

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra zoologie a ornitologická laboratoř



# Demografie křečka polního v populaci na periferii Olomouce

Dana Bräuerová

Bakalářská práce

předložená

na Katedře zoologie a ornitologické laboratoři

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Bc. v oboru

Systematická biologie a ekologie

Vedoucí práce: prof. MVDr. Emil Tkadlec, CSc.

Olomouc 2012



**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedeníh pramenů a literatury.

V Olomouci dne 8. 5. 2012

.....  
vlastnoruční popis

BRÄUEROVÁ D. 2012. Demografie křečka polního v populaci na periférii Olomouce [bakalářská práce]. Olomouc: Katedra zoologie a ornitologická laboratoř PřF UP v Olomouci. 32 s., česky.

#### Abstrakt

Populační početnost křečka polního (*Cricetus cricetus*) v Evropě v posledních desetiletích znatelně poklesla. Demografické procesy, které způsobily pokles, začaly v západní Evropě, nyní působí ve střední Evropě a šíří se dále na východ. Příčiny a mechanismy způsobující tento pokles nejsou přesně známy. V předložené bakalářské práci se zabývám demografií křečka polního v populaci na periférii Olomouce metodou zpětného odchyty značkových jedinců. V roce 2011 od května do září jsem zhruba v měsíčních intervalech odlovovala jedince do živolovných pastí, následně označila pomocí čipu a vypustila zpět do populace. Zaznamenávala jsem údaje o jejich hmotnosti, tělesné délce, pohlaví, věku, reprodukční a zdravotní kondici. Ze získaných pozorování jsem odhadla velikost populace pomocí modelu Jollyho a Sebera v počítačovém programu JOLLY a enumerační metodou. Pravděpodobnosti přežívání a odchyty jsem stanovila v modelu Cormacka–Jollyho–Sebera pomocí programu MARK. Dále jsem popsala věkovou a pohlavní strukturu populace. V roce 2011 byla podzimní početnost odhadnuta na pouhých 10 jedinců, což je vůbec nejnižší velikost populace za sledované období 2002–2011. Průměrná měsíční pravděpodobnost přežívání byla odhadnuta na 0,81 (95 % CI 0,64–0,91) při průměrné pravděpodobnosti odchyty 0,6 (95 % CI 0,22–0,87). Získané výsledky naznačují, že na studované lokalitě dochází k poklesu početnosti populace.

Klíčová slova: *Cricetus cricetus*, enumerační metoda, metoda zpětného odchyty značkových jedinců, model Jollyho a Sebera, model Cormacka–Jollyho–Sebera, odchyt do živolovných pastí, program JOLLY, program MARK

BRÄUEROVÁ D. 2012. Demography of the common hamster at the periphery of Olomouc [bachelor's thesis]. Olomouc: Department of Zoology and Laboratory of Ornithology Science, Faculty of Science, Palacky University of Olomouc. 32 pp., in Czech.

#### Abstract

Population numbers of the common hamster (*Cricetus cricetus*) have declined dramatically over the last few decades. Demographic processes causing this decline in western Europe now operate in central Europe and appear to spread further eastward. However, causes and mechanisms underlying this decline remain largely unknown. In this thesis, I study the demography of the common hamster in a natural population at the periphery of Olomouc by capture-recapture approach. From May to September 2011 I livetrapped individuals at monthly intervals, marked them using passive transponders and released them back into population. I recorded data on body mass, body length, sex, age, and reproductive and health condition. I obtained the Jolly–Seber estimate of population size using program JOLLY and enumeration. Survival and capture probabilities were estimated using Cormack–Jolly–Seber approach in program MARK. I described age and sex structure of the population. The autumn population size was estimated to be only 10 individuals which is the lowest size ever recorded during the period 2002–2011. Mean monthly survival probability and mean capture probability were 0.81 (95% CI 0.64–0.91) and 0.6 (95% CI 0.22–0.87) respectively. The result suggest that population has begun to decline in the studied location.

Key words: capture-mark methods, Cormack–Jolly–Seber model, *Cricetus cricetus*, Jolly–Seber model, live-trapping, minimum number known alive, programme JOLLY, programme MARK

## Obsah

1	Úvod.....	1
1.1	Populační dynamika .....	1
1.2	Demografická studia.....	2
1.3	Ochranná opatření .....	4
1.4	Právní status .....	5
1.5	Věk a reprodukce.....	6
1.6	Rozšíření a stanoviště .....	6
2	Cíle práce .....	10
3	Materiál a metody .....	11
3.1	Popis studovaného místa .....	11
3.2	Metoda zpětného odchyty .....	12
3.3	Odhady demografických parametrů .....	13
3.3.1	Odhad Jollyho a Sebera.....	13
3.3.2	Enumerační metoda.....	15
3.3.3	Odhady přežívání .....	15
3.3.4	Statistická analýza dat .....	16
4	Výsledky .....	17
4.1	Velikost populace a její struktura .....	17
4.2	Pravděpodobnost přežívání a odchyty.....	19
4.3	Graf životního cyklu.....	19
5	Diskuse.....	21
6	Souhrn .....	23
7	Literatura .....	24

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Počty odchycených křečků v jednotlivých měsících v roce 2011 .....	17
Tabulka 2 Tabulka s hodnotami parametrů.....	20
Tabulka 3 Odhad parametrů projekční matice .....	20

## Seznam obrázků

- Obr. 1 Výskyt křečka je na mapě zvýrazněn červenou barvou. Mapa převzata z <http://maps.iucnredlist.org>..... 7
- Obr. 2 Mapa České republiky, která znázorňuje výskyt křečka po roce 2000. Data byla získána ze čtyř nezávislých zdrojů: 1. Monitoring hrabošů (●), 2. Dotazníky (▲), 3. Databáze BioLib (■), 4. Jiné zdroje (▼). Červená linie vymezuje hranice areálu křečka ze 70. let (Grulich 1975). Mapa také znázorňuje soulad mezi rozšířením křečka a geomorfologií krajiny. Mapa převzata od Tkadlec et al. 2012.... 8
- Obr. 3 Letecký snímek Olomouce (vlevo) z červeně vyznačenou studijní plochou a detail studijní plochy (vpravo), kde červeně je zaznačena vlastní plocha. Mapy převzaty z <http://mapy.cz/>..... 11
- Obr. 4 Živolovná past: (a) uzavřená past s chyceným jedincem, (b) otevřená past... 12
- Obr. 5 Metoda zpětného odchyty: (a) narkotizace křečka, (b) příprava křečka pro získání potřebných dat a identifikaci, (c) měření tělesné délky. .... 13
- Obr. 6 Horní graf znázorňuje populační dynamiku křečka polního od roku 2002 do roku 2011. Na grafu lze vidět, že největší populace byla v letech 2004 a 2005 a naopak nejnižší v roce 2011. Velikost populace je zde odhadnuta pomocí metody Jollyho a Sebera. Úsečky vymezují 95 % meze spolehlivosti odhadů. Spodní graf detailně znázorňuje populační dynamiku v letech 2010 a 2011. Velikost populace je odhadnuta metodou Jollyho a Sebera (plná čára) a enumerační metodou (přerušovaná čára). Šedý pruh značí hibernaci. .... 18
- Obr. 7 Graf životního cyklu. S = subadulti, Ps = přežívání subadultů, Fs = rozmnožování adultů, a = adulti, Pa = přežívání adultů, Fs = rozmnožování adultů ..... 19



## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce prof. MVDr. Emilovi Tkadlecovi, CSc. za odborné vedení celé bakalářské práce, poskytnutí literatury, cenné připomínky v průběhu psaní práce, pomoc, čas a ochotu. Poděkování patří i Mgr. Janu Losíkovi, Ph.D. za pomoc při zpracování statistických dat a Martině Bendové za spolupráci při terénním sběru dat a za poskytnutí cenných informací.

# 1 Úvod

## 1.1 Populační dynamika

Početnost křečka polního (*Cricetus cricetus* L., 1758) se za posledních 30 let v západní Evropě výrazně snížila (Stubbe a Stubbe 1998, Nechay 2000, Weinhold 2008). Nedávno byl zaznamenán i pokles ve střední Evropě, jako je například Německo (Stubbe a Stubbe 1998), Polsko (Ziomek a Banaszek 2007), Maďarsko (Nechay 1998) a Ukrajina (Gorban et al. 1998). Křeček polní téměř vyhynul ve Francii, v Nizozemsku, Belgii a části Německa (Ulbrich a Kayser 2003). V Polsku v roce 1970 bylo monitorováno tisíc lokalit, kde se křeček vyskytoval. V dnešní době zde počet lokalit klesl na 100 (Ziomek a Banaszek 2007). V Nizozemsku se vyskytuje již jen několik jedinců (Backbier a Gubbels 1998). Díky této situaci byly v Nizozemsku nebo Francii zavedeny reintrodukční programy pro chov křečků v zajetí a jejich zpětnému vypouštění do volné přírody. Tím se zabránilo úplnému vyhynutí populace křečků v daných lokalitách (Kreekels 1999).

Je pravděpodobné, že demografické procesy, které způsobují pokles početnosti křečků se šíří ze západoevropských populací do střední Evropy a dále na východ (Tkadlec et al. 2012). Díky informacím ze středoevropských zemí, jako jsou Německo (Stubbe a Stubbe 1998), Polsko (Ziomek a Banaszek 2007), Maďarsko (Nechay 1998) a Ukrajina (Gorban et al. 1998), je zřejmé, že demografie středoevropských populací může být ovlivněna podobným způsobem jako populace v západní Evropě (Tkadlec et al. 2012).

Během 30 let se početnost křečka polního výrazně snížila i v České republice (Grulich 1975, Vohralík a Anděra 1976, Tkadlec et al. 2012). V 1. polovině 20. století byli křečci v České republice velmi početní, a díky tomu byli považováni za škůdce. Od 70. až 80. let začala jejich početnost u nás klesat, a proto byl křeček zařazen mezi chráněné druhy (Anděra a Beneš 2001). Ještě v 70. letech minulého století byl ale křeček považován za hojný druh (Grulich 1975, Vohralík a Anděra 1976). V letech 1971–1972 na východním Slovensku došlo dokonce k populační explozi křečka polního, kdy na jednom hektaru půdy se vyskytovalo 300–500 jedinců. Díky masovému přemnožení křečci neměli dostatek potravy a neprobíhala u nich v zimním období hibernace, což vedlo k tomu, že křečci se navzájem napadali a

požírali. Dále se u křečků vyskytovala zvýšená agrese, nemoci a snížená reprodukční zdatnost (Grulich 1973, 1978, 1980, 1981, 1986). Propuknutí takové populační exploze je v dnešní době pravděpodobně historii, protože početnost křečků je výrazně nižší, než byla v minulém století (Weinhold 2008). Je dost možné, že díky takovému přemnožení přestal být zájem o další monitoring populační početnosti a křeček se dostal na pokraj vědeckého zájmu.

Od roku 2000 do 2010 byl prováděn výzkum distribuce křečka polního (Tkadlec et al. 2012), aby došlo k objasnění jeho rozšíření na našem území. Výskyt křečka v dnešní době je omezen pouze na nížiny, které se vyskytují podél velkých řek a nadmořské výšce 200 až 300 m. n. m. Křeček ustoupil z kopcovitých oblastí, kde se dříve hojně vyskytoval. V České republice mezi tyto oblasti patří Českomoravská vrchovina a západní Čechy, kde byl rozšířen jižně od Plzně až po Šumavu (Tkadlec et al. 2012). Dále se křeček hojně vyskytoval v oblasti kolem Brna, kde též došlo k výraznému poklesu populace (Vohralík a Anděra 1976). Pravděpodobně tento druh lépe přežívá v nížinách díky lepšímu složení půdy a větší rozmanitosti rostlin (Tkadlec et al. 2012).

## 1.2 Demografická studia

Demografie křečka polního nebyla nikdy v Evropě zevrubně studována. Díky tomu se v současnosti o demografii ví jen velmi málo a nejsou k dispozici detailnější data, která by umožnila popsat změny ve struktuře populací a odhalila mechanismy, které způsobují současný pokles populací napříč celou Evropou (Tkadlec 2011). Data získaná v minulosti jsou založena pouze na jednorázově odebraných vzorcích (Grulich 1986, Berdyugin a Bolshakov 1998) nebo jsou tyto informace potvrzeny jen na výzkumech provedených v malých a izolovaných populacích (Weinhold 1998, Kupfernagel 2005). Data získaná z počtu osídlených nor a vykoupených kůží byla v minulosti použita pro studia populační dynamiky (Grulich 1980, Stubbe a Stubbe 1998).

Příčiny a mechanismy populačního poklesu v evropských populacích nejsou přesně známy. Nejčastěji je vysoká mortalita křečků připisována růstu a rozvoji mechanizace a intenzifikace v zemědělství (Husson 1949, Petzsch 1950, van Mourik 1962, Saint Girons 1973, Pieckocki 1979, Libois a Rosoux 1982, Wendt 1983, 1989, Weidling a Stubbe 1997b). V dnešní době jsou při obdělávání půdy použity mnohem

těžší a efektivnější stroje než v minulosti. Také dochází ke zvýšené intenzitě a frekvenci obdělávání, a tím je narušováno prostředí, ve kterém křeček žije. Půda se začala často obdělávat i ve večerních hodinách, kdy stoupá aktivita křečků (Backbier et al. 1998). Technika v dnešní době umožňuje hlubší orbu, oproti dřívějšímu, kdy se oralo pouze do hloubky 20 cm. Dnes je to už do hloubky 40 cm, a i více (Gubbels et al. 1994a, 1994b). Nory jsou tím těžce poškozeny a křeček se musí odstěhovat a tím ztrácí veškeré zásoby jídla uloženého na zimu (Schröpfer 1973, Leicht 1979).

Od konce 50. let docházelo k rozšiřování měst, vesnic, průmyslových oblastí, infrastrukturních staveb a tím ke ztrátám otevřeného prostranství, což byla příčina velkého tlaku na okolní krajinu a tím docházelo k poklesu přirozených stanovišť křečků (Backbier et al. 1998). V západní a střední Evropě došlo v posledních letech k úbytku pěstování trvalých plodin na poli, například vojtěšky, jetele, bobu koňského. Naproti tomu docházelo k rozšířenému pěstování řepky, brambor, kukuřice nebo cukrové křtiny (George 1995). Na jaře a v časném létě poskytuje pěstování takových plodin jen omezený úkryt, čímž se zvyšuje predace křečků (Kayser et al. 2003).

Mortalita křečků může nastat i během hibernace, kterou nepřežije pravděpodobně 50 až 60 % jedinců (Wendt 1991, Kayser et al. 2003). Úmrtnost během hibernace je způsobena nedostatkem jídla, vysokým věkem, zatopením doupat, a v neposlední řadě i chorobami. Díky rychlým sklizním zemědělců má křeček malé šance nasbírat si dostatek potravy na zimu (Weinhold 2008), což může vést u větších populací až ke kanibalismu (Grulich 1973, Toth 1974).

Dalšími důležitými faktory úmrtí křečků jsou silniční nehody, predace a choroby (Kayser et al. 2003). Křeček je loven malými až středně velkými šelmami jako je lasice kolčava (*Mustela nivalis*), lasice hranostaj (*Mustela erminea*), tchoř tmavý (*Mustela putorius*), kuna skalní (*Martes foina*), jezevec lesní (*Meles meles*) a liška obecná (*Vulpes vulpes*) (Petzch 1950, Eibl-Eibesfeld 1953, Müller 1960, Grulich 1980). Tento druh je také potravou pro některé ptactvo, jako je káně lesní (*Buteo buteo*) a luňák červený (*Milvus milvus*) (Wuttky 1968, Stubbe et al. 1991). Křeček je pravidelnou součástí potravního řetězce výra velkého (*Bufo bufo*) (Görner 1972, Grulich 1980, Nicolai 1994). Díky větším rozměrům křečků je pravděpodobné, že není loven sovami, které jsou menší než výr (Bihari et al. 2008). Příležitostně je loven kočkou, psem, čápem bílým (*Ciconia ciconia*) či volavkou popelavou (*Ardea cinerea*). Čáp i volavka loví převážně jejich mláďata (Nechay 1998). Ve Francii se

pro ochranu křečků, zejména proti liškám použil elektrický ohradník, který byl rozmístěn kolem jejich lokalit. Díky tomuto opatření významně vzrostlo přežívání křečků (Eidenschonck a Villemey 2011). V Německu, kde byl křeček studován na dvou lokalitách, se zjistilo, že mortalita byla způsobena převážně predací, a to v 87 % a 29 % případů, zejména liškou a hranostajem (Kayser et al. 2003). Křeček byl v minulosti loven lidmi kvůli jeho kožešině (Nechay 1998). Od dob, kdy začal být chráněn zákonem je jeho lov zakázán, což platí i pro jejich trávení rodenticidy. Ovšem díky nevědomosti a nepozornosti jedinců lidské populace, v současnosti při hubení některých škůdců dochází i k otravám křečků (Gubbels et al. 1994c).

Byla studována také možnost, zda pokles početnosti nesouvisí s genetickou strukturou populací a proměnlivostí. Křečci ze střední a západní Evropy se řadí mezi dvě velké skupiny. Jižní skupina „Pannonia“ osídluje Chorvatsko, Maďarsko, Polsko, Rumunsko, Srbsko a Slovensko (Banaszek et al. 2007). Druhá skupina se nazývá „North“ a osídluje Belgie, Nizozemí, Francii a Německo (Neumann et al. 2005).

### 1.3 Ochranná opatření

Křeček polní je obyvatelem zemědělské krajiny, v níž se hospodářství a kde jsou možnosti zavádění ochranného managementu omezené. I když tento druh je v mnoha zemích chráněn, musela být navíc zavedena i ochranná praktická opatření. Ta jsou efektivní pouze v případě, jestliže se člověk zamyslí nad svým zacházením se zemědělskou krajinou (Backbier et al. 1998). Cílem těchto opatření není jen zvýšení rozmanitosti krajiny či zvětšení populace křečka polního, ale i celkové zvýšení ostatních druhů zvířat a rostlin (Seluga 1996, Weidling 1996, Stubbe et al. 1997).

Mezi ochranná opatření patří dlouhotrvající strniště, které je pro křečka příznivé a v ideálním případě by se mělo ponechat až do poloviny října, nebo alespoň do konce září. Ihned po sklizni by se pole nemělo zorat, aby samice s mláďaty měla dostatek času nasbírat si zásoby potravy na celou zimu. Proto je také vhodné nechat některé části pole nesklizené, nebo alespoň s jejich sklizní počkat 2–3 týdny. Hloubka orby by maximálně měla zasahovat do hloubky 25–30 cm, čímž by nemělo dojít k poškození či k úplnému zničení nor nebo případnému vyorání křečků. V oblasti, kde je zmapován výskyt křečků, by měl být dostatek vojtěšky, jetele a ozimé

pšenice. Také by se neměli v těchto oblastech používat rodenticidy a jen v omezené míře pesticidy a herbicidy (Seluga 1996, Weidling 1996, Stubbe et al. 1997).

Dalším ochranným opatřením je omezení pěstování cukrové řepy, která vyžaduje nadměrné použití pesticidů a díky jejímu malému vzrůstu je živočich nápadný pro dravce. V oblastech, kde se vyskytuje křeček, je nevhodné pěstovat luštěniny, brambory a další jednoleté rostliny. Omezit by se mělo i hnojení dusíkem a zavlažování kultur (Seluga 1996, Weidling 1996, Stubbe et al. 1997).

Mezi ochranná opatření patří i reintrodukce. Křečci se chovají v laboratorních podmínkách a po přezimování na jaře jsou znovu vypuštěni do volné přírody. Reintrodukce křečka polního v dnešní době probíhá v Nizozemsku, Francii (Alsasko) a Belgii. V Nizozemsku bylo odchováno přes 950 jedinců, z toho 600 jedinců bylo vypuštěno zpátky do volné přírody. Díky tomuto opatření nedošlo v Belgii, Nizozemsku a Francii k úplnému vyhynutí křečka polního (Weinhold 2008).

V oblastech, kde se k ochraně křečka přijala závažnější opatření zasahující do zemědělské činnosti, jsou škody způsobené křečkem polním zemědělcům kompenzovány v podobě finanční podpory (Seluga 1996, Weidling 1996, Stubbe et al. 1997).

#### **1.4 Právní status**

Křeček polní je v rámci EU chráněn Směrnicí Rady 92/43/EHS ze dne 21. května 1992 o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin. Křeček je řazen do přílohy IV, která zahrnuje druhy živočichů a rostlin v zájmu společenství, které vyžadují přísnou ochranu. Tato směrnice se týká všech států EU, ve kterých se křeček vyskytuje (Směrnice 92/43/EHS). Díky druhému dodatku Bernské konvence v rámci legislativy Evropské unie je řazen do kategorie silně ohrožený druh. V České republice je křeček podle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, vyhlášky č. 175/2006 Sb. ze dne 24. 4. 2006 zařazen do kategorie silně ohrožený druh. Dříve platila vyhláška č. 395/1992 Sb., ve které byl křeček řazen do seznamu zvláště chráněných druhů živočichů, ale díky evropské legislativě muselo dojít ke změně znění vyhlášky a křeček byl přeřazen do kategorie silně ohrožený druh (Vyhláška č. 395/1992 Sb.).

## 1.5 Věk a reprodukce

Křeček je řazen mezi polygamní druhy. O mláďata se starají jen samice, kdežto samci se pokoušejí spářit co s největším počtem samic (Franceschini a Millesi 2001). Reprodukční období tohoto savce začíná dubnem či květnem a končí v srpnu, kdy samice má obvykle až 2 vrhy (Nechay et al. 1977, Grulich 1986, Berdyugin a Bolshakov 1998). Březost trvá 17 až 20 dní a průměrně se v jednom vrhu narodí 6 mláďat, kde poměr pohlaví je 1:1 (Vohralík 1974). Narozená mláďata váží 3 až 5 g, jsou bez srsti, slepá a neslyšící (Vohralík 1975). Jejich vývoj je velice rychlý. Po čtyřech dnech se začínají osrstovat, po 12 dnech otevírají oči a začínají slyšet a po 25 dnech po porodu už opouštějí svou noru a postupně se osamostatňují (Eibl-Eibesfeld 1953, Vohralík 1975). Samice pohlavně dospívají ve věku kolem 80 dní (Mohr et al. 1973, Vohralík 1974) a samci ve věku kolem 60 dní (Reznik-Schüller et al. 1974). Mladá samice se většinou začíná rozmnožovat po hibernaci následující jaro (Szamos 1972, Gorecki 1977, Grulich 1986), ale může dojít i k tomu, že se zúčastní rozmnožování již ten rok, co se narodila (Weinhold 2008, Niethammer 1982).

Zajímavým moderním přístupem ke studiu populačních procesů jsou maticové modely, které pracují s populační strukturou a zkoumají přechodové pravděpodobnosti mezi strukturními třídami (Caswell 2002). Základním výchozím předpokladem této metody je sestavení grafu životního cyklu, který definuje strukturu populace a přechody mezi strukturními jednotkami. U křečka polního dosud žádný graf životního cyklu nebyl sestaven.

## 1.6 Rozšíření a stanoviště

Distribuce křečka polního začíná od západní Evropy, dále pokračuje přes střední Evropu, východní Evropu až do velké části západní Asie, kde se vyskytuje v Rusku a v Kazachstánu. Také je rozšířen v čínské provincii Xinjang. V Evropě se tedy vyskytuje v Rakousku, Bělorusku, Belgii, Bulharsku, Chorvatsku, České republice, Francii, Gruzii, Německu, Maďarsku, Nizozemsku, Polsku, Rumunsku, na Slovensku, Slovinsku a Ukrajině (obr. 1).



Obr. 1 Výskyt křečka je na mapě zvýrazněn červenou barvou. Mapa převzata z <http://maps.iucnredlist.org>

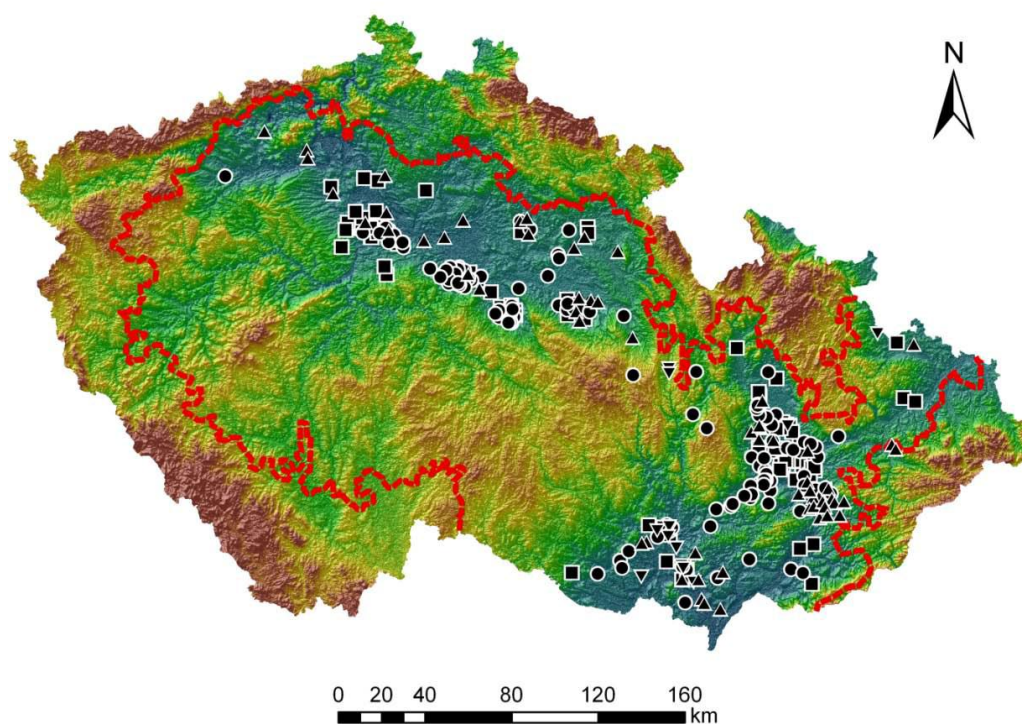
Křeček polní se vyskytuje v nížinách, zřídka kdy nad 500 m. n. m, kde obývá hlavně přírodní stepní stanoviště a stanoviště, která byla uměle vytvořena, jako jsou obilná pole. Obecně se nevyskytuje v bažinách, pouštích, lesích a horských oblastech (Weinhold 2008). Ideálním biotopem pro křečka jsou zemědělské pole, kde se vyskytuje velké množství trvalých rostlin, například jetel a vojtěška. Tento savec dává přednost nížinám, kde je dostatek slunečního záření (Nechay 2000). Nejlepší typ půdy pro křečka je hlinitá, jílovo-hlinitá a jílovo-písčité. Půdám lehkým jako jsou bahnitě-písčité a písčité se křeček spíše vyhýbá (Anděra a Beneš 2001).

V České republice se křeček polní vyskytuje hlavně v nížinách s nadmořskou výškou 200–300 m (Tkadlec et al. 2012), kde se dešťové srážky pohybují kolem 670–700 mm za rok (Weinhold 2008) a sněhová pokrývka zde přetrvává jen 50 až 60 dní (Grulich 1975). Je to typický druh zemědělské krajiny s ideálními půdními podmínkami (Weinhold 2008). V současnosti se u nás křeček vyskytuje v úrodných nížinách převážně kolem velkých řek. V západní části České republiky je to hlavně v oblastech kolem řek Labe a Ohře. Ve východní části našeho území se vyskytuje podél řek Moravy a Dyje. Dále obývá území kolem řeky Odry, poblíž měst Ostravy a Opavy (Tkadlec et al. 2012). V Čechách je tedy zaznamenán v horní polovině Středočeského kraje a také v okolí města Prahy. Dále se vyskytuje v Pardubickém, Královohradeckém a Ústeckém kraji, kde je jeho výskyt omezen jen na oblast Litoměřicka. Nalezen byl i na Svitavsku. Na Moravě hlavně obývá Olomoucký kraj,



kde byl zaznamenán v oblastech Olomoucka, Přerovska, Prostějovska až po Kroměřížsko. Hojně se vyskytuje i v Jihomoravském kraji, kde obývá oblasti kolem Hodonínska, Břeclavska a Znojemska (obr. 2) (Bendová 2011).

V České republice je mnoho přírodních geomorfologických bariér, které mají tendenci rozdělit populaci na několik izolovaných fragmentů. České populace jsou napojeny na ty Moravské přes složitou Svitavskou oblast, kde se nacházejí horské hřebeny v nadmořské výšce 700 m. Na Moravě je křeček rozdělen do tří populací, které obývají rozsáhlé nížinné geomorfologické celky nazývané úvaly. Hornomoravský úval leží na severu, kde se vyskytuje populace z okolí Olomouce a od Slezské populace je oddělena Moravskou bránou. Dolnomoravský úval se vyskytuje na jihovýchodě a Dyjsko-svratecký úval se nachází na jihozápadě Moravy. Na jihu Vyškovská a Napajedelská brána odděluje populaci z Hornomoravského úvalu od populace z Dolnomoravského úvalu, také rozděluje populaci



Obr. 2 Mapa České republiky, která znázorňuje výskyt křečka po roce 2000. Data byla získána ze čtyř nezávislých zdrojů: 1. Monitoring hrabošů (●), 2. Dotazníky (▲), 3. Databáze BioLib (■), 4. Jiné zdroje (▼). Červená linie vymezuje hranice areálu křečka ze 70. let (Grulich 1975). Mapa také znázorňuje soulad mezi rozšířením křečka a geomorfologií krajiny. Mapa převzata od Tkadlec et al. 2012.

z Hornomoravského úvalu od populace z Dyjsko-svrateckého úvalu. Nedávno se tyto trasy ještě více zneprůchodnily, hlavně díky výstavbě dálnic a vedlejších cest, které vedou přes úzká migrační místa propojující tyto úvaly (Tkadlec et al. 2012).

## **2 Cíle práce**

Cílem bakalářské práce je popsat demografické procesy v populaci křečka polního na periférii města Olomouc pomocí metody zpětného odchyty značkovaných jedinců v roce 2011. V práci se zaměřím na odhady početnosti, odhady pravděpodobnosti přežívání a pravděpodobnosti odlovu. Současně se budu zabývat odhadem struktury populace na základě pohlaví a věku zkoumaných jedinců. Současně jsem se pokusila vytvořit jednoduchý grafický model životního cyklu a ze získaných dat odvodit hodnoty přechodových pravděpodobností.

### 3 Materiál a metody

#### 3.1 Popis studovaného místa

Výzkum křečka polního probíhá v areálu Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého, který se nachází v jihovýchodní části Olomouce (obr. 3). Lokalita se vyskytuje v příměstské části Holice, v ulici Šlechtitelů 11. Tato lokalita je pro křečka velmi ideální jak z hlediska klimatu, tak z hlediska maloplošného pěstování plodin, které křečkovi poskytují potravu a úkryt. Nadmořská výška studované plochy je 210 m. n. m. a GPS souřadnice naměřené ve středu lokality jsou 49°34' s. š., 17°17' v. d. Areál je součástí Hornomoravského úvalu v geomorfologické oblasti Západních Vněkarpatských sníženin. Lokalita se nachází v nivě řeky Moravy a její vzdálenost od protékající řeky je 650 m. Srážky jsou zde v průměru za rok 500–600 mm a průměrná roční teplota se pohybuje kolem 8–9° C, což je pro křečka z hlediska klimatu ideální (Grulich 1977). Lokalita je využívána pro zemědělské účely a pro výzkum rostlin. Pěstují se zde obiloviny, zelenina, léčivé rostliny, vojtěška. Nachází se zde i zatravněné plochy a genové banky, kde se pěstuje např. laskavec (*Amacantus*) a proso (*Panicum*). Kosení vojtěšky se v roce 2011 provádělo jen jedenkrát (přelom srpna a září), což bylo pro křečka ideální. Díky této skutečnosti si jedinci mohli vytvořit stabilní úkryt poskytující dostatečnou ochranu před predátory.



Obr. 3 Letecký snímek Olomouce (vlevo) z červeně vyznačenou studijní plochou a detail studijní plochy (vpravo), kde červeně je zaznačena vlastní plocha. Mapy převzaty z <http://mapy.cz/>.

V areálu se vyskytuje i kompost, ve kterém dochází k organickému rozkladu rostlin pěstovaných na poli. Od roku 2011 probíhá na studijní ploše výstavba Centra regionu Haná pro biotechnický a zemědělský výzkum. Díky tomu došlo ke změně velikosti areálu, který se snížil z 25 ha na 20 ha.

Křeček polní je ve zmíněném areálu studován nepřetržitě již od roku 2002. V rámci víceletého studia tohoto druhu dochází ke kolísání velikosti populace kolem průměrné hustoty 60 jedinců. Průměrný počet norových systémů se udržuje na hodnotě 40 (Tkadlec 2011). V poslední době se na studované lokalitě výrazně snížila početnost populace, která zvyšuje riziko vymření této lokální populace.

### 3.2 Metoda zpětného odchyty

Metoda zpětného odchyty značkových jedinců (CMR, Capture-Mark-Recapture) je založena na odchyty jednotlivých křečků do živolovných pastí. Po odchyty následuje označení jedinců a jejich opětovné vypuštění do volné přírody. Tato metoda je v areálu využívána od roku 2002 ke stanovení demografických parametrů (pravděpodobnosti přežívání, velikosti populace, věkové a pohlavní struktury populace křečků). K analýze získaných dat jsou běžně používány programy JOLLY (Pollock et al. 1990) a MARK (Cooch a White 2011).

Odchyt křečků probíhá vždy od května do září nebo října. Záleží na tom, jestli se najdou stopy po aktivitě křečků (zejména otevřené nory a výhrabky hlíny u nor). Tento odchyt probíhá v měsíčních intervalech vždy ve dvou po sobě jdoucích dnech. Před samotným odchytom se musí vyhledat norové systémy s aktivními norami. V podvečerních hodinách (kolem 18. až 19. hodiny) se před vstup do nor kladou železné mřížové živolovné pasti (sklopce). Pasti mají 2 vchody, uprostřed se nachází

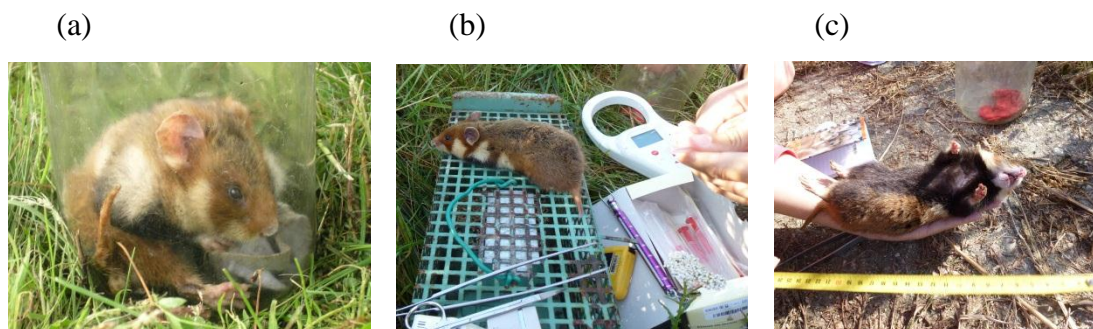
(a)



(b)



Obr. 4 Živolovná past: (a) uzavřená past s chyceným jedincem, (b) otevřená past



Obr. 5 Metoda zpětného odchyty: (a) narkotizace křečka, (b) příprava křečka pro získání potřebných dat a identifikaci, (c) měření tělesné délky.

železný nášlapný můstek, který při tlakovém působení (v přítomnosti křečka) uvolní pojistku a dvířka pasti se zavřou (obr. 4). Jako návnada se používají různé druhy obilovin a trsy vojtěšky nebo jetele.

Druhý den ráno (kolem 8. hodiny ranní) probíhá kontrola pastí, zejména díky tomu, aby se předešlo stresu, přehřátí (v pozdějších odpoledních hodinách bývají vysoké teploty) či případnému úmrtí křečků. Odchycení křečci jsou vyklopeni do skleněné nádoby. Do této nádoby se vloží kousek látky, která je napuštěna halotanem (2-bromo-2-chloro-1,1,1-trifluoro-ethan), což je anestetikum, které uspí chycené jedince. Narkóza trvá 1–2 minuty, během téhle doby jsou křečci zvázeni, změřeni a je zjištěno pohlaví. Dále se zjišťuje věk, reprodukční kondice a zdravotní stav (obr. 5). Následně dojde k očipování jedinců, u kterých nebyl nalezen čip. Čip (pasivní transpondér) je injekčně vpraven pod kůži v levé oblasti krku. Dříve se využívalo značení ušními známkami, ale docházelo k častým ztrátám těchto známek. Z tohoto důvodu se od 2006 přešlo k metodě čipování. Díky téhle metodě se předešlo k opakovanému uspávání křečků. Čipy používáme značky Planet ID ISO FDX-B Standart 11784/11785, kód země 972. Je zde využita technologie. Čipy v blízkosti čtečky vysílají signály, které jsou přečteny digitální čtečkou čipů. Po probuzení jsou jedinci vypuštěni u vchodu svých nor.

### 3.3 Odhady demografických parametrů

#### 3.3.1 Odhad Jollyho a Sebera

Odhad Jollyho a Sebera je pravděpodobnostní model, který se používá pro otevřenou populaci. Tuto metodu jsem použila pro výpočet velikosti populace z dat získaných

metodou zpětného odchyty značkových jedinců (CMR). Díky metodě CMR dochází k opakovanému vzorkování, kdy se označí jedinci, kteří se chytli poprvé (např. čipováním) a zaznamenávají se údaje o opakovaně chycených jedincích. Data se zapisují ve formě odchyťových historií. Doba mezi jednotlivými odchyty musí být dostatečně dlouhá na to, aby mohlo dojít ke změně početnosti populace. V populaci může nastat růst nebo pokles početnosti, přičemž růst je způsoben imigrací nebo reprodukcí a pokles je způsoben emigrací či smrtí jedinců v populaci. Důležité u odhadu Jollyho a Sebera je, že se musí zaznamenat délka časových intervalů mezi jednotlivými odchyty, protože časový interval u pravděpodobnosti přežívání nemusí být vždy stejný (Tkadlec a Losík 2011). Základní modely, které jsem použila pro vyhodnocení dat, jsou Jollyův–Seberův model (JS) a Cormackův–Jollyův–Seberův (CJS) model (Jolly 1965, Pollock et al. 1990, Lebreton et al. 1992). K výpočtu pravděpodobnosti přežívání slouží hlavně Cormackův–Jollyův–Seberův model. Výsledky u tohoto modelu jsou založeny jen na informacích, které jsou získány při zpětném odchyty již jednou označených jedinců. Pravděpodobnosti týkající se iniciálního odchyty nejsou pro tento model prioritní. Model Jollyho–Sebera slouží k výpočtu odhadu velikosti populace, ale také umožňuje vypočtení odhadu pravděpodobnosti přežívání a přírůstku v dané populaci. Nevýhodou obou modelů je, že nejsou schopny rozlišit proces mortality a emigrace, což může vést k tomu, že výsledky budou nepřesné (Tkadlec a Losík 2011).

Předpoklady pro fungování obou modelů jsou následující (Sutherland 2006):

1. Označení i neoznačení jedinci by měli mít u každého odchyty stejnou odchyťovou pravděpodobnost (Williams et al. 2001).
2. Po vzorkování musí ihned dojít k vypuštění jedinců zpět do volné přírody.
3. Pokud dojde k emigraci, tak jedinci se již zpět nevrátí.
4. Pravděpodobnost přežívání mezi jednotlivými odchyty musí být u všech jedinců v populaci stejná.
5. Platí zde i některé předpoklady modelů pro uzavřené populace, ale nikdy neplatí předpoklad o uzavřenosti.
6. Jedinci jsou na sobě vzájemně nezávislí (emigrace, pravděpodobnost odchyty a přežívání).

Když dojde k porušení některých z těchto předpokladů, může dojít ke zkreslení odhadů v početnosti populace. Tyto odhady mohou být kresleny i případnou

heterogenitou (týkající se pravděpodobnosti odchyty) či chováním jedinců, když po odchyty dojde ke změně v odlovitelnosti (Tkadlec a Losík 2011).

Pro výpočet odhadů velikosti populace, pravděpodobnosti přežívání a přírůstku nám slouží počítačové programy JOLLY (Pollock et. al. 1990), POPAN (Arnason a Schwarz 1998) nebo MARK (Cooch a White 2011). Program MARK nemá moc dobré konvergenční vlastnosti, proto jsem použila pro odhad početnosti populace program JOLLY. Všechny programy pracují s metodou maximální věrohodnosti. Další program, který existuje je JOLLYAGE. Tento program dokáže stanovit parametry pro 2 věkové třídy. Pro model Jollyho Sebera platí, že u všech jedinců musí být stejná pravděpodobnost přežívání a odlovu. U různých věkových tříd může dojít k tomu, že se doba přežívání bude značně lišit. Z tohoto důvodu je využíván již zmíněný program JOLLYAGE, který zabraňuje případnému zkreslení výsledků (Tkadlec a Losík 2011).

### **3.3.2 Enumerační metoda**

Při počítání odhadu populační velikosti u křečka polního jsem použila i metodu enumerační pojmenovanou také jako minimum number known alive (Otis et al. 1978). Tato metoda dokáže extrahovat tu nejjednodušší informaci, která je získána z dat, jež jsem zaznamenala u metody zpětného odchyty značkovaných jedinců. Principem této metody je skutečnost, že populace vzorkovaná v jednotlivých časových intervalech, musí být v daném čase rovna celkové velikosti vzorku, zahrnující všechny živé jedince (tedy i ty, které se nám nepodařilo odchytit). Pokud je početnost jedinců příliš nízká, aby se mohla odhadnout velikosti populace. Tak se pro odhad používá různý počet jedinců v populaci, kteří byli chyceni během odchytové akce (Tkadlec a Losík 2011). Výhodou téhle metody je, že se může odhadnout velikost populace i při nízkém počtu jedinců, což u metody Jollyho a Sebera nejde.

### **3.3.3 Odhady přežívání**

U křečka polního pro odhad přežívání jsem použila metoda horizontální s neúplnou registrací. Principem horizontální metody je, že jsou sledovány kohorty jedinců v čase. Při neúplné registraci jsou populace vzorkovány metodou zpětného odchyty značkovaných jedinců, tzn. že nejsou vždy sledováni všichni jedinci v populaci. Ke



zjištění odhadu pravděpodobnosti přežívání jsem použila model Cormackův–Jollyův–Seberův (CJS), který je pro tento výpočet nejvhodnější. Jeho výhodou je, že má specifické strategie, které byly vyvinuty pro odhad pravděpodobnosti přežívání. Pro model CJS jsem použila počítačový program MARK, ve kterém dokáže tento model odhadnout i pravděpodobnost zpětného odchyty. Pravděpodobnost přežívání také můžeme nazvat „zdánlivé přežívání“, protože zde kromě mortality patří i trvalá emigrace, díky čemuž můžeme získat zkreslené výsledky. Získaná data jsem zapisovala do formy odchyťových historií, kde číslo 1 znamená odchyceného jedince a číslo 0 neodchyceného jedince (Tkadlec a Losík 2011).

#### **3.3.4 Statistická analýza dat**

Statistickou významnost odchylky od vyrovnaného poměru pohlaví ve vzorku odchycených jedinců jsem hodnotila binomickým testem, který je implementován ve funkci `binom.test` v programu R (R Development Core Team 2012).

## 4 Výsledky

### 4.1 Velikost populace a její struktura

Odchyt křečka polního jsme zahájili v květnu roku 2011. V dubnu jsme našli 4 nory a postupně přibývaly další. Za celé období jsme našli 34 norových systémů, což odpovídá relativní populační hustotě 1,7 nor na 1 hektar při velikosti areálu 20 hektarů. Jen u 12 norových systémů byli úspěšně odchyceni křečci. Ostatní nory nebyly obsazeny a nebyly ani užívány. Nejvíce užívaných nor bylo nalezeno v poli s vojtěškou, ve kterém bylo odchyceno nejvíce křečků. V červenci a srpnu bylo monitorováno nejvíce nově otevřených nor, což je typické, protože docházelo k rozptylu subadultů.

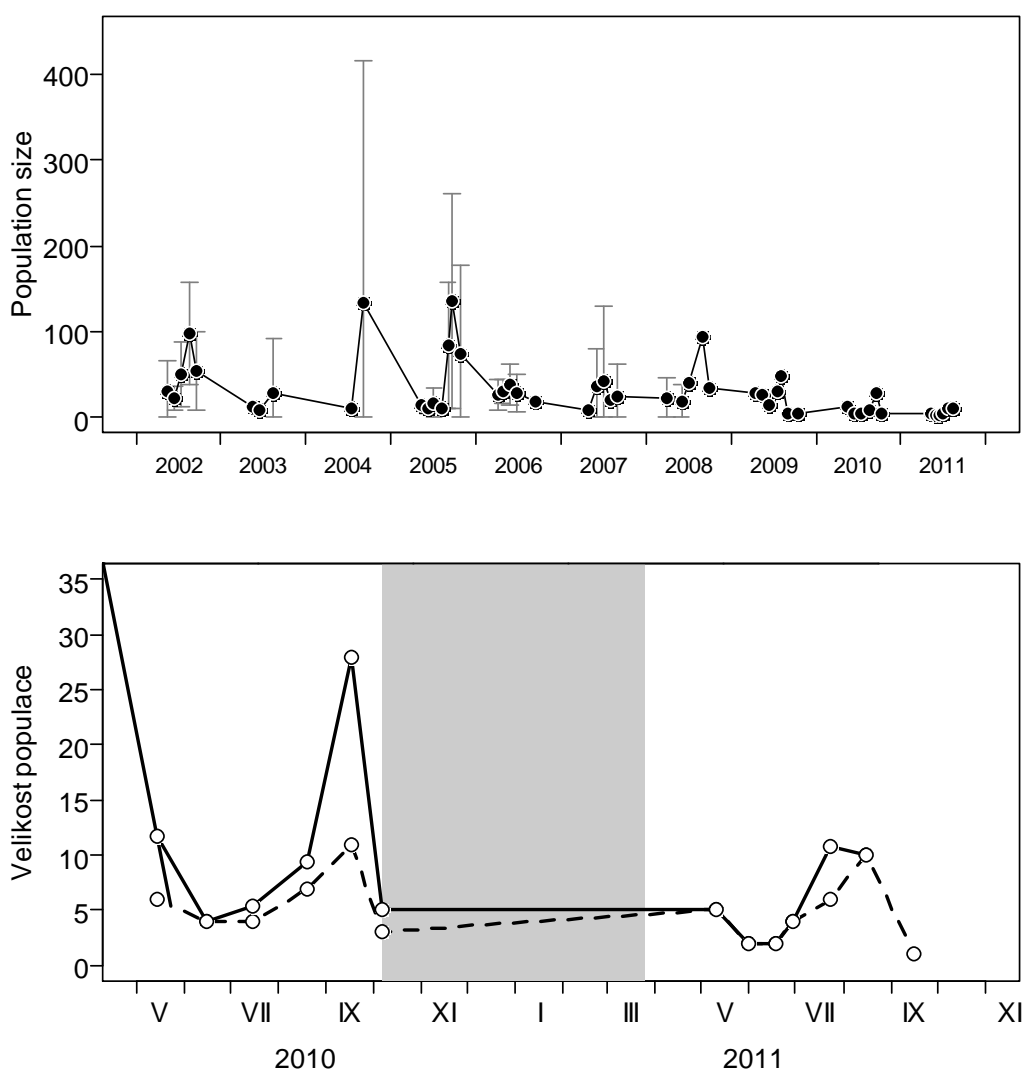
Za období od května do září bylo provedeno 7 odlovných akcí, na kterých bylo úspěšně odchyceno celkem 19 jedinců (tab. 1). Z toho 13 křečků bylo odchyceno jen 1krát, 3 křečci byli odchyceni 2krát, 1 křeček byl odchycen 4krát a 1 křeček byl dokonce odchycen 6krát (samec 10029907). Z jedinců označených v roce 2010 byli odchyceni jen 2 samci (10029907 a 10028204). Poměr mezi pohlavím byl vyrovnaný 0,53 (95% CI 0,29–0,76) a zjištěno tedy bylo 10 samic a 9 samců. Průměrná hmotnost odchycených samic byla 271,3 g a průměrná tělesná délka 20,8 cm. U samců byla naměřena průměrná hmotnost 400 g a průměrná tělesná délka 24,4 cm. Z těchto 19 jedinců bylo odchyceno 12 adultů (8 samců a 4 samice) a 7 subadultů (5 samic a 2 samci). Průměrná hmotnost adultů byla 352 g a průměrná tělesná délka 23,6 cm. U subadultů byla naměřena průměrná hmotnost 262,5 g a tělesná průměrná délka 20,3 cm. První subadultní jedinci byli chyceni v červenci (2 jedinci) a nejvíce jich bylo odloveno v srpnu (4 jedinci). V září pak byl odchycen jen jeden subadultní jedinec. Subadultní jedinci tvořili 36 % všech chycených jedinců.

V roce 2011 byla početnost populace velmi nízká. Nejvíce odchycených

Tabulka 1 Počty odchycených křečků v jednotlivých měsících v roce 2011

Pohlaví	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září
<b>Samci</b>	4	5	2	5	1
<b>Samice</b>	3	1	2	5	0
<b>Celkem</b>	7	6	4	10	1

křečků bylo v srpnu (10 jedinců) a nejméně v září (jen 1 jedinec). Odhad velikosti populace pomocí modelu Jollyho a Sebera pro maximální početnost v srpnu bylo 10 jedinců, což odpovídá populační hustotě 0,50 jedinců na 1 hektar. Díky nízké početnosti populace jsem použila i enumerační metodu, u které je známo, že podhodnocuje výsledky. Velikost populace vypočtena pro srpen byla 10 jedinců (obr. 6). V tomto roce byla zjištěna nejnižší početnost populace za celé období výzkumu křečka, který probíhá na dané lokalitě od roku 2002. Odchyty byly ukončeny 24. 9., kdy křečci přešli do prehibernační fáze.



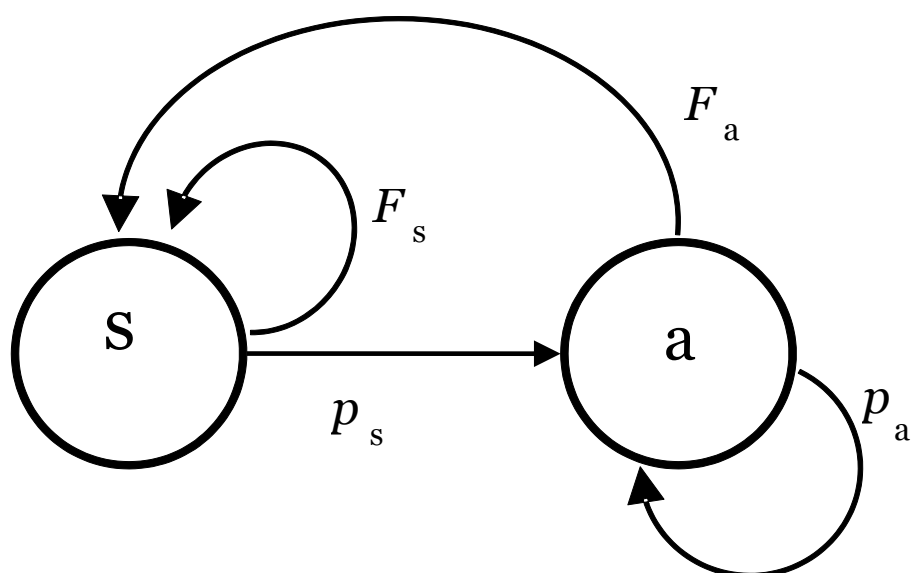
Obr. 6 Horní graf znázorňuje populační dynamiku křečka polního od roku 2002 do roku 2011. Na grafu lze vidět, že největší populace byla v letech 2004 a 2005 a naopak nejnižší v roce 2011. Velikost populace je zde odhadnuta pomocí metody Jollyho a Sebera. Úsečky vymezují 95 % meze spolehlivosti odhadů. Spodní graf detailně znázorňuje populační dynamiku v letech 2010 a 2011. Velikost populace je odhadnuta metodou Jollyho a Sebera (plná čára) a enumerační metodou (přerušovaná čára). Šedý pruh značí hibernaci.

## 4.2 Pravděpodobnost přežívání a odchyty

Díky nízké početnosti populace a malého počtu zpětných odchytů již označených jedinců se odhad přežívání metodou C–J–S dal vypočítat jen mezi prvním a druhým odchytom, kdy míra přežívání byla 0,63 (95 % CI 0,25–0,89) a mezi druhým a třetím odchytom, kdy míra přežívání byla 0,73 (95 % CI 0,2–0,96). Pro rok 2011 byla odhadnuta průměrná pravděpodobnost přežívání 0,81 (95 % CI 0,64–0,91) při průměrné pravděpodobnosti odchytu 0,6 (95 % CI 0,22–0,87).

## 4.3 Graf životního cyklu

Pro hlubší pochopení procesů v průběhu života organismů se konstruují grafy životního cyklu, které odrážejí nejen složitost života, ale také naše reálné možnosti studia v přírodních populacích. U křečka polního lze vzhledem k jeho biologii vymezit jednoduchý životní cyklus se dvěma stádii, která lze od sebe dostatečně dobře odlišit (obr. 7): subadulti a adulti. Subadultní jedinci jsou nejmladší jedinci v populaci ve věku od 3–4 týdnů, kdy opouštějí rodičovskou noru, do 3 měsíců, kdy vstupují do své první hibernace. Jde o jedince, kteří nejsou pohlavně aktivní, a jsou proto menší velikosti než dospělci. Adulti jsou pohlavně aktivní dospělí jedinci, kteří



Obr. 7 Graf životního cyklu. S = subadulti,  $p_s$  = přežívání subadultů,  $F_s$  = rozmnožování adultů, a = adulti,  $p_a$  = přežívání adultů,  $F_a$  = rozmnožování adultů

přežili první nebo druhou hibernaci a vstupují do reprodukce na jaře v dubnu. V této době mají obvykle 8 a více měsíců. Přechody v tomto životním cyklu jsou tvořeny pravděpodobnostmi přežívání  $p$  a reprodukčními příspěvky  $F$ .

V roce 2011 jsem zaznamenala 2 dospělé, kteří byli označeni v předchozím roce jako subadulti ( $n = 10$ ). Přechodová pravděpodobnost  $p_s$  je tedy 0,20. Mezi dospělci nebyl zaznamenán ani jeden, který byl v kategorii dospělec již v předchozím roce. Pravděpodobnost přežívání  $p_a$  je tedy 0. Protože jsem nezaznamenala ani jednu subadultní samici, která by vstoupila do reprodukce ještě před hibernací, lze jejich reprodukční příspěvek  $F_s$  považovat rovněž za nulový. Údaje o reprodukci se v přírodních populacích sbírají jen velmi těžce, proto jsem při odhadu reprodukčního příspěvku adultní samice použila literární údaje (Weinhold 2008), podle kterých adultní samice mají v průměru 2 vrhy po 6 mláďatech. Za předpokladu vyrovnaného poměru pohlaví a pravděpodobnosti přežívání 0,4 do doby odchyty lze reprodukční příspěvek vypočítat jako součin  $F_s = 2 \times 6 \times 0,5 \times 0,4 = 2,4$  subadultních samic. Z takto odvozených parametrů lze zkonstruovat projekční matici (tab. 2), na základě které lze předpovědět velikost a strukturu populace v následujícím roce 2012. Předpověď dostaneme jako maticový součin projekční matice a sloupcového vektoru, který popisuje strukturu populace v roce 2011, v němž jsme pozorovali 5 subadultních samic a 4 adultní samice. V roce 2012 tak lze předpovědět velikost populace kolem 22 jedinců obojího pohlaví (tj. 11 samic), v níž bude zhruba 10 subadultních samic a jedna adultní samice (tab. 3). Tato čísla zatím nelze brát příliš vážně, neboť vychází pouze z jednoho roku pozorování.

Tabulka 2 Tabulka s hodnotami parametrů

		Čas $t$	
		Subadulti	Adulti
Čas $t + 1$	Subadulti	0	2,4
	Adulti	0,2	0

Tabulka 3 Odhad parametrů projekční matice

		t + 1	
		Odchycení jedinci 2011	Odhad pro rok 2012
Subadulti		5	9,6
Adulti		4	1,0

## 5 Diskuse

Početnost křečka polního se za posledních 30 let v Evropě velmi snížila (Stubbe a Stubbe 1998, Nechay 2000, Weinhold 2008). V Nizozemsku, Francii a Belgii byla situace tak vážná, že pro ochranu křečků byly zavedeny reintrodukční programy (Kreekels 1999). Kvalitní ochranný management vyžaduje dobrou znalost demografických procesů. Ty byly ale u křečka polního zatím studovány jen zcela okrajově. V předložené bakalářské práci jsem se zabývala demografií přírodní populace na okraji města Olomouce s použitím metody zpětného odchyту značkových jedinců. Zjistila jsem, že početnost populace klesla na dlouhodobé minimum 10 jedinců. Měsíční průměrná pravděpodobnost přežívání a odchytu byla 0,81 (95 % CI 0,64–0,91) a 0,6 (95 % CI 0,22–0,87). Z pozorovaných dat jsem odhadla parametry projekční matice. Výsledky naznačují, že početnost studované populace klesá a zvyšuje se tak pravděpodobnost jejího vymření.

Výzkum křečka polního probíhá na studijní lokalitě v Holicích již od roku 2002. Demografické parametry jsem počítala pomocí modelů Jolly a Sebera, Cormacka–Jollyho–Sebera a enumerační metody. Na tento výpočet jsem použila data, které jsem získala metodou zpětného odchytu značkových jedinců. Maximální početnost pro srpen roku 2011 byla stanovena jen na 10 jedincích, což odpovídalo populační hustotě 0,5 jedinců na 1 hektar. Tato hodnota byla pro letní období velmi nízká. Ve srovnání se Slovenskem, kdy v letech 1971–1972 bylo při masivním rozmnožení křečků 300–500 jedinců na 1 hektar, dokonce i v některých oblastech bylo 800 jedinců na 1 hektar (Grulich 1975). Populační početnost v roce 2011 byla nejnižší za celé období výzkumu, který probíhá od roku 2002. Příčiny poklesu na této studované lokalitě nejsou přesně známy. Mohla k tomu přispět i stavba Centra regionu Haná pro biotechnický a zemědělský výzkum, kdy došlo ke zničení části pozemku, kde se křeček hojně vyskytoval. Ovšem na druhou stranu v roce 2011 bylo na pozemku vyseto velké množství vojtěšky, což má pro křečka stabilizační vliv v zemědělské krajině (Gorecki 1977, Murariu 1998, Wencel 1998, Bihary a Arany 2001). Pokles na studované lokalitě mohl být způsoben i predací, neboť došlo v posledním desetiletí ke zvýšenému výskytu predátorů. Naznačují to i data z radiotelemetrie o mortalitě křečků na sledované lokalitě (Tkadlec 2011). V letním období dochází k nárůstu populace a mělo by být chyceno víc subadultů

než adultů, což na sledované lokalitě nebylo. Celkově bylo odchyceno jen 36 % subadultů a 64 % adultů. Toto mohlo být způsobeno zvýšenou predací subadultů či špatnou porodností, samice na studované lokalitě mohly mít jen jeden vrh za rok. Průměrná hmotnost a tělesná délka odchycených samic byla 271,3 g a 20,8 cm. U samců byla naměřena průměrná hmotnost a tělesná délka 400 g a 24,4 cm. Ve srovnání s literaturou, kde tělesná délka křečků je 20–30 cm a hmotnost je 200–600 g (Weinhold 2008) jsou naměřené hodnoty standardní.

Měsíční průměrná pravděpodobnost přežívání a odchytu byla 0,81 a 0,6 jsou poměrně dobré hodnoty. Měsíční pravděpodobnost přežití 0,8 v podstatě odpovídá roční míře přežití kolem 7 % (tj.  $0,8^{12} = 0,069$ ). To jsou zhruba pozorované pravděpodobnosti ve zkoumané populaci. Díky malé početnosti populace jsem nemohla vypočítat detailněji tyto parametry.

Podle odhadnutých parametrů projekční matice jsem pro rok 2012 předpověděla početnost 22 jedinců, v níž bude 10 subadultních samic a 1 adultní samice. Tato čísla zcela jistě neodpovídají realitě, neboť parametry byly odhadnuty na základě jednoletého pozorování ve velmi malé populaci. Některá data jsem musela použít z literárních zdrojů. Od roku 2012 začneme dávat k norám fotopasti, které nám pomůžou odhalit počet vrhů za rok a reprodukční příspěvek adultních samic.

V předložené práci jsem zjistila, že početnost populace na studované lokalitě s největší pravděpodobností klesá, což zvyšuje pravděpodobnost extinkce. Populace prochází svým nejhorším obdobím z hlediska stálosti a zvyšuje se tím riziko vymření této lokální populace. V roce 2011 bylo chyceno jen velmi málo subadultů a díky rychlému nástupu na hibernaci, je pravděpodobné, že rok 2012 nebude o nic lepší. Zase na druhou stranu naše studovaná lokalita je napojená na rozsáhlé zemědělské plochy v okolí Olomouce, kde výskyt křečka je poměrně stálý. Bylo by velmi žádoucí, kdyby studovaná populace byla udržována přísunem nových jedinců z těchto okolních ploch (Tkadlec 2011).

## 6 Souhrn

V předložené bakalářské práci jsem se zabývala demografií křečka polního v populaci na periférii Olomouce. Dospěla jsem k následujícím výsledkům:

1. Za celé období výzkumu, který probíhá na dané lokalitě již od roku 2002, byla v roce 2011 populační početnost křečka polního nejnižší.
2. V srpnu, kdy je největší nárůst populace, bylo odchytnuto jen 11 jedinců, což bylo za posledních 10 let nejmíň.
3. Odhad velikosti populace pomocí modelu Jollyho a Sebera pro maximální početnost v srpnu bylo 10 jedinců, což odpovídá populační hustotě 0,5 jedinců na 1 hektar.
4. Odhad velikosti populace pomocí enumerační metody pro maximální početnost v srpnu bylo 10 jedinců.
5. Za rok 2011 bylo chyceno 36 % subadultů a 64 % adultů. Průměrná hmotnost a délka adultů byla 352 g a 23,6 cm. U subadultů byla naměřena průměrná hmotnost a délka 262,5 g a 20,3 cm.
6. Poměr mezi pohlavím byl vyrovnaný 0,53 (95 % CI 0,29–0,76), zaznamenáno bylo 10 samců a 9 samic. Průměrná délka a hmotnost samic byla 20,8 cm a 271,3 g. Průměrná délka a hmotnost samců byla 24,4 cm a 400g.
7. Průměrná pravděpodobnost přežívání pro rok 2011 byla 0,81 (95 % CI 0,64–0,91) a průměrná pravděpodobnost odchyty byla 0,6 (95 % CI 0,22–0,87).
8. Výsledky naznačují, že ve studované populaci dochází k poklesu početnosti.



## 7 Literatura

ANDĚRA M, BENEŠ B. 2001. Atlas rozšíření savců v České republice – Předběžná verze IV. Hlodavci (Rodentia) – část 1. Křečkovití (*Cricetidae*), hrabošovité (*Arvicolidae*), plchovití (*Gliridae*). Praha: Národní muzeum. 160 p.

ARNASON AN, SCHWARZ CJ. 1998. Using POPAN – 5 to analyse banding data. *Bird Study* 46: S157 – 168.

BACKBIER LAM, GUBBELS K, SELUGA K, WEIDLING A, WEINHOLD U, ZIMMERMANN W. 1998. Der Feldhamster *Cricetus Cricetus* (L., 1758), eine stark gefährdete Tierart. Internationale Arbeitsgruppe Feldhamster, Stichting Hamsterwerkgroep Limburg (Eds), Margraten.

BACKBIER LAM, GUBBELS EJ. 1998. Species-protective measures for preservation of the Common hamster (*Cricetus cricetus*) in Limburg (Netherlands). In: Ecology and Protection of the Common Hamster (Eds. Stubbe M, Stubbe A), pp. 125–136.

BENDO VÁ M. 2011. Vzorec návštěv křečka polního [bakalářská práce]. Olomouc: Katedra zoologie a ornitologická laboratoř PŘF UP v Olomouci. 46 s.

BERDYUGIN K. I, BOLSHAKOV V. N. 1998. The common hamster (*Cricetus cricetus* L.) in the eastern part of Europe. pp. 43–79. In: STUBBE M, STUBBE A. (eds.): *Ökologie und Schutz des Feldhamsters*. Wissensch. Beitr. MLU Halle–Wittenberg, 480 pp.

BIHARI Z, ARANY I. 2001. Metapopulation structure of the Common Hamster (*Cricetus cricetus*) in agricultural habitats. In: Beiträge zu Ökologie und Schutz des Feldhamsters (*Cricetus cricetus*), Jb. Nass. Ver. Naturkde Bd. 122: 217–223.

BIHARI Z, HORVATH M, LANSZKI J, MIKLOS H. 2008. Role of the common hamster (*Cricetus cricetus*) in the diet of natural predators in Hungary. In: MILLESI E, WINKLER H, HENGESBERGER R, eds. The common hamster (*Cricetus cricetus*): perspectives on an endangered species. Biosystematics Ecology Series No. 25. Vienna: Austrian Academy of Sciences Press. p. 61–68.

CASWELL H. 2001. Matrix population model: construction, analysis, and interpretation. 2nd edition. Sunderland (MA): Sinauer Associates.

COOCH E, WHITE G, eds. c2002. Program MARK: a gentle introduction. 9th edition. Dostupný z <http://www.phidot.org/software/mark/docs/book/>.

EIBL – EIBESFELD I. 1953. Zur Ethologie des Hamsters (*Cricetus cricetus* L.) Z. Tierpsychol. 10: 204–254.

EIDENSCHENCK J, VILLEMÉY A. 2011. Restocking of the common hamster wild populations, *Cricetus cricetus*, in France. Impact of agricultural practices. In: MONECKE S, PÉVET P, eds. Program & Conference Proceedings from the 18th Meeting of the International Hamster Workgroup; October 14–17, 2011; Strasbourg. Strasbourg: Université de Strasbourg. p. 48.

FRANCESCHINI C, MILLESI E. 2001. Der Feldhamster (*Cricetus cricetus*) in einer Wiener Wohnanlage. In: Beiträge zu Ökologie und Schutz des Feldhamsters (*Cricetus cricetus*), Jb. Nass. Ver. Naturkde Bd. 122: 151–161.

GEORGE K. 1995. Neue Bedingungen für die Vogelwelt der Agrarlandschaft in Ostdeutschland nach der Wiedervereinigung. Orn. Jber. Mus. Heineanum 13: 1–25.

GORBAN I, DYKIY I, SREBRODOLSKA E. 1998. What has happened with *Cricetus cricetus* in Ukraine. In: STUBBE M, STUBBE A, editors. Ökologie und Schutz des Feldhamsters. Halle–Wittenberg: Wissensch. Beitr. MLU Halle–Wittenberg. pp. 87–89.

GORECKI A. 1977. Energy flow through the Common Hamster population. Acta Theriol. 22: 25–66.

GÖRNER M. 1972. Nachweise des Hamsters (*Cricetus cricetus* L.) in Ostthüringen durch Gewöllanalysen und ihre Problematik für Naturschutz und Landschaftspflege. Landschaftspfl. U. Naturschutz Thüringen 9 (32): 21–25.

GRULICH I. 1973. Přemnožení křečka na východním Slovensku v r. 1971. Vesmír 52 (11): 323–327.

GRULICH I. 1975. Zur Verbreitungsgebiet der Art *Cricetus cricetus* (Mamm.) in der Tschechoslowakei. Zool listy. 24: 197–222.

GRULICH I. 1977. Křeček polní *Cricetus cricetus* L. a zákonitosti jeho rozšíření v ČSSR. Živa, 66: 33–36.

GRULICH I. 1978. Standorte des Hamsters (*Cricetus cricetus* L. Rodentia, Mammalia) in der Ostslowakei – Acta Sc. Nat. Brno, 12 : 1. 1–42.

GRULICH I. 1980. Populationsdichte des Hamsters (*Cricetus cricetus*, Mamm). Acta Sc. Nat. Brno, 14 (6): 1–44.

GRULICH I. 1981. Die Baue des Hamsters (*Cricetus cricetus*, Rodentia, Mammalia). Folia Zool. Brno 30 (2): 99–116.

GRULICH I. 1986. The reproduction of *Cricetus cricetus* (Rodentia) in Czechoslovakia. Acta Sc. Nat. Brno 20(5–6): 1–56.

GUBBELS EJ, GUBBELS JE, GUBBELS-BROERS SLM, BACKBIER LAM. 1994a. De Korenwoof, *Cricetus cricetus*. I. Een eerste Verkenning. Natuurhist. Maandbland 83 (9): 164–167.

GUBBELS EJ, BACKBIER LAM, GUBBELS JE. 1994b. De Korenwoof, *Cricetus cricetus*. II. Winterwaarnemingen. Natuurhist. Maandbland 83 (11): 212–215.

GUBBELS EJ, BACKBIER LAM, GUBBELS JE, GUBBELS JS. 1994c. De Korenwoof, *Cricetus cricetus*. III. Winterburchten. Natuurhist. Maandblad 83 (12): 231–236.

HUSSON AM. 1949. Over het voorkomen van de Hamster, *Cricetus cricetus* (L), in Nederland. Publicaties Natuurhist. Genootschap Limburg, Reeks II: 13–54.

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

KAYSER A, WEINHOLD U, STUBBE M. 2003. Mortality factors of the common hamster *Cricetus cricetus* at two sites in Germany. *Acta theriologica* 48 (1): 47–57.

KREKELS, R. (1999). Beschermingsplan hamster 2000–2004. Rapport Directie Natuurbeheer Nr. 41, Wageningen.

LEBRETON J-D, BURNHAN KP, CLOBERT J, ANDERSON DR. 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecol Monogr.* 62: 67–118.

LEICHT WH. 1979. Tiere der offenen Kulturlandschaft. Bd. I/2 Feldhamster, Feldmaus. Reihe Ethologie einheimischer Säugetiere, Heidelberg.

LIBOIS RM, ROSOUX R. 1982. Le hamster d'Europe, *Cricetus cricetus* (L. 1758). In: LIBOIS R. M. Atlas provisoire des mammifères sauvages de Wallonie, Distribution, écologie, éthologie, conservation. Cahiers d'Éthologie appliquée, Vol. 2, suppl. 1–2: 129–137.

MOHR U, SCHULLER H, REZNIK G, ALTHOFF J, PAGE N. 1973. Breeding of European hamsters. *Lab. Anim. Sci.* 23 (6): 799–802.

MOURIK WR. van 1962. De Hamster, *Cricetus cricetus* (L) in Nederland. – Rijksinstituut voor Veldbiologisch Onderzoek ten behoeve van het Natuurbehoud. Bilthoven: 56 S.

MÜLLER KR. 1960. Der Hamster und seine Bekämpfung. Flugblatt Nr. 30. Berlin: Biol. Zentralanst. der DAL zu Berlin.

MURARIU D. 1998. About the hamster (*Cricetus cricetus* L., 1758 – Cricetidae, Rodentia) in Romania. In: STUBBE M, STUBBE A, eds. Ökologie und Schutz des Feldhamsters. Halle/Saale: Martin-Luther-Universität Halle – Wittenberg. p. 91–98.

NECHAY G, HAMAR M, GRULICH I. 1977. The common hamster (*Cricetus cricetus* L.): a review. EPPO Bull. 7(2): 255–276.

NECHAY G. 1998. The state of the common hamster (*Cricetus cricetus* L., 1758) in Hungary. In: STUBBE M, STUBBE A, editors. Ökologie und Schutz des Feldhamsters. Halle–Wittenberg: Wissensch. Beitr. MLU Halle-Wittenberg. p. 101-110.

NECHAY G. 2000. Status of Hamsters: *Cricetus cricetus*, *Cricetus migratorius*, *Mesocricetus Newtoni* and other hamster species in Europe. Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats, Nature and Environment Series, No. 106.

NEUMANN K, MICHAUX JR, MAAK S, JANSMANN H, KAYSER A, MUNDT G, GATTERMANN R. 2005. Genetic spatial structure of European common hamsters (*Cricetus cricetus*) – a result of repeated range expansion and demographic bottlenecks. Mol. Ecol. 14: 1473–1483.

NICOLAI B. 1994. Der Hamster, *Cricetus cricetus*, als Verkehrsoffer und Beute des Uhus, *Bubo bubo*, in Sachsen-Anhalt. Abh. Ber. Mus. Heineanum 2: 125–132.

NIETHAMMER J, KRAPP F, eds. 1982. Handbuch der Säugetiere Europas, Vol. 2. Wiesbaden: Akad.Vrlg.Ges. pp. 1–50.

OTIS DL, BURNHAM KP, WHITE GC, ANDERSON DR. 1978. Statistical inference from capture-recapture data on closed animal populations. *Wildl Monogr.* (62): 1–135.

PETZSCH H. 1950. *Der Hamster*. – Die Neue Brehm – Bücherei. Leipzig, Wittenberg.

PIECHOCKI R. 1979. Über den Rückgang des Aufkommens an Hamsterfellen in der DDR. *Brühl* 20: 11–13.

POLLOCK KH, NICHOLS JD, BROWNIE C, HINES JE. 1990. Statistical inference for capture-recapture experiments. *Wildl Monogr* (107): 1–97.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2012. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna (Austria): R Foundation for Statistical Computing.

REZNIK-SCHÜLLER H, REZNIK G, MOHR U. 1974. The European hamster (*Cricetus cricetus* L.) as an experimental animal: Breeding methods and observations of their behaviour in the laboratory. *Z. Versuchstierk.* 16: 48–58.

SAINT GIRONS MC. 1973. *Cricetus cricetus* (Linnaeus 1758), le Hamster commun ou Hamster gris. – In: *Les Mammifères de France et du Benelux*. Paris. 309–313.

SELUGA K. 1996. Untersuchungen zu Bestandssituation und Ökologie des Feldhamsters. *Cricetus cricetus* L., 1758, in den östlichen Bundesländern Deutschlands. Diplomarbeit Univ. Halle – Wittenberg.

SCHRÖPFER R. 1973. Zum Vorkommen des Feldhamsters (*Cricetus cricetus* Linné 1758) in der norddeutschen Tiefebene. *Natur und Heimat* 33 (4): 97–99.

Směrnice 92/43/EHS o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin. Příloha IV. – Druhy živočichů a rostlin v zájmu Společenství, které vyžadují přísnou ochranu.

STUBBE M, ZÖRNER H, MATHES H, BÖHM W. 1991. Reproduktionsrate und gegenwärtiges Nahrungsspektrum einiger Greifvogelarten im nördlichen Harzvorland. In: STUBBE, M. (Hrsg.): Populationsökologie von Greifvogel- und Eulenarten Bd. 2. Wiss. Beitr. Univ. Halle 1991/4 (P45): 39–60.

STUBBE M, SELLUGA K, WEIDLING A. 1997. Bestandssituation und Ökologie des Feldhamsters *Cricetus cricetus* (L., 1758). Tiere im Konflikt 5: 5-60.

STUBBE M, STUBBE A, eds. 1998. Ökologie und Schutz des Feldhamsters. Halle/Saale: Martin-Luther-Universität Halle–Wittenberg.

SUTHERLAND WJ. 2006. Ecological census techniques: a handbook. Cambridge: Cambridge University Press.

SZAMOS V. 1972. [Growth and development of *Cricetus cricetus* L.]. Vest. Zool. 4: 86–89.

TKADLEC E. 2011. Sociální chování a demografie křečka polního (závěrečná práce). Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 20 s.

TKADLEC E, LOSÍK J. 2011. Základní metody populační ekologie. Verze 1. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí, Univerzita Palackého v Olomouci.

TKADLEC E, HEROLDOVÁ M, VÍŠKOVÁ V, BEDNÁŘ M, ZEJDA J. 2012. Distribution of the common hamster in the Czech Republic after 2000: retreating to optimum lowland habitats. Folia Zoologica (in press).

TOTH S. 1974. Das Kalamitätsvorkommen des Hamsters (*Cricetus cricetus* L.) in der Ostslowakei in den Jahren 1971–1972. Sbor. UVTI – Ochrava rostlin 10: 69–74.

ULBRICH K, KAYSER A. 2004. A risk analysis for the common hamster (*Cricetus cricetus*). Biological Conservation 117: 263–270.

VOHRALÍK V. 1974. Biology of the reproduction of the common hamster, *Cricetus cricetus* (L.). Vestn. čs. spol. zool. 38: 228–240.

VOHRALÍK V. 1975. Postnatal development of the common hamster *Cricetus cricetus* (L.) in captivity. - Rozpr. českoslov. Akad. věd. 85 (9) : 1–48.

VOHRALÍK V, ANDĚRA M. 1976. Rozšíření křečka polního *Cricetus cricetus* (L.) v Československu [Distribution of the common hamster, *Cricetus cricetus* (L.) in Czechoslovakia]. Lynx (Praha), n. s. 13: 56–65.

Vyhláška č. 395/1992 Sb. Ministerstva životního prostředí České republiky ze dne 11. června 1992, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

WEIDLING A. 1996. Zur Ökologie des Feldhamsters *Cricetus cricetus* L., 1758 im Nordharz – vorland. Diplomarbeit Univ. Halle – Wittenberg.

WEIDLING A, STUBBE M. 1997b. Der Feldhamster – Überleben in der intensiv genutzten Agrarlandschaft. – In: Thüringer Ministerium Für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt: Einfluss der Grobflächen – Landwirtschaft auf die Fauna. 34–37.

WEINHOLD U. 1998. Zur Verbreitung und Ökologie des Feldhamsters (*Cricetus cricetus* L. 1758) in Baden-Württemberg, unter besonderer Berücksichtigung der räumlichen Organisation auf intensiv genutzten landwirtschaftlichen Flächen im Raum Baden – Württemberg [disertační práce]. Heidelberg: Universität Heidelberg.

WEINHOLD U. 2008. Draft European Action Plan For the conservation of the Common hamster (*Cricetus cricetus*, L. 1758). Strasbourg: Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats. Standing Committee. 28th meeting, Strasbourg, 24–27 November 2008.

WENDT W. 1983. Zur Bestandssituation des Feldhamster (*Cricetus cricetus*) in der DDR. Säugetieekd. Inf. 7:86–90.



WENDT W. 1989. Feldhamster *Cricetus cricetus* (L.). – In: STUBBE M. (Hrsg.): Buch der Hege. Bd. 1, Haarwild, Berlin. 667–683.

WENDT W. 1991. Der Winterschlaf des Feldhamster, *Cricetus cricetus* (L. 1758) – Energetische Grundlagen und Auswirkungen auf die Populationsdynamik. In: STUBBE M. (Hrsg). Populationsökologie von Kleinsäugerarten. Wiss. Beitr. Univ. Halle 1990/34 (P42): 67–78.

WENCEL M-C. 1998. Zur Situation des Feldhamsters (*Cricetus cricetus*) in Frankreich. In: STUBBE M, STUBBE A, eds. Ökologie und Schutz des Feldhamsters. Halle/Saale: Martin-Luther-Universität Halle–Wittenberg. p. 119–124.

WILLIAMS BK, NICHOLS JD, CONROY MJ. 2001. Analysis and management of animal populations: modeling, estimation, and decision making. San Diego: Academic Press.

WUTTKY K. 1968. Ergebnisse 10jähriger Beobachtungen an der Greifvogelpopulation des Wildforschungsgebietes Hakel (Kr. Aschersleben). Beitr. Jagd-u. Wildforsch. 6: 159–173.

ZIOMEK J, BANASZEK A. 2007. The common hamster, *Cricetus cricetus* in Poland: status and current range. Folia Zool. 56: 235–242.