly supported the higher abundance of spiders in the nesting boxes (Welch two sample *t*-test, $F = 8.80$, $p = 0.002$, Figure 4). Three spider species heat-extracted from the nest material had a significantly higher abundance than those found in the boxes without nest material (Welch two sample *t*-test: *C. pallidula*: $T = 4.14$, $df = 53.309$, $p < 0.001$; *C. brevipes*: $T = 2.80$, $df = 42.611$, $p = 0.008$; *P. tincta*: $T = 3.17$, $df = 41.880$, $p = 0.003$). On the other hand, *A. accentuata* and *S. bipunctata* were more abundant in the empty nesting boxes (Welch two sample *t*-test: *A. accentuata*: $T = -2.65$, $df = 123.970$, $p = 0.009$; *S. bipunctata*: $T = -2.61$, $df = 121.380$, $p = 0.010$, Figure 5).

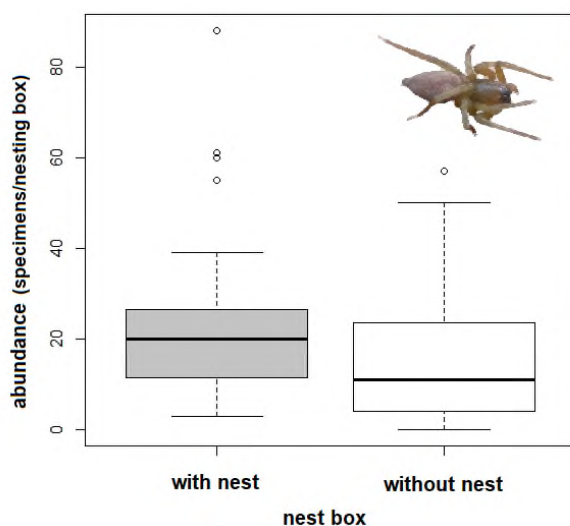


Figure 4. Comparison of the number of spider specimens per box and inspection (abundance = individuals) in nesting boxes with and without nest material), bold lines in the boxplot are the median and the lines are 95% CI, the dots are outliers.

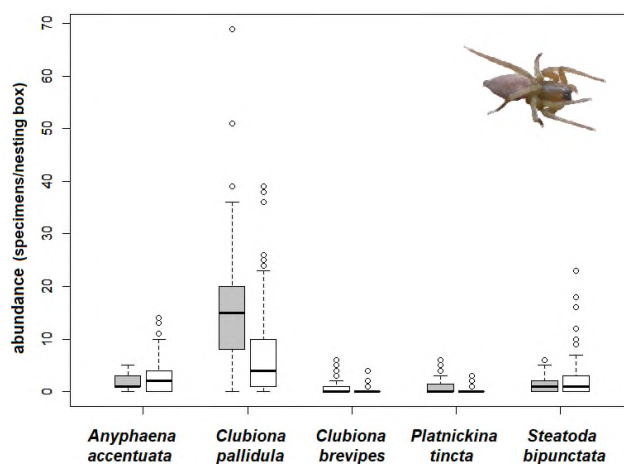


Figure 5. Number of spider specimens per box and inspection (abundance) of dominant spider species in nesting boxes with nest material (grey) and without nest material (white), the bold lines in the boxplot are the median and the lines are 95% CI, the dots are outliers.

4. Discussion

We analysed the assemblages of spiders overwintering in nesting boxes, as well as several environmental factors affecting their abundance in nesting boxes in a lowland forest. As we know, spiders are common invertebrates in nesting boxes in different habitats not only in winter, but also during the whole year [33,40,41]. The abundance of spiders in nesting boxes are higher per nest than for other bird nest habitats, e.g., in burrow nests [18] or free nests [42]. Comparing to our results, more species of spiders were collected from bird nests in a similar study in Slovakia. However, in that study, the spiders were collected from spring to autumn (October) [19]. The highest abundance of spiders in nesting boxes was in late autumn, because spiders migrate to boxes for overwintering. During the spring and summer, spiders are preyed on by nesting birds [19], whereas the predatory impact by birds in autumn and winter is only low. Spiders were missing in nesting boxes where birds roosted. Few such boxes were recognisable by the presence of droppings.

Almost all species obtained from nesting boxes are common arboricolous species [3], typical for the local lowland forests of Central Europe [6]. Only *Teegenaria silvestris* is not a typical tree inhabitant, as it generally lives on the ground and only occasionally in the lower part of tree trunks [43]. *Mangora acalypha* is better known as an herb dweller [35]. The majority of species were bark and trunk dwellers, fewer were branch dwellers, and some were typical hollow specialists [9]. The species spectrum was similar to that found by Černecká et al. [19], with *A. accentuata* and *Clubiona* species being most dominant [3,35]. A relatively low abundance of *Philodromus* spp. in the nesting boxes was surprising, as this species is a common inhabitant of trees and nesting boxes [19] and overwinters under bark and in hollows [22]. Some other abundant species from nesting boxes in Slovakia [19], such as *Amaurobius fenestralis* (Ström, 1768) and *Segestria senoculata* (Linnaeus, 1758), generally live in coniferous forests [3,44], and were absent in our study, which focused on deciduous forests.

The most abundant hunter guild was other hunters, due to the dominant species *C. pallidula* and *A. accentuata*. A similar guild spectrum was found in nesting boxes in Slovakia [19]. Spiders in nesting boxes and on trees are most numerous in autumn [19,22] because of the need to find shelters in which to overwinter, often in hollows or spaces under the bark [6]. Some species overwinter in nesting boxes in the remains of the nest material or on the inner sides of nesting boxes in silk shelters (*Clubiona*), whereas some other species build webs in the spaces inside nesting boxes (*S. bipunctata*) or stay active and do not make web shelters (*A. accentuata*) (Figure A1 in Appendix A). Species classified as orb web builders do not build webs in nesting boxes and use nesting boxes only as shelter. *Steatoda bipunctata*, which is classified as a space web hunter, is a typical tree hollow dweller [9] that dwells in its web in nesting boxes probably for the whole year, as in tree hollows. On the other hand, another space web builder, *P. tincta*, lives on leaves in branches during the vegetation season and migrates to nesting boxes or tree hollows only for overwintering (we only found inactive specimens without webs on the inner walls of boxes or in the nest material). The most abundant species in nesting boxes, *C. pallidula*, overwintered inactive in silk sacs under the bark or in tree hollows [20,45,46].

In the U.S.A., McComb and Noble [40] reported arachnids in only 6.7% of nesting boxes, with the lowest abundances found in winter, whereas in our study, spiders were found in almost all (92%) of the nesting boxes. Closing nesting boxes with a bung had a significantly negative effect on the spider abundance in the boxes [19]. Spiders probably use artificial entrances to preferably colonize boxes, but small and flat species can use fissures under the roof or between the wooden walls for entering. During autumn or winter, predatory pressure on invertebrates in nesting boxes is probably not as high as in the spring and summer. Nevertheless, some species of birds (e.g., present *Parus major*) roost in nesting boxes during winter nights [47].

We did not find a significant difference between the studied tree species, in accordance with Černecká et al. [19]. This effect was expected in our study because the studied tree species did not recognizably differ in bark structure and habitat. Some spider species

can prefer a specific tree and, consequently, abundances of different tree species can be significantly different [48], but such differences between broadleaf and coniferous trees may be more apparent [23].

Temperature had a significant effect on the probability of the resettlement of inspected and emptied nesting boxes by *A. accentuata*, which was the most active species during winter [26,49]. This species and some species of *Philodromus* are winter-active predators and prey even at temperatures close to 0 °C [48]. Other dominant species resettled emptied boxes only sporadically, and not during cold days. *Anyphaena accentuata* was the only spider able to regularly resettle emptied boxes without nest material during winter.

The nest material had a significant positive effect on the abundance of spiders. For example, *Salticus zebraneus* was found only in boxes with nest material. Nest material is both a shelter and a source of prey for spiders [27]. Spiders, especially juvenile *P. tincta* and *Clubiona* species (*C. pallidula* and *C. brevipes*), were overwintering in nest material. Juveniles of *Clubiona* were also found to be numerous in nest material in other studies [14,44]. *Clubiona* overwinters in silk sacs on the sides of nesting boxes and also among the nest material. Nest material is also used as shelter by *A. accentuata*; this species is known as an active winter predator [50], preying on invertebrates in the nest material. Only juvenile inactive specimens of *S. bipunctata* were found in the nest material, whereas adults built webs in the nesting boxes.

Nesting boxes are an artificial habitat and, during winter, offer shelter for a diverse spectrum of tree-dwelling spiders. We found about half of the arboreal spider species that are recorded in this region [6], and almost all that are known to overwinter on trees. By hanging nesting boxes on trees, ornithologists support not only hollow nesting birds and small mammals, but also overwintering spiders; the birds during the nesting season, and the spiders during winter. Both birds and spiders are important agents for protecting forests against pest insects.

5. Conclusions

During winter, nesting boxes offer shelter for a diverse spectrum of tree-dwelling spiders. We found about half of the arboreal tree species recorded in this region. The dominant overwintering species are *Clubiona pallidula*, *Anyphaena accentuata*, *Platnickina tincta*, and *Steatoda bipunctata*. The study revealed that tree species had no significant effect on the abundance of overwintering spiders in nesting boxes. The open nesting boxes with nest material significantly supported a higher abundance of spiders inside the boxes. Temperature had a significant effect on the probability for resettlement of the nesting box by *A. accentuata*, which was the most active species during the winter. We recommend that ornithologists leave nest material in the nesting boxes for the winter months without sealing them (the cleaning of nest boxes is better in early spring), thus helping spider species on the trees during the wintering season.

Supplementary Materials: The following are available online at <https://www.mdpi.com/article/10.3390/insects12050465/s1>, Table S1: datasets.

Author Contributions: Conceptualization, O.M. and I.H.T.; methodology, O.M.; validation, O.M. and I.H.T.; formal analysis, I.H.T.; investigation, O.M.; resources, O.M.; data curation, O.M.; writing—original draft preparation, O.M. and I.H.T.; writing—review and editing, O.M. and I.H.T.; visualization, O.M.; supervision, I.H.T. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: All raw data are available in Table S1 in Supplementary Materials. Spiders are in the collection of the first author.

Acknowledgments: We would like to thank to Anežka Koubková and Petra Kovaříková for their help with the nest box inspection. We are very grateful to the three anonymous reviewers, to editor

Rainer Meyhöfer and to Robin Kundrata for their corrections, suggestions, and comments that improved the manuscript. We are grateful to Andy Kennedy who kindly edited an advanced draft for English usage.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Appendix A



Figure A1. Open nesting box with overwintering spiders (silk sacs at the **bottom**—*Clubiona pallidula*; web remains—*Steatoda bipunctata*; *Anyphaena accentuata* and *Nuctenea umbratica* on the **top**).

References

1. Wunderlich, J. Mitteleuropäische Spinnen (Araneae) der Baumrinde. *Z. Angew. Entomol.* **1987**, *94*, 9–21. [[CrossRef](#)]
2. Nikolai, V. The bark of trees: Thermal properties, microclimate and fauna. *Oecologia* **1986**, *69*, 148–160. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. Szinetár, C.; Horváth, R. A review of spiders on tree trunks in Europe (Araneae). *Acta Zool. Bulg.* **2005**, *1*, 221–257.
4. Laška, V.; Kopecký, O.; Růžička, V.; Mikula, J.; Vele, A.; Šarapatka, B.; Tuf, I.H. Vertical distribution of spiders in soil. *J. Arachnol.* **2011**, *39*, 393–398. [[CrossRef](#)]
5. Otto, S.; Floren, A. The spider fauna (Araneae) of tree canopies in the Bialowieza Forest. *Fragm. Faunistica.* **2007**, *50*, 57–70. [[CrossRef](#)]
6. Machač, O.; Tuf, I.H. Spiders and harvestmen on tree trunks obtained by three sampling methods. *Arachnol. Mitt.* **2016**, *51*, 67–72. [[CrossRef](#)]
7. Růžička, V.; Boháč, J.; Macek, J. Bezobratlí živočichové dutých stromů na Třeboňsku. *Sbor. Jihočes. Muz. Čes. Budějovicích Přír. Vědy.* **1991**, *31*, 33–46.
8. Nitu, E.; Olenici, N.; Pop, I.; Nae, A.; Biris, I.A. Soil and saproxylic species (Coleoptera, Collembola, Araneae) in primeral forests from the northern part of South Eastern Carpathians. *Ann. For. Res.* **2009**, *52*, 27–54.
9. Machač, O.; Christophoryová, J.; Krajčovičová, K.; Budka, J.; Schlaghamerský, J. Spiders and pseudoscorpions (Arachnida: Araneae, Pseudoscorpiones) in old oaks of Central European floodplains. *Arachnol. Mitt.* **2018**, *56*, 24–31. [[CrossRef](#)]
10. Tews, J.; Brose, U.; Grimm, V.; Tielbörger, M.; Wichmann, C.; Schwager, M. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: The importance of keystone structures. *J. Biogeogr.* **2004**, *31*, 79–92. [[CrossRef](#)]
11. Siitonen, J.; Ranius, T. The importance of veteran trees for saproxylic insects. In *Europe's Changing Woods and Forests: From Wildwood to Cultural Landscape*; Kirby, K., Watkins, C., Eds.; CAB International: Wallingford, UK, 2015; pp. 140–153.
12. Mainwaring, M.C. The use of nestboxes by roosting birds during the non-breeding season: A review of the costs and benefits. *Ardea* **2011**, *99*, 167–176. [[CrossRef](#)]
13. Robles, H.; Ciudad, C.; Matthyssen, E. Tree-cavity occurrence, cavity occupation and reproductive performance of secondary cavity-nesting birds in oak forests: The role of traditional management practices. *For. Ecol. Manag.* **2011**, *261*, 1428–1435. [[CrossRef](#)]

14. Nordberg, S. Biologisch-Ökologische Untersuchungen über die Vogelnidicolen. *Acta Zool. Fenn.* **1936**, *21*, 1–168.
15. Svatoň, J.; Pavúky (Araneida) v hniezdach beloritky obyčajnej (*Delichon urbica*) na západnom Slovensku. *Zbor. Slov. Nár. Múz. Prír. Vedy.* **1985**, *31*, 189–192.
16. Miller, F.; Buchar, J. Spiders (Chelicerata: Araneae) collected in small mammal nests in the Western Carpathians. *Acta Soc. Zool. Bohem.* **1997**, *61*, 373–379.
17. Krumpál, M.; Cyprich, D.; Fend'a, P.; Pinowski, J. Invertebrate fauna in nests of the house sparrow *Paser domesticus* and the tree sparrow *Paser montanus* in central Poland. *Int. Stud. Sparrows* **2001**, *27–28*, 35–58.
18. Henenberg, J.; Řezáč, M.; Nováková, M. Spider assemblages in bird burrows. *Biologia* **2016**, *73*, 267–272. [[CrossRef](#)]
19. Černecká, L.; Michalko, R.; Krištín, A. Abiotic factors and biotic interactions jointly drive spider assemblages in nest-boxes in mixed forests. *J. Arachnol.* **2017**, *45*, 213–222. [[CrossRef](#)]
20. Pekár, S. Some observations on overwintering of spiders (Araneae) in two contrasting orchards in the Czech Republic. *Agric. Ecosyst. Environ.* **1999**, *73*, 205–210. [[CrossRef](#)]
21. Horváth, R.; Szinetár, C. 2002: Ecofaunistic study of bark-dwelling spiders (Araneae) on black pine (*Pinus nigra*) in urban and forest habitats. *Acta Biol. Debrecina* **2002**, *24*, 87–101.
22. Horváth, R.; Lengyel, S.; Szinetár, C.; Jakab, S. The effects of prey availability on spider assemblages on European black pine (*Pinus nigra*) bark: Spatial patterns and guild structure. *Can. J. Zool.* **2005**, *83*, 324–335. [[CrossRef](#)]
23. Sptizer, L.; Konvička, O.; Tropek, R.; Roháčová, M.; Tuf, I.H.; Nedvěd, O. Společenstvo členovců (Arthropoda) zimujících na jedli bělokoré na Valašsku (okr. Vsetín, Česká republika). [Assemblage of overwintering arthropods on white fir (*Abies alba*) in the Moravian Wallachia region (West Carpathians, Czech Republic)]. *Časopis Slez. Muz. Opava* **2010**, *59*, 217–232.
24. Schaefer, M. Winter ecology of spiders (Araneida). *Z. Angew. Entomol.* **1977**, *83*, 113–134. [[CrossRef](#)]
25. Aitchison, C.W. Low temperature feeding by winter-active spiders. *J. Arachnol.* **1984**, *12*, 297–305.
26. Koomen, P. Winter activity of *Anyphaena accentuata* (Walckenaer, 1802) (Araneae: Anyphaenidae). In *Proceedings of the 17th European Colloquium of Arachnology Edinburgh 1997*; Selden, P., Ed.; British Arachnological Society: Edinburgh, UK, 1998; pp. 20–23.
27. Krištofík, J.; Mašán, P.; Šustek, Z. Arthropods (Pseudoscorpionidea, Acari, Coleoptera, Siphonaptera) in the nests of the bearded tit (*Panurus biarmicus*). *Biologia* **2007**, *62*, 749–755. [[CrossRef](#)]
28. Larrieu, L.; Cabanettes, A. Species, live status, and diameter are important tree features for diversity and abundance of tree microhabitats in subnatural montane beech-fir forests. *Can. J. For. Res.* **2012**, *42*, 1433–1445. [[CrossRef](#)]
29. Bradshaw, R.H.W. Past anthropogenic influence on European forests and some possible genetic consequences. *For. Ecol. Manag.* **2004**, *197*, 203–212. [[CrossRef](#)]
30. Gamfeldt, L.; Snäll, T.; Bagchi, R.; Jonsson, M.; Gustafsson, L.; Kjellander, P. Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. *Nat. Commun.* **2013**, *4*, 13–40. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
31. Twedt, D.J.; Henne-Kerr, J.L. Artificial cavities enhance breeding bird densities in managed cottonwood forests. *Wildl. Soc. Bull.* **2001**, *29*, 680–687.
32. Mänd, R.; Tilgar, V.; Löhmus, A.; Leivits, A. Providing nesting boxes for hole-nesting birds—Does habitat matter? *Biodivers. Conserv.* **2005**, *14*, 1823–1840. [[CrossRef](#)]
33. Tyller, Z.; Paclík, M.; Remeš, V. Winter night inspections of nesting boxes affect their occupancy and reuse for roosting by cavity nesting birds. *Acta Ornithol.* **2012**, *47*, 79–85. [[CrossRef](#)]
34. Nentwig, W.; Blick, T.; Bosmans, R.; Gloor, D.; Hänggi, A.; Kropf, C. Spiders of Europe. Version 01.2021. Available online: <https://www.araneae.nmbe.ch> (accessed on 10 January 2021).
35. World Spider Catalog. World Spider Catalog. Version 21.5. Natural History Museum Bern. Available online: <http://wsc.nmbe.ch> (accessed on 10 January 2021).
36. Cardoso, P.; Pekár, S.; Joque, R.; Coddington, J. Global patterns of guild composition and functional diversity of spiders. *PLoS ONE* **2011**, *6*, e21710. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
37. ter Braak, C.J.F.; Šmilauer, P. *Canoco Reference Manual and User's Guide: Software for Ordination, Version 5.0*; Microcomputer Power: Ithaca, NY, USA, 2012.
38. R Core Team. *R: A Language and Environment For Statistical Computing*; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria, 2020.
39. Řezáč, M.; Kúrka, A.; Růžička, V.; Heneberg, P. Red List of Czech spiders: 3rd edition, adjusted according to evidence-based national conservation priorities. *Biologia* **2015**, *70*, 645–666. [[CrossRef](#)]
40. McComb, W.C.; Noble, E.R. Invertebrate Use of Natural Tree Cavities and Vertebrate Nesting boxes. *Am. Midl. Nat.* **1982**, *107*, 163–172. [[CrossRef](#)]
41. Conner, R.N.; Saenz, D.; Rudolph, D.C. Fauna using nesting boxes in four timber types in eastern Texas. *Bull. Tex. Ornithol. Soc.* **1995**, *28*, 2–6.
42. Gajdoš, P.; Krištofík, J.; Šustek, Z. Spiders (Araneae) in the birds' nests in Slovakia. *Biologia* **1991**, *48*, 887–905.
43. Kubcová, L.; Schlaghamerský, J. Zur Spinnenfauna der Stammregion stehenden Totholzes in südmährischen Auenwäldern. *Arachnol. Mitt.* **2002**, *24*, 35–61. [[CrossRef](#)]
44. Machač, O. Pavouci a sekáči na kmenech stromů Hostýnsko-vsetínského hornatiny. (Spiders and harvestmen on tree trunks in Hostýnsko-vsetínská highlands). *Acta Carp. Occ.* **2014**, *5*, 64–67.
45. Isaia, M.; Bona, F.; Badino, G. Comparison of polyethylene bubble wrap and corrugated cardboard traps for sampling tree inhabiting spiders. *Environ. Entomol.* **2006**, *35*, 1654–1660. [[CrossRef](#)]

46. Pekár, S.; Michalko, R.; Loverre, P.; Líznavá, E.; Černecká, L. Biological control in winter: Novel evidence for the importance of generalist predators. *J. Appl. Ecol.* **2015**, *52*, 270–279. [[CrossRef](#)]
47. Krištín, A.; Mihál, I.; Urban, P. Roosting of the great tit, *Parus major* and the nuthatch, *Sitta europaea* in nesting boxes in an oak-hornbeam forest. *Folia Zool.* **2001**, *50*, 43–53.
48. Korenko, S.; Kula, E.; Šimon, V.; Michalková, V.; Pekár, S. Are arboreal spiders associated to particular tree canopies? *North-West J. Zool.* **2011**, *7*, 261–269.
49. Petráková, L.; Michalko, R.; Loverre, P.; Sentenská, L.; Korenko, S.; Pekár, S. Intraguild predation among spiders and their effect on the pear psylla during winter. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2016**, *233*, 67–74. [[CrossRef](#)]
50. Korenko, S.; Pekár, S. Is there intraguild predation between winter-active spiders (Araneae) on apple tree bark? *Biol. Control.* **2010**, *54*, 206–212. [[CrossRef](#)]

Příloha IV

MACHAČ O., IVINSKIS P., RIMŠAITE J., HORŇÁK O. & TUF I. H.: Response of ground dwelling predatory arthropods to vegetation changes in cormorant colony. *Forests* (in prep.)

Response of ground dwelling predatory arthropods to vegetation changes in cormorant colony

Ondřej Machač¹, Povilas Ivinskis², Jolanta Rimšaitė², Ondřej Horňák¹ & Ivan Hadrián Tuf^{1*}

¹ Department of Ecology, Faculty of Science, Palacký University, Šlechtitelů 27, Olomouc, Czech Republic

² Institute of Ecology, Nature Research Centre, Akademijos 2, Vilnius, Lithuania

*corresponding author: ivan.tuf@upol.cz

Abstract

Nesting of the Great cormorants strongly influences terrestrial ecosystems by physical destruction of vegetation and chemical changes in soil in around nesting colonies. We investigated spider, harvestmen and centipede assemblages in different influenced plots (starting colony, active dense colony, and partly abandoned colony) in the biggest Lithuanian cormorant colony in pine woods on shore of the Baltic Sea in the Curonian spit National park in Lithuania. Selected groups of epigeic arthropod predators were collected by pitfall traps in 2012–2014. We recorded total of 4299 spider specimen (102 species), 451 harvestmen specimen (9 species) and 1537 centipede specimen (7 species). Coverage of moss and herb vegetation, mean Ellenberg value for light, bare ground without vegetation and number of nests significantly influenced abundance, species richness and functional groups of arthropod predators. Active ground hunters represented by spider *Trochosa terricola* and centipede *Lithobius forficatus* were positively influenced by bare ground without vegetation and higher density of nests, while negative influenced by increasing coverage of moss and herbs. Opposite effect was found to web builder spiders and less movable species represented by dominant spider species *Diplostyla concolor* and harvestmen *Nemastoma lugubre* and *Oligolophus tridens*. The results show how cormorant influence to forest vegetation structure affected abundance and species diversity of selected arthropod predators.

Keywords: Araneae, Chilopoda, Opiliones, *Phalacrocorax carbo*, Curonian spit, nesting colony, Lithuania

Introduction

The Great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) is a common avian fish predator with global distribution, especially on the Northern hemisphere (HOYO et al. 1992). Population of the great cormorants are recently rising in all Europe (VAN EERDEN et al. 2012, HERRMANN et al. 2018). Cormorants roost and breed in numerous colonies in peaceful localities close to lakes and river areas or on a sea coast (KLIMASZYK & RZYMSKI 2016). Nests are built usually on top of trees, up to 50

nests may be on one tree (EERDEN et al. 2012). Nesting colonies are often reused several years, but sometimes are nesting trees changed after season (BZOMA 2011, EARDEN et al. 2012). Some colonies may have thousands nesting individuals. Cormorants have one of the greatest bird impacts to coast terrestrial ecosystems (KLIMASZYK et al. 2015).

Cormorants strongly influence ecosystems in and around nesting colony (KLIMASZYK & RZYMSKI 2016). One cormorant produce about 50g of faeces per day (KLIMASZYK & RZYMSKI 2016) and over 80% of them are deposited beneath their roosts and nests (GOC et al. 2005). Droppings increase amount of nitrogen, phosphorus and other nutrients in soil (BRITTO & KRONZUCKER 2002, KLIMASZYK et al. 2015). These processes increase acidity and humidity of soil and have impact on vegetation (CRAIG et al. 2012). Cormorants affect ecosystems, especially herb, shrub and tree vegetation growing in the colony. Trees and herb vegetation in dense and numerous colonies are dead or significantly recede (BOUTIN et al. 2011), only nitrophilic species profit from it, e.g. *Sambucus nigra* L., *Urtica dioica* L. or some grasses (GOC et al. 2005). The abundance and diversity of herbivorous insects in dense colonies also decrease, while other arthropod groups may be more abundant (KOLB et al., 2012). Dead trees change light conditions and dismiss more light to undergrowth. Many droppings, remains from fishes and dead bodies of cormorant chicks in the breeding colonies attract carrion and dung feeding invertebrates and their predators (GOC et al. 2005, CRAIG et al. 2012, YAHYRO et al. 2013, IVINSKIS & RIMŠAITE 2013). Different parts in the cormorant colony vary in physical conditions and herb coverage (MATULEVIČIŪTĖ et al. 2018) as well as in biodiversity and communities of small mammals (BALČIAUSKAS et al. 2014, 2018) and some groups of arthropods (CRAIG et al. 2012, KOLB et al., 2012). There is also negative effect to litter decomposition (OSONO et al. 2006).

One of the biggest colonies of great cormorants and grey herons in Lithuania is in the Curonian spit National park near Juodkrantė (ŽYDELIS et al. 2002). In this colony, the first cormorant nests appeared in 1989 (ŽYDELIS et al. 2002), during our study breed lower thousands nesting cormorants in the colony.

Despite beetles, main groups of ground dwelling predatory arthropods are spiders (Araneae), harvestmen (Opiliones) and centipedes (Chilopoda). Spiders and harvestmen are understudied taxa in Lithuania as till now only 462 species are known (BITENIEKYTĖ & RELIS 2011, MACHAČ et al. 2017). In the Curonian spit National Park, 228 species of spiders and 10 of harvestmen was found (Machač et al. in prep.). Beside this, 20 species of centipedes were reported from Lithuania (TUF et al. 2015).

Assemblages of arachnids are strongly influenced by vegetation structure (LAFAGE et al. 2019) and their changes in succession (e. g. DUFFY 1978, HURD et al. 1992, UETZ 1979) and light conditions via tree canopy openness (e. g. KOŠULIČ et al. 2016). Open young forest and clearings are inhabited by cursorial and other non web building spiders, whilst old forests are inhabited by web builders (HURD

et al. 1992, ÁVILA et al. 2017). Similarly ground dwelling arachnids intensively react to such microhabitat conditions as light, moisture, temperature, vegetation structure, and litter, whilst landscape features are less important (UETZ 1979, WISE et al. 1993, ENTLING et al. 2007, PURCHART et al. 2013, MIHÁL & ČERNECKÁ 2017). Spiders have evolved many predatory strategies resulting in many different functional roles enabling the precise evaluation of functional diversity of its communities (CARDOSO et al. 2016).

In this study we investigated how changes in vegetation (coverage, Ellenberg's indicator values for light, moisture and nutrients), presence of bare soil and cormorant nest density influenced assemblages of spiders, harvestmen and centipedes in the cormorant colony in the Curonian spit National Park in Lithuania.

Methods

Study sites and sampling

The study was performed in one of the biggest colonies of great cormorants (*Phalacrocorax carbo*) and grey herons (*Ardea cinerea*) on shore of the Baltic sea. This colony is situated in a pine forest in the Curonian spit National Park in Lithuania near Juodkrantė (centre of colony: 49°30'36.37"N, 17°18'1.31"E). Sampling sites represented pine forest with herb and shrub undergrowth with different degree of influence by bird nesting activities, during investigation cormorants occupied about 3100 nests and colony covered area of 6.82 ha (ŽYDELIS et al. 2002). The climate is intermediate between marine and continental, the mean annual precipitation is about 700 mm and the mean annual temperatures range from 17.8 °C in August to -1.7 °C in January and February (BUKANTIS 2013).

Study was performed in 2012–2014 in the cormorant colony and neighbourhood forest. Colony was in upper part of dune ridge to dune hollow. Upper parts were occupied by 110 year-old pine forest and slope terraces about 230 year-old forest. We chose four plots with different influence of cormorants:

Plot A (starting colony) – new colony with increasing number of nests. The predominant tree species in this area was Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), with an average age of 119 years. Undergrowth was drying and sparse. In shrub layer was dominant rowan (*Sorbus aucuparia* L.) and common juniper (*Juniperus communis* L.). Trees were alive, but their vitality decreased.

Plot B (active colony) – epicentre of colony with the highest density of nests on trees. Forest was strongly influenced by cormorants. Pine trees were dead or dying, still with bark. Undergrowth was sparse and open to sunlight, huge spots of bare ground without vegetation were present.

Nitrophilic species of plants dominated in the herb and shrubs layer with coverage less than 10% (ADAMONYTĚ et al. 2013). Dominant species in shrub layer was elderberry (*Sambucus racemosus* L.).

Plot C (abandoned colony) – old part of the colony, partly abandoned, nest trees were almost absent. Dead trees were standing or fallen, mostly without the bark. Vegetation was partly recovering with shrubs, herbal and moss layers. Nitrophilic plants were partly replaced by mesoeutrophic ruderal herbs and shrubs as *S. nigra*. Pines were replaced by young Norway spruce (*Picea abies* L.), English oak (*Quercus robur* L.) and birch (*Betula pubescens* Ehrh.) (ADAMONYTĚ et al. 2013).

Plot D (control plot) – natural old-growth mixed pine forest with admixture birch (*Betula humilis* Schrank), maples (*Acer platanoides* L.), linden (*Tilia cordata* Mill.) and with shrubs as bird cherry (*Prunus padus* L.), currant (*Ribes alpinum* L.), raspberry (*Rubus idaeus* L.) and herb layer with common nettle (*U. dioica*) and impatiens (*Impatiens* sp.).

Structure of vegetation coverage and vegetation changes on study plots was taken from MATULEVIČIŪTĚ et al. (2018), who analysed data of coverage of trees, shrubs, herb and moss vegetation from three squares (100 m²) in each sampling plot. Abiotic variables were derived from plant communities using by Ellenberg's indicator values for humidity, nutrients, temperature, soil reaction, plant species and light for vascular plants (ELLENBERG et al. 2001). These values were used for assessment of plant responses derived from the phytosociological relevés, using van der Maarel's indices instead of the abundance–dominance coefficient to minimise the weight of dominant species. We also studied effect of number of nests, plant species richness and bare ground spots without vegetation to assemblages of predators.

Spiders, harvestmen and centipedes were collected by pitfall traps (five traps in each plot) inspected in two-week intervals from May to November of 2012, 2013, and 2014 respectively. Spiders, harvestmen, and centipedes were identified to species level (NENTWIG et al. 2021, ŠILHAVÝ 1971, KACZMAREK 1979, UDDSTRÖM & RINNE 2016), some juveniles to genus or family level only. The actual nomenclature follows the World Spider Catalog Version 21.5 (2021), World Catalogue of Opiliones (2021), and ChiloBase 2.0 (Bonato et al., 2016) respectively. All material is deposited in author's collections. Hunting strategies guild of spiders follows CARDOSO et al. (2011).

Statistical analyses

The data set consisted of 133 samples and for each of them the total activity-density and species richness of invertebrates were calculated, including the activity-density of individual species (response variables). Environmental factors (explanatory variables) were data of coverage (density of tree, shrub and herbal layers, bare ground), Ellenberg's indicator values (Shannon-Wiener index, light, temperature, humidity, soil reactions, nutritions, plant species) and numbers of cormorant nests. The analyses were performed with R (R Development Core team 2015) and Canoco 5 (ter BRAAK et ŠMILAUER 2012). In the R program, the effect of explanatory variables on activity-density and species

richness was analyzed using generalized linear models (GLM). Due to over-dispersion in the data (variance was higher than mean), a negative binomial distribution was used, and the model was fitted with a log link (CRAWLEY 2007). In the Canoco 5 program, we used a constrained ordination method for data analysis, followed by canonical correspondence analysis (CCA), which was recommended based on data distribution. A log transformation was used for the response variables (species) and unrestricted permutations with 499 permutations were set. In several modifications, we evaluated the relationship between explanatory and response variables. In the first variant, all explanatory variables entered the model and their simple and conditional effect (Summarize effects of explanatory variables) on individual species was determined. In the second variant, we tested in the same way only the explanatory variables, which proved to be significant in the GLM analysis. Subsequently, we limited this analysis only to species whose total activity-density was higher than 20 individuals (for clarity of graphic outputs). In addition, for species with activity-density greater than 20, their response curves to selected explanatory variables were processed. Only coverage variables were included among them, due to their potentially direct effect on invertebrates. Generalized additive models (GAM) were used for the analysis, which enabled a more detailed fitting of the response of individual species. In the model options, a Poisson distribution with quasi distribution approach was chosen, due to over-dispersion in the response variable.

Results

Assemblages of epigeic predators

We collected 4299 specimens of spiders, representing 102 identified species from 18 families, 451 specimens of harvestmen, representing 9 identified species from 3 families and 1501 specimens of centipedes representing 7 identified species from 4 families. Some specimens of spiders were identified only to genus or family level (tab. 1). Of these, 36 species were classified as preferring forest habitats, 34 preferring open habitats and 48 were eurytopic species (tab. 1). The most diverse families for spiders, harvestmen, and centipedes were Linyphiidae (39 species), Phalangidae (6), and Lithobiidae (5) respectively. The most frequent spider species were *Trochosa tericola* (39% from all spider material), *Diplostyla concolor* (14%) and *Pachygnatha listeri* (5%), harvestmen *Phalangium opilio* (40%) and *Nemastoma lugubre* (23%) and centipede *Lithobius forficatus* (86%). On the plot A (starting colony), the highest number of spiders and lowest number of centipedes was collected, on the plot B (active colony) the highest number of harvestmen as well as centipedes was collected, whilst on the plot C (abandoned colony) the lowest number of spiders and centipedes were trapped. The number of species was similar on all the plots.

Significant effect to abundance and species diversity of spiders, harvestmen and centipedes were factors bare ground, nest density, Ellenberg's indicator values for light, herb layer coverage and

number of plant species (tab. 2). Abundance of epigeic predators increased with nest density, bare soil and Ellenberg's indicator values for light and decreased with herb and moss coverage (fig. 1). Species diversity increased with nest density, bare soil and decreased with Ellenberg's indicator values for light, herb and moss coverage (fig. 1). Tree and shrub layer coverage were not significant effect to species diversity and abundances of epigeic predators, as well as Ellenberg's indicator values for humidity, soil reactions, nutritions, plant species.

Nest density, bare ground, Ellenberg's indicator values for light, herb layer cover and number of plant species affected functional diversity of ground dwelling predators (habitat preferences, stratum and hunter guilds) (fig. 2). Species preferring open habitats and eurytopic species were dominated on lighter plots with bare ground and high nest density. No clear affinity of and group of predators was evident for guild according to preferred stratum or hunting strategy (fig. 2).

Nest density, number of plant species, herbal layer and bare ground cover had significant effect to activity-density of some species of ground dwelling predatory arthropods. Tree and shrub layer coverage did not significantly influenced activity-density of model taxa. Activity-density of 17 species was significantly affected by presence of bare ground and herb layer coverage (fig. 3, tab.2), and activity of 18 species was affected by nest density and number of plant species (fig. 3, tab. 2).

Discussion

We analysed, how vegetation structure affected by cormorants' colony influenced activity-density and species richness of spiders, harvestmen and centipedes in the Curonian spit National Park in Lithuania. We obtained total of 102 identified species of spiders in all plots in cormorant colony, that is about half of known spider species in the Curonian spit (MACHAČ et al. in prep) and about quarter know species in Lithuania (BITENIEKYTĖ & RELIS 2011). Only one third species of them were typical forest species, remaining species were open habitat dwellers or eurytopic species without habitat preference (NENTWIG et al. 2021). Obtained harvestmen are classified as forest species, only *Phalangium opilio* and *Rilaena triangularis* are open habitat dwellers (SPUNGIS 2018). Relatively high proportion of non-forest species may was caused by vegetation changes in dying forest, inasmuch as create habitat mosaic with different plant coverage from bare ground without vegetation to dense coverage patches of nitrophilous species (KLIMASZYK & RZYMSKI 2016, MATULEVIČIŪTĖ et al. 2018). Similar effect to ecosystems have grey heron colonies (ŽÓLKOS & MEISSNER 2008), which breed also in the studied cormorant colony. The common European forest spiders (NENTWIG et al. 2021) were dominant species with highest activity-density, as well as open habitats dweller harvestmen *P. opilio* and forest species *Nemastoma lugubre* (SPUNGIS 2018) and eurytopic centipedes *Lithobius forficatus* (TUF et al. 2015).

Bare ground, Ellenberg's indicator values for light, and density of cormorant nests significantly positively influenced activity-density of ground dwelling predatory arthropods in colony. In the plots with high dense of nests were higher density of bare ground, and more light patches without vegetation or only sparse vegetation with many prey remains (mussels, fish scales) and faeces (MATULEVIČIŪTĖ et al. 2018). Such patches attract predators, scavengers and coprophagous species (CRAIG et al. 2012). Higher abundances of predators in dense bird colonies explain POLIS & HURT (1995) by extraordinarily abundance if its prey – scavengers and parasites. On the other hand, higher abundances of web-build spiders and lycosid spiders in cormorant colonies in Sweden were typical in abandoned colonies, than active ones (KOLB et al., 2012). Similarly in our study, higher abundance of spiders was in the starting colony, then active one.

Surprisingly tree and shrub coverage have not significant effect to abundance and species structure of predators, although tree coverage and canopy openness is known have impact to spider densities (KOŠULIČ et al. 2016, UETZ 1979). On the other site, herb layer coverage as well as plant diversity had negative effect to abundance and species richness of predators. CRAIG et al. (2012) shows, on such sites herbivore arthropods are more abundant and diverse than in active bird colonies.

Effect of some factors (Ellenberg's indicator value for light, nests, bare ground, herbal layer, and plant species) to functional species diversity guilds was significant, but no distinct effect to species according to their biology was evident. The effect of Ellenberg's indicator value for light on abundance of predators was reported by LAFAGE et. al. (2019) in oligotrophic habitats in France. Structure of vegetation and microhabitat mosaic rather than age of habitat has repeatedly been shown to determine species richness of spiders (e. g. HURD & FAGAN 1992).

Some environmental factors showed significant effect to activity-density of some areatory species. Bare ground patches were attractive for *T. terricola*, *L. forficatus*, and *P. listeri*. All these species are cursorial hunters actively searching for its prey. Such invertebrate prey is dense on bird excrements and prey remains (YAHYRO et al. 2013, KOLB et al., 2012).

Similarly to our results, UETZ (1979) found that abundances of spiders from family Lycosidae (as *Trochosa* and *Pardosa* species) were negatively influenced by increasing litter depth and vegetation coverage of herbal layer. Changes in vegetation coverage and structural conditions of leaf litter affect the mobility of individuals of cursorial hunters (UETZ 1976). On the other hand, low mobile predators as sheet web spider *Diplostyla concolor* or harvestmen *Nemastoma lugubre* had opposite response. These species prefer moist dense herbal layer (BUCHAR & RŮŽIČKA 2002, SPUNGIS 2018).

Cormorants had negative impact to forest, but formed mosaic of different habitats (patches with different succession stages and vegetation structure). For some species and groups of spiders, harvestmen and centipedes such plots are attractive. This is the first study evaluating effect of cormorant colony on ground dwelling arthropods including time pattern.

Acknowledgment

We are grateful to dr. Dalytė Matulevičiūtė and her colleagues for botanical data of coverage on study plots, to head of the scientific project dr. Jurga Motiejūnaitė for the organizing and inspiration of work. We wish to thank specialist of Curonian Spit National Park for help during the work. We also thank Michal Hroneš (Department of Botany, Palacký University Olomouc) for help with analyse Ellenberg's indicator values of vascular plants. This study was funded by the grants (No LEK-03/2012) from the Research Council of Lithuania.

Literature

- Adamonytė G, Iršėnaitė R, Motiejūnaitė J, Taraškevičius R, Matulevičiūtė D 2013: Myxomycetes in a forest affected by great cormorant colony: a case study in Western Lithuania. *Fungal Divers* 13: 131–146.
- Ávila A. C., Stenert C., Rodrigues E. N. L., Maltchik L. 2017: Habitat structure determines spider diversity in highland ponds. *Ecol Res* 32:359–367. <https://doi.org/10.1007/s11284-017-1442-7>
- Balčiauskiene L., Jasiulionis M., & Balčiauskas L. 2014: Loss of Diversity in a Small Mammal Community in a Habitat Influenced by a Colony of Great Cormorants, *Acta Zool. Bulgar.*, 66, 229–234.
- Balčiauskienė L., Jasiulionis M., Balčiauskas L. 2014: Loss of diversity in a small mammal community in a habitat influenced by a colony of great cormorants. *Acta Zoologica Bulgarica* 66: 229–234.
- Balčiauskas L., Skipityte R., Jasiulionis M., Balčiauskiene L., Remeikis V. 2018: Immediate increase in isotopic enrichment in small mammals following the expansion of great cormorant colony. *Biogeosciences*, 15: 3883–3891.
- Biteniekytė M., Rėlys V. 2011: The checklist of Lithuanian spiders (Arachnida: Araneae). *Biologija* 57: 148–158.
- Bonato L., Chagas Junior A., Edgecombe G.D. Lewis J.G.E., Minelli A., Pereira L.A., Shelley R.M., Stoev P. & Zapparoli M. 2016: ChiloBase 2.0 - A World Catalogue of Centipedes (Chilopoda). Available at <https://chilobase.biologia.unipd.it>.
- Boutin C., Dobbie T., Carpenter D., and Hebert C. E. 2011: Effect of Double Crested Cormorant on island vegetation, seedbank and soil chemistry: evaluating island restoration potential, *Restor. Ecol.*, 19, 720–727, <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2010.00769.x>, 2011.
- Britto D. T., Kronzucker H. J. 2002: NH₄⁺ toxicity in higher plants: a critical review. *Journal of Plant Physiology* 159(6): 567–584. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-0774>.

- Bukantis A. 2013: Klimatas [Climate]. In: Eidukevičienė M. (ed.). Lietuvos gamtinė geografija. Klaipėdos universiteto leidykla, Klaipėda. p. 53–87.
- Bzoma, S. 2011: Protection of Cormorant: *Phalacrocorax carbo* in Poland. Strategy of Management of Cormorant Population in Poland—Project. Warsaw. SGGW: 74. [in Polish]
- Cardoso P., Pekár S., Jocque R. & Coddington J. 2011: Global patterns of guild composition and functional diversity of spiders. PLoS ONE 6, e21710. DOI:10.1371
- Craig E. C., Elbin S. B., Danoff-Burg J. A., Palmer M. I. 2012: Impacts of double crested cormorants (*Phalacrocorax auritus*) and other colonial waterbirds on plant and arthropod communities on islands in an urban estuary. Waterbirds 35 (sp1): 4–12. <https://doi.org/10.1675/063.035.sp102>.
- del Hoyo J., A. Elliott & J. Sargatal, 1992: Handbook of the Birds of the World. Ostrich to Ducks, Lynx.
- Duffy E. 1978: Ecological strategies in spiders including some characteristics of species in pioneer and mature habitats. Symp. Zool. Soc. London, 42: 83–107.
- Ellenberg H., Weber H. E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulißen D. 2001: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. [Indicator values of plants in Central Europe]. Scripta Geobotanica 18. Lehrstuhl f. Geobotanik d. Universität Göttingen. 262 p.
- Entling W., Schmidt M. H., Bacher S., Brandl R., Nentwig W. 2007: Niche properties of Central European spiders: shading, moisture and the evolution of the habitat niche. Global Ecology and Biogeography 2007; 16: 440–448.
- Gajdoš P., Krištofik J. & Šustek Z. 1991: Spiders (Araneae) in the birds' nests in Slovakia. Biologia (Bratislava) 48: 887–905.
- Goc, M., Iliszko, L. & Stempniewicz, L. 2005: The largest European colony of great cormorant on the Vistula spit (N Poland) an impact of the forest ecosystem, Ecological Questions, 6, 93–103.
- Herrmann Ch., Bregnballe T., Larsson K., Leivits M. & Rusanen P. 2018: Population Development of Baltic Bird Species: Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*). State & Conservation 10-2019, 6J-3.
- Horváth R., Lengyel S., Szinetár C. & Jakab S. 2005: The effects of prey availability on spider assemblages on European black pine (*Pinus nigra*) bark: spatial patterns and guild structure. Canadian Journal of Zoology 83: 324–335.
- Hurd L. E., Fagan W. F. 1992: Cursorial spiders and succession: age of habitat structure? Oecologia 92: 215–221.
- Ivinskis P., Rimšaitė J. 2013: Distribution and abundance of Geotrupidae in different habitats of Curonian Spit. Acta Biol. Univ. Daugavp., 13 (1): 37–43.

- Kaczmarek J. 1979. *Pareczniki Polski*. Uniwersytet Adama Mickiewicza, Poznań, 100 pp.
- Klimaszyk P. & Brzeg A. 2015: Long-term changes in the ecosystem of a lake (Lake Strzyżmiskie) and an island induced by a colony of Great Cormorants (*Phalacrocorax carbo sinensis* L.). *Oceanological and Hydrobiological Studies* 44: 316–325.
- Klimaszyk P., Rzymiski P. 2016: The complexity of ecological impacts induced by great cormorants. *Hydrobiologia* (2016) 771: 13–30.
- Korenko S., Kula E., Šimon V., Michalková V. & Pekár S. 2011: Are arboreal spiders associated to particular tree canopies? *North-West J. Zool.* 7 (2): 261–269.
- Kolb G., Jerling L., Essenberg C., Palmberg C., and Hambäck P. A. 2012: The impact of nesting cormorants on plant and arthropod diversity, *Ecography*, 35, 726–740, <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2011.06808.x>, 2012.
- Košulič O., Michalko R., Hula V. 2016: Impact of Canopy Openness on Spider Communities: Implications for Conservation Management of Formerly Coppiced Oak Forests. *PLoS ONE* 11(2): e0148585. doi:10.1371/journal.pone.0148585
- Kury A. B., Mendes A. C., Cardoso L., Kury M. S., Granado A. de A. & Giribet G. 2020: World Catalogue of Opiliones. WCO-Lite version 1.2.1. Online at: <https://wcolite.com/>.
- Lafage D., Djoudi E. A., Perrin G., Gallet S., Pétilion J. 2019: Responses of ground-dwelling spider assemblages to changes in vegetation from wet oligotrophic habitats of Western France. *Arthropod-Plant Interactions* 13: 653–662.
- Machač O., Tuf I. H. 2016: Spiders and harvestmen on tree trunks obtained by three sampling methods. *Arachnol. Mitt.* 51: 67–72. DOI: 10.5431/aramit5110.
- Matulevičiūtė D., Motiejūnaitė J., Uogintas D., Taraškevičius R., Dagys M., Rašomavičius V. 2018: Decline of a protected coastal pine forest under impact of a colony of great cormorants and the rate of vegetation change under ornithogenic influence. *Silva Fennica* vol. 52 no. 2 article id 7699. 19 p. <https://doi.org/10.14214/sf.7699>.
- Mihál I., Černecká L. 2017: Structure of Harvestmen (Arachnida, Opiliones) Communities in Different, Anthropically Disturbed Beech Ecosystems (Western Carpathians, Slovakia). *Vestník zoologii*, 51(3): 259–270, 2017DOI 10.1515/vzoo-2017-0032 2017-0033.
- Nentwig W., Blick T., Bosmans R., Gloor D., Hänggi A., Kropf C. 2021: Spiders of Europe. Version 01.2021. Online at <https://www.araneae.nmbe.ch>, accessed on 01-10-2021. <https://doi.org/10.24436/1>
- Osono T., Hobara S., Koba K., Kameda K., Takeda H. 2006: Immobilization of avian excretaderived nutrients and reduced lignin decomposition in needle and twig litter in a temperate coniferous

forest. *Soil Biology and Biochemistry* 38(3): 517–525.
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.05.022>.

- Polis G. A., Hurd S. D. 1995: Extraordinarily high spider densities on islands – flow of energy from the marine to terrestrial food webs and the absence of predation. -Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 92(10): 4382-4386.
- Purchart L, Tuf I. H, Hula V., Suchomel J. 2013: Arthropod assemblages in Norway spruce monocultures during a forest cycle—A multi-taxa approach. *Forest Ecology and Management* 2013; 306: 42–51.
- Szinetár C. & Horváth R. 2006: A review of spiders on tree trunks in Europe (Araneae). Pp. 221–257. *European Arachnology 2005*. (Deltšev, C. & P. Stoev, eds.) *Acta Zoologica Bulgarica Suppl.* No.1.
- Šilhavý V. 1971: Sekáči - Opilioneida. Pp. 33–49. In: Daniel M., Černý V. (eds), *Klíč zvířeny ČSSR* 4., Academia, Praha.
- ter Braak C. J. F. & Šmilauer P. 2012: *Canoco 5*. Software for multivariate data exploration, testing and summarization. Netherlands.
- Uetz G. W. 1979: Gradient analysis of spider communities in a streamside forest. *Oecologia* 22: 373–385.
- Uetz G. W. 1979: Influence of variation of litter habitatson spider communities. *Oecologia* 40: 29–42.
- Uddström A., Rinne V. 2016: Suomen lukit ja valeskorpionit (Finish harvestmen and pseudoscorpions). *Hyönteistarvike Tibiale Oy*, Helsinki.
- Tuf I. H., Ivinskis P., Rimšaitė J. 2015: A check-list of the centipedes (Chilopoda) of Lithuania. *Zootaxa*. 4052: 394–400.
- van Eerden M. R., van Rijn S., Volponi S., Paquet J. Y. & Carss D. 2012: *Cormorant and the European Environment: Exploring Cormorant Ecology on a Continental Scale*. COST Action 635 Final Report I: 126.
- Wise D. H. 1993: *Spiders in ecological webs*. Cambridge: Cambridge University Press; 1993.
- World Spider Catalog 2021: *World Spider Catalog*. Version 21.5. Natural History Museum Bern, online at <http://wsc.nmbe.ch>, accessed on 01-10-2021. doi: 10.24436/2
- Yahiro K., Kameda K., Nasu Y., Murahama S. 2013: Insect fauna of great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) nests. *Jpn. J. Ent. (N. S.)* 16 (1):15–23.

Žydelis R., Gražulevičius G., Zarankaitė J., Mečionis R., Mačiulis M. 2002: Expansion of the Cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) population in western Lithuania. *Acta Zoologica Lituanica* 12(3): 283–287. <https://doi.org/10.1080/13921657.2002.10512515>.

Żółkos K., Meissner W. 2008: The effect of grey heron (*Ardea cinerea* L.) colony on the surrounding vegetation and the biometrical features of three undergrowth species, *Pol. J. Ecol.*, 56, 65–74.

Tab. 1: Species list of all obtained epigeic groups of predators (Araneae, Opiliones and Chilopoda) and their functional characteristic on plots (A – starting colony, B – dense active colony, C – abandoned colony, D – pine forest without cormorants)

Family/species	Guilds	Habitat	Stratum	A	B	C	D
Spiders (ARANEAE)							
Agelenidae							
<i>Agelena labyrinthica</i> (Clerck, 1757)	sheet web	eury	herb	0	1	20	0
Clubionidae							
<i>Clubiona lutescens</i> Westring, 1851	other hunter	eury	herb	0	1	13	1
<i>Clubiona neglecta</i> O. Pickard-Cambridge, 1862	other hunter	open	herb	0	1	0	0
<i>Clubiona pallidula</i> (Clerck, 1757)	other hunter	forest	tree	0	0	0	2
<i>Clubiona reclusa</i> O. Pickard-Cambridge, 1863	other hunter	eury	herb	1	0	0	0
<i>Clubiona similis</i> L. Koch, 1867	other hunter	open	ground	2	0	0	0
<i>Clubiona terrestris</i> Westring, 1851	other hunter	forest	ground	0	0	15	0
<i>Clubiona</i> sp.	other hunter			1	0	10	2
Dictynidae							
<i>Dictyna uncinata</i> Thorell, 1856	space web	forest	tree	0	1	0	0
Gnaphosidae							
<i>Drassyllus praeficus</i> (L. Koch, 1866)	ground hunter	open	ground	0	4	5	0
<i>Drassyllus pusillus</i> (C. L. Koch, 1833)	ground hunter	open	ground	1	4	7	0
<i>Drassodes</i> sp.	ground hunter		ground	2	1	5	0
<i>Gnaphosa bicolor</i> (Hahn, 1833)	ground hunter	open	ground	2	2	2	0
<i>Haplodrassus signifer</i> (C. L. Koch, 1839)	ground hunter	eury	ground	1	0	1	0
<i>Micaria pulicaria</i> (Sundevall, 1831)	ground hunter	open	ground	0	0	2	0
<i>Zelotes electus</i> (C. L. Koch, 1839)	ground hunter	open	ground	0	0	1	0

<i>Zelotes latreillei</i> (Simon, 1878)	ground hunter	open	ground	2	1	0	0
<i>Zelotes longipes</i> (L. Koch, 1866)	ground hunter	open	ground	0	1	6	0
<i>Zelotes subterraneus</i> (C. L. Koch, 1833)	ground hunter	eury	ground	2	1	117	0
<i>Zelotes</i> sp.	ground hunter		ground	0	2	34	0
Hahniidae							
<i>Cicurina cicur</i> (Fabricius, 1793)	sheet web	forest	ground	0	1	0	0
<i>Hahnia nava</i> (Blackwall, 1841)	sheet web	open	ground	0	1	0	0
<i>Hahnia ononidum</i> Simon, 1875	sheet web	forest	ground	0	1	0	0
Linyphiidae							
<i>Agyneta rurestris</i> (C. L. Koch, 1836)	sheet web	eury	herb	6	0	0	0
<i>Allomengea vidua</i> (L. Koch, 1879)	sheet web	open	ground	0	0	0	2
<i>Bathyphantes nigrinus</i> (Westring, 1851)	sheet web	eury	herb	0	1	0	0
<i>Bolyphantes alticeps</i> (Sundevall, 1833)	sheet web	open	herb	2	0	0	0
<i>Centromerita bicolor</i> (Blackwall, 1833)	sheet web	forest	ground	0	2	1	4
<i>Centromerus serratus</i> (O. Pickard-Cambridge, 1875)	sheet web	forest	ground	0	8	1	11
<i>Centromerus sylvaticus</i> (Blackwall, 1841)	sheet web	forest	ground	25	25	12	30
<i>Ceratinella brevis</i> (Wider, 1834)	sheet web	forest	ground	1	10	20	0
<i>Dicymbium nigrum</i> (Blackwall, 1834)	sheet web	eury	ground	0	3	2	3
<i>Dicymbium tibiale</i> (Blackwall, 1836)	sheet web	forest	ground	5	25	1	5
<i>Diplocephalus latifrons</i> (O. Pickard-Cambridge, 1863)	sheet web	forest	ground	0	3	0	2
<i>Diplostyla concolor</i> (Wider, 1834)	sheet web	forest	ground	81	90	127	297
<i>Erigone atra</i> Blackwall, 1833	sheet web	eury	ground	2	0	0	0
<i>Erigone dentipalpis</i> (Wider, 1834)	sheet web	eury	ground	0	1	0	0
<i>Gongylidium rufipes</i> (Linnaeus, 1758)	sheet web	eury	ground	0	1	0	0

<i>Hylyphantes graminicola</i> (Sundevall, 1830)	sheet web	forest	tree	3	0	3	3
<i>Hypomma cornutum</i> (Blackwall, 1833)	sheet web	forest	tree	1	1	0	0
<i>Lepthyphantes minutus</i> (Blackwall, 1833)	sheet web	forest	ground	2	1	0	1
<i>Leptothrix hardyi</i> (Blackwall, 1850)	sheet web	open	ground	8	0	0	0
<i>Linyphia hortensis</i> Sundevall, 1830	sheet web	eury	herb	8	6	3	2
<i>Linyphia triangularis</i> (Clerck, 1757)	sheet web	eury	herb	0	0	2	0
<i>Lophomma punctatum</i> (Blackwall, 1841)	sheet web	open	ground	0	0	1	1
<i>Macrargus rufus</i> (Wider, 1834)	sheet web	forest	ground	0	0	1	0
<i>Micrargus herbigradus</i> (Blackwall, 1854)	sheet web	forest	ground	1	3	4	0
<i>Nerienne clathrata</i> (Sundevall, 1830)	sheet web	eury	ground	2	0	2	0
<i>Nerienne montana</i> (Clerck, 1757)	sheet web	forest	herb	4	6	1	3
<i>Oedothorax apicatus</i> (Blackwall, 1850)	sheet web	open	ground	1	0	0	0
<i>Pocadicnemis pumila</i> (Blackwall, 1841)	sheet web	open	ground	0	0	1	0
<i>Stemonyphantes lineatus</i> (Linnaeus, 1758)	sheet web	open	ground	9	1	0	0
<i>Tenuiphantes flavipes</i> (Blackwall, 1854)	sheet web	forest	ground	42	24	14	7
<i>Tenuiphantes tenebricola</i> (Wider, 1834)	sheet web	forest	ground	2	1	0	2
<i>Tiso vagans</i> (Blackwall, 1834)	sheet web	open	ground	7	9	1	0
<i>Walckenaeria acuminata</i> Blackwall, 1833	sheet web	eury	ground	0	0	0	1
<i>Walckenaeria alticeps</i> (Denis, 1952)	sheet web	eury	ground	2	4	10	0
<i>Walckenaeria atrotibialis</i> (O. Pickard-Cambridge, 1878)	sheet web	eury	ground	0	0	2	1
<i>Walckenaeria cucullata</i> (C. L. Koch, 1836)	sheet web	eury	ground	0	0	1	3
<i>Walckenaeria dysderoides</i> (Wider, 1834)	sheet web	forest	ground	3	0	0	0
<i>Walckenaeria kochi</i> (O. Pickard-Cambridge, 1873)	sheet web	eury	ground	0	1	0	0
<i>Walckenaeria nudipalpis</i> (Westring, 1851)	sheet web	open	ground	0	0	2	1

Linyphiidae spp.	sheet web			6	6	0	4
Liocranidae							
<i>Agroeca proxima</i> (O. Pickard-Cambridge, 1871)	ground hunter	eury	ground	7	0	1	0
Lycosidae							
<i>Alopecosa fabrilis</i> (Clerck, 1757)	ground hunter	forest	ground	0	0	3	0
<i>Alopecosa pulverulenta</i> (Clerck, 1757)	ground hunter	open	ground	1	0	2	0
<i>Alopecosa</i> sp.	ground hunter		ground	0	0	4	0
<i>Pardosa agrestis</i> (Westring, 1861)	ground hunter	open	ground	45	0	0	1
<i>Pardosa lugubris</i> (Walckenaer, 1802)	ground hunter	eury	ground	24	50	2	1
<i>Pardosa prativaga</i> (L. Koch, 1870)	ground hunter	open	ground	0	9	13	0
<i>Pardosa riparia</i> (C. L. Koch, 1833)	ground hunter	open	ground	1	1	14	0
<i>Pardosa saltans</i> Töpfer-Hofmann, 2000	ground hunter	eury	ground	40	39	22	0
<i>Pardosa</i> sp.	ground hunter			24	3	5	0
<i>Trochosa terricola</i> Thorell, 1856	ground hunter	forest	ground	680	544	272	173
<i>Trochosa</i> sp.	ground hunter		ground	124	60	114	34
<i>Xerolycosa miniata</i> (C. L. Koch, 1834)	ground hunter	open	ground	11	2	0	0
<i>Xerolycosa nemoralis</i> (Westring, 1861)	ground hunter	forest	ground	0	0	2	0
Mimetidae							
<i>Ero furcata</i> (Villers, 1789)	other hunter	eury	ground	1	1	0	0
Miturgidae							
<i>Zora spinimana</i> (Sundevall, 1833)	ground hunter	forest	ground	0	3	4	1
Philodromidae							
<i>Philodromus aureolus</i> (Clerck, 1757)	other hunter	open	herb	2	2	0	0
<i>Philodromus cespitum</i> (Walckenaer, 1802)	other hunter	open	herb	8	9	0	0

<i>Philodromus collinus</i> C. L. Koch, 1835	other hunter	forest	tree	0	1	0	0
<i>Philodromus dispar</i> Walckenaer, 1826	other hunter	forest	tree	0	0	1	0
<i>Philodromus fuscomarginatus</i> (De Geer, 1778)	other hunter	forest	tree	0	1	0	0
<i>Philodromus</i> sp.	other hunter			8	7	0	0
<i>Rhysodromus fallax</i> (Sundevall, 1833)	other hunter	open	ground	0	0	0	1
Phrurolithidae							
<i>Phrurolithus festivus</i> (C. L. Koch, 1835)	ground hunter	eury	ground	1	1	1	0
Pisauridae							
<i>Pisaura mirabilis</i> (Clerck, 1757)	other hunter	eury	ground	0	0	3	0
Salticidae							
<i>Attulus saltator</i> (O. Pickard-Cambridge, 1868)	other hunter	open	ground	6	1	0	0
<i>Euophrys frontalis</i> (Walckenaer, 1802)	other hunter	eury	ground	1	3	4	0
<i>Salticus cingulatus</i> (Panzer, 1797)	other hunter	forest	tree	0	1	0	0
<i>Talavera aequipes</i> (O. Pickard-Cambridge, 1871)	other hunter	open	ground	1	0	0	0
Segestridae							
<i>Segestria senoculata</i> (Linnaeus, 1758)	other hunter	forest	tree	3	0	1	1
Tetragnathidae							
<i>Metellina segmentata</i> (Clerck, 1757)	orb web	eury	herb	1	1	0	0
<i>Pachygnatha clercki</i> Sundevall, 1823	ground hunter	open	ground	1	0	1	0
<i>Pachygnatha degeeri</i> Sundevall, 1830	ground hunter	open	ground	21	52	3	2
<i>Pachygnatha listeri</i> Sundevall, 1830	ground hunter	forest	ground	97	94	29	4
<i>Pachygnatha</i> sp.	ground hunter			0	4	0	6
<i>Tetragnatha montana</i> Simon, 1874	orb web	eury	herb	1	0	8	0
<i>Tetragnatha pinicola</i> L. Koch, 1870	orb web	forest	tree	0	0	1	0

<i>Tetragnatha</i> sp.	orb web			3	5	6	2
Theridiidae							
<i>Enoplognatha ovata</i> (Clerck, 1757)	space web	eury	herb	2	0	4	2
<i>Euryopsis flavomaculata</i> (C. L. Koch, 1836)	space web	open	ground	4	3	3	0
<i>Neottiura bimaculata</i> (Linnaeus, 1767)	space web	eury	ground	0	0	1	0
<i>Parasteatoda simulans</i> (Thorell, 1875)	space web	forest	tree	0	1	0	0
<i>Robertus lividus</i> (Blackwall, 1836)	space web	forest	ground	2	2	2	0
<i>Theridion pinastri</i> L. Koch, 1872	space web	forest	tree	0	0	1	0
<i>Theridion varians</i> Hahn, 1833	space web	forest	tree	0	0	2	0
Thomisidae							
<i>Ozyptila praticola</i> (C. L. Koch, 1837)	ambush hunter	forest	ground	39	21	21	39
<i>Ozyptila trux</i> (Blackwall, 1846)	ambush hunter	eury	ground	30	24	0	2
<i>Ozyptila</i> sp.	ambush hunter		ground	3	3	4	5
<i>Xysticus luctuosus</i> (Blackwall, 1836)	ambush hunter	forest	tree	1	0	0	0

Harvestmen (OPILIONES)

Nemastomatidae							
<i>Nemastoma lugubre</i> (Müller, 1776)	ground hunter	forest	ground	4	5	33	62
<i>Mitostoma chrysomelas</i> (Hermann, 1804)	ground hunter	eury	ground	0	0	3	0
Phalangiidae							
<i>Lacinius dentiger</i> (C. L. Koch, 1848)	ground hunter	forest	tree	0	2	0	0
<i>Lacinius ephippiatus</i> (C. L. Koch, 1835)	ground hunter	eury	ground	0	8	0	8
<i>Mitopus morio</i> (Fabricius, 1799)	ground hunter	forest	ground	0	14	14	17
<i>Oligolophus tridens</i> (C. L. Koch, 1836)	ground hunter	forest	ground	14	2	0	35
<i>Phalangium opilio</i> (Linnaeus, 1761)	ground hunter	open	herb	50	62	31	36
<i>Rilaena triangularis</i> (Herbst, 1799)	ground hunter	eury	herb	0	0	1	8

Sclerosomatidae							
<i>Leiobunum rotundum</i> (Latreille, 1798)	ground hunter	eury	herb	3	7	32	0
Centipedes (CHILOPODA)							
Lithobiidae							
<i>Lithobius curtipes</i> C. L. Koch, 1847	ground hunter	forest	endogeic	14	8	3	6
<i>Lithobius erythrocephalus</i> C. L. Koch, 1847	ground hunter	eury	ground	18	5	76	2
<i>Lithobius forficatus</i> Linnaeus, 1758	ground hunter	eury	ground	402	482	245	168
<i>Lithobius microps</i> Meinert, 1868	ground hunter	eury	endogeic	2	3	1	28
<i>Lithobius tenebrosus</i> Meinert, 1872	ground hunter	forest	ground	1	0	0	0
Geophilidae							
<i>Pachymerium ferrugineum</i> (C. L. Koch, 1835)	ground hunter	eury	endogeic	1	0	0	0
Linotaeniidae							
<i>Strigamia acuminata</i> (Leach, 1815)	ground hunter	forest	endogeic	14	8	11	3

Tab. 2: Summary of fitted Generalized Additive Models for species with activity-density greater than 20, their numerical response to coverage variables.

	bare ground			herbal layer			plant species			nests		
	R2	F	p	R2	F	p	R2	F	p	R2	F	p
<i>A. labyrinthica</i>	39.1	17.4	<0.01	38.3	16.7	<0.01	24.2	5.2	<0.01	21.3	4.1	<0.05
<i>C. serratus</i>	7.4	1.4	n.s.	17.9	2.9	<0.10	10.7	1.6	n.s.	22.1	7.3	<0.01
<i>C. sylvaticus</i>	4.8	1.1	n.s.	5.1	1.2	n.s.	6.9	1.7	n.s.	1.0	0.2	n.s.
<i>C. brevis</i>	8.6	2.6	<0.10	3.8	0.9	n.s.	14.4	4.7	<0.05	10.7	3.0	<0.10
<i>D. tibiale</i>	14.2	3.3	0.042	12.1	3.1	<0.10	8.9	1.9	n.s.	23.2	5.5	<0.01
<i>D. concolor</i>	10.6	5.7	<0.01	16.8	10.0	<0.01	15.6	8.9	<0.01	13.4	7.3	<0.01
<i>O. praticola</i>	5.2	1.8	n.s.	4.7	1.6	n.s.	5.2	1.8	n.s.	1.4	0.4	n.s.
<i>O. trux</i>	28.3	10.2	<0.01	22.5	7.7	<0.01	19.9	6.0	<0.01	20.4	6.1	<0.01
<i>P. degeeri</i>	19.4	6.0	<0.01	17.4	4.6	<0.05	9.7	2.0	n.s.	19.6	6.0	<0.01
<i>P. listeri</i>	25.8	16.8	<0.01	22.7	13.8	<0.01	26.9	16.4	<0.01	20.0	11.5	<0.01
<i>P. agrestis</i>	22.0	5.9	<0.01	21.2	5.5	<0.01	29.6	9.6	<0.01	33.8	14.6	<0.01
<i>P. lugubris</i>	33.0	17.6	<0.01	25.9	11.5	<0.01	26.5	12.4	<0.01	24.8	11.1	<0.01
<i>P. prativaga</i>	1.3	0.3	n.s.	3.1	0.7	n.s.	8.5	2.3	n.s.	12.8	3.0	<0.10
<i>P. saltans</i>	10.7	3.4	<0.05	11.2	3.4	<0.05	20.1	9.7	<0.01	12.0	4.0	<0.05
<i>Pardosa sp.</i>	12.0	2.7	<0.10	11.5	2.5	<0.10	22.6	7.6	<0.01	18.9	5.7	<0.01
<i>T. flavipes</i>	13.9	5.1	<0.01	11.0	3.8	<0.05	10.9	3.6	<0.05	10.6	3.9	<0.05
<i>T. terricola</i>	15.2	7.9	<0.01	11.9	5.8	<0.01	11.2	5.0	<0.01	10.7	5.0	<0.01
<i>Trochosa sp.</i>	3.2	1.5	n.s.	2.3	1.0	n.s.	7.0	3.4	<0.05	4.7	2.2	n.s.
<i>Z. subteraneus</i>	26.9	15.9	<0.01	31.4	21.2	<0.01	35.6	28.4	<0.01	42.3	36.1	<0.01
<i>Zelotes sp.</i>	17.4	4.6	<0.05	22.2	6.8	<0.01	23.3	7.9	<0.01	20.9	5.8	<0.01
<i>L. rotundum</i>	29.4	12.0	<0.01	31.4	13.9	<0.01	11.5	2.3	n.s.	11.3	2.3	n.s.
<i>O. tridens</i>	5.1	1.1	n.s.	20.9	5.4	<0.01	18.8	3.8	<0.05	13.3	3.3	<0.05
<i>M. morio</i>	4.0	0.7	n.s.	3.8	0.7	n.s.	2.3	0.4	n.s.	9.8	2.0	n.s.
<i>N. lugubre</i>	21.6	11.2	<0.01	20.6	11.0	<0.01	18.8	9.9	<0.01	23.1	13.1	<0.01
<i>P. opilio</i>	3.3	1.2	n.s.	3.9	1.4	n.s.	5.5	2.1	n.s.	3.0	1.0	n.s.
<i>L. forficatus</i>	29.1	23.2	<0.01	29.4	23.8	<0.01	24.3	18.8	<0.01	31.3	26.2	<0.01
<i>L. erythrocephalus</i>	11.1	6.8	<0.01	17.1	11.6	<0.01	25.7	20.7	<0.01	24.8	20.0	<0.01
<i>L. microps</i>	14.7	6.9	<0.01	16.6	7.9	<0.01	32.1	18.1	<0.01	34.4	21.8	<0.01
<i>L. curtipes</i>	6.7	2.9	<0.10	5.6	2.4	<0.10	1.7	0.7	n.s.	5.9	2.6	<0.10
<i>S. acuminata</i>	4.0	2.0	n.s.	1.9	0.9	n.s.	5.5	2.9	<0.10	5.1	2.6	<0.10

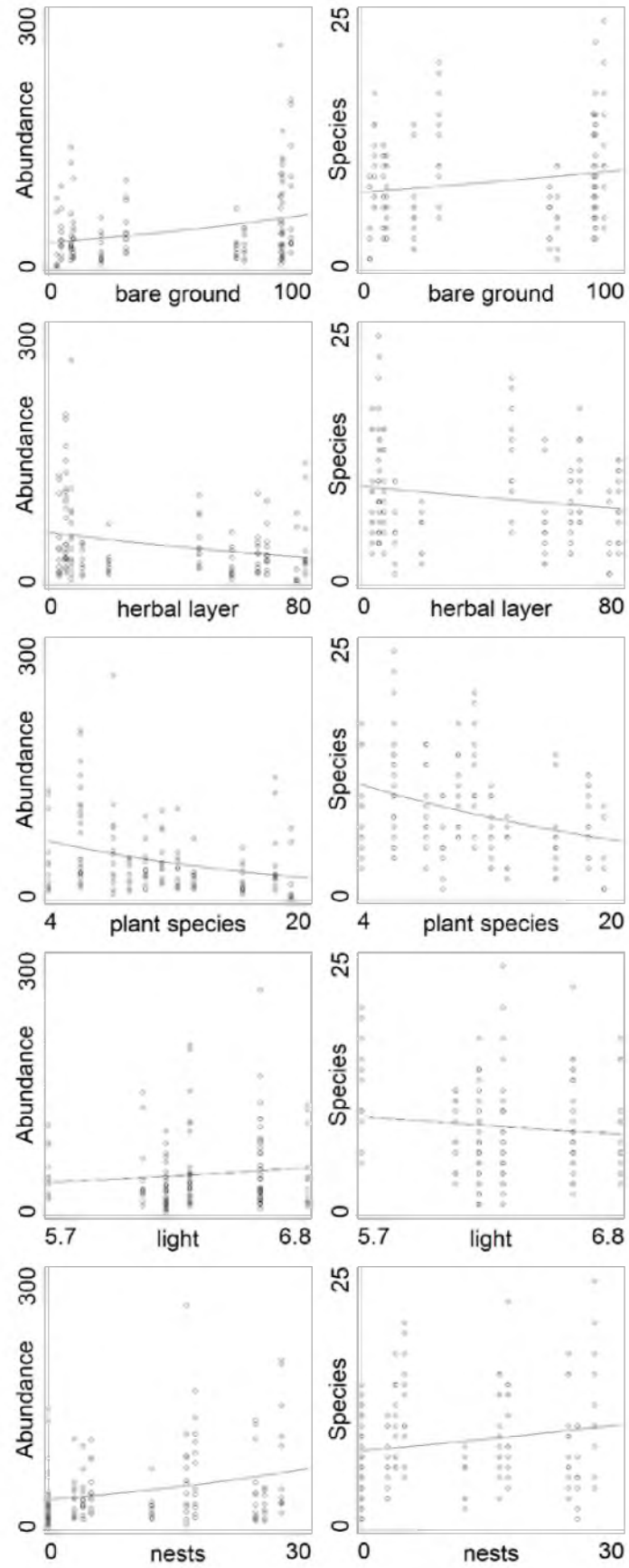


Fig. 1: Significant factors and their effect to abundance and number of species (GLM).

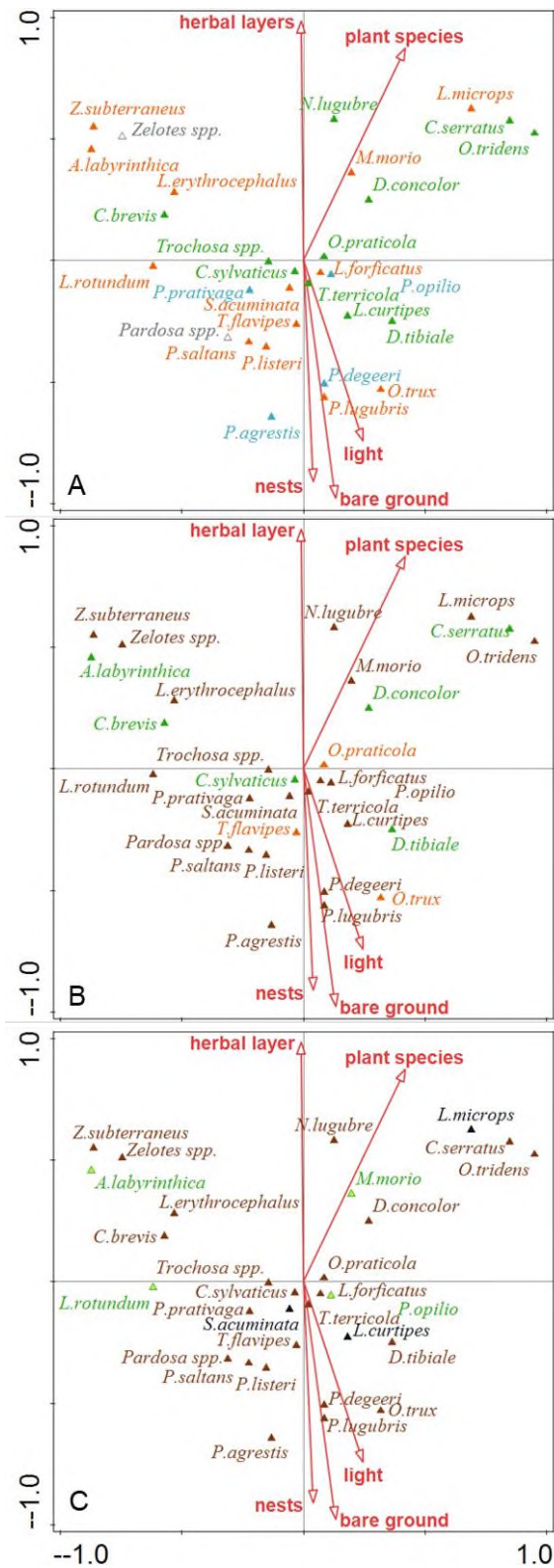


Fig. 2: CCA biplots of predatory arthropod distribution in cormorant colony with significant factors predicting their activity-density: A) guilds according to habitat preference (green – forest species, orange – eurytopic species, blue – non forest species); B) guilds according to hunter strategies guilds (green – sheet web hunters, orange – ambush hunters, brown – ground hunters); C) preferred stratum guilds (brown – epigeic species, green – herb species, black – endogeic species).

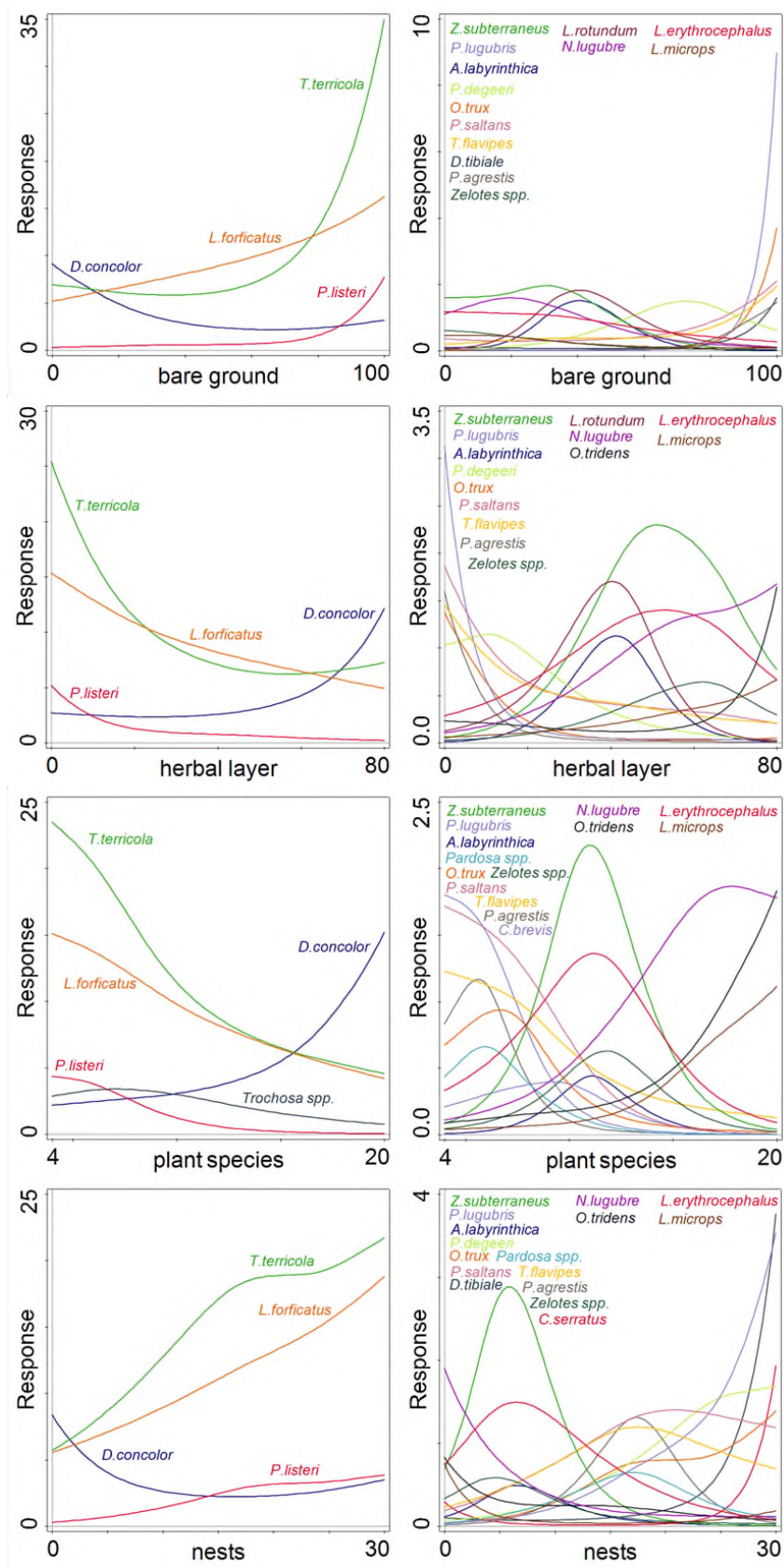


Fig. 3: Effect of significant factors to activity-density of species with significant response (see tab. 2): left column – dominant species (>50 specimens), right column – subdominant species (20–50 specimens).

Potvrzení korespondujícího autora o procentuálních podílech na publikacích v disertační práci:

Machač O. & Tuf I. H. 2021: Ornithologists help to spiders: factors influencing spider overwintering in bird nesting boxes. *Insects* (accepted) (IF=2,220, **podíl autora 75 %**)

Ondřej Machač se podílel na sběru dat v terénu, determinoval materiál, podílel se na analýze dat a sepsal první verzi rukopisu. Jako korespondenční autor komunikoval s redakcí.

Machač O., Ivinskis P., Rimšaite J., Horňák O. & Tuf I. H.: How vegetation changes in cormorant colony influence assemblages of arthropod predators? *Forests* (IF= 2.221, **podíl autora 40 %**)

Ondřej Machač determinoval materiál pavouků a sekáčů, podílel se na analýze dat a sepsal první verzi rukopisu. Jako korespondenční autor komunikoval s redakcí a zpracovával připomínky.

Machač O. & Tuf I. H. 2016: Spiders and harvestmen on tree trunks obtained by three sampling methods. *Arachnologische Mitteilungen* 51: 67–72. (**podíl autora 75 %**)

Ondřej Machač se podílel na sběru dat v terénu, zpracování dat a sepsal první verzi rukopisu. Jako korespondenční autor komunikoval s redakcí a zpracovával připomínky.


Machač O., Christophoryová J., Krajčovičová K., Budka J. & Schlaghamerský J. 2018: Spiders and pseudoscorpions (Arachnida: Araneae, Pseudoscorpiones) in old oaks of Central European floodplains. *Arachnologische Mitteilungen* 56: 24–31. (**podíl autora 40 %**)

Ondřej Machač se podílel na zpracování dat pavouků, sepsal první verzi rukopisu a jako korespondenční autor komunikoval s redakcí a zpracovával připomínky.

Korespondenčním autorem všech předložených článků zařazených v disertační práci je žadatel Ondřej Machač.



.....
Mgr. Ondřej Machač

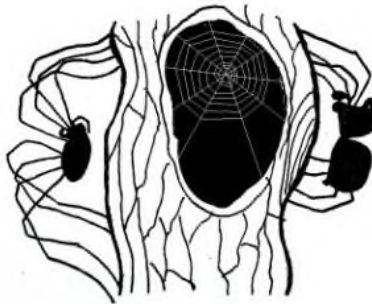


.....
doc. RNDr. Mgr. Ivan Hadrián Tuf, Ph.D., školitel

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



Ekologie pavouků a sekáčů na specifických biotopech v lesích



Ondřej Machač

Autoreferát doktorské disertační práce
Olomouc 2021

Doktorský studijní program:
P1606 Ekologie a ochrana prostředí
Studijní obor: Ekologie

Uchazeč: **Mgr. Ondřej Machač**
Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v
Olomouci
Katedra ekologie a životního prostředí

Školitel: **doc. RNDr. & Mgr. Ivan Hadrián Tuf, Ph.D.**
Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v
Olomouci
Katedra ekologie a životního prostředí

Oponenti: **doc. Mgr. Stanislav Korenko, Ph.D.**
Česká zemědělská univerzita
Katedra agroekologie a rostlinné produkce

doc. RNDr. Petr Kočárek, Ph.D.
Ostravská univerzita
Katedra biologie a ekologie

Obhajoba disertační práce se koná dnev.....hodin v
učebně.....na Katedře ekologie a životního prostředí PřF
Univerzity Palackého v Olomouci, Šlechtitelů 27, Olomouc.

S disertační prací je možné se seznámit na Studijním oddělení
Děkanátu PřF Univerzity Palackého v Olomouci, tř. 17. listopadu 12,
Olomouc.

ABSTRAKT

Pavoukovci jsou ekologicky různorodou skupinou, obývají téměř všechny biotopy a často jsou specializovaní na specifický biotop nebo mikrobiotop. Mezi specifické biotopy patří také kmeny a dutiny stromů, ptačí budky a biotopy ovlivněné hnízděním kormoránů. Ve své dizertační práci jsem se zabýval ekologií společenstev pavouků a sekáčů na těchto specifických biotopech.

V první studii jsme se zabývali společenstvy pavouků a sekáčů na kmenech stromů na dvou odlišných biotopech, v lužním lese a v městské zeleni. Zabývali jsme se také jednotlivými společenstvy na kmenech různých druhů stromů a srovnáním tří jednoduchých sběrných metod – upravené padací pasti, lepového a kartonového pásu.

Ve druhé studii jsme se zabývali arachnofaunou dutin starých dubů za pomoci dvou sběrných metod (padací past v dutině a nárazová past u otvoru dutiny) na stromech v lužním lese a solitérních stromech na loukách a také srovnáním společenstev v dutinách na živých a odumřelých stromech.

Ve třetí studii jsme se zabývali společenstvem pavouků zimujících v ptačích budkách v nížinném lužním lese a vlivem vybraných faktorů prostředí na jejich početnosti. Zabývali jsme se také znovuosídlováním ptačích budek pavouky v průběhu zimy v závislosti na teplotě a vlivem hnízdního materiálu v budce na početnosti a druhové spektrum pavouků.

Ve čtvrté studii jsme se zabývali společenstvy bezobratlých predátorů – pavouků, sekáčů a stonožek na čtyřech různě ovlivněných plochách v kormorání kolonii a vlivem změn vegetace na jejich početnosti, druhové spektrum a funkční skupiny.

Tato dizertační práce představuje nové ekologické poznatky o arachnofauně dosud málo studovaných biotopů a mikrobiotopů.

Klíčová slova: pavouci, sekáči, společenstva, dutiny stromů, kmeny stromů, ptačí budky, kormorání kolonie, Araneae, Opiliones

ABSTRACT

Arachnids are most numerous terrestrial predators with huge ecological diversity, inhabit almost all habitats, many species are specialized to specific habitat or even a microhabitat. Specific microhabitats include also tree trunks, tree cavities or habitats affected by nesting cormorants.

In the first part, we studied assemblages of spiders and harvestmen on tree trunks in two different habitats - floodplain forest and trees in the urban habitats and compare three sampling methods - modified pitfall traps, stick and cardboard tapes. We study differences of assemblages on different tree species.

In the second part, we studied spiders and pseudoscorpions assemblages in the tree hollows in old oaks by used two methods (pitfall trap into the tree hollow and window trap near the hollow entrance) with comparison of trees in the forest and solitaires on the meadows and between live and dead trees.

In the third study, we studied assemblages of overwintering spiders in nesting boxes in the lowland floodplain forest and the influence of selected environmental factors on their abundances. We also studied how temperature influenced re-settlement of spiders in nesting boxes during the winter and spider assemblages in the nest material in nesting boxes. In the fourth part, we studied assemblages of invertebrate predators - spiders, harvestmen and centipedes in four differently affected plots in the cormorant colony and studied the effect of vegetation changes and nest density on their abundance and species diversity.

Overall, the thesis shows new ecological knowledge about assemblages of arachnids in rare studied specific microhabitats and habitats.

Key words: spiders, harvestmen, assemblages, tree hollows, tree trunks, cormorant colony, Araneae, Opiliones

OBSAH

ÚVOD	3
Biodiverzita a ekologie pavouků a sekáčů	3
Pavouci v dutinách stromů	4
Pavouci a sekáči v lesích ovlivněných hnízdícími kormorány ..	5
Cíle této práce.....	6
CHARAKTERISTIKA DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ	6
Pavouci a sekáči na kmenech stromů ve městě a v lese	6
Pavouci a štírci v dutinách starých dubů	7
Pavouci zimující v ptačích budkách	8
Pavouci a sekáči v lesích ovlivněných hnízdícími kormorány	10
ZÁVĚR.....	12
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	13
SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA.....	20

ÚVOD

Biodiverzita a ekologie pavouků a sekáčů

Pavoukovci (Arachnida) jsou po hmyzu (Insecta) druhově nejpočetnější třídou členovců. Pavouků (Araneae) je na světě známo aktuálně téměř 50 000 druhů (WSC 2021). Z České republiky je doložen výskyt 881 druhů pavouků (ČAS 2021) a každým rokem počet druhů roste (ŘEZÁČ et al. 2021). Sekáči (Opiliones) jsou ve srovnání s pavouky druhově výrazně méně početnou skupinou pavoukovců, celosvětově je známo okolo 7000 druhů (KURY et al. 2021), v ČR bylo zaznamenáno pouhých 37 druhů (ČAS 2021). Oba tyto řády mají ve většině ekosystémů velký význam, protože jako početní predátoři s různými strategiemi lovu (CARDOSO et al. 2015) a zároveň jako kořist mnoha jiných živočichů, hrají významnou roli v potravních řetězcích (PINTO DA ROCHA et al. 2007, WISE et al. 1993).

Pavouci jsou ekologicky i funkčně různorodou skupinou predátorů. Většina druhů pavouků má schopnost poměrně rychle se šířit, zejména za pomoci pasivního transportu na pavučinových vláknech vzdušnými proudy, tzv. ballooningem (GREENSTONE et al. 1985). Pavouci jsou schopni rychle osídlit téměř jakýkoliv biotop a patří mezi první živočichy na biotopech v primárních stádiích sukcese (DUFFY 1978, HÁGVAR et al. 2020). Ekologická nika pavoukovců je ovlivněna zejména okolními mikroklimatickými podmínkami a strukturou vegetace a povrchu (ENTLING et al. 2007). Pavouci však obývají i biotopy bez vegetace a dokonce osídlili i sladkovodní prostředí. Některé druhy jsou ekologicky vyhraněné a specializují se na určitý biotop nebo dokonce mikrobiotop, např. podzemní mikroprostory (LOPÉZ & OROMÍ 2010). Pavouci obývají všechny stratigrafické úrovně ekosystému a jsou druhy specializované na život v podzemních prostorech, ať už to jsou jeskyně (RŮŽIČKA et al. 2013) nebo prostory v půdě (RŮŽIČKA et al. 2015). Mnoho druhů pavouků žije epigeicky, ale také na vegetaci, v mechovém patře (BOŽANIČ et al. 2014), na vyšších bylinách (VASCONCELLOS-NETO et al. 2017), keřích a velká skupina pavouků žije na stromech (SZINETÁR & HORVÁTH 2005). Podobně jako pavouci jsou i sekáči často specializovaní na různé biotopy, ale jejich nízká schopnost se šířit jim nedovoluje tak úspěšně osídlovat všechny typy biotopů.

Pavoukovci na kmenech stromů jsou studováni poměrně zřídka a ze střední Evropy existuje jen několik prací, které se společenstvy pavouků nebo sekáčů na kmenech zabývají. Většinou jde o součást studií zabývajících se komplexní arachnofaunou lesů (např. BLICK 2011), případně v sadech, kde jsou studováni pavouci na kmenech jako součást ochrany proti škůdcům (např. BOGYA et al. 1999, PEKÁR 1999). Některé studie se zabývají také přezimováním pavouků na kmenech stromů (např. SPITZER et al. 2010) nebo vertikální distribucí společenstva pavoukovců na kmenech (SIMON 1994, MACHAČ 2014).

Známe různé metody k získání materiálu pavouků a sekáčů z kmenů stojících stromů. Jednou z nejpoužívanějších, ale také technicky nejsložitějších metod je kmenový eklektor (BLICK & GOSSNER 2006), který zachytí široké spektrum druhů pohybujících se po kmenech (BLICK 2011). Někdy se používá eklektor i na silnějších větvích (KOPONEN 2004, BAR-NESS 2012). Použit se dá také nárazová past určená primárně ke sběru létajícího hmyzu (MACHAČ et al. 2018), ale i jiné jednodušší metody (MACHAČ & TUF 2016).

Pavouci v dutinách stromů

Dalším specifickým biotopem pro pavouky jsou dutiny stromů, které hostí řadu arborikolních i specializovaných druhů. Dutina stromu představuje mikroklimaticky specifický biotop s množstvím úkrytů i kořisti (NIKOLAI 1986). Některé druhy pavouků žijí v dutinách stromů po celý rok a využívají je jako úkryt a loví v nich kořist, některé druhy v dutinách pouze zimují nebo je jen příležitostně využívají (RŮŽIČKA et al. 1991).

Pavoukovci (s výjimkou roztočů) jsou v dutinách stromů studováni jen velmi zřídka, na rozdíl třeba od saproxylického hmyzu, zvláště brouků (např. ØKLAND 1995, RANIUS & JANSSON 2002). Z pavoukovců bývají daleko častěji v dutinách studováni štírci (např. RANIUS 2002, CHRISTOPHORYOVÁ et al. 2017), kteří jsou společně s roztoči typickými pavoukovci dutin stromů. Co se však týká pavouků či sekáčů, z Evropy existuje jen několik prací zabývajících se jejich výskytem v dutinách stromů (DE MURGUÍA et al. 2007, NIŤU et al. 2009). V Česku se pavouky v dutinách starých stromů na Třeboňsku zabýval pouze RŮŽIČKA & kol. (1991).

Materiál pavouků z dutin stromů lze získat různými metodami,

nejjednodušší je prosev substrátu dutiny, v případě větších dutin také pomocí padací pasti na dně dutiny (RANIUS & JANSSON 2002), případně také individuálním sběrem. Je také možné do vstupního otvoru instalovat nárazovou past, která zachytí s větší efektivitou také druhy dutiny osidlující či navštěvující (MACHAČ et al. 2018).

Specifickým umělým mikrobiotopem jsou ptačí hnízdní budky, které nahrazují přirozené dutiny stromů. Ptačí budky poskytují vhodný úkryt a také množství potravy. Pavouci obývají ptačí budky celoročně, v hnízdním období jsou však pod tlakem ptačích predátorů, kteří se v budkách zdržují (ČERNECKÁ et al. 2017). Nejvíce se pavouci do budek stahují koncem podzimu, kdy v nich hledají úkryt pro přezimování (ČERNECKÁ et al. 2017, MACHAČ & TUF 2021). Většina druhů v budkách zimuje v neaktivním stavu v pavučinových zámočcích nebo volně v hnízdním materiálu a na stěnách budky. Některé druhy však využívají budky jako denní úkryt a v noci loví kořist v okolí. Pavouci v ptačích budkách byli dosud studováni jen velmi sporadicky a existuje celosvětově pouze několik studií (NORDBERG et al. 1936, MC COMB & NOBLE 1982, GAJDOŠ et al. 1991, ČERNECKÁ et al. 2017), tito autoři studovali pavouky v budkách během hnízdní sezóny, případně je sbírali z hnízd v budkách hnízdících ptáků. Teprve recentně byla publikována první práce o využívání ptačích budek pavouky pro přezimování (MACHAČ & TUF 2021).

Pavouci a sekáči v lesích ovlivněných hnízdicími kormorány

Společensky hnízdící ptáci, jako jsou kormoráni, mají výrazný vliv na biotopy v okolí svých hnízdních kolonií (KLIMASZYK & RZYMSKI 2016). Kormoráni vytvářejí početné, někdy až několikatisícové hnízdní kolonie na stromech v blízkosti jezer, řek nebo na mořském pobřeží (EERDEN et al. 2012). Hnízdicí kormoráni ovlivňují okolní vegetaci mechanicky, ale také chemicky, produkcí velkého množství trusu, který extrémně zvyšuje množství živin a kyselost v půdě (BOUTIN et al. 2001). Tyto změny se odrážejí na struktuře vegetace, která se v různých ovlivněných plochách v kolonii mozaikovitě mění od holých ploch bez vegetace s uhynulými stromy v místech s největší hustotou hnízd, až po hustě zarostlé plochy v opuštěných částech kolonie (MATULEVIČIŪTĖ et al. 2018).

Množství zbytků ryb, uhynulých mláďat a trusu láká množství koprofágů, nekrofágů a jejich predátorů (GOC et al. 2005, YAHIRO et al. 2013). Některé skupiny bezobratlých, zvláště saprofágní druhy a predátoři, na těchto biotopech profitují, jiné, jako např. herbivorní druhy, naopak téměř chybí (KOLB et al. 2012). Dá se předpokládat, že tato místa budou atraktivní pro řadu bezobratlých predátorů. Některé studie však ukazují sníženou abundanci zvláště síťových, ale překvapivě i na zemi aktivně lovicích druhů pavouků v hustých kormoraních koloniích v porovnání s opuštěnými nebo neovlivněnými biotopy v okolí (např. KOLB et al. 2012). Studií zabývajících se společenstvy pavouků a sekáčů v kormoraních koloniích je však velmi málo (KOLB et al. 2012, MACHAČ et al. 2021).

Cíle této práce

Cílem této práce je souhrn známým, ale zejména nově zjištěných poznatků o ekologii společenstev pavouků a sekáčů na čtyřech dosud málo studovaných specifických biotopech v lesních ekosystémech a to na kmenech stromů, v dutinách stromů, v ptačích budkách a v kormoraní kolonii. Cílem bylo shrnout složení a popsat vliv vybraných faktorů ovlivňujících početnosti a složení společenstva pavouků a sekáčů obývajících tyto specifické biotopy.

CHARAKTERISTIKA DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ

Pavouci a sekáči na kmenech stromů ve městě a v lese

V první studii jsme se zabývali porovnáním tří metod odchyty pavouků a sekáčů na kmenech na dvou odlišných biotopech, v městské zeleni a v lužním lese u města Přerov (MACHAČ & TUF 2016). V této studii jsme srovnávali abundanci a druhové spektrum jak s ohledem na použitou metodu, tak i s ohledem na druh stromu. Ve studii byly srovnávány metody kartonových pásů (HORVÁTH & SZINETÁR 1998), lepopových pásů a upravené padací pasti (PINZON & SPENCE 2008).

Celkem bylo všemi studovanými metodami na obou biotopech

získáno 56 druhů pavouků a 6 druhů sekáčů. Více jedinců obou skupin bylo získáno v lužním lese, než na stromech v městské zeleni. Počet druhů pavouků byl na obou biotopech stejný, ale lišilo se jejich spektrum. Více druhů sekáčů bylo zjištěno v lese než na stromech v městské zeleni. Na kmenech v městské zeleni byly zjištěny také druhy, u nás žijící zejména synantropně, a naopak zde chyběly některé druhy typické na stromech v lesích (BLICK 2011). Většina získaných druhů pavouků patřila mezi arborikolní druhy (SZINETÁR & HORVÁTH 2005).

Ze studovaných stromů bylo nejvíce druhů i jedinců pavouků i sekáčů získáno z dubu, statistický rozdíl se však mezi jednotlivými druhy stromů neprokázal. Ze srovnávaných metod se ukázala jako nejúčinnější metoda upravené padací pasti, naopak metoda lepových pásů se ke sběru pavoukoveců neosvědčila, bylo z ní získáno nejméně jedinců i druhů a sekáčům často na lepu zůstávaly jen jejich končetiny. Dobře použitelná je také metoda kartonových pásů, která hostí nejvíce druhů v podzimních měsících, kdy zde hledají úkryt druhy zimující pod kůrou stromů. V letním období se pod kartonovými pásy vyskytovaly početně samice s kokony.

Společenstva pavouků a sekáčů na kmenech se na různých biotopech můžou lišit. I za pomoci jednoduchých metod lze získat bohatý materiál pavouků a sekáčů z kmenů stromů, zvláště pak metodou upravené padací pasti a z kartonových pásů.

Pavouci a štírci v dutinách starých dubů

Ve druhé studii jsme se zabývali dutinovou arachnofaunou na starých dubech na Pohansku u Břeclavi (MACHAČ et al. 2018). Společenstvo pavouků a štírků bylo z dutin dubů získáno metodou upravené zemní pasti instalované ve 22 dutinách a nárazovou pastí umístěnou u otvoru každé dutiny na soliterních stromech na loukách i zastíněných stromech v lesním porostu. Zabývali jsme se také tím, zda se budou lišit druhy a jejich abundance v živých a odumřelých stojících stromech.

Celkem bylo získáno 41 druhů pavouků a šest druhů štírků, 20 druhů přímo z dutin stromů. V dutinách byla druhově nejpočetnější čeleď Linyphiidae a z loveckých strategií pavouků (CARDOSO et al. 2015) byly zastoupeny zejména druhy tvořící si horizontální plachetkovité sítě. V

dutinách a zejména na osluněných dubech bylo zjištěno i několik vzácných a ohrožených druhů pavouků a štírků (ŘEZÁČ et al. 2015, ŠTÁHLAVSKÝ 2017), tyto druhy dokládají důležitost přítomnosti dutin a starých stromů v přírodě. Průkazně se počty zjištěných jedinců pavouků a štírků v zapojeném lese a na solitérních dubech nelišily, stejně tak nebyl statisticky významný rozdíl v abundancích mezi živými a mrtvými stromy. Druhové spektrum se však na obou biotopech lišilo, 20 druhů bylo zjištěno jen na stromech v lese, pouze na osluněných solitérních stromech bylo zjištěno sedm druhů. Druhové spektrum se také lišilo na živých a mrtvých stromech, dutiny v mrtvých stromech obývalo pouze sedm druhů, na rozdíl od 13 druhů nalezených v dutinách živých stromů, přestože je známá preference některých druhů pavouků k odumřelým stromům (PAVIOUR-SMITH & ELBOURN 1978).

Celkově lze společenstvo druhů obývajících dutiny starých stromů charakterizovat jako druhově poměrně chudé, zastoupené zejména arborikolními druhy, ale byly v nich nalezeny také druhy spíše epigeické, obývajících stromy pravděpodobně jen příležitostně (NENTWIG et al. 2021, SZINETÁR & HORVÁTH 2015). Dutiny starých stromů patří mezi ohrožené mikrobioty, kterých v krajině spolu se starými stromy ubývá. Hostí řadu ohrožených druhů nejen saproxylického hmyzu, ale i pavoukocvů.

Pavouci zimující v ptačích budkách

Společenstvo pavouků zimujících v ptačích budkách a vliv vybraných faktorů prostředí ovlivňujících jejich početnosti, jsme studovali v lužním lese v PR Království u obce Grygov na střední Moravě (MACHAČ & TUF 2021). V první části studie jsme v 50 ptačích budkách sbírali tři sezóny vždy na začátku zimy (listopad-prosinec) všechny pavouky a studovali vliv druhů stromů na abundance a druhové spektrum pavouků. Také jsme studovali vliv uzavřeného vstupního otvoru do budky na množství v nich zimujících pavouků. V druhé části studie jsme sledovali vliv teploty na rekolonizaci prázdných budek pavouky během zimy. Pavouky jsme v budkách sbírali opakovaně a přitom jsme sledovali teplotní podmínky vně a uvnitř budek. V třetí části studie jsme se zaměřili na vliv přítomnosti hnízdního materiálu na abundanci pavouků v budkách. Nasbírali jsme materiál pavouků celkově ze 126 ptačích budek

a extrahovali hnízdní materiál z 39 obsazených budek.

Celkem jsme získali 3511 pavouků, náležejících do 16 druhů z 11 čeledí. Téměř všechny tyto druhy patřily mezi arborikolní pavouky, žijící během vegetační sezony na stromech; šlo převážně o druhy obývající kmeny stromů, v menší míře také druhy žijící na listech a větvích dřevin (SZINETÁR & HORVÁTH 2015). Dominantní druhy v ptačích budkách byly zápredník *Clubiona pallidula* (Clerck, 1757) (47 %), šplhalka *Anyphaena accentuata* (Walckenaer, 1802) (24 %), ve větších početnostech také snovačky *Steatoda bipunctata* (Linnaeus, 1758) (13 %) a *Platnickina tinctoria* (Walckenaer, 1802) (5 %). Druhy z červeného seznamu v budkách zjištěny nebyly.

Alespoň jeden jedinec pavouka byl získán z 92 % studovaných budek, což je vysoký podíl obsazených budek v porovnání se studií ze Severní Ameriky (MC COMB & NOBLE 1982), kde zjistili přítomnost pavouků jen v 7 % budek. Z gild loveckých strategií pavouků byly nejpočetněji zastoupeny druhy, které si nestaví síť a kořist aktivně loví. Poměrně překvapivé bylo malé zastoupení druhů stavějící plachetkovité horizontální síť, tato skupina druhů byla např. nejpočetnější v přirozených dutinách starých dubů na Pohansku (MACHAČ et al. 2018).

Druh stromu neměl průkazný vliv na abundance a druhové složení pavouků v budkách, tento výsledek jsme však předpokládali, což je zřejmě dáno zastoupením studovaných stromů s podobnou strukturou borky. Na jednotlivých druzích stromů se však společenstva pavouků mohou lišit, rozdíly jsou však patrné zejména mezi stromy lišící se výrazně strukturou borky (SAMU et al. 2014) nebo mezi jehličnatými a listnatými stromy (KORENKO et al. 2011). Budky s uzavřeným vchodem hostily průkazně méně jedinců pavouků než budky otevřené. Pavouci sice zřejmě využívají vstupní otvor k osídlení budky, ale byli zaznamenáni ve větších počtech i v celoročně zašpuntovaných budkách a zvláště menší a ploché druhy mohou budku osidlovat i škvírami pod střechou nebo ve spojích budky.

Teplota uvnitř budky a venku se průkazně nelišila. Průkazný vliv teploty na osídlování budek pavouky byl prokázán u sedmi v zimě aktivujících druhů. Během zimy kolonizovala budky v hojnějším počtu i při teplotách kolem bodu mrazu šplhalka *A. accentuata*, která je známá jako druh, který aktivně loví i v zimě (KOOMEN 1999, KORENKO et al. 2010), její abundance v budkách stoupaly se vzrůstající venkovní teplotou. Ostatní druhy osidlovaly budky v zimním období jen

sporadicky. Například nejpočetnější druh v budkách, záředník *C. pallidula*, zimuje v pavučinových zámotcích na stěnách budky nebo v hnízdním materiálu a během zimy obvykle není aktivní.

Tepelnou extrakcí hnízdního materiálu z 39 budek v Tullgenových aparátech bylo získáno deset druhů pavouků, z nichž byly nejpočetnější záředníci *Clubiona brevipes* Blackwall, 1841 (37 %), *C. pallidula* (35 %) a mladí jedinci snovačky *P. tincta* (20 %). Tyto druhy jsou známými obyvateli ptačích i savčích hnízd (např. GAJDOŠ et al. 1991). Přítomnost hnízda měla průkazný pozitivní vliv na vyšší abundanci pavouků. Většina zjištěných druhů byla početnější v budkách s hnízdním materiálem, zvláště pak druhy, které jsou přes zimu neaktivní a kořist obvykle neloví, pouze šplhalka *A. accentuata* a snovačka *S. bipunctata* byly početnější v budkách bez hnízda. V budkách s hnízdním materiálem je v porovnání s volnými hnízdy (GAJDOŠ et al. 1991) nebo s hnízdy v norách hnízdících ptáků (HENENBERG et al. 2017) větší množství jedinců i druhů pavouků. V budkách, kde nocovali ptáci, nebyli zjištěni téměř žádní pavouci.

Ptačí budky jsou náhradním hnízdním biotopem pro ptáky, ale během zimy nabízejí úkryt pro rozmanité spektrum pavouků žijících na stromech. Našli jsme v budkách asi polovinu druhů pavouků, které jsou známé životem na stromech v lesích tohoto typu v regionu (MACHAČ & TUF 2016), a téměř všechny naše druhy, o nichž je známo, že na stromech přezimují. Ornitologové zavěšováním budek na stromech podporují nejen v dutinách hnízdící ptáky a drobné savce, ale také přezimující pavouky, kteří jsou důležitými regulátory „škůdců“ v lesích.

Pavouci a sekáči v lesích ovlivněných hnízdícími kormorány

Ve čtvrté studii jsme studovali vliv změn vegetace na společenstva vybraných skupin bezobratlých predátorů, jako jsou pavouci, sekáči a stonožky v kolonii kormorána velkého. Hnízdní kolonie se nacházela v borovém lese na pobřeží Baltského moře v NP Kurská kosa v Litvě (MACHAČ & al. 2021). V hustě osídlené kormorání kolonii, která patří mezi největší na pobřeží Baltu a v době studie čítala okolo 6000 hnízdících kormoránů (MATULEVIČIŪTĚ & al. 2018), jsme tři roky na čtyřech různě ovlivněných plochách studovali početnosti a druhové složení vybraných epigeických skupin bezobratlých predátorů.

Materiál byl získán za pomoci zemních pastí. Na všech plochách

byl proveden fytoocenologický snímek a podle rostlinného spektra vypočítány Ellenbergovy indikační hodnoty pro společenstva rostlin na daných plochách (ELLENBERG et al. 2001). Zkoumali jsme vliv faktorů vegetace za pomoci Ellenbergova indexu pro světlo, živiny a vlhkost, dále přítomnost ploch bez vegetace a pokryvnost vegetace na společenstva epigeických predátorů.

Celkem bylo získáno 4299 jedinců pavouků náležejících 102 druhům, 451 jedinců sekáčů z devíti druhů a 1501 jedinců stonožek ze sedmi druhů. Nejpočetnějšími pavouky na všech čtyřech plochách byli slíďák *Trochosa tericola* Thorell, 1856 (39 %), plachetnatka *Diplostyla concolor* (Wider, 1834) (14 %) a pačelistnatka *Pachygnatha listeri* Sundevall, 1830 (5 %). Mezi sekáči dominovali sekáč *Phalangium opilio* Linnaeus, 1761 (40 %) a žlaznatka *Nemastoma lugubre* (Müller, 1776) (23 %). Celkově pouze třetina druhů pavouků patřila mezi typické lesní druhy (BUCHAR & RŮŽIČKA 2002), třetina mezi druhy nelesních biotopů a třetinu představovaly druhy bez vyhraněného biotopového nároku.

Jednotlivé skupiny studovaných členovců se v počtostech na různě ovlivněných plochách lišily. Pavouků bylo nejvíce zjištěno ve středně ovlivněné části kolonie, nejméně pak v opuštěné části kolonii, naproti tomu sekáčů a stonožek bylo nejvíce v nejhustší části kolonie a nejméně v začínající, resp. končící části kolonie. Počet druhů se mezi různě ovlivněnými plochami výrazně nelišil, lišilo se však jejich druhové spektrum a poměrné zastoupení jednotlivých druhů. Průkazný vliv na abundance měl ze studovaných faktorů Ellenbergův index pro světlo, přítomnost ploch bez vegetace, hustota hnízd a pokryvnost bylin a mechového patra. Pokryvnost stromů ani keřů signifikantní vliv neměla. Mezi funkčními skupinami se vliv ukázal pouze u aktivně lovcích pavouků, preferující plochy bez vegetace s vyšší densitou hnízd, což potvrzuje. Konkrétně byli početnější slíďáci *T. tericola* a rodu *Pardosa*, zatímco výskyt plachetnatky *D. concolor*, jako zástupce druhů lovcí za pomoci sítí, měl opačný trend. Kormoráni sice výrazně ovlivňují lesní ekosystémy, ale zároveň vytvářejí pestrou mozaiku různorodé vegetace, z které mohou skupiny epigeických predátorů, jako jsou pavouci a sekáči, profitovat.

ZÁVĚR

Specifické biotopy hostí řadu pavouků a sekáčů, ať už to jsou druhy z okolí, které tyto biotopy obývají jen příležitostně, nebo druhy na ně specializované. Na těchto specifických biotopech jsou v porovnání s okolím často rozdílné mikroklimatické a strukturní podmínky a tak jsou některými druhy pavouků a sekáčů vyhledávány a preferovány.

Kmeny stromů obývá rozmanité společenstvo pavouků a sekáčů. Druhové spektrum a početnosti se mohou lišit v závislosti na biotopu a druhu stromu. Nejúčinnější metodou ke sběru pavoukovců z kmenů stromů se ukázala upravená padací past, na podzim se však osvědčila také i metoda kartonových pásů.

Specifické je společenstvo pavouků obývajících dutiny stromů. Umístění stromu s dutinou může mít vliv na složení pavoučích společenstev v dutinách. Dutiny starých stromů hostí řadu ohrožených druhů, nejen saproxylického hmyzu, ale také pavouků.

Ptačí budky poskytují pavoukům vhodný mikrobiotop, zvláště na podzim a v zimním období, kdy v budkách hledají úkryt pro přezimování. Ze studovaných faktorů měla průkazný vliv na vyšší abundance pavouků v budkách přítomnost hnízda a otevřený vstup budky. Některé druhy pavouků osidlují budky i v průběhu zimy. Lidé vyvěšováním ptačích budek nepodporují pouze v nich hnízdící ptáky, ale také přezimující pavouky, kteří hrají také důležitou roli v boji proti „škůdcům“.

Specifickými biotopy jsou plochy lesa ovlivněné hnízdícími kormorány. Prokazatelný vliv na početnosti pavouků a sekáčů na těchto biotopech měla pokryvnost bylinné a mechové vegetace, Ellenbergův index pro světlo, hustota kormoráních hnízd a přítomnost ploch bez vegetace. Aktivně lovící druhy měly vyšší abundance na plochách bez vegetace a s vyšší hustotou hnízd, naopak jejich početnost klesala s vyšší pokryvností vegetace. U síťových druhů pavouků a krátkonohých druhů sekáčů byl zjištěn opačný trend.

Studie zahrnutá v této práci přináší řadu nových poznatků o ekologii společenstev pavouků a sekáčů na málo studovaných specifických biotopech.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ALBRECHT H. (1995): Stammeklektorenfänge von Spinnen (Araneae) in Laubwaldgesellschaften des ehemaligen Militärgeländes "Hohe Schrecke-Finne" (Nordthüringen). – *Veröffentlichungen des Naturkundemuseums Erfurt* 14: 67–79.
- BAEHR B., RAVEN R. & HARMS D. (2017): High tide or low tide: *Desis bobmarleyi* sp. n., a new spider from coral reefs in Australia sunshine state and its relative from Sāmoa (Araneae, Desidae). *Evolutionary Systematics* 1(1): 111–120.
- BAR-NESS Y. D., MCQUILLAN P. B., WHITMAN M., JUNKER M. R., CRACKNELL M. & BARROWS A. (2012): Sampling forest canopy arthropod biodiversity with three novel minimal-cost trap designs. *Australian Journal of Entomology* 51: 12–21.
- BEIER M. (1963): *Ordnung Pseudoscorpionidea (Afterskorpione). Bestimmungsbücher zur Bodenfauna Europas*, Lieferung 1. Akademie-Verlag, Berlin. 313 pp.
- BOUTIN C., DOBBIE T., CARPENTER D. & HEBERT C. E. (2011): Effect of Double Crested Cormorant on island vegetation, seedbank and soil chemistry: evaluating island restoration potential, *Restor. Ecol.*, 19: 720–727.
- BLICK T. & GOSSNER M. (2006): Spinnen aus Baumkronen-Klopfproben (Arachnida: Araneae), mit Anmerkungen zu *Cinetata gradata* (Linyphiidae) und *Theridion boesenbergi* (Theridiidae). – *Arachnologische Mitteilungen* 31: 23–39.
- BLICK T. (2011): Abundant and rare spiders on tree trunks in German forests (Arachnida: Araneae). – *Arachnologische Mitteilungen* 40: 5–14.
- BOGYA S., SZINETÁR C. & MARKÓ V. (1999): Species composition of spider (Araneae) assemblages in apple and pear orchards in Central Basin. – *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 34: 99–121.
- BOŽANIĆ B., HRADÍLEK Z., MACHAČ O., PIŽL V., ŠTÁHLAVSKÝ F., TUFOVÁ J., VÉLE A. & TUF I. H. (2013): Factors affecting invertebrate assemblages in bryophytes of the Litovelské Luhy National Nature Reserve, Czech Republic. *Acta zool. bulg.* 65 (2): 197–206.
- BUCHAR J. & RŮŽIČKA V. (2002): *Catalogue of spiders of Czech Republic*. Peres, Praha. 351 pp.
- BUCHAR J. (1983): Klasifikace druhů pavoučí zvířeny Čech, jako pomůcka k bioindikaci kvality životního prostředí. *Fauna Bohem. septentr.* 8: 119–135.
- ČERNECKÁ Ľ., MICHALKO R. & KRIŠTÍN A. (2017): Abiotic factors and biotic interactions jointly drive spider assemblages in nest-boxes in mixed forests. *The Journal of Arachnology* 45(2), 213–222.
- CARDOSO P., PEKÁR S., JOCQUE R. & CODDINGTON J. (2011): Global patterns

- of guild composition and functional diversity of spiders. *PLoS ONE* 6.
- ČESKÁ ARACHNOLOGICKÁ SPOLEČNOST (2021): Pavouci (Araneae), sekáči (Opiliones) - www.arachnology.cz (květen 5, 2021)
- DE MURGUÍA M. L., DE CASTRO A. & MOLINO-OLMEDO F. (2007): Artropodós Saproxílicos Forestales en los Parques Naturales de Aralar y Aizkorri (Guipúzcoa, España). – *Boletín SEA* 41: 237–250.
- ELLENBERG H., WEBER H. E., DÜLL R., WIRTH V., WERNER W. & PAULIBEN D. (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. [Indicator values of plants in Central Europe]. *Scripta Geobotanica* 18. Lehrstuhl f. Geobotanik d. Universität Göttingen. 262 p.
- DUCHÁČ V. (1993): Štírci (Pseudoscorpionidea) ze stromových dutin na Třeboňsku. – *Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy* 33: 65–69.
- DUFFY E. (1978): Ecological strategies in spiders including some characteristics of species in pioneer and mature habitats. *Symp. Zool. Soc. London*, 42: 83–107.
- ENTLING W., SCHMIDT M. H., BACHER S., BRANDL R. & NENTWIG W. (2007): Niche properties of Central European spiders: shading, moisture and the evolution of the habitat niche. *Global Ecology and Biogeography* 2007; 16: 440–448.
- GAJDOŠ P., KRIŠTOFÍK J. & ŠUSTEK Z. (1991): Spiders (Araneae) in the birds' nests in Slovakia. *Biologia* (Bratislava) 48: 887–905.
- GOC M., ILISZKO L. & STEMPNIEWICZ L. (2005): The largest European colony of great cormorant on the Vistula spit (North Poland) an impact of the forest ecosystem. *Ecological Questions*, 6, 93–103.
- GREENSTONE M. H., MORGAN C. E. & HULTSCH A. L. (1985): Spider ballooning: development and evaluation of field trapping methods (Araneae). – *Journal of Arachnology* 13: 337–345.
- HANSEN H (1992): Über die Arachniden-Fauna von urbanen Lebensräumen in Venedig II. Die Rinde-bewohnenden Arten des Stammbereiches von *Platanus hybrida*. – *Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Venezia* 41: 91–108.
- HENENBERG J., ŘEZÁČ M. & NOVÁKOVÁ M. (2016): Spider assemblages in bird burrows. *Biologia* 2016, 73 (3), 267–272.
- HORVÁTH R. & SZINETÁR C. (2002): Ecofaunistical study of bark-dwelling spiders (Araneae) on black pine (*Pinus nigra*) in urban and forest habitats. *Acta Biologica Debrecina* 24: 87–101.
- HORVÁTH R., LENGYEL S., SZINETÁR C. & JAKAB L. (2005): The effect of prey availability on spider assemblages on Black Pine (*Pinus nigra*) bark: spatial patterns and guild structure. – *Canadian Journal of Zoology* 83: 324–335.
- HORVÁTH R., MAGURA T. & SZINETÁR C. (2001): Effects of immission load on

- spiders living on black pine. *Biodiversity and Conservation* 10: 1531–1542.
- HURD L. E. & FAGAN W. F. (1992): Cursorial spiders and succession: age of habitat structure? *Oecologia* 92: 215–221.
- CHRISTOPHORYOVÁ J., JAICAYOVÁ D. & KRAJČOVIČOVÁ K. (2017): Pseudoscorpions (Arachnida: Pseudoscorpiones) living in tree microhabitats in Slovakia. *Klapalekiana* 53: 283–297.
- ISAIA M., BONA F. & BADINO G. (2006): Comparison of polyethylene bubble wrap and corrugated cardboard traps for sampling treeinhabiting spiders. *Environmental Entomology* 35: 1654–1660.
- ISAIA M., PASCHETTA M., LANA E., PANTINI P., SCHÖNHOFER A. L., CHRISTIAN E. & BADINO G. (2015): Subterranean Arachnids of the Western (Arachnida: Araneae, Opiliones, Palpigradi, Pseudoscorpiones). *Monografie/Museo Reg. Sci. Nat., Torino*.
- KLIMASZYK P. & RZYMSKI P. (2016): The complexity of ecological impacts induced by great cormorants. *Hydrobiologia* 771: 13–30.
- KOLB G., JERLING L., ESSENBERG C., PALMBORG C. & HAMBÄCK P. A. (2012): The impact of nesting cormorants on plant and arthropod diversity. *Ecography* 35, 726–740.
- KOOMEN P. (1998): Winter activity of *Anyphaena accentuata* (Walckenaer, 1802) (Araneae: Anyphaenidae). In: P. A. Selden (ed.). Pro-ceedings of the 17th European Colloquium of Arachnology, Edinburgh University 1997: 20–23.
- KOPECKÝ O. & TUF I. H. (2013): Podzemní populace pavouka plachetníky čtyřzubé *Oreonetides quadridentatus* (Wunderlich, 1972). *Západočeské entomologické listy* 4: 106–109.
- KOPONEN S. (1996): Spiders (Araneae) on trunks and large branches in SW Finland, collected by a new trap type. *Revue suisse de Zoologie*, hors série 1: 335–340.
- KORENKO S., KULA E., ŠIMON V., MICHALCOVÁ V. & PEKÁR S. (2011): Are arboreal spiders associated to particular tree canopies? *North-West J. Zool.* 7 (2): 261–269.
- KOŠULIČ O., MICHALCO R. & HULA V. (2016): Impact of Canopy Openness on Spider Communities: Implications for Conservation Management of Formerly Coppiced Oak Forests. *PLoS ONE* 11(2): e0148585.
- KRIŠTOFÍK J., MAŠÁN P. & ŠUSTEK Z. (2007): Arthropods (Pseudoscorpionidea, Acari, Coleoptera, Siphonaptera) in the nests of the bearded tit (*Panurus biarmicus*). *Biologia*. 62: 749–755.
- KUBCOVÁ L. & SCHLAGHAMMERSKÝ J. (2002): Zur Spinnenfauna der Stammregion stehenden Totholzes in süd-mährischen Auwäldern. *Arachnologische Mitteilungen* 24: 35–61.
- KŮRKA A., ŘEZÁČ M., MACEK R. & DOLANSKÝ J. (2015): *Pavouci České*

- republiky*. Academia, Praha. 621 pp.
- KURY A. B., MENDES A. C., CARDOSO L., KURY M. S., GRANADO A. de A. & GIRIBET G. (2020): World Catalogue of Opiliones. WCO-Lite version 1.2.1. Online at: <https://wcolite.com/>.
- LAFAGE D., DJOUDI E. A., PERRIN G., GALLET S. & PÉTILLON J. (2019): Responses of ground-dwelling spider assemblages to changes in vegetation from wet oligotrophic habitats of Western France. *Arthropod-Plant Interactions* 13: 653–662.
- MACHAČ O. (2014): Pavouci a sekáči na kmenech stromů Hostýnskovsetínské hornatiny. – *Acta Carpatica Occidentalis* 5: 64–67.
- MACHAČ O. (2015): Plachetnatka náhorní a její přizpůsobení k životu na kmenech stromů. *Živa* 63 (6): 279.
- MACHAČ O. & TUF I. H. (2016): Spiders and harvestmen on tree trunks obtained by three sampling methods. *Arachnol. Mitt.* 51: 67–72.
- MACHAČ O. & TUF I. H. (2021): Ornithologists help to spiders: factors influencing spider overwintering in bird nesting boxes. *Insects* 12: 465. DOI: 10.3390/insects12050465
- MACHAČ O., CHRISTOPHORYOVÁ J., KRAJČOVIČOVÁ K., BUDKA J. & SCHLAGHAMERSKÝ J. (2018): Spiders and pseudoscorpions (Arachnida: Araneae, Pseudoscorpiones) in old oaks of Central European floodplains. *Arachnol. Mitt.* 56: 24–31.
- MAINWARING M. C. (2011): The use of nestboxes by roosting birds during the non-breeding season: a review of the costs and benefits. *Ardea* 99:167–176.
- MATULEVIČIŪTĖ D., MOTIEJŪNAITĖ J., UOGINTAS D., TARAŠKEVIČIUS R., DAGYS M. & RAŠOMAVIČIUS V. (2018): Decline of a protected coastal pine forest under impact of a colony of great cormorants and the rate of vegetation change under ornithogenic influence. *Silva Fennica* vol. 52 no. 2 article id 7699. 19 p.
- MCCOMB W. C. & NOBLE E. R. (1982): Invertebrate Use of Natural Tree Cavities and Vertebrate Nesting boxes. *The American Midland Naturalist*. 107, 163–172.
- MIHÁL I. & ČERNECKÁ L. (2017): Structure of Harvestmen (Arachnida, Opiliones) Communities in Different, Anthropically Disturbed Beech Ecosystems (Western Carpathians, Slovakia). *Vestník zoologii*, 51(3): 259–270.
- MOEED A. & MEADS M. J. (1983): Invertebrate fauna of four tree species in Orongorongo valley, New Zealand, as revealed by trunk traps. – *New Zealand Journal of Ecology* 6: 39–53.
- NIKOLAI V. (1986): The bark of trees: thermal properties, microclimate and fauna. *Oecologia* 69: 148–160.
- NENTWIG W., BLICK T., BOSMANS R., GLOOR D., HÄNGGI A. & KROPF C.

- (2021): Spiders of Europe. Version 01.2021. Online at <https://www.araneae.nmbe.ch>, accessed on 01-10-2021.
- NIŤU E., OLENICI N., POPA I., NAE A. & BIRIŞ I. A. (2009): Soil and saproxylic species (Coleoptera, Collembola, Araneae) in primeval forests from the northern part of South-Eastern Carpathians. *Annals of Forest Research* 52: 27–54.
- NORDBERG S. (1936): Biologisch-Ökologische Untersuchungen über die Vogelnicololen. *Acta zool. Fenn.* 21, 168 pp.
- NOVÁK B. (1956): K ethologii vodoucha stříbřitého (*Argyroneta aquatica* Clerck). *Sborník Vysoké školy pedagogické v Olomouci, Přírodní vědy* 2: 119–128.
- ØKLAND B. (1996): A comparison of three methods of trapping saproxylic beetles. *European Journal of Entomology* 93: 195–209.
- OTTO S. & FLOREN A. (2007): The spider fauna (Araneae) of tree canopies in the Białowieża Forest. *Fragmenta Faunistica* 50: 57–70.
- PAVIOUR-SMITH K. & ELBOURN A. C. (1978): Some spiders of dead wood in living trees in Wytham Woods, near Oxford. *Bulletin of British Arachnological Society* 4: 213–220.
- PEARCE J. L. & VENIER L. A. (2006): The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: A review. *Ecological Indicators* 6: 780–793.
- PEKÁR S. (1999): Some observations on overwintering of spiders (Araneae) in two contrasting orchards in the Czech Republic. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 73: 205–210.
- PINZON J. & SPENCE J. R. (2008): Performance of two arboreal pitfall trap designs in sampling cursorial spiders from tree trunks. *Journal of Arachnology* 32: 280–286.
- PINTO DA ROCHA R., MACHADO G. & GIRIBET G. (2007): Harvestmen: the Biology of Opiliones. 2007. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 597 pp.
- SIMON U. (1994): Spider and harvestmen fauna (Arachnida: Araneae, Opiliones) of pine trees (*Pinus silvestris* L.) and its stratification. *Bolletino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali, Catania* 26 (345) (1993): 323–334.
- RANIUS T. (2002): Population ecology and conservation of beetles and pseudoscorpions living in hollow oaks in Sweden. *Animal Biodiversity and Conservation* 25: 53–68.
- RANIUS T. & Jansson N. (2002): A comparison of three methods to survey saproxylic beetles in hollow oaks. *Biodiversity and Conservation* 11: 1759–1771.
- ROZWAŁKA R. & STARĘGA W. (2012): The invasive harvestman *Opilio*

- canestrinii* (Thorell, 1876) (Opiliones: Phalangiidae) in Poland. *Fragmenta Faunistica* 55 (2): 161–168.
- RUSSELL-SMITH A. (2002): *Midia midas* (Simon, 1884) in Epping Forest, Essex. *Newsletter of the British Arachnological Society* 95: 13–14.
- RŮŽIČKA V., BOHÁČ J. & MACEK J. (1991): Bezobratlí živočichové dutých stromů na Třeboňsku. *Sborník Jihočeského Muzea v Českých Budějovicích, Přírodní Vědy* 31: 33–46.
- RŮŽIČKA V., ŠMILAUER P. & MLEJNEK R. (2013): Colonization of subterranean habitats by spiders in Central Europe. *Int. J. Speleol.* 42 (2): 133–140.
- ŘEZÁČ M., KŮRKA A., RŮŽIČKA V. & HENEGER P. (2015): Redlist of Czech spiders: 3rd adjusted according to evidence-based national conservation priorities. *Biologia* 70: 1–22.
- ŘEZÁČ M., RŮŽIČKA V., HULA V., DOLANSKÝ J., MACHAČ O. & ROUŠAR A. (2021): Spiders newly observed in Czechia in recent years – overlooked or invasive species? *BioInvasions Records*. (in press)
- SAMU F., LENGYEL G., SZITA E., BIDLÓ A. & ÓDOR P. (2014): The effect of forest stand characteristics on spider diversity and species composition in deciduous-coniferous mixed forests. *Journal of Arachnology* 42: 135–141.
- SPITZER L., KONVIČKA O., TROPEK R., ROHÁČOVÁ M., TUF I. H. & NEDVĚD O. (2010): Společenstvo členovců (Arthropoda) zimujících na jedli bělokoré na Valašsku (okr. Vsetín, Česká republika). *Časopis Slezského Muzea Opava* 59: 217–232.
- SPUNĀIS V. (2008): Fauna, distribution, habitat preference and abundance of harvestmen (Opiliones) in Latvia. *Latvijas Entomologs* 45, 14–24.
- SZINETÁR C. & HORVÁTH R. (2005): A review of spiders on tree trunks in Europe (Araneae). *Acta zoologica bulgarica* 1: 221–257.
- ŠILHAVÝ V. (1956): Sekáči – Opilioneida. Fauna ČSR 7, Nakladatelství Čs. Akad. věd., Praha, 273 pp.
- ŠTÁHLAVSKÝ F. (2017): Pseudoscorpiones (štírci). In: Hejda R, Farkač J & Chobot K (eds.) Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Red list of threatened species in the Czech Republic. Invertebrates. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. pp. 78–79.
- TEWS J., BROSE U., GRIMM V., TIELBÖRGER K., WICHMANN K. & SCHWAGER M. (2004): Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography* 31:79–92.
- VASCONCELLOS-NETO J., MESSAS Y. F., DA SILVA SOUZA H., VILLANUEVA-BONILA G. A. & ROMERO G. Q. (2017): Spider–Plant Interactions: An Ecological Approach. In: Viera C., Gonzaga M. (eds) *Behaviour and Ecology of Spiders*. Springer, Cham.
- WEISS I. (1995): Spinnen und Weberknechte auf Baumstämmen im

- Nationalpark Bayerischer Wald. In: Růžička V (ed) Proceedings of the 15th European Colloquium of Arachnology. Czech Academy of Sciences, Institute of Entomology, České Budějovice. pp. 184–192.
- UDDSTRÖM A. & RINNE V. (2016): Suomen lukit ja valeskorpionit (Finish harvestmen and pseudoscorpions). *Hyönteistarvike Tibiale Oy*, Helsinki.
- WEYGOLDT P. (1969): The biology of pseudoscorpions. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 145 pp.
- WISE D. H. (1993): Spiders in ecological webs. Cambridge: Cambridge University Press.
- WORLD SPIDER CATALOG (2021): World spider Catalog, version 21.5. Natural History Museum, Bern. – Internet: <http://wsc.nmbe.ch> (May 3, 2021)
- WUNDERLICH J. (1982): Mitteleuropäische Spinnen (Araneae) der Baumrinde. – *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 94: 9-21
- UETZ G. W. (1979): Influence of variation of litter habitatson spider communities. *Oecologia* 40: 29–42.
- YAHIRO K., KAMEDA K., NASU Y. & MURAHAMA S. (2013): Insect fauna of great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) nests. *Jpn. J. Ent.* (N. S.) 16 (1): 15–23.
- ZULKA K. P. (1989): Einfluß der Hochwässer auf die epigäische Arthropodenfauna im Überschwemmungsbereich der March (Niederösterreich). – *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie* 7: 74–75.
- ŽYDELIS R., GRAŽULEVIČIUS G., ZARANKAITĖ J., MEČIONIS R. & MAČIULIS M. (2002): Expansion of the Cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) population in western Lithuania. *Acta Zoologica Lituanica* 12(3): 283–287.

SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA

Publikace použité v disertační práci

MACHAČ O. & TUF I. H. (2016): Spiders and harvestmen on tree trunks obtained by three sampling methods. *Arachnol. Mitt.* 51: 67–72.

MACHAČ O., CHRISTOPHORYOVÁ J., KRAJČOVIČOVÁ K., BUDKA J. & SCHLAGHAMERSKÝ J. (2018): Spiders and pseudoscorpions (Arachnida: Araneae, Pseudoscorpiones) in old oaks of Central European floodplains. *Arachnol. Mitt.* 56: 24–31.

MACHAČ O. & TUF I. H. (2021): Ornithologists help to spiders: factors influencing spiders overwintering in bird nesting boxes. *Insects*, 2021, 12: 465.

MACHAČ O., IVINSKIS P., RIMŠAITE J., HORŇÁK O. & TUF I. H.: Response of ground dwelling predatory arthropods to vegetation changes in cormorant colony. *Forests* (in prep.)

Další odborné publikace

MACHAČ O. (2020): Nález snovačky kalhotkaté *Diplocephalus braccata* (C. L. Koch) na Svitavsku. *Práce a studie* 26: 103–106.

MACHAČ O. (2020): Kde najdeme aktuální data o rozšíření našich pavouků? *Fórum ochrany přírody: Data v Ochráně přírody* 7 (4): 34–35.

CHMELÍK V., ŠARAPATKA B., MACHAČ O., MIKULA J., LAŠKA V. & TUF I. H. (2019): The effect of farming system and management practices on surface-dwelling soil macrofauna. *Zemdirbyste-Agriculture*, 106: 291–296.

MACHAČ O., MAČÁT Z., JELÍNEK A. & REITER A. (2018): Lovčík mokřadní *Dolomedes plantarius* (Clerck, 1757) (Araneae: Pisauridae) v povodí řeky Dyje. *Thayensia* 15: 95–102.

MACHAČ O. (2018): Pavouci a sekáči štěrkovny Tovačov. *Zprávy Vlastivědného muzea v Olomouci* 315: 48–56.

KRAJČOVIČOVÁ K., TAMUTIS V., IVINSKIS P., MACHAČ O. & CHRISTOPHORYOVÁ J. (2018): First records of pseudoscorpions (Arachnida: Pseudoscorpiones) from Lithuania. *Entomologica Fennica* 29: 49–53.

- KRÁSENSKÝ P., BRYJA V., DOLANSKÝ J., DOLEJŠ P., HAMŘÍK T., JELÍNEK A., KREJČÍ T., MACHAČ O., ROUŠAR A., ŘEZÁČ M. & ŠICH R. (2017): Pavouci vybraných lokalit Mostecka, Chomutovska a Žatecka. *Sborník oblastního muzea v Mostě*, řada přírodovědná, 39: 110–129.
- MACHAČ O. (2017): Pavučenka stupínkatá *Cinetata gradata* (Simon, 1881) (Araneae: Linyphiidae) v České republice. *Acta Carpathica Occidentalis* 8: 34–37.
- MACHAČ O. & KREJČÍ T. (2017): První nálezy pavouka *Microdipoena jobi* (Araneae: Mysmenidae) na Moravě. *Thayensia* 14: 59–62.
- MACHAČ O. (2017): Pavouci NPR Zástudánčí. *Zprávy Vlastivědného muzea v Olomouci* 313: 59–66.
- MACHAČ O. (2017): Zajímavý nález tropické maloočky v Hranicích na Moravě. *Pavouk* 41: 7.
- MACHAČ O. (2016): Méně známé druhy pavouků – *Nuctenea silvicultrix*. *Pavouk* 40: 7–8.
- MACHAČ O. (2016): Pavouci Národní přírodní památky Šipka. *Acta Carp. Occ.* 7: 58–65.
- MACHAČ O., IVINSKIS P. & RIMŠAITĖ J. (2016): Several new for Lithuanian fauna species of spiders (Araneae). *New and rare for Lithuania insect species* 28: 121–126.
- DOLANSKÝ J., MACHAČ O. & KADLEC T. (2016): Skálovka Hermanova *Zelotes hermani* (Chyzer, 1897) – nový druh v ČR. *Pavouk* 41: 4–5.
- KREJČÍ T., ŘEZÁČ M., ROUŠAR A., DOLANSKÝ J., DOLEJŠ P., MACHAČ O. & HORSÁK M. (2016): Významné nálezy pavouků z ČR II. *Pavouk* 41: 13–16.
- MACHAČ O. (2015): Méně známé druhy pavouků – *Frontinellina frutetorum*. *Pavouk* 38: 2–3.
- MACHAČ O. (2015): Křížák *Neoscona adianta* za humny! *Pavouk* 38: 6–7.
- MACHAČ O. (2015): Poznámka k novému názvosloví některých našich příčnatek. *Pavouk* 39: 3.
- JAVŮREK P. & MACHAČ O. (2015): Příspěvek k výskytu sklípkánka *Atypus muralis* Bertkau, 1890 a stepníka *Eresus kollari* Rossi, 1846 na Prostějovsku. *Přír. Studie Muz. Prostějovska* 17: 107–109.
- MACHAČ O. & NIEDOBOVÁ J. (2015): Spiders (Araneae) of Hůrka u Hranic National Nature Reserve (Moravia, Czech Republic). *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendel. Brun.* 63 (1): 65–75.

MACHAČ O. (2015): Plachetnatka náhorní a její přizpůsobení k životu na kmenech stromů. *Živa* 63 (6): 279.

TUF I. H., CHMELÍK V., MACHAČ O., ŠARAPATKA B. & ČÁP L. (2015): Effect of water erosion on surface-dwelling invertebrates. *Acta Soc. Zool. Bohem.* 79 (3): 261–266.

MACHAČ O. (2015): Plachetnatka náhorní a její přizpůsobení k životu na kmenech stromů. *Živa* 63 (6): 279.

TUF I. H., CHMELÍK V., MACHAČ O., ŠARAPATKA B. & ČÁP L. (2015): Effect of water erosion on surface-dwelling invertebrates. *Acta Soc. Zool. Bohem.* 79 (3): 261–266.

ŠEBEK P., BACE R., BARTOŠ M., BENEŠ J., CHLUMSKÁ Z., DOLEŽAL J., DVORSKÝ M., KOVÁŘ J., MACHAČ O., MIKÁTOVÁ B., PERLÍK M., PLÁTEK M., POLÁKOVÁ S., ŠKORPÍK M., STEJSKAL R., SVOBODA M., TRNKA F., VLAŠÍN M., ZAPLETAL M. & ČÍZEK L. (2015): Does a minimal intervention approach threaten the biodiversity of protected areas? A multi-taxa short-term response to intervention in temperate oak-dominated forests. *Forest Ecology and Management* 358: 80–89.

MACHAČ O. (2014): Pavouci a sekáči na kmenech stromů Hostýnsko-vsetínské hornatiny. *Acta Carp. Occ.* 5: 64–67.

MACHAČ O. (2014): Méně známé druhy pavouků – *Cozyptila blackwalli*. *Pavouk* 36: 14–15.

MACHAČ O. (2014): Nález sklípkánka v bučině. *Pavouk* 36: 19.

MACHAČ O. & ZEDEK M. (2014): *Hahnia candida* – nový druh pavouka pro Českou republiku (Araneae: Hahniidae). *Bohem. Cent.* 32: 317–320.

BOŽANIČ B., HRADÍLEK Z., MACHAČ O., PIŽL V., ŠTÁHLAVSKÝ F., TUFOVÁ J., VÉLE A., TUF I. H. (2013): Factors affecting invertebrate assemblages in bryophytes of the Litovelské luhy National Nature Reserve, Czech Republic. *Acta zoologica bulgarica*, 65.

MACHAČ O. (2013): Pavouci (Araneae), In: Tomáš P. (eds.): *Příroda Pobečví*. ČSOP Lipník n. Bečvou, pp. 106–109.

MACHAČ O. (2013): Méně známé druhy pavouků – *Hahnia picta* Kulczyński, 1897. *Pavouk* 34: 2.

MACHAČ O. (2013): Méně známé druhy pavouků – *Tibellus macellus* Simon, 1875. *Pavouk* 35: 3.

- TUF I. H., HORA P., MAČÁT Z., MACHAČ O., RENDOŠ M., TRNKA F. & VOKÁLOVÁ A. (2013): Suitability of nail polish for marking the common rough woodlouse, *Porcelio scaber* (Oniscidea). *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae* 77: 159–163.
- MACHAČ O. (2012): Příspěvek k poznání pavouků (Araneae) v EVL Libické luhy. *Práce muzea v Kolíně - řada přírodovědná*, 10: 47
- RŮŽIČKA V. & MACHAČ O. (2013): Pavouci České republiky. *Pavouk* 35: 2.
- MACHAČ O. (2012): *Dasumia carpatica* (Kulczyński, 1882), málo známý karpatský endemit. *Pavouk* 32: 4–5.
- MACHAČ O. (2012): Rozhovor s Pavlem Bezděčkou nejen o sekáčích. *Pavouk* 32: 24–25.
- MACHAČ O. (2012): Méně známé druhy pavouků – *Phlegra cinereofasciata* Simon, 1868. *Pavouk* 33: 5–6.
- MACHAČ O. (2012): Ptáci jako kořist pavouků. *Pavouk* 33: 8.
- MACHAČ O. (2011): Vodouch stříbřitý ve Štramberku. *Pavouk* 31: 7.
- MACHAČ O. & ZEDEK M. (2011): *Hahnia candida*, nový druh pavouka pro ČR. *Pavouk* 31: 4.
- MACHAČ O. (2010): Nález pavouka *Comaroma simoni* Bertkau, 1889 v Bílých Karpatech (Česká republika), *Acta. Carp. Occ.*, 1: 101.

Popularizační publikace

- MACHAČ O., TUF I. H., RADA S., TRNKA F., KOČÁREK P. & KURAS T. (2018): Bezobratlí NP Ulu Temburong V. Ostatní bezobratlí. *Živa* 66 (3): 140–142.
- RADA S., KOČÁREK P., MACHAČ O., MAZALOVÁ M., TRNKA F., TUF I. H., KURAS T. (2018): Bezobratlí bornejského národního parku Ulu Temburong IV. Hmyz s proměnou nedokonalou. *Živa* 66 (2).
- MAZALOVÁ M., RADA S., MACHAČ O., KOČÁREK P., TUF I. H., KURAS T. (2018): Bezobratlí bornejského národního parku Ulu Temburong III. Hmyz s proměnou dokonalou. *Živa* 66 (1): 35–37.
- KUNDRATA R., TRNKA F., GABRIŠ R., RADA S., MACHAČ O., KOČÁREK P., TUF I. H., KURAS T. (2017): Bezobratlí bornejského národního parku Ulu Temburong II. Brouci. *Živa* 65 (6): 304–307.
- KURAS T., RADA S., KOČÁREK P., MACHAČ O., TUF I. H. (2017): Bezobratlí bornejského národního parku Ulu Temburong I. Motýli. *Živa* 65 (4): 181–184.

MACHAČ O. (2014): Osminozí obyvatelé Českého ráje. *Od Ještěda k Troskám. Vlastivědný sborník Českého ráje* 21(2): 142–143.

MACHAČ O., TUF I. H. (2014): Aktuality: Neobvyklé chutě štírenek. *Vesmír*, 93: 672. (in Czech)

MACHAČ O. & HÁNOVÁ A. (2011): Medúzka sladkovodní – průsvitná kráska z Asie. *Naše příroda* 6: 67.

ŘEZÁČ M. & MACHAČ O. (2011): Evropský pavouk roku 2011 – pokoutník nálevkovitý, *Živa* 59: 78–79.

HORA P., TUF I. H., MACHAČ O., BRICHTA M. & TUFOVÁ J. (2009): Ekoton – prosté rozhraní, či specifický biotop? *Živa* 57: 25.

www.naturabohemica.cz – autor 602 profilů druhů v online atlase české přírody.

Příspěvky na konferencích

STAŠIOV S., ASTALOŠ B., FENĎA P., LUPTÁČIK P., MACHAČ O., MARŠALEK P., MAŠÁN P., MIHÁL I., MOCK A., ONDREJKOVÁ N., PURGAT P., ŠESTÁKOVÁ A., TAJOVSKÝ K., TUF I. H. (2020): Kosce (Opiliones) Burdy. [Harvestmen (Opiliones) of Burda.] In: Fend'a, P. (Ed.): 18. Arachnologická konferencia. Zborník abstraktov. Slovenská arachnologická spoločnosť o.z, Bratislava: 27. (in Slovak)

MACHAČ O., IVINSKIS P., RIMŠAITE J. (2020): Vliv kormorání kolonie na společenstva pavouků a sekáčů v NP Kurská kosa v Litvě. In: Bryja, J., Kuras T., Tuf, I. H., Tkadlec, E. (eds.): Zoologické dny Olomouc 2020. Sborník abstraktů z konference 6.-7. února 2020. UBO AVČR, Brno: 125.

MACHAČ O. (2020): Dosavadní znalosti o fauně CHKO Železné hory. Bryja, J., Kuras T., Tuf, I. H., Tkadlec, E. (eds.): Zoologické dny Olomouc 2020. Sborník abstraktů z konference 6.-7. února 2020. UBO AVČR, Brno: 126.

V AŠÍČEK M., MALENOVSKÝ I., RADA S., MACHAČ O., MLÁDEK J., KURAS T. (2019): Vliv poloparazitických rostlin a různých způsobů obhospodařování na společenstva pavoukoveců (Arachnida) v druhově bohatých travních porostech. In: Bryja J., Řehák Z. & Zukal J. (eds.): Zoologické dny Brno 2015. Sborník abstraktů z konference 12.–13. února 2019: 152.

TUF I. H., MACHAČ O., VILD O. (2019): When is suitable to rake leaf litter according to myriapods? In: Dányi, L., Korsós, Z., Lazányi, E. (eds.): 18th International Congress of Myriapodology, Program and abstracts. Hungarian Natural History Museum & Hungarian Biological Society, Budapest: 126.

TUF I. H., MACHAČ O. (eds.): 11. česko – slovenský myriapodologický seminář,

Nasavrky, CHKO Železné hory, 18.–20.9.2019. Sborník abstraktů. Správa CHKO Železné hory & Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 20 pp.

STAŠIOV S., ASTALOŠ B., FENĎA P., ĽUPTÁČIK P., **MACHAČ O.**, MARŠALEK P., MAŠÁN P., MIHÁL I., MOCK A., ŠESTÁKOVÁ A., TAJOVSKÝ K., TUF I. H. (2018): K prebiehajúcemu výskumu koscov (Opiliones) Burdy. In: Fend'a, P. (Ed.): 16. Arachnologická konferencia. Zborník abstraktov. Slovenská arachnologická spoločnosť o.z., Bratislava: 33-34. (in Slovak)

HORNÁK O., **MACHAČ O.**, BEDNÁŘ M., ŠARAPATKA B., TUF I. H. (2018): Wood fragments in rural landscape as potential source of biodiversity of ground dwelling invertebrates. In: Kokořová, P., Bryndová, M., Tajovský, K. (eds.): 14th Central European Workshop on Soil Zoology. Book of Abstracts with Programme and List of Participants. Biology Centre CAS, České Budějovice: 47.

MACHAČ O. (2018): Soil harvestmen in Central Europe. In: Kokořová, P., Bryndová, M., Tajovský, K. (eds.): 14th Central European Workshop on Soil Zoology. Book of Abstracts with Programme and List of Participants. Biology Centre CAS, České Budějovice: 47

MACHAČ O. (2018): Dosavadní poznatky o fauně pavouků a sekáčů v CHKO litovelské Pomoraví. In: Bryja, J. (Eds.): Zoologické dny Praha 2018. Sborník abstraktů z konference 9.-10. února 2018. Ústav biologie obratlovců AV ČR, v.v.i., Brno: 111.

MACHAČ O. (2018): Co víme o zimování pavouků v ptačích budkách. Zoologické dny Praha 2018. Sborník abstraktů z konference 9.-10. února 2018. Ústav biologie obratlovců AV ČR, v.v.i., Brno: 112.

KOSTKAN V., TRNKA F., TUF I. H., **MACHAČ O.**, DAŇKOVÁ E. (2017): Biodiverzita nákupního centra Černý most v Praze. [Biodiversity of shopping mall Cerny most Centre in Prague.] In: Pávková, V. (ed.): 3. Konference Naše příroda 2017, Příroda ve městě, Abstrakta. Naše příroda, z.s., Olomouc: 9-10. (in Czech)

MACHAČ O. (2017): Co nám doma leze a létá aneb povídání o synantropních členovcích. In: Pávková, V. (ed.): 3. Konference Naše příroda 2017, Příroda ve městě, Abstrakta. Naše příroda, z.s., Olomouc: 9-10. (in Czech)

MACHAČ O., TUF I. H., ŠEBEK P., ČÍŽEK L. (2017): Distribution of spiders obtained by window flight traps on trunks in oak forests mosaic in Podyjí National Park. In: Goodackre S. (eds.): 30th European Congress of Arachnology. Programme and Abstracts. Nottingham University, Nottingham: 100.

MACHAČ O., TUF I. H. (2017): Tropické skleníky – místa pro zoologické detektivy. [Tropical greenhouses – places for zoological detectives.] In: Bryja,

J., Horsák, M., Horsáková, V., Řehák, Z., Zukal J. (Eds.): Zoologické dny Brno 2017. Sborník abstraktů z konference 9.-10. února 2017. Ústav biologie obratlovců AV ČR, v.v.i., Brno: 126-127. (in Czech)

TUF I. H., HUDCOVÁ P., BLAŽEK L., HORŇÁK O., **MACHAČ O.**, PAVELCOVÁ A., ŘEZÁČ M., VAVERKA M. (2017): Effect of predators on behavior of terrestrial isopods. In: Hornung, E., Mecsnober, M. (eds.): Abstract Book of the 10th International Symposium on Terrestrial Isopod Biology. Hungarian Biological Society, Budapest: 49.

HUDCOVÁ P., BLAŽEK L., HORŇÁK O., **MACHAČ O.**, PAVELCOVÁ A., ŘEZÁČ M., VAVERKA M., TUF I. H. (2016): Strach má velké oči, 1. Udržují si svinky odstup od mravenců? In: Bryja, J., Sedláček, F., Fuchs, R. (eds.): Zoologické dny České Budějovice 2016. Sborník abstraktů z konference 11.-12. února 2016. UBO AVČR, Brno: 87.

MACHAČ O. (2016): Společenstvo pavouků v listovém opadu tropického lesa v Bruneji. In: Bryja, J., Sedláček, F., Fuchs, R. (eds.): Zoologické dny České Budějovice 2016. Sborník abstraktů z konference 11.-12. února 2016. UBO AVČR, Brno: 101.

TUF I. H., BLAŽEK L., HORŇÁK O., HUDCOVÁ P., **MACHAČ O.**, PAVELCOVÁ A., ŘEZÁČ M., VAVERKA M. (2016): Strach má velké oči, 2. Poznání stínka šestiočku? In: Bryja, J., Sedláček, F., Fuchs, R. (eds.): Zoologické dny České Budějovice 2016. Sborník abstraktů z konference 11.-12. února 2016. UBO AVČR, Brno: 226.

HUDCOVÁ P., BLAŽEK L., HORŇÁK O., **MACHAČ O.**, PAVELCOVÁ A., VAVERKA M., ŘEZÁČ M., TUF I. H. (2015): Bojí se stejnonožci predátorů? [Are woodlice trembled of predators?] In: Tuf, I. H., Tajovský, K. (eds.): 9. česko – slovenský myriapodologický seminář. Karlov pod Pradědem, ČR, 28.–31. 5. 2015, Sborník abstraktů. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc: 6-7. (in Czech)

MACHAČ O., HOLEC V. & TRNKA F. (2015): Tovačovská štěrkovna jako útočiště pro vzácné druhy bezobratlých. In: Bryja J., Řehák Z. & Zukal J. (eds.): Zoologické dny Brno 2015. Sborník abstraktů z konference 12.-13. února 2015: 152.

MACHAČ O., TUF I. H. (2015): Distribution of spiders and harvestman on tree trunks in town and forest. In: Pekár, S., Mašová, Š. (eds.): 29th European Congress of Arachnology. Programme and Abstracts. Masaryk University & Czech Arachnological Society, Brno: 110.

MACHAČ O. (2015): *Caviphantes saxetorum* (Hull, 1916) - first record from the czech republic and notes about its ecology and distribution. In: Tajovský, K. (ed.): 13th Central European Workshop on Soil Zoology. Abstract Book with

Programme and List of Participants. Institute of Soil Biology, Biology Centre, ASCR, v.v.i., České Budějovice: 10.

MACHAČ O., TUF I. H. (2014): Ekofaunistické srovnání společenstev pavouků na kmenech stromů ve městě a v lese. [Spider communities on tree trunks in city and forest – ecofaunistic comparison.] In: Bryja, J., Drozd, P. (eds.): Zoologické dny Ostrava 2014. Sborník abstraktů z konference 6.–7. února 2014: 123-124. (in Czech)

CHMELÍK V., MACHAČ O., ČÁP L., ŠARAPATKA B., TUF I. H. (2013): Are surface-dwelling invertebrates influenced by water erosion? Provisional results from the first year of investigation. In: Tajovský, K. (ed.): 12th Central European Workshop on Soil Zoology. Abstract Book with Programme and List of Participants. Institute of Soil Biology, Biology Centre, ASCR, v.v.i., České Budějovice: 16.

TUF I. H., HORA P., MAČÁT Z., MACHAČ O., RENDOŠ M., TRNKA F., VOKÁLOVÁ A. (2011): Stability and toxicity of polish nail marks on Porcellio scaber. In: Tajovský, K. (ed.): 11th Central European Workshop on Soil Zoology. Abstract Book with Programme and List of Participants. Institute of Soil Biology, Biology Centre, ASCR, v.v.i., České Budějovice: 50.

HORA P., BRICHTA M., MACHAČ O., TUFOVÁ J., TUF I. H. (2010): Epigeon na ekotonu – stanoviště nebo pouhé rozhraní? [Ground dwelling fauna at ecotone – a biotop or interface?] In: Bryja, J., Zasadil, P. (eds.): Zoologické dny Praha 2010. Sborník abstraktů z konference 11.–12. února 2010: 89-90.

HORA P., MAČÁT Z., MACHAČ O., RENDOŠ M., TRNKA F., VOKÁLOVÁ A., TUF I. H. (2010): Značení půdních bezobratlých: jak dlouho vydrží a jak rychle zabijí? [Marking of soil invertebrates – shelf life and toxicity.] In: Bryja, J., Zasadil, P. (eds.): Zoologické dny Praha 2010. Sborník abstraktů z konference 11.–12. února 2010: 89.

TUF I. H., MACHAČ O., MIŠURCOVÁ J., GRINVALD M. (2010): Distribution of epigeic spiders (Arachnida: Araneae) in the forest mosaic. In: Žabka, M. (ed.): Book of Abstracts, 18th International Congress of Arachnology 2010, Siedlce, Poland. University of Podlasie & International Society of Arachnology, Siedlce: 449-450.