

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra ekologie a životního prostředí



# Dynamika společenstva drobných savců v ekotonu na okraji města Olomouce

Dominika Marková

Diplomová práce  
předložená  
na Katedře ekologie a životního prostředí  
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků  
na získání titulu Mgr. v oboru  
Ekologie a ochrana životního prostředí

Vedoucí práce: Mgr. Jan Losík, Ph.D.

Olomouc 2018



**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Jana Losíka, Ph.D. a použila jen citovaných literárních pramenů.

V Olomouci dne 30. července 2018

.....

podpis

MARKOVÁ D. 2018. Dynamika společenstva drobných savců v ekotonu na okraji města Olomouce [diplomová práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí PřF UP v Olomouci. 47 s., bez příloh, česky.

#### Abstrakt

V průběhu času dochází ve společenstvech drobných savců ke změnám jak v druhové bohatosti, tak v početnosti populací jednotlivých druhů. Populační dynamiky některých druhů mohou být velmi výrazné, mohou také vykazovat synchronnost s populačními dynamikami druhů jiných. Ekotonová společenstva se obecně vyznačují vyšší druhovou bohatostí, tedy i drobných zemních savců. U ekotonů lze předpokládat, že se v nich budou vyskytovat jak jedinci stálí (rezidentní), tak ekotonem migrující (tranzientní). Při odchycích by se rezidentní jedinci měli pohybovat pouze v takových vzdálenostech, které budou odpovídat velikosti jejich domovského okrsku. Diplomová práce popisuje společenstvo drobných savců v ekotonu na okraji města Olomouce z hlediska druhové bohatosti, dále řeší chování vybraných druhů hlodavců v prostoru ekotonu a synchronnost mezi populačními dynamikami hraboše polního (*Microtus arvalis*), myšice křovinné (*Apodemus sylvaticus*), m. lesní (*A. flavicollis*) a m. temnopásé (*A. agrarius*). Data byla sbírána pomocí metody CMR v letech 2013 až 2017 na lokalitě v Olomouci-Holici. Na lokalitě jsem zaznamenala celkem 12 druhů drobných zemních savců, z toho většinu (10 druhů) již po 4 odchytových akcích. Poměr rezidentů a tranzientů byl u hodnocených druhů vyrovnaný, pouze u m. křovinné převažovali tranzienti. V případě rezidentů se v nejmenších vzdálenostech pohyboval hraboš polní, v největších m. temnopásá, rozdíly mezi pohlavími u druhů nebyly významné. Synchronnost populačních dynamik byla prokázána pouze mezi populacemi hraboše polního v ekotonu a v sousední vojtěšce. V ekotonu byla prokázána korelace pouze mezi početností populace hraboše polního a m. temnopásé.

Klíčová slova: druhová bohatost, prostorové chování, synchronnost populačních dynamik, *Apodemus flavicollis*, *A. agrarius*, *A. sylvaticus*, *Microtus arvalis*

MARKOVÁ D. 2018. Dynamics of a small mammal community in an ecotone in the suburbs of Olomouc [master's thesis]. Olomouc: The Department of Ecology & Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University of Olomouc. 47 pp, No Appendices, in Czech.

#### Abstract

Over time, there are changes in the communities of small mammals, namely in the species richness and the abundance of populations of particular species. The population dynamics of particular species can be notably distinct. The population dynamics of some species may be synchronized with those of another species. The ecotonal communities usually boast large taxonomic diversity, including small ground mammals. Ecotones are expected to include both resident and transient (migrant) specimens. The difference between these groups is that the resident specimens do not normally travel out of bounds of their home range. This thesis describes a community of small rodents in the ecotonal area in the suburbs of Olomouc – the species richness, the spatial behaviour of select rodent species, and the synchrony in population dynamics of selected rodent species (the common vole *Microtus arvalis*, the wood mouse *Apodemus sylvaticus*, the yellow-necked mouse *A. flavicollis*, and the striped field mouse *A. agrarius*). The data presented in this thesis were collected using the CMR method during the years 2013 through 2017 in Olomouc-Holice. In this location, I noticed 12 small ground rodent species in total, 10 of which were present during the first four sessions. The ratio between the resident and transient specimens was balanced in the observed species, except for the wood mouse of which the most specimens were transient. As for the residents, the species ranging the smallest distances was the common vole, while the the largest distances were ranged by the striped field mouse. There were no significant differences between the sex within the species. The synchrony of population dynamics was found only between the communities of the common vole in the ecotone and the neighbouring field with the alfalfa. The research proved the correlation between the abundance of populations of the common vole and the striped field mouse.

Key words: spatial behaviour, species richness, synchrony in population dynamics, *Apodemus flavicollis*, *A. agrarius*, *A. sylvaticus*, *Microtus arvalis*

## Obsah

Seznam tabulek .....	vii
Seznam obrázků .....	viii
Seznam zkratk .....	ix
Poděkování .....	x
1 Úvod .....	1
1.1 Drobní savci .....	1
1.2 Složení společenstva drobných savců .....	2
1.3 Hlodavci .....	3
1.4 Hlodavci v ČR .....	3
1.5 Význam hlodavců .....	5
1.6 Populační dynamika .....	7
1.7 Synchronnost populačních dynamik .....	8
2 Cíle práce .....	11
3 Materiál a metody .....	12
3.1 Popis lokality .....	12
3.2 Práce v terénu .....	14
3.3 Analýza získaných dat .....	16
3.3.1 Složení společenstva a druhová bohatost .....	16
3.3.2 Prostorové chování .....	16
3.3.3 Synchronnost populačních dynamik .....	17
4 Výsledky .....	18
4.1 Složení společenstva a druhová bohatost .....	18
4.2 Prostorové chování .....	22
4.3 Synchronnost populačních dynamik .....	24
5 Diskuse .....	27
5.1 Složení společenstva a druhová bohatost .....	27
5.2 Prostorové chování .....	30
5.3 Synchronnost populačních dynamik .....	32
6 Souhrn .....	35
7 Reference .....	36

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Velikostní kategorie jednotlivých řádů savců dle Bourlière 1975 (upraveno)	1
Tabulka 2 Data odchytových akcí.....	14
Tabulka 3 Počty odchycených jedinců v jednotlivých odchytových akcích.....	19
Tabulka 4 Poměr rezidentů ku tranzientům u vybraných druhů .....	22

## Seznam obrázků

Obr. 1 Orientační mapa umístění lokality .....	12
Obr. 2 Letecký snímek lokality, červeně je znázorněna linie s pastmi .....	13
Obr. 3 Pás křovin, na jehož okraji byly umístěny pasti .....	13
Obr. 4 Živolovná past typu Ugglan.....	15
Obr. 5 Kumulativní počet druhů pro reálnou a hypotetickou situaci.....	20
Obr. 6 Počty druhů a celkové počty jedinců všech zaznamenaných druhů v jednotlivých odchyťových akcích.....	21
Obr. 7 Závislost mezi počtem jedinců a počtem druhů.....	21
Obr. 8 Krabicový diagram – vzdálenosti, ve kterých se pohybovaly jednotlivé druhy ..	23
Obr. 9 Krabicový diagram – vzdálenosti, ve kterých se pohybovaly jednotlivé druhy podle pohlaví.....	23
Obr. 10 Srovnání populační dynamiky hraboše polního v ekotonu a ve vojtěšce .....	24
Obr. 11 Pozitivní korelace mezi početností populace hraboše polního ve vojtěšce a ekotonu.....	24
Obr. 12 Srovnání populační dynamiky čtyř druhů hlodavců v ekotonu .....	25
Obr. 13 Korelace mezi početnostmi populací vybraných druhů hlodavců .....	26



## Seznam zkratk

AOPK ČR	Agentura ochrany přírody a krajiny ČR
AV ČR	Akademie věd ČR
CMR	capture-mark-recapture (metoda zpětných odchytů značkovaných jedinců)
ČR	Česká republika
EVL	evropsky významná lokalita
MZCHÚ	maloplošně zvláště chráněné území
NPP	národní přírodní památka
NPR	národní přírodní rezervace
PřF UP	Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala vedoucímu diplomové práce Mgr. Janu Losíkovi Ph.D. za odborné vedení práce, za poskytnuté rady a mnohé podnětné připomínky, za pomoc se statistikou a za ochotu, trpělivost a čas, který mi věnoval. Chtěla bych také poděkovat Mgr. Petru Pavlůvčíkovi Ph.D. za poskytnutá data z vojtěšky. Děkuji všem přátelům, co mi kdy pomáhali s odchyty a Martinovi za pomoc s angličtinou. V poslední řadě bych chtěla poděkovat svému příteli za podporu a trpělivost, kterou se mnou měl při psaní práce. Mamince děkuji za korekturu práce.

# 1 Úvod

## 1.1 Drobní savci

Mezi drobné (malé) savce řadíme ty druhy, jejichž hmotnost nepřesahuje 5 kilogramů, přičemž nejmenší savci váží jen kolem několika gramů (např. bělozubka nejmenší *Suncus etruscus* váží jen 1,4–2,5 gramů). Je zřejmé, že tato obecná definice bude zahrnovat obrovské množství druhů napříč množstvím rodů (tabulka 1). Potravní a ekologické nároky drobných savců jsou velmi různorodé, nalezneme mezi nimi druhy, které se živí výhradně rostlinnou potravou (většina hlodavců), přes omnivory až po druhy, jejichž strava je tvořena z větší části složkou živočišnou (hmyzožravci). Drobní savci také vyvinuli množství životních strategií pro život v nejrůznějších typech prostředí (Bourlière 1975, Fleming 1979).

Tabulka 1 Velikostní kategorie jednotlivých řádů savců dle Bourlière 1975 (upraveno)

řád latinsky <sup>a</sup>	řád česky	velikostní kategorie řádu dle většiny druhů <sup>b</sup>	dominantní složka potravy dle většiny druhů
<b>Monotremata</b>	ptakořitní	malí	živočišná
<b>Marsupialia</b>	vačnatci	malí	živočišná/rostlinná
<b>Insectivora</b>	„hmyzožravci“	malí	živočišná
<b>Dermoptera</b>	letuchy	malí	rostlinná
<b>Chiroptera</b>	letouni	malí	živočišná
<b>Primata</b>	primáti	velcí	rostlinná
<b>Edentata</b>	„chudozubí“	velcí	živočišná/rostlinná
<b>Pholidota</b>	luskouni	malí	živočišná
<b>Lagomorpha</b>	zajíci	malí	rostlinná
<b>Rodentia</b>	hlodavci	malí	rostlinná
<b>Carnivora</b>	šelmy	malí	živočišná
<b>Tubulidentata</b>	hrabáči	velcí	živočišná
<b>Proboscidea</b>	chobotnatci	velcí	rostlinná
<b>Hyracoidea</b>	damani	malí	rostlinná
<b>Perissodactyla</b>	lichokopytníci	velcí	rostlinná
<b>Artiodactyla</b>	„sudokopytníci“	velcí	rostlinná

<sup>a</sup> Řády dle současné taxonomie (dle Gaisler a Zima 2007):

- Řád Insectivora byl původně „sběrnou“ skupinou, dnes máme samostatné řády: Eulipotyphla (hmyzožravci), Afrosoricida (afrosoricidi + zlatokrti + bodlíni), Macroscelidea (bércouni).
- Řád Edentata dříve zahrnoval pásovce, lenochody, mravenečníky, luskouny, hrabáče. Dnes máme řád Xenanthra (chudozubí – pásovci, lenochodi, mravenečníci) a zvlášť řády Tubulidentata (hrabáči) a Pholidota (luskouni).
- Řád Artiodactyla – dnes Cetartiodactyla (sudokopytníci + kytovci).
- Další řády dle současné taxonomie: Scandentia (tany) (patří do skupiny Euarchontoglires společně s primáty, letuchami, hlodavci a zajíci) a Sirenia (sirény) (patří do skupiny Paenungulata společně s damany a chobotnatci)

<sup>b</sup> Malí = tělesná váha dospělého menší než 3 kg; velcí = tělesná váha dospělého větší než 5 kg.

Být drobným savcem má své výhody i nevýhody. Díky své velikosti se snadněji skryjí před predátory, nemusí tedy vynaložit tolik energie na únik. Mají k dispozici širší škálu potravních zdrojů a habitatů a díky rychlému populačnímu růstu a generačnímu času dokáží pružněji reagovat na změny životního prostředí. Mezi nevýhody patří vysoké energetické nároky na udržení stálé teploty těla. Kvůli většímu povrchu těla ku jeho objemu mají větší ztráty tělesného tepla, to vede k vysokým nárokům na denní příjem potravy. Drobní savci mají rychlejší metabolismus, který má vliv na délku života. Krátká délka života u nich zase omezuje vývoj sociálního chování. Rovněž mají také větší energetické nároky na pohyb. I přes tato omezení je ale patrné, že výhody nad nevýhodami převažují. Ve srovnání s velkými savci jsou totiž drobní savci evolučně úspěšnější skupinou, rovněž jejich míra vymírání je menší (Bourlière 1975, Fleming 1979).

Na území ČR se dle Anděry a Gaislera (2012) vyskytuje 69 druhů, které svou vahou spadají pod hranici 5 kg a mohli bychom je tedy označit za drobné savce (mezi tyto druhy řadím i druhy, jejichž váha je na hranici hodnoty 5 kg - kočka divoká *Felis silvestris* a zajíc polní *Lepus europaeus* a druhy, které byly zaznamenány v minulosti, aktuálně však prokázány nebyly – např. vrápenec velký *Rhinolophus ferrumequinum*, druhy jasně vymřelé započítány nejsou).

## 1.2 Složení společenstva drobných savců

Jedním ze způsobů, jak společenstvo drobných savců (a společenstva organismů obecně) popsat, je popsat jej na základě druhové bohatosti. Nejjednodušším vyjádřením druhové bohatosti (či pestrosti) je prostý výčet druhů. Je nutné rozlišovat mezi pojmy druhová bohatost a diverzita. Pojem druhová diverzita v sobě zahrnuje kromě prostého výčtu druhů také informaci o početnosti jedinců daných druhů, uvádí tedy i informaci o běžnosti či vzácnosti druhu. Často jsou tyto dva pojmy slučovány v jeden. Ať už chceme společenstvo popsat na základě druhové bohatosti či diverzity, je třeba si uvědomit, že konečný výsledek může být ovlivněn celou řadou faktorů. Například může záležet na délce doby strávené na lokalitě při zaznamenávání druhů. Nejprve se v našem vzorku budou vždy objevovat druhy běžné a až s postupujícím časem odhalíme i druhy vzácnější (Begon et al. 1997). Při srovnávání společenstev je tedy důležité postupovat podle jednotné metodiky sběru dat, která určí, jakým způsobem, kdy a jak dlouho by měla být data sbírána. Samozřejmostí je pak porovnávat stejná společenstva ve stejném prostředí.

Společenstva drobných savců na území České republiky jsou charakterizována především vysokým zastoupením drobných zemních hlodavců. V lesních prostředích dominuje norník rudý (*Clethrionomys glareolus*) a myšice lesní (*Apodemus flavicollis*). V otevřených zemědělských krajinách zase hraboš polní (*Microtus arvalis*), myšice křovinná (*Apodemus sylvaticus*) a myšice temnopásá (*Apodemus agrarius*). Poslední dvě zmíněné vyhledávají spíše heterogenní prostředí s vyšší vegetací a dostatkem keřů (Anděra a Gaisler 2012, Zejda a Heroldová 2002, Zejda et al. 2002). Nejvíce druhů se vyskytuje na rozhraní prostředí. Tato fakta jsou doložena celou řadou inventarizačních průzkumů prováděných na území ČR. Z oblasti střední Moravy, kde se nachází i zájmová oblast, na které probíhal sběr dat pro diplomovou práci, jsou to např. Losík 2010a, Losík 2000b, Losík 2000c, Losík 2013a, Losík 2013b, Průcha 2012.

Ve své diplomové práci se zabývám převážně hlodavci, a proto se v následujícím textu zaměřuji na tuto skupinu. Všichni hlodavci ČR, kromě bobra evropského (*Castor fiber*) a nutrie říční (*Myocastor coypus*), náleží do skupiny drobných savců. Kromě hlodavců do této skupiny můžeme ale zařadit i všechny hmyzožravce a letouny ČR.

### 1.3 Hlodavci

Hlodavci jsou nejpočetnějším řádem savců. Bylo jich popsáno asi 2300 druhů (v 33 čeledích), což tvoří 42 % druhové diverzity savců. Mezi nejpočetnější čeledi patří myšovité (Muridae), křečkovité (Cricetidae) a veverkovité (Sciuridae). Výskyt hlodavců je kosmopolitní, jsou schopni obývat nejrůznější typy prostředí od tropických deštných lesů, přes pouště a polopouště až po arktickou tundru či horské ekosystémy. Většina z nich žije na zemi, ale někteří se pohybují v korunách stromů, pod zemí nebo ve vodním prostředí. Hlodavci se živí převážně rostlinnou potravou, v menší míře také živočišnou. Velikostně se jedná o menší živočichy, existují však i výjimky jako jsou bobr (*Castor* sp.) nebo kapybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) (Anděra a Gaisler 2012).

### 1.4 Hlodavci v ČR

V podmínkách ČR se vyskytuje 25 druhů v 7 čeledích (Castoridae, Sciuridae, Gliridae, Dipodidae, Cricetidae, Muridae, Myocastoridae), z toho je 5 druhů nepůvodních (nutrie říční, ondatra pižmová – *Ondatra zibethicus*, potkan – *Rattus norvegicus*, krysa obecná – *Rattus rattus*, myš domácí – *Mus musculus*) (Anděra a Gaisler 2012).

Naši hlodavci využívají k životu celou škálu biotopů, ať už otevřených (louky, pole) či uzavřených (lesy), specifickým biotopem jsou pak ekotony. Jako ekoton označujeme přechodovou zónu mezi dvěma dobře definovanými ekosystémy. Může se jednat buď o ostré rozhraní např. pole-les, kde se charakter biotopu prudce mění, či o pozvolnou přechodnou zónu. Zásadním znakem ekotonu je, že dochází k postupné změně světelných, tepelných a vlhkostních podmínek. V ekotonu se mohou vyskytovat až 4 různé skupiny organismů. Jednak jsou to druhy z na sebe navazujících biotopů (polní/lesní), které na okraji biotopu (v ekotonu) ještě mohou existovat nebo do něj jen zabíhají. Dále druhy, které nachází své optimální podmínky pro existenci v ekotonech, ale v samotných biotopech se vyskytovat mohou také. A konečně ekotonoví specialisté, tzn. druhy, které se vyskytují pouze v ekotonech. V ekotonech bývá zaznamenávána větší diverzita i pravděpodobnost odchyty jednotlivých druhů (Hora et al. 2009).

Většina našich hlodavců si buduje systém podzemních nor (tvořený chodbami, hnízdem, případně zásobárnou či záchodem), který na povrch vyústí jedním popřípadě více východy. Jiní hlodavci využívají přirozených úkrytů (dutiny ve stromech, pařezy) nebo si hnízda staví ve vegetaci či využívají výtvarů lidské činnosti.

Co se týče sociálního chování, tak některé druhy žijí individuálně, většina je však sociální, vytváří rodiny, society, demy, kolonie. Každý jedinec má svůj domovský okrsek. Je to ta část území, ve které žije, sbírá potravu, rozmnožuje se, odchovává potomstvo a kontaktuje se s jedinci téhož nebo jiných druhů. Velikosti domovských okrsků se mohou lišit jak mezi jednotlivými druhy (Vukićević-Radić et al. 2006), tak v rámci jednoho druhu mezi pohlavími, přičemž samci mívají domovský okrsek větší než samice (Korn 1985, Salvioni 1988, Stradiotto et al. 2009). Velikost domovského okrsku jedince se mění během roku. Například po podzimu, kdy domovský okrsek může být relativně velký v důsledku shánění potravy a vytváření zásob na zimu, dochází v zimě díky nízkým teplotám a snížené aktivitě k jeho výraznému zmenšení (Lee a Rhim 2016). Na úhorech v létě mohou dosahovat domovské okrsky myšic křovinných velikosti 1190–2600 m<sup>2</sup>, v zimě se pak sníží na třetinu či čtvrtinu (Anděra a Gaisler 2012). Obecně, během vegetační sezóny a tedy rozmnožovacího období jsou domovské okrsky samců, kteří aktivně vyhledávají samice, větší než u pohlavně aktivních samic, které mají domovské okrsky v tomto období malé (Rogers a Gorman 1995). Velikost domovského okrsku může být dále ovlivněna charakterem prostředí (např. typem půdy Kubiak et al. 2017, výškou vegetace Jacob a Hempel 2003) a jeho úživností (Stradiotto et al. 2009) nebo populační hustotou (Borremans et al. 2014). Rovněž záleží na

individuálních vlastnostech jedinců, jako je třeba váha, která určuje sociální postavení (Korn 1985). Při vysokých populačních hustotách se domovské okrsky jedinců překrývají. Mladí samci i samice hraboše polního opouštějí mateřskou noru brzy po narození. Zatímco se samci rozptýlí po okolí, mladé samice začínají budovat vlastní nory, jejich domovské okrsky se nepřekrývají, nebo jen minimálně. Se zvyšující se populační hustotou se dcery usazují poblíž matky a jejich domovské okrsky se začínají překrývat. Matky někdy svým dcerám domovský okrsek přenechávají a těsně před vrhem se přemísťují na velké vzdálenosti a budují si novou hnízdní noru (Zejda et al. 2002). Domovské okrsky samců hrabošika podzemního (*Microtus subterraneus*) se navzájem také překrývají, jedinci se zdržují ve stejném prostoru, dokonce (společně či jednotlivě) obývají stejná hnízda (Salvioni 1988).

Při srovnávání velikosti domovských okrsků hraje roli metodika jejich zjištění. Mnoho studií využívá jednoduchou metodu minimálního konvexního polygonu, další metody popisují velikost domovského okrsku pomocí kružnic nebo elips, z novějších metod je využívána metoda harmonického průměru nebo metoda kernelového odhadu (Tkadlec a Losík 2012). Je tedy zřejmé, že srovnávání velikostí domovských okrsků může být zatíženo chybou.

Ve vztahu k domovskému okrsku je třeba ještě rozlišovat teritorium. Teritorium je ta část domovského okrsku, kterou jedinci aktivně brání. Oproti domovskému okrsku teritorium nemusí mít každý jedinec v populaci (Zejda 2002).

## 1.5 Význam hlodavců

Je důležité a žádoucí se touto skupinou drobných savců zabývat, neboť pro člověka má celou řadu významů. Mezi jeden z nejvýznamnějších patří jejich ekonomický dopad na zemědělské a lesnické hospodářství. Zemědělsky obdělávané oblasti se staly útočištěm celé řady drobných hlodavců. V našich podmínkách patří mezi škůdce s největším ekonomickým dopadem právě hraboš polní nebo hryzec vodní (*Arvicola terrestris*) (Zejda et al. 2002). S drobnými hlodavci se setkáme ve všech druzích pěstovaných polních plodin (Heroldová a Suchomel 2016, Heroldová et al. 2008, Heroldová et al. 2004, Janová a Heroldová 2016), na kterých způsobují nemalé škody. Například v době maxima populační hustoty hraboše polního, které může dosahovat i přes 1000 jedinců/ha, je hraboš schopen zničit 40–60 % úrody obilnin (Zejda et al. 2002). V porostech cukrové řepy byly zase zjištěny ztráty výnosu až 50 % (Grulich 1959). Nejvyšších populačních hustot však hraboš polní dosahuje ve víceletých pícevinách,

zvláště pak ve vojtěšce (Zapletal et al. 2001). Nelze také opominout význam drobných hlodavců v lesnické praxi. Mezi nejvýznamnější lesní škůdce můžeme zařadit norníka rudého a hraboše mokřadního (*Microtus agrestis*), kteří výrazně škodí při obnově lesa především konzumací semen a ohryzem kůry a terminálních pupenů (Borowski 2007, Heroldová et al. 2012, Zejda a Heroldová 2002). Podle statistik Ministerstva zemědělství (2016) z let 2005-2015 je hlodavci poškozeno v průměru asi 1200 ha výsadby ročně. Kromě negativ však mohou mít hlodavci i pozitivní vliv na vývoj lesa. Částečně se podílejí na rozptylu semen (Wrobel 2014) nebo mohou přispět k regulaci početnosti lesních hmyzích škůdců (Obrtel et al. 1978).

Hlodavci se svým výběrem potravy mohou podílet na změnách biodiverzity území. Svými potravními preferencemi mohou ovlivňovat jak strukturu vegetace (Cudlín et al. 2009, Lantová a Lanta 2009, Moen et al. 1993), tak i početnost některých jiných druhů živočichů (Adamík a Král 2008, Svoboda et al. 2007).

Sami drobní hlodavci představují důležitý zdroj potravy celé řady savčích i ptačích predátorů (Anděra a Gaisler 2012, Pikula 2002). Role predátorů je důležitá, protože predátoři mohou regulovat početnost kořisti nebo i způsobovat její cyklickou dynamiku (Tkadlec 2013). Mezi nejvýznamnější z ptačích predátorů drobných hlodavců, zejména hrabošů, patří například kalous ušatý (*Asio otus*) (Bencová et al. 2006), sova pálená (*Tyto alba*) (Frey et al. 2011), káně lesní (*Buteo buteo*), k. rousná (*Buteo lagopus*) (Ševčík 1980) a poštolka obecná (*Falco tinnunculus*) (Ims a Andreassen 2000). Mezi savce, kteří se v největší míře živí drobnými hlodavci patří lasicovití (Elmeros 2006, Lanszki a Heltai 2007).

Hlodavci mají rovněž velký význam z hlediska zdravotnického. Představují výrazný zdroj zoonóz, tedy nemocí přenosných ze zvířete na člověka. Nejvýznamnější jsou druhy, které se pravidelně přemnožují, nebo ty, které přichází do bližšího kontaktu s člověkem. Z nálezů jmenujme například lymfskou borreliózu, listeriózu, leptospirózu, tularemii, klíšťovou encefalitidu, hantavirové infekce a mnoho dalších (Cox 1979, Hubálek 2002).

Z medicínského a farmakologického hlediska jsou hlodavci důležitou pokusnou skupinou při vývoji a testování léčiv či kosmetických složek. Tvoří asi 80 % všech zvířat používaných ve výzkumu. Mezi nejčastěji využívané laboratorní druhy patří myš laboratorní (*Mus musculus*) a potkan laboratorní (*Rattus norvegicus*) (Macholán 1997, Uttl a Kútina 2016). V České republice bylo v roce 2016 k pokusným účelům použito 103 930 hlodavců, z toho většinu tvořili právě myši a potkani (Ministerstvo zemědělství



2017). Dále jsou některé druhy hlodavců, například činčila vlnatá (*Chinchilla laniger*) nebo nutrie říční, chovány pro kožešinu (Skřivan et al. 2002). Celá řada druhů drobných hlodavců je pak chována lidmi jako domácí mazlíčci.

Z ochranné praxe jsou některé druhy hlodavců rovněž zajímavé. Zákonem chráněných druhů hlodavců se na území ČR vyskytuje celkem 9, a to ve třech kategoriích: kriticky ohrožení (*Spermophilus citellus*, *Eliomys quercinus*), silně ohrožení (*Castor fiber*, *Sicista betulina*, *Cricetus cricetus*, *Dryomys nitedula*, *Muscardinus avellanarius*) a ohrožení (*Glis glis*, *Sciurus vulgaris*) (Vyhláška č. 395/1992 Sb.). Na druhou stranu se na našem území vyskytuje také 5 nepůvodních druhů hlodavců, z nichž např. nutrie říční je dokonce invazní (Mlíkovský a Stýblo 2006).

Z hlediska mé diplomové práce je ale nejzásadnější význam hlodavců jako modelové skupiny pro celou řadu ekologických studií, například studií změřených na populační dynamiku.

## 1.6 Populační dynamika

Někteří hlodavci se vyznačují velkým reprodukčním potenciálem. Na té se podílí délka rozmnožovacího období (některé druhy se rozmnožují i celý rok), krátká doba březosti a četné vrhy s velkým počtem mláďat, která rychle dospívají. V důsledku vysoké rozmnožovací aktivity i sezonality prostředí, která má vliv na dostupnost potravy, dochází u řady hlodavců ke každoročnímu kolísání populační hustoty (zpravidla je nejvíce jedinců na podzim) (Anděra a Gaisler 2012, Zejda 2002). Odchyly od průměrného stavu početnosti populace nazýváme fluktuace. Pokud jsou fluktuace pravidelné a jsme schopni je předvídat, potom se jedná o oscilace (Tkadlec 2013).

Populační hustoty některých druhů kolísají v pravidelných víceletých intervalech, tyto víceleté populační fluktuace označujeme jako populační cykly. Populační cykly byly pro vědu objeveny britským ekologem Charlesem Eltonem (1924), který si všiml pravidelného kolísání početnosti populace lumíka norského (*Lemmus lemmus*) s periodou 3 až 4 let (Tkadlec 2013). Dnes jsou populační cykly popsány u celé řady živočichů. Vyskytují se mezi rybami (Bjørnstad et al. 1999a) a savci (Krebs 1996, Yan et al. 2013), ale byly popsány také u ptáků (Lindstrom et al. 1995) a hmyzu (Kendall et al. 2005). Vyskytují se rovněž u rostlin (Gonzalez-Andujar et al. 2006). Perioda kolísání početnosti se různí mezi druhy, např. 9–11 letý cyklus zajíce měnivého (*Lepus americanus*) a rysa kanadského (*Lynx canadensis*), 6–7 letý

cyklus tetřívka obecného (*Tetrao tetrix*), 3–5 letý cyklus hraboše polního (Tkadlec 2013) i v rámci jednoho druhu, např. u hrabošovitých, kdy jsou v Evropě známy dva gradienty v dynamice jejich početnosti, ve Skandinávii roste cykličnost na sever, ve střední Evropě na jih (Tkadlec a Stenseth 2001). Kromě hraboše polního mají na našem území cyklickou dynamiku i další dva druhy drobných hlodavců, a to hraboš mokřadní a norník rudý (Tkadlec a Zejda 1998).

Příčiny populačních cyklů nebyly doposud spolehlivě objasněny. Hlavní hypotézy se dle Berrymana (2002) opírají o řadu faktorů. Mezi nejvýznamnější patří fyzikální faktory (např. klimatické vlivy nebo cyklus slunečních skvrn), účinky predátorů (systém predátor – kořist), účinky patogenů, účinky rostlin (systém herbivor – rostlina, hypotézy zahrnující koloběh živin), účinky populační struktury (patří sem senescenční modely o stárnutí populace s rostoucí hustotou populace), mateřské účinky (vlivy prostředí ovlivňující mateřskou generaci se mohou odrazit ve vlastnostech potomstva), genetické účinky (při nízkých populačních hustotách přírodní výběr preferuje genotyp s vyšší reprodukcí a nižší kompetitivností, při vysokých preferuje genotyp s nižší reprodukcí a vyšší kompetitivností). Obecně však můžeme cykly rozdělit na exogenní a endogenní. Exogenní jsou vyvolány nějakou vnější proměnnou, která má sama cyklickou dynamiku, kterou vnucuje populaci, např. velkoprostorová klimatická variabilita. Endogenní cykly vznikají v důsledku silné přímé závislosti na hustotě (negativní zpětné vazby 1. řádu) nebo opožděné závislosti na hustotě (vazby 2. a vyššího řádu). Mechanismy endogenní cyklů jsou dva: intrapopulační samoregulační mechanismy (např. intraspecifická kompetice, opožděná závislost přežívání a plodnosti na hustotě populace) a interpopulační trofické mechanismy (interakce mezi predátorem a kořistí).

Z hlediska dynamiky populací v prostoru se můžeme u cyklujících druhů setkat s jedním zajímavým jevem, a sice synchronností populačních dynamik.

## 1.7 Synchronnost populačních dynamik

Pojmem synchronnost populačních dynamik označujeme jev, kdy dochází k současným fluktuacím populačních dynamik geograficky oddělených různých populací stejného či odlišných druhů. Obecně lze říci, že různé populace procházejí stejnými změnami ve stejném čase (Liebhold et al. 2004a).

Synchronnost populačních dynamik je typická pro druhy, které vykazují cyklickou dynamiku. Pozorujeme ji v rámci jednoho druhu (Gouveia et al. 2016) i

napříč různými taxony (Hörnfeldt 1978). Vyskytuje se u celé řady živočichů, např. u savců (Michelat a Giraudoux 2006, Swanson a Johnson 1999, Tkadlec et al. 2011), ptáků (Kvasnes et al. 2010, Watson et al. 2000), ryb (Phelps et al. 2008, Tedesco et al. 2004) nebo u hmyzu (Raimondo et al. 2004). U rostlin byla synchronnost pozorována například u dubů, kde se projevuje v korelované plodnosti (Liebhold et al. 2004b).

S rostoucí vzdáleností mezi populacemi synchronnost populačních dynamik klesá (např. Koenig 2002, Peltonen et al. 2001). Ranta et al. 1997 zaznamenali nejprve pokles a poté vzestup. Dle Gouveia et al. 2016. synchronnost se vzdáleností také klesala, ne však s nadmořskou výškou. Míra poklesu se mezi druhy různí. Příčiny synchronnosti bývají vysvětlovány třemi způsoby, které se vzájemně nevylučují a mohou se kombinovat (Bjørnstad et al. 1999b):

#### a) Rozptylování jedinců

Na lokální úrovni, v dosahu rozptylové vzdálenosti daného druhu, může být synchronnost vyvolána prostřednictvím rozptylujících se jedinců. Jestliže dochází k nárůstu populační hustoty jedné populace, její migranti mohou zvyšovat početnost i sousedních populací. Rozptylová vzdálenost se mezi jednotlivými druhy liší. Pro zástupce rodu *Apodemus* spp. v Evropě byla zjištěna v rozmezí 1–4 km (Szacki et al. 1993), samci hraboše hospodářného se rozptylovali do vzdálenosti 1 km, průměrně do cca 700 m, (Steen 1994). Synchronnost na lokální úrovni může být ovlivněna také strukturou prostředí, například pro populace hraboše polního může klesat se zvyšující se lesnatostí (Gouveia et al. 2016), naopak pro populace lesních druhů ptáků byla synchronnost vyšší mezi populacemi, které byly od sebe odděleny lesem, a nízká pro populace odděleny otevřenou krajinou (Bellamy et al. 2003). U cyklických populací se může synchronnost projevovat i na velké vzdálenosti (Ranta et al. 1998). Hovoříme zde o fázovém zámku, který „uzamyká“ dynamiky ve stejné fázi. To znamená, že se rozptylování může projevovat regionálně a synchronizovat na vzdálenost větší než rozptylovací vzdálenost (Bjørnstad 2000). S rozptylovou vzdáleností také úzce souvisí metapopulační teorie. Metapopulace je tvořena souborem lokálních populací, které jsou navzájem propojeny migrujícími jedinci. Pro perzistenci metapopulace je zásadní, aby lokální dynamiky byly asynchronní (Hanski 1998). Pokud by tyto populace fluktovaly synchronně, v případě extinkce jedné populace by došlo i k extinkci ostatních a metapopulace by zanikla (Heino et al. 1997).

## b) Trofické interakce

Vysoce mobilní predátoři, v případě drobných hlodavců často ptáci, mohou synchronizovat dynamiku kořisti i na velké vzdálenosti. Ims a Andreassen (2000) pozorují synchronnost způsobenou sovami a dravci mezi populacemi hraboše hospodárného na lokální i regionální úrovni. Jejich studie však opomíjí vlivy dalších proměnných, například vliv klimatu a trofické interakce bere jako hlavní příčinu synchronnosti. Mobilní predátoři jsou schopni v heterogenním prostředí rychlé agregace v místě nejvyšší koncentrace kořisti. Díky jejich mobilitě nevzniká časové zpoždění v regulaci kořisti a početnost agregujícího se predátora tak fluktuuje synchronně s početností kořisti. Mluvíme o přímé numerické odpovědi predátora na růst početnosti kořisti. K opožděné numerické odpovědi dochází v důsledku reprodukce predátora. Predátor neodpovídá na změnu početnosti kořisti okamžitě, tj. migrací do míst s vysokou koncentrací kořisti, nýbrž reprodukcí, v jejímž důsledku dochází k časovému zpoždění (Tkadlec 2013). V kulturní krajině západního Finska byly pozorovány oba typy numerické odpovědi. Zatímco poštolka obecná, kalous ušatý a k. pustovka (*Asio flammeus*) reagují na změnu početnosti hraboše mokřadního a h. východoevropského (*Microtus epiroticus*) okamžitě (Korpimäki a Norrdahl 1991), lasice kolčava (*Mustela nivalis*) reaguje na změnu početnosti hrabošů se zpožděním (Korpimäki et al. 1991). Některé druhy mohou být synchronizovány díky synchronním fluktuacím druhů z nižších trofických úrovní. Např. stromy se snaží uniknout predačnímu tlaku ze strany hlodavců synchronizovanou plodností (Liebhold et al. 2004b). V semenných letech produkují velké množství semen, což má za následek zvýšení početnosti hlodavců následující rok (Wolff 1996). Se zvýšenou početností hlodavců zase pozitivně koreluje přítomnost zoonóz, které mohou být hlodavci přeneseny na člověka. Bjedov et al. 2016 zkoumali, jak semenné roky ovlivňují míru výskytu hantaviru u hlodavců. Zaznamenali, že nejvyšší míra infekce hantaviry je v roce s nejvyšší populační hustotou hlodavců, rok po semenném roce buku. V roce s vysokou populační hustotou hlodavců byl zaznamenán i vysoký počet onemocnění hemoragickou horečkou, způsobenou právě hantaviry.

## c) Faktory prostředí

Na velkých územích může být mnoho populací korelováno prostřednictvím klimatické variability. Takové populace jsou pak schopny pod vlivem stejných

exogenních procesů (např. vliv teploty nebo srážek) fluktuovat synchronně. Např. Haynes et al. 2012 ve své studii uvádějí, že synchronnost v přemnožení populací bekyně velkohlavé (*Lymantria dispar*) je přímo ovlivněna množstvím srážek a maximální teplotou na jaře. Nepřímo pak srážky ovlivňují synchronnost populací bekyně skrze semenné roky (které jsou v korelaci se srážkami) a početností predátorů - hlodavců (která je v korelaci se semennými roky). I Koenig et al. 2017 uvádějí jako hlavní faktor vyvolávající synchronnost v plodnosti dubů vliv počasí, konkrétně srážek, v úvahu zde přichází ale i blízkost stanovišť. Na lokální úrovni pak synchronním faktorem byla dostupnost vody a individuální fenologie kvetení u jednotlivých stromů. Takový synchronizační účinek, působící na velké vzdálenosti, zprostředkovaný např. klimatickou variabilitou se nazývá Moranův efekt. Aby platilo, že synchronnost populací druhů se rovná korelaci mezi klimatickými vlivy, je nutné, aby tyto populace měly stejnou strukturu závislostí na hustotě. Pokud toto neplatí, i Moranův efekt je jen přibližný (Moran 1953, Royama 1992). Populace soyaské ovce na ostrovech Hirta a Boreray rovněž vykazují synchronní populační dynamiku. Jelikož mezi ostrovy neprobíhá migrace a nepůsobí zde ani predátoři, je synchronnost vysvětlována rovněž environmentálními korelacemi (Grenfell et al. 1998).

## 2 Cíle práce

Tato diplomová práce navazuje na mou bakalářskou práci, která se zabývala tématem pravděpodobnosti odchyty u vybraných druhů hlodavců (Marková 2015). Díky delší časové řadě dat z terénu mohu vyhodnotit některé další aspekty týkající se početnosti a složení společenstva drobných savců na studované lokalitě.

Tato diplomová práce si klade tři základní cíle, a to:

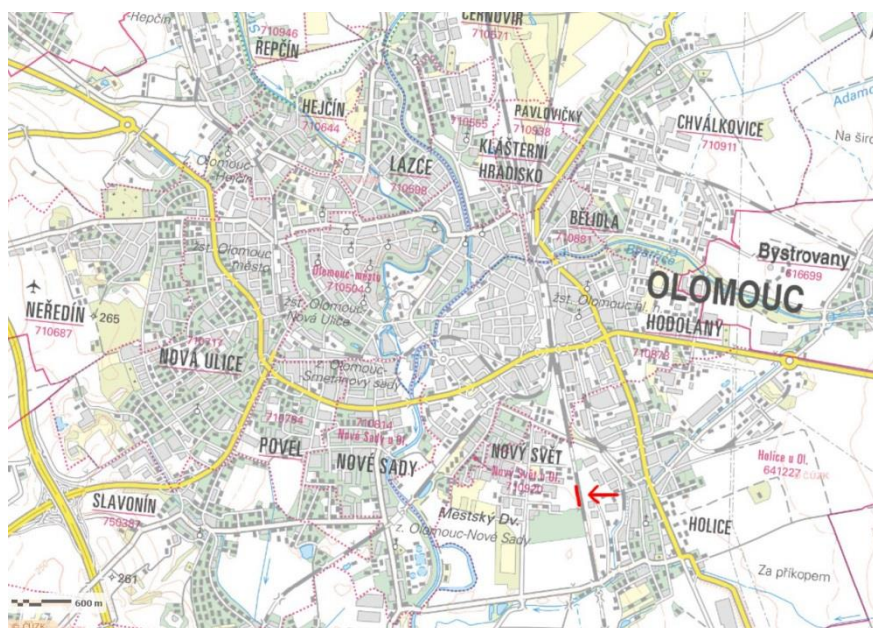
1. Popsat společenstvo drobných savců v prostředí ekotonu v suburbánní zóně města Olomouce (areál PňF Olomouc-Holice), popsat změny druhové bohatosti v čase;
2. Vyhodnotit prostorové chování vybraných druhů hlodavců na lokalitě (hraboš polní, myšice křovinná, myšice lesní, myšice temnopásá a hrabošík podzemní);
3. Provéřit synchronnost populačních dynamik výše uvedených druhů (vyjma hrabošíka podzemního).

## 3 Materiál a metody

### 3.1 Popis lokality

Lokalita výzkumu se nachází na jižním okraji města Olomouce (místní část Holice) ve východní části areálu PřF UP, za budovami fakulty (obr. 1). Jedná se o zemědělsky využívanou plochu, tvořenou komplexem drobných políček. Své experimentální plochy zde má kromě PřF UP také Výzkumný ústav rostlinné výroby a Ústav experimentální botaniky AV ČR. Vlastní plocha výzkumu (linie, ve které byly položeny pasti) se nacházela na okraji nezpevněné polní cesty vedoucí kolem zemědělských políček, na kterých se pěstují různé zemědělské plodiny (v první části cesty na čtverci cca 65×65 m bývá každoročně pěstována vojtěška, dále většinou obilí, jeden rok také svazenka *Phacelia tanacetifolia*, z dalších plodin se v areálu pěstují např. brambory a zelenina). Z druhé strany byla plocha výzkumu ohraničena lemem vyšší keřové vegetace, pomístně se stromy, za níž se pak dále nachází železniční trať (obr. 2). Výzkumná plocha měla v době sběru dat charakter ekotonu, jednalo se o vyšší bylinnou vegetaci postupně přecházející do keřového pláště a právě do tohoto rozhraní jsem umísťovala pasti (obr. 3).

Z rostlin zde v průběhu výzkumu dominovala srha laločnatá (*Dactylis glomerata*) a ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), dále se zde vyskytovaly běžné ruderalní druhy jako např. vratič obecný (*Tanacetum vulgare*), kopřiva dvoudomá



Obr. 1 Orientační mapa umístění lokality



Obr. 2 Letecký snímek lokality, červeně je znázorněna linie s pastmi

(*Urtica dioica*), pelyněk černobýl (*Artemisia vulgaris*). Na vlhčích místech rostl rákos obecný (*Phragmites australis*). Sporadicky se vyskytoval kostival lékařský (*Symphytum officinale*), svízel přítula (*Galium aparine*), kuklík městský (*Geum urbanum*) nebo chmel otáčivý (*Humulus lupulus*). Hlavním druhem keřového patra byl bez černý (*Sambucus nigra*), růže šípková (*Rosa canina*) a trnka obecná (*Prunus spinosa*), dále



Obr. 3 Pás křovin, na jehož okraji byly umístěny pasti



zde také rostl hloh obecný (*Crataegus laevigata*). Ze stromů se zde vyskytovala jabloň (*Malus* sp.), dále topol černý (*Populus nigra*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*) a několik jedinců ořešáku královského (*Juglans regia*).

Co se týče fauny okolních políček, tak kromě běžných druhů hlodavců se zde vyskytuje také zvláště chráněný křeček polní. Z dalších savců bývá pravidelně zaznamenáván např. zajíc polní. Ze vzácných ptáků se v polích vyskytuje koroptev polní (*Perdix perdix*).

Dle geomorfologického členění zájmové území spadá do provincie Západní Karpaty, soustavy Vněkarpatské sníženiny, podsoustavy Západní Vněkarpatské sníženiny, celku Hornomoravský úval, podcelku Středomoravská niva, okrsku Středomoravská niva (Demek et al. 2006). Dle klimatického členění se území vyskytuje v klimatické oblasti T2 – teplá (Quitt 1971). Jde o převážně rovinatou oblast v nivě řeky Moravy na jejím středním toku. Nadmořská výška území činí 210 m. Podloží je tvořeno kvartérními nezpevněnými sedimenty překrytými vrstvou náplavových hlín. Z půdních typů zde převládá fluvizem glejová.

### 3.2 Práce v terénu

Práce v terénu probíhaly od podzimu roku 2013 do zimy roku 2017. Lokalitu jsem navštěvovala vždy pět dní v týdnu (pondělí až pátek – v pondělí ráno byly pasti nainstalovány, v pátek odpoledne sklizeny) v každém ročním období (zima, jaro, léto, podzim). Každá tato cca čtvrtletní návštěva bude dále v textu označena jako „odchyťová akce“. Pasti jsem kontrolovala vždy dvakrát denně, a to ráno (cca od 9:00) a odpoledne (cca od 16:00). Celkem na lokalitě proběhlo 14 odchyťových akcí (tabulka 2).

K odchyťům jsem využívala živolovné pasti typu Ugglan (obr. 4). Pastí bylo v každé odchyťové akci instalováno vždy celkem 64, byly umístěny v linii po cca 3 m. Celková délka linie tedy činila cca 200 m. Jako návnada v pastech posloužily ovesné vločky. U každého odchyceného jedince byly zaznamenány tyto údaje: číslo pasti, identifikační kód jedince (neoznačené jedince jsem označila), druh, pohlaví,

Tabulka 2 Data odchyťových akcí

	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Zima</b>		10.–14. únor	2.–6. únor	8.–12. únor	13.–17. únor
<b>Jaro</b>		14.–18. duben	25.–29. květen	16.–20. květen	
<b>Léto</b>		14.–18. červenec	3.–7. srpen	15.–19. srpen	
<b>Podzim</b>	18.–21. listopad	20.–24. říjen	16.–20. listopad	7.–11. listopad	



Obr. 4 Živolovná past typu Ugglan

reprodukční kondice, hmotnost (vážena pružinovou váhou s přesností na 0,5 g), případně další poznámka (specifický znak – např. uřatý ocas, gravidita, smrt jedince atd.). Hraboši a hrabošici byli z pasti přemístěni do 10l kbelíku, ve kterém je šlo snadno chytit. Při manipulaci se zvířaty bylo nutno mít pevné rukavice, které zabránily pokousání. Myšice byly kvůli své vysoké pohyblivosti (díky silným zadním končetinám z kbelíku snadno vyskočí) z pasti vypuzeny do igelitového sáčku, ve kterém s nimi bylo dále manipulováno.

Při výzkumu byla použita metoda zpětného odchyty značkových jedinců (capture-mark-recapture) (Jolly 1965). Tato metoda spočívá v odchytení jedince, jeho označení, vypuštění zpět do populace a opětovném odchyty. Značení u takto malých druhů hlodavců spočívá ve stříhání posledních článků prstů na předních i zadních končetinách. Každému jedinci byl odstřižen maximálně jeden poslední článek prstu na každé končetině (hraboši a myšice mají na zadních končetinách 5 prstů, na předních 4 prsty). Tímto způsobem lze označit velké množství jedinců, přičemž každý získá svůj originální identifikační kód. Označení byli všichni odchytení jedinci, kromě jedinců kolčavy, jednoho jedince norníka rudého a mrtvých jedinců. Dva jedinci hrabošika podzemního a dva jedinci myšky drobné (*Micromys minutus*) byli identifikováni jiným způsobem.

### 3.3 Analýza získaných dat

#### 3.3.1 Složení společenstva a druhová bohatost

V prostředí tabulkového programu Microsoft Excel byly vytvořeny grafy pro kumulativní počet druhů, pro počet druhů v jednotlivých odchyťových akcích a pro celkový počet jedinců všech druhů v jednotlivých odchyťových akcích. Graf pro kumulativní počet druhů byl vytvořen pro dvě situace. První byla pro skutečnou kontrolu, tedy kontrolu každé pasti po každých 3 metrech v celkovém počtu 64. Druhá situace se týkala hypotetické kontroly každé třetí pasti, tedy případu, kdy by byly pasti vzdáleny od sebe 9 metrů (počet pastí v tomto případě klesl na 22). Závislost mezi celkovým počtem druhů a celkovým počtem jedinců všech druhů v jednotlivých odchyťových akcích byla prověřena lineární regresí v prostředí statistického programu NCSS, data bylo nutné zlogaritmovat.

#### 3.3.2 Prostorové chování

Jedinci vybraných druhů (hraboš polní, myšice křovinná, m. lesní, m. temnopásá, hrabošík podzemní) byli nejprve na základě věrnosti danému biotopu rozřazeni do dvou skupin: rezidenti a tranzienti. Pokud byl jedinec během odchyťové akce odchycen 3× a vícekrát, byl označen jako rezidentní – věrný danému prostředí. Pokud byl jedinec odchycen jen 1× nebo 2×, byl označen jako tranzientní – tedy jedinec, který daným územím pouze migruje. Hranice 3 odchytů byla zvolena pro vyšší vypovídací schopnost (oproti dvěma odchytům) a zároveň proto, aby vzorek pro vyhodnocení byl dostatečný (oproti hranici čtyř odchytů). Poměr rezidentů a tranzientů byl vypočítán chí-kvadrát testem v prostředí tabulkového programu Microsoft Excel.

Vzdálenost mezi pastmi, ve které se konkrétní jedinec pohyboval, byla vypočítána jako vzdálenost mezi první a poslední pastí v linii, ve které byl jedinec zaznamenán. Rozestup mezi pastmi byl 3 m, pastí bylo 64, tzn., že pokud se jedinec chytl např. do pasti č. 10, č. 19 a č. 23, tak vzdálenost, ve které se jedinec pohyboval, bude  $(23 - 10) \times 3 = 39$  m. Pro jedince, kteří se v rámci odchyťové akce chytili pokaždé do stejné pasti, by vzdálenost byla rovna nule. Vzhledem k tomu, že lze předpokládat, že alespoň k minimálnímu pohybu (v rámci jednoho metru) docházelo, byla hodnota 0 nahrazena hodnotou 1, tedy 1 m. Vzdálenost byla počítána pouze u rezidentů. Pokud se jedinec chytil ve více odchyťových akcích, vzdálenost mezi pastmi byla počítána pro každou odchyťovou akci zvlášť, vzdálenosti pro konkrétního jedince tedy nebyly průměrovány pro všechny odchyťové akce, ve kterých se chytil. Vzdálenosti, ve kterých

se jedinci jednotlivých druhů pohybovali, byly analyzovány v prostředí statistického programu NCSS a v programu R verze 3.4.4 (2018-03-15) (R Development Team 2006), výstupem je krabičkový diagram. Rozdíly ve vzdálenostech mezi jednotlivými druhy byly porovnány Tukeyho testem pomocí analýzy variancí (ANOVA), stejně tak rozdíly mezi pohlavími. Homogenní rozložení variance, které ANOVA předpokládá, bylo otestováno Bartlettovým testem. Aby tohoto předpokladu bylo dosaženo, data bylo nutné převést na logaritmickou škálu.

### **3.3.3 Synchronnost populačních dynamik**

Synchronnost populačních dynamik byla porovnávána v programu R pomocí korelací. Grafy pro vizualizaci výsledků byly vytvořeny jak v programu R, tak v prostředí tabulkového procesoru Microsoft Excel.

Porovnávala jsem dynamiku populací myšic (m. křovinné, m. lesní, m. temnopásé) a hraboše polního. Početnost populací druhů v ekotonu byla vyjádřena celkovým počtem odchycených jedinců v jednotlivých odchytových akcích. Tyto hodnoty byly pro danou odchytovou akci navýšeny o jedince, kteří se chytli v předchozí a zároveň v následující akci (tzv. enurmační metoda, angl. „minimum number known alive“, Otis et al. 1978). Díky známé početnosti populace hraboše polního v sousední vojtěšce, která byla zjištěna metodou zpětných odchytů (data mi poskytl Mgr. Petr Pavlůvčík, Ph.D. a Mgr. Jan Losík, Ph.D.), jsem rovněž pomocí korelace mohla porovnat synchronnost mezi populacemi hraboše polního v ekotonu a v sousední vojtěšce. Data pro vojtěšku a ekoton byla sbírána paralelně.

## 4 Výsledky

### 4.1 Složení společenstva a druhová bohatost

Na lokalitě výzkumu jsem od podzimu 2013 do zimy 2017 odchytila celkem 388 různých jedinců drobných savců v celkem 12 druzích. Většina těchto jedinců byla označena číselným kódem. Neoznačeni, avšak započítáni do celkového počtu, byli pouze mrtví jedinci (hmyzožravci, 3 myšice temnopásé, 1 m. křovinná), norník rudý, který se chytil pouze během jediné odchyťové akce a dále jedinci identifikovaní jiným způsobem (2 hrabošici podzemní, 2 myšky drobné). Jeden hrabošík podzemní byl identifikován na základě individuálního znaku – neměl oko, druhý identifikován na základě prostorového chování – odchycen vždy ve stejné pasti na začátku linie (zbytek populace hrabošíků odchyťován na konci linie). Dvě neoznačené myšky drobné byly identifikovány na základě časového posunu jejich odchycení (zima 2015, podzim 2015). Myšky byly chyceny pouze jedenkrát během dané odchyťové akce, časový rozestup mezi akcemi byl 9 měsíců, následně se již žádné myšky nechytly, vzhledem ke krátké délce života lze tedy předpokládat, že se jednalo o dva různé jedince. Norník rudý byl odchycen sedmkrát, ale pouze během jedné odchyťové akce a vzhledem k charakteru biotopu, který zde není pro norníky zcela optimální, lze předpokládat, že se jednalo o zcela náhodný výskyt jednoho zatoulaného jedince.

Nejčastěji odchyťovaným druhem byla myšice křovinná, následoval ji hraboš polní. Poměrně často se chytala také myšice lesní a m. temnopásá, následované rejsek obecným (*Sorex araneus*) a hrabošíkem podzemním. Pouze sporadicky se v pastech objevila bělozubka šedá (*Crocidura suaveolens*) a myška drobná. Ve dvou případech byl odchycen rejsek malý (*Sorex minutus*) a zcela vzácný byl odchyt norníka rudého a myši domácí. Několikrát byla také odchycena kolčava. Celkové počty odchycených jedinců pro každou odchyťovou akci zvlášť jsou uvedeny v tabulce 2. Do těchto počtů jsou započítáni: jedinci označení číselným kódem, mrtví jedinci, dále jedinci, kteří utekli bez označení poslední den odchyťové akce a neoznačení jedinci, kteří byli identifikováni jiným způsobem. V tabulce jsou také ve sloupci n2 uvedeny skutečné počty jedinců daných druhů za celé sledované období. Je zde odfiltrován počet opakovaně chytaných jedinců v rámci více odchyťových akcí a počet neoznačených

Tabulka 3 Počty odchycených jedinců v jednotlivých odchyťových akcích

druh <sup>a</sup>	podzim 2013	zima 2014	jaro 2014	léto 2014	podzim 2014	zima 2015	jaro 2015	léto 2015	podzim 2015	zima 2016	jaro 2016	léto 2016	podzim 2016	zima 2017	n1 <sup>b</sup>	n2 <sup>c</sup>
AS	17	9	9	2	18	1	18	3	14	8	12	11	16	6	144	125
MA	8	9	7	18	42	12			7				2		105	83
AF	9	6	10	4	8	1			3	1	5	8	4	4	63	49
AA	7	4	6	7	13	4	5	5	1	3	1		3		59	45
SA		2	4	3			2	4	4	2	2	18	1	1	43	43
MS		5	4	1	4			1	1	1	1	5	5	2	30	23
CS				2	1			1			3	1	1		9	9
MM		2	1		2	1			1						7	7
SM			1				1								2	2
CG											1				1	1
MMu													1		1	1
MN <sup>d</sup>	2			3				2					2	1		
Počet jedinců	41	37	42	37	88	19	26	14	31	15	25	43	33	13		
Počet druhů	5	7	8	8	7	5	4	6	7	5	7	5	9	5		

<sup>a</sup> AS – *Apodemus sylvaticus*, MA – *Microtus arvalis*, AF – *Apodemus flavicollis*, AA – *Apodemus agrarius*, SA – *Sorex araneus*, MS – *Microtus subterraneus*, CS – *Crociodura suaveolens*, MM – *Micromys minutus*, SM – *Sorex minutus*, CG – *Clethrionomys glareolus*, MMu – *Mus musculus*, MN – *Mustela nivalis*

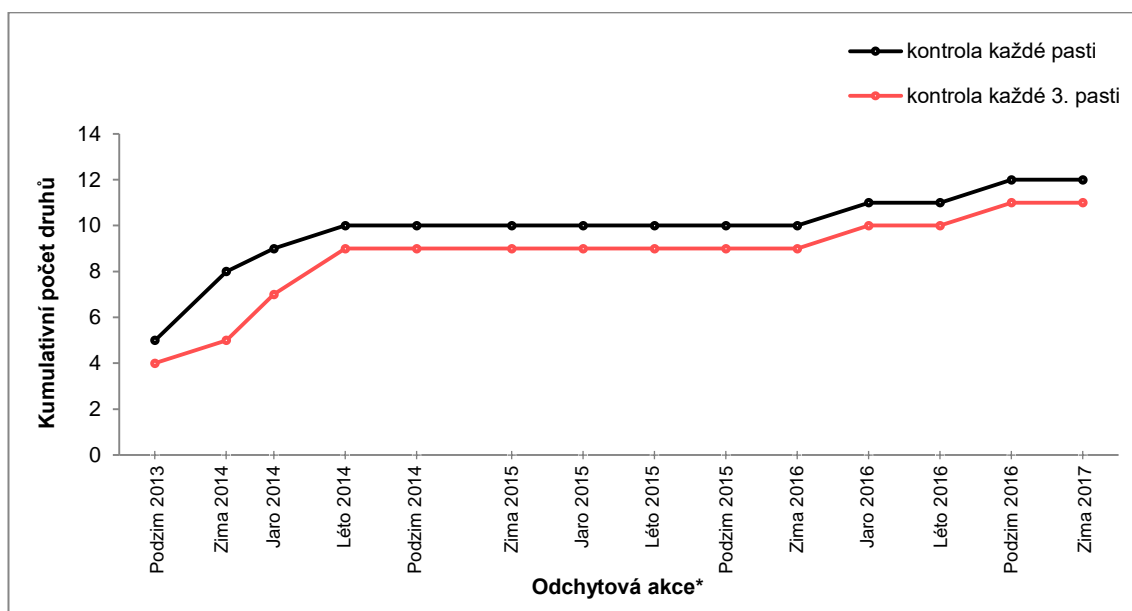
<sup>b</sup> n1 vyjadřuje celkový počet odchycených jedinců za všechny odchyťové akce dohromady. n1 neodpovídá skutečnému počtu odchycených jedinců, neboť někteří jedinci se chytali ve více odchyťových akcích. Skutečný počet jedinců daného druhu je uveden v posledním sloupci tabulky (n2).

<sup>c</sup> n2 vyjadřuje skutečný počet jedinců daného druhu (označených, mrtvých a neoznačených jinak identifikovaných jedinců).

<sup>d</sup> Hodnoty vyjadřují, kolikrát za odchyťovou akci byla odchycena kolčava. Jelikož odchycení jedinci nebyli nijak označeni, mohlo se jednat o stejné jedince. Vzhledem k tomu, že tedy nelze s přesností určit, kolik samostatných jedinců jsem odchyťla, kolčava není do celkového ani skutečného počtu odchycených jedinců započítána.

jedinců, kteří utekli poslední den odchyťu odchyťové akce (tito jedinci se totiž mohli chytit v následující odchyťové akci).

Obr. 5 znázorňuje graf kumulativního počtu druhů pro vzdálenosti mezi pastmi 3 m, tzn. skutečná kontrola každé pasti (černě), a 9 m, tzn. hypotetická kontrola každé třetí pasti (červeně). Z grafu je patrné, že s přibývajícimi odchyťovými akcemi roste i počet zaznamenaných druhů až dosáhne své hranice, kdy je zachycena většina diverzity společenstva. Této hranice bylo v obou případech dosaženo po 4 odchyťových akcích. S dalšími odchyťovými akcemi nové druhy přibývaly již velice vzácně. S dostatečným počtem odchyťových akcí však lze i tyto vzácné druhy částečně pokrýt. V mém případě se jednalo o normíka rudého, který byl zaznamenan v jedenácté odchyťové akci a myš domácí, která byla zaznamenaná v třinácté odchyťové akci. Všech 12 odchycených druhů jsem zaznamenala až po 13 odchyťových akcích, tedy třináctkrát jsem musela navštívit lokalitu, abych pokryla druhovou bohatost společenstva. Pokud by bylo

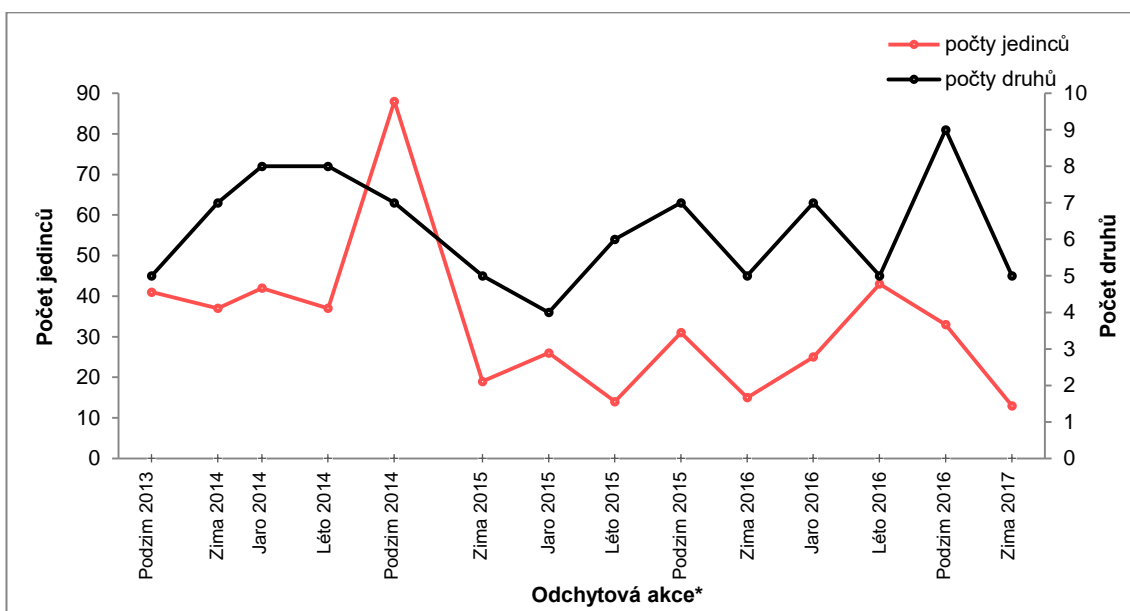


**Obr. 5** Kumulativní počet druhů pro reálnou a hypotetickou situaci

\* Intervaly mezi jednotlivými odchyťovými akcemi odpovídají skutečným datům návštěv lokalit

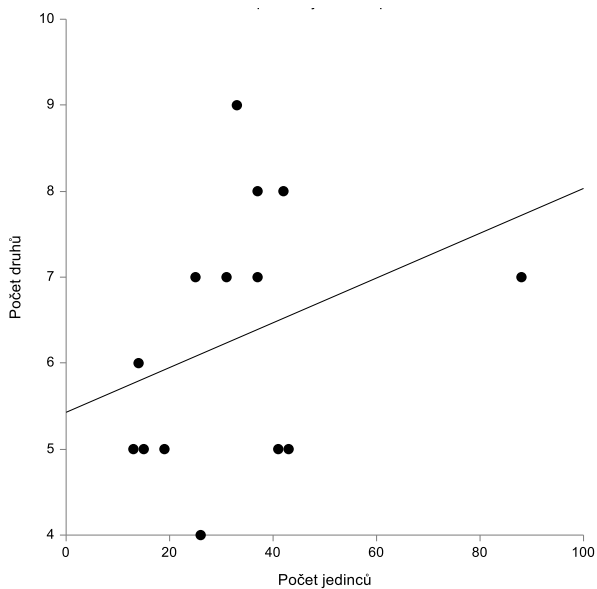
použito méné pastí s většími rozestupy, zaznamenala bych pouze 11 druhů (rovněž až po 13 odchyťových akcích), v mém vzorku by scházel rejsek malý.

Dále jsem se snažila zjistit, jestli množství druhů na lokalitě nějakým způsobem souvisí s množstvím jedinců. Jinými slovy, jestli počet zjištěných druhů závisí na počtu odchycených jedinců. Počet jedinců a počet druhů je přehledně vyobrazen na obr. 6. I přesto, že mezi některými odchyťovými akcemi je patrný stejný trend vzestupu (léto až podzím 2015) či poklesu (podzím 2015 až zima 2016) počtu druhů s počty jedinců, zjistila jsem, že závislost není signifikantní ( $F = 1,59$ ;  $R^2 = 0,12$ ,  $p = 0,23$ ) (obr. 7). Na obr. 6 také vidíme, že počet jedinců vždy stoupá na podzím, kromě podzimu 2016, kdy stoupl již v létě díky nezvykle vysoké početnosti odchycených rejsků. Celkově nejvíce jedinců jsem zaznamenala na podzím 2014, a to především díky vysoké početnosti hrabošů. Nízké počty jedinců jsou zaznamenány naopak v létě 2015 a v zimních obdobích (kromě zimy 2014, kdy byl relativně vyšší počet zachycených jedinců pravděpodobně způsoben díky absenci sněhové pokrývky a vyšší průměrné teplotě vzduchu v daném týdnu odchyťové akce). Vyšší počty druhů jsou zaznamenány především v jarních a podzimních obdobích (kromě jara 2015), naopak málo druhů se chytalo převážně v zimních měsících (kromě zimy 2014). Nejvíce druhů se chytalo v podzimní odchyťové akci roku 2016.



**Obr. 6** Počty druhů a celkové počty jedinců všech zaznamenaných druhů v jednotlivých odchyťových akcích

\* Intervaly mezi jednotlivými odchyťovými akcemi odpovídají skutečným datům návštěv lokalit



**Obr. 7** Závislost mezi počtem jedinců a počtem druhů



## 4.2 Prostorové chování

Prostorové chování bylo analyzováno pouze u pěti druhů (hrabošik podzemní, hraboš polní, myšice křovinná, m. lesní, m. temnopásá). Ostatní druhy nebyly hodnoceny z důvodu nedostatku dat (nedostatek odchycených jedinců). Poměr rezidentů k tranzientům je uveden v tabulce 3. Statisticky významný vyšel pouze rozdíl mezi rezidenty a tranzienty u myšice křovinné ( $\chi^2 = 20,8$ ;  $df = 1$ ;  $p < 0,001$ ), a to ve prospěch tranzientů. U ostatních druhů byl poměr víceméně vyrovnaný.

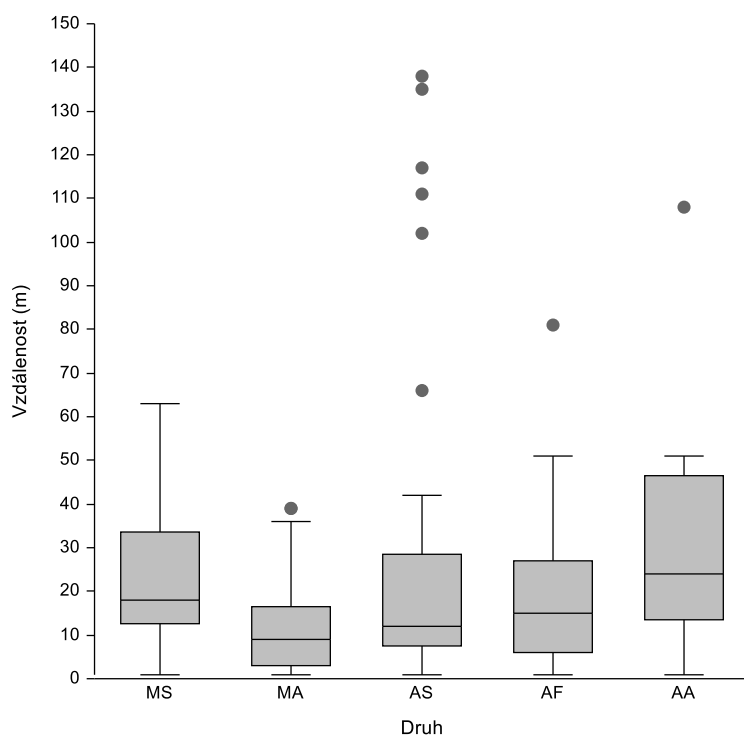
Dále jsem se snažila zjistit, v jak velké vzdálenosti mezi pastmi (první a poslední past odchyty) se jedinci označení jako rezidenti pohybovali. Předpokladem bylo, že tato vzdálenost bude odpovídat velikosti domovských okrsků jednotlivých druhů. Zjistila jsem, že v nejmenší vzdálenosti se pohyboval hraboš polní (medián = 9 m; 95% CI 6–12 m), v největší myšice temnopásá (medián = 24 m; 95% CI 15–39 m). Množství odlehlých hodnot u myšice křovinné naznačuje, že několik jedinců se pohybovalo ve vzdálenosti větší, než je 100 m. Rozdíly mezi vzdálenostmi u jednotlivých druhů zachycuje obrázek 8. Signifikantně významný byl ale rozdíl pouze mezi hrabošem a myšicí temnopásou ( $p < 0,01$ ). Rozdíl mezi hrabošem a myšicí křovinnou se pohyboval při hranici významnosti, průkazně však nevyšel ( $p = 0,06$ ). Obrázek 9 znázorňuje rozdíly ve vzdálenostech mezi pohlavími jednotlivých druhů. Obrázek naznačuje, že samice se pohybovaly v menší vzdálenosti než samci (platí především pro hraboše polního a hrabošika podzemního), nicméně průkazně toto tvrzení nevyšlo ani u jednoho z druhů. Při srovnání všech samců a samic všech druhů mezi sebou vyšel průkazně pouze rozdíl mezi samcem myšice temnopásé a samicí hraboše polního ( $p < 0,01$ ).

**Tabulka 4 Poměr rezidentů ku tranzientům u vybraných druhů**

druh <sup>a</sup>	celkem <sup>b</sup>	rezidenti	%	tranzienti	%
MS	23	12	<b>52,17</b>	11	<b>47,83</b>
MA	83	47	<b>56,63</b>	36	<b>43,37</b>
AS	125	37	<b>29,60</b>	88	<b>70,40</b>
AF	49	25	<b>51,02</b>	24	<b>48,98</b>
AA	45	21	<b>46,67</b>	24	<b>53,33</b>

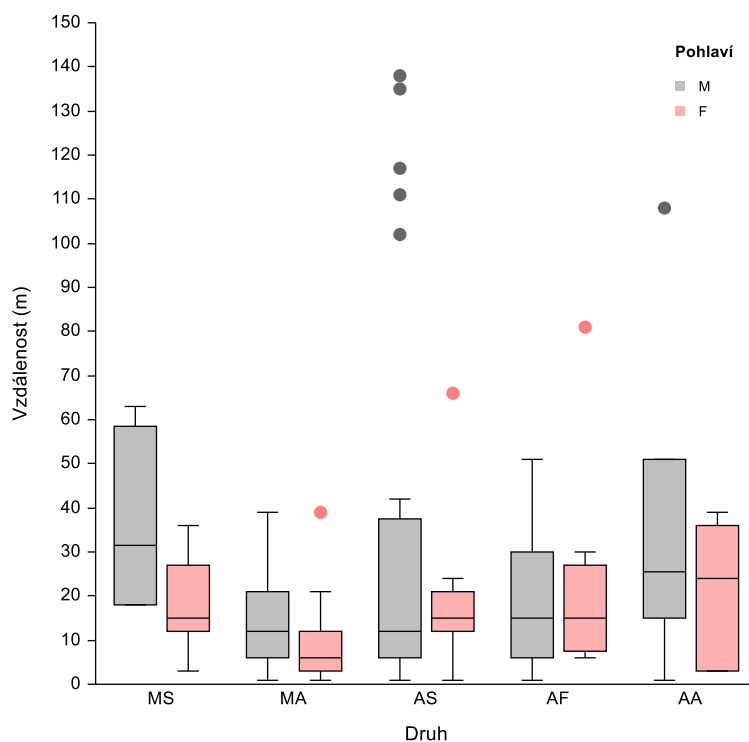
<sup>a</sup> MS – *Microtus subterraneus*, MA – *Microtus arvalis*, AS – *Apodemus sylvaticus*, AF – *Apodemus flavicollis*, AA – *Apodemus agrarius*

<sup>b</sup> Celkový počet odpovídá počtu označených a mrtvých neoznačených jedinců a jedinců jinak definovaných (2 hrabošici).



**Obr. 8** Krabicový diagram – vzdálenosti, ve kterých se pohybovaly jednotlivé druhy

Pozn.: MS – *Microtus subterraneus*, MA – *Microtus arvalis*, AS – *Apodemus sylvaticus*, AF – *Apodemus flavicollis*, AA – *Apodemus agrarius*

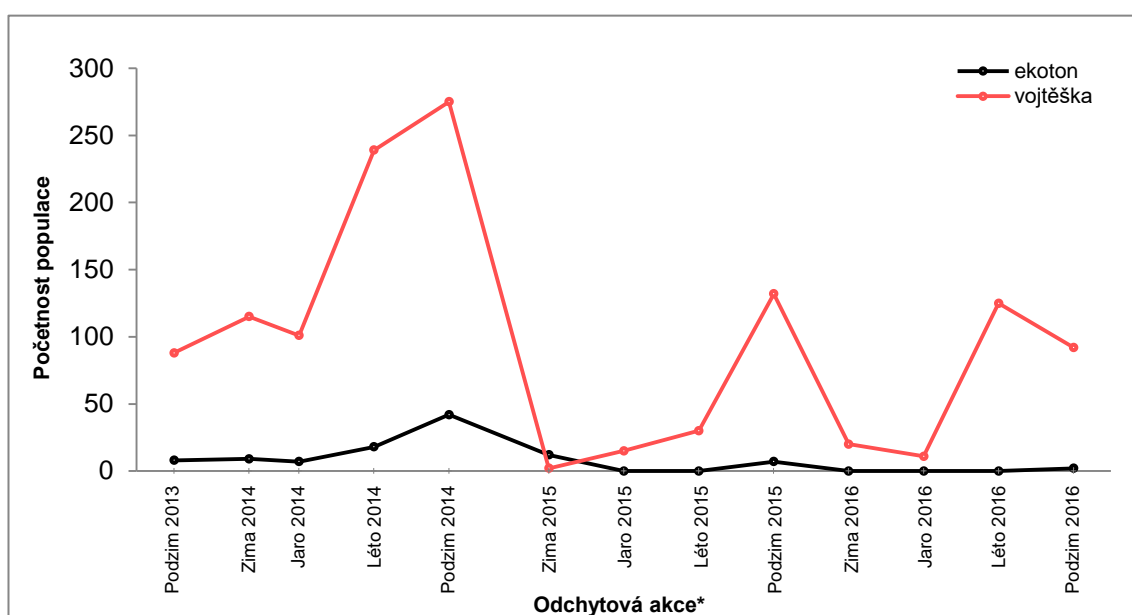


**Obr. 9** Krabicový diagram – vzdálenosti, ve kterých se pohybovaly jednotlivé druhy podle pohlaví

Pozn.: MS – *Microtus subterraneus*, MA – *Microtus arvalis*, AS – *Apodemus sylvaticus*, AF – *Apodemus flavicollis*, AA – *Apodemus agrarius*

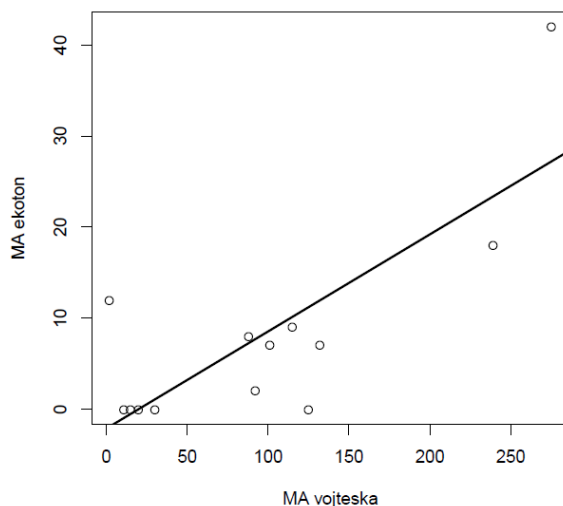
### 4.3 Synchronnost populačních dynamik

Dynamiku populace hraboše polního v ekotonu a v sousední vojtěšce v průběhu sběru dat zachycuje graf na obrázku 10. Z grafu je patrné, že obě populace dosahují vyšších početností v podzimních odchyťových akcích, přičemž na podzim roku 2014 se obě populace nacházely ve fázi vrcholové početnosti populačního cyklu. Následovala fáze poklesu. V případě ekotonu není pokles tak prudký, nicméně, oproti vojtěšce, kde se hraboš vyskytoval v nízkých početnostech i v následujících odchyťových akcích, nebyl v ekotonu zaznamenán vůbec. Korelace (pozitivní) mezi populační dynamikou těchto dvou populací prokazuje jejich synchronnost ( $t = 4.18$ ;  $df = 11$ ;  $p < 0,01$ ) (obr. 11).



Obr. 10 Srovnání populační dynamiky hraboše polního v ekotonu a ve vojtěšce

\* Intervaly mezi jednotlivými odchyťovými akcemi odpovídají skutečným datům návštěv lokalit

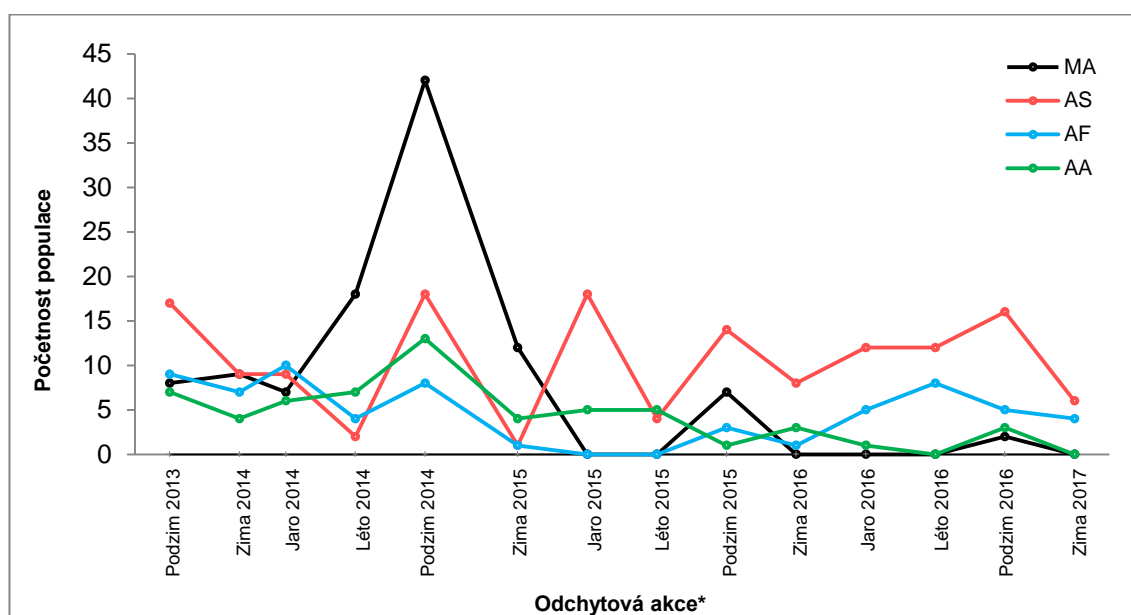


Obr. 11 Pozitivní korelace mezi početnostmi populace hraboše polního ve vojtěšce a ekotonu (Pearsonův korelační koeficient  $r = 0,76$ )

Pozn.: MA – *Microtus arvalis*

Srovnání populační dynamiky hraboše polního s myšicí křovinnou, m. lesní a m. temnopásou zachycuje graf na obrázku 13. Z grafu si lze opět povšimnout, že u všech druhů dochází k vzrůstu početnosti jejich populací v podzimních odchyťových akcích, tedy kromě podzimu 2015, kdy došlo k poklesu u m. temnopásé a podzimu 2016, kdy došlo k poklesu u m. lesní, ta však dosáhla vyšší početnosti již v létě toho roku. Hraboš polní dosahoval vyšších početností v ekotonu pouze na podzim, ve většině ostatních odchyťových akcí byla početnost jeho populace pravděpodobně velmi nízká, neboť nebyl zaznamenán vůbec. Zajímavá je populační dynamika myšice křovinné. Z grafu si lze povšimnout, že dochází k výrazným oscilacím. Vysokých početností dosahovala její populace na jaře a na podzim, nízkých v zimě a v létě. Myšice lesní dosahovala vyšších početností také na jaře a na podzim (kromě jara 2015) a nižších v zimě a létě (kromě zimy 2014 a léta 2015), rozdíly však nejsou tak výrazné jako v případě m. křovinné. Obecně vyšších početností dosahovala v roce 2014 a 2016. Myšice temnopásá dosáhla maximální početnosti na podzim 2014, poté početnost populace s drobnými výkyvy pozvolna klesala stejně jako v případě hraboše polního.

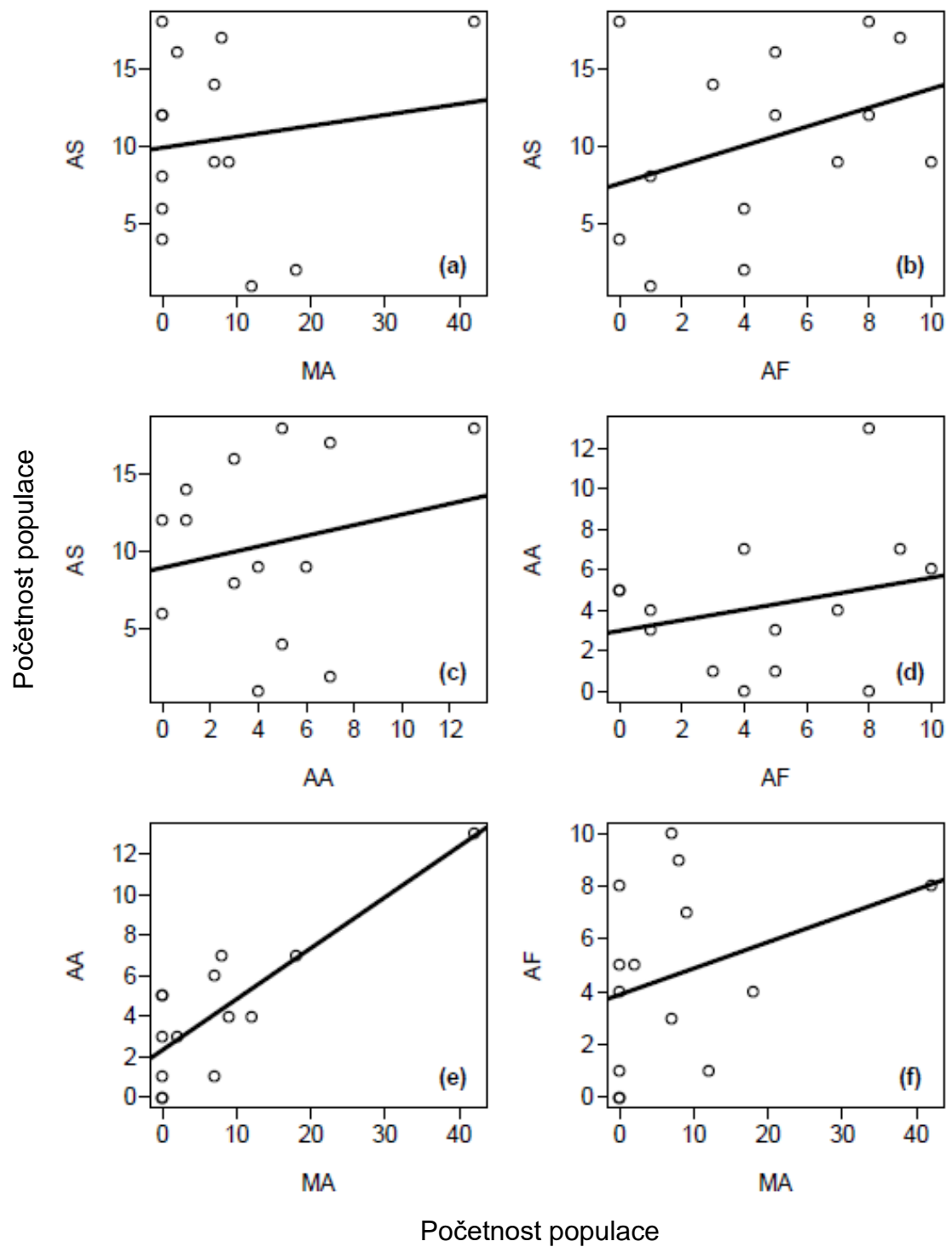
Korelace (pozitivní) mezi populační dynamikou byla prokázána pouze v případě hraboše polního a myšice temnopásé ( $t = 5,06$ ;  $df = 12$ ;  $p < 0,001$ ) (obr. 13 e). Dynamiky početností populací ostatních druhů mezi sebou synchronní nebyly, korelace nebyly prokázány (obr. 13 a, b, c, d, f).



Obr. 12 Srovnání populační dynamiky čtyř druhů hlodavců v ekotonu

Pozn.: MA – *Microtus arvalis*, AS – *Apodemus sylvaticus*, AF – *Apodemus flavicollis*, AA – *Apodemus agrarius*

\* Intervaly mezi jednotlivými odchyťovými akcemi odpovídají skutečným datům návštěv lokalit



**Obr. 13** Korelace mezi početnostmi populací vybraných druhů hlodavců (Pearsonův korelační koeficient  $r = 0,14$  (a);  $0,36$  (b);  $0,21$  (c);  $0,26$  (d);  $0,83$  (e);  $0,34$  (f))

Pozn.: MA – *Microtus arvalis*, AS – *Apodemus sylvaticus*, AF – *Apodemus flavicollis*, AA – *Apodemus agrarius*

## 5 Diskuse

### 5.1 Složení společenstva a druhová bohatost

V této části diskuse se budu zabývat pouze druhovou bohatostí (prostý součet druhů), druhová diverzita (která zohledňuje i abundance jedinců jednotlivých druhů a vyrovnanost druhů ve společenstvu), ani charakteristiky společenstva jako je dominance, frekvence, konstance (Kuras 2013) nejsou hodnoceny. Abundance a dominance pouze částečně, avšak ne na základě indexů druhové diverzity. Výsledky jsou diskutovány především s výsledky mammalogických inventarizačních průzkumů, jejichž cílem je popsat právě druhovou bohatost. Dále se pak v diskusi zaměřuji na samotnou metodiku inventarizačních průzkumů drobných savců a některá její úskalí.

Na lokalitě výzkumu bylo ve sledovaném období (podzim 2013 až zima 2017) odchycem zaznamenáno 12 druhů drobných zemních savců. Některé běžné druhy, které se v území prokazatelně vyskytují, nebyly odchyceny. Jedná se např. o hryzce vodního a krtka obecného (*Talpa europaea*), jejichž pobytové znaky (vyvýšená zemina nad chodbami na polní cestě, krtiny) byly zaznamenány, nebo o bělozubku bělobřichou (*Crocidura leucodon*), kunu (*Martes* sp.) a křečka polního, kteří byli odchyceni Mgr. Petrem Pavlůvkem, Ph.D. v sousední vojtěšce. Druhové složení společenstva odpovídá charakteru lokality. Otevřená plocha zemědělsky využívané krajiny s linií vyšší vegetace i keřovým pláštěm odpovídá nárokům jak druhů preferujících bezlesí (hraboš polní, myšice křovinná, m. temnopásá), tak částečně i druhům lesním (myšice lesní, norník rudý – v případě norníka se však lze domnívat, že se jednalo pouze o výjimečnou záležitost). Vlhčí partie s přítomností rákosu zase vyhovují rejskovi obecnému. Blízkost osídlení vysvětluje rovněž výskyt synantropních druhů – bělozubky šedé a myši domácí. Podobné druhové složení drobných zemních savců zaznamenává i Losík 2010a, 2010c během inventarizačních průzkumů na dvou lokalitách na území střední Moravy (Vranovice-Kelčice, Droždín). I přesto, že vegetační podmínky těchto lokalit byly velice podobné mé lokalitě (převládaly travobylinné porosty s hojným zastoupením keřů v blízkosti zemědělsky využívaných ploch), Losík do živolovných pastí odchytil v případě Vranovic-Kelčic pouze 7 druhů drobných zemních savců (hraboš polní, rejssek obecný, m. křovinná, m. temnopásá, m. lesní, norník rudý a myška drobná) a v případě Droždína pouze 6 druhů (hraboš polní, rejssek obecný, m. křovinná,

m. temnopásá, dále bělozubka šedá a myš domácí). Další druhy zaznamenal pouze na základě pobytočných stop. Rozdíly v počtech odchytených druhů na různých lokalitách stejného typu mohou být způsobeny mnoha faktory. Roli hraje například charakter širšího okolí lokality. Např. blízkost lesního porostu, osídlení, vodní plochy bude ovlivňovat přítomnost druhů lesních, synantropních či druhů s afinitou k vodnímu prostředí. V NPP Třesín a NPR Špraněk zaznamenal Losík při inventarizačních průzkumech v roce 2013 největší počet druhů právě v blízkosti potoka (Losík 2013a, 2013b). Dále zaznamenává vysokou početnost druhů v ekotonech, které poskytují dostatečnou potravní a úkrytovou nabídku širšímu spektru druhů. Výsledky Jánové a Heroldové 2016 z agrární krajiny zase naznačují, že větší druhová bohatost je u plodin, které poskytují dlouhotrvající vegetační kryt.

Dalším z faktorů, který může ovlivnit množství druhů v našem vzorku, může být metodika sběru dat. Zde záleží na množství proměnných (např. datum odchytné akce, počet odchytných akcí, počet pastí, délka expozice pastí na lokalitě, způsob uložení pastí, vzdálenost mezi pastmi, atd.). Z mých výsledků je patrné, že nejvíce druhů bývá zaznamenáno na jaře a na podzim (kromě jara 2015, kdy bylo zaznamenáno druhů nejméně ze všech odchytných akcí). Metodika Sedláčka a Šumbery 2009 i současná metodika inventarizace drobných savců AOPK ČR (Hanzal 2018) doporučuje pro rychlý orientační průzkum (toto doporučení platí např. pro inventarizační průzkumy MZCHÚ a EVL, tedy z tohoto doporučení výše zmíněné inventarizační průzkumy vycházely) navštívit lokalitu právě v tato dvě roční období. Výsledky mé diplomové práce nicméně naznačují, že pro podchycení většiny druhové bohatosti společenstva by bylo žádoucí provést minimálně 4 odchytné akce, ideálně v každém ročním období jednu. Charvátová 2011, která prováděla při výzkumu drobných savců 3 odchytné akce ročně, také zaznamenala širší spektrum druhů na všech sledovaných lokalitách až po druhém roce odchytných (tedy po šesti odchytných akcích). S větším počtem odchytných akcí také eliminujeme vliv náhodných proměnných, které mohou ovlivnit počet druhů, aniž bychom si to v době odchytných uvědomovali, jako v mém případě na jaře v roce 2015, kdy jsem zaznamenala pouze 4 druhy. Absenci některých druhů, zejména hraboše polního, si vysvětluji útlumem po populačním maximu na podzim předchozího roku. Dynamika populací ostatních druhů může odrážet podobný charakter. Vzdálenost mezi pastmi a počet pastí může hrát také určitou roli v množství zaznamenaných druhů. Vzdálenost mezi pastmi bývá standardně v kvadrátu 100×100 po 10 m (121 pastí), v kvadrátu 50×50 po 5 m (opět 121 pastí) (Sedláček a Šumbera 2009). V linii

umístujeme minimálně 50 pastí po 2 m a ideálně dvě takové linie (Zapletal et al. 2001). Abych zjistila, jestli i vzdálenost mezi pastmi bude mít vliv na počet zaznamenaných druhů, zkusila jsem při analýze zhodnotit nálezy pouze v každé třetí pasti. Vzdálenost mezi pastmi takto odpovídala 9 metrům, bohužel počet pastí klesl na 22. Zaznamenala jsem o jeden druh méně, tedy 11 (nebyl zaznamenán rejsek malý). Je možné, že při stejném počtu pastí by i přes větší rozestup druh zaznamenán byl. Většinu druhů jsem zaznamenala opět po 4 odchytové akcích. Průcha 2012 v inventarizačním průzkumu drobných savců v NPR Hůrka u Hranic ukládal 50 pastí ve vzdálenosti 20 a 30 m od sebe, zaznamenal za sledované období (2 roky po třech odchytové akcích za rok) 6 druhů. Nezaznamenal některé běžné druhy uváděné v minulosti, což může být způsobeno právě vzdáleností mezi pastmi. Stálo by za to robustněji prověřit a otestovat vliv různých vzdáleností mezi pastmi na zjišťovanou druhovou bohatost. Podle zjištěných výsledků by bylo možné upravit metodiku inventarizačních průzkumů, což by vedlo k zefektivnění práce při inventarizaci. Vliv umístění pastí (kvadrát versus linie) na druhovou bohatost drobných savců Jižní Ameriky testovali Bovendorp et al. 2017. Po porovnání množství prací však zjistili, že způsob uložení pastí nemá na zjištěnou druhovou bohatost vliv. Délka expozice pasti na lokalitě může mít také vliv, neboť může ovlivňovat pravděpodobnost odchyty jedinců daných druhů. Většinou platí, že první dny se živočichové pastem vyhýbají, pravděpodobnost zachycení roste s počtem dní, kdy past leží na lokalitě (Komendová 2012). Zmiňovaná metodika Sedláčka a Šumbery uvádí jako optimum 3–5 dní, metodika AOPK ČR pouze 2 noci. Já jsem pasti na lokalitě exponovala po 4 noci. Pokud bych pasti ponechávala pouze 2 noci, nezaznamenala bych myš domácí, která byla odchycena až při třetí noci na podzim roku 2016. Pravděpodobnost detekce druhu je pak kromě doby expozice pasti na lokalitě ovlivněna celou řadou dalších faktorů, například vlivem počasí, přítomností predátorů či dostupností potravy. Problematika pravděpodobnosti odchyty byla ale řešena v mé bakalářské práci (Marková 2015).

Nejčastěji odchyťovaným druhem na mé lokalitě byla myšice křovinná ( $n = 125$ ) a hraboš polní ( $n = 83$ ), dále myšice lesní ( $n = 49$ ), myšice temnopásá ( $n = 45$ ), rejsek obecný ( $n = 43$ ) a hrabošík podzemní ( $n = 23$ ), ostatní druhy (bělozubka šedá, myška drobná, rejsek malý, lasice kolčava) pouze minoritně, myš domácí a norník rudý zcela vzácně. Počty jedinců jednotlivých druhů naznačují, že v území jsou dominantní druhy otevřených stanovišť. Stejně druhy zaznamenává i Jánová a Heroldová 2016 v zemědělské krajině v různých typech zemědělských plodin (pšenice, kukuřice,



ječmen, řepka, slunečnice, vojtěška, sad a úhor), přičemž stejně jako v mém případě dominuje myšice křovinná a hraboš polní (s výjimkou pšenice, kde dominovala m. lesní, sadu, kde byl norník rudý početněji než hraboš polní a slunečnice, kde se hraboš polní nevyskytoval). Naproti tomu Odstrčil 2003 ve své práci zaznamenává na loukách kromě druhů otevřených stanovišť také stejnou dominanci (eudominanci) myšice lesní a norníka rudého, toto však bude pravděpodobně způsobeno tím, že jím studované louky jsou obklopeny lesem.

Nejvíce jedinců všech druhů dohromady jsem zaznamenala na podzim roku 2014, což bylo způsobeno jednak fází vrcholové hustoty populace hraboše polního (stejný trend u hraboše i v sousední vojtěšce dle záznamů Mgr. Pavlůvčíka, Ph.D.), jednak obecně známým faktem nejvyšší populační hustoty hlodavců na podzim. I Odstrčil 2003 zaznamenává vyšší počty jedinců v podzimní odchyťové akci oproti jarní odchyťové akci. Výsledky mé diplomové práce naznačují, že i v ostatních podzimních odchyťových akcích dochází k vzestupu početnosti. V případě mé lokality to může být způsobeno i faktem, že po sklizni se část populace drobných hlodavců přesouvá z okolních políček do lemu vyšší vegetace s křovinami (místo uložení pastí), kde nachází dostatečné úkrytové a potravní možnosti. Heroldová a Suchomel 2016 zase zaznamenávají masový přesun hlodavců po sklizni obilovin a zaorání strnišť do porostů okopanin, zejména polí s cukrovou řepou, kde hlodavci nachází dostatek potravy (myšice konzumují semena plevelů a hmyz, hraboš polní konzumuje bulvy cukrovky).

## 5.2 Prostorové chování

Druhým z cílů mé diplomové práce bylo zjistit, jakým způsobem drobní savci využívají liniové prvky v krajině. Zaměřila jsem se na pět druhů: hraboš polní, myšice křovinná, m. lesní, m. temnopásá, hrabošík podzemní. Výsledky naznačují, že poměr druhů, které linií pouze migrují (tranzienti) a druhů, které linií obývají trvale (rezidenti), je víceméně vyrovnaný. Pouze v případě myšice křovinné se prokazatelně vyskytovalo více tranzientů. Předpoklad většího počtu migrantů všech druhů myšic nebyl naplněn. Nicméně mé výsledky mohou být zkresleny malým vzorkem zaznamenaných jedinců dalších dvou druhů myšic. U m. křovinné, může být poměr vychýlen i kvůli odlišné behaviorální odpovědi k pravděpodobnosti odchyty. Jako u jediné zde byla v minulosti prokázána negativní behaviorální odpověď k odchyty, to znamená, že pravděpodobnost prvního odchyty byla vyšší, než pravděpodobnost zpětných odchyťů. Jedinci se na lokalitě vyskytovat mohli, pouze se nechytali (Marková 2015).

Vzdálenost mezi pastmi, ve které se jedinci jednotlivých druhů pohybovali (tzn. vzdálenost mezi první a poslední pastí jejich odchyty), byla nejmenší pro hraboše polního. I přestože statisticky významný vyšel rozdíl pouze mezi hrabošem a myšicí temnopásou, výsledky naznačují, že i další dva druhy myšic se pohybovaly ve větší vzdálenosti než hraboš. Možné vysvětlení lze nacházet ve spojitosti s velikostí domovských okrsků jednotlivých druhů. Zatímco velikost domovského okrsku hraboše polního se pohybuje v řádu nižších stovek (200 m<sup>2</sup> v zemědělské krajině před hospodářskými zásahy Jacob a Hempel 2003; 145 m<sup>2</sup> ve vojtěšce a na pastvině, 300 m<sup>2</sup> v ozimých obilninách Mackin-Rogalska 1981; 125 m<sup>2</sup> v zemědělské krajině v pásech rostlin mezi poli Briner et al. 2005), domovské okrsky myšic jsou, pravděpodobně díky jejich pohyblivosti (Szacki a Liro 1991 zaznamenávají přeběhy větší než 1000 m), větší (např. m. křovinná v mozaice obhospodařované a ladem ležící půdy a polopřirozených biotopů – samci 1190 m<sup>2</sup> (medián 625 m<sup>2</sup>), samice 372 m<sup>2</sup> (medián 197 m<sup>2</sup>) Rogers a Gorman 1995). V méně úživných prostředích mohou domovské okrsky myšic dosahovat ještě větších rozměrů. Např. v lesním prostředí Montgomery 1979 zaznamenává velikost domovského okrsku m. lesní i m. křovinné (samců i samic) větší než 1000 m<sup>2</sup>. Lee a Rhim 2016 zaznamenávají velikost domovského okrsku myšice temnopásé v prostředí vznikajícího borového porostu sedm let po požáru dokonce 7652 m<sup>2</sup>. V úživnějším prostředí, například ve vojtěšce, jsou velikosti domovských okrsků myšic naopak srovnatelné s hraboši (184 m<sup>2</sup> myšice křovinná, Zejda a Heroldová 2002; 242 m<sup>2</sup> myšice temnopásá Zejda et al. 2002).

Zajímavá zjištění provedli Vukićević-Radić et. al 2006, kteří při studiu myšic zaznamenávají tzv. pozorovanou délku domovského okrsku, angl. „observed range length“ (maximální vzdálenost mezi pastmi, do kterých se jedinci chytily), tedy v podstatě stejný údaj, který jsem hodnotila já. Zjistili, že tato vzdálenost (hodnoty mediánů) je pro samce myšice lesní 42 m, pro samice 42,4 m a pro samce m. temnopásé 40,6 m, pro samice 30 m. Dle jejich zjištění byl rozdíl mezi druhy signifikantně významný, pozorovaná velikost domovského okrsku m. lesní byla větší než m. temnopásé. Miller 1958 ve své studii také hodnotil tento parametr. Zjistil, že pozorovaná délka domovského okrsku myšice křovinné je 61 m u samců a 35 m u samic. Při mém výzkumu rozdíly ve vzdálenostech, ve kterých se jedinci pohybovali, nebyly mezi druhy signifikantně významné. Navíc jsem došla k opačnému výsledku než Vukićević-Radić et. al 2006, hodnota mediánu byla pro m. lesní menší (15 m) než pro m. temnopásou (24 m). Celkově byly moje hodnoty nižší, ale to může být způsobeno

charakterem prostředí, Vukićević-Radić et. al 2006 prováděli odchyty v lesním prostředí, Miller 1958 v houští nově vznikajícího lesa. Rozdíly mezi pohlavími jsem neprokázala, stejně jako Vukićević-Radić et. al 2006, nicméně mé výsledky naznačují, alespoň v případě hraboše polního, hrabošika podzemního a myšice temnopásé, že vzdálenosti, ve kterých se jedinci pohybovali, byly pro samce větší než pro samice. Ostatně toto potvrzují i mnohé studie týkající se velikosti domovských okrsků drobných hlodavců (Montgomery 1979, Romairone et al. 2018, Tew a Macdonald 1994, Lee a Rhim 2016).

Co se týče hrabošika podzemního, předpoklad, že se bude pohybovat ve vzdálenosti malé (podobně jako hraboš polní), nebyl naplněn. Medián hodnot (18 m) byl dokonce vyšší než v případě m. lesní a m. křovinné. To však může být ovlivněno i malým vzorkem jedinců ( $n = 11$ ) pro vyhodnocování. Literatura uvádí velikost domovských okrsků hrabošika podzemního v řádu desítek  $m^2$ , maximálně do 200  $m^2$  (Anděra a Gaisler 2012, Zejda et al. 2002), Salvioni 1988 však zjistil ve vysokohorských podmínkách velikost domovského okrsku samců 1025  $m^2$ , samic 265  $m^2$ ).

### 5.3 Synchronnost populačních dynamik

Třetím a posledním cílem této diplomové práce bylo zhodnotit, jestli mezi populacemi hraboše polního ve dvou typech prostředí a mezi populacemi hraboše a tří druhů myšic v ekotonu dochází k synchronnosti jejich populačních dynamik.

Synchronnost jsem prokázala mezi populací hraboše v ekotonu a hraboše v sousední vojtěšce, jejich populační dynamiky byly korelované. Nelze však říci, zdali je početnost populace ve vojtěšce závislá na početnosti populace v ekotonu nebo naopak. Příčinou synchronnosti by vzhledem k těsné blízkosti obou populací (vojtěška byla od linie ekotonu oddělena jen polní cestou) mohlo být rozptylování jedinců, o kterém se soudí, že může být jedním z důvodů synchronnosti (Ranta et al. 1995). Ve srovnání s ekotonem byla početnost populace hraboše ve vojtěšce vyšší ve většině (kromě zimy 2015) odchyťových akcích (nejvyšší na podzim). Domnívám se tedy, že právě populace ve vojtěšce mohla sytit populaci v ekotonu prostřednictvím rozptylujících se jedinců. Sundel et al. 2012 zaznamenávají při vyšších populačních hustotách hraboše polního jeho rozšíření z optimálního biotopu (okraje obdělávané zemědělské půdy a louky) do suboptimálního prostředí (plocha ponechaná sukcesi s vyšší vegetací). V mém případě by optimálním prostředím byla jednoznačně vojtěška,

ve které hraboši obecně dosahují vyšších populačních hustot než v jiných typech prostředí (jiné typy plodin, úhor či větrolam – Heroldová et al. 2007). Výsledky je ale třeba brát s rezervou, neboť synchronnost bývá studována mezi populacemi, které jsou geograficky oddělené větší vzdáleností, než jen cestou, v mém případě se může jednat z pohledu většího měřítka o jednu a tu samou populaci.

V případě populací v ekotonu byla prokázána korelace pouze mezi populační dynamikou hraboše polního a myšice temnopásé. Není přesné zde mluvit o synchronnosti, neboť synchronnost se vztahuje na geograficky oddělené populace (Liebhold et al. 2004a). Korelace zde byla dokonce silnější než v případě hraboše v ekotonu a ve vojtěšce. Příčiny korelace jsou mi však neznámé. Pro srovnání Carlsake et al. 2011 ve své studii zaznamenávají, že na stejných odchyťových plochách byly početnosti populací myšice křovinné a bělozubky tmavé (*Crocidura russula*) také korelovány s početností populace hraboše polního. Jako příčinu korelace označují faktory prostředí, které mohou být pro každou plochu specifické. V průběhu výzkumu také zaznamenali, že početnosti m. křovinné a bělozubky tmavé fluktovaly korelovaně s tříletým cyklem hraboše polního, jejich fluktuace však nebyly tak silné a konzistentní jako v případě hraboše. Jako příčinu uvádějí účinek predátorů (generalistů) a náhodné vlivy prostředí. Já jsem tříletý populační cyklus hraboše polního z důvodu krátké doby pro sběr dat nezaznamenala, pokud zde ale populace tuto dynamiku vykazuje, mělo dojít ke gradaci v roce 2017 nebo 2018, protože předchozího maxima dosáhla populace v roce 2014. Myšice temnopásá je rovněž označována jako gradační druh (Nytra a Suchomel 2017). Jestliže m. temnopásá koreluje s populační dynamikou hraboše, mělo by u ní rovněž dojít k vzestupu početnosti. V rámci roku docházelo k vzestupu početnosti obou druhů na podzim, což je však pro hlodavce běžné. V zimě je obecně početnost hlodavců nízká z důvodu extrémních podmínek a nedostatku potravy, na jaře se potravní nabídka zvyšuje, dochází k rozmnožování a zvyšování početnosti, na podzim ke gradaci. Početnost však také závisí na dostupném typu biotopu a někdy dochází ke zvýšení početnosti i na jaře (Jánová a Heroldová 2016). Heroldová a Suchomel 2016 zjistili, že v porostech cukrové řepy dosahují myšice i hraboši nejvyšších abundancí také na podzim, myšice zde konzumují převážně semena plevelů, hraboši bulvy cukrovky. Mezi početnostmi druhů navíc prokázali významné korelace. Nejvýznamnější mezi myšicí malookou (*Apodemus uralensis*) a m. křovinnou a mezi hrabošem polním a myšicí malookou. Je tedy možné, že podobný mechanismus závislý na dostupnosti potravy působí i na mé lokalitě. Na podzim docházelo k dozrávání

semen většího počtu ruderálních bylin a plodů šípků, které se v ekotonu nacházely, na jednom místě se dokonce nacházela jablň. To společně s vyšší složkou živočišné potravy (hmyzu) může zapříčinit vyšší abundance druhů, zejména myšic. Hraboš se sem může na podzim zase šířit v důsledku vyšších populačních hustot ve vojtěšce a zároveň se do ekotonu může stahovat po sklizení okolních políček.

Korelace mezi populační dynamikou myšice křovinné a jakýmkoli dalším druhem nebyla prokázána. Její dynamika byla zcela netypická, docházelo k výrazným výkyvům. Na jaře a na podzim byla početnost vysoká, v zimě a létě nízká. To je zcela v rozporu s množstvím studií, které dokládají jarní pokles a vzestup početnosti až na podzim (Green 1979, Jamon 1986, Wilson et al. 1993). Co se týče dynamiky myšice lesní, ani ta nebyla korelována s ostatními druhy. V jejím případě lze zaznamenat, že vyšší početnosti dosahovala v roce 2014 a v roce 2016, což by mohlo naznačovat známky jisté cykličnosti. Některé studie dokazují tříletý populační cyklus u tohoto druhu (Zárybnická et al. 2017). V mém případě se však bude jednat spíše o náhodné výkyvy, myšice lesní se zde nenachází ve svém optimálním prostředí, lesních biotopech, kde populační cykly bývají dávány do souvislosti se semennými roky stromů (Stenseth 2002).

Ve výzkumu by bylo vhodné pokračovat, delší časová řada výsledků by jistě přinesla další zajímavé poznatky, například prokázala tříletý populační cyklus hraboše polního nebo korelace mezi populačními dynamikami i dalších druhů. Bylo by vhodné také zaznamenávat stav počasí, případně další faktory působící v dané odchyťové akci. Rovněž by bylo vhodné sledovat změnu ve skladbě plodin pěstovaných na okolních políčkách.

## 6 Souhrn

Předložená diplomová práce popisuje společenstvo drobných savců v ekotonu na okraji města Olomouce. Zaměřuji se především na druhovou bohatost a její změny v čase, prostorové chování a populační dynamiku vybraných druhů hlodavců (hraboše polního, myšice křovinné, myšice lesní, myšice temnopásé a hrabošíka podzemního). Dospěla jsem k následujícím výsledkům:

1. Ve společenstvu drobných savců v ekotonu bylo v průběhu sběru dat zaznamenáno celkem 12 druhů, z toho většina byla zaznamenána už po čtyřech odchyťových akcích. Nejčastěji odchyťovaným druhem byla myšice křovinná.
2. Více druhů bylo zaznamenáváno v jarních a podzimních odchyťových akcích (kromě jara 2015, kdy bylo zaznamenáno celkem nejméně druhů), méně v zimních, celkem nejvíce druhů jsem zaznamenala na podzim 2016.
3. Počty jedinců zaznamenaných v odchyťových akcích neměly vliv na počty druhů v daných odchyťových akcích. Nejvíce jedinců drobných savců jsem odchytila na podzim 2014.
4. Poměr rezidentů a tranzientů byl v ekotonu vyrovnaný, pouze v případě myšice křovinné se vyskytovalo více tranzientů.
5. V případě rezidentů se v nejmenších vzdálenostech pohybovali jedinci hraboše polního (medián = 9 m), v největších jedinci myšice temnopásé (medián = 24 m). Rozdíl ve vzdálenosti pohybu se podařilo statisticky prokázat pouze mezi těmito dvěma druhy.
6. Nebyly prokázány rozdíly ve vzdálenosti pohybu samců a samic stejných druhů, významný byl rozdíl pouze mezi samci myšice temnopásé a samicemi hraboše polního. Výsledky ale naznačují, že samci hraboše polního, hrabošíka podzemního a myšice temnopásé se pohybují ve vzdálenostech větších než samice těchto druhů.
7. Populace hraboše polního v ekotonu a populace v sousední vojtěšce vykazovaly synchronní dynamiku. Byla prokázána pozitivní korelace mezi populačními dynamikami těchto dvou populací.
8. V prostředí ekotonu byla korelace mezi populačními dynamikami prokázána pouze v případě hraboše polního a myšice temnopásé.

## 7 Reference

- Adamík P, Král M. 2008. Nest losses of cavity nesting birds caused by dormice (Gliridae, Rodentia). *Acta Theriologica*. 53(2):185–192.
- Anděra M, Gaisler J. 2012. Savci České republiky: popis, rozšíření, ekologie, ochrana = Mammals of the Czech Republic: description, distribution, ecology, and protection. Vyd. 1. Praha: Academia. 285 s.
- Begon M, Harper JL, Townsend CR. 1997. *Ekologie: jedinci, populace a společenstva*. Translated by Grygová B, Köberleová B, Brandl Z. Vyd. 1. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého. 949 s.
- Bellamy PE, Rothery P, Hinsley SA. 2003. Synchrony of woodland bird populations: the effect of landscape structure. *Ecography*. 26: 338–348
- Bencová V, Kašpar T, Bryja J. 2006. Sezónní a meziroční změny skladby potravy kalouse ušatého (*Asio otus*) na jižní Moravě. *Tichodroma*. 18:65–71.
- Berryman AA. 2002. Population cycles. Causes and analysis. In: Bearryman AA, (ed). *Population cycles: the case for trophic interactions*. Oxford: Oxford University Press. s. 3–28.
- Bjedov L, Svoboda P, Tadin A, Habuš J, Stritof Z, Labaš N, Vucelja M, Markotić A, Turk N, Margaletić J. 2016. Influence of beech mast on small rodent populations and hantavirus prevalence in Nacional park "Plitvice lakes" and Nature park "Medvednica". *Šumarski List*. 140(9-10):455–464.
- Bjørnstad ON. 2000. Cycles and synchrony: two historical 'experiments' and one experience. *Journal of Animal Ecology*. 69:869–873.
- Bjørnstad ON, Fromentin JM, Stenseth NC, Gjøsæter J. 1999a. Cycles and trends in cod populations. *Ecology*. 96:5066–5071.
- Bjørnstad ON, Ims RA, Lambin X. 1999b. Spatial population dynamics: analyzing patterns and processes of population synchrony. *Trends Ecol. Evol*. 14: 427–432.
- Borowski Z. 2007. Damage caused by rodents in Polish forests. *International Journal of Pest Management*. 53(4):303–310.

- Bourlière F. 1975. Mammals, small and large: the ecological implications of size. In: Golley FB, Petruszewicz K, Ryszowski L. 1975. Small mammals: their productivity and population dynamics. 1. edition. Cambridge: Cambridge University Press. 480 p.
- Bovendorp RS, McCleery RA, Galetti M. 2017. Optimising sampling methods for small mammal communities in Neotropical rainforests. *Mammal Review* 47:148–158.
- Briner T, Nentwig W, Airoldi JP. 2005. Habitat quality of wildflower strips for common voles (*Microtus arvalis*) and its relevance for agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 105(1–2):173–179.
- Carslake D, Cornulier T, Inchausti P, Bretagnolle V. 2011. Spatio-temporal covariation in abundance between the cyclic common vole *Microtus arvalis* and other small mammal prey species. *Ecography*. 35(2):327–335.
- Cox FEG. 1979. Ecological importance of small mammals as reservoirs of disease. In: Stoddart DM, editor. *Ecology of small mammals*. Chapman & Hall: London. s. 213–238.
- Cudlín O, Sedláček F, Haisová M, Vejsadová H. 2009. Potravní preference hrabošů a biodiverzita drobných zemních savců na vlhkých orchidejových loukách (Rodentia: Arvicolinae). *Lynx*. 40:15–27.
- Demek J, Mackovčín P. (eds.) et al. 2006. Hory a nížiny: Zeměpisný lexikon ČR. Vydání II. Brno: AOPK ČR. 582 s.
- Elmeros M. 2006. Food habits of stoats *Mustela erminea* and weasels *Mustela nivalis* in Denmark. *Acta Theriologica*. 51(2):179–186.
- Fleming TH. 1979. Life-history strategies. In: Stoddart DM (ed.). 1979. *Ecology of small mammals*. 1. edition. London: Chapman and Hall Ltd. 386 p.
- Frey C, Sonnay C, Dreiss A, Roulin A. 2011. Habitat, breeding performance, diet and individual age in Swiss Barn Owls (*Tyto alba*). *Journal of Ornithology*. 152(2):279–290.
- Gaisler J, Zima J. 2007. Zoologie obratlovců. Vyd. 2. Praha: Academia. 696 s.



Gonzalez-Andujar JL, Fernandez-Quintanilla C, Navarrete L. 2006. Population Cycles Produced by Delayed Density Dependence in an Annual Plant. *The American Naturalist*. 168(3):318–322.

Gouveia AR, Bjørnstad ON, Tkadlec E. 2016. Dissecting geographic variation in population synchrony using the common vole in central Europe as a test bed. *Ecology and Evolution*. 6(1):212–218.

Green R. 1979. The ecology of Wood mice (*Apodemus sylvaticus*) on arable farmland. *The Zoological Society of London*. 188:357–377.

Grenfell BT, Wilson K, Finkenstadt BF, Coulson TN, Murray S, Albonk SD, Pemberton JM, Clutton-Brock TH, Crawley MJ. 1998. Noise and determinism in synchronized sheep dynamics. *Nature*. 394(6694):674–677.

Grulich I. 1959. Škody působené hrabošem polním v zemědělské a lesnické výrobě. In Kratochvíl et al. (ed.): *Hraboš polní (*Microtus arvalis*)*. 1959. Praha: NČAV. 359 s.

Hanski I. 1998. Metapopulation dynamics. *Nature*. 369:41–49.

Hanzal V. 2018. Metodika inventarizačního průzkumu: Savci. AOPK ČR. 3 s.

Haynes KJ, Bjørnstad ON, Allstadt AJ, Liebhold AM. 2013 Geographical variation in the spatial synchrony of a forest defoliating insect: isolation of environmental and spatial drivers. *Proc R Soc B*. 280:20122373.

Heino M, Kaitala V, Ranta E, Lindström J. 1997. Synchronous dynamics and rates of extinction in spatially structured populations. *Proc. R. Soc. Lond. B*. 264:481–486.

Heroldová M, Bryja J, Jánová E, Suchomel J, Homolka M. 2012. Rodent Damage to Natural and Replanted Mountain Forest Regeneration. *The Scientific World Journal* [Internet]. [cit. 2017-04-06]; vol. 2012:1-6. Dostupný z: <http://www.hindawi.com/journals/tswj/2012/872536/> doi: 10.1100/2012/872536

Heroldová M, Suchomel J. 2016. Drobní savci v porostech řepy cukrové a jejich význam z hlediska škod na řepné produkci. *Listy Cukrovarnické a Řepářské*. 3:96–99.

- Heroldová M, Bryja J, Zejda J, Tkadlec E. 2007. Structure and diversity of small mammal communities in agriculture landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 120:206–210.
- Heroldová M, Tkadlec E, Bryja J, Zejda J. 2008. Wheat or barley?: Feeding preferences affect distribution of three rodent species in agricultural landscape. *Applied Animal Behaviour Science*. 110(3–4):354–362.
- Heroldová M, Zejda J, Zapletal M., Obdržálková D, Janová E, Bryja J, Tkadlec E. 2004. Importance of winter rape for small rodents. *Plant, Soil and Environment*. 50:175–181.
- Hora P, Tuf IH, Machač O, Brichta M, Tufová J. 2009. Ekoton – prosté rozhraní, nebo specifický biotop? *Živa*. 1:25–27.
- Hörnfeldt B. 1978. Synchronous population fluctuations in voles, small game, owls, and tularemia in northern Sweden. *Oecologia*. 32(2):141–152.
- Hubálek Z. 2002. Zdravotnický význam hlodavců. In: Zejda J, Zapletal M, Pikula J, Obdržálková D, Heroldová M, Hubálek Z, editors. *Hlodavci v zemědělské a lesnické praxi*. Vyd. 1. Praha: Agrospoj. s. 190–215.
- Charvátová P. 2011. Biodiverzita a populační dynamika drobných zemních savců na několika typech rekultivací na Velké podkrušnohorské výsypce [diplomová práce]. České Budějovice: katedra rostlinné výroby a agroekologie zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. 57 s. 1 příloha, česky.
- Ims RA, Andreassen HP. 2000. Spatial synchronization of vole population dynamics by predatory birds. *Nature*. 408:194–196.
- Jacob J, Hempel N. 2003. Effects of farming practices on spatial behaviour of common voles. *J Ethol*. 21:45–50.
- Jamon M. 1986. The dynamics of Wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) populations in the Camargue. *Zoological Society of London*. 208:569–582.
- Jánová E, Heroldová M. 2016. Response of small mammals to variable agricultural landscapes in Central Europe. *Mammalian Biology*. 81(5):488–493.

- Jolly G. 1965. Explicit estimates from capture – recapture data with both death and immigration – stochastic model. *Biometrika*. 52:225–247.
- Kendall BE, Ellner SP, McCauley E, Wood SN, Briggs CJ, Murdoch WM, Turchin P. 2005. Population cycles in the pine looper moth: Dynamical tests of mechanistic hypotheses. *Ecological Monographs*. 75(2):259–276.
- Koenig WD. 2002. Global patterns of environmental synchrony and the Moran effect. *Ecography*. 25:283–288.
- Koenig WD, Knops JMH, Pesendorfer MB, Zaya DN, Ashley MV. 2017. Drivers of synchrony of acorn production in the valley oak (*Quercus lobata*) at two spatial scales. *Ecology*, 98(12):3056–3062.
- Komendová B. 2012. Biodiverzita drobných zemních savců na loukách s odlišným typem managementu a vodního režimu na Třeboňsku [diplomová práce]. České Budějovice: Katedra rostlinné výroby a agroekologie, Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. 74 s. 2 přílohy, česky.
- Korn H. 1985. Changes in home range size during growth and maturation of the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) and the bank vole (*Clethrionomys glareolus*). *Oecologia*. 68(4):623–628.
- Korpimäki E, Norrdahl K. 1991 Numerical and functional responses of kestrels, short-eared owls, and longeared owls to vole densities. *Ecology*. 72, 814–826.
- Korpimäki E, Norrdahl K, Rinta-Jaskari T. 1991. Responses of stoats and least weasels to fluctuating food abundances: is the low phase of the vole cycle due to mustelid predation? *Oecologia*. 88: 552–561.
- Krebs ChJ. 1996. Population cycles revisited. *Journal of Mammalogy*. 77(1):8–24.
- Kubiak BB, Galiano D, de Freitas TRO. 2017. Can the environment influence species home-range size? A case study on *Ctenomys minutus* (Rodentia, Ctenomyidae). *Journal of Zoology*. 302(3):171–177.
- Kuras T. 2013. Ekologie společenstev a ekosystémů. Edice – skripta. Vyd. 1. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 139 s.

- Kvasnes MAJ, Storaas T, Pedersen HCh, Bjørk S, Nilsen EB. 2010. Spatial dynamics of Norwegian tetraonid populations. *Ecological Research*. 25(2):367–374.
- Lanszki J, Heltai M. 2007. Diet of the European polecat and the steppe polecat in Hungary. *Mammalian biology*. 72(1)49–53.
- Lantová P, Lanta V. 2009. Food selection in *Microtus arvalis*: the role of plant functional traits *Ecological Research*. 24(4):831–838.
- Lee EJ, Rhim SJ. 2016. Seasonal home ranges and activity of three rodent species in a post-fire planted stand. *Folia Zoologica*. 65(2):101–106.
- Liebholt A, Koenig WD, Bjørnstadt ON. 2004a. Spatial synchrony in population dynamics. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 35:467–490.
- Liebholt A, Sork V, Peltonen M, Koenig W, Bjørnstad ON, Westfall R, Elkinton J, Knops JMH. 2004b. Within-population spatial synchrony in mast seeding of North American oaks. *Oikos*. 104:156–164.
- Lindstrom J, Ranta E, Kaitala V, Linden H. 1995. The clockwork of Finnish tetraonid population dynamics. *Oikos*. 74:185–194.
- Losík J. 2010a. Inventarizační průzkum lokality Vranovice z oboru mammaliologie – zemní savci. Depon in: SAGITTARIA - sdružení pro ochranu přírody střední Moravy, Křelov. Dostupné online na <http://www.sagittaria.cz/upload/vranovice---savci.pdf>
- Losík J. 2010b. Inventarizační průzkum lokality Slatinice – Kašpárovec z oboru mammaliologie – zemní savci. SAGITTARIA - sdružení pro ochranu přírody střední Moravy, Křelov. Dostupné online na <http://www.sagittaria.cz/upload/kasparovec---savci.pdf>
- Losík J. 2010c. Inventarizační průzkum lokality Droždín z oboru mammaliologie – zemní savci. SAGITTARIA - sdružení pro ochranu přírody střední Moravy, Křelov. Dostupné online na <http://www.sagittaria.cz/upload/drozdin---savci.pdf>
- Losík J. 2013a. Inventarizační průzkum NPP Třesín z oboru savci. Depon in: Ústřední seznam ochrany přírody AOPK ČR, Praha.

- Losík J. 2013b. Inventarizační průzkum NPR Špraněk z oboru savci. Depon in: Ústřední seznam ochrany přírody AOPK ČR, Praha.
- Mackin-Rogalska R. 1981. Spatial structure of rodent populations co-occurring in different crop fields. *Pol. Ecol. Stud.* 7:213–227.
- Macholán M. 1997. Myš domácí: II. Historie. *Vesmír* 76(4):208–210.
- Marková D. 2015. Pravděpodobnost odchyty vybraných druhů hlodavců [bakalářská práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí PŘF UP v Olomouci. 35 s. 1 příloha, česky.
- Michelat D, Giraudoux P. 2006. Synchrony between small mammal population dynamics in marshes and adjacent grassland in a landscape of the Jura plateau, France: a ten year investigation. *Acta Theriologica.* 51(2):155–162.
- Ministerstvo zemědělství. 2016. Výroční zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2015. 132 s.
- Ministerstvo zemědělství. 2017. ČR: Přehled druhů zvířat a jejich spotřeby k pokusným účelům v roce 2016. 1 s. [Internet]. [cit. 2017-04-21]. Dostupný z [http://eagri.cz/public/web/file/1497/EPZ16t\\_resorty.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/1497/EPZ16t_resorty.pdf)
- Mlíkovský J, Stýblo P. 2006. Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. Praha: ČSOP. 496 s.
- Moen J, Gardfjell H, Oksanen L, Ericson L, Ekerholm P. 1993. Grazing by food-limited microtine rodents on a productive experimental plant community: does the "green desert" exist? *Oikos.* 68:401–413.
- Montgomery WI. 1979. Trap-revealed home range in sympatric populations of *Apodemus sylvaticus* and *A. flavicollis*. *Notes from the Mammal Society.* 39:535–540.
- Moran PAP. 1953. The statistical analysis of the canadian lynx cycle. 2. Synchronization and meteorology. *Australian Journal of Zoology.* 1(3):291–298.
- NCSS 12 Statistical Software. 2018. NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA, dostupné z: [ncss.com/software/ncss](http://ncss.com/software/ncss).

- Nytra L, Suchomel J. 2017. Abundance a diverzita drobných savců porostech řepy cukrové v Českém Slezsku. LCaŘ. 133(7–8):227–229.
- Obrtel R, Zejda J, Holišová V. 1978. Impact of small rodent predation on an overcrowded population of *Dipron pini* during winter. Folia Zoologica. 27(2):97–110.
- Odstrčil M. 2013. Společenstva drobných zemních savců na vybraných biotopech NP Podyjí [diplomová práce]. Brno: Katedra biologie Pedagogické fakulty Masarykovy univerzity v Brně. 1 příloha, česky.
- Otis DL, Burnham KP, White GC, Anderson DR. 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. Wildlife Monographs. 62:3–135.
- Peltonen M, Liebhold AM, Bjørnstad ON, Williams DW. 2002. Spatial synchrony in forest insect outbreaks: roles of regional stochasticity and dispersal. Ecology. 83(11):3120–1129.
- Phelps QE, Graeb BDS, Willis DW. 2008. Influence of the Moran Effect on Spatiotemporal Synchrony in Common Carp Recruitment. Transactions of the American Fisheries Society 137:1701–1708.
- Pikula J. 2002. Biologická ochrana proti hlodavcům pomocí dravců a sov. In: Zejda J, Zapletal M, Pikula J, Obdržálková D, Heroldová M, Hubálek Z, editors. Hlodavci v zemědělské a lesnické praxi. Vyd. 1. Praha: Agrospoj. s. 158–171.
- Průcha M. 2012. Inventarizační průzkum NPR Hůrka u Hranic z oboru zoologie – drobní zemní savci (Insectivora, Rodentia). Depon in: Ústřední seznam ochrany přírody AOPK ČR, Praha.
- Quitt E. 1971. Klimatické oblasti Československa. Praha: Academia. 73 s.
- R Development Core Team (2006). R: A language and environment for statistical computing. (software) R Foundation for Statistical Computing, Vienna (Austria). ISBN 3-900051-07-0, dostupné z: <http://www.R-project.org>.
- Raimondo S, Turcani M, Patoeka J, Liebhold AM. 2004. Interspecific synchrony among foliage-feeding forest Lepidoptera species and the potential role of generalist predators as synchronizing agents. Oikos. 107(3):462–470.

- Ranta E, Kaitala V, Lindström J. 1997. Dynamics of Canadian lynx populations in space and time. *Ecography* 20:454-460.
- Ranta E, Kaitala V, Lindström J, Linden H. 1995. Synchrony in Population Dynamics. *Proceedings: Biological Sciences*. 262(1364):113–118.
- Ranta E, Kaitala V, Lundberg P. 1998. Population variability in space and time: the dynamics of synchronous population fluctuations. *Oikos*. 83:376–382.
- Rogers LM, Gorman ML. 1995. The home-range size of wood mice *Apodemus sylvaticus* living in set-aside and surrounding semi-natural and crop land. *Journal of Zoology*. 237:675–678.
- Romairone J, Jiménez J, Luque-Larena JJ, Mougeot F. 2018. Spatial capture-recapture design and modelling for the study of small mammals. *PLoS ONE*. 13(6): e0198766. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198766>
- Royama T. 1992. *Analytical Population Dynamics (Population and Community Biology Series)*. Chapman & Hall. 371 p.
- Salvioni M. 1988. Home range and social behavior of three species of European *Pitymys* (Mammalia, Rodentia). *Behavioral Ecology Sociobiology*. 22:203–210.
- Sedláček F, Šumbera R. 2009. Metodika provádění mamaliologického inventarizačního průzkumu EVL a MZCHÚ. 206-209. In: Janáčková H, Štorkánová A, Vitek O, eds. *Metodika inventarizačních průzkumů maloplošných zvláště chráněných území*. AOPK ČR. 223 s.
- Skřivan M, Skřivanová V, Tumová E. 2002. *Chov králíků a kožešinových zvířat*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita. 247 s.
- Steen H. 1994. Low survival of long distance dispersers of the root vole (*Microtus oeconomus*). *Annales Zoologica Fennici* 31:271–274.
- Stenseth NC, Viljugrein H, Jędrzejewski W, Mysterud A, Pucek Z. 2002. Population dynamics of *Clethrionomys glareolus* and *Apodemus flavicollis*: seasonal components of density dependence and density independence. *Acta Theriologica* 47. 1:39–67.

- Stradiotto A, Cagnacci F, Delahay R, Tioli S, Nieder L, Rizzoli A. 2009. Spatial organization of the yellow-necked mouse: effects of density and resource availability. *Journal of Mammalogy*. 90(3):704–714.
- Sundell J, Church Ch, Ovaskainen O. 2012. Spatio-temporal patterns of habitat use in voles and shrews modified by density, season and predators. *Journal of Animal Ecology*. 81:747–755.
- Svoboda A, Pavel V, Flousek J. 2007. Vliv početnosti drobných savců na hnízdní úspěšnost lindušky luční (*Anthus pratensis*) v Krkonoších. *Sylvia*. 43:44–50.
- Swanson BJ, Johnson DR. 1999. Distinguishing causes of intraspecific synchrony in population dynamics. *Oikos*. 86:265–74.
- Szacki J, Liro A. 1991. Movements of small mammals in the heterogenous landscape. *Landscape Ecol*. 5:219–224.
- Szacki J, Babinska-Werka J, and Liro A. 1993. The influence of landscape spatial structure on small mammal movements. *Acta Theriologica*. 38:113–123.
- Ševčík J. 1980. Potrava káně lesní (*Buteo buteo*), káně rousné (*Buteo lagopus*) a jestřába lesního (*Accipiter gentilis*) v oblastech s intenzivním chovem bažantů. *Sylvia* 20:35–43.
- Tedesco PA, Hugueny B, Paugy D, Fermon Y. 2004. Spatial synchrony in population dynamics of West African fishes: a demonstration of an intraspecific and interspecific Moran effect. *Journal of Animal Ecology*. 73:693–705.
- Tew TE, Macdonald DW. 1994. Dynamics of space use and male vigour amongst wood mice, *Apodemus sylvaticus*, in the cereal ecosystem. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 34:(5):337–345.
- Tkadlec E. 2013. Populační ekologie: struktura, růst a dynamika populací. Vyd. 2. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 414 s.
- Tkadlec E, Losík J. 2012. Základní metody populační ekologie. Verze 2. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí, Univerzita Palackého v Olomouci.



- Tkadlec E, Stenseth NC. 2001. A new geographical gradient in vole population dynamics. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 268(1476):1547–1552.
- Tkadlec E, Zejda J. 1998. Populační cykly drobných hlodavců. *Vesmír*. 77(3):143–144.
- Tkadlec E, Suchomel J, Purchart L, Heroldová M, Čepelka L, Homolka M. 2011. Synchronous population fluctuations of forest and field voles: implications for population management. 8th European Vertebrate Pest Management Conference. Julius-Kühn-Archiv.
- Uttl L, Kútina V. 2016. Srovnání vývoje potkana a člověka. *Vesmír*. 95(5):285.
- Vukićević-Radić O, Matić R, Kataranovski D, Stamenković S. 2016. Spatial organization and home range of *Apodemus flavicollis* and *A. agrarius* on Mt. Avala, Serbia. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*. 52(1):81–96.
- Vyhláška č. 395/1992 Sb. ministerstva životního prostředí České republiky ze dne 11. června 1992, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.
- Watson A, Moss R, Rothery P. 2000. Weather and synchrony in 10-year population cycles of rock ptarmigan and red grouse in Scotland. *Ecology* 81:2126–36.
- Wilson W, Montgomery I, Elwood RW. 1993. Population regulation in the Wood Mouse *Apodemus sylvaticus* (L.). *Mml Rev.* 23(2):73–92.
- Wolff JO. 1996. Population fluctuations of mast-eating rodents are correlated with production of acorns. *Journal of Mammalogy*. 77(3):850–856.
- Wrobel A. 2014. Influence of the rodents on forest regeneration considering natural and anthropogenic disturbances. *Sylvan*. 158(9):714–720.
- Yan C, Stenseth NC, Krebs CJ, Zhang ZB. 2013. Linking climate change to population cycles of hares and lynx. *Global Change Biology*. 19:3263–3271.
- Zapletal M, Obdržálková D, Pikula J, Zejda J., Pikula J ml, Beklová M, Heroldová M. 2001. Hraboš polní *Microtus arvalis* (Pallas, 1779) v České republice (základní

poznatky z biologie, ekologie a omezování početnosti). Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM. 128 s.

Zárybnická M, Riegert J, Bejček V, Sedláček F, Šťastný K, Šindelář J, Heroldová M, Vilímová J, Zima J. 2017. Long-term changes of small mammal communities in heterogenous landscapes of Central Europe. *European Journal of Wildlife Research*. 63:89.

Zejda J. 2002. Hlodavci (Rodentia). In: Zejda J, Zapletal M, Pikula J, Obdržálková D, Heroldová M, Hubálek Z, editors. *Hlodavci v zemědělské a lesnické praxi*. Vyd. 1. Praha: Agrospoj. s. 9–15.

Zejda J, Heroldová M. 2002. Hlodavci v lesnické praxi. In: Zejda J, Zapletal M, Pikula J, Obdržálková D, Heroldová M, Hubálek Z, editors. *Hlodavci v zemědělské a lesnické praxi*. Vyd. 1. Praha: Agrospoj. s. 101–138.

Zejda J, Heroldová M, Obdržálková D. 2002. Hlodavci v zemědělské praxi. In: Zejda J, Zapletal M, Pikula J, Obdržálková D, Heroldová M, Hubálek Z, editors. *Hlodavci v zemědělské a lesnické praxi*. Vyd. 1. Praha: Agrospoj. s. 34–100.