

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie



Vliv invazních dřevin na tělesnou kondici střevlíků v lesních
remízcích uvnitř polí

Diplomová práce

Autor: Bc. Zuzana Zachová

Vedoucí práce: Ing. Michal Knapp, Ph.D.

2020

CZECH UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES PRAGUE

Faculty of Environmental Sciences

Department of Ecology



Effects of invasive trees on body condition of carabid beetles
inhabiting woodlots within arable fields

Diploma thesis

Author: Bc. Zuzana Zachová

Supervisor: Ing. Michal Knapp, Ph.D.

2020

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Vliv invazních dřevin na tělesnou kondici střevlíků v lesních remízcích uvnitř polí vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne:.....

Podpis:.....

Poděkování

Chtěla bych tímto poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Michalovi Knappovi, Ph.D. za velkou ochotu, čas, připomínky, podněty a velmi vřelý přístup k této práci. Dále bych chtěla poděkovat své rodině za její podporu a trpělivost při zpracování mé práce.

Abstrakt

Tato práce srovnává vliv původních a invazních dřevin (trnovník akát) na kondici střevlíků žijících v lesních remízcích uvnitř polí. Pro realizaci experimentu byla zvolena oblast Povltaví a Polabí severně od Prahy. Při odchytu zvířat byla použita metoda zemních pastí. Pro výzkum jsme zvolili dva druhy střevlíkovitých brouků, a to střevlíka hájního (*Carabus nemoralis*) čtvercoštitníka černého (*Abax parallelepipedus*). Kondice brouků byla sledována dva roky od dubna do června v letech 2016 a 2018 pomocí pravidelných měsíčních sběrů.

Diplomová práce je rozdělena na dvě části - obecnou a experimentální. V obecné části na základě literární rešerše zhodnocuji dopady invazních dřevin na strukturu stanoviště, potravní řetězce a specificky na společenstva hmyzu. Obecná část popisuje rovněž ekologii a biologii střevlíkovitých brouků, a pro účely této práce se detailněji zaměřuji na dva modelové druhy střevlíkovitých – *Abax parallelepipedus* a *Carabus nemoralis*.

Druhá část diplomové práce je praktická, tedy popisující vlastní realizovaný výzkum. Popisuji zde metodiku práce a vyhodnocení naměřených dat týkajících se kondice dvou modelových druhů (*Abax parallelepipedus* a *Carabus nemoralis*). Tělesná kondice byla vyjádřena jako obsah tuku korigovaný na strukturní tělesnou velikost (délka krovky) jedince. Z výsledků výzkumu vyplývá, že pohlaví nemá přímý vliv na tělesnou kondici jedinců. Tělesná kondice je silně ovlivněna časem sběru brouků, přičemž nejnižší kondici mají brouci v dubnu, kdy jsou jejich energetické zásoby vyčerpány zřejmě v důsledku přezimování. Vliv typu dřeviny (invazní vs. původní) byl prokázán jen u druhu *Carabus nemoralis*, přičemž jedinci z remízků porostlých trnovníkem akátem byli překvapivě v lepší tělesné kondici než jedinci z remízků porostlých původními druhy dřevin.

Klíčová slova: Carabidae, obsah tuku, energetické zásoby, sezónní dynamika, trnovník akát

Abstract

This work investigates the influence of native and invasive tree species (black locust) on the body condition of ground beetles living in woodlots inside arable fields. The area of Povltaví and Polabí north of Prague was chosen for the realization of the experiment. The pitfall trapping method was used to collect the animals. Two species of ground beetles were chosen for the research, namely *Carabus nemoralis* and *Abax parallelepipedus*. Body condition of beetles was investigated for two years (2016 and 2018) from April to June, using regular monthly collections.

The thesis is divided into two parts - general and experimental. In the general part, on the basis of literature review, I evaluate the impact of invasive tree species on habitat structure, food chains and specifically on insect communities. The ecology and biology of ground beetles is also described, and I focused in more detail on two species of ground beetles investigated in the experimental part (*Abax parallelepipedus* and *Carabus nemoralis*).

The second part of the thesis describes my field research. In this part I describe the methodology of work and evaluation of measured data concerning the body condition of selected species (*Abax parallelepipedus* and *Carabus nemoralis*). The body condition was expressed as the fat content corrected for the individual's structural body size (the length of the elytron). My results show that gender has no direct effect on the individual body condition. The body condition is strongly influenced by the time of collection of the beetles with the lowest condition being recorded in April, when energy reserves of ground beetles are exhausted probably due to overwintering. The effect of tree species (invasive vs. native) was only proved in *Carabus nemoralis*, while specimens from woodlots overgrown with black locust were surprisingly in a better body condition than the specimens from woodlots overgrown with native tree species.

Key words: Carabidae, fat content, energy supplies, seasonal dynamics, black locust



Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autorka práce: Bc. Zuzana Zachová
Studijní program: Krajinné inženýrství
Obor: Regionální environmentální správa
Vedoucí práce: Ing. Michal Knapp, Ph.D.
Garantující pracoviště: Katedra ekologie
Jazyk práce: Čeština

Název práce: **Vliv invazních dřevin na tělesnou kondici střevlíků v lesních remízcích uvnitř polí**

Název anglicky: **Effects of invasive trees on body condition of carabid beetles inhabiting woodlots within arable fields**

Cíle práce: Cílem práce bude vypracovat rešerši na téma dopady invazních rostlin na společenstva hmyzu. Specifickým cílem bude popsat problematiku invaze trnovníku akátu v Evropě a jeho dopady nejen na druhové složení a početnost společenstev hmyzu, ale i možné dopady na individuální vlastnosti jedinců. V rámci praktické části práce bude cílem změřit a analyzovat data popisující tělesnou kondici střevlíků, žijících v remízcích s akátem versus původními druhy dřevin.

Metodika: Literární rešerše bude zpracována především na základě vědeckých článků vyhledaných v databázi Web of Knowledge. Předpokladem je použití minimálně 30-40 kvalitních zdrojů (články v časopisech s IF) a doplňující literaturu v podobě knih (v AJ i ČJ). Praktická část diplomové práce bude sestávat z měření tělesné velikosti, suché hmotnosti a obsahu tuku dvou druhů střevlíků *Abax parallelepipedus* a *Carabus nemoralis*. V rámci analýzy dat bude zkoumán vliv pohlaví, načasování sběru (duben, květen či červen) a biotopu (invazní porost vs. původní porost) na tělesnou kondici jedinců. Tělesná kondice bude vyjádřena jako obsah tuku korigovaný na strukturní tělesnou velikost (délku krovky).

Doporučený rozsah práce: cca 30 stran + přílohy dle potřeby

Klíčová slova: Carabidae, obsah tuku, energetické zásoby, sezónní dynamika, trnovník akát

Doporučené zdroje informací:

1. Barone, M.; Frank, T (2003) Habitat age increases reproduction and nutritional condition in a generalist arthropod predator. *Oecologia* 135: 78-83.
2. Haschek, C.; Drapela, T.; Schuller, N.; et al. (2012) Carabid beetle condition, reproduction and density in winter oilseed rape affected by field and landscape parameters. *J. Appl. Entomol.* 136: 665-674.
3. Kleinbauer, I.; Dullinger, S.; Peterseil, J.; et al. (2010) Climate change might drive the invasive tree *Robinia pseudoacacia* into nature reserves and endangered habitats. *Biol. Conserv.* 143: 382-390.
4. Knapp, M.; Knappova, J (2013) Measurement of body condition in a common carabid beetle, *Poecilus cupreus*: a comparison of fresh weight, dry weight, and fat content. *J. Insect Sci.* 13: 6.
5. Knapp, M (2016) Relative Importance of Sex, Pre-Starvation Body Mass and Structural Body Size in the Determination of Exceptional Starvation Resistance of *Anchomenus dorsalis* (Coleoptera: Carabidae). *PLoS ONE* 11: e0151459.

6. Lazzaro, L; Mazza, G; d'Errico, G; et al. (2018) How ecosystems change following invasion by *Robinia pseudoacacia*: Insights from soil chemical properties and soil microbial, nematode, microarthropod and plant communities. *Sci. Tot. Environ.* 622: 1509-1518.
7. Ostman, O; Ekblom, B; Bengtsson, J; et al. (2001) Landscape complexity and farming practice influence the condition of polyphagous carabid beetles. *Ecol. Appl.* 11: 480-488.
8. Štrobl, M; Saska, P; Seidl, M; et al. (2019) Impact of an invasive tree on arthropod assemblages in woodlots isolated within an intensive agricultural landscape. *Divers. Distrib.* 25: 1800-1813.

Předběžný termín obhajoby: 2019/20 LS – FŽP

Konzultant: Tomáš Kadlec

Elektronicky schváleno: 2. 3. 2020
doc. Ing. Jiří Vojar, Ph.D.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 4. 3. 2020
prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.
Děkan

Obsah

1. ÚVOD	1
2. CÍLE PRÁCE	2
3. LITERÁRNÍ PŘEHLED	3
3.1 Vliv invazních rostlin na hmyz	3
3.1.1 Vliv na potravní řetězce	4
3.1.2 Trnovník akát	6
3.1.3 Dopady trnovníku akátu na hmyz	7
3.2 Měření tělesné kondice hmyzu	9
3.3 Charakteristika střevlíkovitých brouků (<i>Coleoptera: Carabidae</i>)	11
3.3.1 <i>Abax parallelepipedus</i> (Piller, Mitterpacher, 1783)	14
3.3.2 <i>Carabus nemoralis</i> (O. F. Müller, 1764)	14
4. METODIKA	16
4.1 Časový harmonogram sběru dat	16
4.2 Výběr lokalit	16
4.3 Instalace pastí	16
4.4 Rok 2016	17
4.5 Rok 2018	17
4.6 Uskladnění odchycených jedinců a zpracování vzorků	17
4.7 Sjedení vzorků	18
4.8 První měření a vážení čerstvé hmotnosti jedinců	18
4.9 Druhé vážení suché hmotnosti jedinců	19
4.10 Zbavení tuku a vážení „suché libové hmotnosti“	19
4.11 Zpracování dat	20
5. VÝSLEDKY	22
5.1 Výsledky studie pro druh <i>Carabus nemoralis</i>	22
5.2 Výsledky pro jedince druhu <i>Abax parallelepipedus</i>	24
6. DISKUZE	28
7. ZAVĚR	32
8. POUŽITÁ LITERATURA	33

1. ÚVOD

Střevlíkovití brouci velmi citlivě reagují na změny v prostředí. Jsou velmi oblíbení mezi entomology a sběrateli díky existující literatuře k jejich identifikaci (Hůrka, 1996). Také díky značné znalosti jejich bionomie a ekologických nároků. Střevlíci slouží již několik desítek let jako modelová skupina pro různé vědecké studie (Hůrka, 1992).

Výzkumu střevlíků na území České republiky se věnovalo mnoho autorů, např. Farkač & Farkačová (1990), Farkač (1994), Fojtová (2003), Horáková (2001), Hůrka (1952, 1954), Kraus (1985), Krejčová & Bezděk (2000, 2001), Pavlíček & Houšková (1988), Petruška (1967), Skuhravý (1959) atd. (Horáková et. al. 2005).

Značný význam střevlíkovitých můžeme porovnat v přirozených i umělých biocenózách. Střevlíkovití hrají velkou roli jako predátoři ostatních bezobratlých, zejména členovců a měkkýšů. Jako etnomofágové se procentuálně nejvíce uplatňují v antropocenozech. Důležitou skupinou jsou v agroekosystémech, kde mají potenciál v integrované ochraně proti škůdcům jako dravci hmyzu, mšic, larev motýlů a podobně. V přirozených biocenózách mají díky své diverzitě a abundanci významné uplatnění při udržování rovnováhy v koloběhu látek a energie (Boháč, 2011a).

V mnoha evropských státech se za poslední roky zvyšuje zájem o problematiku související s invazí nepůvodních druhů rostlin, které díky své dobré adaptabilitě vytlačují druhy původní, což je bráno jako globální ekologická hrozba. Trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*) je u nás jednou z neznámějších nepůvodních rostlin, která má neblahý vliv na životní prostředí. Jelikož se naše krajina mění a šíření invazních rostlin stále stoupá, je v našem zájmu se touto problematikou zabývat.

Jako téma diplomové práce jsem si vybrala srovnání vlivu invazních dřevin s dřevinami původními na tělesnou kondici střevlíků v lesních remízcích uvnitř polí. V oblasti dolního Povltaví a Polabí bylo vybráno několik stanovišť s invazním akátem a původními dřevinami, na kterých byl proveden praktický výzkum.

2. CÍLE PRÁCE

1. Cílem této práce je vypracování rešerše týkající se dopadů invazních rostlin na společenstva hmyzu.
2. Dalším cílem práce je popis problematiky invaze trnovníku akátu v Evropě a dopady na strukturu stanoviště a potravní řetězce obsahující hmyz.
3. Posledním cílem práce je analyzovat data popisující tělesnou kondici střevlíků žijících v remízcích s invazním akátem a ve stanovištích s původními druhy dřevin. Dále chci zjistit, zda má na kondici vliv pohlaví jedinců či načasování sběru (duben, květen, červen). Pro tuto studii byly vybrány dva modelové druhy střevlíkovitých brouků – *Abax parallelepipedus* a *Carabus nemoralis*. Tělesná kondice bude vyjádřena jako obsah tuku korigovaný na strukturní tělesnou velikost (délku krovky).

3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Vliv invazních rostlin na hmyz

Druhy invazních rostlin zde byly již před rokem 1500, avšak pozornost se na ně začala upírat až v druhé polovině 20. století. První zmínky týkající se tohoto tématu můžeme nalézt již v Darwinových studiích (Pyšek, 2001a), avšak první studie na toto téma pochází až z roku 1958 (Pyšek, 2007).

Definice pro nepůvodní (zavlečené) druhy zní - za nepůvodní jsou považovány ty druhy, které se na dané území dostaly v důsledku činnosti člověka z území, ve kterém jsou původní, případně přirozenou cestou z území, ve kterém jsou nepůvodní. To znamená, že do něj byly zavlečeny již předtím (Richardson et al., 2000; Pyšek et al., 2004).

V České republice tvoří nepůvodní druhy již celou jednu třetinu současné flóry. Již před objevením Ameriky zde byla zavlečena jedna čtvrtina z těchto nepůvodních druhů. Této události je tedy přisuzován průlom v procesu šíření nepůvodních, a tedy i invazních druhů. (Pyšek et Sádlo, 2004).

V roce 1982 došlo k zahájení programu SCOPE (Vědecký výbor pro problémy životního prostředí), zabývající se ekologickými problémy a invazemi. Jeho nejvýznamnějším cílem bylo odstartovat mezinárodní spolupráci. O čtyři roky později byl vydán svazek „Biological Invasions“. Ten se stal velmi významným dílem oboru, a od té doby dochází k jeho intenzivnímu rozvoji. V devadesátých letech pak odstartoval mezinárodní projekt GISP (Globální program invazivních druhů). V tomto programu se pokračuje dodnes (Pyšek et Sádlo, 2004c).

Nepůvodní invazní rostliny můžeme pokládat za jednu z hlavních hrozeb pro globální biologickou rozmanitost včetně hmyzu. Z tohoto důvodu je velmi podstatná snaha o pochopení mechanismů dopadu invazních rostlin na původní druhy (Kadlec et al., 2018).

Invazní rostliny mají silné ekologické účinky na původní stanoviště. Nepůvodní dřeviny vylučují dřeviny původní v důsledku mezidruhové konkurence (Vilá et al., 2011; Benesperi et al., 2012). Mohou tedy měnit strukturu stanovišť a tím ovlivnit složení celé komunity (Harris et al., 2004).

Negativní důsledky nepůvodních druhů při obsazení stanovišť mají mnoho podob. Mohou zapříčinit změnu druhového složení původní vegetace na konkrétním stanovišti, čímž dochází k poklesu biodiverzity a vytváření druhově chudších porostů. Trnovník akát je obecně známý svou fixací vzdušného dusíku, který zvyšuje eutrofizaci stanoviště, díky čemuž dochází ke vzrůstu podílu synantropních druhů. Trnovník akát a některé další nepůvodní dřeviny také produkují kyselý odpad, což je jeden z faktorů vyvolávající výraznou změnu podmínek stanoviště (Richardson et al., 2000). Jeho fenolkarboxilové kyseliny inhibují klíčení všech ostatních rostlin (Bagar, 1986). Výskyt akátu na stanovišti může působit na koloběh a zásobu i dalších živin než je pouze dusík. V akátovém porostu byl v hrabance naměřen vyšší obsah vápníku, fosforu, hořčíku a draslíku ve srovnání s borovým lesem (Šikrová, 1963).

Dalším faktorem ovlivňující strukturu stanoviště je podstatně rychlejší růst invazních rostlin tvořící notné množství biomasy, která omezuje ostatní flóru. Také květy invazních rostlin mohou být pro hmyz mnohdy lákavější a hmyz je upřednostní. Přeměna druhového složení původní vegetace má tedy také výrazný vliv na změnu druhového složení hmyzu. Na daném území pak dochází k celkovému snížení stability celého systému (Pyšek, Krahulec 2001).

Dopad akátu na rostliny se neprojevuje změnami v druhové bohatosti jejich komunit, jak tomu bývá u jiných invazních dřevin, jako je například chynovník červený (*Cinchona pubescens*) (Jäger et al., 2007). V akátových porostech převládají rostlinné druhy, které tolerují zvýšenou úroveň poruch vyvolaných člověkem a půdu s omezenou bohatostí živin. Díky vyšší náchylnosti akátových porostů na letní sucha hostí napadené porosty více druhů rostlin, které preferují kontinentální charakter podnebí. Rostliny, které mají větší nároky na vlhkost stanoviště, naopak dávají přednost neobsazeným porostům (Hejda et al., 2017).

3.1.1 Vliv na potravní řetězce

Nahrazení původních rostlin druhy cizími ovlivňuje jiné trofické úrovně, zejména fytofágní hmyz (Rúben et al., 2009).

Rúben et al. (2009) ukazuje, že ačkoliv se invaze nedotkla početnosti hmyzu, výrazně se snížila jeho diverzita, což samozřejmě ovlivňuje škálu druhů dostupných pro dravce. Nahrazení původní vegetace konkurenčně schopnějšími cizími druhy způsobilo nárůst některých velmi malých druhů, zejména býložravých much z rodu

Trisopsis (Cecidomidae) živících se cizími rostlinami, které nahradili větší domorodé specialisty živící se semeny původních druhů rostlin.

Konkrétně zaměření býložravci či opylovači jsou evolučně vázáni na omezený počet druhů rostlin. Ti pak obvykle svou druhovou rozmanitostí či početností na invaze rostlin reagují negativně. Naopak predátoři či rozkladači v mnoha případech invazemi negativně ovlivněni nejsou. Jejich rozmanitost či početnost se může v nových stanovištích dokonce zvýšit (Kadlec et al., 2018).

Býložravci jsou obecně nejvíce negativně ovlivňovanou potravní gildou členovců rostlinnými invazemi v důsledku nahrazení jejich hostitelských rostlin nepoživatelnými novými druhy (van Hengstum et al., 2014; Litt et al., 2014; Liu & Stiling, 2006), a to z toho důvodu, že se nemusí invazní dřevině přizpůsobit tak, aby si poradili s jejími fotochemikáliemi (Bezemer, Harvey, Cronin, 2014).

Invaze ovšem také může vést k otevřenější a heterogennější struktuře stanovišť, které mají dobře vyvinuté vrstvy keřů a bylin, nabízejících řadu potravních nik pro nespecializované druhy herbivorů (Slade et al., 2013).

Výzkum Maoela et al. (2019) se pokouší objasnit relativní význam živin v listech a hustoty predátorů pro interakci s býložravci na místech s původními druhy stromů a místech s různými stavy invaze. Bylo zjištěno, že hladiny dusíku v listech byly výrazně vyšší v obnovených lokalitách ve srovnání s těžce napadnutými a nedotčenými lokalitami. Početnost býložravce se výrazně zvýšila na původní dřevině. Postupem času by došlo ke zvyšování počtu býložravců i v obnovených lokalitách, kde byly prokazatelně zvýšené nutriční hodnoty rostlin. V silně napadnutých místech byla druhová bohatost býložravců nejnižší. Predátoři pak byli hojnější v téměř nedotčených místech než na silně napadnutých a obnovených místech.

Studie zabývající se sběrem pylu a nektaru zjistily, že potravinové zdroje invazních rostlin mohou být nativními opylovači zcela opomíjeny (Parde, Philpott, 2014; Fukase, Simons, 2016) nebo mohou být opylovači přijaty jako nová alternativa potravy (Somme et al., 2016). Akát může být považován za strom „přátelský k opylovačům“ v městském prostředí, avšak jeho atraktivita se může snižovat s rostoucím městským stresem jako je teplo, znečištění či izolace. Vyplývá to z výzkumu, který prováděl Buchholz a Kowarik (2019). Ti se zabývali

otázkou atraktivity invazního akátu oproti původní rostlině janovci metlatému (*Cytisus scoparius*), pro opylovače s ohledem na rostoucí urbanizaci. Oba druhy rostlin přitahovaly širokou škálu opylovačů. Výrazně vyšší návštěvnost měl invazní akát, ovšem bez výrazného rozdílu v počtu hmyzu, který ke květům přistoupil okamžitě. Avšak ve srovnání s původním janovcem se více opylovačů vznášelo nad květy invazního akátu, aniž by je později navštívilo. Míra rozhodování o vstupu do květů invazního druhu klesala se zvyšující se urbanizací. Akát přesto silně investuje do svých reprodukčních orgánů, produkuje velkou plodinu, čímž se stává cenným zdrojem nektaru (Somme et al., 2016; Castro-Díez et al., 2014).

Spektrum druhů hmyzu schopných živit se invazním akátem je omezené. Ve Slovenské republice se mu přizpůsobilo jen několik původních druhů motýlů a to i přes existenci velkého počtu polyfágních druhů v tomto řádu a dlouhé době, která od invaze akátu již uplynula (Kulfan, 2012).

3.1.2 Trnovník akát

Náchylnost ekosystémů na invazní nepůvodní druhy rostlin je závislá na charakteristikách prostředí a je pravděpodobně výsledkem několika vzájemně se ovlivňujících faktorů, jako je například klima, režim narušení a konkurenční schopnosti rezidentních druhů (Lonsdale, 1999). Většina nepůvodních stromů, včetně Trnovníku akátu (*Robinia pseudoacacia* L.), byla zavlečena především jako okrasné rostliny k úpravě krajiny a proti erozi (Reichard, Hamilton, 1997).

Původ trnovníku akátu spadá do jihovýchodní oblasti Spojených států amerických, kde přirozeně roste na jižních svazích Apalačského pohoří (Kolbek et al., 2004). Do Evropy byl poprvé přivezen v 17. století (Jurko, 1963). Německo pak bylo jednou z prvních zemí, kde začalo docházet k velkoplošnému vysazování a pěstování akátu (Kowarik et al., 2000). Akát byl v 18. století velmi propagovanou módní dřevinou. Jeho obliba v pěstování se postupně šířila po celé Evropě, Asii, Jižní Americe, Africe a nakonec i v Austrálii. Dnes je dokonce rozšířen téměř celosvětově (Chmelař, 1986). Akát má optimum výskytu na vlhkých vápencových půdách, avšak v našich podmínkách dává přednost stanovištím, která jsou sušší. Důvodem jsou vysoké nároky na teplo a světlo, přičemž celkem dobře snáší vysychání půdy. Ve vlhkých půdách má naopak velký problém s konkurencí domácích dřevin, i když je tam přizpůsoben k růstu na podmáčených stanovištích (Chmelař, 1986; Kolbek et al., 2004).

Trnovník akát je listnatý strom, který dorůstá výšky 20 – 30 m s výčetní tloušťkou běžně 30 – 76 cm. V příznivých podmínkách střední Evropy může akát dorůst až 35 m (Keresztezi, 1983). Díky svým rozměrům se řadí mezi středně velké stromy. Akát má otevřenou, spíše řídkou korunu. Jeho pupeny jsou skryté mezi párem jednoduchých špičatých trnů, které jsou vlastně přeměněnými palisty. Na větveni je obvykle 11 až 15 krátce stopkatých celokrajných lístků, které jsou cca 3 cm dlouhé (Huntley, 1990; Fér, 1994; Kremer, 1995). Listový aparát v době slunečního žáru nebo delších dešťů reaguje na klimatické změny, a to tak, že se lístky přiklánějí k sobě podél větven listu. Kvete v červnu. Jeho květy jsou oboupohlavní, seskupeny do převislých úžlabních hroznů 10-25 cm dlouhých. Květy jsou velké až 2 cm a velmi intenzivně voní (Větvička, 1961). Obvykle vytváří mělčí, avšak velice bohatý kořenový systém (Huntley, 1990). Tento druh se šíří kořenovými přísavkami (Kowarik, 1996).

Trnovník akát má dopad na světelný režim a půdní prostředí včetně bioty (Lazzaro et al., 2018), rychlosti rozkladu (Castro-Díez et al., 2012) a dostupnost živin (Vítková et al., 2015).

Problém s invazí akátu z lesnického a ochránářského hlediska vyvolává značné diskuze, což inklinuje k tomu, že se mu věnuje velká pozornost. Skutečnost je však taková, že je péče o akátové porosty ve srovnání s jinými invazními druhy opomíjena, přestože akát můžeme najít na seznamu 31 nebezpečných invazních druhů České republiky. V řadě chráněných území je jeho přítomnost považována za velký problém (Vítková, 2011).

3.1.3 Dopady trnovníku akátu na hmyz

Již mnoho výzkumů prokázalo, že dopady akátu na hmyz jsou značné. Příkladem může být studie od Kadlece et al. (2018), který se zabýval složením komunity nočních motýlů na porostech původních listnatých stromů a na porostech, kterým dominoval invazní akát. Ze závěrů vyplývá, že reakce členovců na invazi akátu závisí na jejich stravovací strategii, přičemž převažují negativní účinky na býložravce, kteří mohou být vázáni na různé vrstvy vegetace a jejich reakce se mohou lišit od změny světelných podmínek nebo struktury porostů. V akátových porostech je díky otevřenějším korunám výrazně lepší přenos slunečního záření, což následně podporuje růst bylin a keřů v podrostové vrstvě. Na základě světelných podmínek byla zjištěna nižší druhová bohatost a početnost nočních motýlů v porostech,

kde dominoval invazní akát, což potvrzuje obecné pravidlo, že rozmanitost, početnost či biomasa býložravců příčinou invazních rostlin klesá (Liu a Stiling, 2006; Gerber et al., 2008). Naopak z různých studií vyplývá, že invazní dřeviny nemají výrazný vliv na druhovou diverzitu predátorů (Buchholz et al., 2015).

Obecně se zdá, že biologická rozmanitost v lesních stanovištích závisí na struktuře vegetace, která je do značné míry podmíněna dominantními dřevinami. (Hanzelka, Reifl, 2016). Dominantní druh stromu má silný vliv na heterogenitu a strukturu stanoviště a otevřenost baldachýnu. Ty jsou pak pozitivně spojeny s diverzitou členovců v nížinných lesích (Kadlec et al., 2018). Převážná většina studií zabývajících se dopady invazních stromů na členovce se zaměřuje na velké lesní porosty (Kadlec et al., 2019). Výzkum Štrobla et al. (2019) byl zaměřen na lesní ostrovy izolované uvnitř intenzivně obhospodařované zemědělské krajiny. Lesní ostrovy jsou i přes svou malou rozlohu hostitelem rozmanitého množství členovců, kteří jsou obohaceni o značné množství ohrožených druhů. Přestože je akát považován za jeden z neškodlivějších stromů pro původní ekosystémy (Vítková et al., 2017), jejich studie zaměřená na společenstva členovců v remízích akátu tento názor plně nepodporuje. Díky jejich otevřenější struktuře biotopů podporují dřeviny druhy členovců na otevřeném stanovišti včetně ohrožených specialistů. Tito specialisté mohou využít lesních ostrůvků jako krátkodobé útočiště nebo úkryty během zemědělského narušení na orných půdách. Přítomnost Akátu a původních dřevin, které jsou roztroušeny po intenzivně obhospodařovaných polích, tedy poskytují značnou podporu biologické rozmanitosti členovců a poskytují útočiště pro členovce, kteří mají různé ekologické či trofické nároky (Štrobl et al., 2019). Konkrétně se zjistilo, že u dřevin s otevřeným baldachýnem, větším pokrytím vyšších bylin a vyšším počtem mrtvých stromů byla celkově větší druhová četnost členovců. Tato struktura stanovišť bývá běžnější u akátových porostů a to z toho důvodu, že poskytuje více ohřáté a teplejší stanoviště díky množství slunečního záření pronikajícího vrstvou baldachýnu (Vítková et al., 2017). Větší početnost kovaříkovitých, početnost a druhová bohatost ploštic byla pak s největší pravděpodobností úzce spojena se strukturou stanoviště, protože specialisté na otevřená stanoviště byli přítomni především v akátových porostech. Naopak negativní vztah byl mezi akátovým porostem a býložravými motýly a nosatci.

Ve studii Degomeze a Wagnera (2001), jejímž tématem bylo porovnání diverzity členovců v exotických vs. v původních druzích akátů v severní Arizoně,

byla v nepůvodních akátových porostech zjištěna ztráta třiceti procent druhové diverzity oproti porostům druhů původních.

Přítomnost padlých či stojících mrtvých stromů, kmenů či kořenových systémů významně přispívá k přežití saproxylických druhů brouků (Marchetti, Lombardi, 2006). Ve výzkumu Della Rocca et al. (2016) byla zjišťována preference mrtvého dřeva invazní vs. původní dřeviny saproxylickými druhy. Výzkum byl prováděn v lokalitě, kde se nacházely původní i invazní dřeviny. Saproxylické druhy brouků používaly všechny mrtvé stromy bez rozlišení mezi exotickými a původními druhy.

3.2 Měření tělesné kondice hmyzu

Informace o tělesném stavu zvířat, myšleno z hlediska energetických rezerv, jsou v ekologickém výzkumu velmi důležité, a to z důvodu přímých důsledků tělesné kondice na reprodukční úspěch hmyzu (Knapp, Knappová, 2013). Moya-Larano (2002) prováděl výzkum dopadů stárnutí a omezení potravy u pomalu stárnoucích pavouků, ve kterém prokázal významný vliv na jejich reprodukci při omezení potravy. Samice s vyšší hmotností položily větší vaječné snůšky a produkovaly těžší potomky. Bylo prokázáno, že brouci, kteří mají lepší tělesný stav, vykazují prokazatelně vyšší dobu přežívání v nehostinných podmínkách (Petersen, 1999).

Kondicí zvířat se již zabývalo mnoho vědců a byla zkoumána již v mnoha studiích, přičemž bylo využito více způsobů měření tohoto indikátoru. Östman (2005) zkoumal časovou variabilitu čtyř vlastností, které souvisejí se zdatností. Jednalo se o tělesnou hmotnost korigovanou na velikost, tělesnou hmotnost, obsah tuku a plodnost dvou druhů střevlíkovitých brouků. Byly studovány různé strategie pro přezimování, délka života, strava a šířka stanoviště. V této studii byla použita metoda přímého měření tuku. Tato studie prokázala, že je důležité provádět studie po dobu delší než rok, aby bylo možné vyvodit účinky prostorové variace v přežití a plodnosti obecných predátorských členovců. Z výzkumu vyplývá, že draví střevlíkovití nejsou trvale v lepším stavu nebo nevykazují vyšší plodnost v pozměněných zemědělských krajinách ve srovnání s ostatními zemědělskými krajinami.

Barone a Frank (2003) studovali nutriční reakci střevlíčka měděného (*Poecilus cupreus*), který je jedním z nejhojnějších střevlíkovitých brouků na orné půdě, včetně biopásů různého věku. V tomto výzkumu došli k závěru, že reprodukční potenciál hojného polyfágního střevlíka ve čtyři roky starých biopásech je výrazně vyšší než v biopásech starých pouze jeden rok. Při výzkumu byla využita metoda vážení čerstvé hmotnosti jedinců, kteří byli osušeni po dobu jedné minuty na savém papíru a měřením délky krovky k určení velikosti těla. Jiná studie ovšem zjistila, že měření čerstvé hmotnosti nemusí být zcela vhodná metoda, protože čerstvá hmotnost a obsah tuku vzrůstají u dospělců střevlíků v čase (Chaabane et. al., 1997). U samic byla navíc spočítána všechna zralá vajíčka ve vaječnicích a vejcovodech. Je totiž známo, že počet zralých vajíček odráží plodnost brouků, a je požadována za vhodný indikátor množství a kvality potravin v přírodních stanovištích (Van Dijk, 1986; Wallin et al., 1992). V dalších studiích byl pro stanovení nutričního stavu brouků pro každého jedince vypočítán kondiční faktor (Le Cren, 1951; Juliano, 1986). Tento kondiční faktor se zakládá na vztahu mezi tělesnou hmotností a délkou krovky.

Haschek et al. (2012) se ve svém výzkumu zaměřili na odezvu nutričního stavu, reprodukčního potenciálu a hustoty dvou střevlíkovitých brouků - kvapníka širokého (*Amara Similata*) a střevlíčka měděného (*Poecilus cupreus*), na sadu parametrů pole a krajiny. Množství a kvalita potravin ovlivňuje kondici jednotlivců a jejich dynamiku v zemědělské krajině (Bommarco, 1999). Jako měřítko pro měření kondice při tomto výzkumu využili kondiční faktor. Pro získání údajů byla měřena délka levé krovky každého brouka. Dalším ukazatelem byla suchá hmotnost, které bylo dosaženo po sedmi dnech sušení u většího střevlíčka měděného (*Poecilus cupreus*), a po pěti dnech u kvapníka širokého (*Amara Similata*). Hmotnosti všech brouků byly vyneseny proti jejich vlastní délce. Výzkum potvrdil masožravost u dospělých střevlíků měděných, přičemž kondiční faktor byl nejlépe vysvětlen početností škůdců jako náhrady dostupnosti kořisti. Tento výzkum také dokazuje, že existuje nanejvýš nepřímá závislost kondičního faktoru střevlíků na parametrech krajiny, protože dostupnost kořisti může být zlepšena neobdělávanými stanovišti, které obklopují pole.

V přírodě se musí téměř veškerá zvířata vyrovnávat s nedostatkem potravy. Obzvláště vysoké riziko hladovění je u masožravých druhů, a to z důvodu

nepředvídatelnosti dostupnosti potravy v čase a prostoru. Knapp (2016) zjišťoval relativní význam strukturální velikosti, pohlaví a hmotnosti těla při stanovení rezistence na hladovění u brouka střevlíčka ošlejchového (*Anchomenus dorsalis*). Ke zjištění mechanismu, který je základem odolnosti vůči hladovění, byl v této studii měřen obsah lipidů a suchá hmota plně krmených samců a samic a vazby mezi strukturální velikostí těla, pohlavím a hmotností před hladověním, obsahem lipidů a libové suché hmoty. Ve výzkumu byly použity metody vážení živé, suché a libové suché hmotnosti. Výsledky této studie ukazují, že tělesný stav před hladověním, přesněji tělesná hmota před hladověním korigovaná na strukturální velikost těla a pohlaví je dobrým predikátorem odolnosti vůči hladovění. Studie také dokazuje schopnost střevlíčka olejchového (*Anchomenus dorsalis*) přežít po dlouhou dobu bez potravy, přičemž samičky mají výrazně vyšší odolnost vůči hladovění než samci.

Další studie, která se zabývá problematikou kondice brouků je například studie od Barone a Franka et al. (2003), kteří se ve své studii zaměřovali na hustotu a nutriční stav střevlíkovitých brouků v biopásech různého věku. Byla studována hustota a nutriční stav pěti druhů střevlíků. Ve své studii zvolili metodu měření suché hmotnosti jedinců. Z výzkumu vyplynulo, že biopásy prokazatelně zlepšují nutriční stav brouků již od druhého roku po svém založení.

Velmi zajímavé jsou potravinové signály u holometabolního hmyzu, a to z důvodu dostupnosti potravy během larvální fáze, která může ovlivnit metamorfózu dospělce. Larvální výživa je tedy jedním primárním z faktorů při určování tělesné hmotnosti (Chown, Gaston, 2010). Nedostatek potravy může ovlivnit alometrii, nebo-li nerovnoměrnost růstu a vývinu jedinců (Nijhout, Wheller, 1996). Již existuje mnoho výzkumů, které dokazují, že při hladovění během larvální fáze došlo k morfologickým změnám, a to včetně letového aparátu (Brown et al., 2017).

3.3 Charakteristika střevlíkovitých brouků (*Coleoptera: Carabidae*)

Střevlíkovití jsou taxonomicky zařazeni do říše Animalia (živočichové), kmene Arthropoda (členovci), třídy Insecta (hmyz), řádu Coleoptera (brouci), podřádu Adephaga (masožraví) a čeledi Carabidae (střevlíkovití).

Brouci (*Coleoptera*)

Brouci jsou nejpočetnějším řádem živočichů na světě. Představují třetinu všech známých hmyzích druhů a zhruba jednu čtvrtinu všech živočišných druhů. Celosvětově je popsáno kolem 400 000 druhů, v Evropě přes 20 000 a v České republice je známo necelých 7000 druhů, a to ve sto osmi čeledích. Jejich pestrost je patrná jak z jejich velikosti, tak ze způsobu života a rozšíření či z potravní specializace (Hůrka, 2005).

Střevlíkovití (*Carabidae*)

Čeď *Carabidae* je jedna z nejpočetnějších čeledí brouků (přibližně 32 000 brouků). V České republice je zastoupeno více než 600 druhů v 9 podčeledích (Hůrka, 2005). Střevlíkovití obývají různorodé stanoviště od mokrých, bažinatých nebo pobřežních až po suchá stepní a pouštní. Většina druhů žije na povrchu půdy pod kameny nebo v hrabance. Mohou žít i na bylinách, keřích a stromech, některé i pod kůrou a v hniјícím dřevě. Většina střeoevropských druhů je vlhkomilná s noční aktivitou (Hůrka, 1996).

Naši zástupci nejsou potravně specializovaní. Jsou to masožravci, kteří aktivně loví kořist nebo vyhledávají uhynulé bezobratlé i obratlovce. Velmi mnoho druhů je všežravých, avšak převažují masožraví nebo i býložraví (Hůrka, 1996). Střevlíkovití brouci jsou velmi významní a již spousta let slouží jako modelová skupina pro různé ekologické studie. Jejich značný význam můžeme porovnat v přirozených i umělých biocenózách. Střevlíkovití hrají velkou roli jako predátoři ostatních bezobratlých, zejména členovců a měkkýšů. Jako etnomofágové se procentuálně nejvíce uplatňují v antropocenozech. Důležitou skupinou jsou v agroekosystémech, kde mají potenciál v integrované ochraně proti škůdcům, jako dravci hmyzu, mšic, lepidopterických larev a podobně. V přirozených biocenózách mají díky své diverzitě a abundanci významné uplatnění při udržování rovnováhy v koloběhu látek a energie (Boháč, 2011a).

Základní skupiny střevlíkovitých brouků (Hůrka et al., 1996; Hůrka, 1996):

Skupina R (reliktní druhy)

Do skupiny reliktních druhů řadíme druhy, které mají nejužší ekologickou valenci, z čehož vyplývá, že se ve většině případech jedná o vzácné a ohrožené druhy přirozených a nepříliš poškozených ekosystémů. Jako příklad můžeme uvést rašeliniště, vřesoviště, slaniska, prameniště, močály, bažiny, či zbytky původních

stepí. Mohou to být také druhy, které obývají přechodná, i nestálá stanoviště, jako jsou meze, remízky a okraje vinic a polí. V České republice čítá tato skupina 174 druhů a poddruhů. Pokrývá tedy 33,1 % všech taxonů.

Skupina A (adaptabilní druhy)

Skupina adaptabilních druhů zahrnuje druhy adaptabilnější, které osídlují spíše přirozené nebo přirozenému blízké habitáty. Můžeme je najít i na druhotných biotopech, které jsou dobře regenerovány. Můžeme sem zařadit druhy lesních i umělých porostů, pobřežní druhy stojatých i tekoucích vod, různé druhy lučin, pastviny a jiné travní porosty. Tato skupina je skupinou nejpočetnější, která čítá 259 druhů a poddruhů, tedy celých 49,2 % všech druhů, které se v České republice vyskytují.

Skupina E (eurytopní druhy)

Poslední skupinou je skupina eurytopních druhů, které tvoří druhy bez zvláštních nároků na charakter a kvalitu prostředí. Do této skupiny řadíme druhy nestabilní, obývající silně antropogenně ovlivněnou krajinu. Řadíme sem i druhy expansivní. Do této skupiny patří 93 druhů a poddruhů, což je 17,7 % ze všech druhů České republiky.

Morfologie

Larvy jsou ve většině případech zbarvené tmavě. Jsou protáhlé, zploštělé s devítičlávkovým zadečkem, který je zakončen dvěma sklerotizovanými přívěsky. Mají velmi dobře vyvinuté nohy a velkou hlavu se silnými kusadly. (Křístek, Urban, 2004). Velikost brouků se pohybuje v rozmezí od 1,6 mm do 40 mm (Miller, 1951).

Povrch těla je u valné většiny střevlíkovitých dobře sklerotizován jen výjimečně a zřejmě druhotně. Jsou to především tenké a měkké krovky. Typické zbarvení střevlíkovitých je většinou černé nebo tmavě hnědé. Celkem častý bývá mosazný, měděný, zelený nebo i modrý kovový lesk (často se vyskytuje u druhů s denní aktivitou), nebo se vyskytuje zbarvení žluté, žlutohnědé nebo žlutočervené, které může být na většině povrchu těla či jeho částech jako jsou nohy, ústní ústrojí, tykadla a spodní strana těla. Lesklost či matnost povrchu těla je dána jeho hladkostí nebo strukturou. U většiny druhů převažují nohy běhavé. Méně obvyklé jsou nohy kráčivé nebo (alespoň přední pár) hrabavé. U samců bývají u předního páru chodidla rozšířená. Rozšířené články nesou na spodní straně různě hustě uspořádané sety či brvy s přísavnou funkcí (Hůrka, 1996). Tykadla jsou jedenácti členná, nitkovitá,

krovky mají často podélná žebra, řetízky, řady vtisknutých bodů nebo podélné rýhy (Miller, 1951).

3.3.1 *Abax parallelepipedus* (Piller, Mitterpacher, 1783)

Abax parallelepipedus, znám také jako *Abax ater* (Villers, 1790), s českým názvem čtvercoštitník černý je lesklý, černě zbarvený druh s podélně drážkovanými krovkami, který je aktivní především v noci (Gerstmeier, 2006). Zbarvení vykazuje u samic a samečků určité rozdíly. Samečci jsou černí a lesklí, oproti tomu samičky jsou sice také černé, ale matné (Hůrka, 1996). *Abax parallelepipedus* dosahuje velikosti 1,6 až 2,1 centimetrů.

Jeho výskyt je častý v listnatých lesích střední Evropy od nížin do hor (Gerstmeier, 2006). Těžiště rozšíření je typické v nižších vegetačních stupních (1. – 3.). Charakteristický je pak především pro 3. dubobukový vegetační stupeň. (Kula, Purchard, 2004). Tento druh je zařazen do bioindikační skupiny A - adaptabilní druhy (Pulpán, Stanovský, 2006). Je to typ bez obligatorní diapauzy, tedy bez stabilní doby rozmnožování (Hůrka, 1996), (Thiele, 1977). Avšak dle (Dedek, 2006) se rozmnožuje nejčastěji v podzimních měsících.

Abax parallelepipedus je dlouhověký. U některých jedinců byla v terénu dokonce zjištěna životnost až 4 roky (Loreau, 1990). Loreau a Nolf (1993) prováděli pohyb tohoto druhu. Průměrná vzdálenost, kterou brouci denně urazili, byla zhruba 1,8 m. *Abax parallelepipedus* je tedy mnohem méně mobilní než druhy rodu *Carabus*. To může být pravděpodobně zapříčiněno tím, že mají menší velikost a mají odlišnou potravní strategii, protože jsou aktivní v hrabance, a proto tedy nejsou typickým druhem, který běhá po povrchu.

3.3.2 *Carabus nemoralis* (O. F. Müller, 1764)

Carabus nemoralis, s českým názvem střevlík hájní, je evropský druh, který byl zavlečen do Severní Ameriky (Hůrka, 1996). Vyskytuje se ve vlhkých stinných lesích a zahradách od nížin do středně vysokých hor. Ukrývá se pod kameny, v mechu a listí (Zahradník 2008). Typické jsou pro střevlíka hájního dubohabřiny (Nenadál, 1988) a zejména menší nadmořské výšky - po 3. vegetační stupeň (Kula, Purchard, 2004). Přestože je popisován jako lesní druh (Valemborg, 1995; Jukes et al., 2001), lze jej vzácně nalézt i v relativně otevřených biotopech (Lövei, Sundrland, 1996). Ačkoliv je *Carabus nemoralis* považován za eurytopický

druh, může být velmi citlivý na změny stanovišť, jako jsou například změny způsobené lesním hospodářstvím (Beaudry et al., 1997).

K jeho rozmnožování dochází na jaře (Thiele, 1977). Dosahuje velikosti 18-28 mm. Na webových stránkách „Europe’s largest scientific bug site“ je *Carabus nemoralis* popisován jako rychle se pohybující, agilní brouk se silnými nohama, který tráví den skrytý mezi vegetací, pod kameny, za kůrou nebo na obdobných místech, a v noci se vydávají za potravou. Tito brouci manipulují se svou kořistí charakteristickým způsobem, protože většina trávicího procesu probíhá mimo tělo zvířete. Regurgitují tmavě hnědé trávicí šťávy do kořisti, která je tak paralyzována. Tkáně se postupně zkapalňují a tato tekutina je následně odsávána. Digweed (1994) prokázal, že *Carabus nemoralis* je schopen sledovat stezky slimáků (*Deroceras reticulatum*) a žížal, což naznačuje preferenci takovéto kořisti. Po celém světě má tedy funkční roli jako dravec slimáků a žížal v lesním ekosystému (Thiele, 1977).

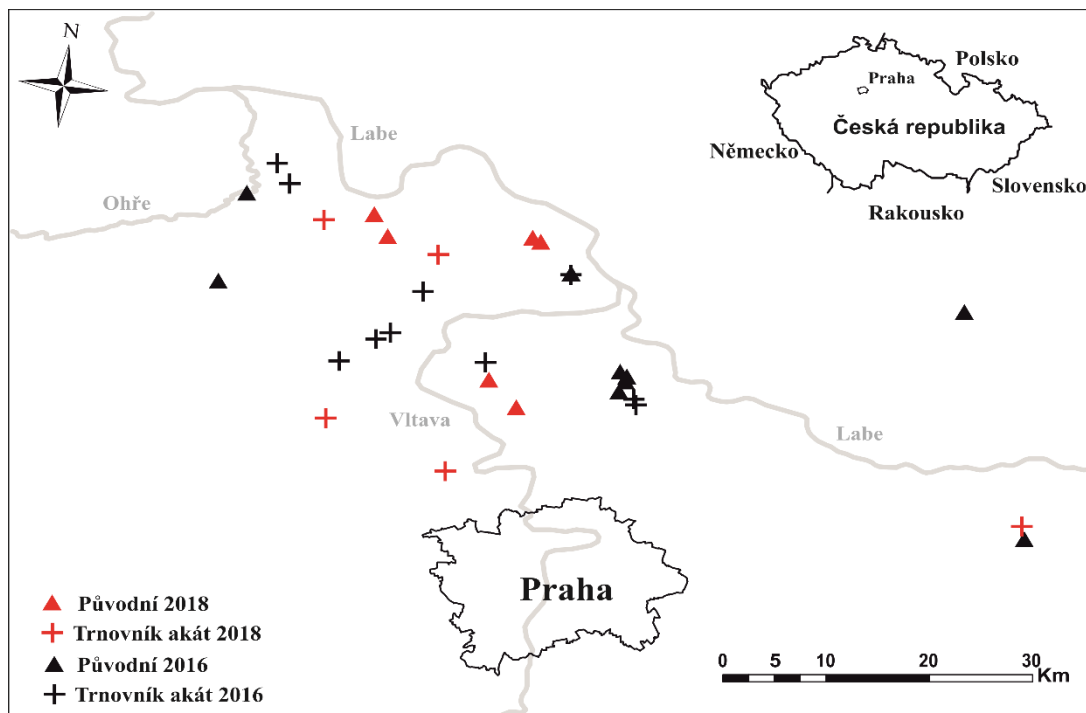
4. METODIKA

4.1 Časový harmonogram sběru dat

Studijní období sběru dat probíhalo od dubna do června v roce 2016 a 2018. Za tuto dobu bylo nasbíráno celkem 54 vzorků.

4.2 Výběr lokalit

Vybrané lokality, na kterých byl prováděn výzkum, se nachází ve Středočeském kraji severně od Prahy (dolní Povltaví, Polabí; Obrázek 1). Typem vybraných lokalit byla intenzivně obhospodařovaná zemědělská krajina. Pro tuto studii byly vybrány lesní fragmenty (ostrůvky), které byly zcela oddělené ornou půdou. První polovinu tvořily původní druhy dřevin 2. vegetačního stupně, tedy stupně bukodubového. V porostu převládaly jasany, duby a další příměsi, jako jsou javory, jilmy, lípy a habry. Druhá polovina byla pak tvořena nepůvodní invazní dřevinou trnovníkem akátem (Obrázek 1).



Obrázek 1: Mapa s vyznačenými oblastmi, na kterých byl prováděn výzkum. Červené lokality byly vzorkovány v roce 2016 i 2018, černé jen v roce 2016.

4.3 Instalace pastí

Jedinci byli odchytáváni za pomoci zemních pastí, složených ze dvou kelímků o průměru 94 mm, s výškou 144 mm a objemem 0,5 l. Zemní past pak byla naplněna do $\frac{3}{4}$ objemu 4% roztokem formaldehydu, který byl použit z toho důvodu, že je jediným konzervačním prostředkem, který nezpůsobuje významnou změnu

ve vlhkých nebo suchých hmotnostech jedinců (Knapp, 2012). Odběr vzorků z pastí probíhal formou odstranění přebytečného roztoku formaldehydu, který se odstranil pomocí sítky nebo cedníku. Vyjmutý vzorek se dále uskladnil do igelitových sáčků, přičemž byl do zmíněného sáčku přiložen též štítek s popisem lokality. Poté byl vzorek uložen do boxu s pevným víkem. Vzorky odchycených jedinců byly následně vloženy do mrazícího zařízení v laboratoři. Zmražení vzorků je optimální metoda pro skladování a následné analyzování jedinců zejména kvůli zachování dobrého stavu jejich těla (Knapp, 2012).

4.4 Rok 2016

V roce 2016 proběhl úvodní sběr dat. Bylo vybráno 30 fragmentů, z čehož se jednalo o 15 fragmentů s původními druhy dřevin a 15 fragmentů s dřevinou invazní, tedy akátem. Na každém fragmentu bylo umístěno 5 zemních pastí, které byly umístěny v 5 metrové vzdálenosti od sebe navzájem. V tomto roce byly použity zemní pasti bez stříšek. První instalace pastí se uskutečnila na začátku dubna, konkrétně 10. – 12. dubna 2016. Zemní pasti zde byly ponechány do začátku července, tedy do 1. – 5. července 2016. Za toto období se uskutečnily tři výběry pastí. První termín se uskutečnil 6. – 9. května 2016, druhý termín výběru se uskutečnil 4. – 6. června 2016 a třetí termín 1. – 5. července 2016.

4.5 Rok 2018

V roce 2018 bylo navázáno na rok 2016, kdy byly vybrány ty lesní fragmenty, ve kterých se v roce 2016 odchytilo nejvíce střevlíků. V tomto roce je tedy vybráno již pouze 11 fragmentů (5 fragmentů s původními dřevinami a 6 fragmentů s akáty). Ve vybraných lokalitách se maximalizovala intenzita sběru. Na každém fragmentu tak bylo umístěno 12 zemních pastí se stříškami. Stříšky byly použity, aby bylo zachyceno co nejvíce jedinců a zamezilo se tak ztrátám pastí vyplavením či poškozením od zvěře. Pasti zde byly zakopány 9. dubna 2018 a následně ponechány do 19. června 2018. Za tuto dobu došlo opět ke třem výběrům pastí, a to v 1. termínu – 27. dubna 2018/2. května 2018, ve 2. termínu – 29. května 2018, a ve 3. termínu – 19. června 2018.

4.6 Uskladnění odchycených jedinců a zpracování vzorků

Vzorky odchycených jedinců byly rozděleny podle data a místa odchyty do jednotlivých balíčků a umístěny do mrazícího zařízení. V počáteční fázi laboratorních prací byly vzorky vyčištěny od větviček, částic půdy a jiných přírodních materiálů. Ze vzorků byly vybrány dva druhy střevlíkovitých brouků a to střevlík hajní (*Carabus nemoralis*) a čtvercoštitník černý (*Abax parallelepipedus*).

V laboratoři proběhla determinace a rozdělení vzorků dle pohlaví za využití binokulární lupy. Rozdělení jedinců dle pohlaví bylo provedeno podle morfologických znaků (šířka tarsálních článků prvního páru končetin), a při nemožnosti určení pak pomocí preparace pohlavních orgánů jedinců. Vzorky byly následně uschovány v mrazicím zařízení v plastových mikrozkušnicích typu Eppendorf (1,5 ml) a v plastových nádobkách o objemu 20 ml. Všechny vzorky byly označeny štítky, s uvedeným datem odběru, stanovištěm (NAT/INV), druhem a pohlavím jedinců. Všechna získaná data byla přepsána do tabulkového procesoru Microsoft Excel 2013.

4.7 Sjednocení vzorků

V druhé fázi laboratorních prací bylo potřeba sjednotit vzorky, aby výsledky výzkumu nebyly zkresleny. Z důvodu manipulace se vzorky a jejich uskladnění došlo ke ztrátě některých končetin a tykadel u zkoumaných jedinců. Proto bylo rozhodnuto o odstranění těchto tělních přívěšků u všech jedinců, aby při následných vážení nedocházelo k nežádoucím zkreslením (Obrázek 2).



Obrázek 2: *Carabus nemoralis*, zbaven končetin a tykadel. Foto: Z. Zachová

4.8 První měření a vážení čerstvé hmotnosti jedinců

Každý jedinec byl následně zvážen na laboratorní váze KERN (ABT 100-5NM). Váhu bylo nutné před prvním vážením důkladně zkalibrovat. Dále pak docházelo

k pravidelné kalibraci váhy po zvážení každého pátého jedince (Obrázek 3). V případě chybné manipulace s váhou nastala okamžitá kalibrace, bez ohledu na počet zvážených jedinců. Po vážení přišla řada na měření jedinců za pomoci digitálního posuvného měřítka s přesností 0,01 mm. Délka byla měřena jako „délka krovky“ (nejdelší vzdálenost od vrcholu krovky k její základně). Veškerá data byla následně zaznamenávána do tabulkového procesoru.



Obrázek 3: vážení jedinců na laboratorní váze KERN (ABT 100-5NM). Foto: Z. Zachová

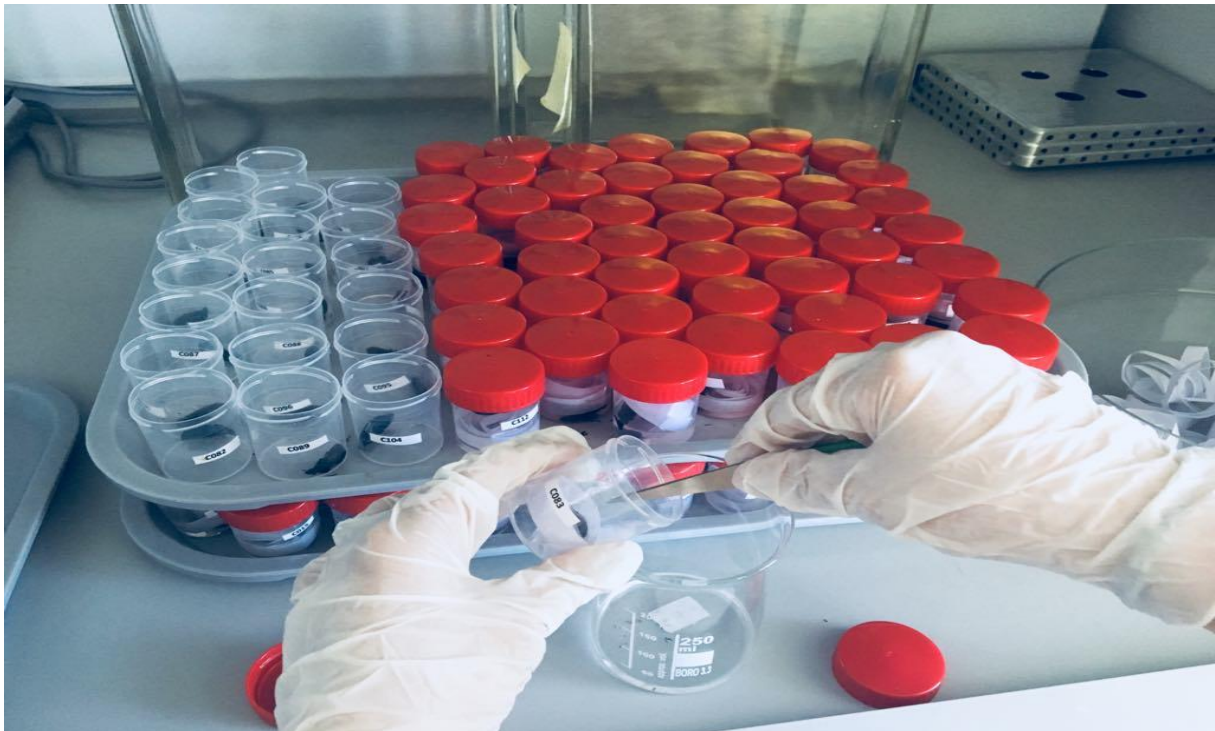
4.9 Druhé vážení suché hmotnosti jedinců

Jedinci byli vloženi zpět do plastových epruet a následně odneseni do sušárny (Venticell) se systémem cirkulace vzduchu, kde byli sušeni při 60° C po dobu 48 hodin. Poté byla zvážena suchá hmotnost.

4.10 Zbavení tuku a vážení „suché libové hmotnosti“

Po druhém vážení byli jedinci vráceni do plastových epruet, které byly naplněny roztokem směsi diethyletheru a chloroformu v poměru 1:1, který zapříčiňuje extrakci tuku (Obrázek 4). Do epruet byly vloženy zábrany ve formě srolovaných papírových proužků, přibližně 1 – 2 cm širokých, které zajišťovaly ponoření celého těla jedince v roztoku. Odchycení jedinci zůstali ponoření v roztoku 72 hodin. Veškeré úkony spojené s extrakcí tuku probíhaly v laboratoři, pod digestoří (MERCİ), za pomoci

povinných ochranných pomůcek, jako jsou nitrilové rukavice pro jednorázové použití, ochranné brýle a laboratorní plášť. Po dokončení extrakce tuku byl z epruвет odstraněn roztok diethyletheru a chloroformu a papírové zábrany. Papírové zábrany se uschovaly pro další použití při extrakci tuku z dalšího vzorku. Odtučnění jedinci byli v prázdných neuzavřených epruветách opětovně vloženi do sušárny (Venticell), kde byli ponecháni 48 hodin. Po vysušení došlo k třetímu vážení jedinců již v odvodněném a odtučněném stavu = suchá libová hmotnost.



Obrázek 4: odtučnění jedinců v roztoku směsi diethyldetheru a chloroformu. Foto: Z. Zachová

4.11 Zpracování dat

Data naměřená v laboratoři a zaznamenaná v tabulkovém procesoru Microsoft Excel 2013 byla dále analyzována v programu R verze 3.6.0. Obsah tuku v těle jedince byl vypočten jako suchá hmotnost mínus suchá libová hmotnost. Jednotlivé druhy střevlíků byly analyzovány samostatně. V prvním kroku byly vypočteny reziduály ze vztahu obsah tuku ~ délka krovky. Tyto reziduály byly vypočteny zvlášť pro rok 2016 a pro rok 2018. Získané reziduály byly následně použity jako závislá proměnná pro zobecněné lineární modely s náhodnými efekty (GLMM; funkce glmmPQL), které svou strukturou odpovídaly analýze variance (ANOVA) s náhodnými efekty. Rok sběru dat (2016 či 2018) byl použit jako náhodný efekt. Vliv pohlaví (samec či samice), doby sběru vzorků (duben, květen či červen) a typu porostu

(akát či původní dřeviny) a všechny možné interakce mezi těmito hlavními efekty byly použity jako nezávislé proměnné (prediktory). K analýze reziduálů byl zvolen model s normálním rozdělením chyb. Průkaznost jednotlivých nezávislých proměnných byla testována pomocí F-testů.

5. VÝSLEDKY

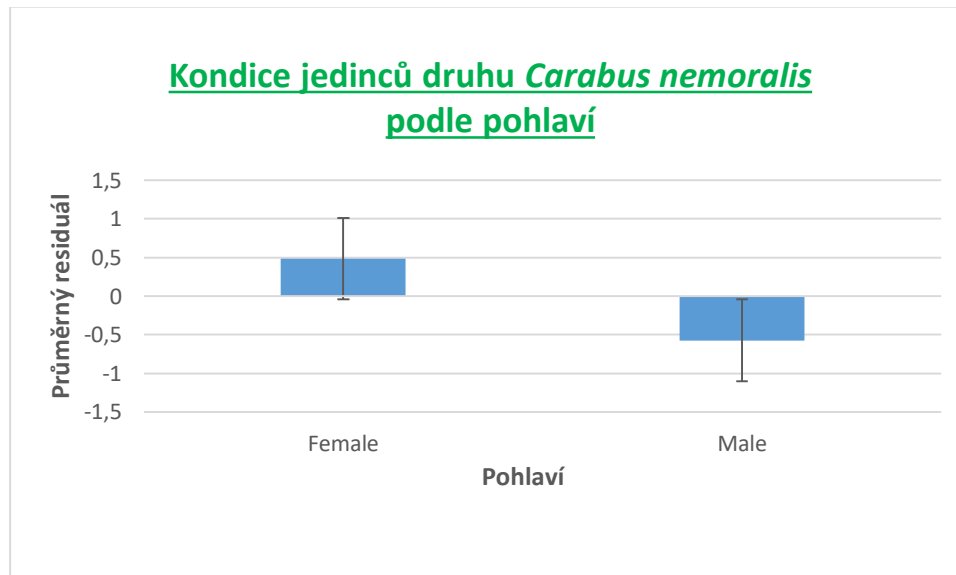
5.1 Výsledky studie pro druh *Carabus nemoralis*

Během dvou let 2016 a 2018 bylo sebráno a následně proměřeno 274 jedinců (131 samců a 143 samic) pocházejících z ostrůvků s invazními dřevinami (trnovník akát) a 167 jedinců (80 samců a 87 samic) pocházejících z ostrůvků s původními dřevinami.

Ačkoli lze pozorovat o něco vyšší kondici u samic než u samců, nebyl rozdíl mezi pohlavími statisticky průkazný (Tabulka 1, Graf 1).

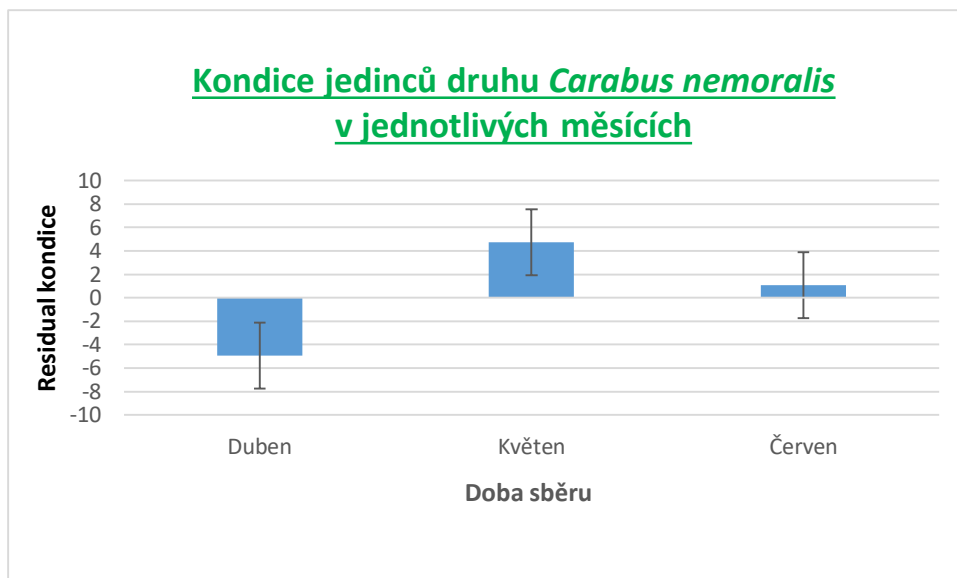
	Počet stupňů volnosti	Reziduální stupně Volnosti	F-hodnota	P-hodnota
<i>Pohlaví</i>	1	343	1.09809	0.2954
<i>Doba sběru</i>	2	343	34.89296	<.0001
<i>Prostředí</i>	1	343	7.48466	0.0065
<i>Pohlaví:Doba sběru</i>	2	343	10.41403	<.0001
<i>Pohlaví:Prostředí</i>	1	343	11.01483	0.0010
<i>Doba sběru:Prostředí</i>	2	343	0.89879	0.4080
<i>Pohlaví:Doba sběru:Prostředí</i>	2	343	3.37225	0.0355

Tabulka 1: Výsledky studie u jedinců druhu *Carabus nemoralis*



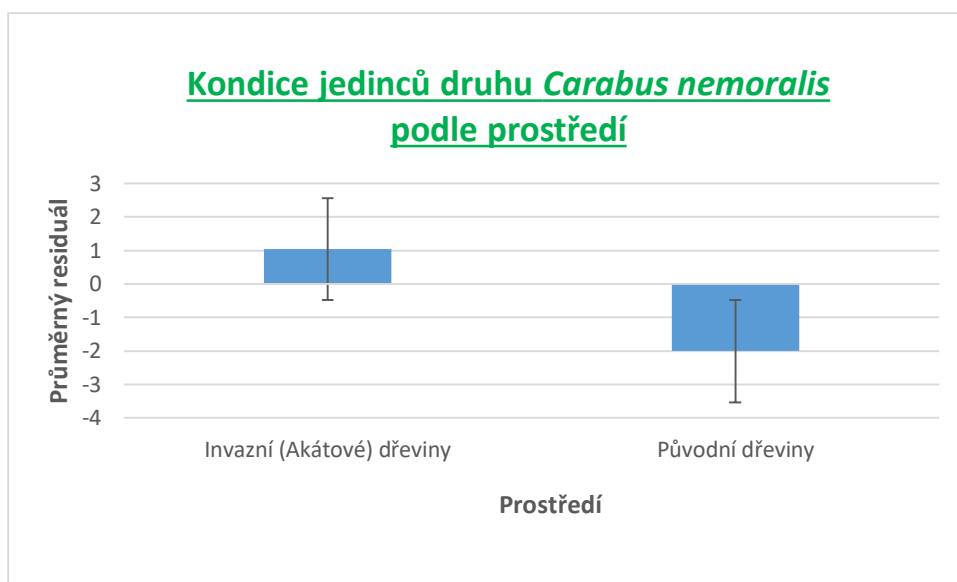
Graf 1: Kondice jedinců druhu *Carabus nemoralis* pro jednotlivá pohlaví

Prokázán naopak byl výrazný vliv doby sběru vzorků na tělesnou kondici jedinců *Carabus nemoralis* (Tabulka 1, Graf 2). Obecně se dá předpokládat, že po zimních měsících jsou na tom jedinci kondičně nejhůře, což je vidět i v mých datech (Graf 2). Tělesná kondice se pak zvyšuje a v květnu dosahuje vrcholu, přičemž v červnu kondice již mírně klesá.

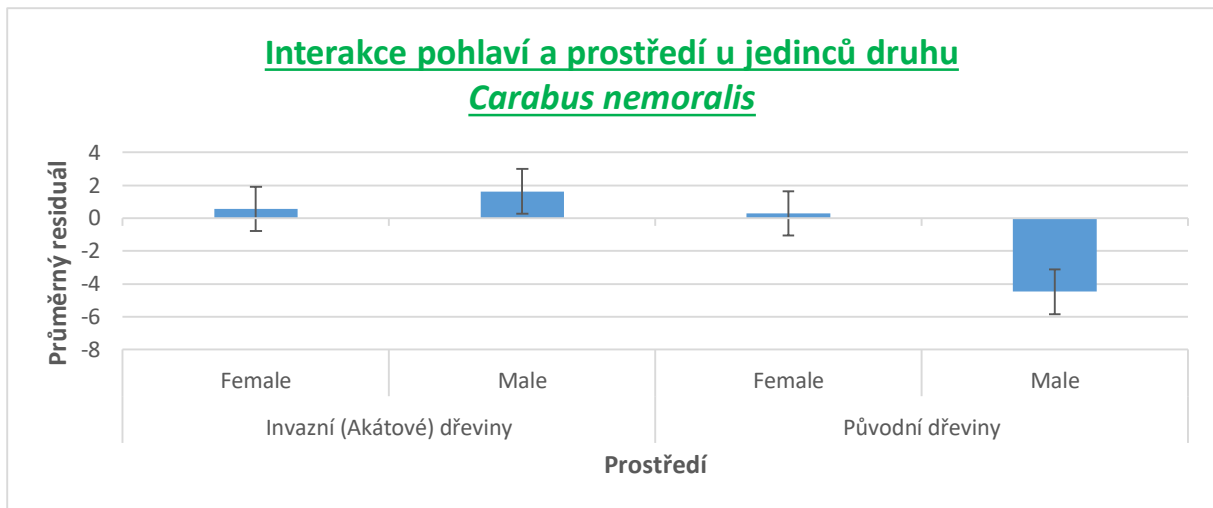


Graf 2: Kondice jedinců druhu *Carabus nemoralis* v jednotlivých měsících

Jedinci *Carabus nemoralis* obývající ostrůvky s invazními dřevinami byli v lepší kondici než jedinci z ostrůvků s původními dřevinami (Tabulka 1, Graf 3). Zde je ale nutno podotknout, že tento rozdíl je způsoben především nízkou kondicí samců žijících v ostrůvcích s původními dřevinami (viz průkazná interakce pohlaví x biotop v Tabulka 1, Graf 4). U samic byl rozdíl v kondici mezi biotopy nepatrný.

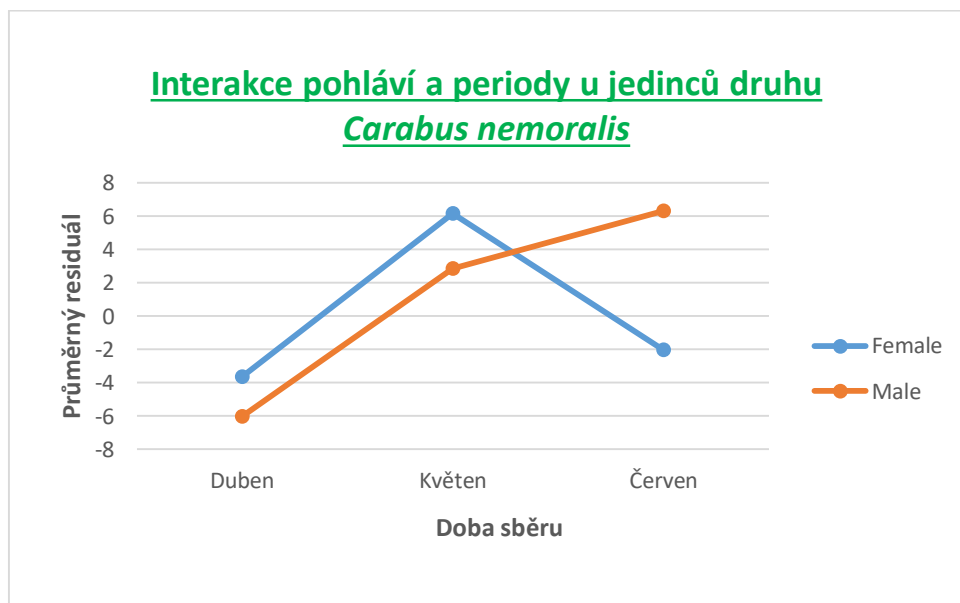


Graf 3: Kondice jedinců druhu *Carabus nemoralis* podle prostředí



Graf 4: Interakce pohlaví a prostředí u jedinců druhu *Carabus nemoralis*

Zajímavá je i průkazná interakce mezi obdobím sběru a pohlavím jedinců (Tabulka 1, Graf 5). Samci jsou po přezimování v horší tělesné kondici než samice, ale během června naopak dosahují lepší tělesné kondice než samice (Graf 5).

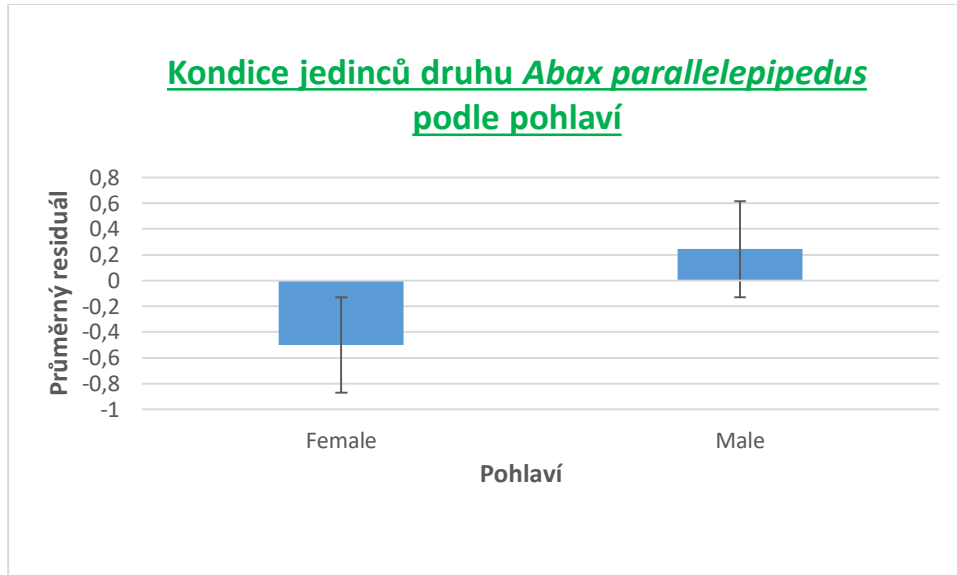


Graf 5: Interakce pohlaví a doby sběru u jedinců druhu *Carabus nemoralis*

5.2 Výsledky pro jedince druhu *Abax parallelepipedus*

U druhu *Abax parallelepipedus* bylo sebráno a následně proměřeno 228 jedinců (230 samců a 98 samic) pocházejících z ostrůvků s invazními dřevinami (trnovník akát) a 244 jedinců (161 samců a 83 samic) pocházejících z ostrůvků s původními dřevinami.

Oproti jedincům *Carabus nemoralis* na tom v naší studii byli u druhu *Abax parallelepipedus* kondičně lépe samci než samičky (Graf 6), avšak rozdíl mezi pohlavími též není statisticky průkazný, stejně jako v případě druhu *Carabus nemoralis*.

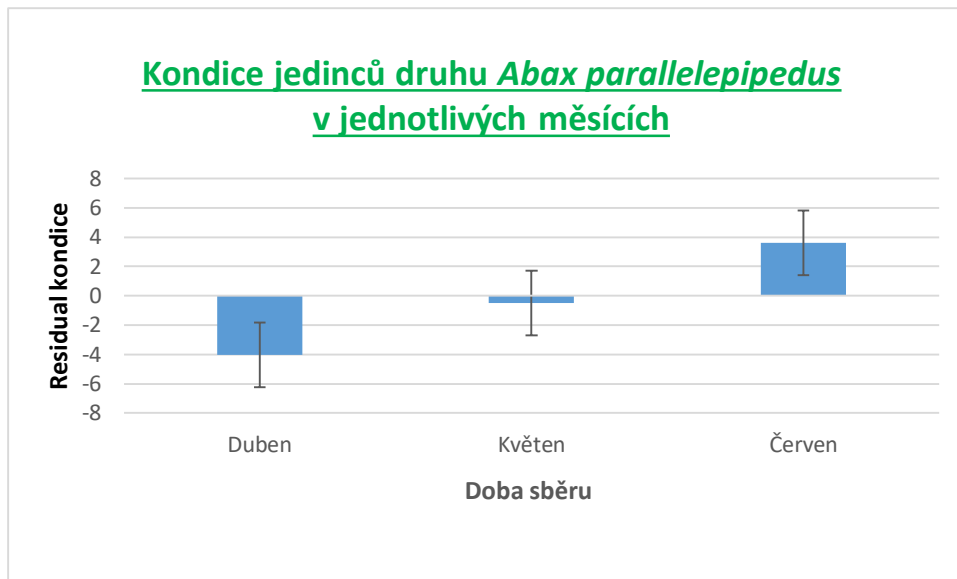


Graf 6: Kondice jedinců druhu *Abax parallelepipedus* podle pohlaví

Naopak byla prokázána výrazná interakce mezi obdobími sběru a tělesnou kondicí jedinců *Abax parallelepipedus* (Tabulka 2, Graf 7). Stejně jako u jedinců *Carabus nemoralis* byla pak nejhorší kondice pozorována v měsíci dubnu (Graf 7). Zajímavé se jeví, že v květnu se kondice o tolik nezlepšila. V nejlepší kondici byli jedinci až v červnu, relativní obsah tuku u tohoto druhu tedy stoupal až do léta.

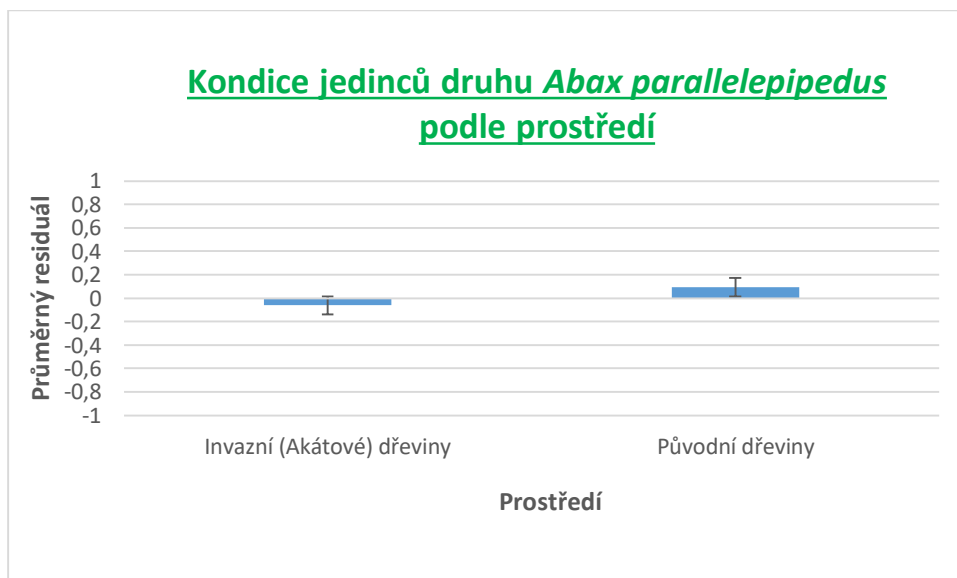
	Stupeň volnosti	Reziduální stupeň volnosti	F-hodnota	P-hodnota
Pohlaví	1	433	1.42026	0.2340
Doba sběru	2	433	61.85270	<.0001
Prostředí	1	433	0.00437	0.9473
Pohlaví:Doba sběru	2	433	0.19589	0.8222
Pohlaví:Prostředí	1	433	2.78346	0.0960
Doba sběru:Prostředí	2	433	3.98843	0.0192
Pohlaví:Doba sběru:Prostředí	2	433	2.18720	0.1135

Tabulka 2: Výsledky studie u jedinců druhu *Abax parallelepipedus*.



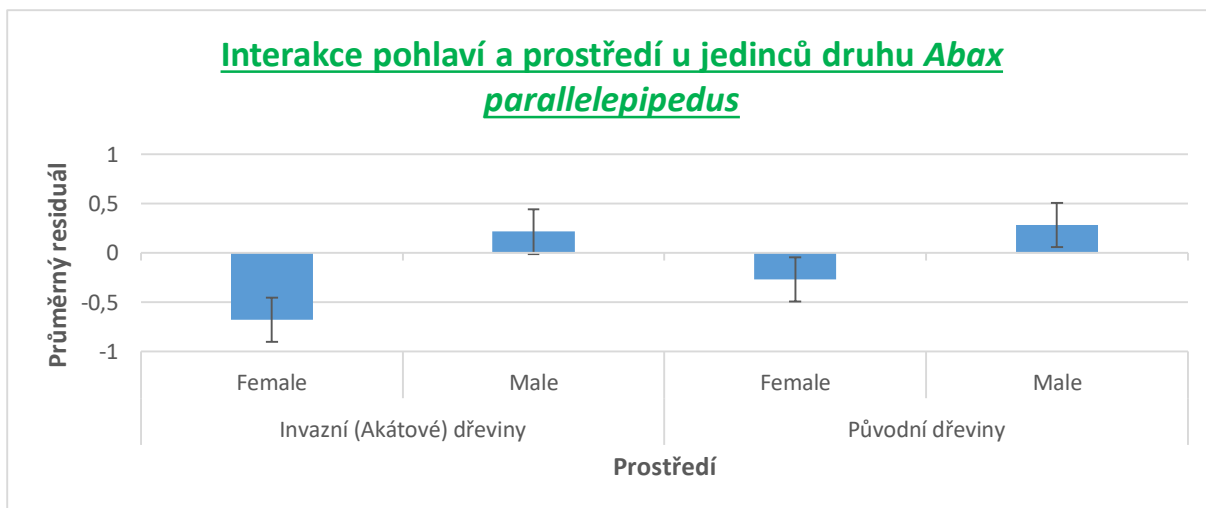
Graf 7: Kondice jedinců druhu *Abax parallelepipedus* v jednotlivých měsících

U druhu *Abax parallelepipedus* jsem neprokázala statisticky průkazný vliv prostředí na kondici jedinců. Rozdíl mezi kondicí jedinců obývajících ostrůvky s invazními dřevinami a jedinců žijících v ostrůvcích s původními dřevinami byl nepatrný (Tabulka 2, Graf 8).



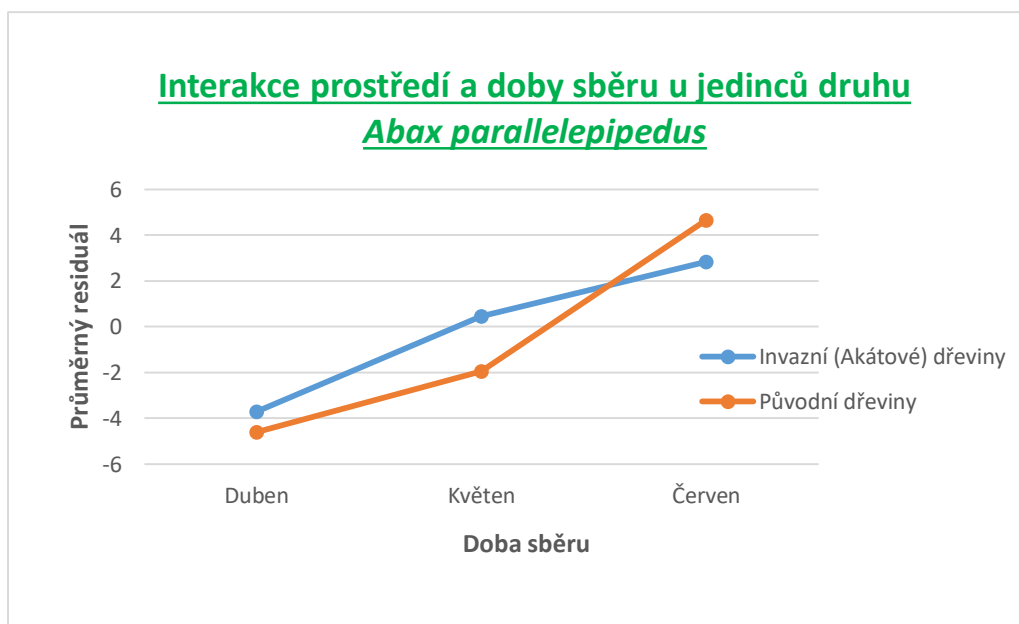
Graf 8: Kondice jedinců *Abax parallelepipedus* podle prostředí

Z dat také vyplývá, že samičkám se dařilo nepatrně lépe na stanovištích s původními dřevinami. Kondice samců byla v ostrůvcích s původními dřevinami skoro stejná jako v těch s trnovníkem akátem (Graf 9). Avšak interakce mezi pohlavím a prostředím není statisticky průkazná (Tabulka 2, Graf 8).



Graf 9: Interakce pohlaví a prostředí u jedinců druhu *Abax parallelepipedus*

Analýza dat ovšem odhalila průkaznou interakci mezi prostředím a dobou sběru. V původních dřevinách s postupem času kondice jedinců *Abax parallelepipedus* stoupala strměji než u jedinců obývajících ostrůvky s invazními dřevinami (Tabulka 2, Graf 10).



Graf 10: Interakce prostředí a doby sběru u jedinců *Abax parallelepipedus*

6. DISKUZE

Ve studii zaměřené na vliv invazních dřevin na kondici střevlíků v lesních remízcích uvnitř polí bylo ve dvouletém období v roce 2016 a 2018 ve Středočeském kraji v lokalitách Polabí a Povltaví sesbíráno celkem 54 vzorků, ze kterých jsme vytrídili a proměřili tělesnou kondici 866 jedinců dvou druhů střevlíkovitých brouků (*Carabus nemoralis* a *Abax parallelepipedus*). Kvůli velkému množství jedinců byly laboratorní práce časově velmi náročné, avšak dle mého názoru tento větší počet jedinců může zajistit přesnější výsledky naší studie. Už z důvodu, že v České republice je celá jedna třetina současné flóry tvořena nepůvodními druhy (Pyšek et Sádlo, 2004), je třeba se zabývat otázkou dopadu těchto vetřelců na hmyz, který obývá různá stanoviště. Celkově je důležité pochopit mechanismy jejich dopadu na hmyz. Doposud opomíjeným možným dopadem invazních rostlin na hmyz je právě vliv na tělesnou kondici jedinců hmyzu, který je zkoumán v této práci.

U druhu *Carabus nemoralis* byly samičky vesměs v lepší kondici než samečci, což v přírodě bývá zcela přirozeným jevem, avšak statistická analýza dat závislost kondice na pohlaví jedinců nepotvrdila. O trochu lepší kondice samic by dle mého názoru mohla být ovlivněna reprodukčním cyklem, protože role samců a samic jsou v přírodě během reprodukce odlišné. Reprodukce má na samičku mnohem větší energetické nároky, jak vysvětluje například studie Baranovská et al. (2014). Tím, že v květnu dochází u těchto jedinců k rozmnožování, kondice samic mohla být také ovlivněna přítomností vajíček v jejich těle (i vajíčka obsahují tuky). Oproti předpokladu byla u *Abax parallelepipedus* naměřena kondice jedinců opačná, u samečků dosahovala kondice vyšších hodnot, než v případě samic. Jak můžeme vidět v tabulce (Tabulka 2), ani v případě *Abax parallelepipedus* není závislost kondice na pohlaví průkazná. Na rozdíl od jedinců *Carabus nemoralis* může být lepší kondice na straně samců zapříčiněna odlišným reprodukčním cyklem.

Pokud se zaměříme na načasování sběru a jeho provázanost s kondicí střevlíků, ve výsledcích si můžeme všimnout nejhorší kondice v měsíci dubnu. Odůvodnění špatné kondice v tomto měsíci může být zejména přezimovací období těchto jedinců, přičemž si ještě nestihly tukové zásoby vytvořit. Tento výsledek není tak překvapivý. Je obecně známo, že střevlíkovití brouci své energetické rezervy vyčerpávají během období přezimování (Baranovská et al., 2014). Na vrcholu byli jedinci *Carabus nemoralis* v měsíci květnu, což lze přisuzovat rozmnožovacímu cyklu, který u těchto jedinců vrcholí z pravidla na jaře (Thiele, 1977). V měsíci červnu došlo k následnému snížení tělesné kondice. Pokud se zaměříme na kondici jedinců

Abax parallelepipedus ve vztahu k době sběru, ve výsledcích výzkumu můžeme pozorovat stoupající tendenci kondice. V dubnu byla nejnižší, což můžeme opět přisuzovat přezimovacímu období těchto jedinců. Kondice jedinců se začíná zlepšovat v květnu, a v červnu již dosahuje svého vrcholu. Může to být zapříčiněno přípravou na reprodukční cyklus, který u jedinců *Abax parallelepipedus* vrcholí v pozdním létě či na podzim (Dedek, 2006).

Zajímavé je, že lepší tělesnou kondici měli jedinci *Carabus nemoralis* v ostrůvcích s nepůvodním akátem. Překvapivé je to z toho důvodu, že je druh *Carabus nemoralis* běžný v zastíněných biotopech (Hůrka, 1996) a je typický pro dubohabřiny (Thiele, 1977) a může být citlivý na změny stanoviště. Je možné, že k lepší tělesné kondici přispěla otevřenější a heterogennější struktura tohoto stanoviště způsobena invazí (Slade et al., 2013), což mohlo mít za následek rozšíření potravních možností. Trnovník akát má také znatelný dopad na půdní prostředí stanoviště. Popsaný fakt je též zapříčiněn velmi nízkou kondicí samců v ostrůvcích s původními dřevinami, přičemž u samic byl rozdíl v kondici mezi biotopy nepatrný. Přestože jsou pro jedince *Abax parallelepipedus* typické ostrůvky s původními dřevinami, neprojevila se u nich preference biotopu ve vztahu k jejich kondici. Tím, že *Abax parallelepipedus* není obecně druhem, pro který je typické běhání po povrchu (Loreau a Nolf, 1993), může těmto jedincům nabídnout dle mého názoru dostatek vhodné potravy díky své struktuře i stanoviště s invazními dřevinami.

Z výsledků dále vyplynulo, že kondice samic *Carabus nemoralis* se podle habitatu téměř neliší. Rozdíl v jejich kondici mezi ostrůvkem s invazní dřevinou a původní dřevinou byl nepatrný, kdežto u samců byl rozdíl výraznější. Samci měli mnohem lepší kondici v porostech s invazní dřevinou. Dle mého názoru je rozdíl mezi kondicí jednotlivých pohlaví jedinců v daném biotopu ovlivněn již výše zmíněným reprodukčním cyklem, což nasvědčuje i další ze zkoumaných faktorů a to interakce pohlaví a periody zkoumaných jedinců tohoto druhu (Graf 5). Zaměříme-li se na jednotlivá pohlaví u druhu *Abax parallelepipedus* a jejich interakci k habitatu, můžeme pozorovat nepatrný dopad na samičky, u kterých byla zjištěna lepší kondice v ostrůvcích s původními dřevinami oproti invazním. Stejně tak tomu bylo u samců, avšak rozdíl byl zanedbatelný. Závislost mezi biotopy a kondicí tak nebyla prokázána.

Interakce mezi pohlavím jedinců *Carabus nemoralis* a dobou sběru měla významný vliv na jejich kondici. Pro obě pohlaví byla kondice nejnižší v dubnu, což již v předchozích odstavcích zdůvodňuji jejich dobou přezimování. Samičky byly

na vrcholu v měsíci květnu, což je nejspíše zapříčiněno reprodukčním cyklem, se kterým je spojena jeho energetická náročnost. Samečci dosahovali vrcholné kondice až v červnu. Lepší kondice samců oproti samičkám si vysvětlují ztrátou energetických zásob u samiček ve spojitosti s produkcí vajíček, rozmanitější potravou v těchto teplých měsících a začínající přípravou energetických zásob samců na přezimovací období.

Průkazný vliv byl prokázán v případě interakce mezi dobou sběru a biotopem u druhu *Abax parallelepipedus*. Kondice jedinců se obecně zvyšuje v návaznosti na dobu sběru. Můžeme pozorovat lepší kondici jedinců v ostrůvcích s invazními dřevinami než v ostrůvcích s původními dřevinami zejména v dubnu a květnu. Naopak kondice jedinců na původním stanovišti dosahuje vyšších hodnot v červnu. S největší pravděpodobností je kondice ovlivněna díky rozdílným strukturám těchto stanovišť, kde se postupem měsíců mění díky teplotám i rozmanitost a dostupnost potravy. Z různých studií vyplývá, že invazní dřeviny nemají výrazný vliv na druhovou diverzitu a početnost predátoru (Buchholz et al., 2015), že však invazní dřeviny mohou výrazně snížit škálu druhů dostupných pro dravce (Rubén et al., 2009; Kadlec et al., 2018). Stále platí, že nejvíce ovlivněnými z hlediska invazí jsou býložravci (van Hengstum et al., 2014). Stejně jako studie Štrobl et al. (2019) se i naše studie zcela neztotožňuje s teorií, že akátové porosty jsou pro členovce výlučně špatné.

Kondice jedinců je dle mého názoru závislá na mnoha aspektech. Může být ovlivněna například periodou nebo její interakcí s pohlavím, jak dokazuje i naše studie. Co se týče vlivu typu habitatu na jednotlivé druhy, může být tato závislost velmi ovlivněna potravní strategií, kterou mají různé druhy odlišné. Invazní dřeviny mohou mít na jedince střevlíkovitých jak negativní, tak pozitivní dopad, jak částečně vyplývá i z naší studie. Také jsme pozorovali odlišný vliv akátových porostů na kondici obou srovnávaných druhů (*Carabus nemoralis* a *Abax parallelepipedus*).

Tato problematika není do dnešní doby dostatečně zmapována. Většina studií zabývající se invazemi rostlin a jejich dopady na hmyz je zaměřena výlučně na býložravce či diverzitu členovců, proto je potřeba mnoho dalších studií zabývajících se i dravci. Výzkumy dravců by měly být ve spojitosti s jejich kondicí, protože kondice se jeví jako jeden z nejvýznamnějších ukazatelů k pochopení různých interakcí jako je právě například biotop v souvislosti s reprodukčním úspěchem hmyzu, dlouhověkosti a mnoha dalších faktorů.

Trnovník akát nemusí mít na naši faunu a floru pouze negativní dopad. Přečetla jsem různé články, výzkumy a studie zabývající se invazemi trnovníku akátu, a bohužel musím konstatovat, že doposud pravděpodobně neexistuje jednotná metodika, jak k těmto dřevinám přistupovat. Akáty jsou v dnešní době již nedílnou součástí naší krajiny. Je známo, že akátové porosty mohou v naší krajině plnit funkci například i jako útočiště pro některé ze vzácnějších druhů rostlin a živočichů (Štrobl et al., 2019). Ti v těchto porostech mohou zdárně přežívat a zvyšovat své populace (Kowarik, 1994). Dle mého názoru by mohly být akátové porosty využívány jako doprovodná zeleň například na mezích nebo jako remízky uvnitř orné půdy. V těchto případech by mohly mít velmi pozitivní roli.

Dle mého názoru je třeba invazi trnovníku akátu regulovat. Celkově by měla být snaha o zamezení nekontrolovatelného šíření. Pokud by byl akátový remízek obklopen poli, tak je šance v jeho invazi do okolí minimální a takový ostrůvek může tedy být přínosem. Můj názor je ten, že by se mělo zamezit jeho rozšíření do CHKO, NP atd. Ovšem neměla bych tak razantní přístup jako jiní autoři článků či studií, jejichž názorem je, že trnovník akát do naší krajiny nepatří a měl by z ní zcela vymizet. Je zapotřebí lépe porozumět interakcím mezi invazními rostlinami, faunou a florou. V tu chvíli můžeme využít i jeho potenciálu k pozitivnímu ovlivňování naší krajiny.

7. ZAVĚR

Na území Středočeského kraje v oblastech Povltaví a Polabí během sledovaného období v roce 2016 a 2018 bylo nasbíráno za použití zemních pastí celkem 54 vzorků, které čítaly 886 jedinců druhu *Carabus nemoralis* a *Abax parallelepipedus*. Byla vybrána stanoviště s původními dřevinami a stanoviště s invazním akátem. U jedinců druhu *Carabus nemoralis* byl zjištěn pozitivní vliv invazního akátu. U druhu *Abax parallelepipedus* byla zjištěna významná závislost v interakci mezi dobou sběru a prostředím.

- Když jsem zjišťovala, zda má vliv na kondici jedinců jejich pohlaví, došla jsem k závěru, že podle statistického výpočtu žádný vliv nemá. U jedinců *Carabus nemoralis* na tom kondičně byly nepatrně lépe samičky a u *Abax parallelepipedus* naopak lépe samci.
- Ve své studii jsem se také zabývala otázkou, zda může mít na kondici jedinců vliv načasování jejich sběru (duben, květen, červen). Z výsledků studie vyplývá, že ano. Kondice je úzce spojena s načasováním sběru z důvodu životního cyklu jednotlivých druhů. U obou druhů byl první měsíc kondičně slabší. Domnívám se, že tento výsledek je ovlivněn obdobím přezimování. V dalších měsících byla ovlivněna kondice dobou páření, kdy u jedinců druhu *Carabus nemoralis* byla nejlepší kondice v měsíci květnu a u jedinců druhu *Abax parallelepipedus* v červnu.
- Ze studie vyplývá, že invazní dřevina jako je akát může mít jak pozitivní, tak negativní vliv na jednotlivé druhy střevlíků.

8. POUŽITÁ LITERATURA

- Bagar R., 1986: Uplatnění trnovníku akátu v lesním hospodářství. *Včelařství*, 39(11): 252-254.
- Baranovská E., Knapp M., Saska P., 2014: The effects of overwintering, sex, year, field identity and vegetation at the boundary of fields on the body condition of *Anchomenus dorsalis* (Coleoptera: Carabidae). *European Journal of Entomology*; (111): 608–614.
- Barone M., Frank T., 2003: Habitat age increases reproduction and nutritional condition in a generalist arthropod predator. *Oecologia* 135: 78–83. <https://doi-org.in-fozdroje.czu.cz/10.1007/s00442-002-1175-2>.
- Beaudry S., Duchense LC., Côté B., 1997: Short-term effects of three forestry practices on carabid assemblages in a jack pine forest. *Canadian Journal of Forestry Research*, 27: 2065-2071.
- Benesperi, Giuliani C. R., Zanetti S., Gennai M., Mariotti Lippi M., Guidi T., Nascimbene J., Foggi B., 2012: Forest plant diversity is threatened by *Robinia pseudoacacia* (black locust) invasion. *Biodiversity and Conservation* [online].21(14), 3555-3568 [cit. 2020-03-29]. DOI: 10.1007/s10531-012-0380-5. ISSN 0960-3115. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10531-012-0380-5>.
- Bezemer T. M., Harvey J. A., Cronin, J. T., 2014: The response of native insect communities to invasive plants. *Annual Review of Entomology*, 59: 119– 141.
- Boháč J., 2011a: Půdní zoologie – dravý hmyz. Dostupné online: www.jaroslavbohac.wz.cz/dowland/pudni_zoologie.pdf, (cit. dne 26. 1. 2020).
- Bommarco R., 1999: Feeding, reproduction and community impact of a predatory carabid in two agricultural habitats. *Oikos* 87, 89– 99.
- Brown S., Soroker V., Ribak G., 2017: Effect of larval growth conditions on adult body mass and long-distance flight endurance in a wood-boring beetle: Do smaller beetles fly better? *Journal of insect Physiology* [online], 98: 327-335. DOI: 10.1016/j.jinsphys.2017.02.008. ISSN 00221910. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002219101630419X>.
- Buchholz S., Tietze H., Kowarik I., Schirmel J., 2015: Effect of a major tree invader on urban woodland arthropods. *Plos ONE*, 10: e0137723.
- Buchholz S., Kowarik I., 2019: Urbanisation modulates plant-pollinator interactions in invasive vs. native plant species. *Sci Rep* 9: 6375. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42884-6>.
- Castro-Díez P., Fierro-Brunnenmeister N., González- Muñoz N., Gallardo A., 2012: Effects of exotic and native tree leaf litter on soil properties of two contrasting sites in the Iberian Peninsula, *Plant Soil*, 350: 179-191, 10.1007/s11104-011-0893-9.

- Castro-Díez P. Valle G., Gonzalez- Muñoz N., Alonso A., 2014: Can the Life History Strategy Explain the Success of the Exotic Trees *Ailanthus altissima* and *Robinia pseudoacacia* in Iberian Floodplain Forests? *Plos One* 9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100254>.
- Dedek P., 2006: Ekologie střevlíkovitých brouků (Coleoptera:Carabidae) v prostředí lužního lesa. Přírodovědná fakulta UP, Olomouc (nepublikováno), 64 pp.
- Degomez T., Wagner R. M., 2001: Arthropod diversity of exotic vs. native *Robinia* species in northern Arizona. *Agric For Entomol*, 3: 19-27.
- Della Rocca F., Stefanelli S., Bogliani G., 2016: *Robinia pseudoacacia* as a surrogate for native tree species for saproxylic beetles inhabiting the riparian mixed forests of northern Italy. *Agricultural and Forest Entomology*.
- Digweed SC., 1994: Detection of mucus-producing prey by *Carabus nemoralis*: Muller and *Scaphinotus marginatus* Fischter (Coleoptera:Carabidae), 48(4): 361-369.
- Dijk T. S. van., 1986: On the relationship between availability of food and fecundity in carabid beetles: how far is the number of eggs in the ovaries a measure of the quantities of food in the field ? In: den Boer P. J., Grüm L., Szysko J. (eds) Fifth meeting of European carabidologists at Stara Barda Pilska. Warsaw Agricultural University, Warsaw, 105 – 121.
- Farkač J., Farkačová J., 1990: Střevlíkovití kulturní krajiny jižní Moravy (Coleoptera, Carabidae). *Zpr. Čs. Spol. ent.*, 26: 55–59.
- Farkač J., 1994: Využití střevlíkovitých k bioindikaci. *Vesmír*, 7: 581–583.
- Fér F., 1994: Lesnická dendrologie. 2. část – listnaté stromy. Praha, Vysoká škola zemědělská; Písek. Matice lesnická Písek: 162.
- Fojtová H., 2003: Dynamika vybraných taxonomických skupin epigeonu lužního lesa jižní Moravy v závislosti na změnách vodního režimu. Doktorská disertační práce, AF MZLU, Brno, 133 s.
- Fukase J., Simons A. M., 2016: Increased Pollinator Activity in Urban Gardens with More Native Flora. *Applied Ecology and Environmental Research*, 14: 297 – 310.
- Gerber, E., Krebs, C., Murrell, C., Moretti, M., Rocklin, R. & Schaffner, U., 2008: Exotic invasive knotweeds (*Fallopia* spp.) negatively affect native plant and invertebrate assemblages in European riparian habitats. *Biol. Cons.*, 141, 646– 654.
- Gerstmeier R., 2006: Hmyz: poznávání a určování nejdůležitějších druhů hmyzu, pavouků, koryšů, stonožek a mnohonožek střední Evropy, Praha, Slovart: 158.

- Hanzelka J., Reif J., 2016: Effect of vegetation structure on the diversity of breeding bird communities in forest stands of non-native black pine (*Pinus nigra* A.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in the Czech Republic. *Forest Ecology and Management* [online], 397:102-113, DOI: 10.1016/j.foreco.2016.08.017. ISSN 03781127. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378112716304297>.
- Harris et. al., 2004: Shrubland insect assemblages, *New Zealand journal of ecology*, vol. 28, No. 1.
- Haschek C., Drapela T., Schuller N., et al., 2012: Carabid beetle condition, reproduction and density in winter oilseed rape affected by field and landscape parameters. *J. Appl. Entomol.* 136: 665-674.
- Hejda M., Hanzelka J., Kadlec T., Štrobl M., Pyšek P., Reif J., Kühn I., 2017: Impact of an invasive tree across trophic levels: Species richness, community composition and resident species' traits. *Diversity and Distributions* [online]. 23:9, 997-1007, DOI: 10.1111/ddi.12569. ISSN 13669516. <http://doi.wiley.com/10.1111/ddi.1256>.
- Horáková, J., 2001: Antropogenní ovlivnění vybraných skupin epigeické fauny v CHKO Moravský kras. Diplomová práce MZLU, Brno, 43 s.
- Horáková J., Hula V., Pikula J., 2005: Contribution to fauna of invertebrates of sink holes within the agricultural landscape of the Moravian Karst Protected Area. Part one: Carabidae (Coleoptera). *Acta univ. agric. Et silvic. Mendel. Brno.*, LIII, No.5: 53-62.
- Huntley J. C., 1990: *Robinia pseudoacacia* L. – black locust. In: Burns R. M., Honkala B. H. (eds.): *Silvics of North America: 2. Hardwoods*. Washington, DC, U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 755–761. *Agriculture Handbook*: 654.
- Hůrka K., 1952: Příspěvek k poznání střevlíkovitých brouků jižní Moravy. *Čs. Spol. ent.*, 1952, 49: 156– 158.
- Hůrka K., 1954: II příspěvek k poznání střevlíkovitých brouků jižní Moravy a zoogeografické poznámky o Carabidech ČSR. *Acta Soc. ent. Česosl.*, 50: 134–140.
- Hůrka K., 1992: Střevlíkovití (Carabidae), Díl 1., Praha: Academia, 8:192
- Hůrka K., 1996: Carabidae of the Czech and Slovak Republics. Nakladatelství Kambourek, Zlín: 565.
- Hůrka K., Veselý P., Farkač J., 1996: Využití střevlíkovitých (Coleoptera, Carabidae) k indikaci kvality prostředí. *Klapalekiana*, 32: 15-26.
- Hůrka K., 2005: Brouci České a Slovenské republiky. Nakladatelství Kambourek, Zlín: 390.

- Chaabane K., Loreau M., Josens G., 1997: Growth and egg production in kurrivou *Abax ater* (coleoptera, arabidae). *Pedobiologia*. 41:385-396.
- Chmelář J., 1986: Dendrologie s ekologií lesních dřevin. 3. část. Méně významné domácí a cizí listnáče. Státní pedagogické nakladatelství, Praha.
- Chown S. L., Gaston K. J., 2010: Body size variation in insects: a macroecological perspective, *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.*, 85: 139 – 169.
- Jäger H., Tye A., Kowarik I. 2007: Tree invasion in naturally treeless environments: Impacts of quinine (*Cinchona pubescens*) trees on native vegetation in Galápagos. *Biological Conservation*, 140: 297– 307.
- Jukes M. R., Peace A.J., Ferris R., 2001: Carabid beetle communities associated with coniferous plantation in Britain: the influence of site, ground vegetation and stand structure. *Forest Ecology and Management*, 148: 271-286.
- Juliano S. A., 1986: Food limitation of reproduction and survival for populations of *Brachinus* (Coleoptera: Carabidae). *Ecology* 67:1036–1045.
- Jurko A., 1963: Zmena pôvodných lesných fytoocenóz introdukciou agáta. *Československá ochrana přírody* 1: 54–71.
- Kadlec T., Štrobl M., Hanzelka J. et al., 2018: Differences in the community composition of nocturnal Lepidoptera between native and invaded forest are linked to the habitat structure. *Biodivers Conserv* 27, 2661-2680. <https://doi.org/10.1007/s10531-18-1560-8>.
- Keresztezi B., 1983: Breeding and cultivation of black locust, *Robinia pseudoacacia*, in Hungary. *Forest Ecology and Management*, 6 (3): 217-244. DOI:10.1016/S0378-1127(83)80004-8.
- Knapp M., 2012: Preservative fluid and storage conditions alter body mass estimation in a terrestrial insect. *Entomologia Experimentalis Et Applicata*; 143: 185–190.
- Knapp M., Knappova J., 2013: Measurement of body condition in a common carabid beetle, *Poecilus cupreus*: a comparison of fresh weight, dry weight, and fat content. *J. Insect Sci.* 13: 6.
- Knapp M., 2016: Relative Importance of Sex, Pre-Starvation Body Mass and Structural Body Size in the Determination of Exceptional Starvation Resistance of *Anchomenus dorsalis* (Coleoptera: Carabidae). *PLoS ONE* 11: e0151459.
- Kolbek J., Vítková M., et Větvicka V., 2004: Z historie stredoevropských akátin. *Zprávy České botanické společnosti*, 39: 287-298.
- Kowarik I., 1994: Vegetation einer Berliner Eisenbahnfläche (Schöneberger Südgelände) im vierten Jahrzehnt der Sukzession. – *Verh. Bot. Ver. Berlin Brandenburg*, (127): 5-43.

- Kowarik I., 1996: Funktionen klonalen Wachstums von Bäumen bei der Brachflächen Sukzession unter besonderer Beachtung von *Robinia pseudoacacia*, Verh Ges f Ökologie, 26: 173-181.
- Kowarik I., Sukopp H. et Böcker R., 2000: *Robinia pseudoacacia* L., Black Locust. In: Böhmer H. J., Heger T. et Trepl L. [eds], Case studies on alien species according to Decision/Section no. V/8 and V/19 of the 5th Meeting of the conference of the parties to the Convention on Biological Diversity: 64–76.
- Kraus Z., 1985: Využití druhů čeledi Carabidae pro bioindikaci kvality přírodního prostředí. Diplomová práce MU, Brno, 71 s.
- Krejčová P., Bezděk J., 2000: Species diversity of Carabidae in agricultural and seminatural habitats (Coleoptera). Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun. (Brno), 48: 91–96.
- Krejčová P., Bezděk J., 2001: Investigation results of Carabidae (Coleoptera) in selected habitats of the Moravian karst protected area during 1999 and 2000. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun. (Brno), 49: 101–107.
- Kremer B. P., 1995: Stromy. Praha, Knižní klub; Ikar: 287.
- Křístek J., Urban J., 2004: Lesnická entomologie. Academia: 445.
- Kula E., Purchart L., 2004: The ground beetles (Coleoptera:Carabidae) of forest altitudinal zones of the eastern part of the Krušné hory Mts. Journal of forest science, 50: 456 – 463.
- Kulfan M., 2012: Lepidoptera on the introduced *Robinia pseudoacacia* in Slovakia, Central Evrope. Check List 8:709-711.
- Lazzaro L., Mazza G., d'Errico G., Fagiani A. Giuliani C., Inghilesi A.F., Lagomarsino A., Landi S., Lastrucci L., Pastorelli R., Roversi P.F., Torini G., Tricarico E., Foggi B., 2018: How ecosystems change following invasion by *Robinia pseudoacacia*: Insights from soil microbial, nematode, microarthropod and plant communities, Sci. Total Environ., 622: 1509 – 1518, 10.1016/j.scitotenv.2017.10.017.
- Le Cren E. D., 1951: The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). J Anim Ecol 20:201–219.
- Litt A. R., Cord E. E., Fulbright T. E., Schuster G. L., 2014: Effect of invasive plants to Arthropods. Conservation Biology, 28: 1532 – 1549. <https://doi-org.ifo zdroje.czu.cz/10.1111/cobi.12350>.
- Liu H., Stiling P., 2006: Testing the enemy release hypothesis: A review and meta-analysis. Biological Invasion, 8: 1535 – 1545. <https://doi-org.ifo zdroje.czu.cz/10.1007/s10530-005-5845-y>.

- Lonsdale W. M., 1999: Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. *Ecology* 80:1522–1536.
- Lövei G. L., Sunderland K. D., 1996: Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Reviews Entomological*, 41: 231-256.
- Maoela M. A., Esler K. J., Jacobs S. M. et al., 2019: Invasive plant removal increases insect herbivory pressure on a native tree due to an increase in resource quality. *Plant Ecol*, 220: 649-661. <https://doi-org.infozdroje.czu.cz/10.1007/s11258-019-00942-z>.
- Marchetti M., Lombardi F., 2006: Analisi quali-quantitativa del legno morto in soprassuoli non gestiti: il caso di “Bosco Pennataro”, Alto Molise. *L’Italia Forestale e Montana* 4:275–301.
- Miller F., 1951: Použitá entomologie zemědělská a lesnická. – Státní nakladatelství učebnic, Praha, 250.
- Moya-Laraño J. 2002: Senescence and food limitation in a slowly ageing spider. — *Funct. Ecol.* 16: 734–741.
- Nenadál S., 1988: Střevlíkovití brouci (Coleoptera:Carabidae) Hornosvratecké vrchoviny a přilehlého okolí. *Okresní muzeum Žďár nad Sázavou, Žďár nad Sázavou*: 47.
- Nijhout H. F., Wheeler D. E., 1996: Growth models of complex allometries in holometabolous insects *Am. Nat.*, 148: 40 – 56.
- Online citace: *Carabus Nemoralis*. Europe’s largest scientific bug site [online]. [cit.2020/02/26]. Dostupné z: <https://www.pestium.uk/pests-in-house-and-home/occasional-visitors/carabus-nemoralis/>
- Östman O., 2005: Asynchronous temporal variation among sites in condition of two carabid species. *Ecological Entomology*; 30: 63–69.
- Parde G. L., Philpott S. M., 2014: Native plants are the bee’s knees: local and landscape predictors of bee richness and abundance in backyard gardens. *Urban Ekosystems* 17: 641- 659, <https://doi.org/10.1007/s11252-014-0349-0>.
- Pavlíček T., Houšková L., 1988: The problem of survival of Carabidae (Coleoptera) in the agricultural landscape of southern Moravia. *Scripta Fac. sci. nat. Univ. Purk. Brno*, 19: 229–238.
- Petersen M. K., 1999: Capacity of *Bembidion lampros* and *Tachyporus hypnorum* to survive periods of starvation in early spring. — *Entomol. Exp. Appl.* 90: 207–214.
- Petruška F., 1967: Střevlíkovití jako součást entomofauny řepných polí Uničovské roviny (Col. Carabidae). *Acta Univ. Palack. Olomuc. Facultas Rerum Naturalium-Tom* 25: 121–243.

- Pulpán J., Stanovský J., 2006: Střevlíkovití brouci (Coleoptera, Carabidae) Slezska (severovýchodní Moravy), Frýdek-Místek, Museum Beskyd: 159.
- Pyšek P., 2001a: Které biologické vlastnosti usnadňují invazi rostlinných druhů? Zprávy České Botanické Společnosti, 36: 21-30.
- Pyšek P., et Sádlo J., 2004: Zavlečené rostliny: Jak je to u nás doma? Vesmír. Praha, 83 (35): 80-85. ISSN 1214-4029.
- Pyšek P., et Sádlo J., 2004c: Zavlečené rostliny: Sklízíme, co jsme zaseli? Vesmír. Praha, 83, č. 1: 35-40.
- Pyšek P., Richardson D.M., 2007: Elton, C.S. 1958: The ecology of invasions by animals and plants. Progress in Physical Geography 31, 659-666.
- Reichard S. H., Hamilton C.W., 1997: Predicting invasions of woody plants into North America. Conserv Biol 11: 193-203.
- Richardson D. M., et al., 2000: Plant invasion: merging the concepts of species invasiveness and community invasibility.
- Rúben H., Ricardo S. Cenia, Jaime A. Ramos, Jane Memmott 2009: Effects of Alien Plants on Insect Abundance and Biomass: a Food-Web Approach. Conservation Biology [online], 23(2): 410-419 [cit. 2020/02/25]. DOI> 10.1111/j.1523-1739.2008.01129.x. ISSN 08888892. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1523-1739.2008.01129>.
- Skuhřavý V., 1959: Příspěvek k bionomii polních střevlíkovitých (Coleoptera, Carabidae). Rozpravy ČAV, 69: 1–69.
- Slade E. M., Merckx T., Riutta T., Bebbler D. P., Redhead D., Riordan P., Macdonald D. W., 2013: Life-history traits and landscape functional traits predict macro-moth responses to forest fragmentation. Ecology, 94: 1519– 1530.
- Somme L. et al., 2016: Food in a row: urban trees offer valuable floral resources to pollinating insects. Urban Ecosystems 19: 1149-1161. <https://doi.org/10.1007/s11252-016-0555-z>.
- Stanovský J., Pulpán J. 2006: Střevlíkovití brouci (Coleoptera, carabidae) Slezska (severovýchodní Moravy) – Materiály muzeum Beskyd, Frýdek-Místek.
- Šikrová M., 1963: Pôsobenie agata na úrodu a kvalitu pastevního porastu a na obsah živin vo vrchných vrstvách pôdy. Sborn. Ved. Prac. Výsk. Úst. Lúk a Pasienkov, Poprad, Bratislava, 1: 81-115.
- Štrobl M., Saska P., Seidl M., et al., 2019: Impact of an invasive tree on arthropod assemblages in woodlots isolated within an intensive agricultural landscape. Divers Distrib, 25:1800–1813. <https://doi.org/10.1111/ddi.12981>.

- Thiele L. U., 1977: Carabid beetles in their environment. Springer-Verlag, Berlin: 369.
- Valembert J., 1995: Catalogue Biologique et Synonymique Des Coléoptères Carabidae d'Europe. Mémoire de la Société Entomologique de France, Lille, France.
- Van Hengstum T., Hooftman D. A. P., Oostermeijer J. G. B., van Tienderen P. H., 2014: Impact of plant invasions on local arthropod communities: A metaanalysis. *Journal of Ecology*, 102: 4 – 11, <https://doi-org.infozdroje.czu.cz/10.1111/13652745.12176>.
- Větvička V., 1961: Studie akátových porostů ve vltavském údolí. [Diplom. práce, Depon. in: Knih. Kat. Bot. Přírod. Fak. UK, Praha:139.
- Vilá, Montserrat, Espinar J. L., Hejda M., et al., 2011: Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology Letters* [online]. 14(7), 702-708 [cit. 2020-03-29]. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2011.01628.x. ISSN 1461023X. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1461-0248.2011.01628.x>.
- Vítková, M., 2001: Péče o akátové porosty. *Ochrana přírody*. 2011 (6). ISSN 1219-258X.
- Vítková M., 2011: Péče o akátové porosty. *Ochrana přírody*, Praha, 6: 7–12.
- Vítková M., Tonika J., Müllerová J., 2015: Black locust – successful invader of a wide range of soil conditions. *Sci. Total Environ.* 505, 315-328. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.09.104>.
- Vítková M., Müllerová J., Sádlo J., Pergl J., & Pyšek P., 2017: Black locust (*Robinia pseudoacacia*) beloved and despised: A story of an invasive tree in Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 384: 287–302. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.057>.
- Wallin H., Chiverton B. S., Ekbom B. S., Borg A., 1992: Diet, fecundity and egg size in some polyphagous predatory carabid beetles. *Entomol Exp Appl* 65:129–140.
- Zahradník P., 2008: Seznam brouků (Coleoptera) České republiky a Slovenska: Checklist of beetles (Coleoptera) of the Czech Republic and Slovakia. Kostelec nad Černými lesy.