

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



**Dynamika populace hraboše
polního v Olomouci-Holici**

Martin Szabó

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.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Jana Losíka, Ph.D. Veškeré literární prameny a zdroje, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu literatury.

V Olomouci dne.....

Podpis.....

Abstrakt

Hraboš polní (*Microtus arvalis*, Pallas 1778) je nejrozšířenějším zástupcem rodu *Microtus*. Tento rod dále zahrnuje dva druhy – pro Evropu *arvalis* a Asii *obscurus*. (Centiturk et al., 2021) Hraboš polní patří mezi klíčové škůdce v zemědělství, může v určitých obdobích zaznamenat výrazný nárůst počtu jedinců, dosahující až úrovně epizootického rozsahu (Rodl et al., 2020). Po dosažení epizootického rozsahu populace může dojít k povolení použití některých pesticidů, ale proti hrabošům se dá bojovat i hlubokou orbou či podmínkou. Při užití pesticidů může dojít k otravě predátora nebo k postupné kumulaci škodlivin v jeho těle.

Tato práce se zaměřuje na monitoring divoké populace hraboše polního na části území Olomouckého kraje, konkrétně na stanovišti Vědecko-technického areálu Holice. Data jsou sbírána pro stejnou populaci po dobu již více než deset let. Z nasbíraných dat bude možné posoudit prospěch místní populace a porovnat ho se stavy z předchozích let, ale také z jednotlivých ročních dob. Vlastní sběr dat probíhal po dobu tří let (2019-2021), ale jsou zde získaná i z roku 2018.

Abstract

The field vole (*Microtus arvalis*, Pallas 1778) is the most widespread representative of the genus *Microtus*. This genus includes two species - *arvalis* for Europe and *obscurus* for Asia. (Centiturk et al., 2021) The field vole is among the key pests in agriculture, which can experience a significant increase in population numbers during certain periods, reaching an epizootic range (Rodl et al., 2020). Upon reaching this level, the use of certain pesticides may be permitted, but voles can also be combated through deep plowing or underplowing. The use of pesticides can lead to the poisoning of predators or the accumulation of toxins in their bodies.

This work focuses on monitoring the wild population of the field vole in the Olomouc region, specifically at the site of the Scientific and Technical Area in Holice. Data has been collected for the same population for more than ten years. From the collected data, it will be possible to assess the benefit of the local population and compare it with states from previous years, as well as from different seasons. The actual data collection took place over three years (2019-2021), but data is also available from 2018.

Obsah

Seznam tabulek	vi
Seznam obrázků	vii
Poděkování.....	viii
Úvod	1
Obecný popis hlodavců.....	3
Diverzita hlodavců	3
Evoluční historie.....	5
Adaptace a Specializace.....	5
Obecný popis druhu.....	6
Legislativní ochrana.....	7
Chování hraboše polního.....	8
Populační dynamika druhu.....	9
Vliv aktivity hraboše polního na druhy rostlin	10
Vliv vegetace na hraboše polního	10
Význam Pro České Zemědělství	11
Cíle práce	12
Materiál a metody	13
Popis lokality	13
Metodika terénní práce	13
Užitý materiál.....	13
Zaznamenání dat.....	13
CMR jako aplikovaná metoda.....	14
Programovací jazyk R.....	16
Analýza dat a výpočty.....	17
Výpočty v programu MARK	19
Výsledky.....	20
Diskuze	25
Závěr	27
Literatura.....	28

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Výpočty odhadované velikosti populace.....	22
Tabulka 2 - Průměrné hmotnosti hrabošů	23
Tabulka 3 - Výpočty odhadované velikosti populace z roku 2018	24

Seznam obrázků

Obrázek 1 Hraboš polní v živolovné pasti	9
Obrázek 2 Myšice křovinná (<i>Apodemus sylvaticus</i>)	14
Obrázek 3 Past typu Ugglan.....	15

Poděkování

V první řadě děkuji panu Mgr. Janu Losíkovi, Ph.D. za odborné vedení, velkou trpělivost a lidský přístup. Dále bych rád poděkoval všem studentům, kteří se podíleli na odchytu při samotném výzkumu. Velké díky taky patří přítelkyni a rodině, za pomoc ve všech úrovních každodenního i akademického života. Nemohu zapomenout vyjádřit vděčnost svým přátelům, kteří mi mnohokrát poradili a pomohli.

Úvod

Bakalářská práce se zaměřuje na pozorování populace hraboše polního (*Microtus arvalis*) v Olomouci-Holici. Hraboš polní je významným druhem v ekosystémech střední Evropy, jeho populace mají tendenci procházet cyklickými fluktuacemi, což má důležité důsledky jak pro ekologii, tak pro zemědělství (Pucek et al., 1993). Tyto cykly jsou způsobeny řadou faktorů, včetně dostupnosti potravy, predace a podmínek prostředí (Jacob & Hempel, 2003).

V Olomouci-Holici, je populace pozorovaná po mnoho let. Hraboši polní jsou sledováni, z důvodu katastrofického vlivu na některé pěstované zemědělské plodiny. V důsledku toho je monitorování a porozumění dynamikám populace hraboše polního nezbytné pro efektivní management a minimalizaci potenciálních škod na plodinách (Heroldová et al., 2007).

Hraboš polní představuje klíčový druh v ekosystémech střední a západní Evropy, kde hraje významnou roli jak z ekologického, tak zemědělského hlediska. Jako typický zástupce čeledi křečkovitých (*Cricetidae*). Hraboš polní je malý hlodavec, jehož charakteristické rysy zahrnují krátké uši, hustou srst a krátký ocas. Tento druh je přizpůsobený životu v různorodých habitatech, včetně travnatých plání, zemědělských ploch a okrajů lesů (Smith et al., 2004).

Hraboši polní jsou významní pro svou roli v potravním řetězci, kde jsou kořistí pro řadu predátorů, včetně ptáků dravců a savců. Zároveň mají významný dopad na vegetaci a půdní strukturu díky svému potravnímu chování a způsobu života spojenému s hloubením nor (Brown & MacDonald, 1995). Vzhledem k vysoké schopnosti reprodukce a rychlé reakci na příznivé podmínky se populace hraboše polního mohou rychle zvětšovat, což vede k populačním vrcholům. Tato periodicky přicházející období mohou mít významný dopad na zemědělství, neboť hraboši poškozují plodiny, což vede k ekonomickým ztrátám (Young et al., 2002).

Výzkum populace hraboše polního je proto klíčový pro pochopení a managementu jeho vlivu na zemědělské a přírodní ekosystémy. Studie, jako je tato, přispívají k hlubšímu porozumění životním cyklům, populační dynamice a interakcím hraboše polního s jeho prostředím.

Tato práce se zaměřuje na sběr a analýzu dat o populaci hraboše polního v regionu pomocí metody Capture-Mark-Recapture (CMR). Tato metoda je považována za efektivní nástroj pro odhad velikosti a struktury populace zvířat, zejména v případech, kdy není možné sledovat všechny jedince (Wilson et al., 1996). Kromě poskytnutí informací o velikosti populace hraboše polního v Olomouci-Holici, tato práce také zkoumá dynamiku populace.

Obecný popis hlodavců

Hlodavci mají řezáky přeměněné v „hlodáky“, které neustále dorůstají po celý život a hlodavec je tak musí brousit, aby nedošlo k přerůstání (Thewissen and van der Meulen, 2008). Takto specializovaný chrup dovoluje zvířeti konzumovat ořechy a semena s velmi tvrdou skořápkou.

Většina druhů hlodavců má dlouhý, tenký ocas, který jim pomáhá při pohybu a komunikaci. Některé druhy, například čeled' veverkovití (*Sciuridae*), mají chápavý ocas, kterým se mohou držet větví.

Velikost hlodavců se může lišit, největším druhem hlodavce na světě je Kapybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), která může dosahovat hmotnosti 66 kg, naopak nejmenším popsáným druhem hlodavce je Bělozubka nejmenší (*Suncus etruscus*), která váží přibližně 2 g. Srst jednotlivých druhů se může lišit barvou, ale i typem, tyto projevy jsou většinou odpovědí na prostředí, ve kterém druh žije.

Některé druhy se adaptovaly na extrémní podmínky pro život. Například Tarbíkomyš pouštní (*Dipodomys deserti*) má speciální ledvinový systém, který ji dovoluje šetřit vodu i v extrémně suchých prostředích.

Obecně můžeme říct, že hlodavci jsou přizpůsobivým řádem savců, který obývá velké množství různých biotopů. V těchto biotopech často tvoří důležitou část v potravní pyramidě a je na nich potravně závislých mnoho druhů predátorů.

Diverzita hlodavců

Hlodavci jsou největším řádem savců, který čítá v roce 2021 více než 2500 druhů ve 35 čeledích. Toto číslo je závislé na interpretaci definice druhu, ale každoročně roste. V roce 1999 bylo popsáno přes 2000 druhů hlodavců. Diverzita reflektuje habitaty a ekologické niky, které hlodavci obývají, od pouští po deštné lesy a od hor až po pobřeží.

Dalším klíčovým faktorem diverzity hlodavců je jejich přizpůsobivost na potravní zdroje. Některé druhy hlodavců čeled' myšovité (*Muridae*) jsou omnivorní a jsou schopni konzumovat téměř jakýkoli druh potravy. Zatímco jiné druhy jsou potravními specialisty, například čeled' veverkovití spoléhá pouze na specifické typy potravy. Tato schopnost přizpůsobit se dovoluje efektivně využít dostupné zdroje.

Různé druhy obývají různé niky v rámci jednoho habitatu. Zatímco výše zmíněné veverky jsou schopny obratného pohybu v korunovém patře lesa, jsou zde druhy, které využívají zcela odlišnou strategii. Mnoho hlodavců je schopno aktivně hloubit tunely. Hraboš polní dokáže vyhloubit komplexní síť tunelů s mnoha vchody a východy. Tento systém nabízí místo pro bezpečný odpočinek, skrýš před predátory, ale také místo pro odchov mláďat.

Obecně můžeme považovat hlodavce za důležitou složku většiny ekosystémů ať už jako potravu nebo ekosystémového inženýra. Bobr evropský (*Castor fiber*) je v Evropě asi nejznámějším příkladem ekosystémového inženýra, jeho hráze mohou vytvářet nová vodní prostředí, měnit směr toku řeky a přetvářet tak krajinu.

Evoluční historie

Hlodavci se objevili v paleocénu před asi 66 miliony lety a od té doby prošli rozsáhlou evolucí. Fosilní záznamy a molekulární analýzy naznačují, že hlodavci se rychle rozšířili a adaptovali na různé ekologické niky (Jansa a Weksler, 2004). Jejich úspěch je často připisován jejich schopnosti efektivně zpracovávat rostlinnou potravu díky jedinečnému zubnímu uspořádání a schopnosti rychlé reprodukce.

Hlodavci jsou nyní jedna z nejrozmanitějších skupin savců, mají své kořeny v paleocénu, období před zhruba 66 miliony let. Tato skupina savců prošla dlouhým a komplexním vývojem, který vedl k jejich současné biodiverzitě.

V období paleocénu (před 66–56 miliony let), následujícího po masovém vymírání druhů na konci křídly, se objevily první formy hlodavců. Tyto rané hlodavce, jako jsou *Paramyidae*, již vykazovaly některé základní adaptace, které jsou charakteristické pro dnešní hlodavce (Dawson & Krishtalka, 1984).

V eocénu (před 56–34 miliony let) hlodavci prošli významnou radiací a diverzifikací. Toto období bylo klíčové pro vývoj mnoha nových rodů a čeledí, včetně předků moderních čeledí, jako jsou veverkovití a myšovití (Wood, 1962).

V miocénu (před 23–5 miliony let) se hlodavci dále rozšířili a adaptovali na různé ekosystémy. V této době se objevily předci mnoha moderních rodů, jako jsou myši, potkani a bobři, a došlo k jejich rozšíření do nových oblastí světa (Flynn et al., 2007).

Adaptace a Specializace

Postupně se hlodavci stali mistry v adaptaci a specializaci, přičemž vyvinuli různé strategie přežití a adaptovali se rozličným klimatickým a environmentálním podmínkám. Některé rody, jako jsou bobři, se dokonce staly ekosystémovými inženýry (Vaughan et al., 2011).

Obecný popis druhu

Hlodavci (*Rodentia*) jsou nejpočetnějším řádem savců (*Mammalia*), počet druhů se odhaduje na 2 552 rozdělených do 33 čeledí. Toto číslo je pouze odhadem a může se měnit při odlišné interpretaci definice druhu. V České republice se vyskytuje 24 známých druhů hlodavců. Obývají všechny kontinenty s výjimkou Antarktidy na velké paletě habitatů, od pouští, přes lesy až po pastviny. Obecně můžeme hlodavce považovat za herbivory, ale valná většina je schopna fakultativně přijímat živočišnou potravu. Většina druhů hlodavců má velký význam pro potravní řetězce jimi obývaných habitatů.

Hraboš polní (*Microtus arvalis*, Pallas, 1778) je nejrozšířenějším zástupcem rodu *Microtus*. Tento rod dále zahrnuje dva druhy – pro Evropu *arvalis* a Asii *obscurus* (Centiturk et al. 2021). Hraboš polní je drobný hlodavec patřící do čeledi křečkovitých (*Cricetidae*). Je rozšířen po celé Evropě, severní Africe a západní Asii. Tento druh se velmi snadno adaptuje na heterogenní prostředí. Je velmi důležitý v mnoho ekosystémech jako kořist pro predátory (Gill, 2010).

Hraboš polní je malý savec o velikosti 8-20 cm s délkou 2-3 cm. Tělesná hmotnost se pohybuje v rozmezí od 15–50 g. Stavba těla je robustní, nohy krátké, čenich oblý uzpůsobený pohybu pod zemí (Gill, 2010). Ušní boltce jsou zakrnělé a skryté. Srst je krátká, hustá, šedohnědá a na břiše je světlejší. Délka života je poměrně krátká pouze několik měsíců, vzácně 1-2 roky, ale je vykompenzována vysokou schopností reprodukce.

Hraboš obecný je herbivorní, fakultativní omnivor. Nejčastěji konzumuje traviny, byliny i jejich semena (Gill, 2010). Pohybuje se v husté vegetaci, pod kterou aktivně hloubí tunely. Tento druh může vytvářet extrémně rozsáhlý norní systém tunelů a komor. Hraboši polní žijí v koloniích a ke komunikaci dochází vokalizací a zanecháváním pachových stop (Gill, 2010). Vybírají si stanoviště zakrytá vegetací jako jsou louky, pastviny nebo lesní ekotony. Hraboš polní se v zimním období schovává v tunelech ve větších komunitách. Tato komunita si tak udržuje teplo, ale při tom dochází k šíření nemocí a parazitů.

Hraboš polní obývá velké množství různých biotopů, jako jsou louky, pastviny, okraje lesů a mokřadů. Vyskytuje se také v antropogenních prostředích jako jsou orná pole nebo sady. Druh je velmi adaptivní na půdní typ, vlhkost, i typy vegetace.

Hraboš polní se na území České republiky rozmnožuje od března do října. Samice po březosti trvající 22-24 dnů rodí přibližně 2-6 mlád'at. Mlád'ata se osamostatní po 21 až 28 dnech, pohlavní dospělosti dosahují ve 2-3. měsíci života (Gill, 2010). K březosti obvykle dochází 1. – 4. za život samice. Reprodukční cykly jsou ovlivněny faktory prostředí jako je teplota, délka dne a dostupnost potravy. Existují vědecké studie prokazující, že teplejší a delší dny mohou pozitivně ovlivnit míru reprodukci hraboše polního. Dostupnost potravy může ovlivnit reprodukční úspěch populace. Samice hraboše v oblastech s větší dostupností potravy se rozmnožují poměrně častěji než samice s dostupností nižší.

Legislativní ochrana

Hraboš polní je chráněn Zákonem o ochraně volně žijících živočichů 100/2004 Sb. Dle Červeného seznamu IUCN je kategorizován jako LC – taxon málo dotčený.

Chování hraboše polního

Hraboš polní, běžně se vyskytující v evropských ekosystémech, projevuje řadu zajímavých chování, která jsou klíčová pro jeho přežití a reprodukci.

Hraboši polní se vyznačují zajímavou směsí samotářského a sociálního chování, které je ovlivněno populační hustotou a dostupností zdrojů. Teritoriální chování se mění v závislosti na sezóně a podmínkách prostředí, ukazující flexibilitu v jejich sociální struktuře.

Reprodukční cyklus hraboše polního je adaptivní reakcí na změny v prostředí. S rychlou reprodukcí a schopností mít několik vrhů ročně jsou schopni rychle obnovit svou populaci po obdobích poklesu (Boonstra a Rodd, 1982).

Hraboši polní jsou býložravci, kteří preferují trávy a byliny, a jejich stravovací chování má významný vliv na složení a zdraví ekosystémů. V obdobích vysoké populační hustoty mohou mít významný dopad na zemědělské plodiny, což vyžaduje pečlivý management.

Systémy nor a tunelů, které hraboši aktivně hloubí, slouží jako ochrana, sklady potravy a místa pro odpočinek. Tyto struktury jsou zásadní pro jejich přežití, zvláště v obdobích s vysokou predací. Hraboši jsou převážně noční, ale za určitých okolností mohou být aktivní i ve dne (Kovařík, 2005).

Jako klíčová kořist pro mnoho druhů predátorů hraboši hrají zásadní roli v potravních řetězcích. Jejich aktivita také ovlivňuje složení a zdraví ekosystémů, čímž přispívají k udržení biodiverzity (Ostfeld a Keesing, 2000).

Populační dynamika druhu

Hraboš polní prochází pravidelnými populačními cykly charakterizovanými střídáním období s vysokou a nízkou populační hustotou. Tyto cykly jsou předmětem výzkumu již desetiletí, přičemž studie naznačují, že jsou ovlivněny kombinací faktorů včetně dostupnosti potravy, predace a sociálního chování (Turchin a Hanski, 2001).

Dostupnost potravy hraje klíčovou roli v populační dynamice hraboše polního. Ve vhodných podmínkách, kdy je dostatek potravy, může dojít k rychlému nárůstu populace. Na druhé straně, nedostatek potravy může vést k poklesu. Predace, zejména ze strany ptáků, savců a plazů, také významně ovlivňuje početnost hrabošů (Lambin et al., 2000).

Reprodukční strategie hraboše polního je adaptivní odpovědí na měnící se environmentální podmínky. V obdobích s hojnou potravou se může reprodukce zintenzivnit, což vede k rychlému růstu populace. Hraboši mají krátkou gestační dobu a samice mohou mít několik vrhů za rok (Boonstra a Krebs, 1977).

V obdobích s vysokou populační hustotou mohou hraboši způsobovat významné škody na zemědělských plodinách. To vyžaduje efektivní management, který může zahrnovat metody biologické kontroly, využití přirozených predátorů a omezení dostupnosti potravy. Environmentálně šetrné přístupy jsou preferovány pro minimalizaci negativního dopadu na ekosystémy.



Obrázek 1 Hraboš polní v živolovné pasti

Vliv aktivity hraboše polního na druhy rostlin

Mezi zasažené obiloviny patří Pšenice setá (*Triticum aestivum*) a ječmen setý (*Hordeum vulgare*), což vede k významným ztrátám v zemědělství. Dále konzumují krmné plodiny jako je jetel (*Trifolium spp.*) a tolíce vojtěška (*Medicago sativa*), což má dopad na produkci krmiva pro hospodářská zvířata.

Dlouhodobá aktivita hrabošů může vést ke změnám ve složení vegetačního krytu, lesního podrostu. Hraboši mohou ovlivnit složení druhů v lokalitě, například konzumací specifický semen nebo výhonků. Hlodavci mohou způsobit ztenčení travních porostů, což vede k narušení rovnováhy mezi různými druhy trav a bylin.

Aktivita hrabošů, jako je hloubení nor a konzumace rostlinného materiálu, může mít vliv na půdní procesy. Tento proces může ovlivnit strukturu a vodní dynamiku půdy. Konzumace rostlinného materiálu a následné uvolňování živin zpět do půdy může ovlivnit dostupnost živin pro rostliny.

Vliv vegetace na hraboše polního

Dostupnost potravy je primárním faktorem ovlivňujícím velikost populací hrabošů. Hustá vegetace znamená bohatý zdroj potravy, což podporuje vyšší míry přežití a reprodukce (Boonstra a Rodd, 1982). Když mají hraboši přístup k hojné potravě, mohou se rychleji rozmnožovat a urychlit tak růst populace.

Vegetace poskytuje hrabošům nejen potravu, ale i ochranu před predátory. Husté porosty snižují riziko predace, což přímo ovlivňuje přežití hrabošů, a tedy i velikost jejich populace (Ostfeld a Keesing, 2000).

Mikroklima vegetace ovlivňuje mikroklimatické podmínky, jako je vlhkost půdy a teplota. Tyto podmínky jsou důležité pro životní prostředí hrabošů a mohou ovlivnit jejich zdraví a reprodukci (Kovařík, 2005).

Konkurence a omezení prostoru může působit na populaci negativně. Přílišná hustota vegetace může zvýšit konkurenční tlak mezi jedinci a omezit životní prostor, což může mít na velikost populace negativní dopad.

Význam Pro České Zemědělství

V České republice představují hraboši zvláště velký problém pro pěstitele obilovin, brambor a dalších plodin. Škody způsobené hraboši mohou vést ke snížení výnosů, což má přímý dopad na ekonomiku zemědělců a může ovlivnit i celkovou potravinovou bezpečnost (Český statistický úřad, 2020).

Tradiční metody managementu hrabošů v ČR zahrnují použití rodenticidů, pastí a biologické kontroly, jako je podpora přirozených predátorů. Avšak použití chemických rodenticidů přináší ekologické obavy, včetně potenciálního dopadu na nezamýšlené druhy, kontaminace půdy a vodních zdrojů (Kovařík, 2005).

V posledních letech se v ČR zvyšuje důraz na ekologicky šetrnější metody managementu hrabošů. Tyto metody zahrnují rotaci plodin, pěstování odolných odrůd a využití půdních podmínek, které mohou snižovat atraktivitu polí pro hraboše. Dále se zkoumá možnost využití přirozených predátorů, jako jsou sovy a dravci, pro kontrolu populačních vrcholů hrabošů.

Cíle práce

Popis dynamiky populace.

Určení hodnot hlavních demografických parametrů ve sledované populaci.

Srovnání výsledků s daty ze starších studií.

Materiál a metody

Popis lokality

Lokalita využitá pro výzkum se nalézá v jižní části města Olomouce. Jedná se o systém drobných, zemědělsky využívaných polí v areálu Přírodovědecké Fakulty Palackého University v Olomouci. Lokalitu nalezneme na GPS souřadnicích 49°34'32.5"N 17°17'07.5"E. Celá plocha byla pokryta převážně nízkou vegetací, která dovoľovala snadný přístup k položeným pastem a jednoduchou manipulaci. Na poli byla po většinu výzkumu pěstována Tolice vojtěška (*Medicago sativa*). Celá plocha využitého pole měří 64x70 m, je ohraničena ze severu přístupovou cestou, východní hranice stanoviště je tvořena pásem křovin a nízkých stromů, které vytvářejí bariéru mezi lokalitou a železničním koridorem, z jižní a západní strany hraničí s dalšími zemědělsky využívanými plochami.

Metodika terénní práce

Vlastní terénní práce probíhaly v letech 2019-2021. Každý odchytový týden jsem navštěvoval lokalitu pět dní (první den ráno jsem pasti instaloval, v pátek ráno sklízel). Celý tento týden je považován za jednu unikátní odchytovou akci, z pěti dní tak získáme 4 kompletní dny párových informací (ráno a odpoledne). Ranní kontrola pastí probíhala přibližně okolo 8:00, odpolední kontrola pak probíhala okolo 17:00.

Užitý materiál

K vlastnímu odchytu jsem použil živolovné pasti typu Ugglan. Pastí bylo vždy položeno 168, pokládal jsem je v síťovém systému souřadnic XY ve sponu 4 m. Jako atraktant do pastí byly využity ovesné vločky, které sloužily i jako krmění pro jedince v pasti. Množství vloček v pastech bylo pravidelně kontrolováno, aby se předešlo úhynu zvířete v důsledku nedostatku potravy.

Zaznamenání dat

U každého odchyceného jedince jsem zaznamenal souřadnice pasti, druh, unikátní kód jedince (pokud se chytil poprvé, musel být označen), pohlaví, hmotnost a reprodukční kondici. Dále jsem do terénního deníku zapisoval speciální kondice, které usnadňují rozeznání jedince (chybějící ocas, končetina, unikátní zbarvení srsti, znaky otravy) nebo úhyn. Při odchytu jsem hraboše přesunul z pasti do 10 l PVC kbelíku, ze kterého sám nemohl uniknout a byla s ním tak jednodušší manipulace. Při práci s živým zvířetem jsem použil ochranné pracovní pomůcky, rukavice, které zabrání poranění kůže při pokousání

zkoumaným zvířetem, ale dovolují dostatečnou mobilitu a citlivost prstů pro manipulaci, která nepoškodí jejich fitness. K vážení dále byla využita závěsná pružinová váha, se kterou jsem vážil s přesností na 0,5 g.

CMR jako aplikovaná metoda

Při výzkumu jsem použil metodu zpětného odchyty CMR (capture-mark-recapture) (Jolly 1965). Tato metoda nabízí data pro odhad velikosti zkoumané populace bez potřeby interagovat s každým jedincem v populaci. Metoda spočívá v odchytní jedinců do pastí, označení bez snížení životaschopnosti a opětovné vypuštění, po kterém mohou nastat zpětné odchyty jedince. Označení jsem prováděl odebráním prstních článků z končetin sterilním nástrojem, z každé končetiny byl odebrán vždy nanejvýš jeden prstní článek. Toto označování nabízí 399 unikátních označení pro jednotlivce, zdravý hraboš polní má na předních končetinách 4 a na zadních končetinách 5 prstů. Celý proces, při kterém jedinec přicházel do kontaktu s člověkem, jsem omezil na nezbytně dlouhou dobu, aby zvíře nebylo vystavené stresu déle, než je pro výzkum potřeba. Delší expozice takovému stresu také zvyšuje negativní behaviorální ovlivnění, které může změnit finální výsledky u některých matematických procedur. Do pastí se chytilo v menší míře i několik jiných druhů: bělozubka šedá (*Crocidura suaveolens*), rejsek malý (*Sorex minutus*), myšice temnopásá (*Apodemus agrarius*) a myšice křovinná (*Apodemus sylvaticus*). Při odchytní těchto druhů, které nebyly předmětem výzkumu jsem zaznamenal pouze přítomnost a byly ihned vypuštěny bez označení.



Obrázek 2 Myšice křovinná (*Apodemus sylvaticus*)



Obrázek 3 Past typu Ugglan

Programovací jazyk R

Programovací jazyk R se stává stále populárnějším nástrojem v oblasti ekologického a biologického výzkumu, zejména pro analýzu dat získaných metodami jako je Capture-Mark-Recapture (CMR).

R je volně dostupný programovací jazyk a software pro statistické výpočty a grafiku. Je vysoce ceněn pro svou flexibilitu a rozšiřitelnost, s rozsáhlým repertoárem balíčků určených pro různé statistické analýzy a vizualizace dat (R Core Team, 2020).

V kontextu CMR studií je R užitečné pro zpracování a analýzu dat získaných z odchytů drobných savců. Umožňuje uživatelům provádět komplexní statistické analýzy, včetně odhadů velikosti populace, přežívání jedinců a migračních vzorců.

Pro CMR analýzy existují v R různé specializované balíčky, jako je 'mark' nebo 'Rcapture', které poskytují funkce pro modelování CMR dat. Tyto balíčky umožňují uživatelům aplikovat modely označování, včetně modelů Cormack-Jolly-Seber a Jolly-Seber nebo Bayesovské odhady.

Při analýze CMR dat může R pomoci například při identifikaci trendů v populačních odhadech nebo při posuzování vlivu environmentálních faktorů na přežití jedinců. Data z odchytu drobných savců mohou být analyzována pro interpretaci toho, jak faktory jako jsou sezónní změny nebo přítomnost predátorů ovlivňují populační dynamiku.

Analýza dat a výpočty

Výpočet hrubého odhadu populace využitím Lincoln-Petersonova vzorce na základě dat z období 14.10.2019-18.10.2019.

M (počet jedinců označených první den): 71

C (počet jedinců odchycených druhý den): 91

R (počet znovu odchycených označených jedinců druhý den): 27

Použitím Lincoln-Petersenova vzorce $N = \frac{M \times C}{R}$, kde N je odhadovaná velikost populace, jsem získal:

$$N = \frac{2771 \times 91}{27} \approx 239.3.$$

Odhadovaná velikost populace hrabošů na základě odchytových dat za uvedené období je přibližně 239 jedinců. Tento odhad předpokládá, že pravděpodobnost odchytu jedince je konstantní a že mezi prvním a druhým dnem nedošlo k významným změnám v populaci.

Při užití Jolly-Seberovy metody, která se obecně považuje za přesnější, dosahuji podobného výsledku:

$$N_d = \frac{(M_d \times C_{d+1})}{R_{d,d+1}};$$

kde:

N_d je odhadovaná velikost populace pro den d,

M_d je celkový počet jedinců označených do dne d,

C_{d+1} je počet jedinců odchycených v den d+1,

$R_{d,d+1}$ je počet jedinců, kteří byli odchyceni jak v den d, tak i v den d+1.

Pro každý den d (kde d je den 1 až 3) jsem vypočítal hodnoty M_d , C_{d+1} , a $R_{d,d+1}$, a pak použil výše uvedený vzorec k výpočtu odhadu velikosti populace N_d . Průměrný odhad velikosti populace (N-) je pak průměrem všech vypočtených odhadů.

Následují detailní výpočty pro Jolly-Seberův odhad velikosti populace pro každý den.

den 1:

počet označených jedinců do dne 1: 71

počet jedinců odchycených v den 2: 91

počet jedinců, kteří byli odchyceni v oba dny: 27

odhad velikosti populace pro den 1: $\frac{71 \times 91}{27} \approx 239.30$

den 2:

počet označených jedinců do dne 2: 91

počet jedinců odchycených v den 3: 113

počet jedinců, kteří byli odchyceni v oba dny: 53

odhad velikosti populace pro den 2: $\frac{91 \times 113}{53} \approx 194.02$

den 3:

počet označených jedinců do dne 3: 113

počet jedinců odchycených v den 4: 109

počet jedinců, kteří byli odchyceni v oba dny: 73

odhad velikosti populace pro den 3: $\frac{113 \times 109}{73} \approx 168.73$

Získané hodnoty ukazují odhady velikosti populace pro jednotlivé dny, které berou v úvahu dynamiku populace, včetně přežití, odchytů a zpětných odchytů. Průměrný odhad velikosti populace jsem vypočítal jako průměr tak získaných hodnot. Zprůměrováním výsledků jsem odhadl velikosti populace na přibližně 201 jedinců.

Výpočty v programu MARK

Pro zpracování odchytových historií pro program MARK jsem využil aplikaci Poznámkový blok. V té jsem zpracovával každý kus informace ve formátu „1“ či „0“ pro prezenci či absenci z každého denního záznamu, kód dále obsahoval informaci o pohlaví „1 0“ pro samce, „0 1“ pro samici. Pokud došlo k úhynu daného jedince, objevilo se v zápisu znaménko „mínus“. Dokument jsem uložil jako soubor inp (input).

Pro analýzu dat a výpočet odhadu velikosti populace jsem zvolil funkci {Mbh2}. Tento druh zohledňuje jiné pravděpodobnosti odchyty pro pohlaví, které jsem určil u všech odchycených jedinců. Dále zohledňuje časovou proměnlivost prostředí, která hraje roli v populační dynamice. Funkce samotná se často používá pro pochopení závislosti početnosti na ekologických procesech ve sledované lokalitě.

Výsledky

Z formátovaných textových dokumentů jsem po vložení do softwaru MARK získal přibližné odhady velikosti populace hraboše v Olomouci-Holici viz tabulka č. 1. Komplexnější výpočty z programu MARK ukazují na vyšší počet jednotlivců v dané populaci. Tento rozdíl se objevuje za příčiny více faktorů, se kterými software počítal.

Pro srovnání velikosti populace z let předešlých jsem využil data z roku 2018 od slečny Houdkové viz tabulka č. 3. Velikost populace vypočtena softwarem MARK je velmi podobná. Můžeme tak považovat místní populaci za stabilní v rámci stejných časových období. Pokud se podíváme na průběh jednoho roku viz tabulka č. 1 a tabulka č. 3 populace se dynamicky mění v závislosti na teplotě a z ní vycházející dostupnosti potravy.

Data odchytové akce z listopadu roku 2020 viz tabulka č. 1 reflektuje nižší aktivitu místní populace. S nižší aktivitou souvisí omezené možnosti zisku dat o reálných počtech jedinců v lokalitě.

Průměrné hmotnosti odchycených hrabošů, viz tabulka č. 2, ukazují data z jednotlivých odchytových akcí, hraboš byl vážen pouze jednou týdně (proto nedocházelo k duplikaci hodnot). Data nejsou dostatečně podrobná pro využití ve výpočtech pro odhad proměnlivosti průměrné hmotnosti v průběhu celého roku. Průměrná hmotnost v populaci vychází jako relativně stabilní hodnota s výjimkou odchytové akce z 5. 10. 2021, ve které byla zaznamenána prezence pouze 8 unikátních jedinců.

I přesto tento průměr můžeme považovat za reprezentativní, protože nebyl signifikantně ovlivněn hodnotou odlehlé hodnoty v datovém souboru. Zvýšená hodnota průměru byla ovlivněna příznivým počasím, které pozitivně ovlivňovalo množství zdrojů potravy (v době odchytu byla průměrná nejvyšší denní teplota více než 20 °C).

Z mnou získaných dat si dovoluji tvrdit, že populačního vrcholu dosahuje místní populace hraboše v září a říjnu. V datech z roku 2018 šlo o relativně chladná období odchytu, proto zde tento trend nesledujeme. Data naznačují, že došlo k rychlému množení již v období jara. Tyto hodnoty poukazují na mírný průběh zimy (nejvyšší denní teplota v lednu dosahovala 13 °C).

Poměr pohlaví se u výpočtu s větším odhadem populace blížil padesátiprocentnímu zastoupení obou pohlaví. U odchytů, kde byla odhadovaná populace v nižších desítkách kusů, byl tento poměr v nerovnováze a dle odhadů většinu populace tvořily samice. Tento výsledek může být způsoben nedostatkem dat či nepřesným určením pohlaví odchycených jedinců.

U datových souborů, kde odchytová akce trvala pouze 3 dny, software MARK nebyl schopný vypočítat žádné výsledky. Pro tyto soubory jsem provedl výpočet Jolly-Seberovy metody a Lincoln-Petersonova vzorce viz tabulka č. 1. Tato metoda však nedosahuje realistických hodnot z důvodu povahy analyzovaného souboru.

Tabulka 1 – Výpočty odhadované velikosti populace

Datum zahájení odchytné akce	Odhad velikosti populace {Mbh ² }	pi samce	pi samice	% samců	% samic	odhad dle J-S metody \bar{x}	odhad L-P vzorcem	Poznámka
14.10.2019	478	0.7447632	0.7409423	49	51	201	239	
20.05.2020	357	0.5696734	0.5696734	45	55	10	8	
10.11.2020	49 (Mth ²)	0.903809	0.839891	27	63	38	46	
05.10.2021	-	-	-	25	75	8	8	příliš málo dat pro výpočet v MARK

pi – pravděpodobnost odchytnu

J-S – Jolly-Seberova metoda pro odhad velikosti populace

L-P – Lincoln-Petersonův vzorec pro odhad velikosti populace

Tabulka 2 - Průměrné hmotnosti hrabošů

Datum zahájení odchytu	10.04.2018	01.08.2018	29.10.2018	14.10.2019	20.05.2020	10.11.2020	05.10.2021
Průměrná hmotnost (g)	16,8	18,0	14,4	16,9	17,8	16,3	25,7

Tabulka 3 - Výpočty odhadované velikosti populace z roku 2018

Datum zahájení odchytné akce	Odhad velikosti populace {Mbh ² }	pi samce	pi samice	% samců	% samic	Poznámka
10.04.2018	478	0.9270504	0.9270504	49	51	
30.10.2018	357	0.5696734	0.5696734	45	55	

pi – pravděpodobnost odchytné akce

Diskuze

Při analýze dat z let 2018-2021 můžeme pozorovat dynamickou proměnlivost počtů jedinců hraboše polního, což je typické pro tento druh. Tato variabilita v početnosti je výsledkem řady faktorů, včetně klimatických podmínek, dostupnosti potravy a přítomnosti predátorů.

Populace hraboše prochází periodicky populačními vrcholy, kdy čítá stovky jedinců, a útlumy, kdy se početnost populace odhaduje na desítky. Toto kolísání je silně ovlivněno podnebím mírného pásma, které je charakteristické svým střídáním čtyř ročních období, a tato proměnlivost se odráží v populační dynamice hraboše polního.

V jarním období dochází k značnému nárůstu populace. Tento nárůst je spojen s lepší dostupností potravy a vhodnějšími podmínkami pro rozmnožování. Jarní období obvykle přináší zvýšení teplot a obnovu vegetace, což vytváří ideální podmínky pro hraboše k získání energie potřebné pro rozmnožování.

Na konci léta dosahuje populace svého vrcholu, což souvisí s dozráváním obilí, které je preferovanou potravou hraboše. Toto období zajišťuje hojnost potravy, což umožňuje hrabošům získávat energii potřebnou pro přežití během nadcházejících chladnějších měsíců.

Zajímavým aspektem je, že tato populační dynamika hraboše může mít značný dopad na zemědělské plodiny a ekosystémy. V obdobích populačních vrcholů může dojít k významnému poškození plodin, což má dopad nejen na zemědělskou výrobu, ale také na ekonomiku regionu.

Změny v populační dynamice hraboše mohou být také ovlivněny přítomností přirozených predátorů, jako jsou sovy nebo lišky. Tito predátoři mohou pomáhat udržovat populaci hraboše pod kontrolou, což je důležitý aspekt v ekologické rovnováze.

Má práce měla mnoho omezení v oblasti přesnosti sběru dat. Některá data nemusí být absolutně přesná, i přes maximální vyvinuté úsilí (rozpoznání pohlaví u mladých, pohlavně neaktivních jedinců). I při zápisu dat mohlo dojít k chybám, při kratší odchytové akci o jeden den se stala data nepoužitá pro software a pro vlastní výpočet méně přesná.

Pro zdokonalení přesnosti výzkumu je zapotřebí pozorování dlouhé přinejmenším 4 dny (párových informací). Dále by bylo zapotřebí vylepšit rozpoznávací schopnosti pro určení pohlaví mladých jedinců a ideálně mít zařízení pro zápis dat, které je spolehlivé a přemění zápis okamžitě na data virtuální, vhodná pro analytický software.

Pro snížení behaviorálního ovlivnění dat by bylo vhodné, aby se změnil systém značení jednotlivých hrabošů.

Závěr

V této bakalářské práci byla provedena analýza populace hrabošů v letech 2018-2021 pomocí metody Capture-Mark-Recapture (CMR). Díky práci s živolapnými pastmi a využitím sofistikovaného statistického softwaru MARK jsme získali podrobný pohled na populační dynamiku lokální populace hrabošů.

Výsledky analýzy jasně ukazují, že populace hraboše prochází periodickými vzestupy a poklesy, což odpovídá očekávaným vzorcům pro tento druh v jeho přirozeném prostředí. Tato pozorování jsou v souladu s teoriemi ekologické dynamiky populací, které zdůrazňují význam environmentálních faktorů a dostupnosti potravy.

Zajímavým zjištěním bylo také zaznamenání průměrných hmotností jedinců, což poskytuje cenné informace o zdravotním stavu a životních podmínkách hrabošů v daném období. Tento údaj je důležitý pro pochopení celkového zdraví populace a její schopnosti adaptace na měnící se podmínky.

Práce s programem MARK nám umožnila aplikovat sofistikované statistické metody pro odhad velikosti populace a analyzovat různé aspekty populační dynamiky. Tato zjištění mohou pomoci lepšímu porozumění populačních trendů hraboše.

Informace o pohlaví u všech odchytů se bohužel nejeví jako nejspolehlivější statistika. Zatímco moderní výzkumy říkají, že na jaře a v zimě by mělo být více samců (Bryja et al., 2005), naše data vždy mluví o větším počtu samic.

Literatura

Cetinturk D., Yigit N., Colak E., Markov, G., Cirovic D., Marton M., Inferring phylogenetic relationships in the common vole (*Microtus arvalis*) based on mitochondrial and nuclear sequence diversities, TUBITAK SCIENTIFIC & TECHNICAL RESEARCH COUNCIL TURKEY, 2021.

Gill, S. (2010) - "Hraboš polní (*Microtus arvalis* Pallas, 1778) - atlas of distribution, abundance and habitat preferences in the Czech Republic." *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae*, 68(4), pp. 963-976.

Wilson, D.E., et al. (1996). "Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Mammals". Smithsonian Institution Press.

Jansa, S.A. a Weksler, M. (2004). "Phylogeny of muroid rodents: relationships within and among major lineages as determined by IRBP gene sequences". *Molecular*

Turchin, P., a Hanski, I. (2001). "Population Dynamics: New Approaches and Synthesis". Academic Press.

Lambin, X., et al. (2000). "Population Biology of Grassland Rodents: Complex interactions with Predation and Agriculture". *Journal of Applied Ecology*.

Boonstra, R., a Krebs, C.J. (1977). "A Synthesis of the Demography of *Microtus arvalis*". *Ecology*.

R Core Team (2020). "R: A Language and Environment for Statistical Computing". R Foundation for Statistical Computing.

Český statistický úřad (2020). "Agricultural Production in the Czech Republic: Economic and Environmental Impacts".

Kovařík, P. (2005). "Rodent Control in Agriculture: A Review". *Plant Protection Science*.

Boonstra, R. a Rodd, F.H. (1982). "The Population Ecology of *Microtus*". *Journal of Animal Ecology*.

Kovařík, P. (2005). "Burrowing Behavior of the Field Vole". *Acta Theriologica*.

Ostfeld, R.S. a Keesing, F. (2000). "The Function of Biodiversity in the Ecology of Vector-Borne Zoonotic Diseases". *Canadian Journal of Zoology*.

Dawson, M. R., & Krishtalka, L. (1984). Early Cenozoic Leporid and Rodentia and Description of New Species.

Wood, A. E. (1962). The Early Tertiary Rodents of the Family Paramyidae.

Flynn, L. J., Jacobs, L. L., & Cheema, I. U. (2007). Baluchimyinae, a new ctenodactyloid rodent subfamily from the Miocene of Baluchistan.

Vaughan, T. A., Ryan, J. M., & Czaplewski, N. J. (2011). *Mammalogy*. (strana 196)

Pucek, Z., Jędrzejewski, W., Jędrzejewska, B., & Pucek, M. (1993). "Rodent population dynamics in a primeval deciduous forest (Białowieża National Park) in relation to weather, seed crop, and predation"

Jacob, J. & Hempel, N. (2003). "Effects of farming practices on spatial behaviour of common voles." – Journal of Ethology

Heroldová, M. et al. (2007). "The impact of agri-environmental policies on farming practices and dynamics of small mammal populations."

Smith, R. K. et al. (2004). "Ecology and Management of Rodent Pests in Agricultural Ecosystems."

Brown, P. R., & MacDonald, D. W. (1995). "Predator-Prey Interactions in the Changing Agricultural Environment."

Young, A. J., Boyle, P. A., & Brown, T. (2002). "The Population Biology of the Common Vole in Changing Agricultural Landscapes."

Josef Bryja, Jiřina Nesvadbová, Marta Heroldová, Eva Jánová, Jan Losík, Lenka Trebatická, and Emil Tkadlec. 2005. Common vole (*Microtus arvalis*) population sex ratio: biases and process variation. *Canadian Journal of Zoology*. **83**(11): 1391-1399. <https://doi.org/10.1139/z05-133>

Rodl P., Frankova M., Aulicky R., Stejskal V., POSSIBILITIES OF CONTROL OF COMMON VOLE AND OTHER HARMFUL RODENTS IN SUGAR BEET, LISTY CUKROVARNICKE REPARSKÉ, JAN 2020.