

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



Pravděpodobnost odchytu vybraných druhů hlodavců

Dominika Marková

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

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

Vedoucí práce: Mgr. Jan Losík, Ph.D.

Olomouc 2015

Prohlášení

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

V Olomouci dne 24. července 2015

.....

podpis

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.

Abstrakt

K základním cílům většiny demografických prací patří popsat dynamiku a strukturu populací. Klíčovým parametrem pro výpočet početnosti populací je pravděpodobnost odchyty. Pravděpodobnost odchyty je ovlivněna mnoha faktory. Jedná se především o heterogenitu jedinců, behaviorální odpověď a délku expozice pastí na lokalitě. Vnějšími faktory, které působí na pravděpodobnost odchyty, jsou vliv počasí, vliv predátorů, dostupnost potravy nebo vegetační podmínky. Tato práce je zaměřena na určení pravděpodobnosti odchyty v přírodních populacích hraboše polního (*Microtus arvalis*), myšice křovinné (*Apodemus sylvaticus*), myšice lesní (*Apodemus flavicollis*) a myšice temnopásé (*Apodemus agrarius*). Práce se rovněž zabývá behaviorální odpovědí druhů na odchyt a vlivem vybraných faktorů počasí na pravděpodobnost odchyty. Výzkum probíhal na lokalitě ležící v areálu PřF Univerzity Palackého v Olomouc-Holici, kde jsem ve čtvrtletních intervalech umísťovala 64 živolovných pastí typu Ugglan. Celkem jsem hodnotila data z 6 odchyťových akcí, které probíhaly od listopadu 2013 do února 2015. Využila jsem metodu zpětného odchyty značkových jedinců. Data jsem následně analyzovala v programu MARK a jednotlivé pravděpodobnostní modely srovnala podle kritéria AICc. Výsledky naznačují, že pravděpodobnost odchyty se lišila jak mezi jednotlivými druhy, tak mezi jednotlivými odchyťovými akcemi v rámci druhů. Hraboš polní měl ve většině odchyťových akcí vyšší pravděpodobnost odchyty než všechny tři druhy myšic. Mezi pohlavími se pravděpodobnost odchyty lišila pouze v jedné odchyťové akci u myšice křovinné. Samci měli vyšší pravděpodobnost odchyty než samice. Přítomnost behaviorální odpovědi jsem potvrdila pouze u hraboše polního („trap happy“) a myšice křovinné („trap shy“). Faktory počasí měly vliv na pravděpodobnost odchyty, ale pouze v některých odchyťových akcích. U hraboše polního se jednalo o teplotu, tlak a vítr, u myšice lesní o vítr a u myšice temnopásé o vlhkost.

Klíčová slova: pravděpodobnost odchyty, behaviorální odpověď, faktory počasí, *Microtus arvalis*, *Apodemus sylvaticus*, *Apodemus flavicollis*, *Apodemus agrarius*

MARKOVÁ D. 2015. Capture probability in selected rodent species [bachelor's thesis]. Olomouc: The Department of Ecology & Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University of Olomouc. 35 pp. 1 Appendix, in Czech.

Abstract

Basic aims of the most of all demographic studies include a description of the dynamics and structure of populations. The main parameter used for calculating the population is the capture probability, which is influenced by many factors, mainly the heterogeneity of the specimens, their behavioral response and the duration of the period for which there were traps set at the site. The external factors that impact the capture probability include the interference of weather and predators, nutrient availability and vegetation conditions. This bachelor's thesis concerns the determination of the capture probability of bank voles (*Microtus arvalis*), wood mice (*Apodemus sylvaticus*), yellow-necked mice (*Apodemus flavicollis*) and striped field mice (*Apodemus agrarius*) in their natural incidence sites, the species' behavioral response to their capture and the influence of the selected weather conditions on the capture probability. The research was performed on the premises of Faculty of Science, Palacky University, Olomouc-Holice with 64 Ugglan-type live traps. In total, the data from 6 capture operations, taking place between November 2013 and February 2015, were taken into account. The data were collected by capturing the previously marked specimens and then analysed with the MARK software and the probability models were ordered by the AICc criterion. The results indicate that the capture probability was different for each species and for each capture operation with the same species. The bank voles were more probable to get captured than the all the examined mouse species. There was significant difference in the probability of capture between males and females only in the data of one wood mouse capture operation, where the males tended to be caught more often. The presence of a behavioral response was confirmed for the bank voles („trap happy“) and for the wood mice („trap shy“). The weather influenced the capture probability only in some of the operations. Bank voles were affected by the temperature, pressure and along with the yellow-necked mice by wind, whereas the air humidity had an effect on the striped field mice.

Key words: capture probability, behavioral response, influence of weather, *Microtus arvalis*, *Apodemus sylvaticus*, *Apodemus flavicollis*, *Apodemus agrarius*

Obsah

Seznam tabulek	vii
Seznam obrázků	ix
Poděkování	x
1 Úvod	1
1.1 Význam hlodavců	1
1.2 Metody zjišťování početnosti	3
1.3 Způsob odchyty drobných savců	5
1.4 Pravděpodobnost odchyty	6
2 Cíle práce	9
3 Materiál a metody	10
3.1 Popis lokality	10
3.2 Práce v terénu	11
3.3 Analýza výsledků	12
3.4 Data o počasí	13
4 Výsledky	14
4.1 Průměrná pravděpodobnost odchyty	14
4.2 Rozdíly mezi samci a samicemi	17
4.3 Behaviorální odpověď	19
4.4 Časová proměnlivost pravděpodobnosti odchyty a faktory prostředí	21
4.5 Vliv populační hustoty na pravděpodobnost odchyty	23
5 Diskuse	25
6 Souhrn	30
7 Reference	31
8 Přílohy	36
8.1 Příloha 1	36

Seznam tabulek

Tabulka 1. Počty chycených jedinců v jednotlivých odchyťových akcích	14
Tabulka 2. Hraboš polní – srovnání hodnot AICc pro model, který předpokládá stejnou pravděpodobnost odchyťu pro samce i samice s modelem, u kterého se pravděpodobnost odchyťu mezi pohlavími liší	17
Tabulka 3. Myšice křovinná – srovnání hodnot AICc pro model, který předpokládá stejnou pravděpodobnost odchyťu pro samce i samice s modelem, u kterého se pravděpodobnost odchyťu mezi pohlavími liší	17
Tabulka 4. Myšice lesní – srovnání hodnot AICc pro model, který předpokládá stejnou pravděpodobnost odchyťu pro samce i samice s modelem, u kterého se pravděpodobnost odchyťu mezi pohlavími liší	17
Tabulka 5. Myšice temnopásá – srovnání hodnot AICc pro model, který předpokládá stejnou pravděpodobnost odchyťu pro samce i samice s modelem, u kterého se pravděpodobnost odchyťu mezi pohlavími liší	18
Tabulka 6. Hraboš polní – srovnání hodnot AICc pro model, který nepředpokládá behaviorální odpověď s modelem, který behaviorální odpověď zohledňuje.....	19
Tabulka 7. Myšice křovinná – srovnání hodnot AICc pro model, který nepředpokládá behaviorální odpověď s modelem, který behaviorální odpověď zohledňuje.....	19
Tabulka 8. Myšice lesní – srovnání hodnot AICc pro model, který nepředpokládá behaviorální odpověď s modelem, který behaviorální odpověď zohledňuje.....	20
Tabulka 9. Myšice temnopásá – srovnání hodnot AICc pro model, který nepředpokládá behaviorální odpověď s modelem, který behaviorální odpověď zohledňuje.....	20
Tabulka 10. Hraboš polní – srovnání hodnot AICc pro model bez časové proměnlivosti pravděpodobnosti odchyťu s modelem, který časovou proměnlivost pravděpodobnosti odchyťu předpokládá a s modelem kódujícím faktor počasí, který nejlépe popisuje data	22
Tabulka 11. Myšice křovinná – srovnání hodnot AICc pro model bez časové proměnlivosti pravděpodobnosti odchyťu s modelem, který časovou proměnlivost pravděpodobnosti odchyťu předpokládá a s modelem kódujícím faktor počasí, který nejlépe popisuje data	22
Tabulka 12. Myšice lesní – srovnání hodnot AICc pro model bez časové proměnlivosti pravděpodobnosti odchyťu s modelem, který časovou proměnlivost pravděpodobnosti	

odchytu předpokládá a s modelem kódujícím faktor počasí, který nejlépe popisuje data	22
Tabulka 13. Myšice temnopásá – srovnání hodnot AICc pro model bez časové proměnlivosti pravděpodobnosti odchytu s modelem, který časovou proměnlivost pravděpodobnosti odchytu předpokládá a s modelem kódujícím faktor počasí, který nejlépe popisuje data	22
Tabulka 14. Hraboš polní – tabulka hodnot odhadů pravděpodobnosti odchytu pro jednotlivé modely. Pro každý model jsou uvedeny i hodnoty AICc.....	36
Tabulka 15. Myšice křovinná – tabulka hodnot odhadů pravděpodobnosti odchytu pro jednotlivé modely. Pro každý model jsou uvedeny i hodnoty AICc.....	37
Tabulka 16. Myšice lesní – tabulka hodnot odhadů pravděpodobnosti odchytu pro jednotlivé modely. Pro každý model jsou uvedeny i hodnoty AICc.....	38
Tabulka 17. Myšice temnopásá – tabulka hodnot odhadů pravděpodobnosti odchytu pro jednotlivé modely. Pro každý model jsou uvedeny i hodnoty AICc.....	39

Seznam obrázků

Obr. 1. Letecký snímek části areálu PřF UP v Holicích s červeně vyznačenou odchyťovou linií. Mapa převzata z Mapy.cz	10
Obr. 2. Keřová linie, na jejímž okraji byly umístěny pasti	11
Obr. 3. Schéma znázorňující vztah mezi základními pojmy.....	12
Obr. 4. Hraboš polní – průměrné hodnoty pravděpodobnosti odchyťu pro jednotlivé odchyťové akce.....	15
Obr. 5. Myšice křovinná – průměrné hodnoty pravděpodobnosti odchyťu pro jednotlivé odchyťové akce.....	15
Obr. 6. Myšice lesní – průměrné hodnoty pravděpodobnosti odchyťu pro jednotlivé odchyťové akce.....	16
Obr. 7. Myšice temnopásá – průměrné hodnoty pravděpodobnosti odchyťu pro jednotlivé odchyťové akce.....	16
Obr. 8. Hraboš polní – průměrné hodnoty pravděpodobnosti odchyťu pro samce (M) a samice (F) v jednotlivých odchyťových akcích.....	18
Obr. 9. Hraboš polní – grafické znázornění behaviorálních odpovědí pro jednotlivé odchyťové akce. p_i – pravděpodobnost iniciálního odchyťu, c – pravděpodobnost zpěťného odchyťu.	20
Obr. 10. Myšice křovinná – grafické znázornění behaviorálních odpovědí pro jednotlivé odchyťové akce. p_i – pravděpodobnost iniciálního odchyťu, c – pravděpodobnost zpěťného odchyťu.	21
Obr. 11. Vztah mezi pravděpodobnostmi odchyťu a hustotou populace u hraboše polního	24
Obr. 12. Vztah mezi pravděpodobnostmi odchyťu a hustotou populace u myšice křovinné	24

Poděkování

Ráda bych poděkovala především vedoucímu mé bakalářské práce Mgr. Janu Losíkovi, Ph.D. za odborné vedení mé práce, za veškerou pomoc, za trpělivost, ochotu a čas a za poskytnutí literatury a cenných rad. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Petru Pavlůvčíkovi a všem přátelům, kteří mi pomohli se sběrem dat v terénu. Nakonec bych chtěla poděkovat své rodině a přítelovi za psychickou podporu během psaní a mamince za korekturu práce.

1 Úvod

1.1 Význam hlodavců

Hlodavci jsou nejpočetnějším řádem savců. Bylo popsáno zhruba 2 300 recentních druhů, což tvoří 42% druhové diverzity současných savců. Většina druhů se vyznačuje malou velikostí, k největším patří kapybara či bobr. Hlodavci se přirozeně vyskytují téměř ve všech typech prostředí, s výjimkou krajín polárních. Jejich potrava je převážně rostlinná, v menší míře živočišná. Pro většinu hlodavců je příznačná neobyčejná plodnost, na níž se podílí krátká doba březosti a četnější vrhy s větším počtem mláďat, které se brzy zapojují do rozmnožování (Anděra a Gaisler 2012). V důsledku toho může jejich populační hustota rychle narůstat. Po vyčerpání prostorových a potravních možností nebo z vnitřních příčin pak zase rychle klesá (Gaisler a Dungel 2002). Tento jev označujeme jako populační gradace (přemnožení) (Losos et al. 1984). Existují druhy, které se přemnožují ve víceméně pravidelných intervalech. Pak můžeme hovořit o populačních cyklech nebo lépe o periodických fluktuacích (Tkadlec 2008). Intervaly těchto periodických fluktuací se liší mezi druhy (Krebs 1996) a ani v rámci jednotlivých druhů nemusejí být vždy stejné (Zhigalskii 2011). Pro vědu tento jev objevil a následně popsal britský ekolog Charles Elton, který si r. 1924, po přečtení knihy Norges Pattedyr norského zoologa Roberta Colleta, povšiml pravidelného kolísání početnosti lumíka norského (*Lemmus lemmus*) s periodou 3 až 4 roky (Tkadlec 2008). U nás se cyklicky přemnožuje hraboš polní (*Microtus arvalis*), hraboš mokřadní (*Microtus agrestis*) a norník rudý (*Clethrionomys glareolus*) (Tkadlec a Zejda 1998). Přestože snaha o odhalení příčin periodických fluktuací je mnohaletým tématem populačních ekologů, nepodařilo se dosud tuto otázku uspokojivě vysvětlit. Existuje celá řada hypotéz, které se pokouší tyto příčiny objasnit. Hypotézy se opírají o účinky mnoha faktorů. K nejvýznamnějším patří fyzikální účinky (např. periodicky působící klimatické vlivy), účinky predátorů (vliv vztahu predátor-kořist), účinky patogenů, účinky rostlin (např. interakce rostlin a herbivora nebo koloběh živin), účinky populační struktury, mateřské účinky a genetické účinky (Tkadlec 2008).

Některé druhy hlodavců mohou v období vysoké populační hustoty způsobovat významné ekonomické škody. Proto je studium populačních dynamik drobných hlodavců rovněž důležité pro lesnickou a zemědělskou praxi. K lesním škůdcům patří například norník rudý, hraboš mokřadní nebo myšice lesní (*Apodemus flavicollis*), kteří

výrazně škodí při obnově lesa (Borowski 2007; Heroldová et al. 2012). Norník rudý způsobuje největší ztráty ohryzem kůry, lýka a terminálních pupenů, zvláště v kulturách modřínu a borovice. Hraboš mokřadní škodí rovněž ohryzem kůry na výsadbách lesních dřevin. Myšice lesní konzumuje velké množství lesnicky významných semen a zásoby, které si vytvoří na zimu, často zůstávají z části nezkonsumovány a zplesniví. Některé druhy hlodavců však mohou také ovlivňovat početnost jiných organismů, které jsou v lesnické praxi vnímány jako škůdci. Např. myšice křovinná (*Apodemus sylvaticus*) je z hlediska obnovy lesa druhem méně významným, podílí se však na jeho ochraně, protože velkou část její potravy, převážně v jehličnatých porostech, tvoří živočišná složka (Zejda et al. 2002). V porostech borovice likviduje kokony hřebenule borové (*Diprion pini*) (Obrtel et al. 1978).

V zemědělské praxi má největší význam hraboš polní. Škodí v porostech obilovin, kde konzumuje klíčící obilky, listy a později i zralé klasy. Z okopanin konzumuje hlízy brambor, v nadzemních částech poškozuje bulvy cukrovky. U víceletých píceň (např. vojtěška) požírá vegetační vrcholy, stonky, listy a v zimě i kořeny. Mladé porosty může v letech vysoké populační hustoty zničit úplně. Během zimy konzumuje listy řepky. Ve vinařství a ovocnářství škodí ohryzem kůry (Zapletal et al. 2001, Zejda et al. 2002).

Další druhy hlodavců, které se v naší zemědělské krajině vyskytují, mají z hospodářského hlediska mnohem menší význam. Myšice temnopásá (*Apodemus agrarius*), která patří v některých oblastech ČR k dominantním druhům kulturní krajiny (Anděra a Gaisler 2012), je z hlediska hospodářského významu považována za indiferentní druh. Její potrava se kromě semen kulturních plodin skládá také ze živočišné složky a ze semen plevelů (Zejda et al. 2002).

Drobní hlodavci mají vliv i na vegetaci v přírodních či přírodě blízkých ekosystémech, svým výběrem potravy mohou v některých případech ovlivňovat biodiverzitu území. Například hraboš polní preferuje ve vlhkých lučních porostech olešník kmínolistý (*Selinum carvifolia*), krvavec toten (*Sanguisorba officinalis*) a vrbínu obecnou (*Lysimachia vulgaris*). V laboratorních podmínkách byla zjištěna preference prstnatce májového (*Dactylorhiza majalis*) (Cudlín et al. 2009). Některé druhy hlodavců, především plchovití, jsou známými predátory ptáků hnízdících v dutinách stromů. Predují ptačí vejce, holata i samotné samice sedící na vejcích. Nejvíce jsou postiženy snůšky migrujících lejsků (Adamík a Král 2008).

Drobní hlodavci jsou rovněž významnou složkou potravy mnohých predátorů. Hraboš polní tvoří dominantní složku ve vývržcích většiny našich sov, zejména u sovy pálené (*Tyto alba*) a kalouse ušatého (*Asio otus*) (až 95%). Z šelem se jimi živí lasice kolčava (*Mustela nivalis*) (více než 80 % potravy), lasice hranostaj (*Mustela erminea*), tchoř tmavý (*Mustela putorius*), tchoř stepní (*Mustela eversmannii*) nebo kuna lesní (*Martes martes*) a kuna skalní (*Martes foina*) (Anděra a Gaisler 2012). Z myšilovných dravců jmenujme například poštolku obecnou nebo káně lesní (Zapletal et al. 2001).

Nesmíme opomenout také zdravotnický význam hlodavců. Hlodavci jsou společně s domácími zvířaty nejvýznamnější skupinou obratlovců představujících zdroj zoonóz, nálezů člověka přenosných ze zvířat. Největší význam mají druhy, které se pravidelně přemnožují, a také ty, které přicházejí do užšího styku s člověkem. K nejvýznamnějším původcům zoonóz vázaných na hlodavce patří například: z virů Flavivirus klíšťové encefalitidy, Hantavirus Dobrava (hemoragická horečka s nefritidou), z bakterií *Listeria monocytogenes* (listerióza), *Borrelia burgdorferi* (lymská borelióza), *Leptospira grippityphosa* (polní/blatácká horečka), z hub *Trichophyton mentagrophytes* (dermatofytóza) a z prvoků *Toxoplasma gondii* (toxoplazmóza) (Zejda et al. 2002).

Některé druhy hlodavců jsou zajímavé i z hlediska ochrany přírody. Podle vyhlášky č. 395/1992 Sb., v platném znění patří k zvláště chráněným druhům v kategorii kriticky ohrožení sysel obecný (*Spermophilus citellus*) a plch zahradní (*Eliomys quercinus*); silně ohrožení bobr evropský (*Castor fiber*), myšivka horská (*Sicista betulina*), křeček polní (*Cricetus cricetus*), plch lesní (*Dryomys nitedula*) a plšík lískový (*Muscardinus avellanarius*); ohrožení plch velký (*Glis glis*) a veverka obecná (*Sciurus vulgaris*).

Při studiu významu a funkce hlodavců v ekosystémech je nezbytné správně popsat dynamiku jejich početnosti. Při tom se neobejdeme bez nástrojů, které slouží k určování početnosti populací.

1.2 Metody zjišťování početnosti

Metody zjišťování početnosti drobných hlodavců můžeme rozdělit na přímé a nepřímé. Obě tyto metody s sebou nesou výhody a nevýhody.

Za nepřímé metody považujeme sledování pobytových značek, jako jsou například požitky, okusy, úkryty (nory) a cestičky nebo trus (Gervais 2010). Je možné využít i rozbor vývržků sov (Kašpar a Anděra 2011). Výhodou těchto metod je finanční

a časová nenáročnost. Metody jsou neinvazivní, to znamená, že nedochází k ovlivňování jedinců, respektive početnosti sledované populace. Nevýhodou je jejich nepřesnost, z pobytových stop nelze zjistit skutečnou velikost populace a také se dovíme jen málo o její struktuře. Výsledky mohou být rovněž zkresleny subjektivním přístupem pozorovatelů, kteří nemusí správně rozlišovat mezi aktivními a neužívanými norami (Lisická et al. 2007). U vývržků sov zase nevíme, jestli skutečně pochází z dané lokality a neznáme časový interval mezi odlovem a vyvrhnutím (Anděra a Gaisler 2012). V praxi se u nás pro potřeby určování početnosti hraboše polního nejčastěji používá metoda zášlapu nor nebo metoda zjišťování počtu živých nor (Zapletal et al. 2001).

Mezi přímé metody patří sčítání pozorovaných nebo odchyťovaných jedinců. Přímé pozorování není u drobných hlodavců příliš vhodné kvůli jejich malé velikosti, skrytému způsobu života a časové náročnosti pozorování. Přímě lze kontrolovat ptačí budky, kde se může nacházet myšice lesní, myšice křovinná a plši (Anděra a Gaisler 2012; Mašková a Adamík 2012; Húdoková a Adamík 2011). Ve většině případů je však nutné použít různé odchyťové metody.

V minulosti se využívaly sklapovací pasti. Výhodou je finanční a časová nenáročnost. U ulovených jedinců lze zjistit pohlaví, stav pohlavních orgánů, hmotnost a délka těla, podíl pohlavně aktivních jedinců, počet embryí v těle samic. Na základě těchto údajů můžeme zjistit, zda se populace rozmnožuje (Zapletal et al. 2001). Chytání do sklapovacích pastí nám však nepřinese žádné informace o skutečné velikosti populace, jedná se pouze o index odchyty. Také vzhledem k tomu, že dochází ke smrti zvířete, je použití těchto pastí z etických i legislativních důvodů nevhodné (Anděra a Gaisler 2012).

Některé populační charakteristiky mohou být na základě dat získaných s použitím sklapovacích pastí nebo pomocí jednorázových odchyťů určeny nepřesně. Např. poměr pohlaví může být v těchto případech stanoven nesprávně v důsledku odlišné pravděpodobnosti odchyty mezi samci a samicemi. Například u hryzce vodního je úroveň pohybové aktivity samců vyšší než u samic nebo nedospělých jedinců (Anděra a Gaisler 2012). Platí, že samci převažují v jarních a letních odchytech, protože jejich migrační aktivita v průběhu rozmnožování je výrazně větší než u samic (Olenev a Grigorkina 2011).

Tyto nepřesnosti lze překonat využitím metod zpětného odchyty značkových jedinců (capture-recapture nebo capture-mark-recapture), které jsou založeny na odchytech jedinců, kteří jsou po označení vráceni zpět do populace, a v následných

akcích zpětně odchyťování. Z takto získaných dat je možné určit pravděpodobnost odchyty pro různé skupiny jedinců (samce, samice, věkové skupiny) a určit jejich skutečné zastoupení v populaci. Pomocí pravděpodobnosti odchyty jsme také schopni zjistit celkovou početnost populace. Pravděpodobnostní modely můžeme rozlišit na modely pro uzavřené populace (velikost populace je konstantní, nedochází k imigraci, emigraci, natalitě, mortalitě) a pro otevřené populace (dochází ke změnám velikosti populace v důsledku imigrace, emigrace, natality, mortality). Nejjednodušším případem použití zpětných odchyťů je metoda Lincolnova-Petersenova pro uzavřené populace, která vyžaduje pouze dvě vzorkovací akce. V případě více než dvou vzorkovacích akcí, což je žádoucí z hlediska přesnosti, lze využít celou řadu pravděpodobnostních modelů (Tkadlec a Losík 2011). Pro uzavřené populace se nejčastěji používají pravděpodobnostní modely v počítačovém programu CAPTURE (Otis et al. 1978). Pro otevřené populace je k dispozici model Jollyho-Sebera (Pollock et al. 1990) a model robustního designu zakomponovaný v programu MARK (White a Burnham 1999). Modely pro otevřené populace umožňují kromě určení velikosti populací vypočítat také míru přežívání nebo přírůstek v dané populaci (Pollock et al. 1990).

K nevýhodám použití těchto metod patří materiální a časová náročnost sběru dat (Tkadlec a Losík 2011) a také potřeba zajistit dostatečně velké datové soubory založené na větším počtu jedinců. V případě, že studované populace jsou málo početné, bývají výsledné odhady pravděpodobnosti odchyty nepřesné, což se následně odrazí i v omezené přesnosti odvozených demografických parametrů (Cooch a White 2015).

1.3 Způsob odchyty drobných savců

Za účelem odchyťů drobných savců byla zkonstruována řada typů živolovných pastí. Dobrou účinnost vykazují dřevěné pasti (např. typ „Chmela“), které jsou však neskladné a trpí povětrnostními vlivy. Skládací pasti Lonqworth z tenkého kovu podobné problémy nemají, ale jsou finančně nákladnější. Dalším z typů živolovných pastí je typ „Rödl“, kterou navrhl a sestrojil český biolog P. Rödl. Tyto pasti jsou velmi odolné vůči mechanickému poškození i přírodním vlivům a používají se dodnes (Anděra a Gaisler 2012). V zahraničí se pro studium populační ekologie hrabošovitých používají švédské multilovné pasti typu "Ugglan" (Losík et al. 2002).

Pro populační a ekologické studie drobných savců je nutno použít univerzální návnadu v podobě ovesných vloček, které jsou nasyceny olejem ze sardinek. Do pasti dáváme asi jednu lžičku návnady (Sedláček a Šumbera 2009). Jeli cílem výzkumu

získat přehled o druhové diverzitě území, je vhodné návnady střídat (Anděra a Gaisler 2012).

Odchytové metody dělíme na kvadrátové a liniové. Kvadrátová metoda spočívá v rozmístění pastí do plochy čtverce v určité vzdálenosti od sebe (Zapletal et al. 2001). V případě lučních biotopů je doporučována odchytová plocha 100×100 m, se vzdáleností odchytových bodů 10 m (máme 121 bodů po jedné živolovné pasti). Pokud není možno tuto plochu umístit do zhruba homogenního prostředí, je nutné vymezit plochu alespoň 50×50 m s poloviční vzdáleností pastí (Sedláček a Šumbera 2009). Při použití liniové metody pasti klademe v linii, tj. v řadě za sebou. Pastí položíme minimálně 50 ve vzdálenosti 2 m od sebe. Ve sledované plodině položíme 2 takové linie pastí (Zapletal et al. 2001). Nejúčinnější je pasti umisťovat do míst nejpravděpodobnějšího výskytu drobných savců – k východům z nor, do trsů trávy, do kořenů stromů, kolem zídek, k pařezům, na břehy potoků, k hospodářským budovám (Anděra a Gaisler 2002).

Z dalších typů pastí lze využít padací pasti, zakopané na úroveň terénu a zakryté nízkou stříškou. Tento typ pastí se nevnadí, drobní savci do nich padají nebo vlezou sami. V odchytech do těchto pastí výrazně převažují rejskovití, naopak myšovití, zejména myšice, ale také hryzec nebo dospělí hraboši, z nich často vyskakují, záleží na typu použité nádoby. Pro odchyty krtků se využívají speciální trubkovité pasti, které se vkládají do krtčích chodeb. Na obou koncích je uzavírají volně pohyblivé a pouze dovnitř se otevírající záklopy (Anděra a Gaisler 2012).

1.4 Pravděpodobnost odchytu

Mezi základní cíle populační ekologie patří vysvětlit variabilitu početnosti populace. Početnost populace (abundance) se nejčastěji používá k popisu dynamiky populačního systému. Můžeme ji vyjádřit třemi základními způsoby: populační velikostí, relativní populační hustotou a absolutní populační hustotou. Populační velikost je dána počtem jedinců v populaci. Tento počet můžeme zjistit sčítáním všech jedinců populace (census) v geograficky ohraničených oblastech nebo vzorkováním populace v geograficky neohraničených oblastech, kdy se sbírají údaje jen o jedincích ze vzorku populace. Relativní populační hustotu populace lze odhadnout pomocí pobytových znaků, jejichž počet přímo koreluje s velikostí populace. V tomto případě sice neznáme skutečnou velikost populace, ale můžeme popsat populační změnu a zachytit dynamiku jakékoliv populace v čase. Tyto odhady se označují jako populační indexy. Absolutní

populační hustota udává počet zjištěných jedinců na jednotku plochy, která byla vzorkována. Klíčovým parametrem pro zjištění absolutní hustoty je pravděpodobnost odchyty (Tkadlec a Losík 2011).

K určení pravděpodobnosti odchyty je nutné mít data získaná metodou zpětného odchyty značkových jedinců. Je důležité pracovat s dostatečně velkým vzorkem populace, protože malá velikost vzorku může vést k chybnému odhadu pravděpodobnosti odchyty a početnosti populace (White et al. 1982). Pravděpodobnost odchyty je ovlivněna mnoha faktory, které můžeme rozdělit na vnitřní a vnější. K vnitřním faktorům řadíme vlastní heterogenitu jedinců, behaviorální odpověď jedince a délku expozice pasti na lokalitě. Vlastní heterogenita jedinců může záležet na jejich pohlaví, věku, sociálním postavení, na pozici pasti ve vztahu k jejich domovskému okrsku (Otis et al. 1978). Jedinci některých druhů vstupují s menší pravděpodobností do pastí, které byly dříve obsazeny jiným druhem (Heske a Repp 1986) nebo dominantním jedincem stejného druhu (Wuensch 1982). Na druhou stranu jedinci několika druhů hlodavců častěji vstupují do pastí, které byly dříve obsazeny stejným druhem. Juvenilní samci potom do pastí dříve obsazených samicemi (Heske 1987). Behaviorální odpověď znamená, že pravděpodobnost odchyty závisí na předchozí odchytové historii jedince (Hammond a Anthony 2006). Pravděpodobnost následujících odchyťů se mění v důsledku reakce jedinců na iniciální odchyt (Carothers 1973). Jedinec se může stát „trap happy“ (větší pravděpodobnost zpětného odchyty, než odchyty iniciálního), „trap shy“ (menší pravděpodobnost zpětného odchyty, než odchyty iniciálního) nebo „trap neutral“ (stejná pravděpodobnost zpětného odchyty a odchyty iniciálního) (Hammond a Anthony 2006). Například pokud zvíře při zachycení pocítuje strach a při značení bolest, stává se „trap shy“ a je tak menší pravděpodobnost, že se chytí podruhé. Dále je behaviorální odpověď ovlivněna metodou odchyty. Pasti na drobné hlodavce jsou často vnaďeny ovesnými vločkami, které jsou pro ně velmi atraktivní a zvířata se stávají „trap happy“ (Beer 1964). Heterogenita a behaviorální odpověď typu „trap happy“ nejčastěji podhodnocují velikost populace. K jejímu nadhodnocení vede odpověď typu „trap shy“ a ztráty označení (Pollock et al. 1990). Délka expozice pasti na lokalitě má také vliv na pravděpodobnost odchyty, protože počasí, roční období a část dne ovlivňují vzorce aktivity malých savců. Například studený deštivý den v průběhu odchyťové akce může snížit aktivitu zvířat a tím snížit i pravděpodobnost odchyty (Otis et al. 1978).

Vnějšími faktory označujeme faktory prostředí. Může to být vliv počasí, přítomnost predátora, množství potravy nebo vegetační kryt. U počasí rozhoduje

především množství srážek a teplota. Některé druhy hlodavců jsou nejaktivnější v deštivých dnech. Déšť totiž maskuje zvuky vydávané hlodavci a ti se pak stávají hůře detekovatelnými pro predátory, kteří se orientují sluchem a také maskuje pachové stopy (Wickery a Bider 1981). Zvyšující se teplota má za následek snížení aktivity zvířat a pravděpodobnost jejich odchyty je tedy také nižší. (Wróbel a Bogdziewicz 2015). Přítomnost predátora v oblasti, vegetační podmínky a dostupnost potravy také může ovlivnit pravděpodobnost odchyty. Hlodavci se vyhýbají místům, kde byl zanechán pach predátora (Borowski 2002). U veverky popelavé bylo zjištěno, že pokud je v okolí dostatečné množství semen, do pastí se nechytá (Gurnell 1996).

2 Cíle práce

Práce je zaměřena na zjišťování pravděpodobnosti odchyty v přírodních populacích hraboše polního, myšice lesní, myšice křovinné a myšice temnopásé. Snažila jsem se popsat i variabilitu tohoto parametru, který je důležitý při určování velikosti populace.

Cílem této bakalářské práce je:

- 1) určit pravděpodobnost odchyty jednotlivých sledovaných druhů
- 2) prověřit přítomnost behaviorální odpovědi na odchyt
- 3) určit změny pravděpodobnosti odchyty v závislosti na populační hustotě druhů a faktorech prostředí

Tato bakalářská práce, zabývající se populacemi výše uvedených druhů, předpokládá pokračování v rámci diplomové práce, kdy budou sesbírána data z delšího časového období.

3 Materiál a metody

3.1 Popis lokality

Lokalita, na které odchyty probíhaly, se nachází v areálu Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci Holicí, na okraji plochy polí, která dlouhodobě slouží pro maloplošnou zemědělskou výrobu (obr. 1). Své experimentální plochy zde má Univerzita Palackého a Výzkumný ústav rostlinné výroby. Živolovné pasti byly umístěny v pásu vyšší vegetace na okraji linie dobře vyvinutého keřového patra (obr. 2). Z jedné strany byla studijní plocha ohraničena cestou vedoucí kolem malých políček s vojtěškou a dále obilím, z druhé strany, za křovinami, byla ohraničena železniční tratí. Z rostlin se zde objevovaly běžné druhy jako vratič obecný (*Tanacetum vulgare*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), pelyněk černobýl (*Artemisia vulgaris*), dominantním druhem byla srha laločnatá (*Dactylis glomerata*) a ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*). Na vlhkých místech rostl rákos obecný (*Phragmites australis*). Místy se vyskytoval kostival lékařský (*Symphytum officinale*), kuklík městský (*Geum urbanum*), svízel přítula (*Galium aparine*) nebo chmel otáčivý (*Humulus lupulus*). Hlavním druhem keřového patra byl bez černý (*Sambucus nigra*), trnka obecná (*Prunus spinosa*) a růže šípková (*Rosa canina*), místy rostl hloh obecný (*Crataegus laevigata*). Ze stromů se zde vyskytovali jabloň (*Malus* sp.), topol černý (*Populus nigra*) a jasan (*Fraxinus* sp.).



Obr. 1. Letecký snímek části areálu PŘF UP v Holicích s červeně vyznačenou odchyťovou linií. Mapa převzata z Mapy.cz

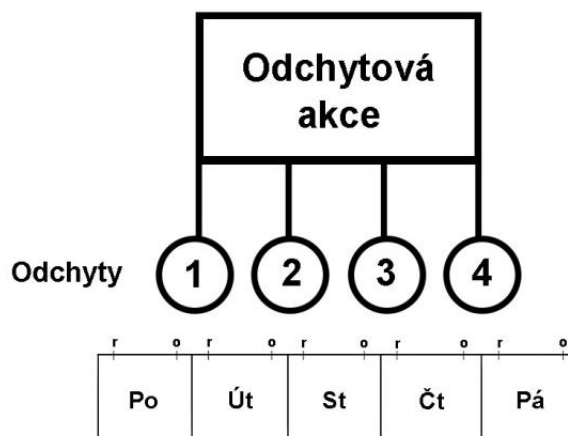


Obr. 2. Keřová linie, na jejímž okraji byly umístěny pasti

Z hlediska geomorfologického členění tato oblast náleží ke geomorfologickému celku Hornomoravský úval, který je součástí geomorfologické soustavy Vněkarpatských sníženin, podsoustavy Západních Vněkarpatských sníženin. Území se nachází v nivě řeky Moravy, na jejím středním toku. Jedná se převážně o rovinatou oblast. Podloží je tvořeno kvarténními nezpevněnými sedimenty, které jsou překryty vrstvou náplavových hlín. Z pohledu členění klimatických regionů se území nachází v teplé klimatické oblasti T2.

3.2 Práce v terénu

Při studiu byla použita metoda zpětných odchyť označených jedinců (Jolly 1965). Metoda spočívá v odchyťu jedinců, jejich označení, vypuštění a opakovaných odchytech. Jedince jsem značila stříháním konců prstů. Každému jedinci byl na každé končetině odstřižen maximálně jeden prst. Na základě odstřižených prstů jsem si vytvořila kód, s jehož pomocí jsem mohla každému jedinci přiřadit unikátní číslo. U každého odchyceného jedince jsem zaznamenávala tyto údaje: druh, číslo (neoznačené jedince jsem označila), pohlaví, reprodukční kondici, hmotnost, případně další doplňující informace (netypické zbarvení, uťatý ocas atd.). Práci bylo nutno provádět v rukavicích, abych zamezila pokousání či přenesení nemoci. Při manipulaci s mnohem pohyblivějšími myšicemi jsem kvůli lepšímu uchopení zvířete použila igelitový sáček, do kterého jsem zvíře vypudila z pasti.



Obr. 3. Schéma znázorňující vztah mezi základními pojmy

K odchyťům jsem využívala živolovné pasti typu Ugglan. Pastí bylo celkem 64, položeny byly v linii a vzdáleny od sebe 3 m. Délka linie činila 200 m. Jako potrava v pastech posloužily ovesné vločky. Pasti jsem kontrolovala 2 × denně, ráno a odpoledne. Odchyťové akce probíhaly ve čtvrtletních intervalech od října 2013 do února 2015. Celkem akcí bylo 6, a to podzimní 2013 (18.–21.11.2013), zimní 2014 (10.–14.2.2014), jarní 2014 (14.–18.4.2014), letní 2014 (14.–18.7.2014), podzimní 2014 (20.–24.10.2014) a zimní 2015 (2.–6.2.2015). Jedna akce trvala vždy 4 dny/skládala se ze 4 odchyťů. Jako jeden den/odchyť je považována kontrola pasti odpoledne a následující den ráno. Vztah jednotlivých pojmů vystihuje obrázek 3.

3.3 Analýza výsledků

Odhady hodnot pravděpodobnosti odchyty byly vypočteny pomocí modelů CAPTURE (Otis et al. 1978). Jedná se o modely primárně určené k výpočtu odhadů početnosti uzavřených populací. Podle charakteru variability, kterou daný model v parametru pravděpodobnosti odchyty předpokládá, se tyto modely dělí na základní typy: M0 – žádná proměnlivost, Mt – časová proměnlivost, Mb – behaviorální proměnlivost, Mh – heterogenita mezi jedinci. Tyto základní modely se dále mohou různě kombinovat (Mtb, Mbh, Mth, Mtbh).

Výpočty byly provedeny v programu MARK (White a Burnham 1999), který umožňuje jak tvorbu modelů, tak i vzájemné porovnání jejich validity. Tento program také dovoluje testovat vliv nezávislých proměnných na pravděpodobnost odchyty (Lukacs 2015). Modely byly srovnány prostřednictvím Akaikeho informačního kritéria AIC (Anderson and Burnham 1999) upraveného pro malé vzorky AICc (Hurvich and

Tsai 1989). Nejlépe hodnocený model (nejjednodušší model, který dobře popisuje sebraná data) má nejnižší hodnotu AICc. Za statisticky významný je obvykle považován rozdíl mezi hodnotami AICc srovnávaných modelů větší než 2. Ve své práci jsem si jako hladinu významnosti zvolila rozdíl hodnot AICc větší než 3. Je to z toho důvodu, protože jsem potřebovala, aby tato metoda byla robustní vůči relativně malému množství dat v některých odchytech. Výsledné odhady demografických parametrů byly vypočítány ze všech variant základního modelu jako průměry vážené pomocí AICc vah.

3.4 Data o počasí

Jedním z cílů mé práce je určit změny pravděpodobnosti odchyty v závislosti na faktorech vnějšího prostředí. Faktory vnějšího prostředí jsou charakterizovány jednotlivými faktory počasí. Zaměřila jsem se na tyto faktory: teplota, rychlost větru, vlhkost, tlak a srážky. Konkrétní hodnoty těchto faktorů jsem zaznamenala pro každou půlhodinu a následně je pro každý den zprůměrovala. Jeden den představuje 24h od 9:00 do 9:00. Toto posunutí je proto, aby hodnoty odpovídaly odchyťům. Na základě faktorů počasí byly v programu MARK vytvořeny příslušné modely.

Informace o konkrétních hodnotách faktorů pochází z meteorologické stanice v Olomouci (U Kovárny) a data jsou veřejně přístupná na internetové adrese <http://www.in-pocasi.cz/meteostanice/stanice.php?stanice=olomouc>.

4 Výsledky

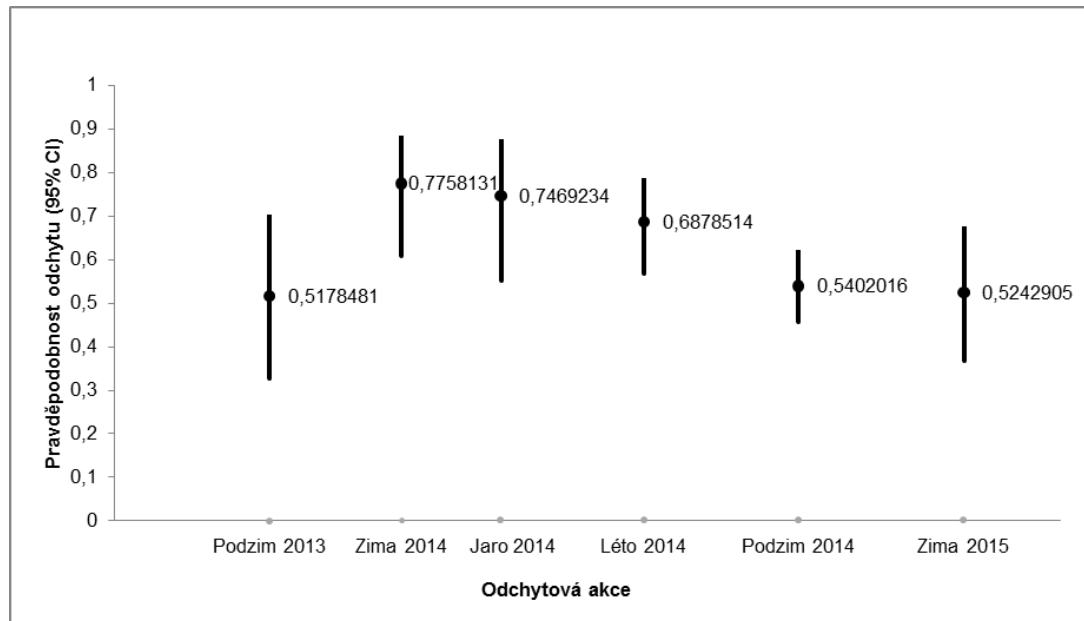
V průběhu výzkumu na lokalitě (podzim 2013–zima 2015) byl nejčastěji odchyťávaným druhem hraboš polní, za ním následovala myšice křovinná, dále myšice lesní a nakonec myšice temnopásá. Konkrétní počty chycených jedinců znázorňuje tabulka 1. Sporadicky se dále chytal hrabošík podzemní (*Microtus subterraneus*), myška drobná (*Micromys minutus*), lasice kolčava, rejsek obecný (*Sorex araneus*), rejsek malý (*Sorex minutus*) a bělozubka bělobřichá (*Crocidura leucodon*).

4.1 Průměrná pravděpodobnost odchyty

Pro každý druh jsem nejdříve určila průměrnou pravděpodobnost odchyty pro každou odchyťovou akci. Její hodnoty jsem vypočítala prostřednictvím modelu M0, který předpokládá konstantní pravděpodobnost odchyty napříč jednotlivými odchyty v dané odchyťové akci, dále předpokládá, že není rozdíl v pravděpodobnosti odchyty mezi samci a samicemi, a zároveň nepředpokládá behaviorální odpověď. V prostředí programu MARK byl tento model kódován zkratkou p(.)=c(.).

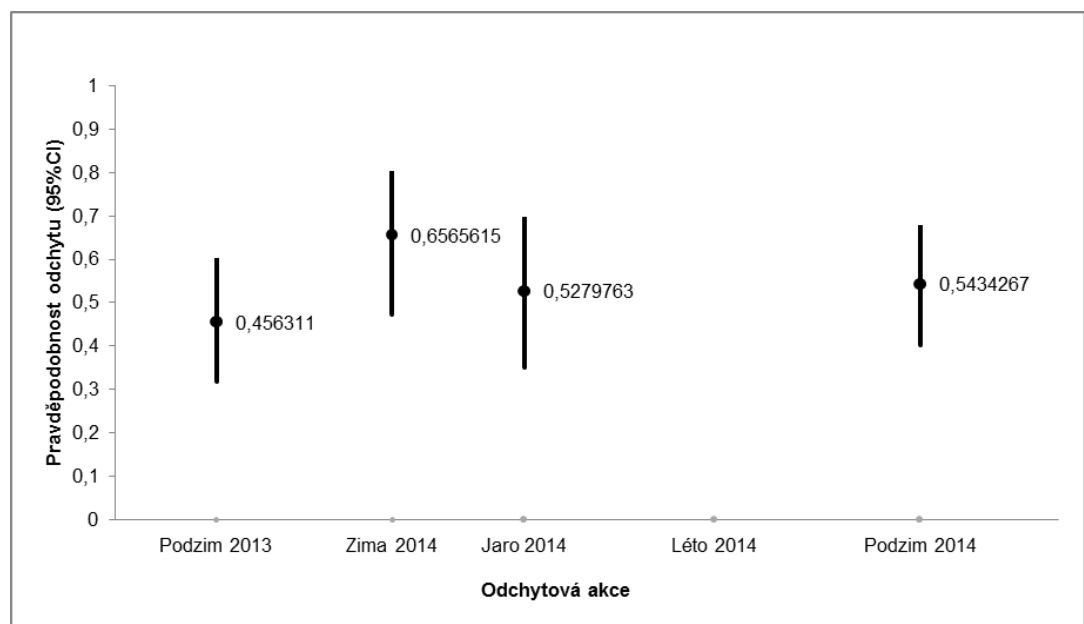
Tabulka 1. Počty chycených jedinců v jednotlivých odchyťových akcích

Druh	Podzim 2013	Zima 2014	Odchyťové akce		Podzim 2014	Zima 2015
			Jaro 2014	Léto 2014		
Hraboš polní						
Samci	4	6	4	8	16	8
Samice	4	3	3	10	26	4
Celkem	8	9	7	18	42	12
Myšice křovinná						
Samci	10	5	5	2	7	1
Samice	5	4	4	0	8	0
Celkem	15	9	9	2	15	1
Myšice lesní						
Samci	6	3	6	1	4	1
Samice	3	3	4	3	4	0
Celkem	9	6	10	4	8	1
Myšice temnopásá						
Samci	3	3	3	5	10	1
Samice	2	1	3	2	3	1
Celkem	5	4	6	7	13	2



Obr. 4. Hraboš polní – průměrné hodnoty pravděpodobnosti odchyty pro jednotlivé odchyťové akce

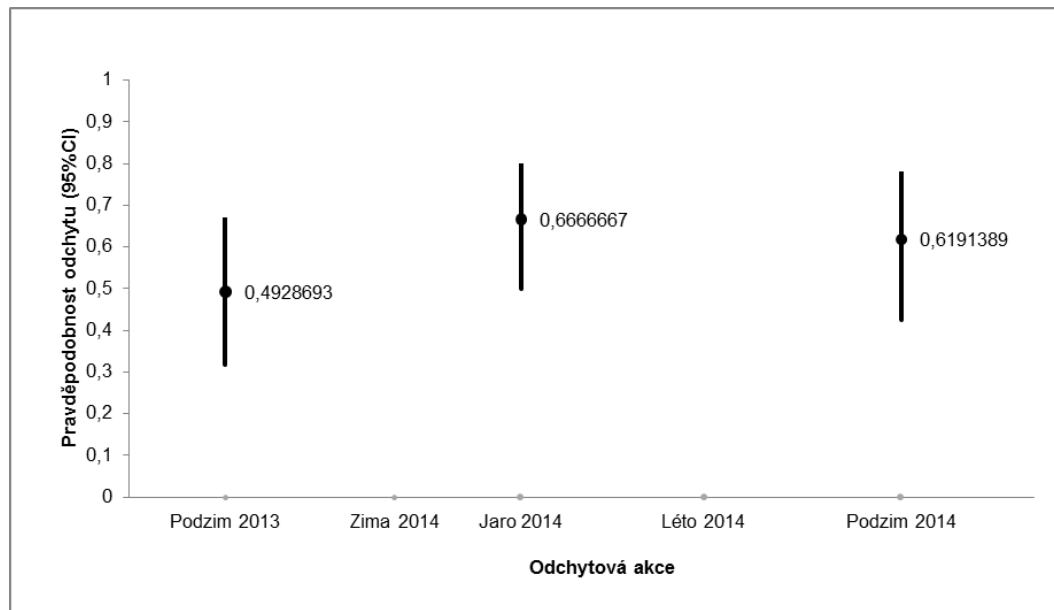
Průměrná pravděpodobnost odchyty hraboše polního byla nejnižší v podzimních odchyťových akcích, naopak nejvyšší byla v zimě 2014, což však může být způsobeno absencí sněhové pokrývky a vyšší průměrnou teplotou vzduchu v daném týdnu. Pro myšici křovinnou byla nejnižší průměrná pravděpodobnost odchyty zaznamenána na podzim 2013, nejvyšší opět v zimě 2014. Průměrná pravděpodobnost odchyty myšice lesní byla nejnižší na podzim 2013, nejvyšší na jaře 2014. A průměrná pravděpodobnost



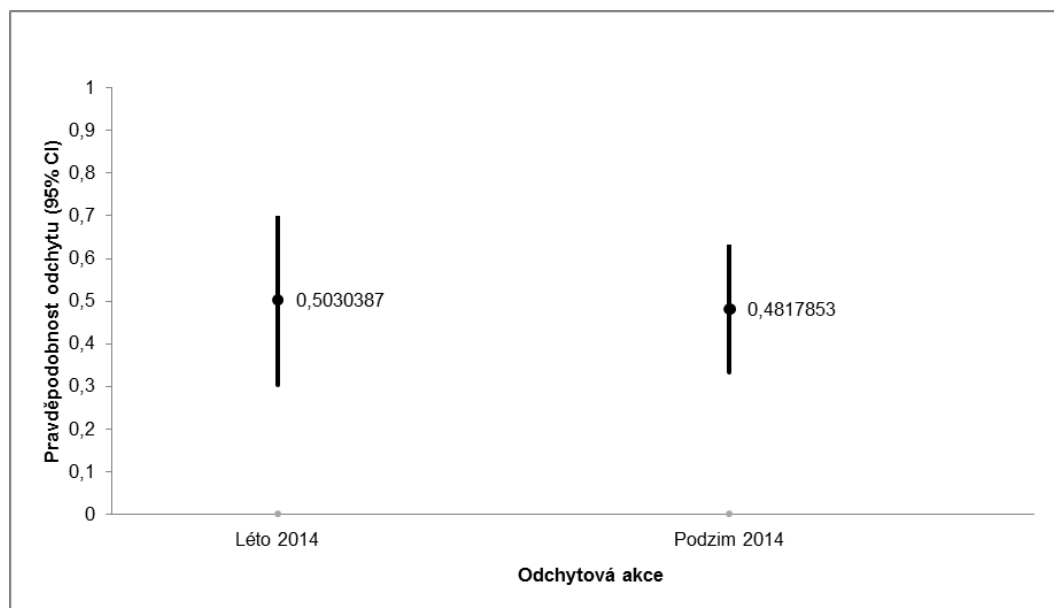
Obr. 5. Myšice křovinná – průměrné hodnoty pravděpodobnosti odchyty pro jednotlivé odchyťové akce

odchytu myšice temnopásé byla vyhodnocena pouze pro 2 odchytové akce, z toho nižší byla zaznamenána na podzim 2014 a vyšší v létě 2014.

Konkrétní hodnoty průměrných pravděpodobností odchytu pro jednotlivé druhy jsou zaznamenány v grafech (obr. 4–7). Některé odchytové akce nebyly hodnoceny z důvodu nedostatku dat.



Obr. 6. Myšice lesní – průměrné hodnoty pravděpodobnosti odchytu pro jednotlivé odchytové akce



Obr. 7. Myšice temnopásá – průměrné hodnoty pravděpodobnosti odchytu pro jednotlivé odchytové akce

4.2 Rozdíly mezi samci a samicemi

Dále jsem zjišťovala, jestli se průměrná pravděpodobnost odchyty liší mezi samci a samicemi. Za tímto účelem jsem výše popsany model $p(.)=c(.)$ srovnala s modelem, který rovněž předpokládá konstantní pravděpodobnost odchyty napříč jednotlivými odchty v dané odchytové akci, nepředpokládá behaviorální odpověď, ale zahrnuje rozdíly v průměrné pravděpodobnosti odchyty mezi samci a samicemi. Model byl kódován zkratkou $p(g)=c(g)$. Ke srovnání modelů jsem použila hodnotu Akaikeho informačního kritéria upraveného pro malé vzorky (AICc). Modely se od sebe významně odlišovaly, pokud rozdíl AICc (Δ AICc) hodnot byl větší než 3.

Hodnoty AICc pro jednotlivé druhy jsou uvedeny v tabulkách 2–5. Z hodnot vyplývá, že rozdíly v průměrné pravděpodobnosti odchyty mezi samci a samicemi u všech odchytávaných druhů ve většině odchytových akcí nebyly statisticky významné.

Tabulka 2. Hraboš polní – srovnání hodnot AICc pro model, který předpokládá stejnou pravděpodobnost odchyty pro samce i samice s modelem, u kterého se pravděpodobnost odchyty mezi pohlavími liší

Model	Odchytová akce					
	Podzim 2013	Zima 2014	Jaro 2014	Léto 2014	Podzim 2014	Zima 2015
$p(.)=c(.)$	44,0494	40,2118	33,5885	90,3601	228,6248	65,6079
$p(g)=c(g)$	45,9626	42,3762	35,9146	89,5199	227,3967	67,7799
Δ AICc	1,9132	2,1644	2,3261	0,8402	1,2281	2,172

Tabulka 3. Myšice křovinná – srovnání hodnot AICc pro model, který předpokládá stejnou pravděpodobnost odchyty pro samce i samice s modelem, u kterého se pravděpodobnost odchyty mezi pohlavími liší

Model	Odchytová akce					
	Podzim 2013	Zima 2014	Jaro 2014	Léto 2014	Podzim 2014	Zima 2015
$p(.)=c(.)$	82,9635	43,9018	50,7725	-	80,1897	-
$p(g)=c(g)$	85,105	37,5778	52,3264	-	82,0545	-
Δ AICc	2,1415	6,324	1,5539	-	1,8648	-

Tabulka 4. Myšice lesní – srovnání hodnot AICc pro model, který předpokládá stejnou pravděpodobnost odchyty pro samce i samice s modelem, u kterého se pravděpodobnost odchyty mezi pohlavími liší

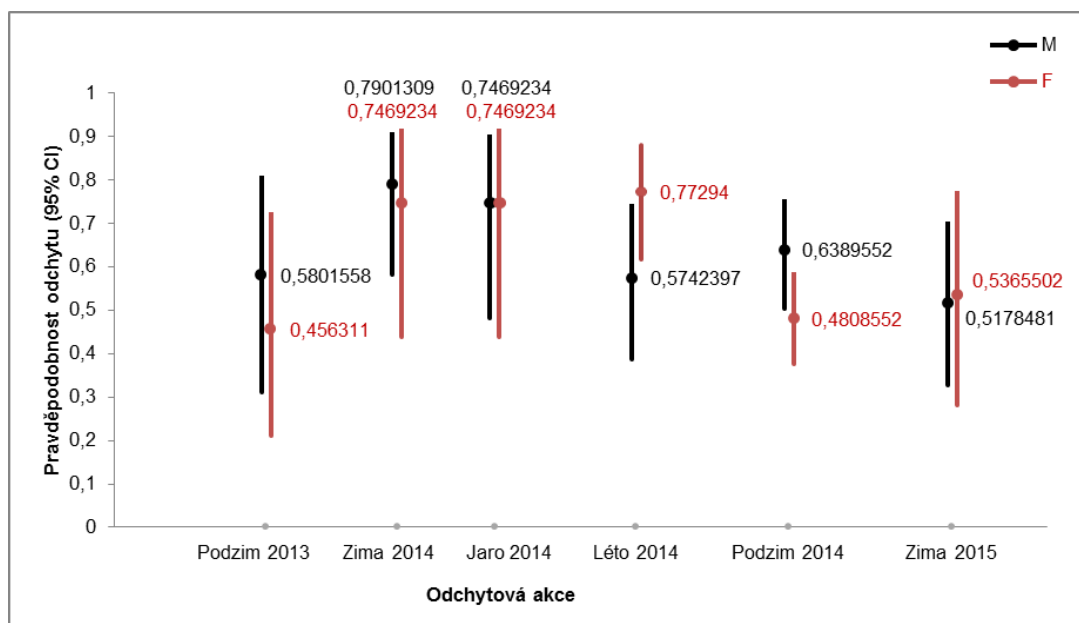
Model	Odchytová akce					
	Podzim 2013	Zima 2014	Jaro 2014	Léto 2014	Podzim 2014	Zima 2015
$p(.)=c(.)$	50,8569	-	52,3158	-	41,2578	-
$p(g)=c(g)$	51,3354	-	54,2064	-	42,736	-
Δ AICc	0,4785	-	1,8906	-	1,4782	-

Tabulka 5. Myšice temnopásá – srovnání hodnot AICc pro model, který předpokládá stejnou pravděpodobnost odchyty pro samce i samice s modelem, u kterého se pravděpodobnost odchyty mezi pohlavími liší

Model	Podzim 2013	Zima 2014	Odchyťová akce			
			Jaro 2014	Léto 2014	Podzim 2014	Zima 2015
$p(.)=c(.)$	-	-	-	40,0657	72,436	-
$p(g)=c(g)$	-	-	-	41,9438	73,6916	-
$\Delta AICc$	-	-	-	1,8781	1,2556	-

Pouze u myšice křovinné v zimní odchyťové akci 2014 bylo zjištěno, že se průměrná pravděpodobnost odchyty mezi pohlavími liší ($\Delta AICc = 6,324$), samci měli vyšší pravděpodobnost odchyty ($p = 0,88$, 95% CI 0,63–0,97) než samice ($p = 0,37$, 95% CI 0,14–0,67).

Výsledky modelu $p(g)=c(g)$ u žádného z druhů nenaznačují stálý vzorec v pravděpodobnosti odchyty jednoho či druhého pohlaví. Pro každý druh platí, že v některých odchyťových akcích model indikoval větší pravděpodobnost odchyty samců, v jiných zase samic. Pro ilustraci uvádím na obr. 8 graf výsledků pro hraboše polního. V příloze 1 jsou v tabulce uvedeny hodnoty průměrných pravděpodobností odchyťů pro obě pohlaví pro všechny druhy.



Obr. 8. Hraboš polní – průměrné hodnoty pravděpodobnosti odchyty pro samce (M) a samice (F) v jednotlivých odchyťových akcích

4.3 Behaviorální odpověď

Abych prověřila přítomnost behaviorální odpovědi jedinců na odchyt, musela jsem srovnat model M0 modelem Mb, který předpokládá, že pravděpodobnost iniciálního odchytu neoznačeného jedince je jiná, než pravděpodobnost zpětného odchytu. V prostředí programu MARK je model Mb kódován zkratkou p(.)c(.). Oba modely byly srovnány prostřednictvím Akaikeho informačního kritéria upraveného pro malé vzorky AICc. Modely se od sebe významně lišily, pokud rozdíl AICc (Δ AICc) hodnot byl větší než 3. Konkrétní hodnoty AICc pro jednotlivé druhy jsou shrnuty v tabulkách 6–9. Některé odchytové akce nebyly hodnoceny z důvodu nedostatku dat.

Přítomnost behaviorální odpovědi byla významná pouze u hraboše polního a myšice křovinné. U hraboše polního to bylo v zimní, letní a podzimní odchytové akci v roce 2014. U všech tří akcí byla behaviorální odpověď pozitivní (pravděpodobnost iniciálních odchytů byla nižší než pravděpodobnost zpětných odchytů). U ostatních odchytových akcí byla zaznamenána behaviorální odpověď rovněž pozitivní, tyto výsledky však nejsou statisticky významné. U myšice křovinné byla přítomnost behaviorální odpovědi významná pouze v podzimní odchytové akci 2013. Behaviorální odpověď byla negativní (pravděpodobnost iniciálního odchytu byla vyšší než pravděpodobnost zpětného odchytu). U ostatních odchytových akcí byla behaviorální

Tabulka 6. Hraboš polní – srovnání hodnot AICc pro model, který nepředpokládá behaviorální odpověď s modelem, který behaviorální odpověď zohledňuje

Model	Odchytová akce					
	Podzim 2013	Zima 2014	Jaro 2014	Léto 2014	Podzim 2014	Zima 2015
p(.)=c(.)	44,0494	40,2118	33,5885	90,3601	228,6248	65,6079
p(.)c(.)	42,2553	26,5295	35,6377	84,1047	224,6808	63,1997
Δ AICc	1,7941	13,6823	2,0492	6,2554	3,944	2,4082

Tabulka 7. Myšice křovinná – srovnání hodnot AICc pro model, který nepředpokládá behaviorální odpověď s modelem, který behaviorální odpověď zohledňuje

Model	Odchytová akce					
	Podzim 2013	Zima 2014	Jaro 2014	Léto 2014	Podzim 2014	Zima 2015
p(.)=c(.)	82,9635	43,9018	50,7725	-	80,1897	-
p(.)c(.)	68,1554	44,5779	52,3934	-	82,3346	-
Δ AICc	14,8081	0,6761	1,6209	-	2,1449	-

Tabulka 8. Myšice lesní – srovnání hodnot AICc pro model, který nepředpokládá behaviorální odpověď s modelem, který behaviorální odpověď zohledňuje

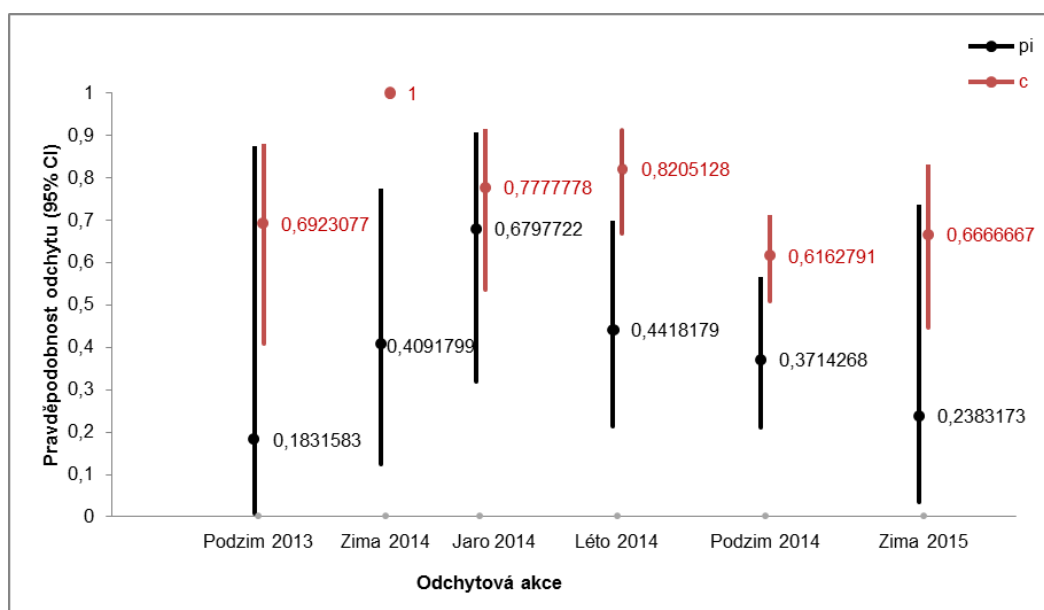
Model	Podzim 2013	Zima 2014	Odchyťová akce		Podzim 2014	Zima 2015
			Jaro 2014	Léto 2014		
$p(.)=c(.)$	50,8569	-	52,3158	-	41,2578	-
$p(.)c(.)$	48,4249	-	54,4707	-	43,1015	-
$\Delta AICc$	2,432	-	2,1549	-	1,8437	-

Tabulka 9. Myšice temnopásá – srovnání hodnot AICc pro model, který nepředpokládá behaviorální odpověď s modelem, který behaviorální odpověď zohledňuje

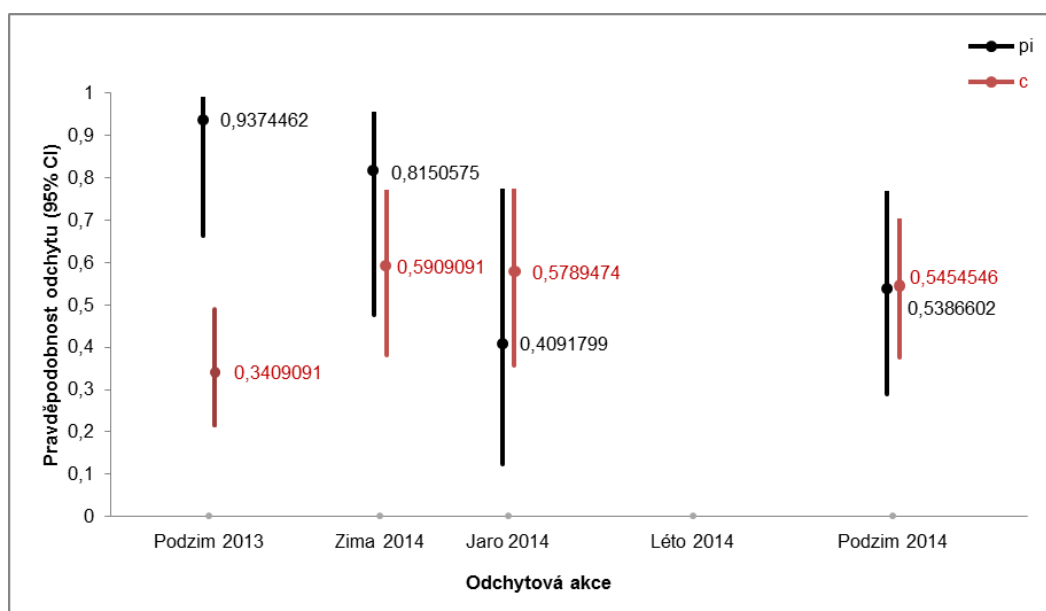
Model	Podzim 2013	Zima 2014	Odchyťová akce		Podzim 2014	Zima 2015
			Jaro 2014	Léto 2014		
$p(.)=c(.)$	-	-	-	40,0657	72,436	-
$p(.)c(.)$	-	-	-	42,2068	71,4129	-
$\Delta AICc$	-	-	-	2,1411	1,0231	-

odpověď negativní nebo téměř neutrální, v jediné odchyťové akci (jaro 2014) byla pozitivní, tyto výsledky však nejsou statisticky významné. U myšice lesní a temnopásé měly výsledky podobný charakter. Behaviorální odpověď nebyla statisticky významná, výsledky však naznačují, že byla negativní nebo téměř neutrální, jen u myšice temnopásé v létě 2014 pozitivní.

Odhady jednotlivých parametrů (průměrná pravděpodobnost iniciálního odchyty, průměrná pravděpodobnost zpětného odchyty) pro model Mb jsou pro každý



Obr. 9. Hraboš polní – grafické znázornění behaviorálních odpovědí pro jednotlivé odchyťové akce. pi – pravděpodobnost iniciálního odchyty, c – pravděpodobnost zpětného odchyty.



Obr. 10. Myšice křovinná – grafické znázornění behaviorálních odpovědí pro jednotlivé odchyty akce. π_i – pravděpodobnost iniciálního odchyty, c – pravděpodobnost zpětného odchyty.

druh uvedeny v tabulce v příloze 1. Pro ilustraci uvádím 2 grafy (obr. 9, obr. 10), jeden pro hraboše polního, druhý pro myšici křovinnou, na kterých je patrná přítomnost behaviorální odpovědi.

4.4 Časová proměnlivost pravděpodobnosti odchyty a faktory prostředí

V průběhu odchyty akce se pravděpodobnost odchyty v jednotlivých dnech může měnit. Abych význam této proměnlivosti prověřila, musela jsem srovnat model M_0 s modelem M_t (v prostředí programu MARK kódován zkratkou $p(t)=c(t)$), který předpokládá, že pravděpodobnost odchyty se mezi jednotlivými odchyty v průběhu odchyty akce liší. Modely byly srovnány opět prostřednictvím AICc. Modely se od sebe významně lišily, pokud rozdíl AICc (Δ AICc) hodnot byl větší než 3. Konkrétní hodnoty AICc pro jednotlivé druhy jsou shrnuty v tabulkách 10–13. Některé odchyty akce nebyly hodnoceny z důvodu nedostatku dat.

U hraboše polního vyšel ve všech odchyty akcích lépe model M_0 , který nepředpokládá časovou proměnlivost. U myšice křovinné byl model M_t s časovou proměnlivostí významně lepší pouze v podzimní odchyty akci 2013. U myšice lesní a temnopásé vyšel rovněž lépe model M_0 pro všechny odchyty akce.

Tabulka 10. Hraboš polní – srovnání hodnot AICc pro model bez časové proměnlivosti pravděpodobnosti odchyty s modelem, který časovou proměnlivost pravděpodobnosti odchyty předpokládá a s modelem kódujícím faktor počasí, který nejlépe popisuje data

Model	Podzim 2013	Zima 2014	Odchyťová akce		Podzim 2014	Zima 2015
			Jaro 2014	Léto 2014		
p(.)=c(.)	44,0494	40,2118	33,5885	90,3601	228,6248	65,6079
p(t)=c(t)	46,3941	40,7251	39,1231	91,5088	226,6429	64,176
p(f)=c(f)	37,8552	28,7234	34,449	86,7786	222,8823	60,7955
Faktor	teplota	tlak	vítr	tlak	vítr	vítr

Tabulka 11. Myšice křovinná – srovnání hodnot AICc pro model bez časové proměnlivosti pravděpodobnosti odchyty s modelem, který časovou proměnlivost pravděpodobnosti odchyty předpokládá a s modelem kódujícím faktor počasí, který nejlépe popisuje data

Model	Podzim 2013	Zima 2014	Odchyťová akce		Podzim 2014	Zima 2015
			Jaro 2014	Léto 2014		
p(.)=c(.)	82,9635	43,9018	50,7725	-	80,1897	-
p(t)=c(t)	71,3992	49,4367	57,0896	-	86,1921	-
p(f)=c(f)	68,8951	-	52,2838	-	81,8262	-
Faktor	tlak	-	tlak	-	vlhkost	-

Tabulka 12. Myšice lesní – srovnání hodnot AICc pro model bez časové proměnlivosti pravděpodobnosti odchyty s modelem, který časovou proměnlivost pravděpodobnosti odchyty předpokládá a s modelem kódujícím faktor počasí, který nejlépe popisuje data

Model	Podzim 2013	Zima 2014	Odchyťová akce		Podzim 2014	Zima 2015
			Jaro 2014	Léto 2014		
p(.)=c(.)	50,8569	-	52,3158	-	41,2578	-
p(t)=c(t)	48,3238	-	59,0268	-	48,0045	-
p(f)=c(f)	43,9722	-	54,4235	-	42,6771	-
Faktor	vítr	-	srážky	-	vítr	-

Tabulka 13. Myšice temnopásá – srovnání hodnot AICc pro model bez časové proměnlivosti pravděpodobnosti odchyty s modelem, který časovou proměnlivost pravděpodobnosti odchyty předpokládá a s modelem kódujícím faktor počasí, který nejlépe popisuje data

Model	Podzim 2013	Zima 2014	Odchyťová akce		Podzim 2014	Zima 2015
			Jaro 2014	Léto 2014		
p(.)=c(.)	-	-	-	40,0657	72,436	-
p(t)=c(t)	-	-	-	46,1459	71,68	-
p(f)=c(f)	-	-	-	41,5371	68,2651	-
Faktor	-	-	-	vítr	vlhkost	-

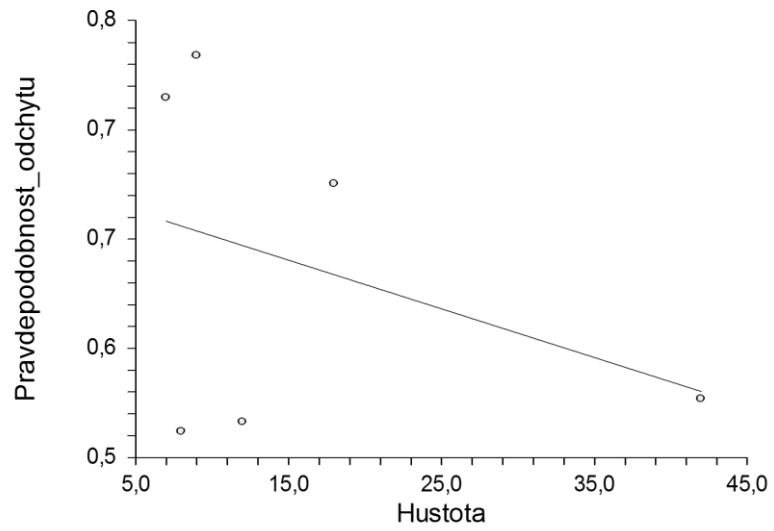
Časová proměnlivost v pravděpodobnosti odchyty může být způsobena faktory vnějšího prostředí. Pokusila jsem se zhodnotit vliv počasí na pravděpodobnost odchyty. Za tímto účelem jsem vytvořila modely (v tabulkách 10–13 kódovány zkratkou $p(f)=c(f)$), v nichž byly jako vysvětlující proměnné zahrnuty vybrané faktory počasí (teplota, rychlost větru, srážky, vlhkost, tlak). Tyto modely byly následně srovnány mezi sebou a také byly srovnány s modelem M_t a M_0 . Na základě pořadí podle hodnot AICc jsem pro každý odchyt určila faktor, který nejlépe popisoval má data.

U hraboše polního ve většině odchyťových akcí (kromě jara 2014) vyšly lépe modely s faktory počasí. Ze sledovaných faktorů se jako významné jevíly: na podzim 2013 teplota (s rostoucí teplotou klesá pravděpodobnost odchyty), v zimě a létě 2014 tlak (s rostoucím tlakem klesá pravděpodobnost odchyty), na podzim 2014 a v zimě 2015 vítr (s rostoucí silou větru roste pravděpodobnost odchyty). U myšice křovinné nebyl vliv faktoru počasí významný v žádné odchyťové akci. U myšice lesní byl vliv faktoru počasí významný pouze v podzimní odchyťové akci 2013, jednalo se o model s faktorem vítr (s rostoucí silou větru rostla pravděpodobnost odchyty). U myšice temnopásé ze dvou hodnocených odchyťových akcí vycházel model s faktorem počasí lépe v jedné, a to podzimní 2014. Jednalo se o model s faktorem počasí vlhkost (s rostoucí vlhkostí rostla pravděpodobnost odchyty).

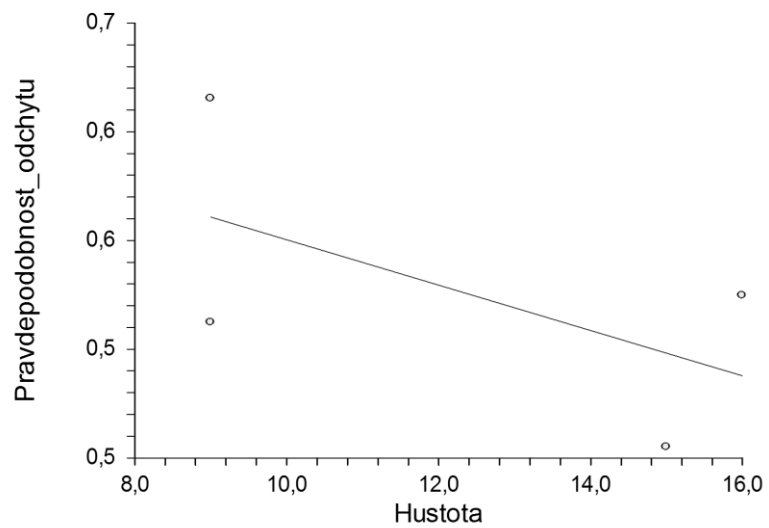
4.5 Vliv populační hustoty na pravděpodobnost odchyty

Populační hustota je vyjádřena celkovým počtem odchyťovaných jedinců v každé odchyťové akci. Tyto hodnoty jsou navýšeny o jedince, které jsem v dané odchyťové akci sice nechytla, ale mohu s jistotou tvrdit, že se v populaci nacházeli, protože jsem je chytla v předchozí a následující odchyťové akci, jedná se o tzv. enumerační metodu (minimum number known alive) (Otis et al. 1978).

Zjišťovala jsem, jestli populační hustota měla vliv na pravděpodobnost odchyty. Z důvodu nedostatku dat jsem mohla vliv populační hustoty na pravděpodobnost odchyty vyhodnotit pouze pro hraboše polního a myšici křovinnou. Zjistila jsem, že ani u jednoho druhu pravděpodobnost odchyty nebyla ovlivněna velikostí populace (hraboš: $F_{1,4} = 0.6601$, $p = 0.4621$; myšice křovinná: $F_{1,2} = 1.088$, $p = 0.4064$) (obr. 11 a 12). Grafy však naznačují, že pravděpodobnost odchyty s hustotou klesá.



Obr. 11. Vztah mezi pravděpodobností odchytu a hustotou populace u hraboše polního



Obr. 12. Vztah mezi pravděpodobností odchytu a hustotou populace u myšice křovinné

5 Diskuse

K základním cílům většiny demografických studií patří popsat velikost a hustotu populací. K jejich určení je však nutné znát pravděpodobnost odchyty, která je základním parametrem pro jejich výpočet. Pro výpočet pravděpodobnosti odchyty je nutné mít data získaná metodou capture-mark-recapture. Pravděpodobnost odchyty není konstantní, může být ovlivněna mnohými faktory. Ve své práci jsem se pokusila vliv některých z nich zhodnotit. Dále podávám informace o pravděpodobnosti odchyty vybraných druhů hlodavců pro jednotlivá roční období.

Průměrné pravděpodobnosti odchyť, počítané podle modelu M0, se mezi jednotlivými odchyťovými akcemi u všech sledovaných druhů lišily. U hraboše polního nabývaly hodnot 0,52–0,78. Nejvyšší pravděpodobnost odchyty hraboše jsem zaznamenala v zimě 2014, tato hodnota však byla výrazně vyšší oproti zimě 2015. Domnívám se, že je to z důvodu vyšší teploty vzduchu v zimě 2014 a absence sněhové pokrývky, díky čemuž byly potravní zdroje přístupnější a reprodukční období mohlo nastat dříve. Průměrná teplota v odchyťové akci 2014 byla 2,65 °C (SE = 1,16), kdežto v akci 2015 to bylo –1,08°C (SE = 0,28). Zaznamenaný rozdíl mezi roky 2014 a 2015 může být také z důvodu malé velikosti vzorku v roce 2014, která mohla vést ke zkreslení odhadu pravděpodobnosti odchyty. Vysokou pravděpodobnost odchyty jsem zaznamenala rovněž na jaře 2014. Podobné změny v pravděpodobnosti odchyty v zimě a na jaře udává i Schlessner et al. (2002) pro norníka rudého, což je však lesní hlodavec. Své výsledky jsem mohla porovnávat s řadou demografických studií, zabývajících se odhadem velikosti populace či populační hustotou (např. Bryja et al. 2001, Hammond a Anthony 2006, Vávra 2007). Problém mnoha těchto studií je však v tom, že ve svých výsledcích často uvádějí pouze průměrné hodnoty pravděpodobnosti odchyty za celé studijní období. Naproti tomu mé výsledky jsou pro každou odchyťovou akci zvlášť. Bryja et al. (2001) ve své práci uvádí, že pravděpodobnost odchyty hraboše ve většině odchyťových akcí (20 z 28) byla větší než 0,5, přičemž průměrná pravděpodobnost odchyty činila 0,61. V mých výsledcích byla průměrná pravděpodobnost odchyty také vždy vyšší než 0,5. Bonnet et al. (2013) ve své práci, která řeší otázky vlivů moderního zemědělství na populace hraboše, zase zmiňuje průměrnou pravděpodobnost odchyty hraboše polního v rozmezí hodnot 0,35–0,49. Jeho výzkum však probíhal v odlišném typu prostředí, na louce, která byla zasetá dva roky před začátkem odchyťů a v roce

odchytů byla intenzivně hnojena, což v případě mé lokality neplatilo. Rozdílné výsledky pravděpodobnosti odchyty mohou být způsobeny i metodou odchyty. Bryja et al. i Bonnet et al. využívali při pokládání pastí kvadrátovou metodu. Zatímco Bryja et al. položil 128 pastí ve vzdálenosti 5 m, Bonnet et al. na zhruba stejně velkou plochu položil jen 15 pastí ve vzdálenosti 15 m. Nejvyšší průměrnou pravděpodobnost odchyty myšice křovinné jsem zaznamenala opět v zimní odchytové akci 2014. Schlessner et al. (2002) ve výsledcích své práce uvádí, že odlovitelnost myšice křovinné byla od léta do podzimu konstantní, stoupla také až v zimě. U myšice lesní a temnopásé nebyly hodnoceny všechny odchytové akce z důvodu malých velikostí vzorků. Myšice lesní vykazovala nejvyšší průměrnou pravděpodobnost odchyty na jaře 2014, v podzimních odchytových akcích byly její hodnoty nižší. Vávra (2007) zaznamenal průměrnou pravděpodobnost odchyty myšice lesní od prosince 2004 do října 2006 ve výši 0,62 s tím, že po začátku reprodukčního období (únor až březen) došlo vždy k jejímu zvýšení a po skončení reprodukčního období (září) k prudkému poklesu. Tyto výsledky by mohly vysvětlovat i mé zjištěné hodnoty. U myšice temnopásé byly hodnoceny jen 2 odchytové akce, letní 2014 a podzimní 2014, z toho vyšší průměrná pravděpodobnost odchyty byla zaznamenána v létě, domnívám se však, že výsledky by mohly odrážet podobný vzorec jako u myšice křovinné, protože se jedná o živočichy s podobnou ekologií.

Při srovnání druhů navzájem, mé výsledky ukazují, že se hraboš polní chytal s větší pravděpodobností než všechny tři druhy myšic. Nízká pravděpodobnost odchyty myšice lesní, ve srovnání s Vávrou (2007), může být způsobena tím, že moje lokalita má charakter ekotonu, nachází se na okraji křovin, kdežto Vávrový odchyty probíhaly v lese. Je možné, že se myšice ve vnitřním prostředí, kde jsou homogenní podmínky, chová jinak než na okraji.

Pravděpodobnost odchyty všech sledovaných druhů ve všech odchytových akcích byla konstantní pro samce i samice, pouze u myšice křovinné v zimní odchytové akci 2014 se samci chytali s větší pravděpodobností než samice. Bryja et al. (2005) zase sleduje rozdíly v pravděpodobnosti odchyty samců a samic u hraboše polního. Z jeho výsledků je patrné, že začátkem podzimu klesá pravděpodobnost odchyty samic a stoupá pravděpodobnost odchyty samců. I já ve svých výsledcích u hraboše polního zaznamenávám větší pravděpodobnost odchyty samců na podzim v obou podzimních odchytových akcích, rozdíly v pravděpodobnosti odchyty mezi pohlavími však nejsou statisticky významné. Vávra (2007) i Schlessner et al. (2002) zaznamenali rozdílné

pravděpodobnosti odchyty mezi pohlavími u norníků rudých, přičemž samice měly vyšší pravděpodobnost odchyty. V práci Vávry po celé studijní období, v práci Schlessera et al. na podzim; zimě a na jaře se pravděpodobnost odchyty mezi pohlavími nelišila. U myšic (Vávra u m. lesní, Schlessler u m. křovinné) autoři nezaznamenali rozdílnou pravděpodobnost odchyty mezi samci a samicemi. Rozdíly v pravděpodobnostech odchyty mezi pohlavími mohou být způsobeny nástupem reprodukčního období, kdy samci mnohem více migrují, moje výsledky však naznačují, že samci měli větší pravděpodobnost odchyty mimo reprodukční období.

Pravděpodobnost odchyty je ovlivněna mnohými faktory. Záleží na vlastní heterogenitě jedinců, jejich behaviorální odpovědi na iniciální odchyt, nebo délce expozice pastí na lokalitě. Já se ve své práci zaměřuji na přítomnost behaviorální odpovědi. Její přítomnost byla statisticky významná pouze u hraboše polního ve třech odchyťových akcích a u myšice křovinné v jedné odchyťové akci. Výsledky však naznačují, že byla přítomna i ve zbylých odchyťových akcích a také u myšice lesní a temnopásé, výsledky však nebyly statisticky průkazné. U hraboše se jednalo vždy o odpověď typu „trap happy“, pravděpodobnost iniciálního odchyty byla nižší než pravděpodobnost zpětných odchyťů. U myšice křovinné tomu bylo pro většinu odchyťových akcí naopak, pravděpodobnost iniciálního odchyty byla vyšší než pravděpodobnost zpětných odchyťů (odpověď typu „trap shy“). Výsledky Gurnela (1982) jsou opačné, myšice křovinná vykazovala odpověď typu „trap happy“. I Tanaka (1963) uvádí ve své práci pro jiné druhy myšic (*Apodemus speciosus*, *A. argenteus*) odpověď typu „trap happy“. Možným vysvětlením odpovědi „trap shy“ u myšice křovinné v mých výsledcích je, že se jednalo pouze o migrující jedince, kteří se při své migraci zachytili do pasti. Myšice jsou oproti hrabošovi mnohem pohyblivější a mnohem více migrují, navíc je jejich migrace podpořena i ekotonálním charakterem lokality. Hammond a Anthony (2006) udávají informace o behaviorální odpovědi pro celkem 22 druhů malých savců, z nichž 12 bylo „trap happy“, 9 „trap shy“, jeden „trap neutral“, z toho hraboš préríjní byl „trap shy“ a hraboš pensylvánský „trap happy“. Behaviorální odpověď může být ovlivněna způsobem odchyty a značením jedinců. Zvířata jsou vystavena stresu a pastem se nadále vyhýbají. Naopak pozitivně může být ovlivněna rolí návnady, velice atraktivní je pro ně burákové máslo nebo ovesné vločky (Beer 1964), kterými jsem také vnaďila.

Pravděpodobnost odchyty nebývá konstantní pro jednotlivé odchyty v rámci odchyťové akce. Zpravidla je na začátku akce nižší a postupně stoupá. Je to z toho

důvodu, že jedinci se novému neznámému objektu zprvu vyhýbají. Komendová (2012) ve své práci uvádí, že pravděpodobnost odchyty hraboše polního, hraboše mokřadního a myšice křovinné se během odchyťové akce postupně zvyšovala, přičemž nejvyšší hodnoty dosáhla poslední den. Já jsem přítomnost časové proměnlivosti pravděpodobnosti odchyty potvrdila pouze u myšice křovinné v podzimní odchyťové akci 2013 s tím, že nejvyšší byla první den, další dny klesala a poslední den byla nejnižší. U hraboše polního, myšice lesní a temnopásé přítomnost časové proměnlivosti nebyla významná. U hraboše však výsledky naznačují, že pravděpodobnost odchyty byla první dny odchyťových akcí nejnižší a následně stoupala, stejně jako v případě Komendové (2012). U myšice lesní a temnopásé hodnoty pravděpodobnosti odchyty během dnů kolísaly. Tyto změny pravděpodobnosti odchyty mohou být z velké části způsobeny výkyvy počasí. Počasí totiž ovlivňuje vzorce chování a aktivitu drobných hlodavců (Vickery a Bider 1981), čím jsou hlodavci aktivnější, tím větší je pravděpodobnost jejich odchyty. Já ve svém výzkumu pro některé odchyťové akce detekovala významný efekt těchto faktorů počasí: teploty (negativně), tlaku (negativně) a větru (pozitivně) u hraboše polního, větru (pozitivně) u myšice lesní a vlhkosti (pozitivně) u myšice temnopásé. Getz (1961) ve své práci také hodnotí některé faktory počasí. Na dvou odlišných lokalitách (mokřad, bývalé pole) popisuje, jak se ráno a večer mění pravděpodobnost odchyty hraboše pensylvánského během deštivých dnů, slunečných dnů, dnů se zataženou oblohou a při teplotách nad 20°C a pod 0°C. Nezaznamenal rozdíl v pravděpodobnosti odchyty mezi slunečnými a zataženými dny, deštivé dny snížily pravděpodobnost odchyty pouze v mokřadu. S vysokou teplotou přes 20°C ve dne byla pravděpodobnost odchyty nízká na obou lokalitách. Wróbel a Bogdziewicz (2015) zaznamenali u myšice lesní a norníka rudého, že se zvyšující se teplotou klesá aktivita zvířat. Vickery a Bider (1981) popisují vliv počasí na křečka dlouhoocasého (*Peromyscus maniculatus*), norníka rudohřbetého (*Clethrionomys gapperi*) a myšivku lesní (*Napaeozapus insignis*) v listnatých lesích Kanady. U všech tří druhů potvrdili zvýšení aktivity během deštivých a teplých dnů, norník rudohřbetý byl také aktivnější během dnů s vyšší vlhkostí vzduchu. U žádného druhu však nezaznamenali, že by na aktivitu jedinců měl vliv vítr. I přesto, že deštivé dny jsou pro hlodavce nepříznivé, zvířata mají větší šanci vyhnout se predátorům, protože hluk deště maskuje zvuky, které způsobují nebo vydávají, zároveň také smývá pachové stopy (Vickery a Bider 1981). Domnívám se že, že vítr by mohl mít podobný účinek a šustění listů by mohlo zvyky hlodavců maskovat stejně dobře. Van Hensbergen a Martin (1993)

ve své práci vliv větru uvádějí. Pravděpodobnost odchyty myši *Acomys subspinosus* a bělozubky *Myosorex varius* stoupla se zvyšující se rychlostí větru.

Hustotu populací jsem vyjadřovala pouze celkovým počtem odchycených jedinců v rámci odchytové akce, ke kterým jsem ještě připočetla jedince, kteří se nechytli v dané akci, ale chytli se v akci předchozí a zároveň následující (enumerální metoda). Hustota populace neměla vliv na pravděpodobnosti odchyty. Tento fakt může být způsoben jejími nízkými hodnotami. Je možné, že kdyby byla hustota populace větší, pravděpodobnost odchyty by byla ovlivněna.

6 Souhrn

V předložené bakalářské práci jsem se zabývala pravděpodobností odchyty vybraných druhů hlodavců (hraboš polní, myšice křovinná, myšice lesní, myšice temnopásá) v jednotlivých ročních obdobích. Dále jsem prověřila přítomnost behaviorální odpovědi na odchyt a zkoumala vliv faktorů vnějších prostředí, konkrétně faktorů počasí, a vliv populační hustoty na pravděpodobnost odchyty. Dospěla jsem k následujícím výsledkům:

1. Průměrná pravděpodobnost odchyty se mezi jednotlivými druhy lišila. Lišila se rovněž mezi jednotlivými odchyťovými akcemi v rámci druhů. Ve srovnání s myšicemi měl hraboš polní větší pravděpodobnost odchyty ve většině odchyťových akcí.
2. Pravděpodobnost odchyty se mezi pohlavími nelišila, pouze u myšice křovinné v zimní odchyťové akci 2014 byl rozdíl významný. Samci měli vyšší pravděpodobnost odchyty než samice.
3. Přítomnost behaviorální odpovědi jsem potvrdila pouze u hraboše polního a myšice křovinné. U hraboše se jednalo o odpověď typu „trap happy“ (pozitivní) u myšice o odpověď typu „trap shy“ (negativní).
4. Pouze u myšice křovinné v podzimní odchyťové akci 2013 jsem zaznamenala významnou časovou proměnlivost pravděpodobnosti odchyty mezi jednotlivými odchyťovými dny.
5. Faktory počasí měly vliv na pravděpodobnost odchyty. Pro každou odchyťovou akci byl významný jiný faktor. U hraboše polního se jednalo o teplotu (negativní vliv), tlak (negativní vliv) a vítr (pozitivní vliv), u myšice lesní o vítr (pozitivní vliv) a u myšice temnopásé o vlhkost (pozitivní vliv).
6. Populační hustota neměla vliv na pravděpodobnost odchyty.

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.
- Anderson DR, Burnham KP. 1999. Understanding information criteria for selection among capture-recapture or ring recovery models. *Bird Study*. 46:14–21.
- Beer J. 1964. Bait Preferences of Some Small Mammals. *Journal of Mammology*. 45:632–634.
- Bonnet T, Crespinc L, Pinot A, Bruneteaue L, Bretagnolle V, Gauffre B. 2013. How the common vole copes with modern farming: Insights from a capture–mark–recapture experiment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 177:21–27
- Borowski Z. 2002. Individual and seasonal differences in antipredatory behaviour of root voles - a field experiment. *Canadian Journal of Zoology*. 80:1520–1525.
- Borowski Z. 2007. Damage caused by rodents in Polish forests. *International Journal of Pest Management*. 53(4):303–310.
- Bryja J, Tkadlec E, Nesvadbová J, Gaisler J, Zejda J. 2001. Comparison of enumeration and Jolly-Seber estimation of population size in the common vole *Microtus arvalis*. *Acta Theriologica*. 46(3):279–285.
- Bryja J, Nesvadbová J, Heroldová M, Jánová E, Losík J, Trebatická L, Tkadlec E. 2005. Common vole (*Microtus arvalis*) population sex ratio: biases and process variation. *Canadian Journal of Zoology*. 83(11):1391–1399.
- Carothers AD. 1973. The effects of unequal catchability on Jolly-Seber estimates. *Biometrics* 29(1):79–100.
- Cooch EG, White GC. 2015. Program MARK: a gentle introduction. 14th edition. [Internet]. [cit. 2015-06-24]. Dostupný z: <http://www.phidot.org/software/mark/docs/book/>

- 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.
- Gaisler J, Dungel J. 2002. Atlas savců České a Slovenské republiky. Vyd. 1. Praha: Academia. 150 s.
- Gervais JA. 2010. Testing Sign Indices to Monitor Voles in Grasslands and Agriculture. *Northwest Science*. 84(3):281–288.
- Getz LL. 1961. Responses of Small Mammals to Live-traps and Weather Conditions. *American Midland Naturalist*. 66(1):160–170
- Gurnell J. 1982. Trap Response in Woodland Rodents. *Acta Theriologica*. 27(10):123–137.
- Gurnell J. 1996. The effects of food availability and winter weather on the dynamics of a grey squirell population in southern England. *Journal of Applied Ecology*. 33:325–338.
- Hammond EL, Anthony RG. 2006. Mark-recapture estimates of population parameters for selected species of small mammals. *Journal of Mammalogy*. 87(3):618–627.
- 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. 2015-02-24]; vol. 2012:1-6. Dostupný z: <http://www.hindawi.com/journals/tswj/2012/872536/> doi: 10.1100/2012/872536
- Heske EJ. 1987. Responses of a population of California voles, *Microtus californicus*, to odor-baited traps. *Journal of Mammalogy*. 68:64–72.
- Heske EJ, Repp JM. 1986. Laboratory and field evidence for the avoidance of California voles (*Microtus californicus*) by western harvest mice (*Reithrodontomys megalotis*). *Canadian Journal of Zoology*. 64:1530–1534.
- Húdoková P, Adamík P. 2011. Přehled metod monitoringu plšika lískového (*Muscardinus avellanarius*) a možnosti jejich implementace v České republice. *Zprávy Vlastivědného muzea v Olomouci*. 301:25–36.

Hurvich CM, Tsai C-L. 1989. Model selection for extended quasi-likelihood models in small samples. *Biometrics*. 51:1077–1084.

Jolly G. 1965. Explicit estimates from capture – recapture data with both death and immigration – stochastic model. *Biometrika*. 52:225–247.

Kašpar T, Anděra M. 2011. Drobní savci ve vývržcích sov na Moravě a ve Slezsku (Eulipotyphla, Chiroptera, Rodentia). *Lynx*. 42:113–132.

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.

Krebs ChJ. 1996. Population cycles revisited. *Journal of Mammalogy*. 77(1):8–24.

Lisická L, Losík J, Zejda J, Heroldová M, Nesvadbová J, Tkadlec E. 2007. Measurement error in a burrow index to monitor relative population size in the common vole. *Folia Zoologica*. 56(2):169–176.

Losík J, Nesvadbová J, Várfalvyová D, Bryja J, Heroldová M, Tkadlec E. 2002. Srovnání účinnosti dvou typů živolovných pastí na drobné savce. In: Bryja J, Zupal J, eds. *Zoologické dny Brno 2002: abstrakta referátů z konference 14.-15. února 2002*. Vyd. 1. Brno: Ústav biologie obratlovců AV ČR. 191 s.

Losos B, Gulička J, Lellák J, Pelikán J. 1984. *Ekologie živočichů*. Vyd. 1. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. 316 s.

Lukacs P. 2015. Closed population capture-recapture models. 14:1–41. In: Cooch E, White G, eds. *Program MARK: a gentle introduction*. 14th Edition. [Internet]. [cit. 2015-06-24]. Dostupný z <http://www.phidot.org/software/mark/docs/book/>

Mašková P, Adamík P. 2012. Poznámky o výskytu arborealních hlodavců (Mammalia: Rodentia) v budkách na Sovinecku, Nízký Jeseník. *Zprávy Vlastivědného muzea v Olomouci*. 303:13–21.

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.

- Olenev GV, Grigorkina EB. 2011. Dynamics of Sex Ratio in Populations of Cyclomorphic Mammals (Rodentia, Cricetidae, Muridae). *Biology Bulletin*. 38(8):797–808.
- Otis DL, Burnham KP, White GC, Anderson DR. 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildlife Monographs*. 62:3–135.
- Pollock KH, Nichols JD, Brownie C, Hines JE. 1990. Statistical inference for capture-recapture experiments. *Wildlife Monographs*. 107:3-97.
- 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.
- Schlessler M, Le Boulengé É, Schtickzelle N. 2002. Can demographic parameters be estimated from capture-recapture data on small grids? A test with forest rodents. *Acta Theriologica*. 47(3):323–332.
- Stokes MK, Slade NA, Blair SM. 2001. Influences of weather and moonlight on activity patterns of small mammals: a biogeographical perspective. *Canadian Journal of Zoology*. 79:966–972.
- Tanaka R. 1963. On the problem of trap-response types of small mammal populations. *Researches on Population Ecology*. 5(2):139–146.
- Tkadlec E. 2008. Populační ekologie: struktura, růst a dynamika populací. Vyd. 1. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 400 s.
- Tkadlec E, Losík J. 2011. Metody populační ekologie. Vyd. 1. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 78 s.
- Tkadlec E, Zejda J. 1998. Populační cykly drobných hlodavců. *Vesmír*. 77(3):143–144.
- Van Hensbergen HJ, Martin SC. 1993. Climatic factors affecting trapping success of some South African small mammals. *South African Journal of Wildlife Research*. 23(3):87–94

Vávra F. 2007. Demografie populace myšice lesní a norníka rudého v opadavém lese na Hodonínsku [diplomová práce]. Olomouc: Katedra zoologie a ornitologická laboratoř PřF UP v Olomouci. 42 s. Bez přílohy, česky.

Vickery WL, Bider JR. 1981. The influence of weather on rodent activity. *Journal of Mammalogy*. 62:140–145.

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.

White GC, Anderson DR, Burnham KP, Otis DL. 1982. Capture-recapture and removal methods for sampling closed populations. Los Alamos, NM: Los Alamos National Laboratory. 235 pp.

White GC, Burnham KP. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study*. 46:120–139.

Wróbel A, Bogdziewicz M. 2015. It is raining mice and voles: which weather conditions influence the activity of *Apodemus flavicollis* and *Myodes glareolus*? *European journal of wildlife research*. 61(3):475–478.

Wuensch KL. 1982. Effect of scented traps on captures of *Mus musculus* and *Peromyscus maniculatus*. *Journal of Mammalogy*. 63:312–315.

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.

Zejda J, Zapletal M, Pikula J, Obdržálková D, Heroldová M, Hubálek Z. 2002. Hlodavci v zemědělské a lesnické praxi. Vyd. 1. Praha: Agrospoj. 284 s.

Zhigalskii OA. 2011. Structure of the Bank Vole (*Myodes glareolus*) Population Cycles in the Core and Periphery of Its Species Area. *Biology Bulletin*. 38(6):629–641.

8 Přílohy

8.1 Příloha 1

Tabulka 14. Hraboš polní – tabulka hodnot odhadů pravděpodobnosti odchyty pro jednotlivé modely. Pro každý model jsou uvedeny i hodnoty AICc.

Model	Podzim 2013	Zima 2014	Odchyťová akce		Podzim 2014	Zima 2015
			Jaro 2014	Léto 2014		
p(.)=c(.)						
AICc	44,0494	40,2118	33,5885	90,3601	228,6248	65,6079
p ^a	0,517848	0,775813	0,746923	0,687851	0,540202	0,524291
p(g)=c(g)						
AICc	45,9626	42,3762	35,9146	89,5199	227,3967	67,7799
pM ^b	0,580156	0,790131	0,746923	0,57424	0,638955	0,517848
pF ^c	0,456311	0,746923	0,746923	0,77294	0,480855	0,53655
p(.)c(.)						
AICc	42,2553	26,5295	35,6377	84,1047	224,6808	63,1997
p _i ^d	0,183158	0,40918	0,679772	0,441818	0,371427	0,238317
c ^e	0,692308	1	0,777778	0,820513	0,616279	0,666667
p(t)=c(t)						
AICc	46,3941	40,7251	39,1231	91,5088	226,6429	64,176
p1 ^f	0,364219	0,555556	0,569941	0,552262	0,365973	0,2429
p2 ^g	0,485626	0,777778	0,854911	0,662715	0,54896	0,647732
p3 ^h	0,849845	0,777778	0,712426	0,662715	0,61758	0,485799
p4 ⁱ	0,414548	1	0,854911	0,88362	0,640453	0,792897

^a Průměrná pravděpodobnost odchyty

^b Průměrná pravděpodobnost odchyty samců

^c Průměrná pravděpodobnost odchyty samic

^d Pravděpodobnost iniciálního odchyty

^e Pravděpodobnost zpětného odchyty

^f Pravděpodobnost odchyty první den odchyťové akce

^g Pravděpodobnost odchyty druhý den odchyťové akce

^h Pravděpodobnost odchyty třetí den odchyťové akce

ⁱ Pravděpodobnost odchyty čtvrtý den odchyťové akce

Tabulka 15. Myšice křovinná – tabulka hodnot odhadů pravděpodobnosti odchyty pro jednotlivé modely. Pro každý model jsou uvedeny i hodnoty AICc.

Model	Podzim 2013	Zima 2014	Odchyťová akce		Podzim 2014	Zima 2015
			Jaro 2014	Léto 2014		
p(.)=c(.)						
AICc	82,9635	43,9018	50,7725	-	80,1897	-
p ^a	0,456311	0,656562	0,527976	-	0,543427	-
p(g)=c(g)						
AICc	85,105	37,5778	52,3264	-	82,0545	-
pM ^b	0,456311	0,882153	0,456311	-	0,503039	-
pF ^c	0,456311	0,367465	0,610635	-	0,580156	-
p(.)c(.)						
AICc	68,1554	44,5779	52,3934	-	82,3346	-
p _i ^d	0,937446	0,815058	0,40918	-	0,53866	-
c ^e	0,340909	0,590909	0,578947	-	0,545455	-
p(t)=c(t)						
AICc	71,3992	49,4367	57,0896	-	86,1921	-
p1 ^f	0,911204	0,768705	0,423818	-	0,574851	-
p2 ^g	0,455602	0,740172	0,529773	-	0,510979	-
p3 ^h	0,390516	0,493448	0,635727	-	0,614074	-
p4 ⁱ	0,195258	0,61681	0,529773	-	0,477613	-

^a Průměrná pravděpodobnost odchyty

^b Průměrná pravděpodobnost odchyty samců

^c Průměrná pravděpodobnost odchyty samic

^d Pravděpodobnost iniciálního odchyty

^e Pravděpodobnost zpětného odchyty

^f Pravděpodobnost odchyty první den odchyťové akce

^g Pravděpodobnost odchyty druhý den odchyťové akce

^h Pravděpodobnost odchyty třetí den odchyťové akce

ⁱ Pravděpodobnost odchyty čtvrtý den odchyťové akce

Tabulka 16. Myšice lesní – tabulka hodnot odhadů pravděpodobnosti odchyty pro jednotlivé modely. Pro každý model jsou uvedeny i hodnoty AICc.

Model	Podzim 2013	Zima 2014	Odchyťová akce			
			Jaro 2014	Léto 2014	Podzim 2014	Zima 2015
p(.)=c(.)						
AICc	50,8569	-	52,3158	-	41,2578	-
p ^a	0,492869	-	0,666667	-	0,619139	-
p(g)=c(g)						
AICc	51,3354	-	54,2064	-	42,736	-
pM ^b	0,398229	-	0,702808	-	0,53655	-
pF ^c	0,657492	-	0,610635	-	0,708389	-
p(.)c(.)						
AICc	48,4249	-	54,4707	-	43,1015	-
p _i ^d	0,815058	-	0,636509	-	0,713127	-
c ^e	0,4	-	0,68	-	0,578947	-
p(t)=c(t)						
AICc	48,3238	-	59,0268	-	48,0045	-
p1 ^f	0,748682	-	0,592837	-	0,734978	-
p2 ^g	0,641727	-	0,691644	-	0,612482	-
p3 ^h	0,534773	-	0,691644	-	0,558386	-
p4 ⁱ	0,106955	-	0,691644	-	0,558386	-

^a Průměrná pravděpodobnost odchyty

^b Průměrná pravděpodobnost odchyty samců

^c Průměrná pravděpodobnost odchyty samic

^d Pravděpodobnost iniciálního odchyty

^e Pravděpodobnost zpětného odchyty

^f Pravděpodobnost odchyty první den odchyťové akce

^g Pravděpodobnost odchyty druhý den odchyťové akce

^h Pravděpodobnost odchyty třetí den odchyťové akce

ⁱ Pravděpodobnost odchyty čtvrtý den odchyťové akce

Tabulka 17. Myšice temnopásá – tabulka hodnot odhadů pravděpodobnosti odchyty pro jednotlivé modely. Pro každý model jsou uvedeny i hodnoty AICc.

Model	Podzim 2013	Zima 2014	Odchyťová akce			
			Jaro 2014	Léto 2014	Podzim 2014	Zima 2015
p(.)=c(.)						
AICc	-	-	-	40,0657	72,436	-
p ^a	-	-	-	0,503039	0,481785	-
p(g)=c(g)						
AICc	-	-	-	41,9438	73,6916	-
pM ^b	-	-	-	0,456311	0,521061	-
pF ^c	-	-	-	0,610635	0,335357	-
p(.)c(.)						
AICc	-	-	-	42,2068	71,4129	-
p _i ^d	-	-	-	0,427868	0,707071	-
c ^e	-	-	-	0,533333	0,411765	-
p(t)=c(t)						
AICc	-	-	-	46,1459	71,68	-
p1 ^f	-	-	-	0,406196	0,730607	-
p2 ^g	-	-	-	0,676993	0,219182	-
p3 ^h	-	-	-	0,406196	0,511425	-
p4 ⁱ	-	-	-	0,541595	0,511425	-

^a Průměrná pravděpodobnost odchyty

^b Průměrná pravděpodobnost odchyty samců

^c Průměrná pravděpodobnost odchyty samic

^d Pravděpodobnost iniciálního odchyty

^e Pravděpodobnost zpětného odchyty

^f Pravděpodobnost odchyty první den odchyťové akce

^g Pravděpodobnost odchyty druhý den odchyťové akce

^h Pravděpodobnost odchyty třetí den odchyťové akce

ⁱ Pravděpodobnost odchyty čtvrtý den odchyťové akce