

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



**Změny početnosti křečka polního v
Olomouci-Holici v období 2011–2022**

Valentýna Vašková

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 2022

Prohlášení:

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

V Olomouci dne.....

Podpis.....

Vašková V. 2022. Změny početnosti křečka polního v Olomouci-Holici v období 2011–2022 [bakalářská práce]. Olomouc: Katedra ekologie a ŽP PřF UP v Olomouci. 40 s. Česky.

Abstrakt

Křeček polní (*Cricetus cricetus*) v České republice běžně obýval zemědělskou krajinu. Ještě v polovině 20. století byl považován za běžného polního škůdce, v posledních desetiletích však u nás došlo k výraznému omezení jeho rozšíření i početnosti. V současnosti je chráněn zákonem jako silně ohrožený druh. Sledování křečka polního v areálu Olomouc-Holice probíhá již od roku 2001. V rámci této práce byla doplněna nová data, která byla zaznamenána v roce 2022. Analýza dat byla provedena pro období 2011–2022. Pro sběr dat byla použita metoda zpětného odchyty, neboli capture-mark-recapture. Jedinci byli odchyťováni do živolovných pastí. Pro odhad velikosti populace byl použit Jolly-Seberův model. Během sledovaného období bylo odchyceno celkem 326 jedinců. Za poslední 4 roky (2019–2022) se hustota nor pohybovala mezi 10–57,5 nor/ha. Maximální velikost populace byla odhadnuta v srpnu 2020 na 70,6 jedinců/ha. Naopak nejnižší velikost populace byla odhadnuta v září 2015 na 2,4 jedinců/ha. Průměrná pravděpodobnost odchyty pro samce byla 0,506 (SE 0,0471; CI 0,415–0,597) pro samice 0,563 (SE 0,0363; CI 0,491–0,633). Celkový poměr pohlaví byl vychýlen na stranu samic (1,10). Počet jedinců stále klesá, shromažďování nových dat je proto přínosem a zdrojem informací pro zlepšení ochrany křečka polního.

Klíčová slova: křeček polní, capture-mark-recapture, početnost, věková a pohlavní struktura

Vašková V. 2022. Changes in the abundance of common hamsters in Olomouc-Holice in the period 2011–2022 [bachelor's thesis]. Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University Olomouc. 40 pp., in Czech.

Abstrakt

The Common hamster (*Cricetus cricetus*) used to inhabit agricultural landscapes in the Czech Republic. In the middle of the 20th century it was considered a common field pest, but in recent decades there has been a significant reduction in its distribution and abundance. Nowadays it is protected by law as highly endangered species. Monitoring of the Common hamster in the Olomouc-Holice area has been ongoing since 2001. As part of this thesis, new data has been added that was collected in 2022. The data analysis was carried out for the period of 2011–2022. The data collection was carried out using the capture-mark-recapture method. The individuals were captured in live traps. Population size was estimated using the Jolly-Seber model. A total of 326 individuals were captured during the monitoring season. Over the last four years (2019–2022) the density of burrows was 10–57,5 burrows/ha. The maximum population size was estimated at 70,6 individuals/ha in August 2020. In contrast, the minimum population size was estimated in September 2015 at 2.4 individuals/ha. The mean capture probability for males was 0,506 (SE 0,0471; CI 0,415–0,597) for females 0,563 (SE 0,0363; CI 0,491–0,633). Sex ratio was appeared to be female-biased (1,10). Collecting new data is still beneficial and serve as a source of information to improve conservation of the common hamster as the number of individuals still decreases.

Key words: common hamster, capture-mark-recapture, abundance, age and sex structure

Obsah

Seznam zkratk	vii
Seznam obrázků	viii
Poděkování	ix
1. Úvod	1
1.1 Rozšíření	2
1.2 Popis druhu	2
1.3 Ekologie druhu	4
2. Populační dynamika	6
2.1. Dynamika hibernujících hlodavců	9
2.2. Populační dynamika křečka polního ve vybraných zemích	12
2.2.1. Česká republika	12
2.2.2. Francie	13
2.2.3. Německo	13
2.2.4. Nizozemsko	14
2.2.5. Polsko	15
2.2.6. Rakousko	15
2.2.7. Rusko	16
2.2.8. Slovensko	16
2.2.9. Ukrajina	17
3. Cíle práce	18
4. Materiály a metody	19
4.1 Lokalita	19
4.2 Metoda sběru dat	19
4.3 Zpracování dat	21
4.4 Metody CMR	21
5. Výsledky	23
6. Diskuze	28
7. Závěr	32
8. Reference:	33

Seznam zkratk

Phi	pravděpodobnost přežívání
p	pravděpodobnost odchytu
pent	pravděpodobnost vstupu do populace
N	velikost super populace
t	parametr s časovou proměnlivostí
g	hodnota parametru odlišná pro pohlaví

Seznam obrázků

Obrázek 1. Mapa výskytu křečka polního (IUCN, 2022)	2
Obrázek 2. Křeček polní (foto V. Vašková)	3
Obrázek 3. Vývoj hustoty křečka polního v letech 2002–2005 na lokalitě v Lamme (10 ha) (Kupfernagel, 2007).	14
Obrázek 4. Otevřené živolovné pasti s nastraženou nástrahou (foto V. Vašková).....	20
Obrázek 5. Kolísání věkové a pohlavní struktury v populaci křečka polního v Olomouci v období 2011–2022 s ohledem na velikost populace (odhad Jollyho-Sebera), graf byl vytvořen z hodnot počtů odchycených jedinců.	24
Obrázek 6. Kolísání populační početnosti (odhad Jollyho-Sebera) samců křečka polního na lokalitě v Olomouci v období 2011–2022. Úsečky vymezují 95% meze spolehlivosti odhadů.	26
Obrázek 7. Kolísání populační početnosti (odhad Jollyho-Sebera) samic křečka polního na lokalitě v Olomouci v období 2011–2022. Úsečky vymezují 95% meze spolehlivosti odhadů.	26
Obrázek 8. Graf poměr pohlaví dospělých samic k samcům v období 2011–2022, graf byl vytvořen z odhadů početnosti vypočítané modelem. Úsečky vymezují 95% meze spolehlivosti odhadů.	27

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce Mgr. Janu Losíkovi, Ph.D., zejména za odborné vedení, trpělivost, cenné rady, připomínky v průběhu psaní a velmi také děkuji za pomoc při práci v terénu.

1. Úvod

Hlodavci spadají mezi druhově nejhojnější řády savců. Jsou to velmi přizpůsobivá zvířata, která se adaptovala na život téměř v jakémkoli prostředí s výjimkou mořských vod. Mnoho hlodavců je považováno za škůdce, a proto bývají cíleně hubeni. V dnešní době dochází k různým změnám zemědělských postupů, a to značně ovlivňuje druhy silně vázané na hospodářskou krajinu. Celkem bylo popsáno 2552 druhů hlodavců (Zima and Macholán, 2021), pouze 5–10 % jsou významnými škůdci v zemědělském a městském prostředí (Stenseth *et al.*, 2003). V České republice se vyskytuje 24 druhů hlodavců a z toho je 5 druhů nepůvodních (Anděra and Gaisler, 2019). Mají nejen velký význam pro predátory, ale i pro půdu, protože řada z nich je s ní silně spojena. Jako jeden z druhů, který je silně vázaný na zemědělskou krajinu lze uvést křečka polního.

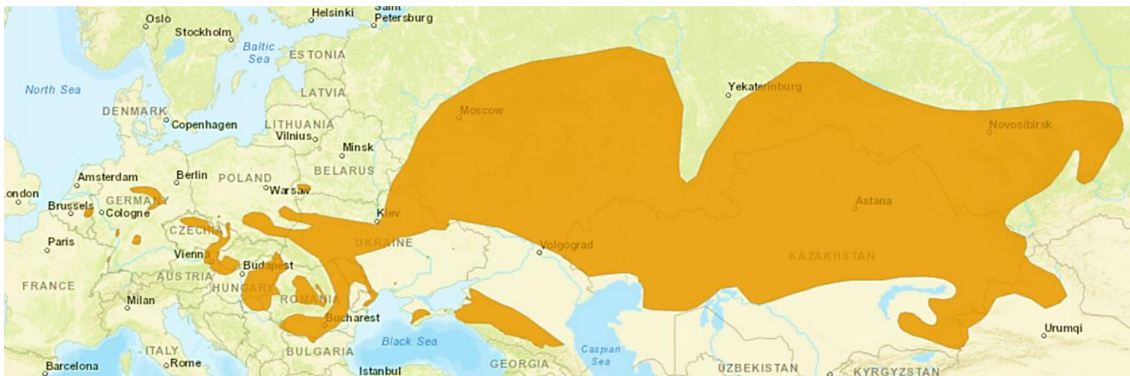
Křeček polní (*Cricetus cricetus*) je středně velký hlodavec, který patří mezi největší zástupce podčeledi *Cricetinae*. V minulosti byl označován jako běžný polní škůdce, ale v posledních letech, zejména v západoevropských zemích, poklesla jeho početnost (Kryštufek *et al.*, 2020). V České republice běžně obýval zemědělskou krajinu od nezalesněných nížin až po podhorské oblasti. Jeho početnost se však během 70. a 80. let 20. století snížila natolik, že na mnoha místech vymizel (Anděra and Gaisler, 2012). Příčiny poklesu výskytu jsou dané především kombinací více faktorů, jako jsou klimatické podmínky, monokulturní zemědělství, predace anebo dopravní nehody (A. Surov *et al.*, 2016).

V současnosti je chráněn zákonem dle vyhlášky č. 395/1992 Sb., jako „silně ohrožený“ druh (Vyhláška č. 395/1992 Sb.). V rámci Evropské unie spadá do přílohy IV, což je označení pro druhy živočichů a rostlin v zájmu společenství, které vyžadují přísnou ochranu (Směrnice 92/43/EHS). Ochrana křečka polního je důležitá také k posílení ochrany několika jiných druhů živočichů. Hędrzak *et al.* (2021) ve své práci zjistili, že v křeččích norách byla prokázána přítomnost 73 druhů bezobratlých živočichů, většina z nich měla významný vliv na biodiverzitu půdy a byla důležitou součástí trofického řetězce. Jelikož v norách bylo nalezeno i několik vzácných druhů bezobratlých, tak by mohl být křeček polní označován jako deštníkový druh.

V rámci své bakalářské práce se zabývám kolísáním početnosti, věkové a pohlavní struktury v přírodní populaci křečka polního na lokalitě v Olomouc-Holice. V analýze dat jsem se zaměřila na období od roku 2011 do 2022. Důvodem výběru tohoto období je přesun z polních pozemků o celkové rozloze 25 ha na výzkumnou plochu o rozloze 0,40 ha.

1.1 Rozšíření

Výskyt křečka polního je vázán na stepní, otevřenou a kultivovanou krajinu. Jedinci jsou vázáni především na nížinné oblasti do 650 m. Oblast rozšíření je poměrně velká, pokrývá většinu části mírného pásma euroasijského kontinentu (Nechay, 2000), sahá od řeky Jenisej a východní pohoří Altaj přes Sibiř až po střední Evropu (A. Surov *et al.*, 2016). V současnosti se vyskytuje v Kazachstánu, Bělorusku, Rusku, Srbsku, Ukrajině, Moldavsku, jihozápadním Slovensku, Slovinsku, Maďarsku, Bulharsku, severní části Rakouska, České republice, na jižní straně Polska, Německu, Francii, Belgii a Nizozemsku.



Obrázek 1. Mapa výskytu křečka polního (IUCN, 2022)

1.2 Popis druhu

Křeček polní (*Cricetus cricetus*) (Linnaeus 1758) patří mezi větší hlodavce, spadající do čeledi *Cricetidae*, podčeledi *Cricetinae*. Má robustní tělo se specifickým zbarvením, krátkými končetinami a krátkým osrstěným ocasem. Hmotnost se pohybuje v rozmezí

150–600 g s délkou těla 210–340 mm (Anděra and Gaisler, 2012). Díky jedinečnému zbarvení se liší od ostatních druhů. Srst na hlavě, hřbetu a bocích je zrzavá, ale místy prosvítá černá báze chloupků. Na bočních stranách těla a hlavy má světlejší skvrny, břišní strana je celá černá, ale chodidla jsou bílé. Půlkruhové ušní boltce jsou žlutohnědé barvy s bílými okraji. Na předních chodidlech má 4 prsty s drápkou a rudimentární palec s plochým drápkem. Na zadních chodidlech se nachází 5 dobře vyvinutých prstů s drápkou (Kryštufek *et al.*, 2020). Charakteristickým znakem jsou pachové žlázy, nacházející se na bočních stranách těla. Tyto žlázy jim slouží při obhajování teritoria, kdy si značkují hranice svého teritoria anebo k orientaci v krajině (Reznik *et al.*, 1978).

Jedním z charakteristických rysů je sbírání potravy, kterou přenášejí v mohutných lícních torbách. Chrup se skládá pouze z molárů a řezáků, špičáky a premolary chybí. Řezáky jim neustále dorůstají, proto si je musí obušovat potravou. Horní stoličky, které se sbíhají do zadní části, jsou brachyodontní a bunodontní (Miller, 1912). Uspořádání zubního vzorce je $I \frac{1}{1} C \frac{0}{0} P \frac{0}{0} M \frac{3}{3}$ (Reznik *et al.*, 1978).



Obrázek 2. Křeček polní (foto V. Vašková)

1.3 Ekologie druhu

Křeček polní je druh hlodavce, vázaný na otevřené, stepní a zemědělské krajiny, občas obsazuje i městské oblasti (Ziomek, Zgrabczyńska and Poradzisz, 2009). Žije samotářsky, je silně teritoriální zvíře a svoje teritorium si agresivně obhájí. Jestliže je v ohrožení, začíná se bránit výstražným postavením na zadních končetinách s vzteklym prskáním (Anděra and Gaisler, 2012).

Typickým chováním je hrabání, kdy si buduje podzemní stavby. Preferuje hlubší půdy, jako jsou černozemě, luvisoly, kambizemě, hlinité a hlinito-jílovité půdy (Vohralík and Melichar, 2016). Vytváří si složité systémy nor, které jsou složeny z několika komor a chodeb, dosahující délky více než jeden metr. Hloubka nory závisí na typu půdy a hladině podzemní vody. Podle charakteru se dají nory rozdělit na zimní a letní. Zimní nory bývají hlubší a slouží k zimnímu spánku, tyto nory opouští na jaře, kdy následně obsazuje letní nory, sloužící především k reprodukci (Weinhold, 2009).

Pohybová aktivita mimo noru začíná těsně po západu slunce nebo těsně po východu slunce, tudíž lze tento druh označit jako krepuskulární. V závislosti na velikosti populace, vegetačním krytu a ročním období se křeček polní může stát i polyfázickým, přičemž jeho celková aktivita probíhá hlavně během dne. V průběhu roku se pohybová aktivita může měnit (Waßmer, 1998; Goldammer, 2021).

Potrava se skládá převážně z rostlinné složky (75–90 %), především z vojtěšky, pšenice, ječmene, žita a kukuřice. Jeho stravu doplňuje i zvířecí složka (10–13 %), jako jsou žížaly, hmyz anebo malí hlodavci. Preferovaná plodina tolíce vojtěška mu poskytuje trvalý úkryt, potravu, ale také na rostlině žije plno jiných organismů, sloužících k výživě (Bald, Boetzl and Krauss, 2021). Při nedostatku potravy a špatných podmínkách může dojít i ke kanibalismu (Anděra and Gaisler, 2012).

Křečci mají vysoký reprodukční potenciál. Na začátku jarní sezóny bývá populace křečků nízká, ale během léta vzrůstá (Nechay, 2000). Je to polygamní a vysoce teritoriální druh. Jeho teritoriální chování se popisuje zejména u samců, kdy během rozmnožování

soutěží o samice, v průběhu tohoto období se samci dokážou pářit s více samicemi (Franceschini *et al.*, 2007). Většina jedinců dospěje v následujícím roce po první hibernaci. Doba páření většinou začíná v březnu po zimním spánku a končí v srpnu. Březost samice se pohybuje okolo 17 až 20 dní. V průběhu roku má 2–3 vrhy většinou po 4–6 potomcích (Franceschini-Zink and Millesi, 2008). Avšak v jednom vrhu se může narodit až 13 mláďat. Narozená mláďata jsou slepá, holá a mají zalepené uši. Vývoj mláďat probíhá rychle, jejich srst začíná růst po 4 až 5 dnech, po 12 dnech otevírají oči a po 25 dnech už jsou schopni opustit svou noru (Vohralík, 1975). Úspěšnost přežití po opuštění mateřské nory závisí především na množství potenciálních lokalit, kde se vyskytují nory, vhodné pro usazení (Ulbrich and Kayser, 2004). Samci se nepodílejí na výchově mláďat. Samice je však první, kdo noru opouští. Jakmile opustí svou noru, tak jde hledat další pro následující rozmnožování (Weinhold, 2009).

Křeček polní patří mezi fakultativní hibernátory. Jedinci se připravují na hibernaci hromaděním zásob tělesného tuku a zásob potravy v noře, které během aktivní sezóny nasbírali (Waßmer, 1998). Dospělí jedinci začínají hibernovat obvykle během září až října, kdežto mláďata přechází do hibernace v říjnu až v listopadu (Franceschini-Zink and Millesi, 2008). Konce hibernace se nemusí dožít až 60 % populace, z důvodu špatných podmínek (zatopení nor), nedostatku výživy nebo stáří (Weinhold, 2009).

Ve volné přírodě, pokud jsou optimální podmínky, se jedinci dožívají maximálně 4 let (Vohralík, 1975). V minulosti obýval hojně hospodářské oblasti, byl vnímán jako škůdce, a proto byl často huben. Býval také loven pro kožešinu. V dnešní době existuje mnoho rizikových faktorů, které vedou k úbytku populací (Ulbrich and Kayser, 2004). Mezi takové faktory patří predace, klimatické podmínky, doprava, změna zemědělských postupů a fragmentace stanovišť (Tissier *et al.*, 2021). V současnosti hlavním faktorem je intenzifikace zemědělství, která vedla k velké ztrátě biodiverzity. Velkým problémem jsou postupy, které se v zemědělství aplikují. Ihned po sklizni plodin se následně provádí orba, dochází zároveň k úbytku plevelů v zemědělské krajině, a to snižuje šanci, aby jedinci mohli nasbírat dostatek potravy do období hibernace. Rychlé a časně sklizně jsou

zároveň hrozbou, zejména proto, že mizí ze zemědělské krajiny rostliny, sloužící jako vegetační kryt a tím roste i riziko predace (Siutz *et al.*, 2022).

Predace může ovlivnit početnost křečků, jsou na potravním žebříčku u mnoha savců a ptáků. Jsou ohroženi především malými až středně velkými šelmami jako jsou lasice kolčava (*Mustela nivalis*), lasice hranostaj (*Mustela erminea*), kuna skalní (*Martes foina*), jezevec lesní (*Meles meles*), tchoř tmavý (*Mustela putorius*), liška obecná (*Vulpes vulpes*) a kočka domácí (*Felis catus*). Dále z dravců káně lesní (*Buteo buteo*), luňák červený (*Milvus milvus*), výr velký (*Bubo bubo*) (Weinhold, 2009).

2. Populační dynamika

Většina malých hlodavců má fascinující populační dynamiku, která je velmi proměnlivá v čase a prostoru (Oli, 2019). Nepředvídatelné fluktuace mohou mít značný dopad na přírodu jako celek a jsou důsledkem změn v míře přežívání, reprodukce a imigrace, které jsou ovlivněny vnitřními a vnějšími faktory. Sledování populační dynamiky je klíčovou součástí v ochraně přírody. Umožňuje nám získávat poznatky o stavu populace, abychom mohli předejít případnému poklesu populací (Caswell, 2001).

Jedním z nejvýznamnějších a dosud nevyřešených ekologických problémů jsou periodické výkyvy v populaci, označované jako populační cykly (Krebs and Myers, 1974; Stenseth, 1999). Tento fenomén zkoumal jako první Elton (1924), který shrnul informace o cyklických výkyvech početnosti u mnoha druhů. Jeho výzkum se zaměřoval zejména na populace lumíků a hrabošů. Eltonovy (1924, 1942) studie o populačních cyklech v podstatě položily základy populační ekologie.

V současnosti jsou populační cykly sledovány u mnoha živočichů. V České republice jsou pozorovány u ptáků, příkladem může být jeřábek lesní, tetřívka obecná a tetřev hlušec, kteří vykazují délku cyklu 6–7 let. U hmyzu se vyskytují například u stromovnice javorové (s cyklem 2 let) anebo u obaleče smrkového (s cyklem 5–8 let). Dále u savců, lišky obecné (s délkou cyklu 4 roky), ondatry pižmové (délka cyklu 10 let), hryzce vodního (délka cyklu 4–8 let) anebo u hrabošů (Tkadlec, 2008). Hlodavci s

cyklickou dynamikou, vykazují změny v tělesné hmotnosti, sociálním chování, věku pohlavního dospívání, míry přežívání a reprodukce (Chitty, 1952, 1960; Boonstra, 1994). Vlastnosti populací téhož druhu se mohou lišit v závislosti na prostředí. Zatímco si jedna populace udržuje stálou hustotu, tak jiná populace může být extrémně cyklická. Tento jev souvisí se zeměpisnou šířkou. Populace hrabošů a lumíků v severní Evropě má tendenci být více cyklická, než populace na jihu (Stenseth, 1999; Krebs, 2013).

U cyklických populací hrabošů dochází k víceletým změnám v početnosti, přičemž cyklické fáze nastávají každých tři až pět let (Krebs, 2013). Rozlišují se 4 fáze.

1. Fáze růstu, dochází k nárůstu počtu jedinců.
2. Fáze vrcholu nastává tehdy, když je vysoká hustota populace. Konkurence se mezi jednotlivými jedinci zvyšuje. V této fázi mají zvířata největší hmotnost (až o 30 %), tento jev se označuje jako "Chittyho efekt" (Chitty and Chitty, 1962). U mnoha jedinců dochází k agresivnímu chování a potlačení reprodukce, z důvodu reakcí na stres, vyšší predaci anebo podvýživu. Zkracuje se období reprodukce a zvyšuje se délka průměrného věku množících se jedinců (Boonstra, 1994; Getz *et al.*, 1997; Tkadlec and Zejda, 1998).
3. Fáze poklesu nastává tehdy, když početnost jedinců začíná klesat. Jedinci jsou menší a dochází tak k menšímu množství vrhů (Andreassen *et al.*, 2021).
4. Fáze nízká začíná, když je nejnižší hustota jedinců. V této fázi se obnovují zdroje. U dospělých jedinců dochází ke snižování věku, ale naopak se zvyšuje přežití u juvenilních jedinců. Délka reprodukčního období se zvyšuje, což po nějakém čase vede k nárůstu populace neboli k fázi růstu (Oli and Dobson, 2001).

Stále není úplně jasné, co přesně způsobuje u hlodavců populační cykly. Lidicker (1978, 1988, 2000) uvedl, že populační cykly jsou příliš složité na to, aby je bylo možné vysvětlit jedním nebo dvěma faktory. Způsobuje je vzájemné působení více faktorů najednou. Cykly mohou být ovlivněny exogenními a endogenními faktory. K exogenním faktorům patří například dostatek potravních zdrojů, klimatické podmínky a disturbance, které mají vliv na životní prostředí. Endogenní cykly vznikají v důsledku silné přímé závislosti na hustotě nebo opožděné závislosti na hustotě (Tkadlec, 2008).

Jednou z hlavních hypotéz populační cyklů je predace. Podle současných výzkumů mohou vyvolat cyklické změny početnosti pouze specializovaní predátoři (Hanski *et al.*, 1993). Graham a Lambin (2002) se zaměřili na experimenty, prováděné v přirozeném prostředí, kdy sledovali vliv lasice kolčavy na populace hrabošů polních. Tato studie zahrnovala všechny čtyři fáze populačního cyklu. Zjistili, že se po odstranění predátorů přežívání juvenilních jedinců snížilo. Pravděpodobně kvůli zvýšené emigraci anebo úmrtností související s infanticidou. Došli k závěru, že přítomnost predátorů není dostatečná na to, aby způsobila víceleté výkyvy v početnosti hraboše polního.

Za druhý důležitý faktor je považována interakce mezi hlodavci a vegetací. Mezitím co herbivoři jsou v pozici predátora, tak rostliny jsou v roli kořisti (Lack, 1954; Rosenzweig and Abramsky, 1980; Tkadlec, 2008). Zdroje potravy mohou interagovat spolu i s dalšími faktory, jako je například predace. Pokud hlodavci nadměrně využívají své potravní zásoby, může dojít k poklesu početnosti v důsledku hladovění (Summerhayes, 1941).

Mezi další příčiny patří účinky populační struktury, mateřský efekt, genetické příčiny, fyzikální faktory (nejčastěji se jedná o klimatické vlivy) a působení patogenů (Tkadlec, 2008), kdy nemoci způsobené různými parazity mohou potenciálně způsobit cyklické kolísání početnosti hlodavců. Nedávné studie prokázaly, že někteří parazité způsobují opožděné dospívání mladých jedinců (Oli, 2019).

Mezi jednotlivými populacemi existuje značná míra synchronizace populačních výkyvů, jenž je specifická pro dané druhy. Ve stejném období dochází ke stejným změnám u různých populací. S narůstající vzdáleností druhů dochází k poklesu synchronizace dynamiky (Tkadlec, 2008). Přestože synchronní fluktuace byly zkoumány podstatně méně než cyklické populace, jsou důležitým znakem, který by mohl pomoci osvětlit základy v populační dynamice.

2.1. Dynamika hibernujících hlodavců

Hibernující hlodavci vykazují sezónní dormanci, která může zvyšovat jejich přežití během zimy. Riziko úmrtí malých savců během hibernace je v průměru pětikrát nižší než v aktivní sezóně (Turbill, Bieber and Ruf, 2011). Turbill, Bieber a Ruf (2011) uvedli, že hibernace je spojena s nárůstem ročního přežití v závislosti na tělesné hmotnosti. Navíc, jak předpokládá evoluční teorie, pomalejší životní historie u hibernujících savců je spojena s vyšší mírou přežití. Při hibernaci dochází k výraznému snížení energetických nákladů bazálního metabolismu a eliminaci potřeby produkce tepla ke kompenzaci tepelných ztrát. Během tohoto období se tělesná teplota blíží k teplotě prostředí (Nedergaard *et al.*, 1997). Přežívání mláďat má zásadní vliv na populační dynamiku, často závisí na době narození a odstavení mláďat. Tělesná hmotnost u mláďat je před hibernací silným prediktorem přežití přes zimní období. Zejména pozdě narozená mláďata mají problém se získáváním dostatečného množství energie, jak pro růst, tak pro ukládání tukových zásob před hibernací, v důsledku čehož mohou trpět relativně vysokou zimní úmrtností. Větší šanci na přežití mají brzy narozená mláďata (Bieber *et al.*, 2012).

Hibernace může také významně snížit predaci tím, že umožňuje delší období nečinnosti, obvykle při ukrytí v podzemních norách nebo jeskyních. Jako příklad lze uvést plcha velkého (*Glis glis*), u kterého byla sledována prodloužená letní dormance. V tomto případě prodloužené klidové období pravděpodobně slouží ke zvýšení přežití, tím, že dochází k eliminaci predace v letech, kdy většina jedinců vynechává rozmnožování (Bieber and Ruf, 2009). Rozmnožování u tohoto hibernátora je silně vázáno na dostupnost energeticky bohaté potravy, jako jsou například bukvice nebo žaludy. Ukázalo se, že míra přežití plcha velkého je v nereprodukčních letech dvakrát vyšší než v reprodukčních letech. Délka života může být tedy ovlivněna četností výsevu semen a následně reprodukčními roky. Mezitím, co ve zkoumané německé populaci plchů byla průměrná délka života 3,4 let (Ruf *et al.*, 2006), tak jedinci v severní Itálii, kdy se semenné roky vyskytovaly vzácněji, se dožívali v průměru 9 let (Pilastro, Tavecchia and Marin, 2003). V pěti zkoumaných populacích plcha velkého byla nejvyšší míra přežití během zimního spánku a nejvyšší úmrtnost byla zaznamenána v květnu. Dospělí jedinci však ztrácejí během hibernace přibližně 30 % své tělesné hmotnosti a po probuzení mohou trpět

vyčerpanými energetickými zásobami. Proto musí strávit více času hledáním potravy, což je pravděpodobně činí více nápadnými pro predátory, a tím se zvyšuje riziko úmrtnosti (Lebl *et al.*, 2011). Ve studované lokalitě v Anglii v letech 1996–2001 byli monitorováni plši velcí. Během období bylo celkem zaznamenáno 179 samců a 180 samic, což představovalo poměr pohlaví 1:1. Reprodukce u jedinců během šesti let byla pozorována pouze ve třech letech, a to v 1997, 1999 a 2000. Průměrná velikost vrhu byla 6,8 mlád'at. Roční hustota populace odpovídala 0,6–4,1 jedinců/ha a průměrná míra opětovného výskytu u jedinců, kteří přežili hibernaci, byla 21 % u juvenilů a 27 % u dospělců (Burgess, Morris and Bright, 2003). Při srovnání s výsledky populační hustoty v Evropě se tato populační hustota zdá být nízká. Například v Německu byla zjištěna populační hustota 2,3–6 jedinců/ha (Schlund *et al.*, 1997). Naopak průměrná velikost vrhu byla zde vyšší (6,8) než v Evropských zemích. V Itálii byla zjištěná průměrná velikost vrhu 4,7 a 5,3 mlád'at (Pilastro, 1992; Pilastro, Gomiero and Marin, 1994), ve Slovinsku 5,8 (Kryštufek, 2001) a v České republice na Moravě 4,5 (Gaisler, 1977).

Také u plšika lískového (*Muscardinus avellanarius*) bylo zjištěno, že měsíční míra přežití v období hibernace byla vyšší než v aktivním období (Bieber *et al.*, 2012). Plšík lískový je malý hibernátor (hibernace až 7 měsíců). Od ostatních drobných hlodavců se výrazně liší svou dlouhověkostí, nízkou průměrnou populační hustotou (často pouze 1–3 dospělí jedinci/ha) a nízkou mírou reprodukce (1–2 vrhy za sezónu, kdy průměrná velikost vrhu jsou 4 mlád'ata). Na rozdíl od hrabošů polních, kteří vykazují velké výkyvy v početnosti, populace plšika lískového může zůstat poměrně stabilní po delší dobu (Juškaitis, 2008).

V letech 1988–2014 bylo na území Velké Británie sledováno 640 lokalit s výskytem plšika lískového, z toho na 458 lokalitách byl zaznamenán výskyt s více než jedním jedincem. Na těchto lokalitách bylo zjištěno, že průměrný počet dospělých jedinců se během studovaného období pohyboval od hodnot s nejnižším počtem 2,2 (2013) až po nejvyšší počet 8,8 (1995). Průměrná hodnota početnosti plšíků na jednu budku byla 0,052, tj. 5,2 dospělých jedinců na 100 budek. Průměrná roční míra poklesu byla 5,8 %. Od roku 1993 do 2014 počet jedinců klesl až o 72 % a tento pokles stále probíhá (Goodwin *et al.*, 2017). Ve zkoumané populaci plšíků lískových v jihozápadní Litvě

studie ukázala, že vyšší letní úmrtnost dospělých samic v porovnání s dospělými samci by mohla souviset s reprodukcí, protože kojící samice mají zvýšené energetické nároky a potřebují tak více času na hledání potravy, během kterého jsou více vystaveny predátorům (Juškaitis, 2014). Kromě toho může úmrtnost plchů také souviset s denním torporem, který je pro ně typický na jaře. Při takovém stavu mnoho predátorů, zejména dravci mohou najít a zkonsumovat tyto jedince. Zjistilo se, že u jedinců, kteří byli v dobré fyzické kondici (s váhou 20 g), došlo během výzkumu k vymizení, což vedlo vědce k domněnce, že nejpravděpodobnější příčinou vymírání plchů je predace (Bieber *et al.*, 2012).

U některých druhů velkých hibernátorů, jako jsou například svišti, dochází naopak k vysoké úmrtnosti v období hibernace. Zejména u sviště horského (*Marmota marmota*) (Arnold, 1990). Zatímco si spousta menších hibernátorů v rámci přípravy na zimní spánek zajišťuje zásoby potravy, tak větší druhy, jako jsou svišti, si intenzivně hromadí tělesný tuk před začátkem zimy, a proto někdy ani nemusí přes celé zimní období přijímat potravu. Vývoj mláďat před hibernací u svišťů vyžaduje několik měsíců. Tento způsob sezónní adaptace nevyhnutelně omezuje rozmnožování svišťů na jedno mládě ročně. Nízký roční reprodukční výkon je však u jedinců kompenzován relativně vysokou dlouhověkostí. Vysoká délka života v kombinaci s nízkou roční reprodukcí, se vyskytuje také u mnoha malých hibernujících netopýrů, což se přičítá jejich schopnosti letu, která navíc minimalizuje riziko predace (Bieber *et al.*, 2012).

V roce 2006 byl zahájen projekt na reintrodukcí svišťů v Národním parku Dolomiti Bellunesi. Celkem bylo během května 2006 a 2007 vypuštěno 80 jedinců v poměru pohlaví 1:1 do dvou lokalit. Populační hustota na se postupně zvyšovala každým rokem. Na první lokalitě na podzim 2006 činila 7,4 rodinných jednotek/ 100 ha, v roce 2007 pak 18,5 a na konci léta 2008 hodnota byla 22,2. Populační hustota na druhé lokalitě v porovnání s první lokalitou byla mnohem nižší, na podzim v roce 2006 hustota byla 2,5 rodinných jednotek/ 100 ha, v roce 2007 pak 7,1 a v roce 2008 byla 13,5. Na konci léta 2008 pak počet narozených jedinců převýšil počet reintrodukovaných jedinců (Borgo, Vettorazzo and Martino, 2009).

2.2. Populační dynamika křečka polního ve vybraných zemích

Křečci polní investují do vysokého reprodukčního výkonu, aby tak vykompenzovali přirozené ztráty. Populační hustota křečků závisí často na sezónnosti životního cyklu. Nejnižší hustota většinou bývá brzy na jaře a nejvyšší naopak na konci reprodukčního období, tedy v srpnu. Během hibernace může populace opět klesat (Weinhold, 2009).

2.2.1. Česká republika

V České republice se populace křečka polního považovala za stabilní. Pravidelně se vyskytovali na 2/3 území. V roce 1973 na několika lokalitách, zejména v západní a severní části země, také v okolí Prahy a Brna byly zkoumány vysoké (více než 11 nor/ha) a střední (6–10 nor/ha) hustoty jedinců. Na Brněnsku v té době bylo odchyceno 15–36 křečků, místy bylo nalezeno až 63 nor/ha. Vysoké hustoty byly zaznamenány také v letech 1975–1977, ale postupem času se oblast výskytu křečka polního stále zmenšovala a zároveň taky klesala i populační hustota (Grulich, 1980). Od roku 2001 probíhá sledování křečka polního v jihovýchodní části města Olomouce. V Olomouci v letech 2001–2006 se Losík *et al.* (2007) věnovali demografické struktuře a procesů v přírodní populaci křečka polního. Během jarního období 2001–2006 průměrná hustota populace na sledované ploše byla 1,6 jedince/ha a hustota nor se pohybovala mezi 2–4 nor/ha. Nejvyšší hustota jedinců během sledovaného období byla pravidelně zaznamenána v srpnu, přičemž v roce 2005 byla dosažena maximální hustota, a to kolem 8 jedinců/ha. K následnému poklesu přispěla vyšší úmrtnost mláďat a začátek hibernace starších jedinců. Největší pokles populace byl zaznamenán v zimě 2002–2003, kdy došlo k celkovému poklesu na 30–40 % podzimní velikosti populace. Po hibernaci se jarní početnost v jednotlivých letech lišila mnohem méně než maxima zaznamenaná v létě. Výzkumem v Olomouci se také zabývalo mnoho bakalářských a diplomových prací.

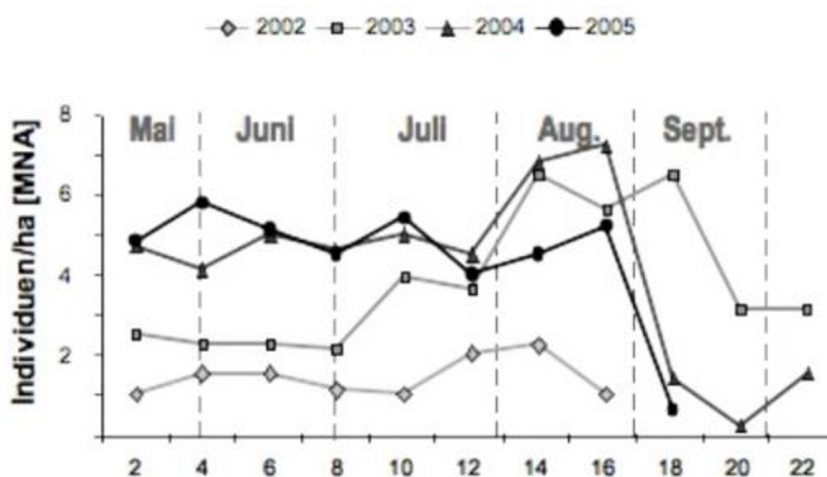
2.2.2. Francie

Ve Francii se křeček polní vyskytuje pouze v oblasti Alsaska, kde byl v minulosti extenzivně loven, kvůli způsobování škod v zemědělství. Během 60. let 20. století byl pozorován pokles populací a až do roku 1997 křečci polní přišli o 77 % svého původního areálu (Wencel, 1998). V Alsasku od roku 2000 probíhá posilování populace, přičemž reintrodukovaná zvířata pocházejí z odchovů. Ze začátku vypouštění těchto jedinců přinášelo dobré výsledky. V prvních letech populace vzrostla, ale po roce byl opět zaznamenán pokles. Populace křečka polního se vyznačuje značnou přirozenou populační fluktuací a ve 20. století v Alsasku nastala populační exploze (Baumgart, 1996). V roce 1972 se ve Francii křečci vyskytovali v 329 obcích. Po poklesu v roce 2012 se křečci vyskytovali už pouze v 19 obcích, přitom 82 % populace se vyskytovalo pouze v 5 obcích. Během období 2001–2007 populace křečka polního v Alsasku poklesla až sedmkrát (O'Brien, 2015). Ve Francii v Alsasku došlo nedávno k zavedení monokultury kukuřice na polích, která připravuje polní hlodavce o zdroj potravy. V minulosti zde byla mozaikovitá krajina, která během aktivní sezóny zajišťovala hlodavcům dostatek potravy. V současnosti je přes 80 % alsaské nížiny věnováno plodině kukuřici (Méchin, 2011).

2.2.3. Německo

Až do poloviny 20. století byli křečci polní poměrně hojně rozšířeni na území Německa. Kvůli vysokým hustotám docházelo k hubení jedinců, kteří byli také loveni za účelem obchodu s kožešinami, zejména v Durynsku, Sasku-Anhaltsku a Sasku. Například v Sasku-Anhaltsku kvůli obchodu s kožešinami, bylo v období 1952–1956 každým rokem odchyceno 1–2 miliony jedinců (Müller, 1960). V Německu jihovýchodní části Dolního Saska v oblasti Lamme, byla prováděná studie na populaci křečka polního. Na jaře 2002 byly na studované lokalitě zaznamenány 4 nory/ 10ha a o 3 roky později zde bylo zmapováno 144 nor/ 10 ha. V létě vzrostl počet nor na lokalitě z 68 nor/ 10 ha (2002) na 279 nor/ 10 ha (2004), ale během roku 2005 poklesl na 188 nor/ 10 ha. Během období bylo celkem odchyceno 577 jedinců. Jednalo se o 272 dospělých jedinců a 305 mlád'at. Největší počet jedinců (209) byl zaznamenán v roce 2005, naproti tomu v roce 2002 byl

zjištěn nejmenší počet jedinců (52). Poměr juvenilních jedinců k dospělým jedinců byl 1,12. V roce 2003 poměr dosáhl maxima (2,10), ale poté začal klesat a v roce 2005 se výrazně snížil na hodnotu 0,74. Poměr samců k samicím byl téměř stejný, průměrná hodnota činila 0,87. Na lokalitě se početnost populace v letech 2002–2004 průběžně zvyšovala. Hustota jedinců mezi květnem a červencem v roce 2005 byla vyšší než v předchozích letech, ale v druhé polovině roku byla naopak nižší než v letech 2003 a 2004. V těchto letech byla maxima zaznamenána v měsíci srpnu (obr. 3) (Kupfernagel, 2007).



Obrázek 3. Vývoj hustoty křečka polního v letech 2002–2005 na lokalitě v Lamme (10 ha) (Kupfernagel, 2007).

2.2.4. Nizozemsko

V letech 1970 až 1997 došlo ke zmenšení areálu výskytu křečka polního nejméně o 74 %. Od roku 2000 se na území Nizozemska v zajetí odchovalo přes 950 jedinců a během 2002–2007 bylo z odchovaných jedinců 600 reintrodukováno do volné přírody (Neumann *et al.*, 2005). Při sledování hustoty populace v letech 2002–2016 bylo zaznamenáno celkem 877 jedinců. Bohužel, na konci studie bylo zjištěno, že až polovina z těchto jedinců zemřela. Mimo aktivní sezónu týdenní přežívání samic a samců bylo podobné, naopak v aktivní sezóně nejnižší přežití u samců bylo v červnu a u samic v období května až července. Celkově však měly samice vyšší míru přežití než samci během aktivní sezóny (La Haye *et al.*, 2020). Nižší míra přežití u samců by tak mohla korelovat s častými přesuny mezi norami (Wijk *et al.*, 2011).

2.2.5. Polsko

V Polsku v roce 1971 se křeček polní vyskytoval na 1176 lokalitách. V současné době z mnoha oblastí však téměř zcela vymizel. Podle Ziomek a Banaszek (2007) je pokles populace až o 81–90 %. Největší populace přetrvávají na Lublinské pahorkatině, v Roztokách a jižní části Małopolské pahorkatiny. V období 2005–2008 na zkoumané ploše v oblasti města Lublin, bylo nalezeno celkem 73 aktivních nor, což představovalo hustotu 2,8 nory/ha (Banaszek a Ziomek, 2010). V roce 2018 se v této oblasti prováděl výzkum, zaměřený na hustotu nor ve třech lokalitách (v roce 2017 zde byly pěstovány obilniny a řepka, ale v roce 2018 došlo k přerušení, a plochy tak začaly zarůstat plevele, resp. invazními zlatobýly). Na lokalitě, která byla částečně obdělávána, byla zjištěna hustota 7,8 nor/ha, v místech (zbylé 2 lokality), kde zlatobýl byl rozšířenější, se hustota nor snížila, a to na 0,85 nor/ha a 1 nora/ha (Buczek, 2019). V roce 2007 v jižním Polsku, ve městě Jaworzno, byla zjištěna průměrná hustota nor 5,5 nor/ha. Nicméně, v letech 2012–2015 se celkový počet jedinců snížil, přičemž hustota nor byla méně než 1 nora/ha (Melosik *et al.*, 2016). Hustota nor byla v roce 2012 zkoumána ještě na lokalitách Szczotkowice a Zesławice. V obci Szczotkowice byla zjištěná hustota 0,9 nor/ha, v této oblasti převažovalo rozsáhlé pěstování obilnin. V obci Zesławice byla zjištěná hustota 1,3 nor/ha, v této oblasti byl rozmanitější biotop (pole s obilím, s tolicí vojtěškou, se zeleninou a úhory) (Kaim, Hedrzak and Ziewacz, 2013).

2.2.6. Rakousko

V oblasti Vídně se nachází největší populace křečka polního z celé střední Evropy. V roce 2010 se v centru Vídně, kolem hřbitovů, parků a zahrad nacházelo asi 3000 jedinců. Průměrná hustota zde byla 2,2 nor/ha. Oblasti s největším výskytem se nacházely na hlavním městském hřbitově a v jihovýchodní části města. Při sledování populace na městském hřbitově, bylo zaznamenáno 965 nor/ 253 ha (3,8 nor/ha) a v jihovýchodní části města bylo 250 nor/ 360 ha (0,69 nor/ha). Podél dálnic se nacházelo okolo 20 jedinců

na ploše menší než 1 hektar (Hoffmann, 2010; Hoffmann *et al.*, 2016). V současnosti byli křečci polní zaznamenáni v 9 okresech Vídně. Při mapování aktuálního výskytu byly nalezené četné plochy, na kterých se jedinci vyskytovali. Na sledovaných územích v oblasti Favoriten průměrná vypočtená velikost populace byla 740 jedinců. Avšak největší hustota křečků byla zjištěna v oblasti Donaustadt, kde bylo zaznamenáno až 905 jedinců. Průměrná hustota křečků ve Vídni byla odhadnuta na necelých 15 jedinců/ha (Hoffmann *et al.*, 2016).

2.2.7. Rusko

Největší zjištěná populace křečků polních se nachází v městě Simferopolu, v centrální části Krymu. V roce 2000 byly populace křečků v centru Simferopolu nalezeny na 13 lokalitách. Průměrná hustota byla 36 nor/ha, což by odpovídalo přibližně 12 jedincům/ha (při vyloučení opuštěných nor). V roce 2012 pak populační hustota poklesla na 26 nor/ha (Feoktistova *et al.*, 2013). Při sledování populace, které bylo v dubnu v roce 2015, bylo zaznamenáno 20 obydlených nor/ha. V Simferopolu se obydlené nory křečka polního nacházejí jak na okraji, tak v centru města. V městských oblastech mají jedinci přístup k většímu množství potravy, což může přispívat k udržení stabilnější a hustší populace (A. V. Surov *et al.*, 2016).

2.2.8. Slovensko

Na Slovensku byl křeček polní v letech 1971–1972 zaznamenán ve 192 lokalitách. V západní části Slovenska v letech 2001–2003 probíhalo mapování výskytu křečka polního. Ambros, Baláž a Janálová (2004) potvrdili výskyt na 72 lokalitách, největší množství jedinců se objevovalo v měsících červenci a srpnu, kdy subadultní jedinci opouštěli své nory. V průběhu let 2009–2012 byli křečci nalezeni na 24 hektarech městského hřbitova v Košicích a v roce 2012 bylo na území zaznamenáno celkem 15 jedinců a 33 systémů nor (Čanády, 2013). Během pozorování jedinců na hřbitově v roce 2013 bylo celkem zaznamenáno 10 aktivních systémových nor s 1–6 norami, na základě

pozorování se potvrdilo 6 jedinců v areálu hřbitova (Čanády, 2015). Taktéž v letech 2015–2016 byl ověřen výskyt druhu (Čanády and Mošanský, 2017).

2.2.9. Ukrajina

V minulosti byla populační hustota křečků na Ukrajině tak vysoká, že docházelo k obchodu s jejich kožešinami. Ve 30. letech 20. století byla populace křečků nalezena v 529 lokalitách, které pokrývaly většinu Ukrajiny. Nejvyšší hustota byla zaznamenána v roce 1928, kdy bylo odchyceno zhruba 3,3 milionu křečků (Vilniy, 1928), v letech 1934–1939 bylo odchyceno asi dva miliony jedinců (Gershenson, 1945), a poté v letech 1947–1970 1,8 milionu jedinců. Výskyt křečka polního byl zde vázaný na stepní, lesostepní a lesní zóny. Ve stepní zóně Ukrajiny uplynulo od posledního údaje o výskytu druhu více než 20 let. V lesostepní zóně se křeček polní vyskytoval ve velmi vysokém počtu, a to s 5 až 10 nor/ha (Samosh, 1972). Ve východní části byl výskyt potvrzen u šesti okrsků, populační hustota se zde pohybovala od méně než 1 do 5–7 nor/ha. V západní části byla hustota zaznamenána kolem 1–3 nor/ha. V lesní zóně za posledních 20 let, byl křeček polní hlášen pouze ze dvou oblastí (Volyň a Černigov). Ve Volyni se křečci stali extrémně vzácní v 90. letech 20. století, protože zde byla pouze jedna lokalita s výskytem druhu. Hustota této populace poklesla z 12 nor/ 100 ha na 4 nor/ 100 ha. Křeček polní postupně ubýval v lesostepní zóně a ve většině stepních zón už vyhynul (Rusin, Banaszek and Mishta, 2013).

3. Cíle práce

Hlavním cílem této práce bylo sledovat změny velikosti populace křečka polního. Zaměřit se na kolísání početnosti v letech 2011–2022 v lokalitě Olomouc-Holice. Dále určit věkovou a pohlavní strukturu.

4. Materiály a metody

4.1 Lokalita

Sledování populace křečka polního probíhá ve vědeckotechnickém areálu v Olomouc-Holice. V areálu sídlí Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého a výzkumná centra.

Lokalita se nachází v nadmořské výšce 210 m n. m. na souřadnicích 49°34'31" N, 17°17'07" E. Leží na úrovni nivy řeky Moravy a půdy v lokalitě patří k fluvizemím, které jsou vhodné pro vytvoření norových systémů. Výzkumná plocha o rozloze 0,40 ha byla osetá tolicí vojtěškou (*Medicago sativa*), nicméně časem začalo pole zarůstat plevele. Pole je mulčováno jednou ročně. Z východní strany je pole ohraničené železniční tratí a v okolí se nachází zemědělská pole, sloužící pro vědecké účely. Na celé ploše se pěstuje několik druhů rostlin a plodin, tudíž se jedná o území s pestrou mozaikou, které křečkovi poskytuje úkryt před predátory a rozmanitou potravu.

Populace křečka polního se v areálu Olomouc-Holice vyskytuje přirozeně. Monitoring probíhá už od roku 2001. Na poli o výměře 63 m × 63 m probíhá zároveň i výzkum hraboše polního (*Microtus arvalis*). Na dané lokalitě se také vyskytuje myšice křovinná (*Apodemus sylvaticus*), zajíc polní (*Lepus europaeus*) a další.

4.2 Metoda sběru dat

Monitoring populace probíhal metodou zpětného odchyty neboli capture-mark-recapture, kdy byli jedinci odchyťováni do živolovných pastí.

Odchyťová sezóna začala v dubnu a skončila v říjnu. Před samotnými odchyty musely být nejprve nalezeny nory. Postupně byla prozkoumána výzkumná plocha a zjištěné nory byly zaznamenány, aby bylo možné je při dalších odchytech najít. Odchyty probíhaly 1–2 × měsíčně dva dny po sobě. K norám byly v podvečer rozmístěny živolovné pasti s nastraženou návnadou. Návnadou byly především semínka slunečnice,

ale i mrkev a jablka. Ke každé noře byly umístěny 3 pasti, které fungují na principu sklápěcího mechanismu, kdy jedinec vlezle dovnitř a po našlápnutí na destičku ve středu pasti dojde k uvolnění padacích dvířek. Následující den ráno byly pasti kontrolovány.

Chycení jedinci byli přemístěni do velké skleněné nádoby, kde byli následně uspáni. Uspání bylo pomocí kousku kapesníku napuštěného narkotizační látkou dietyléter. Po uspání bylo pomocí čtečky čipů možné zjistit identifikační číslo jedince, pokud nebyl chycený křeček již označený, musel mu být aplikován čip a byl mu odebrán vzorek DNA. Čip byl zaveden pod kůži na krku pomocí speciální jehly. Odebrání vzorku DNA bylo provedeno pomocí sterilních nůžek, kdy byla odstráhnuta špička ušního boltce. Vzorek byl vložen do fixační tekutiny.

Po očipování byl každý jedinec vážen a měřen. Zaznamenávána byla hmotnost, délka těla, délka chodidla a velikost tibie. Bylo určováno jeho pohlaví, stáří, reprodukční a zdravotní stav. Celé měření muselo být rychlé, protože narkotizační látka vyprchala za krátký čas. Po probuzení byli jedinci vypuštěni k norám, kde byli chyceni. Pokud byl následující den jedinec chycen znovu, nebyl narkotizován a ihned byl puštěn.



Obrázek 4. Otevřené živolovné pasti s nastraženou nástrahou (foto V. Vašková)

4.3 Zpracování dat

Do záznamů tabulkového editoru Excel, který obsahuje data o všech odchycených jedincích od začátku sledování populace křečka polního v Olomouc-Holice (od roku 2001) (Losík et al., 2007), jsem nejprve doplnila data z let 2019, 2020 a 2021, která byla k dispozici jen v podobě terénních deníků. Následně jsem do záznamu přidávala vlastní data nasbíraná během terénních odchytů v období dubna až října 2022. Ze záznamů o odchycích jsem pak vytvořila soubory s odchytovými historiemi jedinců pro období 2011–2022, rozlišovala jsem při tom samce a samice a také uváděla stáří jedinců ve dvou kategoriích – subadultní a adultní. Rozlišení subadultních a adultních jedinců se provádělo podobně, jako se uvádí v předchozích bakalářských a diplomových pracích (např. Vostrčilová, 2020). Subadulti jsou jedinci, kteří se v roce narození stali plně samostatní, ale zatím nejsou schopni reprodukce. Adultní neboli dospělý jedinec je ten, který je už sexuálně aktivní a schopný se rozmnožovat. Rozpoznávacími znaky jsou například velikost, váha, dobře vyvinutá a viditelná varlata u samců anebo otevřená vagina u samic, popř. gravidita.

4.4 Metody CMR

Při studiu populace křečka polního byla použita metoda zpětných odchytů označených jedinců (Jolly, 1965). Pro výpočet odhadů velikosti populace a míry přežívání křečka polního byl použit model Jolly-Seber v parametrizaci POPAN (Schwarz and Arnason, 1996, 2007). Tento model zahrnuje čtyři parametry (pravděpodobnost přežívání (Φ), pravděpodobnost odchytu (p), pravděpodobnost vstupu do populace ($pent$) a velikost super populace (N)). Základní model zahrnuje časovou proměnlivost parametrů Φ , p a $pent$, kde Φ a $pent$ se vztahují k období mezi jednotlivými odchytovými událostmi a p se týká jednotlivých odchytů. Časová variabilita může být způsobena kolísáním vnějších podmínek nebo nerovnoměrným úsilím při odchytů. Parametr Φ je nazýván jako zjevné přežívání (apparent survival), zahrnuje jak mortalitu, tak trvalou emigraci jedinců z daného místa a tím se liší od skutečného přežití. Odhad počtu jedinců, kteří byli během sledovaného období přítomni v populaci (super populace) je vyjádřena parametrem (N).

Pomocí těchto hlavních parametrů je možné vypočítat odhady počtu jedinců v populaci v jednotlivých odchytových akcích $N(i)$, což je odhad počtu jedinců, kteří byli na dané lokalitě přítomni v určitém časovém okamžiku. Data byla rozdělena do dvou skupin podle pohlaví odchycených jedinců a základní model předpokládal také rozdíly mezi pohlavími v těchto parametrech.

Pro výpočty byl použit program MARK (White and Burnham, 1999), který také umožňuje vytváření a srovnávání zjednodušených verzí základního modelu. Zjednodušené varianty předpokládají, že jeden nebo více parametrů je konstantních, tedy nemá časovou variabilitu, nebo že mezi pohlavími neexistují žádné rozdíly. Varianty základního modelu byly porovnávány pomocí Akaikeho informačního kritéria AIC (Anderson and Burnham, 1999), které byly upravené pro malé vzorky AICc (Hurvich and Tsai, 1995). Nejlépe hodnocená varianta má nejnižší hodnotu AICc. Výsledné odhady demografických parametrů byly vypočítány ze všech variant základního modelu jako průměry vážené pomocí AICc vah.

Pomocí pravděpodobnostních modelů v programu MARK byly z dat vypočítány odhady velikosti populace samců a samic pro jednotlivé odchty. Výsledné grafy pro prezentaci výsledků, byly vytvořeny v aplikaci RStudio (verze 4.2.2.; Posit team, 2023) za použití zásuvného modulu ggplot2 (balík pro vizualizaci dat pro prostředí R).

5. Výsledky

V odchytové sezóně roku 2022, trvající od dubna do října, bylo provedeno 8 odchytoových akcí (27. dubna, 3. května, 1. června, 14. června, 12. července, 26. července, 12. srpna, 28. srpna). Opakovaně byli odchyťováni 4 křečci, kteří byli dohromady chyceni 13 krát, jednalo se o 2 samce a 2 samice. Prvním chyceným křečkem (dne 27. dubna) byla dospělá samice, která úspěšně přezimovala z roku 2021. Posledním chyceným křečkem byl subadultní samec (dne 26. července).

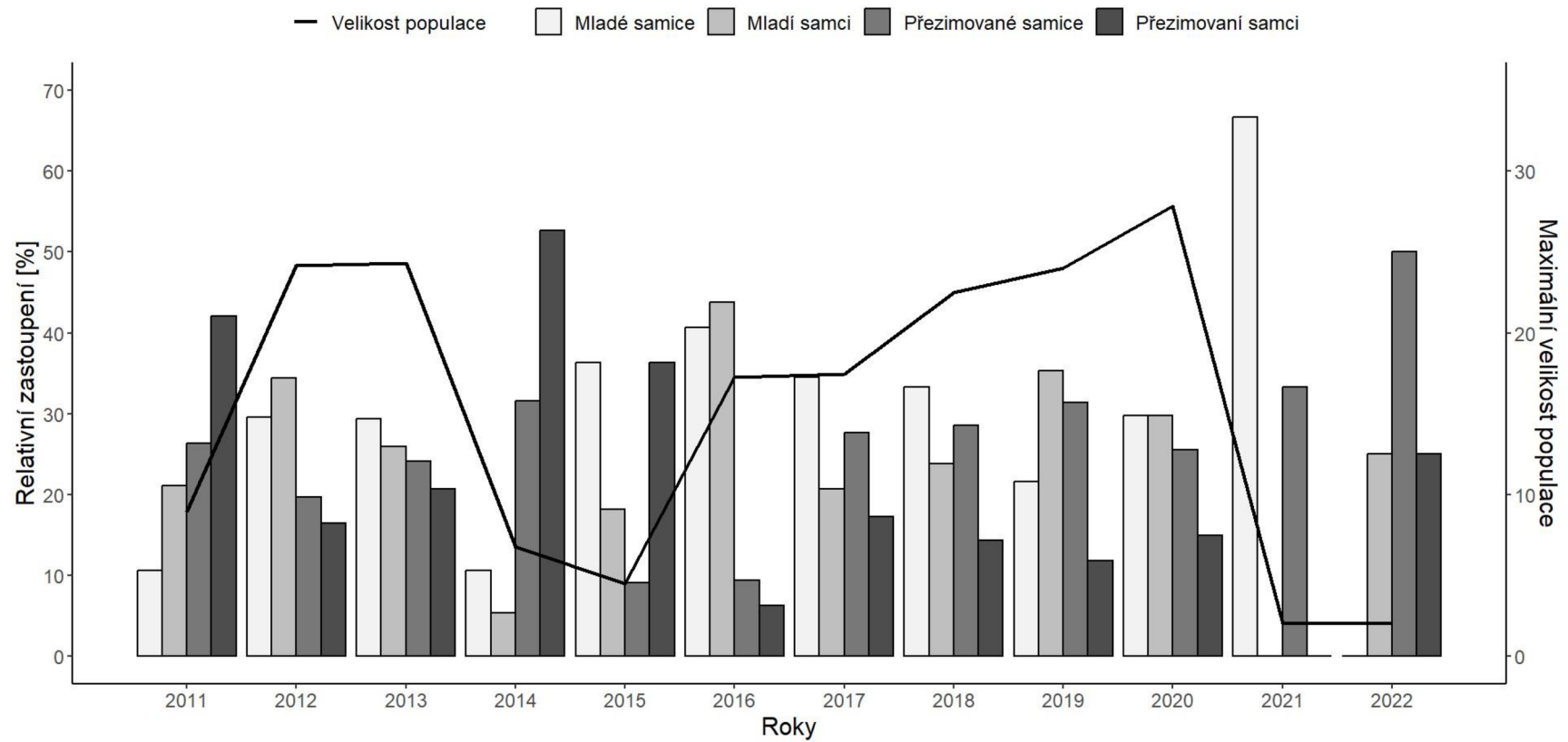
Za sledované období, tj. roky 2011–2022, se chytilo celkem 326 jedinců. Z toho bylo 156 samců a 170 samic. Rozborem dat za uvedené období bylo zjištěno, že se první subadultní jedinci chytali pravidelně v měsíci červnu. Nejvíce odchycených jedinců bylo v roce 2012, kdy se odchytilo celkem 61 jedinců (31 samců a 30 samic). Naopak nejslabším rokem, co se týče odchyty, byl rok 2021. V tomto roce se chytily pouze 3 samice (tab. 1). Poslední odchycení jedinci byli pravidelně zaznamenáni v měsíci září, výjimkou byly rok 2017 (srpen), 2018 a 2021 (říjen), 2022 (červenec).

Tabulka 1. Počet odchycených jedinců na lokalitě podle pohlaví v letech 2011–2022

Pohlaví	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Samci	12	31	27	11	6	16	11	16	24	21	0	2
Samice	7	30	31	8	5	16	18	26	27	26	3	2
Celkem	19	61	58	19	11	32	29	42	51	47	3	4

Počet aktivních nor se během let výrazně měnil. Konkrétně za poslední 4 roky, od 2019 do 2022, bylo na ploše o rozloze 0,40 hektaru nalezeno 48 různých nor, z toho nejvíce jich bylo nalezeno v roce 2019 (23 nor), nejméně v roce 2022 (4 nory). V roce 2021 byly provedeny pouze 2 odchytové akce, což mohlo vést k podhodnocení početnosti v tomto roce.

Podíl odchycených přezimujících a mladých jedinců se během sledovaného období měnil (obr. 5) U přezimovaných jedinců byl u většiny případů poměr pohlaví vychýlen na stranu k samicím (obr. 8). U mladších jedinců, kteří ještě nebyli pohlavně aktivní, také převažovaly častěji samice.



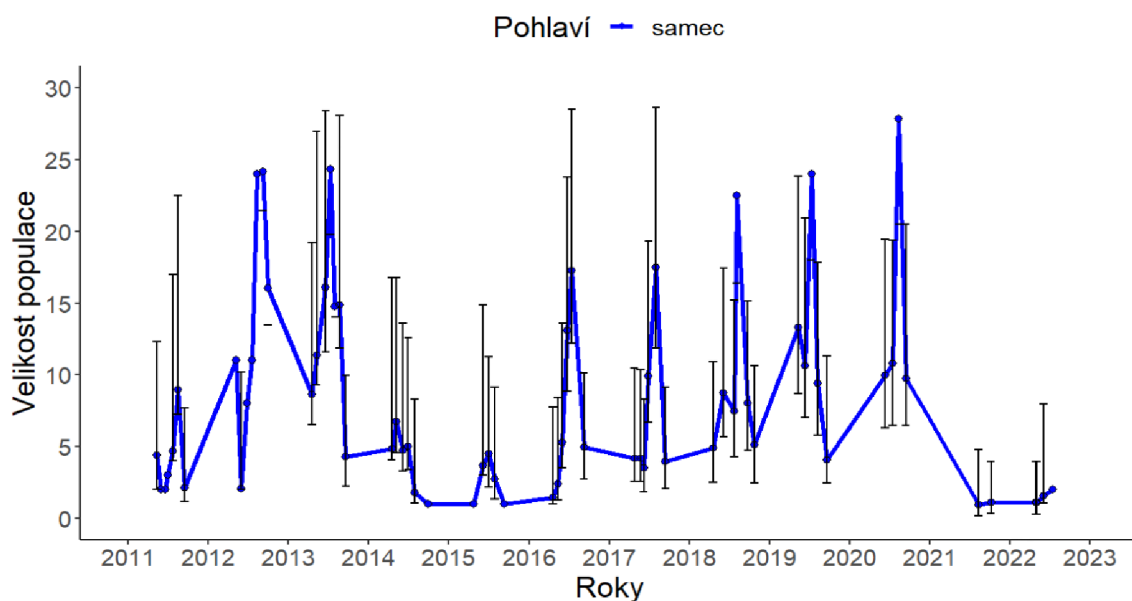
Obrázek 5. Kolísání věkové a pohlavní struktury v populaci křečka polního v Olomouci v období 2011–2022 s ohledem na velikost populace (odhad Jollyho-Sebera), graf byl vytvořen z hodnot počtů odchycených jedinců.

Jako nejlepší z variant základního modelu se ukázal být model s časovou proměnlivostí v pravděpodobnosti přežívání, rozdílnou pravděpodobností odchyty mezi samci a samicemi a časovou proměnlivostí v pravděpodobnosti vstupu do populace (tab. 2). Maximální velikost populace za sledovaných 12 let byla modelem JS v srpnu 2020 odhadnuta na 28,25 jedinců. Naopak nejnižší velikost populace 0,96 jedince byla odhadnuta v září 2015.

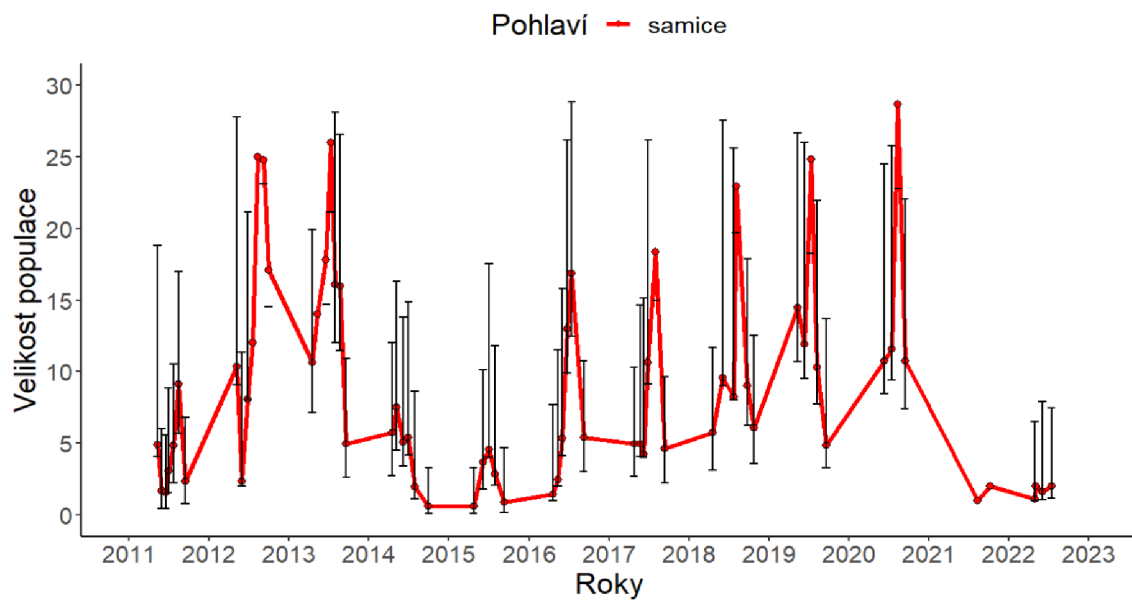
Podrobnějším rozbořením lze vybrané roky popsat následovně (obr. 6 a 7). V roce 2012 došlo k výraznému nárůstu populace. Začátkem roku 2013 začala populace klesat, během léta 2013 došlo k nárůstu, na podzim před hibernací však prudce poklesla. Během let 2014–2016 se velikost populace udržovala na nízkých hodnotách. V období 2016–2019 velikost populace nejprve během léta rostla, před hibernací pravidelně klesala. V srpnu 2020 byl zaznamenán nejvyšší nárůst populace během sledovaného období. Během období 2021–2022 se velikost populace držela opět na nízkých hodnotách. Průměrná pravděpodobnost odchyty pro samce byla 0,506 (SE 0,0471; CI 0,415–0,597) pro samice 0,563 (SE 0,0363; CI 0,491–0,633).

Tabulka. 2. Pořadí modelů

Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Model Likelihood	Num. Par	Deviance
Phi(t)p(g) pent(t) N(g)	1790,24	0	0,43194	1	132	-1257,38
Phi(g+t)p(g) pent(t) N(g)	1790,69	0,448	0,34525	0,7993	133	-1260,32
Phi(t) p(g)pent(g+t) N(g)	1792,8	2,5602	0,12008	0,278	133	-1258,21
Phi(g+t)p(g) pent(g+t) N(g)	1793,11	2,8724	0,10273	0,2378	134	-1261,3

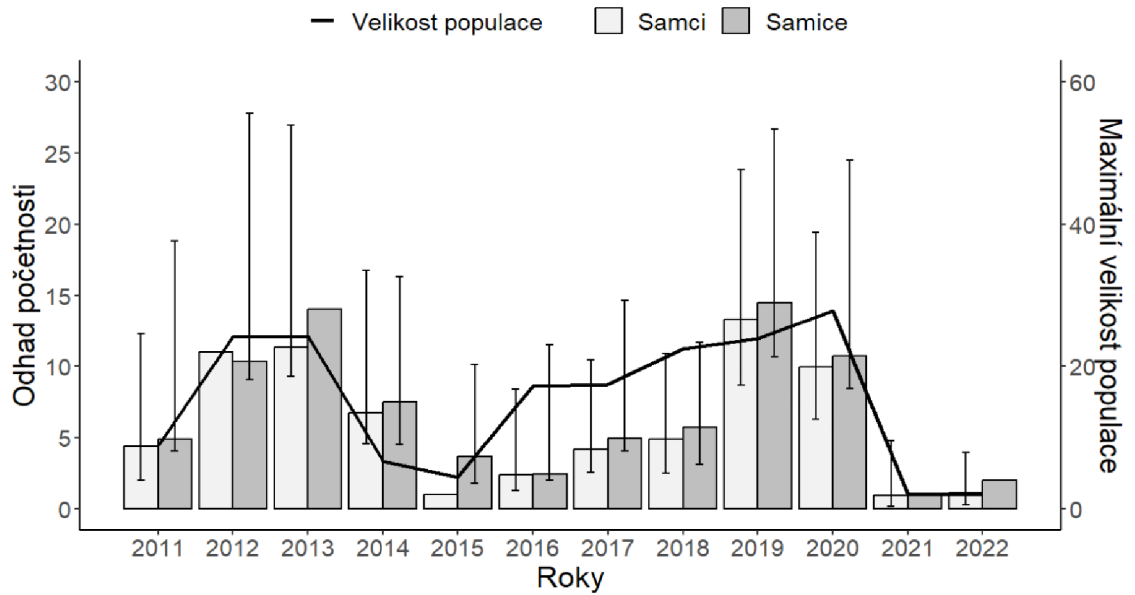


Obrázek 6. Kolísání populační početnosti (odhad Jollyho-Sebera) samců křečka polního na lokalitě v Olomouci v období 2011–2022. Úsečky vymezují 95% meze spolehlivosti odhadů.



Obrázek 7. Kolísání populační početnosti (odhad Jollyho-Sebera) samic křečka polního na lokalitě v Olomouci v období 2011–2022. Úsečky vymezují 95% meze spolehlivosti odhadů.

Průměrný poměr pohlaví dospělých jedinců za sledované období vypočítaný z nejvyšších odhadů početnosti v jednotlivých letech byl 1,10 (SEM 0,0609) ve prospěch samic.



Obrázek 8. Graf poměr pohlaví dospělých samic k samcům v období 2011–2022, graf byl vytvořen z odhadů početnosti vypočítané modelem. Úsečky vymezují 95% meze spolehlivosti odhadů.

6. Diskuze

Křeček polní je v současnosti silně ohroženým druhem, u kterého stále dochází k výrazným poklesům v populacích (Kryštufek *et al.*, 2020). V rámci své bakalářské práce jsem sledovala přírodní populaci křečka polního na lokalitě v Olomouc-Holice. Zabývala jsem se kolísáním početnosti, věkové a pohlavní struktury. Při analýze dat jsem se zaměřila na období let 2011–2022 z důvodu přesunu z polních pozemků o celkové rozloze 25 ha na výzkumnou plochu o rozloze 0,40 ha. Pracovala jsem jak s vlastními daty, která jsem nasbírala za rok 2022, tak i s daty získanými v předchozích letech, která dosud nikdo nezpracoval.

Maximální velikost populace byla odhadnuta v srpnu 2020 na 28,25 jedinců, což je při přepočtu na plochu 70,6 jedinců/ha. V září 2015 byla naopak odhadnuta nejnižší velikost populace na 0,96 jedince, což odpovídalo při přepočtu na plochu 2,4 jedinců/ha. V porovnání s výzkumem, který probíhal v Olomouci na ploše o rozloze 25 hektarů (rok 2001–2006), byla zjištěna maximální hustota kolem 8 jedinců/ha, naměřeno v roce 2005 (Losík *et al.*, 2007). Ve srovnání s výzkumem v okolních zemích byla průměrná hustota křečků v Rakousku (Viedeň) odhadnuta na necelých 15 jedinců/ha (Hoffmann *et al.*, 2016). Během let 2019–2022 se hustota nor pohybovala na sledované ploše mezi 10–57,5 nor/ha. Počet nor v lokalitě Olomouc-Holice je poměrně vyšší, než se udává v jiných zemích. Například v Kazachstánu byla průměrná hustota 1 nora/ha, nejvyšší hustota 14 nor/ha byla zaznamenána v parku, kde byly především ovocné stromy a keře (Feoktistova *et al.*, 2020). Na Ukrajině se hustota nor pohybovala zahradách 1,06–2,39 nor/ha, na polích 0,025–0,2 nor/ha. Pole bylo oseto 2016–2017 kukuřicí, 2018 řepkou ozimou a 2019–2020 pšenici ozimou (Novak and Novak, 2020). V Polsku v letech 2005–2008 bylo zaznamenáno pouze 2,8 nor/ha, na těchto lokalitách (město Lublin) bylo na zkoumaném území pěstováno obilí ječmen a oves (Banaszek and Ziomek, 2010). Naopak na ploše, na které byl prováděn výzkum v Olomouci, je plocha osetá tolicí vojtěškou, což je křečky preferovaná plodina (Kupfernagel, 2007). Tato plodina je bohatá na živiny a zajišťuje jim zejména na jaře a na podzim, kdy jiných pěstovaných plodin může být nedostatek, důležitou část potravy. To by mohlo být důvodem, proč v Olomouci na výzkumné ploše o rozloze 0,40 hektaru se jedinci drží ve vyšších populačních

hustotách. Klasifikace hustoty aktivních nor dle Nechay (2000) se dělí na: velmi nízká (pod 0,2 nor/ha), nízká (0,2–1 nor/ha), střední (2–5 nor/ha), vysoká (6–20 nor/ha), velmi vysoká (21–50 nor/ha). Weinhold (2009) uvedl, že samice mohou v průběhu jara a léta obývat 3,6 nor, kdežto samci mohou využívat až 9,6 nor.

Během roku 2012 byl pozorován výrazný nárůst v počtu jedinců, s maximálním odhadem velikosti populace dosahujícím 24,46 jedinců podle JS modelu. To vypovídá o úspěšné reprodukci populace křečků. Přestože začátkem roku 2013 došlo k výraznému poklesu, populace se během letních měsíců vzpamatovala, což by mohlo být způsobeno příznivými podmínkami pro rozmnožování a přežití křečků během teplejšího období. Před vstupem do hibernace v zimních měsících populace opět strmě poklesla, což by mohlo naznačovat obtíže, kterým čelili křečci během chladnějšího období, jako je snížená dostupnost potravy a s tím i spojená zvýšená úmrtnost. V letech 2014–2016 byla populace křečků relativně stabilní, avšak malá. Maximální velikost populace byla odhadnuta v srpnu 2020 na 28,25 jedinců (0,40 ha). V tomto roce měli křečci nejspíše příznivé podmínky pro rozmnožování a přežití, což vedlo k rozmachu populace. Data posbíraná v letech 2021 a 2022 ukazují, že na dané lokalitě došlo k výraznému poklesu početnosti. Tento klesající trend by mohl znamenat, že populace křečka polního je na dané lokalitě v ohrožení. U hodnot naměřených v roce 2021 je třeba brát v úvahu, že tyto hodnoty mohou být zkreslené v důsledku sběru dat a to z důvodu jen dvou provedených odchytových akcí.

Za celé období u pohlavně aktivních jedinců byl ve většině případů poměr pohlaví vychýlen na stranu k samicím, kromě roku 2012, kdy převažovali dospělí samci. Také u mladších jedinců, kteří nebyli pohlavně aktivní, častěji převažovaly samice. Celkový poměr pohlaví byl vychýlen na stranu k samicím 1,10 (SEM 0,0609). Podobné zjištění bylo v období 2001–2006 ve stejné lokalitě Olomouce na ploše o celkové rozloze 25 ha, kdy pohlavní struktura byla rovněž vychýlena na stranu samic (Losík *et al.*, 2007). Převážná část sledovaných samic se začala rozmnožovat až po první hibernaci. Výjimkou byl však rok 2012, kdy Bräuerová (2014) zaznamenala ve své práci 4 subadultní samice, u kterých byla zjištěna gravidita. První subadultní jedinci byli pravidelně odchytáváni v měsíci červnu. Zatímco ve studii, která probíhala v Simferopolu (Rusko), se mladí

jedinci odchyťávali již v polovině měsíce dubna. Výskyt dospělých jedinců zde byl pozorován už v měsících únoru a březnu, kdy k prvnímu páření došlo už na konci února (Surov *et al.*, 2019). První gravidní samici v roce 2022 jsem zaznamenala v měsíci červnu, podobné zjištění bylo i v Nizozemsku (La Haye *et al.*, 2014) a Německu (Weinhold and Kayser, 2006). Dřívější výskyt samic může ovlivnit, jak jejich reprodukční schopnosti, tak i může mít vliv na celkový počet mláďat v určité sezóně. Pokud samice začnou být aktivní už brzy na jaře, mají tak větší šanci se dříve rozmnožovat a mít více vrhů za sezónu. V průběhu roku může mít samice 2–3 vrhy za sezónu (Franceschini-Zink and Millesi, 2008).

V lokalitě Olomouc-Holice, kde byl prováděn výzkum křečka polního, byla díky optimálním podmínkám zjištěna vyšší abundance jedinců. Pro srovnání početnosti s jiným druhem, můžeme vybrat např. sysla obecného (*Spermophilus citellus*), který má podobný způsob života jako křeček polní. Oba druhy se vyskytují v zemědělské krajině, jen s tím rozdílem, že sysli preferují zatravněné plochy místo polí. Sysel ještě na rozdíl od křečka, který žije soliterně, žije v koloniích. V minulosti byl sysel obecný taktéž považován za hojný a škodlivý druh, populace však v posledních letech začala dramaticky klesat (Rammou, Kavroudakis and Youlatos, 2021). Křeček polní a sysel obecný mají společného predátora, tchoře stepního (*Mustela eversmannii*), který je v současnosti chráněn zákonem a patří mezi kriticky ohrožené druhy. Jeho úbytek je často spojený s poklesem s těmito druhy (Matějů *et al.*, 2020). V letech 2002–2008 se populační hustota syslů v České republice pohybovala od 2,1 do 58,7 jedinců/ha. Pouze 3 kolonie se usadily v přírodních stepních biotopech, zatímco přes 90 % kolonií sysla se nacházelo v biotopech tvořených kulturními trávníky, jako jsou polní letiště, louky, vinice a zahrady (Matějů *et al.*, 2008). Ve srovnání s jinými zeměmi, průměrná velikost populace syslů v Rumunsku byla na studované ploše 27,33 jedinců/ha, výzkumná oblast byla tvořena mozaikou umělých a přirozených stanovišť a vykazovala tak vhodné prostředí pro tento druh (Baltag *et al.*, 2014). V Rakousku byla zjištěna průměrná velikost populace v rozsahu od 9–110 jedinců/ha, nejnižší hustota jedinců byla pozorována ve stepní oblasti, o něco větší byla zjištěna v polosuchých travnatých porostech, na vinicích byla zaznamenána poměrně vysoká hodnota, nejvyšší však byla na travnaté ploše, která byla vysetá tolicí vojtěškou (Hoffmann *et al.*, 2003; Hoffmann, Turrini and Brenner, 2008).

Naproti tomu v Řecku, byla zjištěna významně nižší početnost jedinců, než bylo uvedeno v předešlých zemích, a to 7,4 jedinců/ha (Rammou, Kavroudakis and Youlatos, 2021). Vzhledem k tomu, že křeček polní a sysel obecný mají podobné nároky na stanoviště, mohou být oba druhy pozorovány sympatricky. Takový výzkum byl např. proveden v Rakousku v oblasti kolem Vídně (Millesi *et al.*, 2004).

I když početnost jedinců křečka polního na studované ploše v Olomouc-Holice je vyšší než v okolních zemích, tak bohužel stále klesá. Pravděpodobně se tak děje z důvodu větší izolovanosti lokality a změn ve využívání okolních ploch. Tyto plochy tak přestávají být pro křečka méně vhodné. V následujícím výzkumu by se mohl klást důraz na analýzu dat, který by se soustředil zejména na přežívání jedinců.

7. Závěr

Předložená bakalářská práce se zabývala kolísáním početnosti, věkové a pohlavní struktury křečka polního v přírodní populaci na periférii města Olomouce. Z výsledků vyplývá, že velikost populace se během sledovaného období měnila. Jedná se o dlouhodobou stabilní populaci, která se po poklesu vždy dokázala vzpamatovat. Avšak v posledních dvou letech (2021, 2022) populace značně poklesla. Tento klesající trend by mohl znamenat, že populace křečka polního je na dané lokalitě v ohrožení. Pokračováním ve výzkumu sledování populace křečka polního v této oblasti by bylo možné pozorovat, zda dojde k opětovnému nárůstu populace, jako tomu bylo v minulých letech nebo bude klesající trend dále pokračovat, až do úplného vyhynutí tohoto druhu. Přestože sběr dat o populačních změnách je poměrně složitý proces, je důležité mít aktuální informace o početnosti a výskytu ohrožených druhů. Tyto informace jsou pak nezbytné například při plánování ochranných opatření.

8. Reference:

- Ambros, M., Baláž, I. and Janálová, D. (2004) 'Výskyt chrčka pol'ného (*Cricetus cricetus*) na západnom Slovensku.', *Rosalia*, 17, pp. 165–172.
- Anděra, M. and Gaisler, J. (2012) *Savci České republiky*. Academia.
- Anděra, M. and Gaisler, J. (2019) *Savci České republiky: popis, rozšíření, ekologie, ochrana*. 2nd edn. Praha: Academia.
- Anderson, D.R. and Burnham, K.P. (1999) 'Understanding information criteria for selection among capture-recapture or ring recovery models', *Bird study*, (46), pp. 14–21.
- Andreassen, H.P. et al. (2021) 'Population cycles and outbreaks of small rodents: ten essential questions we still need to solve', *Oecologia*, 195(3), pp. 601–622.
- Arnold, W. (1990) 'The Evolution of Marmot Sociality: I. Why Disperse Late?', *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 27(4), pp. 229–237.
- Bald, V., Boetzi, F.A. and Krauss, J. (2021) 'Where do hamsters go after cereal harvest? A case study.', *Basic and Applied Ecology*, 54, pp. 98–107.
- Baltag, E.S. et al. (2014) 'European Ground Squirrel (Mammalia: Rodentia) population from Eastern Romania: density, distribution and threats', *European Scientific Journal* [Preprint].
- Banaszek, A. and Ziomek, J. (2010) 'The common hamster (*Cricetus cricetus* L.) population in the city of Lublin', in *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Maria Curie-Skłodowska University*, p. 59.
- Baumgart, G. (1996) *Le hamster d'Europe (Cricetus cricetus L. 1758) en Alsace*. Office national de la chasse.
- Bieber, C. et al. (2012) 'High survival during hibernation affects onset and timing of reproduction', *Oecologia*, 169(1), pp. 155–166.
- Bieber, C. and Ruf, T. (2009) 'Summer dormancy in edible dormice (*Glis glis*) without energetic constraints', *Naturwissenschaften*, 96(1), pp. 165–171.
- Boonstra, R. (1994) 'Population cycles in microtines: The senescence hypothesis', *Evolutionary Ecology*, 8(2), pp. 196–219.
- Borgo, A., Vettorazzo, E. and Martino, N. (2009) 'Dynamics of the colonization process in reintroduced populations of the Alpine marmot', *Ethology Ecology & Evolution*, 21(3–4), pp. 317–323.

- Bräuerová, D. (2014) Demografické parametry a maticový model pro populační dynamiku křečka polního. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra zoologie a ornitologická laboratoř.
- Buczek, T. (2019) 'Inwentaryzacja chomika europejskiego *Cricetus cricetus* na obszarze Górek Czechowskich w Lublinie'.
- Burgess, M., Morris, P. and Bright, P. (2003) 'Population dynamics of the edible dormouse (*Glis glis*) in England', *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 49(Suppl 1), pp. 27–31.
- Čanády, A. (2013) 'New site of the European hamster (*Cricetus cricetus*) in the urban environment of Košice city (Slovakia)', *Zoology and Ecology*, 23(1), pp. 61–65.
- Čanády, A. (2015) Teriofaunistické pozorovania z východného Slovenska, časť V. (r. 2013).
- Čanády, A. and Mošanský, L. (2017) 'Public Cemetery as a biodiversity hotspot for birds and mammals in the urban environment of Kosice city (Slovakia)', *Zoology and Ecology*, 27.
- Caswell, H. (2001) *Matrix Population Models: Construction, Analysis, and Interpretation*. Massachusetts, USA: Sinauer Associates.
- Chitty, D. (1952) 'Mortality among voles (*Microtus agrestis*) at Lake Vyrnwy, Montgomeryshire in 1936–9', *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 236(638), pp. 505–552.
- Chitty, D. (1960) 'Population processes in the vole and their relevance to general theory', *Canadian Journal of Zoology*, 38(1), pp. 99–113.
- Chitty, D. and Chitty, H. (1962) Body weight in relation to population phase in *Microtus agrestis*. Symp. Theriologicum, Brno.
- Elton, C. (1942) 'Voles, mice and lemmings. Problems in population dynamics.', *Voles, mice and lemmings. Problems in population dynamics*. [Preprint].
- Elton, C.S. (1924) 'Periodic Fluctuations in the Numbers of Animals: Their Causes and Effects', *Journal of Experimental Biology*, 2(1), pp. 119–163.
- Feoktistova, N.Yu. et al. (2013) 'The common hamster as a synurbist: a history of settlement in european cities', *Zoologica Poloniae*, 58(3–4), pp. 116–129.
- Feoktistova, N.Yu. et al. (2020) 'An Unintentional Experiment: Settlement of a Sinurbic Species, the Common Hamster (*Cricetus cricetus* L., 1758), in a Newly Established City Park', *Biology Bulletin*, 47(2), pp. 216–223.

- Franceschini, C. et al. (2007) 'Seasonal changes in cortisol and progesterone secretion in Common hamsters', *General and Comparative Endocrinology*, 152(1), pp. 14–21.
- Franceschini-Zink, C. and Millesi, E. (2008) 'Reproductive performance in female common hamsters', *Zoology*, 111(1), pp. 76–83.
- Gaisler, J. (1977) 'Ecology and reproduction of Gliridae (Mammalia) in northern Moravia.'
- Gershenson, S. (1945) 'Evolutionary studies on the distribution and dynamics of melanism in the hamster (*Cricetus cricetus* L.). I. Distribution of black hamsters in the Ukrainian and Bashkirian Soviet Socialist Republics (USSR)', *Genetics*, 30(3), p. 207.
- Getz, L.L. et al. (1997) 'Factors affecting life expectancy of the prairie vole, *Microtus ochrogaster*', *Oikos* (Denmark) [Preprint].
- Goldammer, D. (2021) Nadzemní aktivita a chování křečka polního v Olomouci – Holici. Diplomová práce (Mgr.). Univerzita Palackého v Olomouci. Přírodovědecká fakulta.
- Goodwin, C.E.D. et al. (2017) 'Voluntary recording scheme reveals ongoing decline in the United Kingdom hazel dormouse *Muscardinus avellanarius* population', *Mammal Review*, 47(3), pp. 183–197.
- Graham, I.M. and Lambin, X. (2002) 'The Impact of Weasel Predation on Cyclic Field-Vole Survival: The Specialist Predator Hypothesis Contradicted', *Journal of Animal Ecology*, 71(6), pp. 946–956.
- Grulich, I. (1980) 'Populationsdichte des Hamsters (*Cricetus cricetus*, Mamm.)'.
- Hanski, I. et al. (1993) 'Population oscillations of boreal rodents: regulation by mustelid predators leads to chaos', *Nature*, 364(6434), pp. 232–235.
- Hoffmann, I.E. et al. (2003) 'Population dynamics of European ground squirrels (*Spermophilus citellus*) in a suburban area', *Journal of Mammalogy*, 84(2), pp. 615–626.
- Hoffmann, I.E. (2010) Artenkartierung Feldhamster in den Wiener Gemeindebezirken 10 und 11 mit stichprobenartiger Überprüfung der Bezirke 21 und 22. Wiener Umweltschutzabteilung. MA22-1422.
- Hoffmann, I.E. et al. (2016) 'Bestandserfassung und -evaluierung des Feldhamsters (*Cricetus cricetus*) im Jahr 2015 im Stadtgebiet Wien', pp. 1–41.
- Hoffmann, I.E., Turrini, T. and Brenner, M. (2008) 'Do European ground squirrels (*Spermophilus citellus*) in Austria adjust their life history to anthropogenic influence', *Lynx*, 39(2), pp. 241–250.

- Hurvich, C.M. and Tsai, C.-L. (1995) 'Model selection for extended quasi-likelihood models in small samples', *Biometrics*, pp. 1077–1084.
- Jolly, G.M. (1965) 'Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration-stochastic model', *Biometrika*, 52(1/2), pp. 225–247.
- Juškaitis, R. (2008) *The Common Dormouse Muscardinus avellanarius: Ecology, Population Structure and Dynamics*.
- Juškaitis, R. (2014) 'Summer mortality in the hazel dormouse (*Muscardinus avellanarius*) and its effect on population dynamics', *Acta Theriologica*, 59(2), pp. 311–316.
- Kaim, I., Hedrzak, M. and Ziewacz, L. (2013) 'Daily activity pattern of the common hamster (*Cricetus cricetus*) at two localities situated in urban and rural areas', *Zoologica Poloniae*, 58(3–4), p. 59.
- Krebs, C. (2013) *Population Fluctuations in Rodents*. The University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Krebs, C.J. and Myers, J.H. (1974) 'Population Cycles in Small Mammals', in A. MacFadyen (ed.) *Advances in Ecological Research*. Academic Press, pp. 267–399.
- Kryštufek, B. (2001) 'Compartmentalization of body of a fat dormouse *Glis glis*', *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(2).
- Kryštufek, B. et al. (2020) '*Cricetus cricetus* (Rodentia: Cricetidae)', *Mammalian Species*, 52(988), pp. 10–26.
- Kupfernagel, C. (2007) 'Populationsdynamik und Habitatnutzung des Feldhamsters (*Cricetus cricetus*) in Südost-Niedersachsen', *Technische Universität Carolo-Wilhelmina, Braunschweig*, p. 115.
- La Haye, M.J.J. et al. (2014) 'Modelling population dynamics of the Common hamster (*Cricetus cricetus*): Timing of harvest as a critical aspect in the conservation of a highly endangered rodent', *Biological conservation*, 180, pp. 53–61.
- La Haye, M.J.J. et al. (2020) 'Predation and survival in reintroduced populations of the Common hamster *Cricetus cricetus* in the Netherlands', *Mammalian Biology*, 100(6), pp. 569–579.
- Lack, D. (1954) *The Natural Regulation of Animal Numbers*. Oxford: Clarendon Press.
- Lebl, K. et al. (2011) 'Survival rates in a small hibernator, the edible dormouse: a comparison across Europe', *Ecography*, 34(4), pp. 683–692.
- Lidicker, W.Z. (1988) 'Solving the Enigma of Microtine "Cycles"', *Journal of Mammalogy*, 69(2), pp. 225–235.

- Lidicker, W.Z. (2000) 'A Food Web/Landscape Interaction Model for Microtine Rodent Density Cycles', *Oikos*, 91(3), pp. 435–445.
- Lidicker, W.Z.Jr. (1978) Regulation of numbers in small mammal populations: historical reflections and a synthesis. United States: Univ of Pittsburgh.
- Losík, J. et al. (2007) 'Demografická struktura a procesy v přírodní populaci křečka polního (*Cricetus cricetus*) na Olomoucku', *Praha: Lynx*, (38), pp. 21–29.
- Matějů, J. et al. (2008) 'Distribution of the European ground squirrel (*Spermophilus citellus*) in the Czech Republic in 2002–2008', *Lynx*, 39(2), pp. 277–294.
- Matějů, J. et al. (2020) 'Záchranný program sysla obecného (*Spermophilus citellus*) v České republice'.
- Méchin, C. (2011) 'Une espèce protégée qui dérange: le Hamster commun (*Cricetus cricetus* L.) en Alsace1', *Anthropozoologica*, 46(1), pp. 127–139.
- Melosik, I. et al. (2016) 'Genetic diversity and extinction risk in a small, declining Polish common hamster (*Cricetus cricetus*) population', *Mammalian Biology*, 81(6), pp. 612–622.
- Miller, G.S. (1912) Catalogue of the mammals of western Europe (Europe exclusive of Russia) in the collection of the British Museum. London: BMNH, pp. 1–1044.
- Millesi, E. et al. (2004) 'Reproduction and hibernation in females: a comparison of two sympatric ground-dwelling rodents', in *Life in the cold: Evolution, Mechanism, Adaptation, and Application*. 12th International Hibernation Symposium, Biological Papers of the University of Alaska, pp. 127–135.
- Nechay, G. (2000) Status of Hamsters *Cricetus Cricetus*, *Cricetus Migratorius*, *Mesocricetus Newtoni*, and Other Hamster Species in Europe. Council of Europe.
- Nedergaard, J. et al. (1997) 'Mammalian hibernation', *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 326(1237), pp. 669–686.
- Neumann, K. et al. (2005) 'Genetic spatial structure of European common hamsters (*Cricetus cricetus*)--a result of repeated range expansion and demographic bottlenecks', *Molecular Ecology*, 14(5), pp. 1473–1483.
- Novak, V.O. and Novak, V.V. (2020) 'Monitoring of the *Cricetus cricetus* L. population in the Upper Pobuzhzhia region', *Novitates Theriologicae*, 11, pp. 113–118.
- O'Brien, J. (2015) 'Saving the common hamster (*Cricetus cricetus*) from extinction in Alsace (France): potential flagship conservation or an exercise in futility?', *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 26(2), pp. 89–94.

- Oli, M.K. (2019) 'Population cycles in voles and lemmings: state of the science and future directions', *Mammal Review*, 49(3), pp. 226–239.
- Oli, M.K. and Dobson, F.S. (2001) 'Population Cycles in Small Mammals: The α -Hypothesis', *Journal of Mammalogy*, 82(2), pp. 573–581.
- Pilastro, A. (1992) 'Communal nesting between breeding females in a free-living population of fat dormouse (*Glis glis* L.)', *Italian Journal of Zoology - ITAL J ZOOLOGY*, 59, pp. 63–68.
- Pilastro, A., Gomiero, T. and Marin, G. (1994) 'Factor affecting body mass of young fat dormice (*Glis glis*) at weaning and by hibernation', *Journal of Zoology*, 234, pp. 13–23.
- Pilastro, A., Tavecchia, G. and Marin, G. (2003) 'Long Living and Reproduction Skipping in the Fat Dormouse', *Ecology*, 84(7), pp. 1784–1792.
- Posit team (2023) 'RStudio: Integrated Development Environment for R. Posit Software, PBC, Boston, MA.'
- Rammou, D.-L., Kavroudakis, D. and Youlatos, D. (2021) 'Distribution, Population Size, and Habitat Characteristics of the Endangered European Ground Squirrel (*Spermophilus citellus*, Rodentia, Mammalia) in Its Southernmost Range', *Sustainability*, 13(15), p. 8411.
- Reznik, Gerd. et al. (1978) *Clinical anatomy of the European hamster : Cricetus cricetus*, L. Washington: For sale by the Supt. of Docs., U.S. Govt. Print. Off, pp. 1–268.
- Rosenzweig, M.L. and Abramsky, Z. (1980) 'Microtine Cycles: The Role of Habitat Heterogeneity', *Oikos*, 34(2), pp. 141–146.
- Ruf, T. et al. (2006) 'High Survival in Poor Years: Life History Tactics Adapted to Mast Seeding in the Edible Dormouse', *Ecology*, 87(2), pp. 372–381.
- Rusin, M.Y., Banaszek, A. and Mishta, A.V. (2013) 'The common hamster (*Cricetus cricetus*) in Ukraine: evidence for population decline', *Folia Zoologica*, 62(3), pp. 207–213.
- Samosh, V.M. (1972) 'The common hamster—object of a secondary fur-trade in Ukraine', in *Materials of 7th All-Union conference on natural foci of animal diseases and animal protection*, Kirov, USSR: 123–124.(in Russian).
- Schlund, W. et al. (1997) 'Habitat fidelity and habitat utilization of an arboreal mammal (*Myoxus glis*) in two different forests', *Zeitschrift für Säugetierkunde : im Auftrage der Deutschen Gesellschaft für Säugetierkunde e.V.*, 62, pp. 158–171.
- Schwarz, C. and Arnason, A.N. (2007) 'Jolly-Seber models in MARK. In: Program MARK. "A Gentle Introduction"', 5th Edition, Cooch, E., White, G., Eds.

- Schwarz, C.J. and Arnason, A.N. (1996) 'A general methodology for the analysis of capture-recapture experiments in open populations', *Biometrics*, pp. 860–873.
- Siutz, C. et al. (2022) 'Morphometric parameters predict body fat proportions in common hamsters', *Journal of Mammalogy*, 103(2), pp. 471–480.
- Stenseth, N.C. et al. (2003) 'Mice, rats, and people: the bio-economics of agricultural rodent pests', *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1(7), pp. 367–375.
- Stenseth, N.Chr. (1999) 'Population Cycles in Voles and Lemmings: Density Dependence and Phase Dependence in a Stochastic World', *Oikos*, 87(3), pp. 427–461.
- Summerhayes, V.S. (1941) 'The Effect of Voles (*Microtus Agrestis*) on Vegetation', *Journal of Ecology*, 29(1), pp. 14–48.
- Surov, A. et al. (2016) 'Dramatic global decrease in the range and reproduction rate of the European hamster *Cricetus cricetus*', *Endangered Species Research*, 31, pp. 119–145.
- Surov, A.V. et al. (2016) 'Synurbization of the common hamster (*Cricetus cricetus* L., 1758)', *Russian Journal of Biological Invasions*, 7(1), pp. 69–76.
- Surov, A.V. et al. (2019) 'Circle of life: the common hamster (*Cricetus cricetus*) adaptations to the urban environment', *Integrative Zoology*, 14(4), pp. 383–395.
- Tissier, M.L. et al. (2021) 'Sustainable Agriculture: Nutritional Benefits of Wheat–Soybean and Maize–Sunflower Associations for Hibernation and Reproduction of Endangered Common Hamsters', *Sustainability*, 13(24), p. 13521.
- Tkadlec, E. (2008) *Populační ekologie: struktura, růst a dynamika populací*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Tkadlec, E. and Zejda, J. (1998) 'Small rodent population fluctuations: The effects of age structure and seasonality', *Evolutionary Ecology*, 12(2), p. 191.
- Turbill, C., Bieber, C. and Ruf, T. (2011) 'Hibernation is associated with increased survival and the evolution of slow life histories among mammals', *Proceedings. Biological Sciences*, 278(1723), pp. 3355–3363.
- Ulbrich, K. and Kayser, A. (2004) 'A risk analysis for the common hamster (*Cricetus cricetus*)', *Biological Conservation*, 117(3), pp. 263–270.
- Vilniy, I.A. (1928) 'The results of harvesting of furs. *Ukrainskyi Myslyvtz i Rybalka*', pp. 11–12.
- Vohralík, V. (1975) 'Postnatal development of the Common hamster *Cricetus cricetus* (L.) in captivity.'

- Vohralík, V. and Melichar, V. (2016) 'Current distribution of *Cricetus cricetus* in Bohemia, Czech Republic (Rodentia: Cricetidae)', *Lynx*, new series, 47(1), pp. 105–123.
- Vostrčilová, K. (2020) Vývoj a přežívání mláďat v přírodní populaci křečka polního (*Cricetus cricetus*). Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra zoologie a ornitologická laboratoř.
- Waßmer, T. (1998) Die zeitliche Organisation des Winterschlafs beim Europäischen Feldhamster (*Cricetus cricetus* L.).
- Weinhold, U. (2009) Draft European Action Plan - For the conservation of the Common hamster (*Cricetus cricetus*, L. 1758).
- Weinhold, U. and Kayser, A. (2006) 'Der Feldhamster. Neue Brehmbücherei 625.', Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben, Germany [Preprint].
- Wencel, M.C. (1998) 'Zur Situation des Feldhamsters (*Cricetus cricetus*) in Frankreich', Ökologie und Schutz des Feldhamsters. Wiss. Beitr. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, pp. 119–124.
- White, G.C. and Burnham, K.P. (1999) 'Program MARK: survival estimation from populations of marked animals', *Bird study*, 46(sup1), pp. S120–S139.
- Wijk, R. van et al. (2011) 'Movement characteristics of the Common hamster (*Cricetus cricetus*) in Limburg, the Netherlands', Proceedings of the 16th and 17th Meeting of the International Hamster Workgroup; Ranis, Germany (2009), Gödollo, Hungary (2010), pp. 79–92.
- Zima, J. and Macholán, M. (2021) Systém a fylogeneze savců. Praha : Academia.
- Ziomek, J. and Banaszek, A. (2007) 'The common hamster, *Cricetus cricetus* in Poland: status and current range', *FOLIA ZOOLOGICA-PRAHA*-, 56(3), p. 235.
- Ziomek, J., Zgrabczyńska, E. and Poradzisz, A. (2009) 'The behaviour of the common hamster (*Cricetus cricetus*) under zoo conditions', *Der Zoologische Garten*, 78(4), pp. 221–231.