

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



Sezónní změny v cirkadiánní aktivitě křečka polního

Bc. Lubomír Hauerland
Diplomová práce

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

jako součást požadavků na získání titulu Mgr. v oboru
Ochrana a tvorba životního prostředí

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

Olomouc 2011

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením prof. MVDr. Emila Tkadlece, CSc. a použil jen uvedených pramenů a literatury.

V Olomouci 25. 4. 2011

Bc. Lubomír Hauerland

HAUERLAND L. 2011. Sezónní změny v cirkadiánní aktivitě křečka polního [diplomová práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí PŘF UP v Olomouci, 39 s., 2 přílohy, česky.

Abstrakt

V posledních desetiletích došlo k výraznému poklesu početnosti v západoevropských populacích křečka polního. Recentní práce ukazují, že tomuto poklesu se nevyhnuly ani populace středoevropské, včetně populace české. Význam behaviorálních studií v přírodních populacích proto narůstá, neboť chování a biologické rytmy byly tradičně studovány pouze v laboratorních podmínkách. V předložené diplomové práci se zabývám sezónními změnami v cirkadiánní aktivitě křečka polního v přírodní populaci na periférii Olomouce. V roce 2010 jsem od června do září odchytil křečky do živolovných pastí a individuálně je značil čipováním. V 4 norových systémech byly na východy z nor umístěny jednotky automatického registračního zařízení, které zaznamenávaly číslo jedince, datum a čas. Získané záznamy potvrzují, že křeček polní má až do podzimu typickou noční aktivitu. V souladu s laboratorními studiemi jsem ale v předhibernačním období pozoroval rozpad tohoto vzorce chování. Aktivita byla v září rovnoměrně distribuována i v denních hodinách. Názory na příčiny této sezónní variability v cirkadiánní aktivitě jsou diskutovány. Současně jsem prokázal, že nově zavedený systém automatické registrace je pro sledování sociální aktivity velmi užitečným přístupem.

Klíčová slova: automatický registrační systém, cirkadiánní aktivita, *Cricetus cricetus*, křeček polní, odchyt do živolovných pastí, metoda zpětného odchytu

HAUERLAND L. 2011. Seasonal changes of the circadian activity pattern in the common hamster [diploma thesis]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí PŘF UP v Olomouci, 39 pp., 2 Appendices, in Czech

Abstract

In last few decades, populations of the common hamster (*Cricetus cricetus*) in Western Europe have suffered a rapid decline. According to recent studies, central European did not escape this decline either. Hence, behavioural studies carried out on hamsters in natural populations become increasingly more important, as the behaviour and biological rhythms were studied only under laboratory conditions. In this diploma thesis, I focus on seasonal changes in circadian activity of the common hamster in natural population located in periphery of Olomouc city, central Moravia. In the period from June to September 2010, hamsters have been captured and individually marked with RFID chips. The automatic registration system was placed on entrances to four burrows and recorded identity of hamsters, date and time. Nocturnal activity pattern has been observed until September. This clear-cut nocturnal pattern of daily activity has disappeared in pre-hibernation period. During September, activity has been distributed evenly through the day. Explanations of observed seasonal changes in circadian activity which are still uncertain were discussed. I have proved that automatic registration system is also suitable for observations of social activity.

Key words: automatic registration system, capture-recapture methods, circadian activity, common hamster, *Cricetus cricetus*, live-trapping

Obsah

Seznam tabulek	vii
Seznam obrázků	viii
Poděkování.....	x
1 Úvod	1
1.1 Změny v rozšíření křečka v Evropě	1
1.2 Současný status a příčiny ohrožení.....	3
1.3 Charakteristika studovaného druhu.....	4
1.4 Vzorec denní aktivity	7
2 Cíle práce.....	9
3 Materiál a metody.....	10
3.1 Charakteristika lokality	10
3.2 Metoda zpětného odchyty	12
3.3 Metoda automatické registrace	14
3.4 Statistická analýza a výpočet demografických parametrů	16
4 Výsledky	18
4.1 Demografie populace v roce 2010.....	18
4.2 Počty registrovaných jedinců	20
4.3 Cirkadiánní aktivita.....	22
4.4 Testování metody automatické registrace.....	25
5 Diskuse.....	28
6 Souhrn	32
7 Literatura	33
Příloha A.....	38
Příloha B.....	39

Seznam tabulek

Tabulka 1 Počty odchycených křečků v jednotlivých měsících roku 2010..... 19

Seznam obrázků

Obr. 1 Mapy rozšíření křečka polního v Československu ze 70. let 20. století: (a) podle Grulichy (1975a) a (b) podle Vohralíka a Anděry (1976).....	2
Obr. 2 Geneze nory křečka polního (podle Grulichy 1981)	5
Obr. 3 Mapa (a) a letecký snímek (b) ukazující polohu a charakter studijní plochy v Olomouci. Červený obdélník vyznačuje umístění studijní plochy Na snímku je patrný maloplošný způsob zemědělského hospodaření (mapový podklad © Tele Data).....	10
Obr. 4 Pohled na část studijní plochy v areálu PŘF UP Olomouc-Holice	11
Obr. 5 Nastražená živolovná past u vchodu do nory křečka polního.....	13
Obr. 6 Čtečka čipů (vlevo) a injekční souprava pro zavádění transponderů (vpravo).....	14
Obr. 7 Automatický registrační systém a jeho části: (a) čtečka připevněná na vstup do nory, (b) datalogger, (c) baterie	16
Obr. 8 Mapa studijní plochy s vyznačenými norami křečka polního. Žluté body znázorňují norové systémy bez registrace aktivity, červené body jsou nory s registrací aktivity.....	18
Obr. 9 Populační dynamika křečka polního na studované ploše v roce 2010. Odhad velikosti populace vypočítaný modelem D Jollyho a Sebera je vyznačen plnou čarou s 95% konfidenčním intervalem. Odhad velikosti populace vypočítaný enumerační metodou je vyznačen čárkovaně.....	19
Obr. 10 Odchyťová historie všech 19 jedinců odchycených v roce 2010. Prázdné kroužky označují jedince odchycené do živolovných pastí a zároveň zaznamenané v automatických registračních systémech. Plné kroužky označují jedince odchycené pouze do živolovných pastí. U každého jedince je vyznačeno pohlaví a věková třída (s = subadultní, a = adultní).....	20
Obr. 11 Distribuce záznamů všech křečků zachycených v automatických registračních systémech v průběhu roku 2010	21
Obr. 12 Modrý sloupec ukazuje počet minut v jednotlivých měsících, v nichž byla zaznamenána aktivita. Červený sloupec ukazuje počet minut, v nichž byla zaznamenána souběžná aktivita dvou jedinců u jednoho vchodu. Zelený sloupec	

zobrazuje počet minut, v nichž byla zaznamenána souběžná aktivita tří jedinců u jednoho vchodu.....	22
Obr. 13 Celkový počet minut, v nichž byla zaznamenána aktivita, pro jednotlivé jedince. Barevně jsou odlišeny sloupce pro samce (modře) a samice (červeně). U jedinců je vyznačeno pohlaví a věková kategorie (s = subadultní, a = adultní)..	23
Obr. 14 Změny cirkadiánní aktivity křečka polního v roce 2010. Každý černý bod symbolizuje minutu, v níž byla zaznamenána aktivita. Vertikální čárkovaná čára vymezuje délku fotoperiody (čas východu a západu Slunce).....	24
Obr. 15 Počet aktivních minut v jednotlivých hodinách dne.....	25
Obr. 16 Počet aktivních minut v jednotlivých hodinách dne pro jednotlivá pohlaví.	26
Obr. 17 Teplota vzduchu [°C] ve výšce 10 cm nad zemí na studijní ploše pro každou minutu, kdy byla zaznamenána aktivita.	38
Obr. 18 Mapa plodin na zkoumané lokalitě v roce 2010.....	39

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce prof. MVDr. Emilu Tkadlecovi za poskytnutí literatury, cenné připomínky v průběhu psaní práce a pomoc se statistickým zpracováním dat. Velký dík patří Martině Bendové a Mgr. Janu Losíkovi, Ph.D. za spolupráci při terénním sběru dat. Dále bych rád poděkoval svým rodičům a přátelům, bez jejichž podpory by tato práce nikdy nevznikla.

Diplomová práce byla finančně podpořena grantem IGA PrF_2010_021.

V Olomouci, 25. 4. 2011

1 Úvod

Rok 2010 byl Organizací spojených národů vyhlášen Mezinárodním rokem biodiverzity. Z pohledu Evropské unie se také završuje téměř dekádu trvající snaha o zastavení poklesu druhové rozmanitosti, jež byla vytyčena v roce 2001 na summitu v Gothenburgu jako tzv. „2010 Biodiversity Target“.

Člověk je integrální součástí přírody a biologická rozmanitost mu zajišťuje esenciální podmínky a zdroje pro život. V oblasti zemědělství je genetická zásoba tradičních a divokých druhů předpokladem pro zvyšování výnosů a zajištění potravinové základny lidstva. Velké množství zdrojů v průmyslu pochází z přírody a poskytuje mu energetickou a palivovou základnu. Nejméně 50 % složek léků na trhu v USA pochází z rostlin, živočichů a mikroorganismů a 80 % lidstva je závislých na lécích z přírody (Chivian a Bernstein 2008). V neposlední řadě má biodiverzita pro člověka nespornou kulturní a estetickou hodnotu.

Ztráta biologické rozmanitosti je někdy zjednodušeně chápána jako vymírání druhů a zánik jejich stanovišť. Z tohoto pohledu stojí v antagonistické pozici druhy, jež jsou člověkem vnímány jako tzv. „škůdci“ a u nichž je snižování početnosti žádoucí. Obvykle jsou jako škodlivé označovány organismy, které nějakým způsobem konkurují člověku v jeho nárocích na potravu, úkryt, živí se na člověku nebo jinak ohrožují jeho zdraví, pohodlí či blahobyť (Flint a van den Bosch 1981).

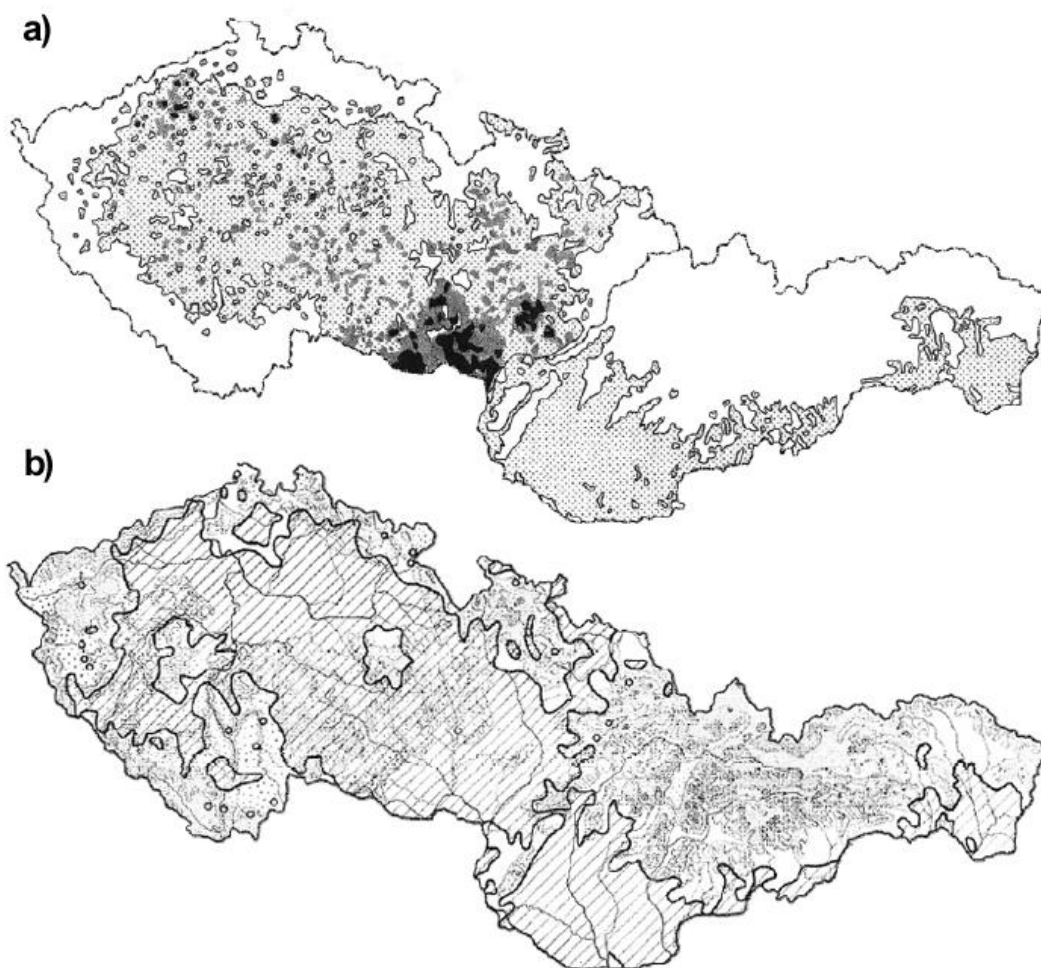
Křeček polní je typický synantropní druh, který má původ ve stepních oblastech a v blízkosti člověka se objevuje od počátků rolnictví a pěstování zemědělských plodin v neolitu (Nechay 2000). První nálezy kosterních pozůstatků na našem území z jeskyně Balcarcka jsou ještě staršího data a pochází z období würmského glaciálu (Šťourač 2008). Až do 60. let minulého století byl křeček vnímán jako polní škůdce, který v obdobích populační exploze způsoboval velké škody na zemědělské úrodě.

1.1 Změny v rozšíření křečka v Evropě

V posledních desetiletích došlo u západoevropských populací ke značnému snížení početnosti a ve Francii, Nizozemí, Belgii a některých oblastech Německa

je křeček na pokraji vyhynutí (Weinhold 2008). Populace ve střední Evropě byly do nedávna považovány za stabilní. Poslední studie z Polska ale ukazují, že i zde došlo ke značné restrikci areálu (Ziomek a Banaszek 2007). Z 1176 lokalit v roce 1971 se výskyt potvrdil na 103 lokalitách a na 146 dalších se předpokládá. Polské populace pravděpodobně ztratily kontakt s běloruskými a německými a populacemi.

V Maďarsku byl křeček považován za polního škůdce a stát měl výjimku z Bernské konvence, jež mu umožňovala kontrolování početnosti, pokud dosáhla „nebezpečné výše“. Dle výnosu ministra zemědělství to byl počet 2 nor nebo křečků na hektar v jarním období. Po roce 2002 ovšem došlo k úbytku



Obr. 1 Mapy rozšíření křečka polního v Československu ze 70. let 20. století: (a) podle Grulichy (1975a) a (b) podle Vohralíka a Anděry (1976).

křečků na několika tradičních lokalitách a do roku 2008 byla znovu osídlena jen část z nich. V roce 2008 proto měl být parlamentu předložen konzervační plán (Weinhold 2008).

Na Ukrajině v polovině 20. století křeček patřil k polním škůdcům a byl běžně loven a tráven za použití velkého množství pesticidů (průměrná spotřeba DDT činila v 50. a 60. letech až 20 kg na hektar). V současnosti je jeho výskyt v západní části Ukrajiny velmi vzácný a v jižní a východní části jsou jeho populační hustoty nízké (Gorban 1998).

V České republice máme k dispozici data o rozšíření křečka polního ze dvou studií publikovaných v 70. letech. Grulich v roce 1948 rozeslal do všech obcí v Česku, na Moravě a ve Slezsku dotazníky ohledně výskytu několika živočišných druhů. V letech 1948–1953 a 1955–1971 proběhlo ověřování vytipovaných lokalit v terénu. Ke zpracování a publikování výsledků došlo v roce 1975 v reakci na kalamitní přemnožení na východním Slovensku v letech 1971–1972 (Grulich 1975a). Vohralík a Anděra publikovali svou práci na základě dotazníkové akce mezi zaměstnanci podniku Státní lesy a členy Českého mysliveckého svazu (Vohralík a Anděra 1976). Výsledky obou prací jsou do značné míry shodné a zaznamenávají výskyt křečka přibližně na 2/3 území České republiky. V oblasti nížin tvořil kompaktní areál, ve vyšších nadmořských výškách byl jeho výskyt ostrůvkovitý. Výskyt nebyl zaznamenán v zalesněných oblastech a příhraničních pohořích (obr. 1). V posledních dvou letech probíhá na katedře Ekologie životního prostředí Univerzity Palackého v Olomouci studie rozšíření křečka na našem území po roce 2000. První výsledky ukazují, že došlo během uplynulých čtyř desetiletí ke značné restrikci areálu a současný výskyt se omezuje pouze na nejúrodnější oblasti – Polabí a moravské úvaly (Tkadlec 2010).

1.2 Současný status a příčiny ohrožení

Poslední studie z Polska, Maďarska a Ukrajiny ukazují, že i ve státech s vysokým podílem otevřené zemědělské krajiny a stepí došlo v posledním desetiletí k výraznému zmenšení areálu. Výskyt křečka byl zaznamenán v 18 evropských státech, přesto stále nemáme ze 13 zemí dostatek dat pro stanovení stupně ochrany nebo odhady populačních trendů (Weinhold 2008). Velmi žádoucí by

byly informace o rozšíření zejména ze zemí jako Rakousko, Slovensko, Rumunsko, Bulharsko a Rusko. Jak již bylo výše zmíněno, severní větev areálu šíření v ose Bělorusko-Polsko-Německo již není kompaktním areálem a západoevropské populace jsou silně fragmentovány. Výsledky z Maďarska naznačují, že i sycení českých populací jižní (panonskou) větví je dubiózní, stejně jako kontakt polských a českých populací.

V rámci legislativy Evropské unie je křeček polní podle druhého dodatku Bernské konvence zařazen do kategorie silně ohrožený druh. Kvůli poklesu početnosti od 70. let 20. století na našem území byl již ve vyhlášce č. 395/1992 Sb. k zákonu 114/1992 zařazen do kategorie ohrožený druh. V rámci transpozice evropské legislativy do našeho právního řádu byl vyhláškou č. 175/2006 Sb. přeřazen do kategorie silně ohrožený druh.

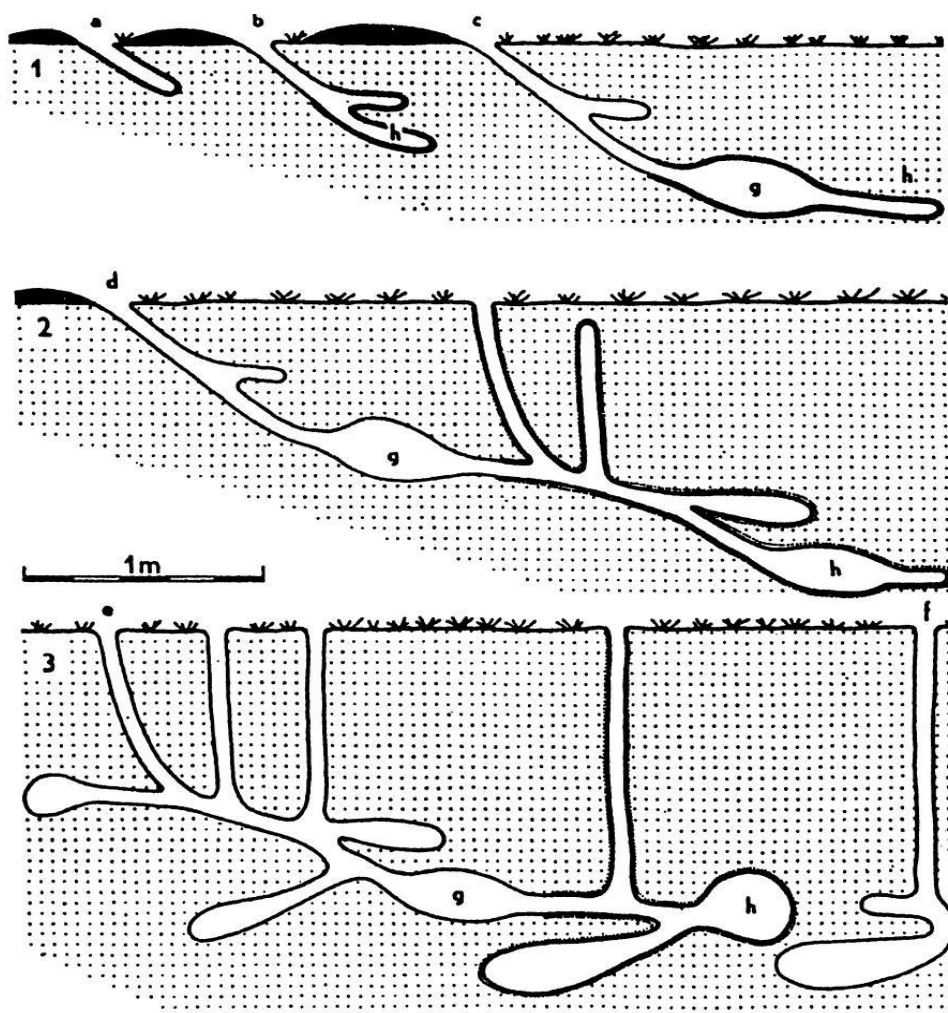
Nezbytným předpokladem pro vytvoření plánů managementu živočišných druhů je znalost demografických procesů a životních strategií v přírodních populacích, a to při různých populačních hustotách. Stávající informace o rozšíření na našem území pochází převážně z dotazníkových akcí. Počty aktivních norových systémů ale nenapovídají nic o početnosti a stabilitě populace. Záchranné plány ze západoevropských států ukazují, že v případě křečka polního je jedním z klíčových faktorů ochrana stanovišť. Na rozdíl od sysla obecného, jehož výskyt je striktně spojen s výskytem krátkostébelných travin, není křeček tak silně svázán s druhem porostu. Přesto je současný systém zemědělského hospodaření hlavní příčinou ohrožení. Jde zejména o hlubokou orbu krátce po sklizni, dále snižující se zastoupení jetelovin, absence pásů alternativních plodin či neprostupná oplocení (Nechay 2000).

1.3 Charakteristika studovaného druhu

Křeček polní, *Cricetus cricetus* (Linnaeus, 1758) patří do řádu *Rodentia*, čeledi *Cricetidae*, podčeledi *Cricetinae* a je jejím největším zástupcem. Hmotnost těla dospělých jedinců se pohybuje obvykle od 200 do 650 g. Vzhledem k délce těla (20-30 cm) má relativně krátký, řídko osrstěný ocásek o délce 3–6 cm. Svým charakteristickým čtyřbarevným kožichem patří k nejbarevnějším druhům savců v Evropě a na rozdíl od většiny má také spodní část těla tmavší než svrchní. Spodní část těla je černá, hřbetní část žlutohnědá, pod světlými

skvrnami na tváři a tlapkách se táhne rudohnědý pruh. Výjimečně se objevuje i melanická forma s čistě černým kožichem (Reichholf 1996). Chrup má 16 zubů a zubní vzorec 1.0.0.3.

Křeček polní je jediným zástupce podčeledi, u nějž byly zaznamenány populační exploze. Reprodukční doba se odlišuje v jednotlivých částech Evropy, na našem území je reprodukčně aktivní od dubna do září (Grulich 1986). V závislosti na klimatických podmínkách má samice 2–3 vrhy v jednom roce, kdy se jí po 17 dnech březosti rodí 3–12 mláďat. Ta se po čtyřech týdnech osamostatňují a opouštějí rodnou noru (ibid.). V přírodních podmínkách vstupují samci a obvykle i samice do reprodukce po první hibernaci. Někdy jsme ovšem odchytili i samice reprodukčně aktivní v prvním roce života.



Geneze nory *Cricetus cricetus*: 1a - ab - nory dočasné, úkrytové, 1c - nora trvalá, hnízdní • 2 - stadium rozšiřování, d - šikmý východ, g - hnízdní komora, h - slepá chodba s produkty metabolismu • 3e - 3h rozšiřování a redukce na noru úkrytovou (f).

Obr. 2 Geneze nory křečka polního (podle Grulicha 1981)

V laboratorních podmínkách se křeček může potenciálně dožít až 10 let, ve volné přírodě většina jedinců nepřežije první zimu a jen výjimečně se jedinci dožívají více než 3 let.

O obrovském reprodukčním potenciálu křečka polního a jeho přizpůsobivosti svědčí extrémní přemnožení na východním Slovensku (okolí Košic, úvaly řek Hornádu a Idy) v letech 1971–1972. Na poškozeném území o rozloze cca 200 000 ha se vyskytovalo v roce 1971 přinejmenším 35 milionů jedinců a na 1 ha bylo nalezeno 1000–1500 užívaných východů z nor. Státní podniky Kara a Sběrné suroviny v roce 1971 vykoupily přes milion křeččích kožešin. Kvůli mírné zimě nedošlo k očekávané redukci populace a kalamita pokračovala i v následujícím roce. Mladí jedinci osídlili pole s ozimými plodinami, invadovali města, z nichž vytlačili potkany, nory stavěli i nad zemí ve stozích a senících až do výše 5–7 metrů. Celkové hospodářské škody se vyšplhaly nad 100 milionů Kčs, 160 osob bylo hospitalizováno na postiženém území kvůli nákaze tularémií (Grulich 1975b).

Nejčastější složkou potravy křečka jsou různé části rostlin a semena obilovin. Přesto jde o omnivorní druh, jenž si potravinovou nabídku doplňuje různými druhy hmyzu, drobných obratlovců (např. mláďata ptáků) a poměrně běžný je i kanibalismus během hibernačního období. Sbíráni potravy patří k nejdůležitějším aktivitám v předhibernačním období, kdy si jedinci vytváření zásoby nutné k přezimování. Do zásobovacích komor v norových systémech jsou schopni nashromáždit až 16 kg potravy, z nichž se po probuzení přikrmují (Nechay 2000).

Výskyt křečka je vázán na výskyt vhodných půd, jež umožňují hloubení nor. Hloubka půdy by měla být větší než 100 cm a hladina spodní vody musí dosahovat nejvýše 120 cm pod povrch. Nory jsou obvykle hluboké 0.5–2 m. Struktura, složitost a počet východů se u norových systémů mění v průběhu sezóny a závisí i na pohlaví jedince, jenž ho obývá. Obecně jsou letní nory méně vyvinuté než zimní. Každý systém má obvykle hnízdní a zásobní komoru a slepé chodby s produkty metabolismu. Východy z nor mohou být kolmé nebo šikmé v počtu od jednoho do dvanácti (Grulich 1981).

1.4 Vzorec denní aktivity

Křeček polní patří mezi druhy s periodickou roční aktivitou. Během zimního období hibernace se snižuje jeho aktivita. Ve zkráceném období aktivity (duben-říjen) má proto v porovnání s druhy kontinuálně aktivními zvýšené investice do rozmnožování a získání zásob pro další období snížené aktivity. Pro modelování toku energie v populacích a kvantifikaci jeho role na ekosystémy jsou proto nezbytně nutné nejen znalosti o populační dynamice, ale i o sociálním chování a denní aktivitě.

V oboru chronobiologie patří křeček k modelovým organismům a studie z laboratorních podmínek poskytují informace o jednotlivých komponentách jeho cirkadiánního systému z cytologického a fyziologického hlediska. Předpovídané sezónní změny v cirkadiánní aktivitě potvrzuje i několik studií na přírodních populacích. Chybí ovšem komplexní studie z přírodních populací, které by zahrnovaly demografické údaje a údaje o sociálním chování a denní aktivitě.

Většina dějů u živých organismů na orgánové, buněčné i molekulární úrovni neprobíhá kontinuálně. Periodické změny byly dříve vysvětlovány jako reakce na exogenní faktory – především rotaci Země, střídání dne a noci a odlišnou délku fotoperiody. Dnes je řízení těchto rytmů považováno za endogenní a silně geneticky determinované, protože rytmicita zůstává zachována i v konstantním prostředí (např. stále tmy).

Jako hlavní zdroj rytmicity je označován tzv. oscilátor („pacemaker“). Ústředním pacemakarem (nebo tzv. „centrálními hodinami“) jsou např. u mořského měkkýše rodu *Aplysia* oči, u vrabce epifýza (Illnerová 1994). U křečka polního a ostatních savců včetně člověka jsou za něj považovány dva shluky neuronů – suprachiasmatická jádra (SCN = „suprachiasmatic nuclei“), umístěná v hypothalamu nad křížením zrakových nervů. Poškození nebo odstranění této oblasti mozku vede u křečka ke ztrátě časového rytmu. Naopak transplantací tkáně SCN z heterozygotního jedince, který měl v důsledku poškození *tau* genu zkrácený tzv. „free running“ rytmus, do mozku jiného adultního jedince (po odstranění jeho SCN), vedlo k obnovení rytmicity s periodou dárcovského jedince (Miller 1989).

Mimo centrální pacemaker jsou „biologické hodiny“ tvořeny také periferními pacemakery, které mohou být buď částečně autonomní a zodpovědné za určité biologické procesy, nebo přijímají exogenní signály a předávají je centrálnímu pacemakeru. U savců je jimi často epifýza, která je producentem hormonu melatoninu, nebo části zrkového ústrojí. Jednotlivé komponenty tohoto systému se často liší i u příbuzných druhů. U křečka zlatého (*Mesocricetus auratus* Waterhouse, 1839) splňovala charakteristiky pacemakeru oční sliznice, která vykazovala rytmickou produkci melatoninu při promývání *in vitro* za stálé tmy (Illnerová 1996).

Biologické rytmy jsou nejčastěji kategorizovány podle délky periody. Ultradiánní rytmy mají periodu kratší než 24 hodin. Aktivita u hrabošovitých má např. periodu 2 – 6 hodin (Halle 1994). Rytmy s periodou přibližně 24 hodin jsou označovány jako cirkadiánní a v rámci studia chronobiologie jim byla vždy věnována největší pozornost, protože střídání světla a tmy je nejsilnějším časovačem („Zeitgeberem“) (Wollnik 1989). Rytmy s délkou periody jeden rok jsou označovány jako cirkanuální. U křečka polního mají tento sezónní charakter např. hmotnost těla a příjem potravy (Canguilhem 1989), teplota těla (Wollnik 1995) nebo cirkadiánní aktivita (Weiner 1974, Wollnik 1991), na jejíž změny se zaměřuje i tato práce.

Cyklické změny v hmotnosti těla a reprodukci zůstávají zachovány v několika po sobě jdoucích letech i u křečků po chirurgickém odstranění epifýzy. Z tohoto pohledu patří křeček polní spíše k pravým cirkanuálním druhům jako svišť, veverka, ovce než k fotoperiodickým (cirkadiánním) druhům jako křeček džungarský a křeček zlatý (Monecke 2004).

2 Cíle práce

Hlavním cílem této diplomové práce je studium cirkadiánní aktivity křečka polního v přírodní populaci s použitím nového systému automatické registrace jedinců. Výzkum na stejné lokalitě probíhá kontinuálně již od roku 2001. Jedinci jsou zde každoročně odchyťováni metodou zpětného odchyty značkovaných jedinců (capture-mark-recepture) a označeni čipy (Hauerland 2008). Díky tomu byli v populaci přítomní jedinci označení již v předchozích letech.

V práci jsem se soustředil zejména na následující cíle:

- 1 Popsat sezónní změny v denní aktivitě během reprodukčního období.
- 2 Analyzovat typ denní aktivity z hlediska pohlaví.
- 3 Otestovat funkčnost systému automatické registrace z hlediska jeho použití při studiu cirkadiánních rytmů v přírodních populacích.

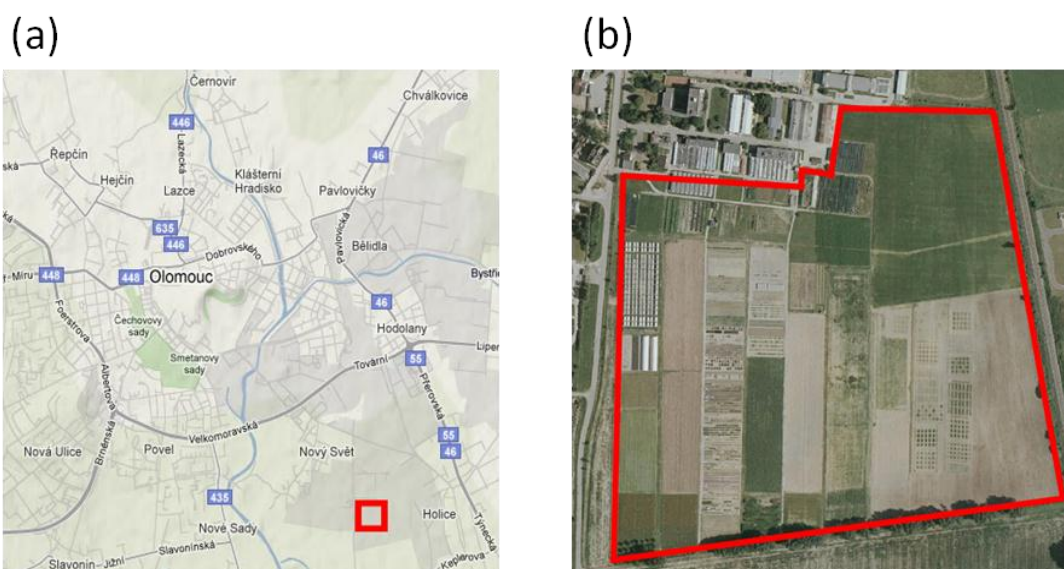
3 Materiál a metody

3.1 Charakteristika lokality

Výzkum probíhal na studijní ploše na jihovýchodní periférii města Olomouce (městská část Holice), která leží v nadmořské výšce 210 m n. m. se středem o souřadnicích 49°34'21" s.š. a 17°16'59" v.d. (obr 3.). Celková sledovaná plocha má rozlohu přibližně 25 hektarů. Severní hranice areálu je vymezena zástavbou, východní hranici tvoří železniční trať, jižní hranice je lemována větrolamem a západní hranice je vymezena silnicí (obr. 4).

Oblast náleží do geomorfologického celku Hornomoravský úval v geomorfologické oblasti Západních vněkarpatských sníženin. Niva řeky Moravy se nachází asi 650 metrů od hranice areálu, díky čemuž tvoří podloží kvartérní sedimenty s několikametrovými vrstvami náplavových hlín, jež jsou nezbytné pro hloubení norových systémů. Vysoká hladina spodní vody občas způsobuje zaplavování pozemků, při letošních lokálních povodních (květen 2010) však území zaplaveno nebylo.

Pozemky se nachází v areálu Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci (obr. 5) a jsou využívány z větší části jako genová banka



Obr. 3 Mapa (a) a letecký snímek (b) ukazující polohu a charakter studijní plochy v Olomouci. Červený obdélník vyznačuje umístění studijní plochy. Na snímku je patrný maloplošný způsob zemědělského hospodaření (mapový podklad © Tele Data).

Výzkumného ústavu rostlinné výroby (Oddělení zelenin a speciálních plodin). Tato část má mozaikovitý charakter díky malým pásovým ploškám a pěstují se zde hlavně plodiny z kategorií léčivek a zeleniny. Část pozemků je v soukromém pronájmu a v roce 2010 byly osázeny obilovinami a okrasnými květinami. Jižní část je zatravněna, nory se zde vyskytují spíše sporadicky a jsou aktivní jednou za 2–3 roky, přestože se za hranicí areálu nachází velkoblková pole obilovin. Křeččí populace byla odchyťovými metodami monitorována na celé výzkumné ploše, samotná metoda automatické registrace byla používána na poli s vojtěškou a přilehlém okolí. Toto pole je od roku 2001 využíváno katedrou Ekologie a životního prostředí na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci jako studijní plocha při výzkumu druhu *Microtus arvalis*.

Z důvodu vytvoření mapy plodin (viz Přílohu B) byly jednotlivé zastoupené rostlinné druhy rozřazeny do následujících kategorií:

- 1) **Vojtěška.** Jde o hustý porost vojtěšky (*Medicago sativa*), který je hojně využíván křečkem. Z agrotechnologických zásahů se provádí pouze dvakrát ročně kosení (obvykle v květnu a srpnu).
- 2) **Obilniny.** Jednoleté obilniny, v letošním roce zahrnovaly výhradně ječmen. Kvůli hustotě porostu byly plochy monitorovány až po sklizni (konec srpna). Během října je provedena podmítka nebo orba.



Obr. 4 Pohled na část studijní plochy v areálu PŘF UP Olomouc-Holice

- 3) **Léčivky.** Jsou pěstovány v trsech nebo pásech pro potřeby genové banky (sběr semen). Zastoupeny jsou druhy: máta peprná, levandule lékařská, šalvěj lékařská, mateřídouška lékařská aj. Protože je mezi pásy volná půda a samotné pásy nejsou širší než 1m, nejsou tyto plochy z důvodu nedostatku krytu křečkem příliš využívány.
- 4) **Zelenina.** Jde o plošně vysázené plodiny jako hrách, rajče, fazole, z nichž je část nesklizena a ponechána na poli. V letošním roce se norové systémy nacházely pouze na polích s dýní.
- 5) **Slunečnice topinambur.** Tato slunečnice (*Helianthus tuberosus*) je vysázena na malých plochách v betonových kójích. Až do počátku hibernace v říjnu nebyl sklizen. V letošním roce zde byly nalezeny 2 aktivní norové systémy.
- 6) **Ovocné stromky.** Jde o sad s mladými ovocnými stromky vysázenými v pravidelné síti, aleje s břízou a topolem do výšky 2,5 m vysázené v řadách. Mezi stromky je několikrát ročně kosením udržován nízký travní porost.
- 7) **Okrasné květiny.** Jde o nízké okrasné květiny vysázené ve sponu. Mezi nimi je holá půda nebo nízký porost plevelu. Záhony byly pravidelně zavlažovány a křečkem nepřilíš často využívány.
- 8) **Kmín.** Plochy osázené kmínem se nachází na okrajích areálu. Jedná se o několik let neobdělávaný úhor se značným zastoupením kmínu a trávy.
- 9) **Travní plochy.** Zatravněné plochy jsou z větší části několikrát ročně koseny. Zatravněné pozemky se také nachází mezi jednotlivými plochami a slouží jako přístupové cesty mezi pozemky.
- 10) **Ostatní plochy.** Tato kategorie zahrnuje budovy, nepřístupné a zastavěné plochy, které nejsou křečkem využívány. Jedná se o skleníky, ohrazené plochy s květináči rododendronů, infekční políčko, panelové přístupové cesty aj.

3.2 Metoda zpětného odchytu

Metoda zpětného odchytu značkových jedinců (Capture-Mark-Recapture, CMR) je hlavním zdrojem dat pro stanovení demografických parametrů

populace. Z hlediska stanovování odhadů přežívání ji řadíme k horizontálním metodám, kdy je sledována kohorta jedinců. Jedná se o neúplnou registraci, kdy je detekční pravděpodobnost p , že se jedinec N objeví ve vzorku C , menší než 1. Vzhledem k bionomii druhu (život v norách a noční aktivita) jsou jedinci namísto opakovaných pozorování odchyťováni do pastí. Na studované lokalitě je tato metoda používána již od roku 2002.

Odchyty probíhaly jednou měsíčně dva po sobě jdoucí dny v době reprodukční aktivity od května do září nebo října (podle toho, zda byly ještě nalezeny otevřené vstupy do norových systémů). Samotnému odchytu předcházelo vždy vyhledávání nových a revize stávajících norových systémů. V podvečer byly k vchodům rozmístěny nášlapné pasti (sklopce) vnažené obilím (obr. 6). Druhý den ráno byla provedena kontrola pastí a ty prázdné zajištěny proti nežádoucímu odchytu během dne.

Jedním z nutných požadavků pro analýzu dat získaných metodou CMR je jednoznačná identifikace jedinců. V prvních letech k tomu byly využívány ušní značky. Při soubojích mezi jedinci a pohybu v podzemí občas docházelo k jejich vytržení a ztrátě. Od roku 2006 je využíváno podkožních čipů (Planet ID ISO FDX-B Standard 11784/11785, kód země 972). Samotný čip obsahuje nízkofrekvenční vysílač s anténou umístěný ve skleněném pouzdru, který je



Obr. 5 Nastražená živolovná past u vchodu do nory křečka polního

injekčním aplikátorem v narkóze vpraven do podkoží na hřbetě (obr. 7). Čtecí zařízení emituje magnetické pole, které v dosahové vzdálenosti dokáže aktivovat anténu v čipu. Ten zpětně do čtečky odesílá jednoznačný identifikační kód. Tento způsob má několik výhod. Značení je trvalé a v případě odchyty během jednoho dne není nutné stejného jedince druhý den znovu narkotizovat. Vzhledem k univerzálnosti a distančnímu způsobu detekce jsme mohli čipy využít i při automatické registraci.

Odchycení jedinci byli narkotizováni za pomoci halotanu (2-bromo-2-chloro-1,1,1-trifluoro-ethan). Po aplikaci čipu v případě nových jedinců, nebo jejich identifikaci za pomoci čtečky, jsem dále určoval pohlaví, stáří, reprodukční kondici a změřil délku (metrem) a váhu (Pesola – se škálovým intervalem 10 g). Po probuzení z narkózy byli jedinci vypuštěni u stejného vchodu do nory.

3.3 Metoda automatické registrace

Metoda automatické registrace je zdrojem dat pro výzkum sociálního chování, etologických vztahů, prostorové a časové aktivity křečka polního. Díky studiu



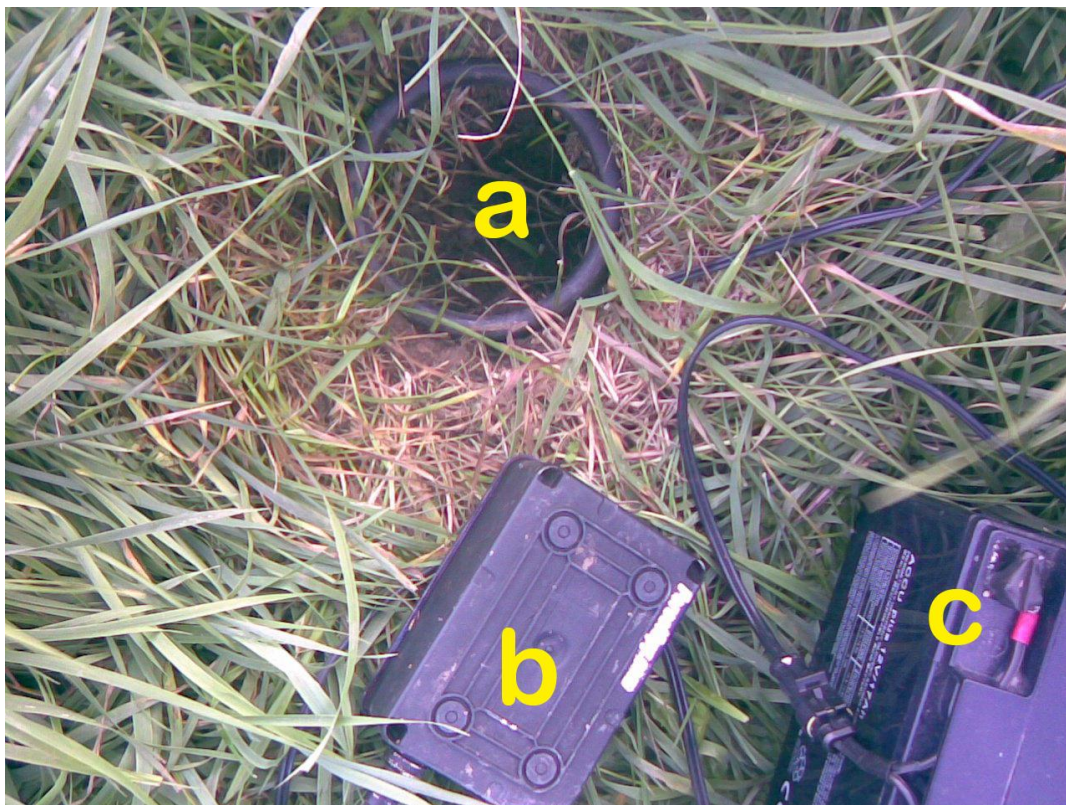
Obr. 6 Čtečka čipů (vlevo) a injekční souprava pro zavádění transponderů (vpravo)

demografických parametrů z předchozích let bylo předem zajištěno důkladné pročišování zkoumané populace. Samotné zařízení také pracuje na principu radiofrekvenční identifikace, již blíže popsané v kapitole 3.2. Rozdíl spočívá v charakteru čtecího zařízení, které je obohaceno o záznamové zařízení a přizpůsobeno k monitoringu norových systémů křečka.

Automatický registrační systém (obr. 7) se skládá ze tří hlavních částí:

- 1 **Čtečka čipů** je integrována do kruhové antény o vnitřním průměru 11,5 cm. Tato velikost se ukázala být jako dostatečná, přestože průměr vchodů některých nor nebo jejich sklon byl širší a kruh musel být fixován v užší části pod úrovní terénu. Na povrchu byla anténa připevněna plastovými kolíky.
- 2 **Datalogger** je záznamové zařízení RFID čipů CVK1 od firmy Dorset ID, které bylo umístěno v uzavřené vodovzdorné plastové krabici. Jeho kapacita je přibližně 4000 údajů při nastavení vteřinového intervalu mezi záznamy. Skrze obslužný software výrobce lze po připojení k počítači nastavit parametry jako např. minimální doba mezi dvěma záznamy nebo formát identifikačního čísla. Tento program zároveň umožňuje export dat do textových formátů (.dat, .txt) vhodných k dalšímu počítačovému vyhodnocování.
- 3 **Baterie** je nutná pro provoz záznamového zařízení, ale i pro přenos dat mezi dataloggerem a počítačem. Byl použit dobíjecí olověný akumulátor (12V/17Ah), jehož operační doba na jedno dobítí se pohybovala mezi 5 až 7 dny. Nabíjecí cyklus trval za pomoci nabíječky Automatic Turbo-lader 12Pb přibližně 14 hodin.

Sběr dat automatickou registrací probíhal během reprodukční aktivity od května do října 2010. V jednom okamžiku jsem využíval 3 – 4 záznamová zařízení. Ta byla v terénu umístěna tak, aby pokrývala vždy všechny vchody do daného norového systému. Na jaře jsem vytipoval jeden norový systém, který jsem sledoval každý měsíc až do září. V této době byly všechny vchody zahrabány, jedinci se přemístili nebo zahájili hibernaci. Další zařízení byla umístována na nory v nejbližším okolí, aby bylo možno zaznamenat jejich prostorovou aktivitu. Koncem září a října byly sledovány jen aktivní nory s nezahrabanými vchody. Celkově jsem monitoroval 6 různých systémů.



Obr. 7 Automatický registrační systém a jeho části: (a) čtečka připevněná na vstup do nory, (b) datalogger, (c) baterie.

3.4 Statistická analýza a výpočet demografických parametrů

Údaje z dataloggerů byly staženy do počítače programem *LID650/665/1260* od výrobce RFID zařízení DorsetID ve formátu *.dat*. Dataloggery byly nastaveny na ukládání záznamů v intervalu 1 vteřina. Výstupní soubor obsahuje chronologicky řazené záznamy s datem a časem a identifikačním číslem čipu.

Statistické vyhodnocování bylo z důvodu odlišného přístupu prováděno na dvou datových souborech. První tvořila originální stažená data. Druhý soubor vznikl seskupením a promazáním prvního souboru. Nejprve byly od sebe odděleny záznamy během stejné minuty. Ty jsem považoval za jednu aktivitu. V případě, že v takto časově rozdělených událostech zaznamenalo více různých jedinců, byly jejich záznamy ponechány jako samostatné aktivity. Zbytek souboru byl promazán. Původní soubor obsahoval 5462 záznamů, druhý soubor 438 záznamů. Pro lepší manipulaci s daty jsem záznamy importoval do relační databáze MySQL. Ta obsahovala:

- dvě tabulky s výše zmiňovanými soubory,
- tabulku s informacemi o konkrétním jedinci (pohlaví, stáří, reprodukční aktivita, datum a místo prvního odchyty),
- tabulku s přehledem norových systémů a jejich souřadnice,
- tabulku s odchyty (datum odchyty, ID odchyteného jedince a ID norového systému).

V předchozích letech byly odhady demografických parametrů vypočítány metodou Jollyho a Sebera (Pollock et al. 1990). Vzhledem k nízké početnosti v roce 2010 byla k odhadu velikosti populace využita enumerační metoda – známá také jako minimum number alive (Otis et al. 1978). Odchylky od vyrovnaného poměru pohlaví jsem hodnotil exaktním binomickým testem. Rozdíly mezi pohlavími a věkovými kategoriemi byly hodnoceny Welchovým dvouvýběrovým t-testem. Statistické analýzy byly provedeny v programu *R* (*R Development Core Team* 2010).

4 Výsledky

4.1 Demografie populace v roce 2010

V roce 2010 bylo na studijní ploše nalezeno 40 norových systémů (obr. 8). Tento počet se významně neliší od předešlých let a byl vyšší než v letech 2007 (32 nor) a 2008 (27 nor). Počet aktivních nor, u kterých byli v průběhu sezóny odchyceni jedinci, byl ale oproti předchozím rokům výrazně nižší a většina nor tak nebyla využívána. To naznačily již první odchyty v květnu. Až do června byli jedinci odchyťováni pouze na poli s vojtěškou, kde také byly od počátku rozmístěny automatické registrační systémy. Soliterní jedinec byl od června opakovaně odchycen v políčku s topinamburem. Přestože se toto políčko nacházelo v těsné blízkosti vojtěšky, nebyl nikdy zaznamenán v registračních systémech. Největší počet aktivních nor byl objeven v měsících srpnu a září, což



Obr. 8 Mapa studijní plochy s vyznačenými norami křečka polního. Žluté body znázorňují norové systémy bez registrace aktivity, červené body jsou nory s registrací aktivity.

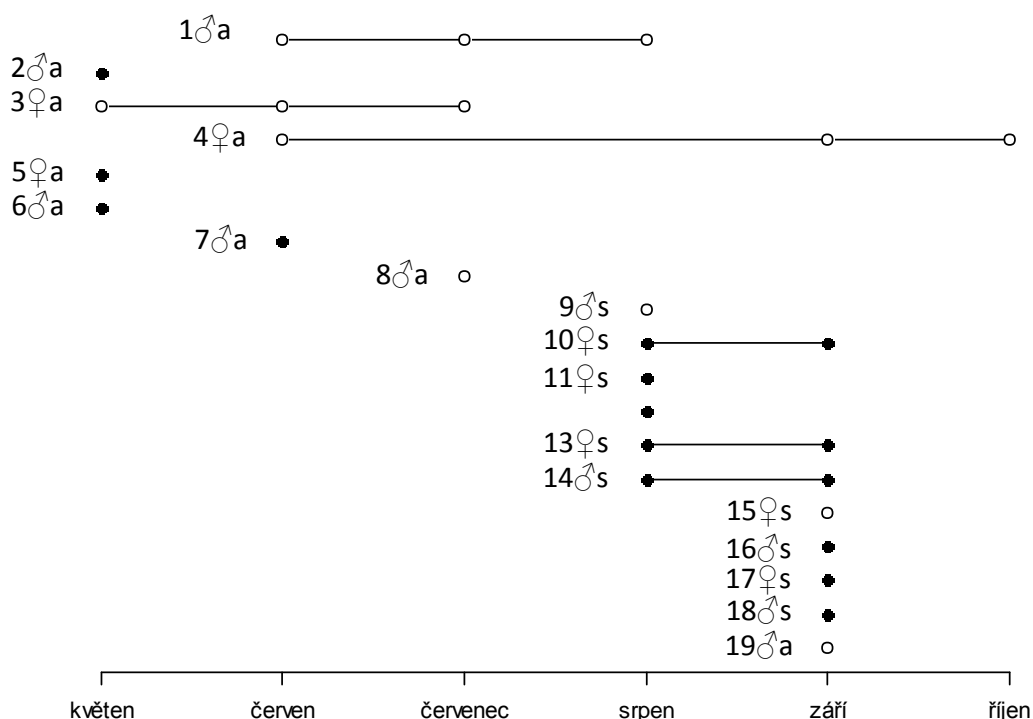
Tabulka 1 Počty odchycených křečků v jednotlivých měsících roku 2010

Pohlaví	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen
Samci	2	2	2	3	4	0
Samice	2	2	1	4	5	1
Celkem	4	4	3	7	9	1

odpovídá typické populační dynamice. V tomto období dochází k rozptylu mladých jedinců a nově nalezené norové systémy měly obvykle jen jeden až dva vchody a nacházely se především v obilí.

V období květen až říjen 2010 bylo uskutečněno 28 úspěšných odchytů (tab. 1). Celkem bylo odchyceno 19 různých jedinců, z nichž 13 jedinců pouze jednou, 3 jedinci 2krát a 3 jedinci 3krát. Tento počet byl nejnižší od roku 2001, odkdy je křeččí populace na této lokalitě sledována. Poměr pohlaví mezi odchycenými jedinci byl 0,526 (95% CI 0,289–0,756) a nelišil se signifikantně od očekávaného poměru 0,5 ($p = 1$).

Z celkového počtu 19 odchycených jedinců bylo 9 jedinců (6 samců a 3



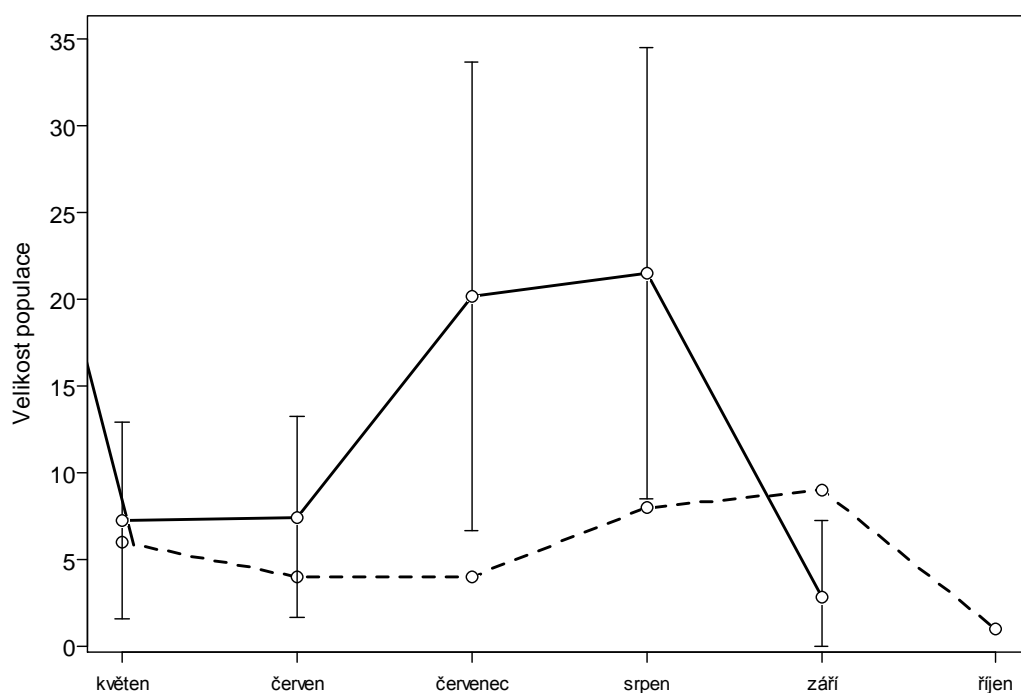
Obr. 9 Populační dynamika křečka polního na studované ploše v roce 2010. Odhad velikosti populace vypočítaný modelem D Jollyho a Sebera je vyznačen plnou čarou s 95% konfidenčním intervalem. Odhad velikosti populace vypočítaný enumerační metodou je vyznačen čárkovaně.

samice) z adultní věkové třídy (tedy starších než 1 rok) a 10 jedinců (4 samci a 6 samic) spadalo do subadultní věkové třídy (narození v roce odchyty). Subadultní jedinci tedy tvořili 53 % odchycených jedinců a poprvé byli v populaci zaznamenáni během srpna. První 4 adultní jedinci (obr. 9) byli označeni v předchozím roce, což odpovídá 21 % z celkového počtu odchycených jedinců. Adultní jedinci byli odchyceni v každém ze sledovaných měsíců.

Odhad maximální velikosti populace na podzim byl 22 jedinců při použití modelu D Jollyho a Sebera (obr. 10). Vzhledem k nízkému počtu jedinců v roce 2010 byl odhad stanoven i za pomoci enumerační metody, který činil 9 jedinců. V přepočtu na velikost studijní plochy to odpovídá populačním hustotám 0,86 a 0,36 jedinců na hektar.

4.2 Počty registrovaných jedinců

Registrační zařízení bylo v průběhu rozmnožovacího období nasazeno na 6 norových systémech podle jejich průběžného výskytu na studijní ploše, záznamy

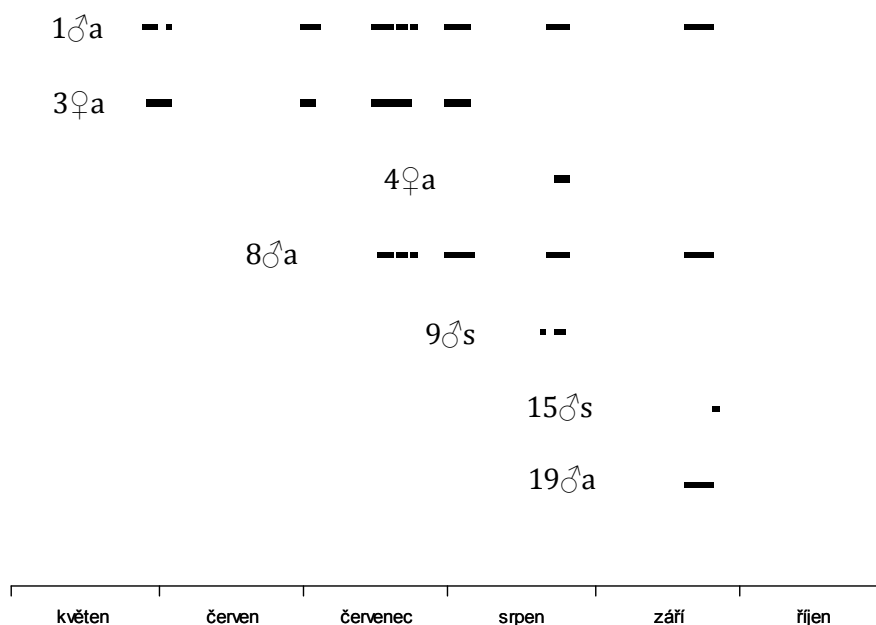


Obr. 10 Odchyťová historie všech 19 jedinců odchycených v roce 2010. Prázdné kroužky označují jedince odchycené do živolovných pastí a zároveň zaznamenané v automatických registračních systémech. Plné kroužky označují jedince odchycené pouze do živolovných pastí. U každého jedince je vyznačeno pohlaví a věková třída (s = subadultní, a = adultní).

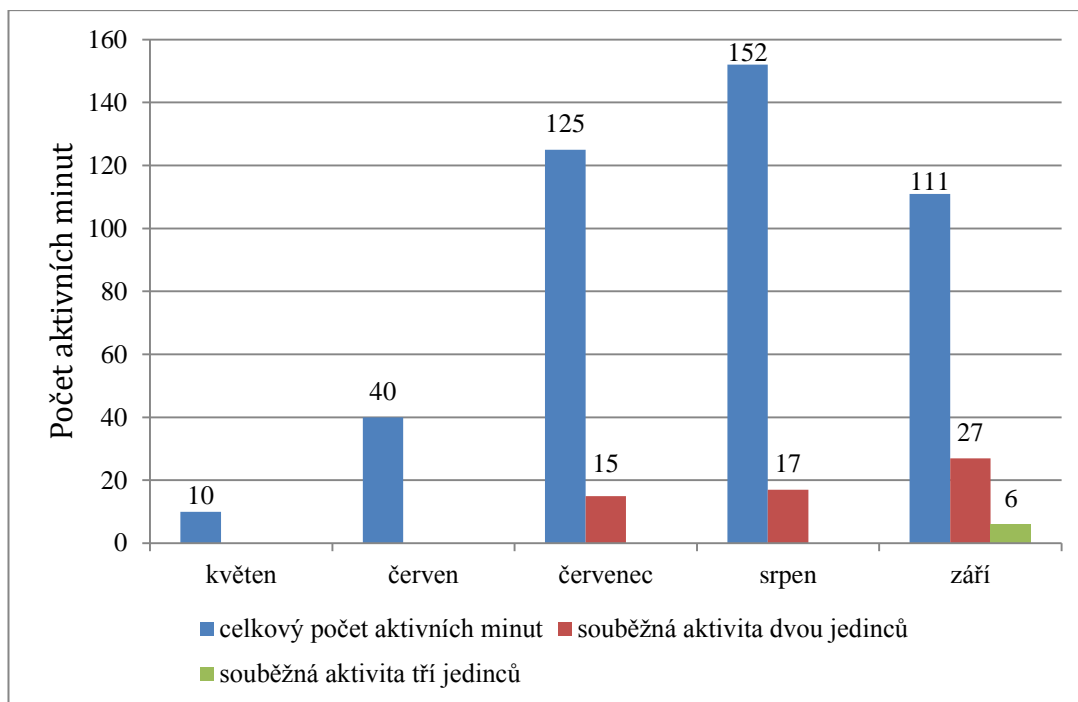
byly ale pořízeny pouze z 5 z nich v 6 periodách roku 2010 od května do září. Ačkoliv bylo v průběhu roku označeno celkem 19 jedinců, v registračním zařízení jsme zachytili celkem 7 různých jedinců (číslo 1, 3, 4, 8, 9, 15 a 19 na obr. 9), z toho 4 samce a 3 samice.

Na přelomu května a června 2010 jsou záznamy tvořeny výhradně 2 adultními jedinci, samcem 1 a samicí 3. Šlo s největší pravděpodobností o partnerskou dvojici. Tento pár jedinců byl 16. července v záznamech doplněn třetím jedincem, adultním samcem 8. Až do 3. srpna se v záznamech objevují všichni tito 3 jedinci. Po tomto datu se již v záznamech neobjevuje adultní samice č. 3. Její aktivita v předchozích dnech naznačuje, že se přestěhovala do jiného norového systému, který bohužel nebyl po tomto datu monitorován. Při odchytu 19. srpna byl označen subadultní samec č. 9, který se v záznamech objevoval do 23. srpna. Od 22. 8. do 24. 8. se v záznamech objevovala adultní samice č. 4 (přestože byla odchycena ještě v září a říjnu).

Počátkem září byly vchody do norového systému sledovaného od



Obr. 11 Distribuce záznamů všech křečků zachycených v automatických registračních systémech v průběhu roku 2010

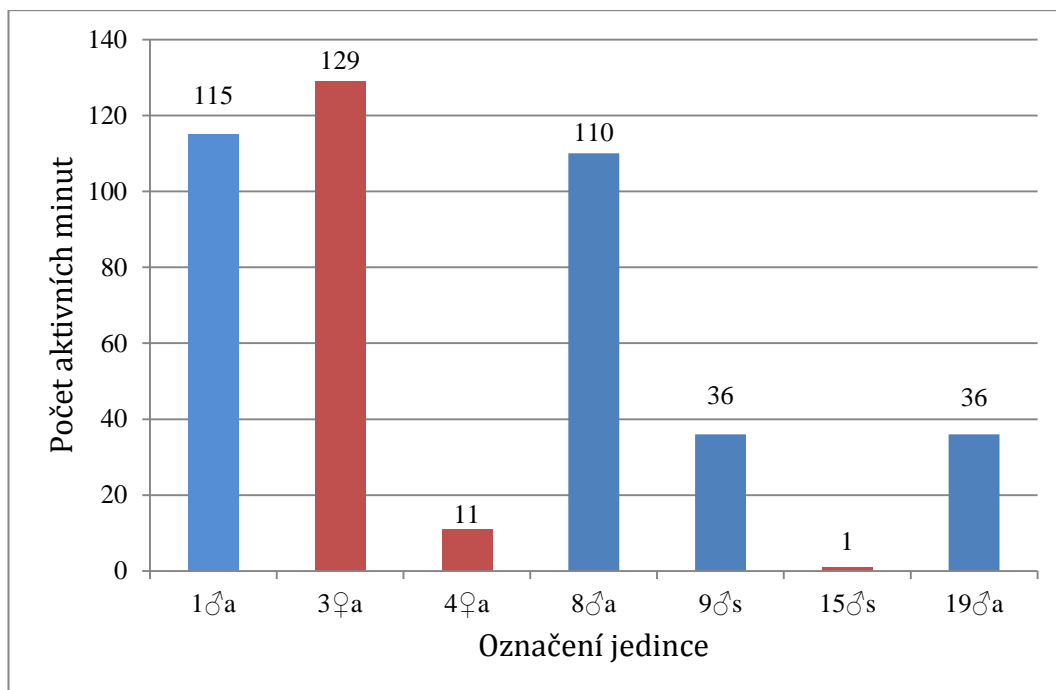


Obr. 12 Modrý sloupec ukazuje počet minut v jednotlivých měsících, v nichž byla zaznamenána aktivita. Červený sloupec ukazuje počet minut, v nichž byla zaznamenána souběžná aktivita dvou jedinců u jednoho vchodu. Zelený sloupec zobrazuje počet minut, v nichž byla zaznamenána souběžná aktivita tří jedinců u jednoho vchodu.

počátku sezóny zahrabány. V té době byl na celém vojtěškovém poli nalezen už jen jeden aktivní norový systém. I v jeho záznamech se objevují záznamy adultních samců č. 1 a č. 8. Navíc se zde objevuje subadultní samice č. 15 a adultní samec č. 19. Všichni tito jedinci se poměrně často setkávali, o čemž svědčí překryvy záznamů a počet minut, v nichž byla zaznamenána souběžná aktivita 2 nebo 3 jedinců najednou (obr. 12). To je v kontrastu s květnovými a červnovými daty, kdy se se pár, který pravidelně navštěvoval stejné nory, nesetkal v průběhu dne ani jednou. Během října již nebyl zaznamenán ani jeden jedinec.

4.3 Cirkadiánní aktivita

Vzorec cirkadiánní aktivity byl sestaven na základě zaznamenaných aktivních minut v automatickém registračním systému od 7 jedinců, z toho 4 samců a 3 samic (obr. 13). Výsledky dokazují, že křeček polní je druh s převažující noční aktivitou. Ta začínala v letních měsících 1 až 2 hodiny před západem Slunce (obr. 14).

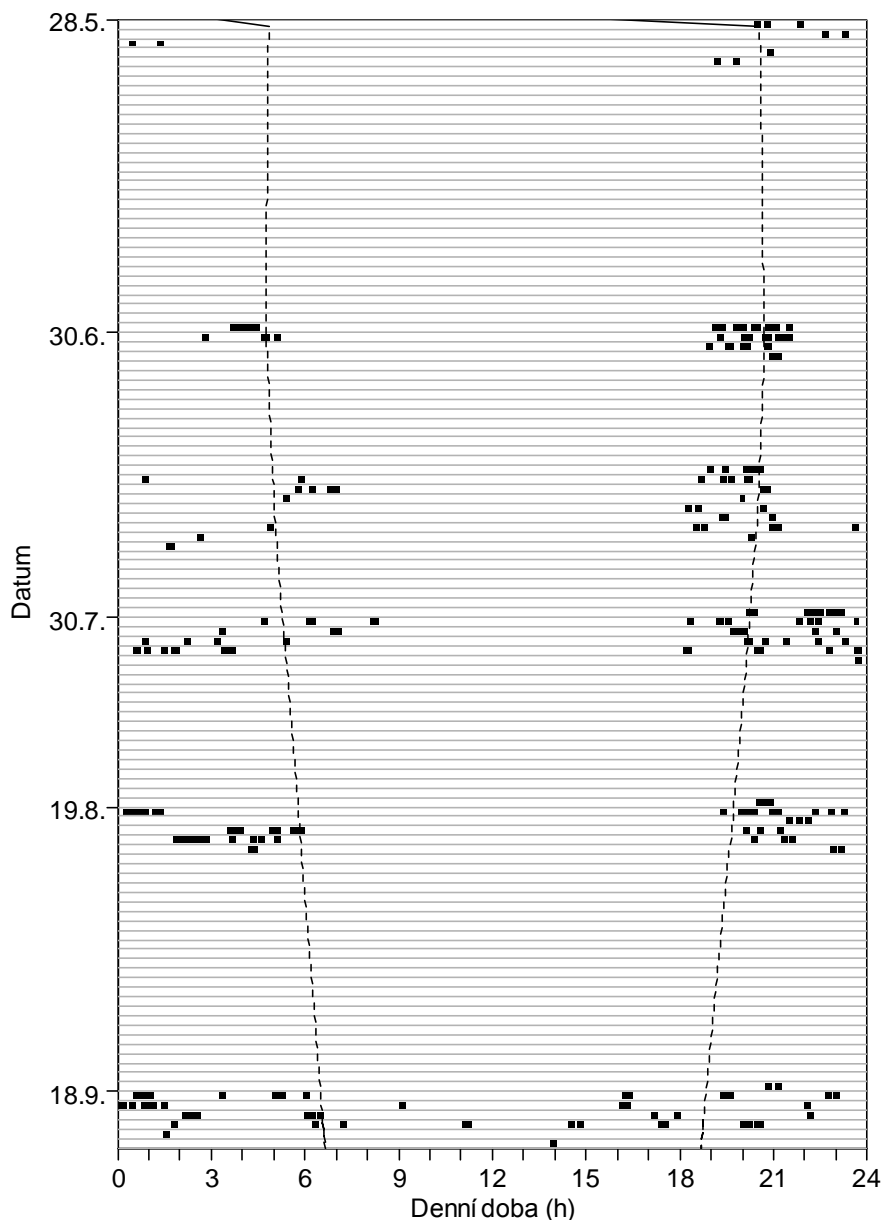


Obr. 13 Celkový počet minut, v nichž byla zaznamenána aktivita, pro jednotlivé jedince. Barevně jsou odlišeny sloupce pro samce (modře) a samice (červeně). U jedinců je vyznačeno pohlaví a věková kategorie (s = subadultní, a = adultní).

V průběhu celého roku můžeme vypořadovat jedno období zvýšené denní aktivity (obr. 15). To začalo v 19 hodin, kdy byli jedinci aktivní 44 minut, což představuje 10 % z celkového množství. Vrcholilo poté ve 20 hodin, kdy bylo zaznamenáno 90 aktivních minut, což představuje 20,5 % z celkového množství. Na tomto vrcholu se shodně podílela obě pohlaví a obě zaznamenala v tuto hodinu svá absolutní maxima (obr. 16). Další období zvýšené aktivity (48 minut, 11 %) nastalo v 1. hodině po půlnoci. Na něm se ovšem podíleli z velké většiny samci (samci 44 minut, samice 4 minuty), naopak u samic nastalo jen méně výrazné období zvýšené aktivity mezi 3–4 hodinou (14 a 11 minut). Aktivita pokračovala u obou pohlaví celou noc až do východu Slunce (v červenci ještě cca 1 hodinu po východu).

Během září došlo k vymizení typického vzorce denní aktivity z předchozích měsíců. Aktivita se rozprostřela do denních hodin a s výjimkou 2 – 3 hodin trvala kontinuálně celý den. Na tomto posunu se podíleli všichni 4 jedinci (na obr. 10 s čísly 1, 8, 15 a 19), kteří v té době byli v automatických registračních systémech zaznamenáni (3 samci a 1 samice).

V průběhu celé sezóny byla na ploše, kde byly automatické registrační systémy umístěny, měřena také teplota vzduchu (viz Přílohu A). Ta by mohla být jedním exogenním faktorů, které mají na povrchovou aktivitu vliv. Nepodařilo se ale přímý vztah prokázat a jedinci byli aktivní při teplotách nad 30 °C i pod 3°C (maximum 33,9 °C dne 16. 7., minimum 2,7 °C dne 20. 9.). Průměrná teplota, při níž byla zaznamenána aktivita, činila 14,9 °C.

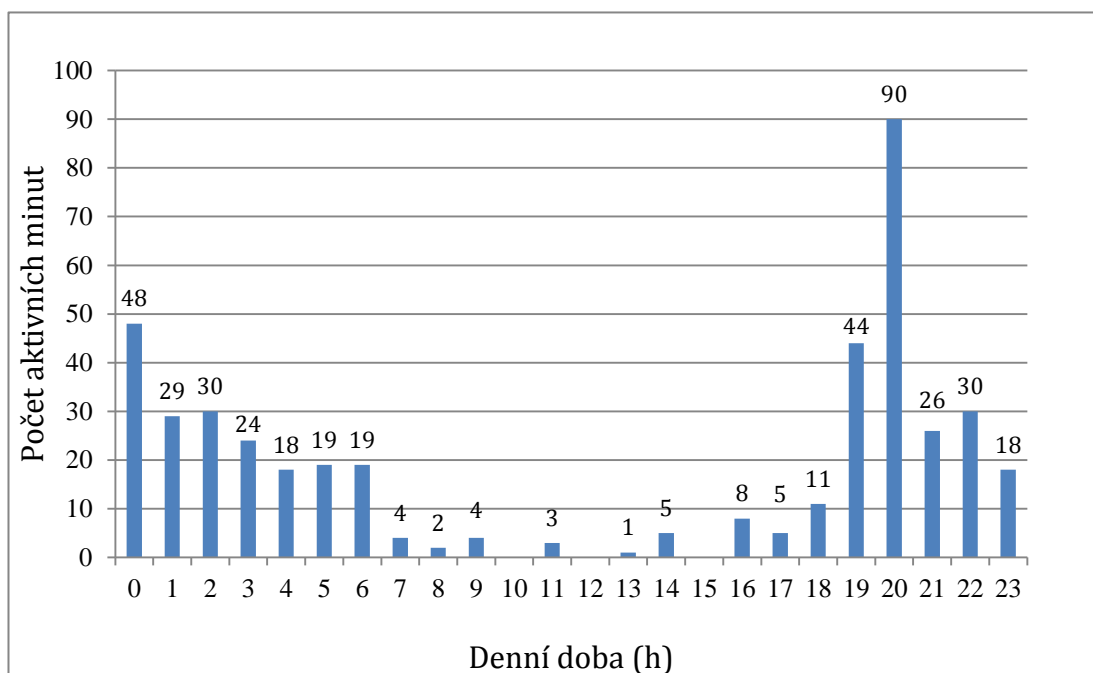


Obr. 14 Změny cirkadiánní aktivity křečka polního v roce 2010. Každý černý bod symbolizuje minutu, v níž byla zaznamenána aktivita. Vertikální čárkovaná čára vymezuje délku fotoperiody (čas východu a západu Slunce)

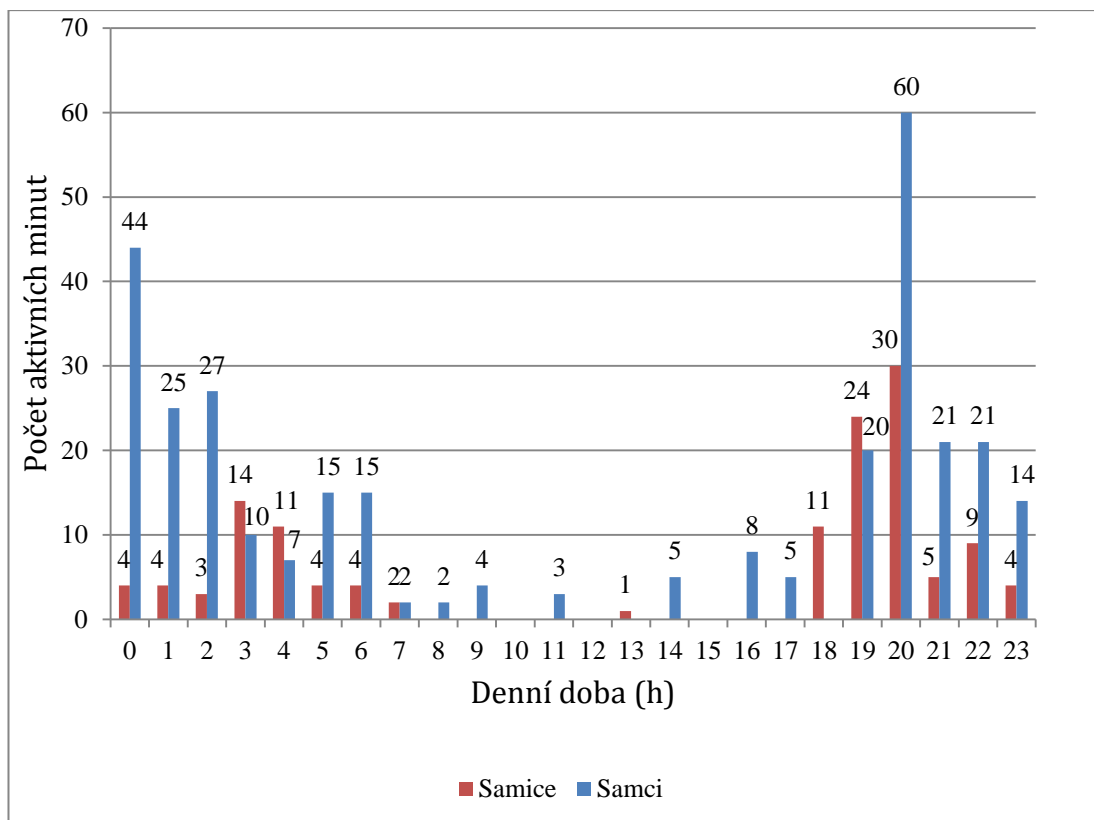
4.4 Testování metody automatické registrace

Jedním z cílů této diplomové práce bylo otestování automatického registračního systému z hlediska funkčnosti. V roce 2009 jsem měl zapůjčeny dvě soupravy, s nimiž byl předtím prováděn výzkum na plchovi. Čtecí zařízení byla umístěna na vchody budek umístěných na stromech a aktivovala se pohybem dovnitř a vně. V případě křečka jsem používal kontinuální měření s přednastaveným rozestupem mezi dvěma záznamy v délce jedné vteřiny. Tato krátká doba silně ovlivňuje výdrž baterie, která se musí v tomto případě dobít přibližně jednou za pět dnů. Aby byla v tomto případě dodržena kontinuita měření, musí být zároveň k výměně připravena druhá sada baterií. Zároveň se však ukázalo, že několik návštěv bylo zaznamenáno v délce jedné nebo dvou vteřin. Obzvláště při kontaktu dvou jedinců, kdy byl jeden z nich pravděpodobně zastrašen a odehnán „majitelem“ nory. Delší rozestupy (např. 5 vteřin) by tak data zkreslovaly.

Druhým extrémem jsou pravděpodobné terénní úpravy okolo vchodu, kdy je jedinec zaznamenáván každou vteřinu po dobu např. deseti minut, čímž se může v případě vyšší aktivity předčasně narazit na strop v počtu záznamů. Jako rozumný kompromis se mi jeví nastavení délky rozestupu v délce dvou vteřin s tím, že by se nastavila necitlivost vůči jedinci se stejným identifikačním



Obr. 15 Počet aktivních minut v jednotlivých hodinách dne.



Obr. 16 Počet aktivních minut v jednotlivých hodinách dne pro jednotlivá pohlaví.

číslem. Tím by byla zachována informace o setkání více jedinců u jednoho vchodu a zároveň by se významně snížil počet záznamů.

Během měření jsem kontinuálně využíval 4–5 registračních systémů. Aby byla data relevantní, je třeba obsadit všechny vchody daného norového systému (těch může být až šest). Jak se však ukázalo, ne všechny vchody jsou využívány a jako mylný se ukázal i teoretický předpoklad, že dva sousedící norové systémy budou jedinci obdobně využívány nebo alespoň navštěvovány. V tomto ohledu je dobré provést určitý předvýběr. Zároveň je však nutné si každý měsíc ověřovat, zda je systém stále obsazený. Data jasně ukázala, že v průběhu sezóny dochází nejen ke změnám hlavního uživatele nory, ale i ke změnám v sociální organizaci a ke stěhování v rámci prostoru.

Z technologického a konstrukčního hlediska je automatický registrační systém dobře použitelným zařízením. Průměr antény se ukázal být jako dostatečný i u nor se šikmým úklonem vchodu. Anténa se fixovala do země plastovými kolíky (nemohou být použity kovové kvůli rušení radiofrekvenčního signálu) a nikdy nedošlo k jejímu poškození a ani nebyly vchody do nory

v přítomnosti antény viditelně upravovány (zahrabány nebo podhrabány do strany).

Jedním z problémů, které se v průběhu měření objevily, bylo okusování přívodních kabelů k anténě nebo baterii. Tomu lze částečně zabránit zahrabáním kabelů do země nebo obalením izolační páskou. Lze samozřejmě najít další opatření, která budou různě náročná na čas a energii.

Při výzkumu sociální aktivity jsem byl limitován počtem automatických registračních zařízení. Získaná data ale naznačují, že i s malým počtem registračních zařízení lze zachytit základní rysy sezónní variability v cirkadiánní aktivitě. Tato metoda je velmi vhodná také pro studium vzájemných sociálních vazeb a monitorování pohybu jedinců mezi jednotlivými norovými systémy.

5 Diskuse

Cirkadiánní aktivita křečka polního byla až dosud zkoumána převážně v laboratorních podmínkách (Wollnik 1991) s využitím běhacího kola. Z přírodních populací existuje jen velmi málo prací, které se soustředily zejména na charakter pohybové aktivity v jednotlivých dnech (Weiner 1974). V předložené diplomové práci jsem se proto zaměřil na sezónní variabilitu v cirkadiánní aktivitě v přírodní populaci křečka polního na periferii Olomouce s použitím nové metody automatické registrace jedinců značených RFID čipy. Zjistil jsem, že křečci se vyznačují nočním typem pohybové aktivity, který ovšem vykazoval sezónní proměnlivost. Vyhraněně noční typ aktivity se vyskytoval na jaře a v létě, zatímco v předhibernačním období byla distribuce aktivity rozprostřena i přes den. Použité registrační zařízení prokázalo svou funkčnost pro studium cirkadiánní aktivity v přírodních populacích. Zjištěné výsledky potvrzují, že sezónní změny v cirkadiánní aktivitě pozorované v laboratorních podmínkách se vyskytují i v přírodních podmínkách.

Cirkadiánní aktivita křečka polního v přírodní populaci vykazovala sezónní proměnlivost. V reprodukčním období byla aktivita soustředěna do nočních hodin a vykazovala charakteristický průběh s maximem aktivity ve 20 hodin. Po skončení reprodukční sezony zůstalo toto maximum zachováno, ale aktivita se rozprostřela i do denních hodin. Jde o první kvantitativní doklad o sezónní proměnlivosti v přírodních podmínkách. Studium aktivity v populacích se v jednotlivých dnech zabývali pouze Weiner a Górecki (Weiner 1974). Jejich záznamové zařízení fungovalo na principu přerušování světelného paprsku vysílaného z reflektoru do fotodiody a data byla ukládána na děrované štítky. U této metody není možné odlišit pohlaví jedinců a jejich věk a samotné záznamy mohou pocházet i od jiných živočišných druhů. Jejich výsledky potvrzují, že maximum aktivity v průběhu dne je ve 20 hodin a druhý menší vrchol nastává v první hodině po půlnoci. Tento přístup ale sezónní variabilitu nezachytil.

V laboratorních podmínkách byly sezónní změny v cirkadiánní aktivitě již dříve zaznamenány (Wollnik 1991, Monecke 2004). Charakteristický průběh denní křivky byl pozorován jen v krátkém období okolo letního slunovratu. Sezónní změny v cirkadiánní aktivitě jsou v laboratorních podmínkách dobře

popsány také u mnoha dalších druhů ptáků a savců. U ptáků jsou změny v aktivitě v průběhu sezóny větší než u savců, naopak denní výkyvy v začátku a konci období aktivity jsou větší u savců (Daan a Aschoff 1975). U křečka polního dochází ke změnám v typu denní aktivity po ukončení reprodukční sezóny (Wollnik 1991). Tehdy začíná předhibernační období, kdy dochází k aktivnějšímu vyhledávání a shromažďování potravy na období hibernace. Samotné změny sice kopírují reprodukční status, ale nejsou jím přímo vyvolány. Změny v aktivitě totiž byly pozorovány i u jedinců po gonadektomii.

Změny v denní aktivitě úzce souvisí se sekrecí 6-sulfatoxymelatoninu (aMT6s), který je vylučován močí jako hlavní katabolit melatoninu (Wollnik 1995). Tento hormon je vylučován z epifyzy pouze během noci a dává tak cirkadiánnímu systému informaci o tom, kdy je noc a kdy den. Protože se zároveň mění amplituda vylučování v průběhu roku, je i zdrojem informací o aktuálním ročním období. U křečka polního byl zjištěn unikátní fakt, že v období kolem letního slunovratu, kdy je noc nejkratší, není melatonin do krve vůbec vylučován (Vivien-Roels 1992). Je zřejmé, že sezónní změny v cirkadiánní aktivitě jsou řízeny endogenními procesy a mají cirkadiánní charakter (objevují se více let po sobě). U tohoto typu rytmu také musí docházet k synchronizaci s vnějším prostředím. Zatímco u cirkadiánních rytmů dochází k synchronizaci vždy při působení Zeitgeberu, u cirkadiánních rytmů je synchronizace Zeitgeberem vyvolána jen v senzitivním období. Toto období senzitivity ke dnům s krátkou fotoperiodou trvá u křečka přibližně od poloviny května do poloviny července (Saboureau 1999, Monecke 2004). Sezónní změny v cirkadiánní aktivitě jsou tedy dostatečně prokázány, ale doposud se nepodařilo odhalit endogenní či exogenní mechanismus, který je způsobuje.

Na sezónních změnách cirkadiánní aktivity se podíleli všichni jedinci zaznamenaní v registračních systémech v tomto období bez ohledu na pohlaví. Protože však byl jejich počet během září nízký, nelze rovnocenný podíl na těchto změnách jednoznačně potvrdit. V době největší aktivity během dne dosahovala svého maxima oběma pohlaví. Na druhém období zvýšené aktivity se ovšem podíleli především samci. Doba aktivity byla u samců oproti samicím delší, což je v souladu s telemetrickými daty získanými na stejné studijní ploše v roce 2010 (Dolínková 2010). Samci jsou na povrchu pohyblivější a mají větší

domovský okrsek. To naznačuje i o něco vyšší počet navštívených nor v přepočtu na jedince u samců.

Systém automatické registrace, který jsem použil, prokázal svou funkčnost při sběru dat o cirkadiánní aktivitě v přírodních podmínkách. Tento systém může současně sloužit i k měření intenzity sociálních kontaktů. V období zvýšené aktivity docházelo zároveň k častějšímu setkávání dvou nebo tří jedinců. Naopak v měsících květnu a červnu byla aktivita jednoho partnerského páru časově zcela oddělena a jedinci se u vchodů do nor, kde byl automatický registrační systém umístěn, vůbec neseťkali. Doposud byly vzájemné sociální kontakty mezi jedinci zkoumány především na základě vizuálního pozorování (Ziomek 2009).

Křeček polní je považován za teritoriální druh, kdy jedinci žijí v norách s výjimkou období rozmnožování soliterně (Weinhold 2008). Data získaná automatickou registrací ale prokazují, že jejich sociální a prostorová aktivita je velmi intenzivní. Je obtížné určit konkrétního jedince, který by danou noru obýval. Výsledky tak naznačují, že jedna nora není konkrétním jedincem dlouhodobě obývána a jeden jedinec současně využívá několik norových systémů podle toho, zda se v ní již nachází další jedinec. Vyšší míra sociální aktivity byla dříve pozorována také u populací křečka na předměstí ukrajinského Simferopolu, kde jedinci na konci srpna žili ve skupinách (Surov a Tovpinetz 2007). Stejnému chování odpovídají i data z měsíce září, kdy byla na poli s vojtěškou nalezena jediná aktivní nora, u které se podle údajů z registračního systému pohybovalo opakovaně několik jedinců ve stejnou dobu.

Metoda zpětného odchyty značkových jedinců je moderní způsob měření demografických procesů v přírodních populacích. V kombinaci s metodou automatické registrace je vhodným nástrojem ke studiu cirkadiánní aktivity a sociálních vztahů. Zároveň může v budoucnosti přinést nové informace o biologii křečka polního. Určitou nevýhodou je finanční náročnost zařízení a nároky na výzkumníka. Pořízení jedné měřicí jednotky vyjde na 20 tisíc Kč, k čemuž je nutné připočítat náklady na záložní sadu baterií. Vzhledem k velikosti domovského okrsku křečka by bylo obsazení všech norových systémů velmi finančně nákladné. Výdrž baterie je přibližně 5 dnů a nabíjecí

cyklus trvá 0,5 dne, což představuje značné nároky na čas výzkumníka. K tomu přistupuje riziko odcizení při použití v terénu. Z uvedeného vyplývá, že metoda odchyty do živolovných pastí doplněná o metodu automatické registrace denní aktivity najde své uplatnění především v seriózním výzkumu.

Struktura a vzájemné vztahy mezi jednotlivými komponentami cirkadiánního systému, stejně jako faktory, které je ovlivňují, jsou obvykle zkoumány v laboratorních podmínkách. Podmínky jsou značně zjednodušeny, mnohdy jen na udržování délky fotoperiody, která odpovídá venkovnímu prostředí. V přírodě mohou být ale populace ovlivněny mnoha dalšími faktory, navíc do hry vstupují interspecifické a intraspecifické vztahy. V laboratorním prostředí je např. jedincům dodávána potrava *ad libitum*. Po skončení reprodukčního období ale křeček nevytváří tukové zásoby a jeho hmotnost těla spíše klesá (Canguilhem 1989). V předhibernačním období se namísto toho věnuje shromažďování zásob.

V předložené diplomové práci jsem prokázal, že k sezónním změnám v cirkadiánní aktivitě křečka polního pozorovaným v laboratorních podmínkách dochází i v přírodních populacích. Použitá metoda automatické registrace, kdy je zaznamenávána aktivita jedinců u vchodu do nory, se pro takové studium osvědčila a dokáže nahradit způsob, jakým je pohybová aktivita měřena v laboratorních podmínkách. Zařízení je také vhodné pro sledování sociální aktivity křečka polního. Protože je při odchycích zjišťováno pohlaví, věk a reprodukční kondice, je možné pozorování cirkadiánní aktivity analyzovat pro jednotlivá pohlaví a věkové třídy. Další pokračování ve studiu proto může přinést nové a velmi zajímavé poznatky o biologických rytmech a sociálním chování křečka polního v jeho přirozeném prostředí.

6 Souhrn

V předložené diplomové práci, v níž jsem se zabýval sezónní variabilitou cirkadiánní aktivity křečka polního v přírodní populaci na periferii Olomouce, jsem dospěl k následujícím výsledkům:

- 1) Od června do srpna je křeček polní aktivní především v nočních hodinách s maximem aktivity ve 20 hodin.
- 2) V prehibernačním období dochází ke změně v cirkadiánní aktivitě, která se rozprostírá do denních hodin.
- 3) Obě pohlaví dosahovala denních maxim v aktivitě ve stejnou dobu.
- 4) Získané výsledky prokázaly, že použitý automatický registrační systém je vhodný pro studium cirkadiánních rytmů a sociálního chování v přírodních populacích křečka polního.

7 Literatura

CANGUILHEM B. 1989. External and endogenous control of body weight rhythm in the European hamster, *Cricetus cricetus*. In: Malan A, Canguilhem B (eds.). Living in the Cold. London, Paris: Jon Libbey Eurotext Ltd. 25–32.

DAAN S, ASCHOFF J. 1975. Circadian rhythms of locomotor activity in captive birds and mammals: their variations with season and latitude. *Oecologia* 18: 269:316.

DOLÍNKOVÁ K. 2010. Stanovištní preference křečka polního s využitím telemetrických dat [diplomová práce]. Olomouc: Katedra geologie PřF UP v Olomouci. s. 62.

CHIVIAN E, BERNSTEIN A, (eds.). 2008. Sustaining Life: How Human Health Depends on Biodiversity. New York: Oxford university Press.

FLINT ML, VAN DEN BOSCH R. 1981. Introduction to Integrated Pest Management. Plenum Press. In: BEGON M, HARPER JL, TOWNSEND CR. Ekologie: jedinci, populace a společenstva. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého Olomouc.

GORBAN I, DYKIY I, SREBRODOLSKA E. 1998. What has happened with *Cricetus cricetus* in Ukraine. Pp.: 87–89. In: STUBBE M & STUBBE A, (eds.): Ökologie und Schutz des Feldhamsters. Wissensch. Beitr. MLU Halle-Wittenberg, 480 pp.

GRULICH I. 1975a. Zum Verbreitungsgebiet der Art *Cricetus cricetus* (Mamm.) in der Tschechoslowakei. *Zoologické listy*. 24(3): 197–222.

GRULICH I. 1975b. Populační exploze křečka polního (*Cricetus cricetus* L.) – na východním Slovensku v roce 1971. *Zprávy ÚKZÚZ*. 16(9): 15–23.

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* in Czechoslovakia. *Acta Sci. Natur. Brno.* 20(5–6): 1–56.

HAUERLAND L. 2008. Demografické procesy v přírodní populaci křečka polního [bakalářská práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí PŘF UP v Olomouci. p. 36.

HALLE S, STENSETH NCH. 1994. Microtine ultradian rhythm of activity: an evaluation of different hypotheses on the triggering mechanism. *Mammal Rev.* 24(1): 17–39.

ILLNEROVÁ H. 1994 [citováno 20. 2. 2011]. Blížíme se k poznání podstaty biologických hodin? *Vesmír* 73(425). Dostupné z: <http://www.vesmir.cz/clanek/blizime-se-k-poznani-podstaty-biologickych-hodin>.

ILLNEROVÁ H. 1996 [citováno 20. 2. 2011]. Nález dalších biologických hodin u savců? *Vesmír* 75(405). Dostupné z: <http://www.7.vesmir.cz/clanek/nalez-dalsich-biologickych-hodin-u-savcu>.

MILLER JA. 1989. Clockwork in the brain. Biologists use a mutant hamster to identify the source of daily rhythms. *BioScience.* 39(2): 75–78.

MONECKE S, WOLLNIK F. 2004. European hamsters (*Cricetus cricetus*) show a transient phase of insensitivity to long photoperiods after gonadal regression. *Biology of Reproduction.* 70(5): 1438–1443.

NECHAY G. 2000. Status of hamsters: *Cricetus cricetus*, *Cricetulus migratorius*, *Mesocricetus newtoni* and other hamster species in Europe. Nature and Environment Series 106. 73 p.

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

POLLOCK KH, NICHOLS JD, BROWNIE C, HINES JE. 1990. Statistical inference for capturerecapture experiments. Wildl Monogr. (107): 3–97.

R Development Core Team. 2010. R: a language and environment for statistical computing. Vienna (Austria): R Foundation for Statistical Computing. Dostupný z <http://www.r-project.org>.

REICHHOLF J. 1996. Průvodce přírodou. Savci. Praha: IKAR.

SABOUREAU M, MASSON-PÉVET M, CANGUILHEM B, PÉVET P. 1999. Circannual reproductive rhythm in the European hamster (*Cricetus cricetus*): Demonstration of the existence of an annual phase of sensitivity to short photoperiod. J Pineal Res 26: 9–16.

SUROV AV, TOVPINETZ N. 2007. Population of common hamster in Simferopol (Ukraine): Fast formation of synanthropic adaptations. – 15th Meeting of the International Hamster Workgroup, Kerkrade Nether lands, Abstract book.

ŠŤOURAČ N. 2008. Studium savčí mikrofauny würmského glaciálu jeskyně Balcarky [bakalářská práce]. Brno: Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity. 31 p.

VÍŠKOVÁ V. 2010. Rozšíření křečka polního v České republice [bakalářská práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí PřF UP v Olomouci. 28 s., 1 příloha, česky.

TKADLEC E, VÍŠKOVÁ V, HEROLDOVÁ M, OBDRŽÁLKOVÁ D, ZEJDA J. 2010. Rozšíření křečka polního v České republice po roce 2000. In: Bryja J, Zasadil P, eds. Zoologické dny Praha 2010. Sborník abstraktů z konference 11.–12. 2. 2010; 11.2.–12.2.2010; Praha. Brno: Ústav biologie obratlovců AV ČR. p. 221–222.

VIVIEN-ROELS B, PÉVET P, MASSON-PÉVET M, CANGUILHEM B. 1992. Seasonal variations in the daily rhythm of pineal gland and/or circulating melatonin and 5-methoxytryptophol concentrations in the European hamster. *Gen. Comp. Endocrinol.* 86: 239-247.

VOHRALÍK V, ANDĚRA M. 1976. Rozšíření křečka polního *Cricetus cricetus* (L.) v Československu. *Lynx.* 13: 85–97.

WEINER J, GÓRECKI A. 1974. Field registration of the animals activity using infra-red light. *Wiad. ekol.* 20(3): 287–291.

WEINHOLD U. 2008. Draft European action plan for the conservation of the common hamster *Cricetus cricetus*, L. 1758). Second version. Strasbourg: Council of Europe, Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats, Standing Committee.

WOLLNIK F. 1989. Physiology and regulation of biological rhythms in laboratory animals: an overview. *Laboratory Animals.* 23: 107–125.

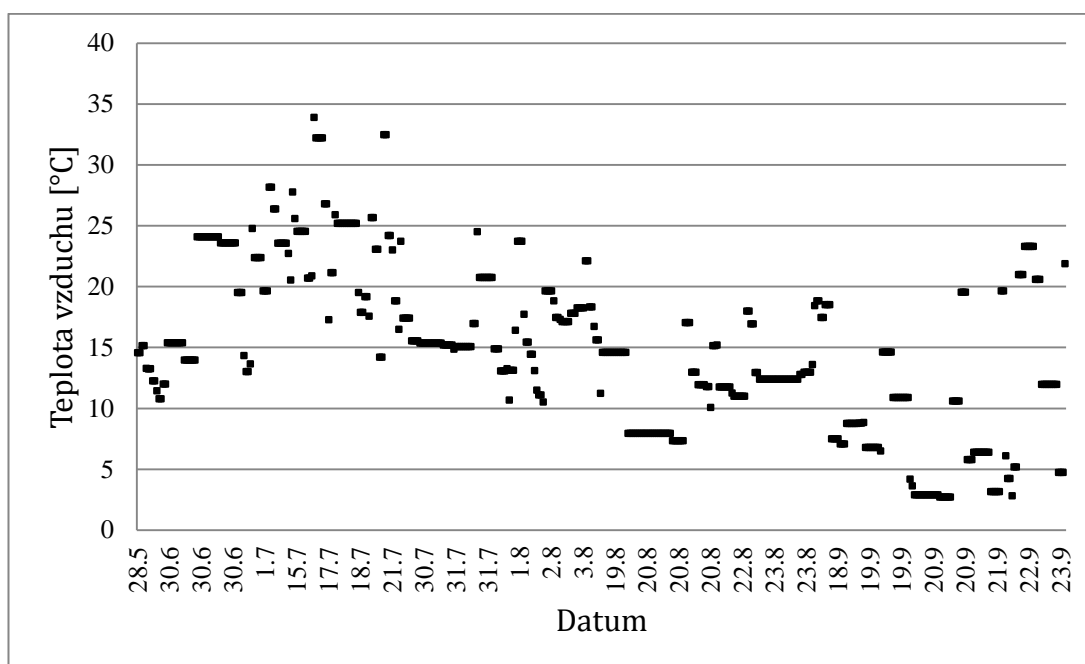
WOLLNIK F, BREIT A, REINKE D. 1991. Seasonal change in the temporal organization of wheel-running activity in the European hamster, *Cricetus cricetus*. *Naturwissenschaften* 78: 419–422.

WOLLNIK F, SCHMIDT B. 1995. Seasonal and daily rhythms of body temperature in European hamster (*Cricetus cricetus*) under semi-natural conditions. *J Comp Physiol B* 165: 171–182.

ZIOMEK J, BANASZEK A. 2007. The common hamster, *Cricetus cricetus* in Poland: status and current range. *Folia Zool.* 56(3): 235–242.

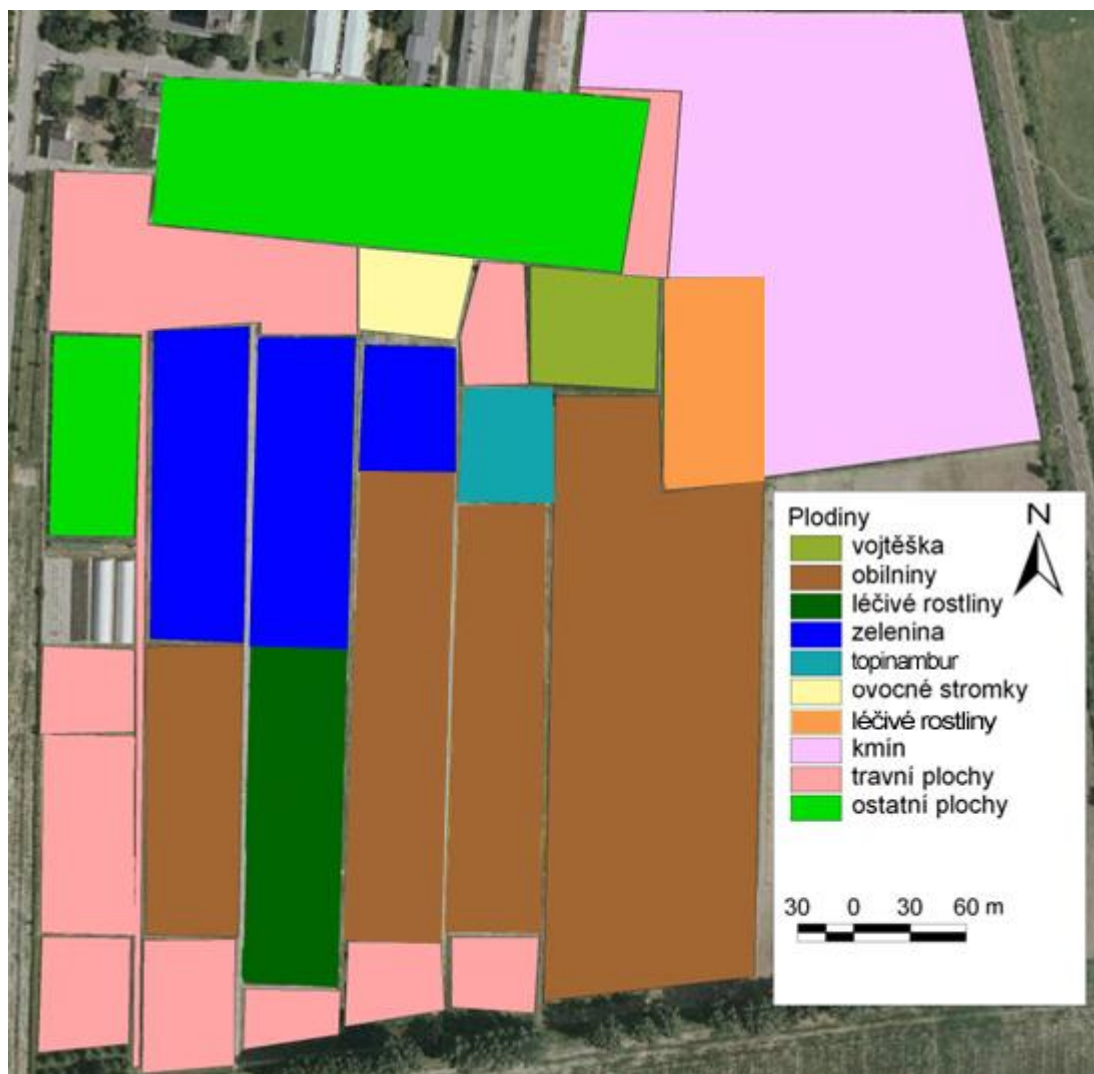
ZIOMEK J, ZGRABCZYŃSKA E, PORADZISZ A. 2009. The behaviour of the common hamster (*Cricetus cricetus*) under zoo conditions. *Der Zoologische Garten* 78(4): 221–224.

Příloha A



Obr. 17 Teplota vzduchu [°C] ve výšce 10 cm nad zemí na studijní ploše pro každou minutu, kdy byla zaznamenána aktivita.

Příloha B



Obr. 18 Mapa plodin na zkoumané lokalitě v roce 2010