

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra geologie



**Stanovení prostorového chování křečka polního
telemetrickou metodou**

Jana Červinková

Diplomová práce

předložená

na Katedře geologie

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Mgr. ve studijním programu

N1501 Biologie

v oboru Učitelství biologie pro SŠ – Učitelství geologie a ochrany životního prostředí
pro SŠ

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

Konzultant: Mgr. Jan Losík, Ph.D.

Olomouc 2011

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením prof. MVDr. Emila Tkadlece, CSc. a uvedla v ní veškerou literaturu a ostatní zdroje, ze kterých jsem čerpala.

V Olomouci dne 27. června 2011

.....

vlastnoruční podpis

Červinková J. 2011. Stanovení prostorového chování křečka polního telemetrickou metodou [diplomová práce]. Olomouc: Katedra geologie PřF UP v Olomouci. p. 57

Abstrakt

Početnosti západoevropských populací křečka polního (*Cricetus cricetus*) v uplynulých dekádách citelně poklesly. Poslední výzkumy naznačují, že pokles nastal i u středoevropských populací (např. v Polsku), včetně českých populací, kde se křeček stáhl do úrodných nížin podél velkých řek. Cílem diplomové práce je studium prostorové aktivity křečka polního na lokalitě v areálu University Palackého v Olomouci-Holici prostřednictvím radiotelemetrických a odchyťových metod. Klíčovým parametrem prostorové aktivity je velikost domovského okrsku. Základním požadavkem pro nezkršený odhad domovského okrsku je dostatečný počet lokalizací. Při malém počtu lokalizací dochází snadno k podhodnocení velikosti. Při vysokém počtu dat sice nedochází ke zkršení odhadu, ale vynaložená námaha se nevrací ve vyšší kvalitě odhadu.

V průběhu května až srpna 2009 jsem telemetrickou metodou sledovala 7 jedinců křečka polního. Nakonec však byla použitelná data pouze 5 jedinců. Měření probíhalo ve večerních a nočních hodinách a u každého jedince jsem získala okolo 80 fixů. Analýzou vztahu mezi velikostí okrsku a počtem fixů jsem dospěla k závěru, že u samice a dvou sledovaných samců je tento počet dostačující. U zbylých dvou samců se tento počet ukázal jako nedostatečný. I při dvojnásobném počtu fixů by křivky asymptoty nedosahovaly. Získané výsledky naznačují, že odhady domovských okrsků, zejména samců, jsou náročné na vysoký počet fixů a vyžadují korekci na podhodnocení metodou nelineární regrese.

Klíčová slova: *Cricetus cricetus*, domovský okrsek, křeček polní, nelineární regrese, telemetrie

Červinková J. 2011. Assessment of spatial behaviour in the common hamster by radiotracking [diploma thesis]. Olomouc: Department of Geology, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc. p. 57

Abstract

Abundances of common hamster (*Cricetus cricetus*) populations in western Europe declined considerably during the last decades. Recent research suggests that decline occurred in central European populations too (e.g. in Poland), including the Czech populations where the hamsters retreated to fertile lowlands along the big rivers. The objective of the thesis is to investigate spatial activity of hamsters in a natural population in the periphery of Olomouc using radiotracking. The key parameter of spatial behaviour is the size of home range. Sufficient number of fixes is a prerequisite for obtaining unbiased estimates of home range size. If the number of localizations is low, the size is underestimated. In contrast, high numbers produce correct estimates but they are costly.

Using telemetry, I monitored 7 individuals of the common hamster during May-August 2009 but only 5 of them could be analysed. Measurements were taken during evening and night hours, and I obtained about 80 fixes for each individual. Analysing the relationship between the home range size and the number of fixes, I concluded that this number was sufficient for 1 female and 2 males. However, in remaining 2 males even this number was not high enough to reach the asymptotes of the nonlinear curve. The results indicate that estimates of home range size require large numbers of fixes, especially in males, and subsequent correction for underestimation using non-linear regression technique.

Key words: common hamster, Cricetus cricetus, , home range, nonlinear regression telemetry

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíle práce	4
3	Materiál a metody	5
3.1	Popis lokality.....	5
3.2	Biologie křečka polního	7
3.3	Rozšíření a populační dynamika	10
3.4	Odchyťová metoda	12
3.5	Telemetrie a lokalizace jedince.....	14
3.6	Technické vybavení pro telemetrii.....	17
3.7	Analýza telemetrických dat.....	19
3.7.1	Programové prostředky	19
3.7.2	Měření přesnosti lokalizace.....	20
3.7.3	Výpočet a analýza domovského okrsku.....	23
3.7.4	Datová křivka pro plochu (Data area curves)	26
4	Výsledky	27
4.1	Velikost domovského okrsku.....	27
4.2	Datové křivky.....	28
5	Diskuse.....	34
6	Souhrn	38
7	Literatura	39
8	Přílohy.....	44
8.1	Příloha	45
8.2	Příloha	46
8.3	Příloha	47
8.4	Příloha	48

Seznam tabulek

Tabulka 1. Charakteristika telemetricky sledovaných jedinců křečka polního v Olomouci-Holici.....	16
Tabulka 2. Velikost domovského okrsku v m ² pro 5 jedinců. Použité zkratky znamenají: MCP50, MCP95 - plocha území s 50% a 95% pravděpodobností výskytu jedince podle metody minimálních konvexních polygonů; HM50, HM75, HM95 - plocha území s 50%, 75% a 95% možností výskytu jedince podle metody harmonického průměru; CE50, CE75, CE95 - plocha území s 50%, 75% a 95% možností výskytu jedince podle metody konfidenčních elips (též metoda Jenrich-Turnera); KHR50, KHR75, KHR95 - plocha území s 50%, 75% a 95% možností výskytu jedince podle metody kernel home range.....	28
Tabulka 3. Velikost domovského okrsku v m ² pro 3 jedince sledované v roce 2007. Použité zkratky znamenají: MCP50, MCP95 - plocha území s 50% a 95% pravděpodobností výskytu jedince podle metody minimálních konvexních polygonů; HM50, HM75, HM95 - plocha území s 50%, 75% a 95% možností výskytu jedince podle metody harmonického průměru; CE50, CE75, CE95 - plocha území s 50%, 75% a 95% možností výskytu jedince podle metody konfidenčních elips (též metoda Jenrich-Turnera); KHR50, KHR75, KHR95 - plocha území s 50%, 75% a 95% možností výskytu jedince podle metody kernel home range.....	28
Tabulka 4. Srovnání velikosti domovského okrsku vypočítané s 95% pravděpodobností metodou minimálních konvexních polygonů (MCP95) a asymptotické velikosti domovského okrsku.....	30

Seznam obrázků

Obrázek 1. Letecký snímek studované plochy v Olomouci-Holici	6
Obrázek 2. (a) Křeček polní chycený v živolovné pasti. (b) Označení nově odchyceného jedince čipem.....	12
Obrázek 3. Křeček polní označený vysílačkou u nory.....	13
Obrázek 4. Princip triangulační metody ze 3 stanovišť se známou polohou. Z každého stanoviště zapíšeme příslušný azimut. Spojením všech tří úhlů získáme fix (lokalizace jedince).....	15
Obrázek 5. (a) Vysílačka TW-4 cable použitá ke sledování křečka polního. (b) Schematické znázornění vysílačky a jejího příslušenství. Vysílačka se připevní ke zvířeti pomocí nastavitelného obojku. Vysílaný signál je zesílen pomocí antény.....	17
Obrázek 6. Ukázka přijímače.....	18
Obrázek 7. Ukázka antény.....	18
Obrázek 8. Ukázka mapového výstupu v programu Loas.....	19
Obrázek 2. Princip chybového polygonu. Stanoviště 1 (tower 1) a stanoviště 2 (tower 2), 1 – plocha chybového polygonu, 2 – nejdelší diagonála chybového polygonu, 3 – poloměr chybového polygonu (vlevo). Princip chybové elipsy. Stanoviště 1 (tower 1) a stanoviště 2 (tower 2), 1- plocha konfidenční elipsy, 2 – hlavní osa konfidenční elipsy, 3 – vedlejší osa konfidenční elipsy (vpravo) (podle Saltz a White, 1990).....	22
Obrázek 10. Distribuce lokalizací pro samici (b) a samce (c, e) vytváří kompaktní mrak, naopak u samců (a, d) vytváří dva oddělené shluky.....	31
Obrázek 11. Datové křivky pro odhady velikosti domovského okrsku u křečka 1-5 (a-c).....	32
Obrázek 12. Datová křivka pro plochu doplněná lineární regresí pro teoretický odhad asymptotické velikost domovského okrsku pro křečka 1-5 (a-c).....	33

Poděkování

Za obětavou pomoc při řešení problémů děkuji zejména vedoucímu mé diplomové práce prof. MVDr. Emilu Tkadlecovi, CSc. Moje poděkování patří též Mgr. Janu Losíkovi za spolupráci v terénu a pomoc při řešení problémů se zpracováním dat. Dále pak také děkuji všem svým přátelům, kteří mi pomohli s některými překlady článků a samozřejmě také rodině za všeobecnou podporu.

1 Úvod

Křeček polní, *Cricetus cricetus* (Linnaeus 1758) patří do skupiny drobných savců, hlodavců. Vyskytuje se zejména na zemědělsky využívaných plochách, ale můžeme ho nalézt i na netypických stanovištích jako jsou např. hospodářské objekty, sklady, seníky, sklepy či obytné budovy. K osídlení těchto stanovišť dochází kvůli přemnožení populací a následnému nedostatku potravy. Nejvýznamnější záznamy o přemnožení jsou známy z východního Slovenska z roku 1971 a 1972. Na území o rozloze více než 200 tisíc ha dosáhla populace křečka polního obrovské hustoty – až 500 jedinců na ha (Zejda et al. 2000).

V posledních letech došlo u křečka polního k zintenzivnění výzkumu a to z důvodu citelného poklesu početnosti. V západní Evropě jeho populační početnost poklesla tak, že zde patří mezi chráněné živočichy. V současnosti je na pokraji vyhynutí ve Francii, Nizozemsku a Belgii. V některých částech v Německu existuje jen několik méně početných izolovaných populací. V těchto zmíněných zemích je početnost křečka přísně sledována a pro jeho ochranu byla vytvořena různá opatření. Mezi hlavní příčiny jeho poklesu považujeme změny v managementu zemědělství. Jde především o rozvoj techniky a nových technologických postupů, hlubokou orbu, absenci posklizňových zbytků, o změny ve stavbě plodin, používání pesticidů (Kayser et al. 2003). Dalšími negativními faktory jsou doprava, osídlení, nemoci, migrace nebo predace jedinců.

Naopak v některých zemích je křeček polní zcela běžný. Jedná se zejména o státy východní Evropy a části Asie jako je Kazachstán, Maďarsko, Moldávie, Rusko, Ukrajina, bývala Jugoslávie. Je zde dokonce považován za velkého škůdce a je huben. V Maďarsku jsou křečci vybíjeni ve velkém množství zejména pro kožešnický průmysl. Na Slovensku jsou populace také početnější a stabilnější a nejsou chráněny (Nechay 2000). Ovšem i zde je potřeba provádět výzkum a pravidelný monitoring populací křečka polního.

Do poloviny 20. století byl křeček v ČR řazen mezi polní škůdce. Od té doby došlo ve vývoji jeho početnosti ke značným výkyvům. Zhruba v 70. a 80. letech se stává poměrně vzácným. K poklesu přispěly změny v zemědělství, rozvíjející se doprava a osídlování. Důsledkem toho je jeho zařazení do zvláště chráněných druhů do kategorie ohrožený druh. V 90. letech populační hustota opět vzrůstá a v některých nížinách jako je Kolínsko, Královéhradecko, Břeclavsko získává charakter přemnožených populací

(Anděra a Beneš 2001). V současnosti je situace nejasná a proto jsou populace křečka polního sledovány na mnoha místech České republiky.

V květnu 2004 po vstupu České republiky do Evropské unie došlo ke změnám a úpravám zákonů týkajících se ochrany křečka polního. Protože se jedná o tzv. naturový druh, byl vyhláškou č. 395/1992 Ministerstva životního prostředí ze dne 11.června 1992 ve znění vyhlášky č. 175/2006, s platností od 8. května 2006, zařazen nově do kategorie silně ohrožený druh.

V Dodatku II Bernské konvence z roku 1979 o Ochráně Evropské Divoké Fauny a Přírozených Stanovištích je křeček polní uveden jako přísně chráněný druh. V Dodatku IV podle nařízení 92/43/EEC z roku 1992 je také zařazen mezi druhy vyžadující přísnou ochranu (Nechay 2000).

Výzkumy demografie v západních zemích jsou značně omezené nízkým počtem jedinců. Populace u nás jsou přeci jen početnější a jsou dnes považovány za určitý referenční standard, který slouží ke srovnávacím genetickým studiím (Smulders et al. 2003). Výzkum u nás probíhá na mnoha místech, ale i přes vydané úsilí mají naše znalosti o současném výskytu, rozšíření a hustotě populace křečka polního stále značné mezery. Je potřeba aktualizovat současná již nepřesná a přestárlá data. Navíc klesající trend ve výskytu křečka polního stále trvá. Jakékoliv studium v tomto směru je proto nanejvýš potřebné. Vlivem rozsáhlých zásahů do krajiny se velké populace křečka polního mohou rozměňovat do menších skupin, které jsou mnohem více zranitelnější a mají vyšší pravděpodobnost extinkce. Křečkovi neprospívá ani to, že v povědomí mnoha lidí zůstává stále škůdcem (Ulbrich & Kayser 2004).

Terénní práce probíhaly v přírodní populaci křečka polního v Olomouci-Holici. Tato populace je dlouhodobě sledována již od roku 2001. Vybrána byla proto, že je dostatečně početná a plocha je pro výzkum ideální, neboť poskytuje dostatečně pestrou potravní základnu. Moje sledování jsem prováděla v roce 2009. Při studiu prostorové aktivity lze využít několik metod, které se vzájemně doplňují. Metodou CMR neboli metodou zpětného odchyty značkových jedinců do živolovných pastí společně s telemetrickým sledováním získáme potřebná data. Telemetrie je metoda nepřímá, což znamená, že umožňuje pozorovat pohyb jedince bez interakce s člověkem. Je proto velmi vhodná pro studium prostorové aktivity drobných savců. S touto metodou můžeme sledovat mimo jiné i migraci, rozptyl, příčiny mortality a dokonce i pohyb jedince pod zemí. Pro vyhodnocení dat a vytvoření mapových výstupů jsou vhodné specializované programy a GIS metody, které pracují s leteckými snímky studovaných

ploch. V nich lze graficky znázornit data získaná z terénu, dále zjišťovat bodové statistiky či vypočítat velikosti domovských okrsků. Získané mapové výstupy lze využít k vyhodnocení prostorové aktivity jedinců.

Základním požadavkem pro stanovení nezkresleného odhadu domovského okrsku je dostatečný počet lokalizací získaný během poměrně krátkého časového intervalu. Při malém počtu fixů, získaných telemetrickým sledováním, dochází snadno k podhodnocení velikosti. Naopak při vysokém počtu dat sice nedochází ke zkreslení odhadu, ale vynaložená námaha se nevrací ve vyšší kvalitě odhadu.

Z literatury jsou známy odhady domovských okrsků v německých populacích, kde byla zjištěna průměrná velikost domovského okrsku metodou minimálních konvexních polygonů se 100% pravděpodobností výskytu pro samce 1,7 ha a 0,44 ha pro samice (Weinhöld 1998). Ze sledování z roku 2003 a 2004 z lokality PřF UP v Olomouci-Holici jsou průměrné velikosti domovských okrsků vypočteny v průměru na 0,07 ha pro samce a 0,04 ha pro samice (Zifčák 2005). Z výzkumu z roku 2007 jsou již průměrné hodnoty vyšší - 0,58 ha pro samce a 0,22 ha pro samice (Červinková 2008). V porovnání s uvedenou německou studií jsou tyto hodnoty poměrně malé a jsou tudíž podhodnoceny. Důvodem je zřejmě malý počet lokalizací. U sledovaných jedinců jich v roce 2003 a 2004 bylo naměřeno v průměru jen 20-30. V roce 2007 již necelých 50, ale i tak se dle Dolínkové (2008) ukázalo, že jde o nedostačující počet. Z toho důvodu jsem v roce 2009 získala až 80 měření u každého jedince, jde tedy o dvojnásobný počet fixů než roce 2007. Na základě získaných lokalizací byly zjištěny odhady velikosti domovských okrsků, tedy prostorová aktivita každého sledovaného jedince.

2 Cíle práce

Klíčovým parametrem prostorové aktivity je velikost domovského okrsku. Cílem předložené diplomové práce je tedy stanovení velikosti domovského okrsku u vybraných jedinců křečka polního v přírodní populaci v areálu PřF Olomouc-Holice. A nalezení základních parametrů pro nezkreslený odhad domovského okrsku u křečka polního. Primárním parametrem pro nezkreslený odhad je minimální počet lokalizací v průběhu relativně krátkého časového intervalu. K jeho stanovení je nezbytné popsat funkční vztah mezi počtem lokalizací a výsledným odhadem domovského okrsku vypočítaného nejméně 3 metodami. Základním nástrojem analýzy bude datová křivka pro plochu, která bude doplněna nelineární regresí pro teoretický odhad asymptotické velikosti domovského okrsku.

V porovnání s předchozím studiem bude k odhadu domovského okrsku použit dvojnásobný počet fixů, asi 80 lokalizací. Získané hodnoty budou porovnány s dřívějšími odhady.

3 Materiál a metody

3.1 Popis lokality

Výzkum se uskutečnil na pozemku Přírodovědecké fakulty UP v Olomouci-Holici (obr. 1). Toto rovinaté nížinné území leží v nadmořské výšce 250 m.n.m, je řazeno do klimatické oblasti s průměrnou roční teplotou 8,1-9°C a ročním srážkovým úhrnem 500-600mm. Pozemek má rozlohu přibližně 30 ha a je využíván k maloplošnému pěstování plodin většinou pro výzkumné účely. Mozaikovitý vzhled získává protnutím řadou panelových cest.

Sledování jedinci se nejčastěji vyskytovali na poli vojtěšky, obilovin a na travnatých plochách. Tyto porosty nabízejí ideální úkryt před predátory a dostatečné množství potravy (Dolínková 2010).

Vybrané plodiny pěstované na lokalitě:

1. Tolice vojtěška – víceletá bylina z čeledi bobovitých, řazena mezi luštěniny, často pěstována jako pícnina. V areálu vytváří hustý trvalý porost až do výšky 1m, který je asi 2x ročně posekán (v roce 2009 se jednalo o první týden v červnu a třetí týden v srpnu). Pro sledované jedince byla oblíbenou plodinou, hlavně proto, že ve vegetačním období poskytuje dostatečný kryt před predátory.
2. Nízká tráva – travní porost do výšky 0,5 m, sekána několikrát ročně. Na lokalitě se nachází na mnoha místech.
3. Vysoká tráva – porost s výškou zhruba kolem 1 m. Hlavní výskyt je na polích, které byly ponechány ladem. Sekána velice málo nebo vůbec. Na těchto plochách byl nerovnoměrný výskyt heřmánku, smetánky lékařské, kokošky pastuší tobolky, různých lučnick květin, plevelů atd.
4. Zelenina – jednoleté rostliny. Na lokalitě je mnoho druhů z různých čeledí. Jako příklad lze uvést např. hlávkové zelí, rajče keříčkové, cibule kuchyňská, pór pravý, mrkev obecná, květák obecný, hrách setý či špenát setý.
5. Obilniny – jednoleté nebo víceleté byliny z čeledi lipnicovité. Nejčastěji jde o ječmen a pšenici.
6. Hořčice setá – patří do čeledi brukvovité, jednoletá bylina. Pěstovaná jako olejnina a pochutina.
7. Léčivky – několik druhů hlavně z čeledi hluchavkovité. V areálu tvoří pravidelné trsy. Např. máta peprná, levandule či mateřídouška.

8. Rododendrony – pěstované soukromou zahradnickou firmou v květináčích uspořádaných těsně vedle sebe.

Dále se na lokalitě pěstují okrasné květiny. Je zde i menší ovocný sad s jabloněmi, které dosahují výšky maximálně 3 m. Větší plochu zaujímají skleníky, které patří soukromým firmám. Zhruba dalších 6 ha má v pronájmu Státní rostlinolékařská správa, která zde pěstuje již zmíněnou zeleninu. Na různých druzích (rajče keříčkové, pór pravý, špenát setý, hrách setý atd.) testují působení parazitů, houbových chorob, plísní nebo plevele. Neopomenutelnou součástí areálu jsou i plochy bez vegetace. Tyto plochy společně s nízkou trávou jsou pro křečka polního naprosto nevhodné. Neposkytují mu dostatek potravy a dostatečný kryt před predátory.

Při srovnání s literaturou (Grulich 1977) kdy autor vymezuje areál osídlení křečkem polním podle různých hledisek (průměrné teploty, srážkového úhrnu atd.) je námi vybraná lokalita z klimatického hlediska velmi vhodná.



Obrázek 3. Letecký snímek studované plochy v Olomouci-Holici

3.2 Biologie křečka polního

Hlavním předmětem výzkumu je křeček polní. Jde o významný chráněný druh hlodavce, který je na dané lokalitě hojný a vhodný z hlediska své velikosti pro použití radiotelemetrických metod.

Křeček polní (*Cricetus cricetus* Linnaeus, 1758) se řadí do řádu Rodentia (hlodavci), čeledi Cricetidae (křečkovití). Je to zavalitý drobný savec s krátkými končetinami. Má středně velké zakulacené uši. Jeho váha je 200–1000 g v závislosti na pohlaví. Samci váží obvykle 300–800 g, samice jsou menší, váží okolo 250–600 g. Délka těla je 200–250 mm, řídce osrstěný ocas měří asi 40–60 mm (Nechay 2000, Weinhold 2008). Mezi našimi hlodavci je křeček polní nápadný svým pestrým zbarvením, je trojbarevný. Hřbet bývá žlutohnědý až rezavě hnědé zbarvení s načernalými konci delších chlupů. Břicho je tmavě hnědé až černé. Svrchní část hlavy je rezavá, na tváři po stranách, za ušima a na čenichu má bílé nebo nažloutlé skvrny. Ty jsou i na předních končetinách. Chodidlo je osrstěné pouze po patu. K výměně husté srsti dochází jednou za rok. U samců v době rozmnožování jsou nápadné boční žlázy, které produkují maz. Mazová žláza se vyskytuje i uprostřed břicha jednice. (Anděra a Horáček 2005, Korbel a Krejča 2001, Weinhold 1998).

Křeček polní je individualista s nesaňenlivou povahou. S dalšími jedinci druhu se většinou nesnese a chová se k nim nepřátelsky. Výjimka je období páření. Je to hlodavec s noční aktivitou s vrcholem při soumraku a před rozedněním. S koncem vegetační doby, kdy se zkracuje světlá část dne a klesají noční teploty, je křeček aktivní i ve dne. Při odchycení nebo vyrušení se vztyčí na zadní končetiny, vztekle prská a nafukuje lícní torby (Anděra a Horáček 2005, Zejda et al. 2000).

Křeček polní se živí zejména zelenými částmi vegetace (různé druhy trav, smetánka lékařská, jetel, vojtěška, řepka). Velkou část potravy tvoří i zelenina (hrášek, cukrová řepa, kukuřice, brambory, mrkev, špenát, okurky, dýně či salát a semeny) a obiloviny (pšenice, žito, ječmen, oves). Dále pak semeny, bobulemi z keřů a stromů, kořeny či různými druhy divokých bylin. Až 13% potravy může tvořit strava živočišná, na jaře bývá podíl této složky větší. Mohou to být plži, žížaly, larvy brouků, hmyz, žáby, mláďata ptáků či hraboši. Dokonce byl u křečka polního prokázán i kanibalismus. Ten může být způsoben vyšší populační hustotou jedinců (Weinhold 2008).

Preference potravy závisí na věku, pohlaví, vitalitě jedince a také na ročním období. V průběhu roku se mění dostupnost a množství potravy. Proto dochází k sezónním

změnám ve složení potravy. Rozdíly nalezneme u jedinců různého stáří i mezi samicemi a samci. Starší jedinci preferují čerstvé zelené části rostlin a kořeny, mladší jedinci naopak více semen a bobulí a méně zeleně. Samice vyhledávají zejména kořeny a semena a jejich potrava není tak pestrá jako u samců (Hufnagl 2009).

Křeček polní je schopen si vytvořit velké množství zásob potravy. V rozšiřitelných lících torbách, které sahají až k lopatkám, si zanáší potravu do nor. Najednou pojme křeček až 50 g potravy (Anděra a Horáček 2005). Denní spotřeba potravy jednoho jedince je v období bdělosti 50-70 g (Zejda et al. 2000). Za potravou může podnikat i delší cesty. Konzumuje ji schovaný přímo v noře, čímž předchází velkému nebezpečí hrozícímu mu venku (predace). Vytváření zásob je typické před hibernací. Nahromaděná potrava slouží k přežití během zimy (Hufnagl 2009). Zásoby za optimálních podmínek dosahují až 15 kg (Korbel a Krejča 2001). Průměr ovšem bývá kolem 2-3 kg (Seluga a Stubbe 1997).

V průběhu května až srpna mívá samice v běžných podmínkách 2–3 vrhy s 5–9 mlád'aty. Někteří autoři uvádí až 12 mlád'at v jednom vrhu. Samice narozené na začátku jara dospívají za 2,5 měsíce a mohou mít mladé ještě tentýž rok. Za příznivých podmínek je tedy populace křečka polního schopna obdivuhodné populační dynamiky (až 30 mlád'at na jednu samici). V současnosti jsou počty narozených mlád'at bohužel celkově menší, průměrný počet narozených mlád'at u jedné samice křečka je pouze 5 za léto. Březost trvá 17–20 dní. Čerstvě narozená mlád'ata váží okolo 5 g, jsou holá, slepá a hluchá. Oči a uši se jim otvírají jakmile dosáhnou stáří 2 týdnů. V tuto dobu také poprvé opouštějí hnízdo. Dospělosti dosáhnou za 8-10 týdnů. (Gulich 1986, Weinhold 2008, Zejda et al. 2000).

Křeček polní žije samotářsky v norách jejichž stavba je složitá. Základem nory je hnízdní komora vystlaná trávou či listím, která slouží k odpočinku a k zimním spánku. Patří k ní dále zásobárny, záchody a velké množství chodeb a východů. V zásobních komorách si křečci hromadí potravu na zimu. Východy z nory ucpávají na zimu zeminou či trusem. Nory dosahují průměru 4-10 cm a sahají až do hloubky 2 m v závislosti na půdních podmínkách. Křeček polní potřebuje ke svému životu půdy hlubší než 100 cm s hladinou spodní vody více než 120 cm. Nemůže trvale obývat mělké půdy do 100 cm se skalnatým podložím (Gulich 1977).

Složitost norového systému a velikost nor je závislá na velikosti, pohlaví a stáří jedinců. Starší jedinci mají nory složitější a hlubší. Naopak pro mladší jedince jsou typické mělké a méně složité nory. Z hlediska pohlaví bývají nory samic složitější.

Křeček si staví 2 typy nor. Zimní nory, které jsou využívány v období září/říjen až duben/květen. Jsou hlubší, mnohem strukturovanější a jsou určeny k ukládání zásob a hibernaci. Letní nory jsou používány od jara až do podzimu a slouží k reprodukci a k úkrytu (Monecke 2004, Weinhold 2008).

Umístění nor závisí na populační hustotě. Při nižších hodnotách jsou rozmístěny ve shlucích a vytváří tak kolonii. Při vyšších hodnotách jsou nory rozmístěny rovnoměrně po pozemku (Zejda et al. 2000).

Křeček polní si před zimou vytváří potravinové zásoby. K přežití využívá strategii, kterou nazýváme zimní spánek neboli hibernace. Je to klidový stav během zimy, tedy alternativní prevence hladovění v době nedostatku potravy a nízkých teplot. Hibernace je spojena s celkovým ochlazováním prostředí, ale hlavním vnějším faktorem, který ji vyvolává, je zkracování světelné části dne. To vede k fyziologickým a morfologickým změnám jedinců. Ti nejprve zvyšují příjem potravy, poté dochází k poklesu teploty těla, dýchání a tlaku krve, ale naopak se zvyšuje zásoba tuku (Gaisler a Zima 2007). Spánek není nepřetržitý, křeček se pravidelně budí v intervalech 1-5 dnů. Patří tedy mezi tzv. občasné hibernátory. Zkonzumuje část svých zásob, samci otevrou svou noru, aby vyměnili vzduch a získali nové množství kyslíku na dýchání. (Zejda et al 2000). Některé výzkumy ukazují, že 93,4 % času jsou jedinci v typické poloze bez hnutí, necelých 7 % času tráví aktivním pohybem (péče o srst, úprava podestýlky) a jen 1,5 % využijí na doplnění zásob a průzkum okolí (Torke a Twente 1977 in Hříbková 2006). Délka trvání hibernace je podmíněna mnoha faktory. Většinou trvá od září do března podle geografie a klimatu (Weinhold 1998).

Zima je kritickým obdobím spojeným s nedostatkem potravy nejen pro velké množství organismů, ale i pro křečka. Nejlepší podmínky pro přežití mají jedinci z dostatečným množstvím zásob, které si stačili udělat během sklizně. Samice odstavující svá mláďata v září či říjnu si nestačí udělat dostatek zásob na zimu. Proto se ukládání k zimnímu spánku může protáhnout na 40-80 dní (Zejda et al. 2000).

Křeček polní se za optimálních podmínek dožívá 3-4 let. Délka života je ovlivněna mnoha faktory. V přírodních populacích, kde působí více těchto faktorů, je proto samozřejmě kratší. Příčiny klesající průměrné délky života u křečků jsou nejasné. Během hibernace dochází k nejvyššímu procentu (39%) úmrtnosti. Těsně za hibernací s 38 % je predace. 15% mortalitu způsobují nemoci (záněty uší, ledvin, střev) a na polní sklizeň (žně) připadá až 8 %. Minimální ztráty působí i doprava (Weinhold 1998).

Malé množství zásob, stáří, nemoci či záplavy nor jsou hlavními faktory úhynu jedinců během hibernace. Významným činitelem je i klima. Tuhé zimy zvyšují úmrtnost oproti zimám mírným (Weinhold 1998). Nejvyšší predace bývá počátkem jara a po sklizních, kdy jsou křečci nedostatečně kryti před predátory. Mezi hlavní predátory patří např. liška obecná, lasice, hranostaj, kuna lesní, ale i ptáci např. káně lesní, luňák červený nebo sokol. U nás jsou nejčastějšími predátory domácí kočky a psi (Bihari et al. 2004, Weinhold 2008). V nejhroších případech může predace způsobit lokální vymření těch populací, které jsou malé či mají malou hustotu. I člověk se podílí na predaci. V některých zemích na východě jsou křečci dodnes vybíjeni pro kožešnický průmysl (Maďarsko). Jedná se ovšem o zanedbatelnou příčinu mortality, protože ve většině zemí je křeček polní pod zákonnou ochranou a jeho vybíjení je zakázáno (Stubbe 1998). V neposlední řadě má na mortalitu vliv i zemědělství. Souvisí to s velké části s modernizací zemědělských technologií např. různá agrotechnická opatření, zvýšený podíl hnojiv a používání pesticidů. Dalším faktorem je změna v potravinové nabídce, která je kvůli pěstování monokultur značně redukována (Monecke 2004).

3.3 Rozšíření a populační dynamika

Původní těžišť areálu křečka polního byly jen vlhčí stepní a lesostepní formace. Jelikož je ale přizpůsoben k životu v bezlesé krajině, tak s rozvojem zemědělství a se snižováním rozlohy lesů se křeček rozšířil i do oblastí předtím pro něj nevhodných (Anděra a Beneš 2001). V současnosti obývá hlavně kulturní krajiny. Typickým místem výskytu jsou odlesněná území a odvodněné plochy. Zejména polní krajiny (Nechay 2000). Dále se může objevit i v zahradách a sadech. V případě, že dojde k jeho přemnožení, tak často přichází i do blízkosti hospodářských objektů a lidských sídel (Anděra a Horáček 2005). Vysoké polohy, zalesněné oblasti či místa s vysokými srážkami či stálou vlhkostí půdy také nejsou osídlovány (Monecke 2004, Weinhold 1998). Vyhýbá se také stanovištím, kde dochází k častému zásahu člověka, např. hlubokou orbou. Křeček polní obsazuje převážně těžší hlinité, jílovito-hlinité, hlinito-jílovité a jílovito-písčité půdy. Lehčí hlinito-písčité půdy jsou osídlovány převážně jen na styku s těžšími půdami. Zcela nevhodné jsou půdy mělké se skalnatým podložím (Anděra a Beneš 2001).

V nejteplejších oblastech České Republiky můžeme nalézt největší populace křečka polního. Nelze však říci, že klimatické podmínky jednoznačně ovlivňují jeho rozšíření. Na našem území se nejvíce vyskytuje v nižších nadmořských výškách, tedy v nížinách (100-300 m n. m.). Ve středních nadmořských výškách, pahorkatinách (300-400 m n. m.) je areál křečka polního ostrůvkovitý. V podhůřích (400-500 m.n.m.) jsou jen ojedinělé, plošně ohraničené ostrůvky a v polohách nad 500 m.n.m. je výskyt výjimečný. Vyskytuje se v oblastech s nejmenšími úhrny srážek a nejkratší dobou trvání sněhové pokrývky (Grulich 1977).

Areál rozšíření křečka polního pokrývá velkou část Evropy a Asie. Obývá tedy území severovýchodní části Francie, východní Belgie a Holandska. Ve střední Evropě je výskyt ohraničen na jihu Alpami a na severu Baltským mořem. Dále se vyskytuje v lesostepích, stepích a polopouštích Ruska až po řeku Jenisej na východě a severozápadní provincie Číny na jihu (Anděra a Horáček 2005). Jeho hlavní výskyt v České republice leží v prostoru od Podkrušnohoří přes střední a východní Čechy po Moravu. Zasahuje i do jihozápadních a jižních Čech, kde tvoří součást jižní hranice celoevropského areálu rozšíření (Anděra a Beneš 2001).

Reprodukční potenciál křečka polního je velký. Je podmíněn krátkým obdobím březosti, která se často překrývá s laktací a za dobrých podmínek i krátkou dobou dosažení pohlavní dospělosti samců a samic. Dále velkým počtem mláďat, poměrně nízkou úmrtností a na příhodných stanovištích i absencí predátorů (Grulich 1986).

Populační dynamika je závislá na několika faktorech. Jde např. o klimatické podmínky, predační tlak, migraci, množství uskladněných zásob, také zaleží samozřejmě na vitalitě jedinců a jejich reprodukční schopnosti (Weihold 2008). Kvalita stanoviště také do značné míry ovlivňuje populační dynamiku. Populační hustota je vyšší jsou-li nory v plodinách sklízejících se později. Naopak je nižší, mají-li křečci nory v plodinách, které se sklízejí dříve. Velkou roli v tomto případě hraje i vztah mezi mortalitou a natalitou (Zejda et al. 2000, Monecke 2004).

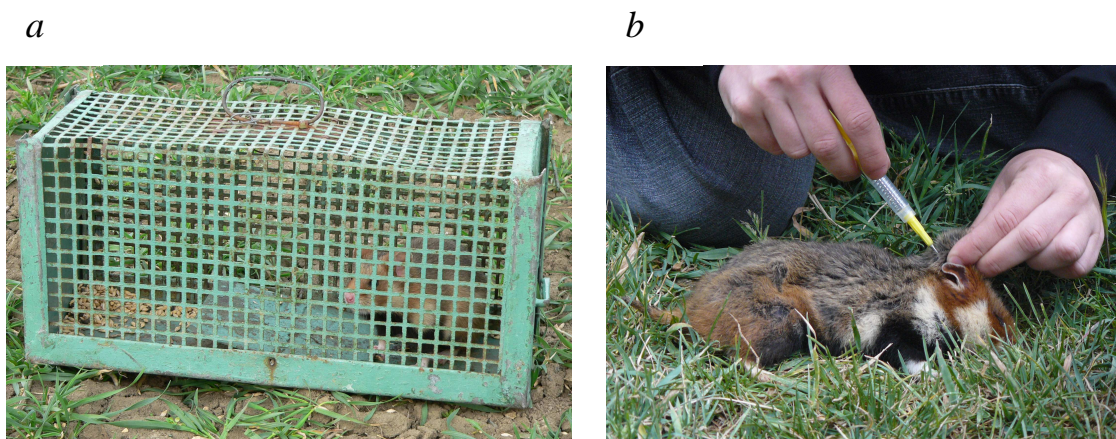
Křeček polní se vyznačuje sociální organizací teritoriálního typu. Jedinci si aktivně brání svá území před ostatními. Dochází k přímým interakcím mezi zvířaty a vzniká rovněž velká asymetrie v účincích kompetice na různé jedince. Jedinci vlastníci teritoria jsou jen málo postiženi, zatímco křečci bez teritorií jsou odsouzeni ke strádání či smrti. Tyto účinky na mortalitu ovlivňují charakter negativní zpětné vazby, která reguluje populační velikost a tím i dynamické chování populace (Begon et al. 2006).

Před několika desetiletími ještě docházelo v zemědělských oblastech k přemnožení křečka polního. V několika posledních letech je však spíš na ústupu. V západní a střední Evropě se jeho počet tak zredukoval, že zde byl vzat pod zákonnou ochranu (Nechay 2000). Velký negativní vliv na hustotu populace křečka polního má již několikrát zmiňované zemědělství (změny biotopů, modernizace agrotechnologie či používání pesticidů). Významný negativní dopad na populační dynamiku mají i rozsáhlé zásahy do krajiny (stavby budov, silnic a dálnic apod.). Způsobují, že se velké populace křečka polního mohou rozměňovat do menších skupin, vytvářejí se tzv. izolované populace. Ty jsou mnohem více zranitelnější a mají vyšší pravděpodobnost extinkce (Stubbe 1998, Ulbrich & Kayser 2004).

3.4 Odchyťová metoda

Odchyťová metoda neboli metoda capture-mark-recapture, (CMR) využívá zpětného odchyty značkováného jedince do tzv. živolovných pastí. Používá se hlavně k určování různých populačních parametrů jako je velikost populace, míra přežívání, věková struktura dané populace. A dále se dá využít např. k určení velikosti domovského okrsku u jednotlivých jedinců, pro prostorovou distribuci domovských okrsků a jejich využití. Tato metoda je základem pro telemetrické sledování.

Použité živolovné pasti o rozměrech 18x16x40 cm jsou vyrobeny z kovu, vchod mají na obou stranách a pracují na principu nášlapné destičky. Vždy večer byly pasti



Obrázek 2. (a) Křeček polní chycený v živolovné pasti. (b) Označení nově odchyteného jedince čipem.

umístěny ke vhodům vybraných nor, jako návnada bylo použito zrní nebo ovesné vločky. Poté co jedinec vstoupil do klece (obr. 2a), sešlápnul pohyblivou plochu, tím došlo k uvolnění pojistky držící otevřená dvířka a ty se zavřely. Past tedy nemůže křečkovi nijak ublížit. Další den brzy ráno byly klece zkontrolovány. Jedinec je tak chycen po poměrně krátkou dobu a není tolik stresován. Chycený křeček byl umístěn do skleněné nádoby a pomocí látky napuštěné éterem byl uspán. Poté bylo jedince možné vyjmout a zjistit čtečkou jeho identifikační číslo. Nově odchycení jedinci byli označeni čipem (obr. 2b), který se aplikuje pod kůži na krku, kousek za ušima. Byly použity čipy značky Planet ID, které jsou určeny pro psy, kočky, hlodavce, koně, osly atd. Dále je potřeba chyceného křečka zvážit, změřit, určit pohlaví, reprodukční kondici a přibližné staří. Poté byl opět vypuštěn na stejném místě.

První odchyt se uskutečnil 12. května 2009, kdy bylo chyceno 12 jedinců a z toho 7 bylo označeno vysílačkou (obr. 3). Vysílačky se připevňují křečkovi na krk pomocí nastavitelného obojku. Z těchto sedmi označených jedinců se jeden samec hned na začátku ztratil a další 3 jedinci po měsíci sledování v průběhu 12.6 – 15.6 uhynuli. Proto se přistoupilo k dalšímu odchytu. Ten se uskutečnil 24.6.2009 a pro další sledování z něj byli vybráni 3 jedinci. Celkem tedy bylo vybráno 7 jedinců. Jejich výběr byl ovlivněn hlavně stářím, pohlavním a reprodukční aktivitou.



Obrázek 3. Křeček polní označený vysílačkou u nory.

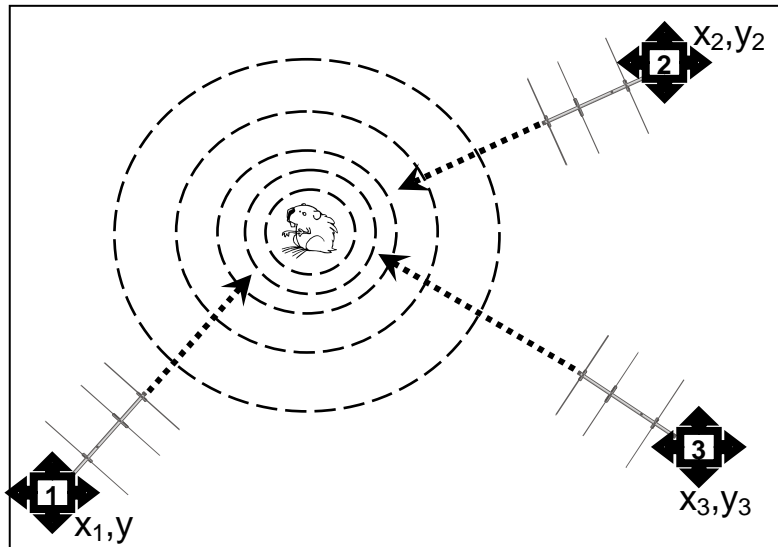
3.5 Telemetrie a lokalizace jedince

Jelikož přímé metody jsou pro sledování prostorové aktivity drobných savců s noční aktivitou téměř nepoužitelné, je proto potřeba použít metod nepřímých. Pro zjištění prostorové aktivity jedince je vhodná radiotelemetrie. Je to způsob měření na dálku bez interakce s člověkem. Tato metoda nám nabízí více možností než jen studium prostorové aktivity, dále je vhodná při studiu migrace, rozptylu či příčin mortality. Určení velikosti domovského okrsku a prostorového chování pomocí této metody je přesnější než u odchytu do živolovných pastí. Telemetrie umožňuje sledovat i pohyb pod zemí.

Nevýhodou této metody je, že může nežádoucně působit na sledované jedince. Může způsobovat stres, ovlivňovat fyzické vlastnosti jako je ztráta váhy, zpomalení růstu a také může omezovat pohyb. Proto je třeba minimalizovat dobu pozorování. Zmenší se tím i možnost ztráty vysílačky, odběhnutí nebo predace sledovaného jedince. Dále je telemetrie poměrně finančně nákladná a časově náročná. Tyto dvě negativa rostou se zvyšujícím se počtem sledovaných jedinců.

Odhad místa výskytu zvířete je založen na metodě triangulace, tedy na protínání úhlů ze směrů. Na dvou, nejlépe třech stanovištích se známou polohou provedeme měření. Pomocí směrové antény a receiveru najdeme směr odkud jde nejsilnější signál a busolou změříme azimut. Protnutím všech tří směrů získáme lokalizaci jedince tzv. fix, což je aktuální poloha sledovaného objektu v terénu (obr. 4). V případě, že telemetrické měření provádí jen jedna osoba nebo je možné použití jen jedné antény a přijímače, tak je realizace měření ze všech tří stanovišť ve stejný okamžik neuskutečnitelná. Je proto potřeba je provést postupně. Při přemísťování měřitele z jednoho stanoviště na druhé dochází k časové prodlevě, v níž sledovaný jedinec také může změnit pozici, a získáme tak nepřesnou lokalizaci. Při tomto měření je tedy třeba eliminovat časové prodlevy na minimum, aby byly výsledky velikosti domovského okrsku a trasy pohybu co nejpřesnější (De Solla et al. 1999).

Svůj vlastní výzkum jsem prováděla od května do srpna (13.5 – 20.8) v roce 2009 v intervalu 3krát týdně. Vždy mezi 18:00 – 22:00, což je nejlepší čas pro sledování živočichů se soumrakem a noční aktivitou. U všech vybraných jedinců jsem provedla až 80 měření. Výjimkou je křeček 3, u kterého po 62. měření došlo ke ztrátě signálu jeho vysílačky. Časové intervaly mezi jednotlivými měřeními vykonanými v jeden den byly



Obrázek 4. Princip triangulační metody ze 3 stanovišť se známou polohou. Z každého stanoviště zapíšeme příslušný azimut. Spojením všech tří úhlů získáme fix (lokalizace jedince).

15-20 minut. Telemetrické sledování probíhalo poměrně dlouho a to z důvodu úhynu jedinců a jiných komplikací.

Vysílačkami tedy bylo označeno celkem 7 jedinců, 6 samců a 1 samice (tab. 1). Původní záměr byl sledovat stejný počet samců a samic, aby ve výsledcích byly vidět rozdíly dané pohlavím. Ovšem do pastí se nám chytali většinou samci, a když byla odchycena samice, musela být vypuštěna, protože byla březí.

Hned na počátku terénní práce bohužel došlo ke ztrátě jednoho jedince (křeček 6 – samec, 490 g, 26,5 cm, frekvence 151.024). Důvodem ztráty asi byla nefunkční vysílačka. Vůbec se mi, po nasazení vysílačky na jedince, nepodařilo zachytit její signál. Křeček 1 (samec, 630 g, 26 cm, frekvence 151.044) a křeček 3 (samec, 450 g, 24 cm) s frekvencí 151.184 byli naopak po celou dobu měření bezproblémoví. Pouze po sekání vojtěšky se přemístili do jiné nory. Sledovaná samice (křeček 2) s frekvencí 151.131 (350 g, 22 cm) vydržela pouze do 62. měření a poté došlo ke ztrátě signálu. Zřejmě došlo opět k poškození vysílačky.

Další problém nastal hned po prvním červnovém týdnu, kdy došlo k posekání vojtěšky. Z tohoto důvodu jsem přišla dokonce o tři jedince (2 samci a 1 samice), u každého z nich jsem měla již 30 měření. Jednoho samce zřejmě napadl nějaký dravec a jeho vysílačka byla nalezena u kompostu v zadní části areálu. Zbylé 2 vysílačky byly na základě vydávajícího signálu dohledány ve vojtěšce. Jelikož jsem uprostřed výzkumu o

velký počet jedinců a počet jejich měření nebyl dostačující, proto jsem koncem června přistoupila k dalšímu odchytu jedinců a jejich telemetrickému sledování.

Křeček 4 s frekvencí 151.073 (samec, 570 g, 25,5 cm) a křeček 5 s frekvencí 151.163 (samec, 500 g, 24,5 cm) na druhý pokus vydrželi až do konce, získali jsme u nich tedy až 80 měření. U nově sledovaného křečka 7 (samec, 460 g, 23,5 cm) s frekvencí 151.062 se mi podařilo získat jen 18 měření, poté došlo k usmrcení jedince kunou lesní. Predace je v těchto místech velmi častá.

Všichni sledovaní jedinci s kterými jsem pracovala byli odchyceni v poli s vojtěškou. Na této ploše se vyskytuje nejvíce aktivních nor v areálu. Ovšem ne všichni sledovaní jedinci měli ve vojtěšce domovskou noru. Tato plodina poskytuje dobrý úkryt a dostatek potravy proto je u křečků velmi oblíbená.

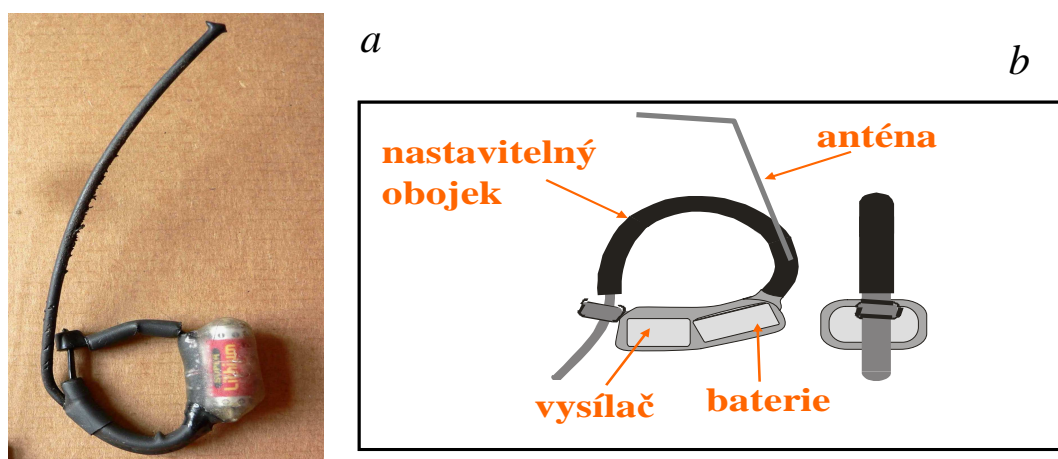
Tabulka 1. Charakteristika telemetricky sledovaných jedinců křečka polního v Olomouci-Holici.

	frekvence	pohlaví	hmotnost (g)	délka těla (cm)	doba sledování	počet měření
Křeček 1	151.044	samec	630	26	13.5.-28.7.	71
Křeček 2	151.131	samice	350	22	13.5.-22.7.	62
Křeček 3	151.184	samec	450	24	13.5.-28.7.	69
Křeček 4	151.073	samec	570	25,5	25.6.-20.8.	78
Křeček 5	151.163	samec	500	24,5	25.6.-20.8.	80
Křeček 6	151.024	samec	490	26	od 13.5.	0
Křeček 7	151.062	samec	460	23,5	25.6.-13.7.	18

3.6 Technické vybavení pro telemetrii

K telemetrickému sledování jedinců byly použity vysílačky (transmitery) s označením TW-3 cable a TW-4 cable (obr. 5) od britské firmy Biotrack. Pracují na frekvencích 150-152 MHz., hmotnost a životnost vysílačů závisí na baterii, kterou použijeme. Vysílačka TW-3 cable s baterií typu 10-28 má 18 g a její životnost je téměř 10 měsíců, TW-4 cable s baterií Ag357 má menší hmotnost, tedy jen 7,5g, ale životnost je téměř stejná (9,8 měsíců). Hmotnost vysílačky by neměla přesahovat 10 % hmotnosti jedince, proto jsou tyto vysílačky pro telemetrické sledování drobných savců velmi vhodné. Nedochozí tak k přílišnému stresu nebo omezení pohybu sledovaného jedince. Výrobce uvádí dosah vysílaček 3–6 km a 0,5-1,2 km nad zemí a při sledování pohybu pod zemí 20-100 m. Podle mého názoru je však dosah menší. U obou typů vysílaček je uvnitř umístěn vysílač, který vysílá signál v intenzitě 43 pulsů za minutu a na povrchu je anténa s délkou okolo 10 cm (Zifčák 2005).

Signál byl zachycen pomocí nového přijímače (receivru) SIKA (obr. 6) taktéž od britské firmy Biotrack. U tohoto přijímače je nastavitelná frekvence a intenzita signálu. Pro určení směru signálu vysílačky a určení přibližné polohy sledovaného jedince byla využita nová tříprvková anténa (obr. 7). K bližšímu dohledání polohy zvířete se používá GS anténní sonda (ground-search antenna). Při terénní práci pro bakalářskou práci jsem používala přijímač RX-98 od švédské firmy Televitl a čtyřprvkovou anténu typu Yagi. Při srovnání novějšího a staršího přijímače dojdeme k tomu, že nové přístroje mají lepší funkce a usnadní nám měření v terénu. Přijímač SIKA je citlivější, přesnější, baterie

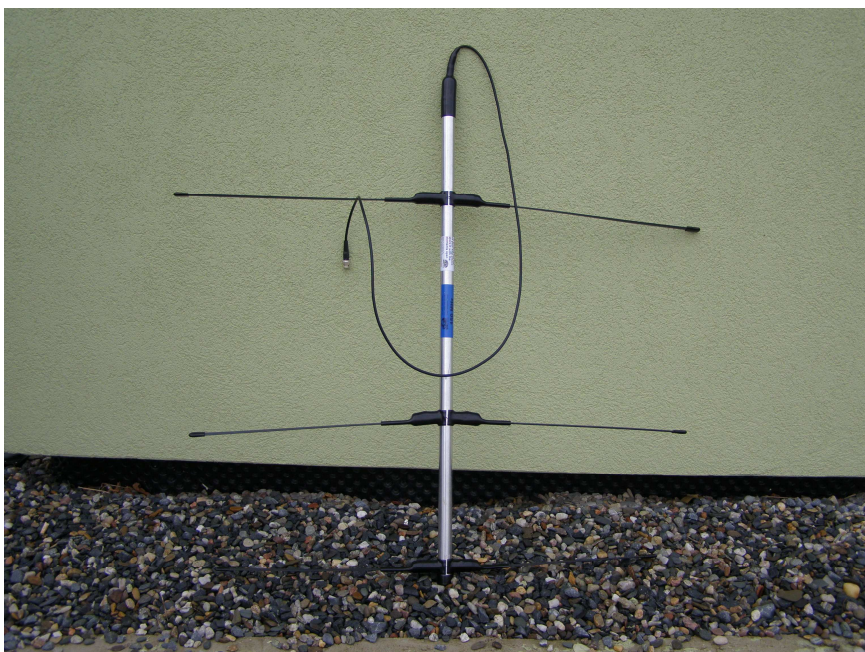


Obrázek 5. (a) Vysílačka TW-4 cable použitá ke sledování křečka polního. (b) Schematické znázornění vysílačky a jejího příslušenství. Vysílačka se připevňuje ke zvířeti pomocí nastavitelného obojku. Vysílaný signál je zesílen pomocí antény.

vydrží déle a také umožňuje rychlejší zaměření signálu a tím se minimalizují chyby v měření. Naopak je však tento přístroj větší, těžší a má složitější ovládání. Přijímač RX-98 je menší, jednodušší na ovládání, ale příjem signálu není tak kvalitní.



Obrázek 6. Ukázka přijímače.



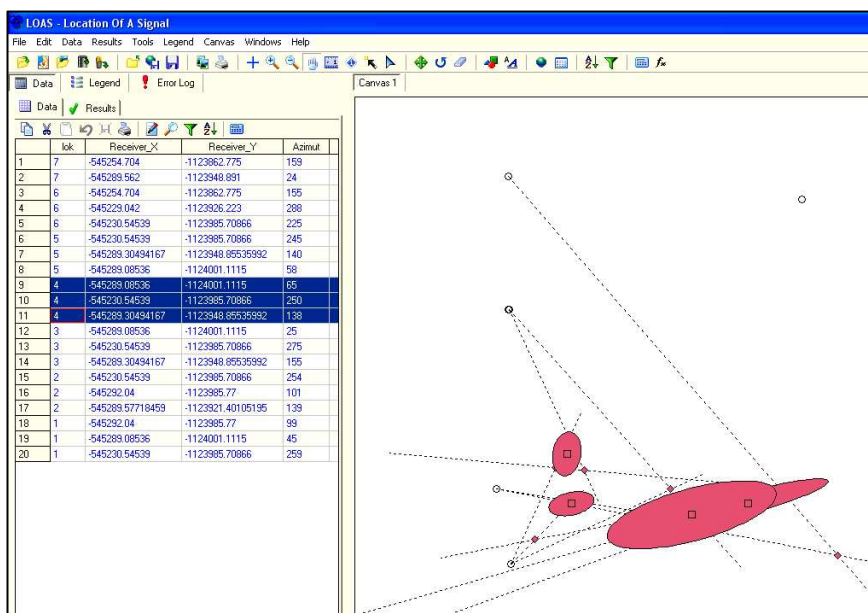
Obrázek 7. Ukázka antény.

3.7 Analýza telemetrických dat

3.7.1 Programové prostředky

Data získaná v terénu je třeba kvantitativně zpracovat. V současnosti máme větší možnosti než dříve, pro naše potřeby můžeme využít řadu metod z prostředí GIS. Ty nám umožní během krátkého času zobrazit terénní data mapovými a tabulkovými výstupy, které lze posléze aplikovat při počítačovém vyhodnocování aktivity jedinců. Prvním krokem je zpracování získaných dat v programu Excel, jako další jsem použila program ArcView GIS 3.2 a programy Loas, Biotas a program R.

Program Loas umožňuje primární zpracování radiotelemetrických dat. Data se do něj vkládají ve formě tabulek, které musí obsahovat základní 4 pole. Jsou to čísla skupiny měření, souřadnice x a y stanoviště měření a úhel měření. Po zadání dat dokáže program odhadnout výslednou polohu jedince a chybové elipsy (obr. 8). Dále můžeme pomocí programu Loas vyhodnotit např. úhlovou chybu mezi měřením a odhadnutou lokalizací, plochu chybové elipsy, vzdálenost místa měření od odhadnuté lokalizace, varianci a kovarianci koordinát x a y , atd.. Systém podporuje práci s vrstvami ArcView shape files (*.shp), MapInfo (*.mpf), Data Interchange (*.dxf) a databázovými soubory dBase (*.dbf), Microsoft Access (*.mdb), Excel (*.xls) (Zifčák 2005).



Obrázek 8. Ukázka mapového výstupu v programu Loas.

Software Biotas navazuje na program Loas. Dále analyzuje data ze získaných lokalizací. Umožňuje nám vytvoření specifických domovských okrsků, dokáže znázornit pohyb zvířete, zjistit potravní preference, odhadnout změny v chování jedince atd. Podporuje práci se stejnými vrstvami a soubory jako program Loas.

ArcView GIS 3.2 od společnosti Environmental Systems Research Institute (ESRI) je stolní geografický informační systém (GIS), který využívá grafické rozhraní. Slouží k získávání, analyzování a výměně geografických informací (Computer Press 1999). Výsledky můžeme zobrazit do mapových výstupů, grafů nebo tabulek. Program je založen na architektuře klient-server a je schopný pracovat s daty ve formátech .SHP, .DGN, .DXF, .INFO, .BMP, .dBASE, atd.. ArcView GIS je základní balík, který lze dále rozšiřovat o různé extenze (Zifčák 2005).

Program R se využívá při statistických analýzách. Má mnoho funkcí, např. podle t-testu lze vyjádřit závislost hmotnosti jedinců na pohlaví atd. K vytvoření datové křivky pro plochu a jejímu následnému doplnění nelineární regresí pro teoretický odhad asymptotické velikosti domovského okrsku je vhodné použít funkci nls. Výpočet 95% mezí spolehlivosti asymptotické velikosti domovského okrsku umožňuje funkce confint.

3.7.2 Měření přesnosti lokalizace

Chyba lokalizace závisí jak na telemetrických přístrojích, tak na přesnosti jednotlivých měření. U přístroje se jedná o stálou odchylku a patří mezi vlastnosti použitého zařízení (Nams a Boutin 1991). U jednotlivých měření je chyba ovlivnitelná a my se vždy musíme snažit minimalizovat časové prodlevy a udržet tím chybu lokalizace v určitých mezích. Pokud telemetrické měření provádí jen jedna osoba nebo je možné použití jen jedné antény, dochází při přemísťování z jednoho stanoviště na druhé k časové prodlevě v níž sledovaný jedinec také může změnit pozici a získáme tak nepřesné měření (Schmutz a White 1990).

Odhadem velikosti chyby lokalizace se zabývali vědci už v 60. letech (Heezen a Tester 1967). V současnosti máme pro jejich určení 2 typy metod, plošné a délkové. Plošné metody zobrazí plochu kolem odhadnuté lokalizace bodu (fixu), která pokrývá skutečnou pozici přijímače s danou pravděpodobností. Délkové metody odhadují chybu vzdálenosti, která s danou pravděpodobností bude větší nebo rovna Euklidovské vzdálenosti (ED) mezi odhadem (\hat{x}, \hat{y}) a skutečnou radio-lokalizací (x, y) . Což tedy

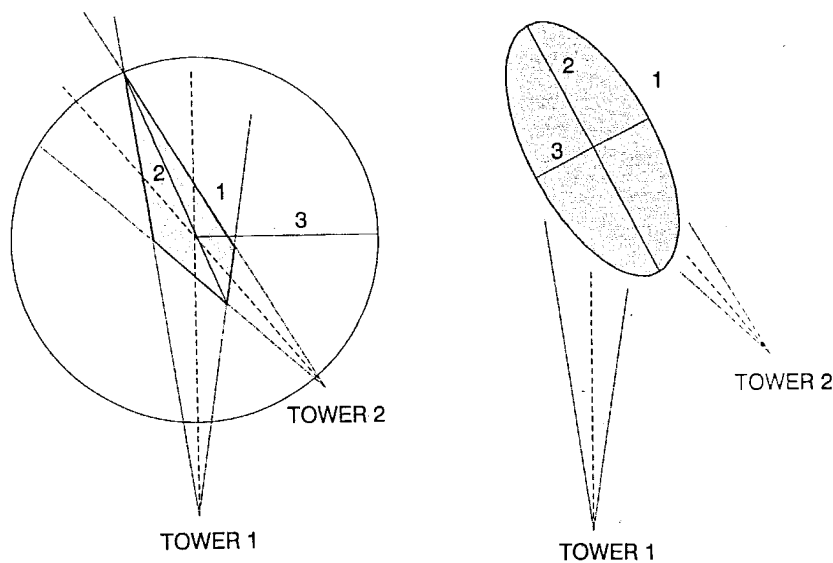
znamená toto: $ED = \sqrt{[(\hat{x} - x)^2 + (\hat{y} - y)^2]}$. Prvně uvedené plošné metody se používají při výzkumu využití daného území, protože poskytují pravděpodobnost výskytu jedince na ploše. Naopak délkové metody lze využít pro odhad vzdálenosti mezi přemístěním, zjištění rychlosti pohybu jedince nebo při odhadu velikosti jeho domovského okrsku (Saltz a White 1990).

Nyní můžeme pro určení odhadu velikosti chyby lokalizace použít některou z následujících 4 metod: ad hoc metoda, metoda chybového trojúhelníku, technika chybového polygonu a metoda chybové elipsy.

U metody ad hoc (ad hoc method) je lokalizace bodu (fix) odhadnuta uprostřed průsečíků několika měření. Čím blíže u sebe se průsečíky měření protnou, tím můžeme považovat lokalizaci za přesnější. Metoda se běžně používá, protože je jednoduchá. Jako negativum techniky lze označit její nepřesnost a poměrně silnou subjektivitu. To platí hlavně při odhadu aktuální lokalizace fixu a při třídění lokalizací, které je nutno vyřadit pro přílišnou odchýlenost. V případě, že nelze změřit chybu lokalizace, je předem nemožné vymezit kritéria pro vyloučení nepřesných lokalizací (Nams a Boutin 1991).

Technika chybového trojúhelníku (error triangle technique) využívá 3 měření. Vytváří chybový polygon (trojúhelník) z bodů, které vznikly na základě překřížení zjištěných měření. Plochu trojúhelníku není těžké spočítat. Ovšem nejsme schopni zjistit způsob odhadu pravděpodobnosti, že skutečná lokalizace jedince se nachází uvnitř daného trojúhelníku (Nams a Boutin 1991).

Metoda chybového polygonu (error polygon method) patří mezi plošné metody (obr. 9). Chyba v odhadu lokalizace je ovlivněna standardní chybou přesnosti antény tzv. SD a nepřesnostmi při měření. Signál z vysílačky je přijímán se stejnou intenzitou v rozsahu několika úhlových stupňů a tak nám vzniká chybový oblouk antény. Při opakovaných měřeních zdroje signálu ze známé polohy je vypočítána hranice spolehlivosti pro daný systém a odvozena hodnota 95% pravděpodobnosti chybového oblouku, představující zjištěný úhel ± 2 standardní odchylky. Tvar a velikost chybového polygonu je funkcí 3 proměnných: chybového oblouku, vnitřním úhlem překřížených měření a vzdáleností mezi pozorovacím místem a vysílačkou (Saltz a Alkon 1985). Chybový polygon vyznačuje průsečík oblouků vytvořený konfidenčním intervalem dvou měření. Plocha chybového polygonu je vykreslena vnějšími hranicemi oblastmi překryvu. Metoda je snadná, umožňuje grafické znázornění, ovšem neurčuje skutečnou



Obrázek 4. Princip chybového polygonu. Stanoviště 1 (tower 1) a stanoviště 2 (tower 2), 1 – plocha chybového polygonu, 2 – nejdelší diagonála chybového polygonu, 3 – poloměr chybového polygonu (vlevo). Princip chybové elipsy. Stanoviště 1 (tower 1) a stanoviště 2 (tower 2), 1- plocha konfidenční elipsy, 2 – hlavní osa konfidenční elipsy, 3 – vedlejší osa konfidenční elipsy (vpravo) (podle Saltz a White, 1990).

lokalizaci jednice (Nams a Boutin 1991). V současnosti je nejvíce používanou metodou. Slouží mimo jiné i k odhadu přesnosti lokalizace (Saltz a White 1990).

Metoda umožňuje 4 způsoby odhadu chyby lokalizace podle těchto parametrů:

1. plocha chybového polygonu (error polygon area, EPA)
2. velikost diagonály chybového polygonu (error polygon large diagonale, EPD) – délkový parametr, definovaný jako délka největší diagonály chybového polygonu (maximální vzdálenost dvou bodů chybového polygonu)
3. poloměr chybového polygonu (error polygon radius, EPR) – délkový parametr, který je definován jako vzdálenost mezi odhadnutou lokalizací a nejbližším rohem chybového polygonu
4. průměr poloměrů chybového polygonu (error polygon average radius, EPAR) – délkový parametr, definovaný jako průměr 4 vzdáleností mezi odhadnutou lokalizací a 4 rohy chybového polygonu (Saltz a White 1990).

Technika chybové elipsy (obr. 9) je také plošná metoda. Základem pro stanovení chyby lokalizace je velikost konfidenční elipsy. To nám umožňuje odhadnout chybu více metodami:

1. podle plochy konfidenční elipsy (confidence ellipse area, CEA) – plošný parametr, který je definovaný a používán jako plošná chyba
2. podle hlavní osy konfidenční elipsy (confidence ellipse major axis, CEMa) – délkový parametr, délka hlavní osy elipsy
3. podle vedlejší osy konfidenční elipsy (confidence ellipse minor axis, CEMi) – délkový parametr, délka vedlejší osy elipsy
4. podle průměrné délky obou os (confidence ellipse axes average, CEAA) – lineární parametr, průměr hlavní a vedlejší osy (Saltz a White 1990).

3.7.3 Výpočet a analýza domovského okrsku

Již řada autorů se pokusila rozvíjet koncept velikosti domovského okrsku. Je definován jako více či méně omezené území, uvnitř kterého se jedinec pohybuje při své „normální aktivitě“. Za tu se považuje hledání potravy, párování či výchova mláďat (Burt 1943). Velikost domovského okrsku je závislá na délce pozorování a počtu získaných dat z telemetrie. Samozřejmě též na stavu zvířat - věku, pohlaví, velikosti atd. a dále i na vnějších podmínkách jako je složení, množství a dostupnost potravy, vzdálenost domovské nory od potravy.

V současnosti s rozvojem radiotelemetrie můžeme získat větší množství dat, které lze poté použít k analýzám velikosti, tvaru a vnitřního uspořádání domovských okrsků. Několik nově rozvinutých metod slouží k vyhodnocování různých prostorových charakteristik (Worton 1989). Podle předpokladů k distribuci dat se mohou rozdělit do dvou základních skupin (Harris et al.1990):

1. nestatistické – nenáročné k rozmístění a počtu lokalizací (metoda minimálních konvexních polygonů, metoda buněčných sítí).
2. pravděpodobnostní (statistické) – vyžadují vzájemnou nezávislost měření a pro přesnější odhady výsledných charakteristik vyšší počet lokalizací (metoda konfidenčních elips, harmonického o průměru, dvojrozměrné shlukové analýzy a metoda jádrového vyhlazení).

Metoda minimálních konvexních polygonů (minimum convex polygon method, MCP) je nejstarší, nejjednodušší a nejpoužívanější technikou výpočtu domovského okrsku (Mohr 1947). Je založena na spojení krajních bodů čímž vzniká polygon udávající domovský okrsek. Výhody této metody jsou snadná porovnatelnost mezi různými studii a je více tolerantní k nižšímu počtu lokalizací než ostatní metody.

Ovšem je tu možnost, že dojde k silnému ovlivnění odlehlými hodnotami a to v případě, budou-li do výpočtu zahrnuty všechny lokalizace. Stane-li se tak, může home range zahrnovat i plochy, které jedinec nikdy nenavštívil (Harris et al. 1990). Lze tomu předejít tak, že se vybere x % nejbližších bodů k aritmetickému nebo geometrickému průměru všech x a y koordinát a zbylé odlehlé lokalizace se odstraní. Domovský okrsek vytvořený touto metodou s 50% a 95% pravděpodobností výskytu u křečka 1 je uveden v příloze 1.

U metody buněčných sítí (grid cell, density binning) jsou lokalizace překryty pravidelnou sítí buněk, které jsou trojúhelníkovitého, čtvercového nebo hexagonálního tvaru (Siniff a Tester 1965). Skutečný domovský krsek má však jen stěží pravidelné tvary. Body uvnitř každé buňky jsou sečteny a hodnota uložena do tabulky. Takto získané údaje se dále používají pro dvou- a třírozměrnou vizuální prezentaci využití území (Zifčák 2005). Metoda může být mimo jiné použita ke zjišťování interakce mezi různými jedinci (Kenward 1987).

Pravděpodobnostní techniky se mohou rozdělit do dvou skupin:

1. využití prostoru jedincem se utváří s jistou pravděpodobností – dvojrozměrné nebo kruhové normální (metoda konfidenčních elips).
2. nepoužívá tyto předpoklady (nejčastěji metody harmonického průměru, dvourozměrné shlukové analýzy a metody podle jádrového vyhlazení).

Výsledkem metody konfidenčních elips (confidence ellipse home range method) je kruhovitá nebo elipsovitá pravděpodobnost výskytu jedince. Základem je nezávislé rozdělení všech lokalizací uvnitř domovského okrsku s největší pravděpodobností fixu uprostřed (Weinhöld 1998). Metoda odhadne pouze jedno centrum aktivity a to výpočtem aritmetického průměru bodů tvořících hranici okrsku. Pozice tohoto centra může být posunuta mimo aktuální lokalizace, to může být způsobeno ovlivněním ulétlými hodnotami. Spočítá nám nejen bivariační pravděpodobnostní elipsu, ale také maximální a minimální dosah této elipsy, souřadnice středu elipsy či úhel natočení elipsy (Böhmer 2003). Někdy se označuje také jako metoda Jenricha–Turnera nebo metoda spolehlivostní elipsy. Domovský okrsek vytvořený touto metodou s 50%, 75% a 95% pravděpodobností výskytu u křečka 4 je uveden v příloze 2.

U metody harmonického průměru (harmonic mean home range method) je možné vypočítat jedno i více center aktivity, velikosti a vnitřního uspořádání okrsku (Dixon a Chapman 1980). Na lokalizace je přiložena pravidelná síť tzv. grid. Na základě vzdálenosti k fixům a jejich počtu je spočítána hodnota průsečíků buněk gridu, podle

kterých program vykreslí isolinie. Ty ohraničují využití území podle konkrétní procentuální hustoty. Centrum aktivity je umístěno na ploše nejvyšší významnosti. Metoda má bohužel i své nevýhody, zahrnuje i místa, kde jedinec nikdy nebyl. Nejvíce významné je to u fixů více odchýlených od normální pozice. Dále pak patří mezi metody u kterých není snadné porovnání mezi studiemi a to z důvodu možnosti, že každý program může použít jiný algoritmus výpočtu a jinou velikost sítě buněk (Kenward 1987). Domovský okrsek vytvořený touto metodou s 50%, 75% a 95% pravděpodobností výskytu u křečka 3 je uveden v příloze 3.

Shluková analýza (cluster analysis) má výhodu v tom, že každý shluk je zpracováván samostatně. Naproti tomu u metody harmonického průměru jsou isolinie vypočítány z matrice, která se vztahuje ke všem bodům. Na počátku analýzy je třeba najít tři body s nejmenším průměrem vzdálenosti mezi sebou. Vzniklý první shluk má nejmenší vzdálenost k „nejbližšímu sousedu“, což je nejbližší sousedící fix. Další potenciaální shluk je utvořen stejným způsobem jako ten předchozí. Shluk je vytvořen z fixů, které nejsou součástí shluku prvního a vznikne pouze za předpokladu, že průměr vzdáleností uvnitř je menší než vzdálenost k prvnímu nejbližšímu sousedícímu shluku. Při vytváření většího množství shluků může dojít k tomu, že nejbližší soused k přidání je již součástí jiného shluku. Dojde proto ke sloučení dvou shluků a tím se zvyšuje velikost výsledného shluku. Stejně jako metoda harmonického průměru je vhodná ke zjišťování intenzity využití území (Kenward 1987).

Kernel home range počítá domovský okrsek pomocí jádrového vyhlazení (kernelu). Jádrové vyhlazení v jemné mřížce, v gridu, zastupuje rozdělení pravděpodobnosti výskytu křečka v závislosti na lokalizacích. Nejčastěji se používá okrsek s 95% pravděpodobností výskytu jedince. Jedná se o území, kde se křeček nejčastěji nachází a plocha je aktivně využívána. Padesátiprocentní pravděpodobnost výskytu vymezuje domovský okrsek, který je označován jako centrum aktivity (Zifčák 2003). Pro statistická srovnávání se doporučuje 50% okrsek. Pro určení domovského okrsku jedince je jako funkce hustoty pravděpodobnosti použita metoda nejmenších čtverců. V daném bodě je vypočtena vyhlazená hodnota jako vážený průměr z hodnot v okolních bodech, kde jsou váhy odvozeny z distribuce pravděpodobnosti se středem v příslušném bodě. Šířka pásma neboli bandwidth je okolí v rámci kterého jsou vybrány body pro výpočet váženého průměru. Je to volitelný parametr a určuje stupeň vyhlazení studované plochy. Rozpětí kernelu je vysoké v prostředí s velkým počtem pozorování a naopak nízké v prostředí s menším množstvím pozorování (Worton 1995). Domovský

okrsek vytvořený touto metodou s 50%, 75% a 95% pravděpodobností výskytu u křečka 2 je uveden v příloze 4.

Popsané analytické metody jsou v současné době nejvíce používány. Každá metoda má své nevýhody, ani jedna není dokonalá, proto jsem ve své práci stanovovala velikost domovských okrsků různými metodami. Vzniklé výsledky jsou těžko porovnatelné, protože odlišné metody dávají rozdílné výsledky i když analyzují stejná data a je také třeba dodržet všechny předpoklady kladené metodou. Byla použita metoda minimálních konvexních polygonů (MCP), dále metoda harmonického průměru (HM), konfidenčních elips (CE) a metoda kernelu (KHR). Vybrané metody jsou nejhojněji používané v literatuře a snad budou i nejlepší pro srovnávání. U metody MCP jsem vytvořila domovské okrsky s 50% a 95% pravděpodobností výskytu. Padesátiprocentní home range se nazývá tzv. centrem aktivity nebo také jádrovou oblastí, což je plocha ve které se jedinec vyskytuje. Je zde nejvíce fixů. Devadesátipětiprocentní home range je plocha aktivně využívaná sledovaným jedincem. Při vytvoření území se 100% pravděpodobností výskytu by došlo k chybnému zahrnutí ploch, které jedinec nepoužívá. Proto se 100% home range nepočítá (Harris et al. 1990).

3.7.4 Datová křivka pro plochu (Data Area Curves)

Datová křivka pro plochu se používá k určení změn tvaru plochy domovského okrsku s přibývajícím množstvím dat. Získané body nám vytváří tvar plochy. Když se růst křivky při přidávání dalších dat zastaví, znamená to, že již nedochází ke zvětšování velikosti domovského okrsku daného jedince. Výsledky jsou vyjádřené pomocí grafu. Nejčastěji bývá stanovována metodou minimálních konvexních polygonů, ale je také možné ji vymežit i podle jiných metod, které program Biotas poskytuje.

Velmi malá pozornost se věnuje nedostatečnému rozsahu asymptotické křivky vyjadřující přesnou velikost domovského okrsku. Pouze 24% autorů v 80. letech bralo ohled na kvalitu získaných dat. Situace se postupně lepší, v současnosti je již zhruba 42% autorů, kteří se zabývají dostatečnou velikostí vzorku a kvalitou. Avšak s nějakými problémy se setkáváme stále. V metodách máme na výběr, ale i přesto je stále nejvíce používanou technikou metoda minimálních konvexních polygonů (Berteaux 2001).

4 Výsledky

4.1 Velikost domovského okrsku

U pěti sledovaných jedinců se průměrná velikost domovského okrsku (tab. 2) mění v závislosti na použité metodě a v menší míře i na pohlaví sledovaného jedince. U 50% pravděpodobnosti výskytu, což je centrum aktivity, se velikost domovského okrsku pohybuje v závislosti na použité metodě v rozmezí od 0,01 ha (metoda kernel home range, KHR50) do 0,66 ha (metoda konfidenčních elips, CE50). U 75% pravděpodobnosti výskytu se velikost domovského okrsku pohybuje v rozmezí od 0,04 ha (KHR75) do 0,13 ha (CE75). U 95% pravděpodobnosti výskytu, což je aktivně využívaná plocha, se pohybuje v rozmezí od 0,28 ha (metoda minimálních konvexních polygonů, MCP95) do 2,85 ha (CE95). Data z předchozího sledování, z roku 2007, uvádějí u 50% pravděpodobnosti výskytu velikost home range od 0,03 ha (MCP50) do 0,35 ha (CE50). U 95% domovského okrsku od 0,19 ha (MCP95) do 2,03 ha (HM95) (Červinková 2008).

Při rozlišení pohlaví můžeme říci, že samci mají tendenci mít větší domovský okrsek než samička. Při srovnání s daty z minulých let (tab. 3) dojdeme k závěru že průměrná velikost domovského okrsku, vypočtená s 95% pravděpodobností výskytu metodou minimálních konvexních polygonů (MCP95), u samice je skoro stejná jako u dříve sledovaných samic. U křečků 4 a 5 (samců) je velikost domovského okrsku taktéž velmi podobná, ovšem u křečků 1 a 3 (samců) je mnohem vyšší než u dříve sledovaného jedince.

Tabulka 2. Velikost domovského okrsku v m² pro 5 jedinců. Použité zkratky znamenají: MCP50, MCP95-plocha území s 50% a 95% pravděpodobností výskytu jedince podle metody minimálních konvexních polygonů; HM50, HM75, HM95-plocha území s 50%, 75% a 95% možností výskytu jedince podle metody harmonického průměru; CE50, CE75, CE95-plocha území s 50%, 75% a 95% možností výskytu jedince podle metody konfidenčních elips (též metoda Jenrich-Turnera); KHR50, KHR75, KHR95-plocha území s 50%, 75% a 95% možností výskytu jedince podle metody kernel home range

Číslo křečka	MCP50	MCP95	HM50	HM75	HM95	CE50	CE75	CE95	KHR50	KHR75	KHR95
1 ♂	2474	15520	4612	11247	21256	6583	13167	28453	170	428	6546
2 ♀	515	2753	733	1399	4574	746	1491	3222	963	1925	4375
3 ♂	1063	18531	1666	7486	18924	4649	9299	20094	652	1793	9021
4 ♂	2875	6357	1135	2933	13093	3014	6027	13024	119	348	2982
5 ♂	797	4734	1050	1918	5874	1327	2653	5733	584	1662	3999

Tabulka 3. Velikost domovského okrsku v m² pro 3 jedince sledované v roce 2007. Použité zkratky znamenají: MCP50, MCP95-plocha území s 50% a 95% pravděpodobností výskytu jedince podle metody minimálních konvexních polygonů; HM50, HM75, HM95-plocha území s 50%, 75% a 95% možností výskytu jedince podle metody harmonického průměru; CE50, CE75, CE95-plocha území s 50%, 75% a 95% možností výskytu jedince podle metody konfidenčních elips (též metoda Jenrich-Turnera); KHR50, KHR75, KHR95-plocha území s 50%, 75% a 95% možností výskytu jedince podle metody kernel home range

Číslo křečka	MCP50	MCP95	HM50	HM75	HM95	CE50	CE75	CE95	KHR50	KHR75	KHR95
1 ♀	387	1912	846	1584	5493	873	1746	3773	849	1750	4084
2 ♂	995	5773	2065	4826	20355	3538	7076	15292	1715	-	3930
3 ♀	280	2508	545	2148	7734	1042	2084	4504	308	767	3344

4.2 Datové křivky

Během sledování jsem pro křečka 1 získala celkem 71 měření, 62 měření pro křečka 2, 69 pro křečka 3, 78 pro křečka 4 a 80 měření pro křečka 5. Distribuce lokalizací (fixů) tvoří téměř u všech zkoumaných jedinců poměrně kompaktní mrak (obr. 10). Pouze u křečka 1 a 4 je patrné, že fixy tvoří dva oddělené shluky. Je to dáno tím, že jedinci během sledování změnili domovskou noru.

Pomocí datové křivky pro velikost plochy stanovené metodou minimálních konvexních polygonů byl zkoumán vliv počtu lokalizací na chybu odhadu (obr. 11). Jedná se o jednoduchou datovou křivku. Ta vyjadřuje vztah jak s rostoucím počtem lokalizací roste velikost domovského okrsku jedince. K výpočtu 95% mezí spolehlivosti jsem použila funkci confint v programu R. Z obrázku je patrné, že u samice (b) je zakřivení směrem k asymptotě zřetelnější než u většiny samců (např. a, c). Z toho

můžeme usoudit, že samci mají mnohem větší prostorovou aktivitu než samice. Závislost na pohlaví je značná. Výjimkou je samec (e), jeho zakřivení datové křivky k asymptotě je také patrné. Domovská nora tohoto samce byla velmi blízko domovské nory sledované samice. Oba se nejvíce pohybovali v poli s vojteškou a jejich aktivita nebyla během sledování ovlivněna sečením. Domnívám se, že se jednalo o pár, který měl mladé.

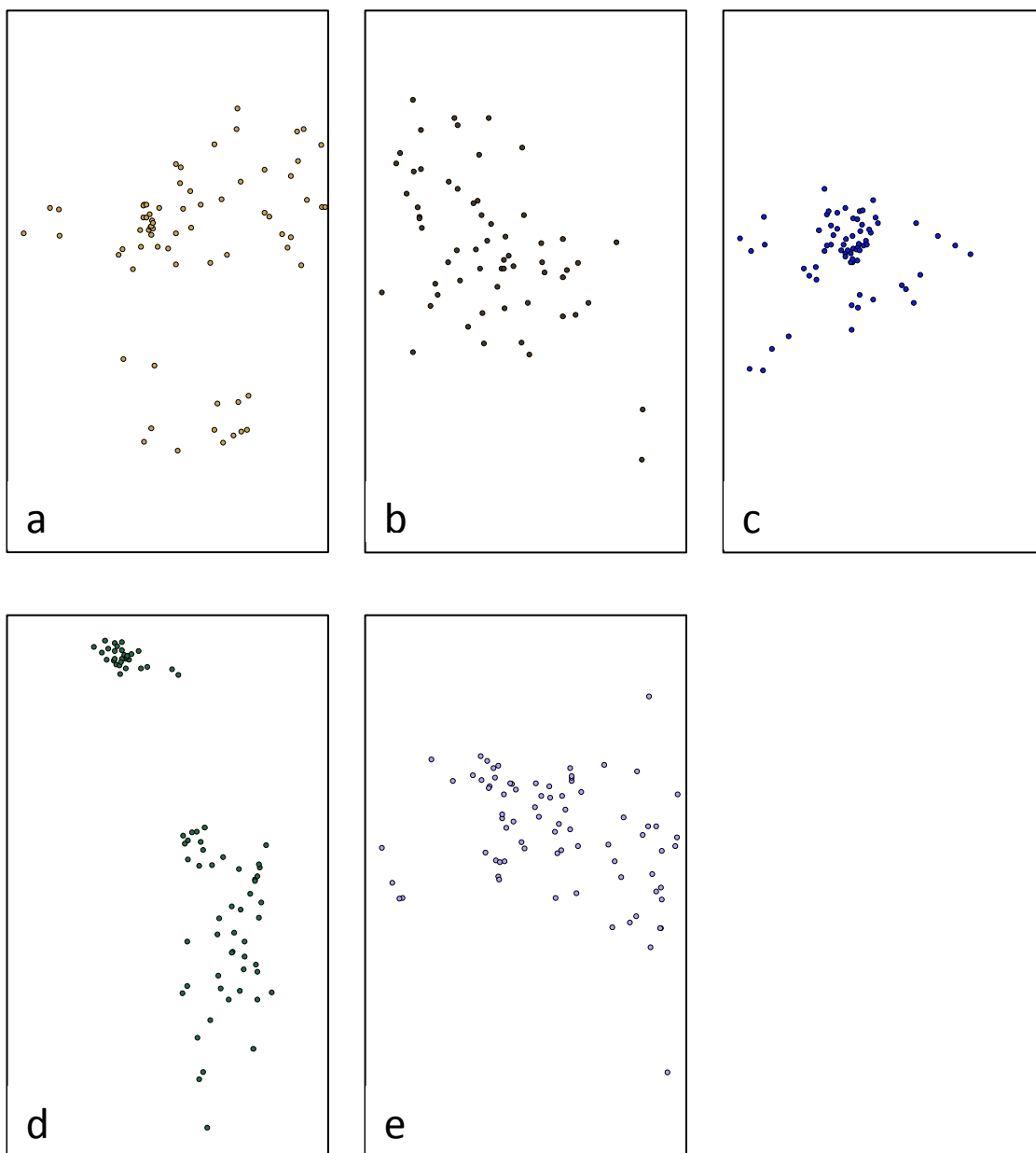
Datové křivky pro plochu byly doplněny nelineární regresí pro teoretický odhad asymptotické velikosti domovského okrsku (obr. 12). Jde o regresní analýzu s hledáním asymptoty podle nelineární funkce – asymptotické funkce, která má dva parametry – plochu domovského okrsku a počet fixů. Pro křečky a, b, c byla použita exponenciální funkce: velikost = $a(1 - \exp(-b \cdot \text{počet fixů}))$ a pro jedince d, e sigmoidní funkce kde velikost = $a/(1 + b \cdot \exp(-c \cdot \text{počet fixů}))$, kde v obou funkcích parametr "a" představuje asymptotickou velikost. K odhadu asymptotické velikosti byla použita funkce nls implementované v programu R. Zjistila jsem, že počet lokalizací u samců (a, c) je nedostačující a data jsou podhodnocena. Samec (a) se zhruba po měsíci sledování, po seknutí vojtešky, přemístil do nové nory, tím došlo k nárůstu jeho prostorové aktivity a velikosti domovského okrsku. Samec (c) ze stejného důvodu také během sledování změnil domovskou noru. Z grafů vyplývá, že i při dvojnásobném počtu fixů by křivky asymptoty nedosahovaly. Je tedy potřeba mnoha fixů pro získání přesného odhadu jejich domovského okrsku. U zbylých samců (d, e) byl počet získaných fixů dostačující. Jejich křivky se blížily k asymptotě a proto se jejich domovské okrsky již nezvětšovaly. U samice (c) jsem zjistila, že dostačující počet je 70 měření. Bohužel u tohoto jedince došlo po 62 měření ke ztrátě signálu.

Velikost domovského okrsku stanovená pro křečka 1 (samec) s 95% pravděpodobností výskytu, což je aktivně využívaná plocha, byla vypočítána na základě metody minimálních konvexních polygonů (MCP95) a její výsledek byl 1,56 ha. Asymptotická hodnota velikosti domovského okrsku daného jedince byla 3,48 ha (95% C.I. 2,67-5,34) (tab. 4). U křečka 2 (samice) byla stejnou metodou vypočítána velikost domovského okrsku na 0,275 ha. Asymptotická hodnota byla 0,284 ha (95% C.I. 0,27-0,30). Velikost domovského okrsku stanovená pro křečka 3 (samec) byla 1,85 ha. Asymptotická hodnota pak 3,03 ha (95% C.I. 2,37-4,56). Pro křečka 4 byla stejnou metodou vypočítána na 0,636 ha. Tato hodnota se téměř shoduje s asymptotickou hodnotou – 0,644 ha (95% C.I. 0,62-0,67). U křečka 5 (samec) byla velikost domovského okrsku vypočítána na 0,473 ha, což je totožná hodnota

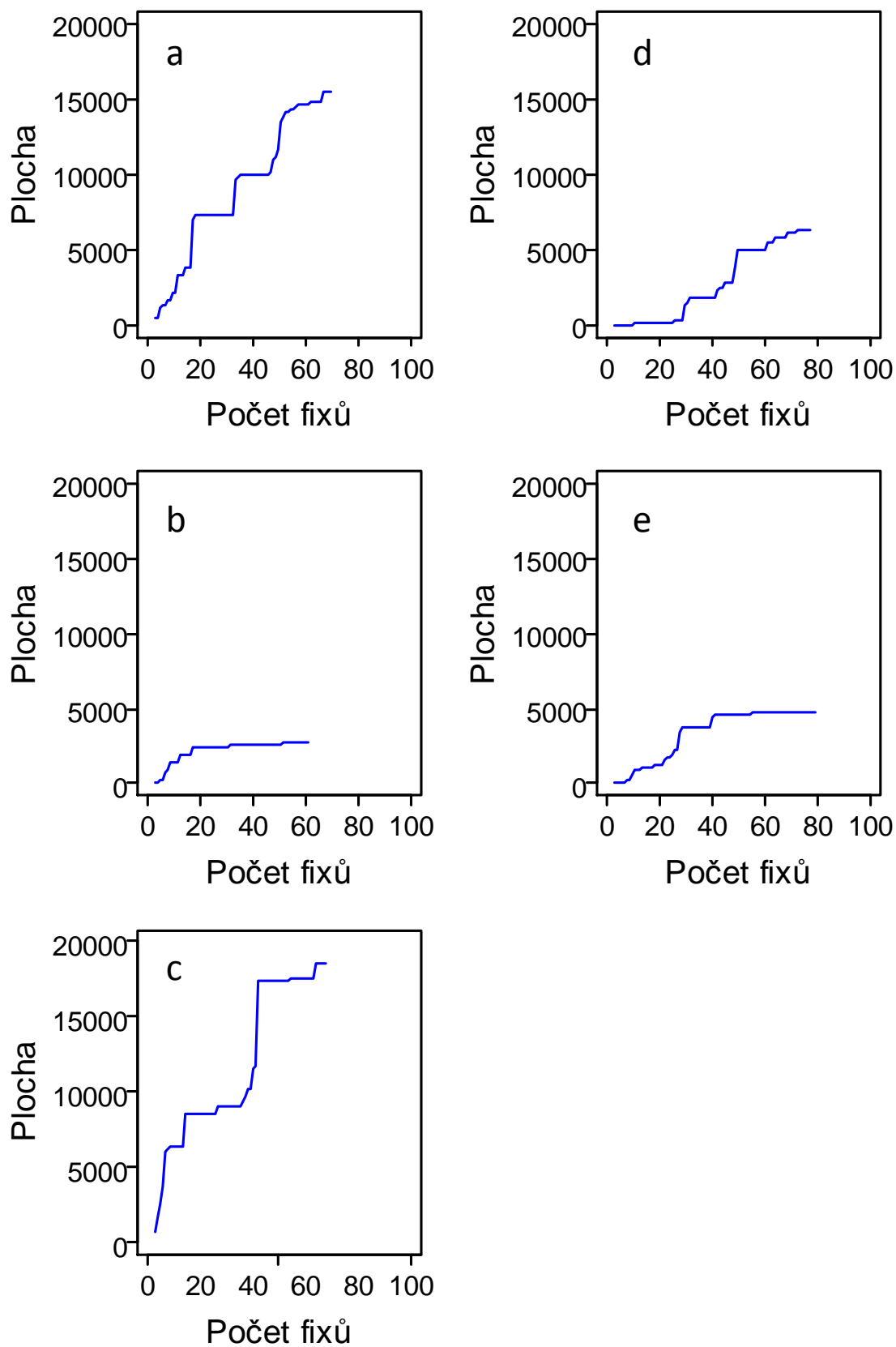
s asymptotickou hodnotou (95% C.I. 0,47-0,48). Z výsledků lze vyčíst, že u křečků 2,4,5 byly asymptotické hodnoty statisticky významné.

Tabulka 4. Srovnání velikosti domovského okrsku vypočítané s 95% pravděpodobností metodou minimálních konvexních polygonů (MCP95) a asymptotické velikosti domovského okrsku.

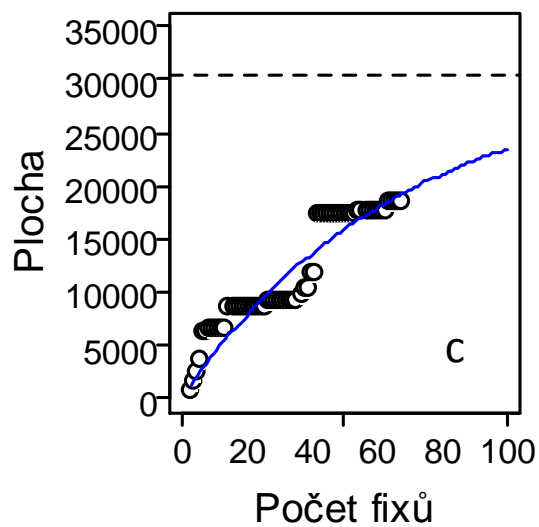
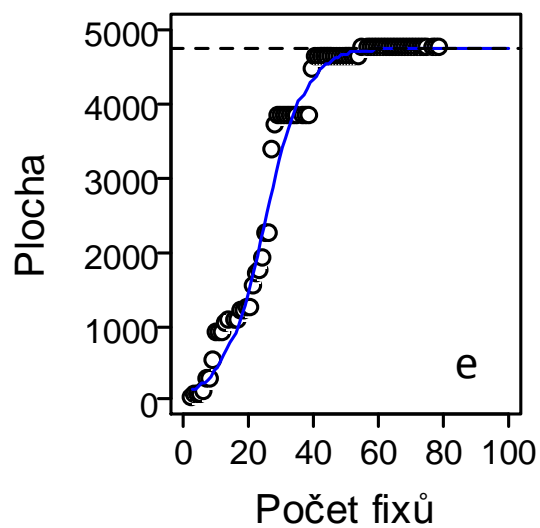
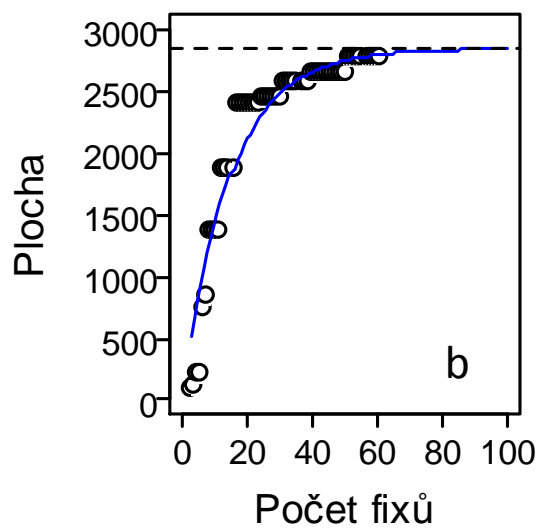
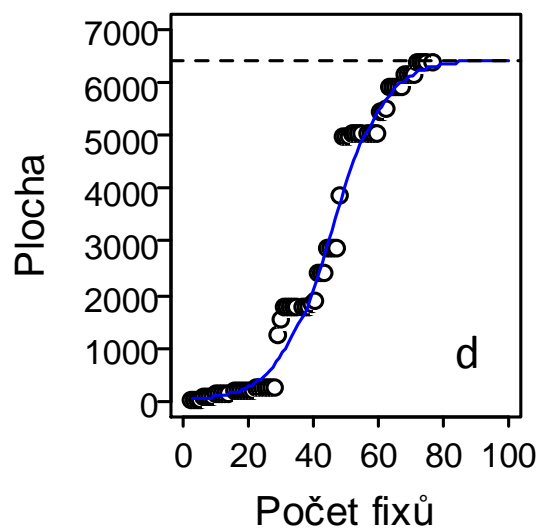
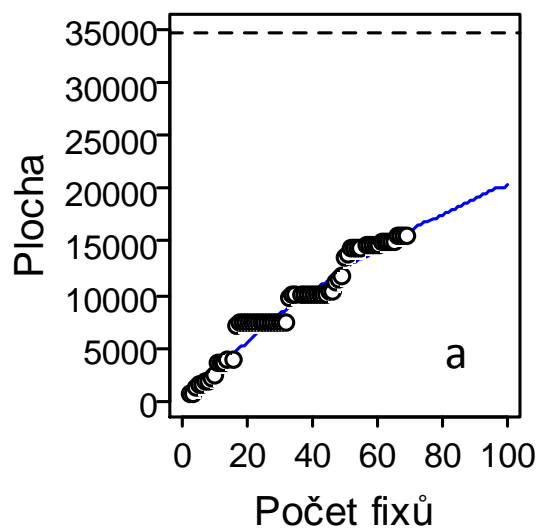
Číslo křečka	MCP 95% (ha)	asymptotická hodnota (ha)
1 ♂	1,56	3,48
2 ♀	0,275	0,284
3 ♂	1,85	3,03
4 ♂	0,636	0,644
5 ♂	0,473	0,473



Obrázek 10. Distribuce lokalizací pro samiči (b) a samce (c, e) vytváří kompaktní mrak, naopak u samců (a, d) vytváří dva oddělené shluky.



Obrázek 11. Datové křivky pro odhady velikosti domovského okrsku u křečka 1-5 (a-c).



Obrázek 12. Datová křivka pro plochu doplněná lineární regresí pro teoretický odhad asymptotické velikosti domovského okrsku pro křečka 1-5 (a-c).

5 Diskuse

Pokles početnosti křečka polního vyvolal novou vlnu zájmu o studium demografických procesů v přírodních populacích, které jsou důležité v rozhodovacích mechanismech v managementu jeho populací. V západní Evropě, stejně jako u nás, je křeček polní chráněn. Naopak ve východních zemích je zcela běžný. Příčinou jeho nízkého výskytu jsou změny v zemědělství, predace a migrace. Vlivem rozsáhlých zásahů do krajiny se velké populace křečka polního mohou rozměňovat do menších skupin, které jsou mnohem více zranitelnější a mají vyšší pravděpodobnost extinkce. Situace v České republice je značně nejasná, početnost populací kolísá.

V předložené diplomové práci jsem se zabývala prostorovou aktivitou křečka polního. Klíčovým parametrem prostorové aktivity je velikost domovského okrsku. U vybraných jedinců jsem jej tedy vypočetla hned několika metodami. Základním požadavkem pro stanovení nezkresleného odhadu domovského okrsku je dostatečný počet lokalizací získaný během poměrně krátkého časového intervalu. Při malém počtu fixů dochází snadno k podhodnocení velikosti.

Výzkum jsem prováděla v přírodní populaci křečka polního na periferii Olomouce (areál PŘF Univerzity Palackého v Olomouci-Holici). Lokalita je vhodná z hlediska početnosti populace, klimatických podmínek i pro dostatek potravních zdrojů. Intenzivní výzkum zde probíhá již od roku 2001 a podle dosažených výsledků zde populace kolísá. Při terénní práci a později při vyhodnocování výsledků jsem využila několik různých metod. Jejich vzájemné propojení umožňuje dosáhnout velmi dobrých výsledků. V terénu jsem použila metodu zpětného odchyty do živolovných pastí a poté telemetrii. Ke sledování jsem využívala nové vybavení, které lépe odpovídalo potřebám výzkumu a pracovalo spolehlivě. Data získaná telemetrií jsem zpracovávala v programu Loas. Tento program mi vytvořil jednotlivá místa výskytu daného jedince na sledované ploše, tzv. fixy. Takto zpracovaná data jsem importovala do softwaru Biotas, který mi poskytl další analýzu dat. V rámci tohoto programu můžeme vyhodnotit různé prostorové charakteristiky, např. vypočítat specifické domovské okrsky, zjistit potravní preference atd. Pro znázornění velikosti domovského okrsku máme několik možností. Je to metoda minimálních konvexních polygonů (MCP), metoda buněčných sítí, metoda konfidenční elipsy, metoda harmonického průměru, shlukové analýzy nebo metoda kernelu (kernel home range). Pro své další vyhodnocování jsem si vybrala

nejznámější a nepoužívanější metody - MCP, konfidenčních elips, harmonického průměru a metodu kernel home range. Konečné zobrazení výsledků do mapových výstupů mi poskytl program ArcView GIS 3.2. Ten umožňuje na letecký snímek dané lokality zobrazit různé prostorové charakteristiky (např. aktivitu jedinců, velikost home range atd.). Kombinace použitých programů je velmi vhodná, ale i přesto jsem narazila na určité problémy. Ukázalo se, že jednotlivé programy vyžadují určité specifické úpravy dat, které byly časově náročné. Proto mi tedy celkové zpracování dat trvalo poměrně dlouhou dobu.

Telemetrické sledování vybraných jedinců probíhalo od května do srpna (13.5 – 20.8) v roce 2009. U všech křečků jsem získala téměř 80 lokalizací. I telemetrii doprovázeli určité problémy. Největším z nich byl úhyn, odběhnutí či predace některých jedinců. Po nalezení vysílaček z uhynulých zvířat se přistoupilo k opětovnému nasazení na nové jedince a proto se výzkum protáhl na několik měsíců. Sledování je poměrně náročné i proto, že probíhá za soumraku a v noci a je také potřeba udržet určitou časovou prodlevu abychom zajistili nezávislost dat.

Analýzou dat získaných telemetrií jsem zjistila, že velikost domovského okrsku (metoda minimálních konvexních polygonů s 95% pravděpodobnosti výskytu) u 1 sledované samice byla 0,275 ha. Velikost domovského okrsku u 4 sledovaných samců byla 1,56 ha, 1,85 ha, 0,64 ha a 0,47 ha, v průměru tedy 1,13 ha. Takto rozdílné hodnoty jsou způsobeny tím, že první dva samci po seknutí vojtešky změnili svou domovskou noru a tím se zvětšila jejich prostorová aktivita. Data ze stejné lokality z roku 2007 uvádějí, že velikost domovského okrsku u 1 sledovaného samce byla 0,58 ha, u 2 samic byla pak 0,19 ha a 0,25 ha, v průměru tedy 0,22 ha (Červinková 2008). U samců jsou velikosti domovských okrsků podstatně větší, zatímco u samic jsou data srovnatelná s předchozím studiem. Zifčák (2005) opět ze stejné lokality z výzkumu z let 2003 a 2004 uvádí průměrné velikosti domovských okrsků u samců 0,07 ha a u samic 0,04 ha. Tak nízké hodnoty mohou být způsobeny vysokou populační hustotou. Populace v letech jeho studia byla přibližně stejně velká jako v současné době, tj. zhruba kolem 50 jedinců (Losík et al. 2007, Hauerland 2008). Je proto pravděpodobné, že předchozí odhady jsou spíše podhodnoceny v důsledku nedostatečného počtu lokalizací a nikoliv proto, že by dřívější populační hustoty byly vyšší a okrsky byly proto úměrně menší. Zifčák (2005) získal pouze 20-30 měření u každého jedince. Současné výsledky se nejvíce blíží odhadům provedeným v německých populacích (Weinhöld 1998), kde velikost domovského okrsku vypočtená

metodou minimálních konvexních polygonů se 100% pravděpodobností výskytu dosahuje pro samce 1,7 ha a 0,44 ha pro samice.

Detailní analýza dat ukázala, že asymptotická velikost domovského okrsku u sledované samice by měla být 0,284 ha což odpovídá zhruba 70 lokalizacím. U tohoto jedince bohužel došlo po 62. měření ke ztrátě signálu. U 2 samců nelineární regresní analýza stanovila asymptotické hodnoty na 3,26 ha a 3,03 ha. Tyto hodnoty jsou o mnoho vyšší než vypočítané velikosti domovského okrsku. Analýza ukazuje, že data jsou podhodnocena a ani dvojnásobný počet lokalizací nepovede k zakřivení k asymptotě. U zbylých 2 samců jsou asymptotické hodnoty vypočteny na 0,64 ha a 0,47 ha. Tyto hodnoty se shodují se stanovenou velikostí domovského okrsku a počet 80 získaných fixů je dostačující. Z výsledků tedy vyplývá, že u samic a méně aktivních samců je potřeba získat asi 80 měření, aby nedošlo ke zkreslení odhadu domovského okrsku. U samců s vyšší prostorovou aktivitou je potřeba mnoha fixů, asi trojnásobek našeho získaného počtu. Příčin, které ovlivňují větší velikost domovského okrsku u samců může být hned několik. V době mého měření právě probíhalo období rozmnožování a samci navštěvovali samice i ze vzdálenějších míst. Hlavní příčinou ale asi bylo to, že zhruba po měsíci sledování došlo k seknutí vojtěšky, kde měli oba samci domovskou noru. Důsledkem toho bylo přemístění do nor, které byly lépe kryté vyšším porostem. Je vcelku obvyklé, že samci obývají více nor najednou a dochází u nich k častým přeběhům mezi norami. Další příčinou může být i hledání potravy.

Získané výsledky jsou poměrně dobře využitelné v populačním managementu křečka polního. Velikost rovnovážné populace je z hlediska ochrany druhu a stability dynamiky početnosti významným parametrem. Jestliže budeme předpokládat, že domovské okrsky jedinců se příliš neliší od velikosti teritorií, lze z odhadů domovských okrsků na uvažovaném území odvodit velikost rovnovážné populace. Ta by měla oscilovat kolem maximálního počtu teritorií. Za předpokladu, že velikost okrsku u samců je 1 ha a u samic je 0,5 ha, tak jeden pár při minimálním překrývání okrsků vyžaduje 1,5 ha. Na ploše 30 ha to představuje velikost kolem 40 jedinců. Samčí a samičí okrsky se ale často překrývají. Při předpokladu kompletního překrytí, kdy budeme uvažovat, že na 1 ha je jeden samec a s ním dvě samice, celková rovnovážná populace by dosáhla 90 jedinců. To je v dobrém souladu s pozorovanými daty na studovaném území, které oscilují kolem 50 jedinců (Losík et al. 2007, Hauerland 2008).

V předložené diplomové práci jsem se zabývala prostorovým chováním křečka polního. Výsledky upozorňují na dvě věci. Ukazují, že odhady domovského okrsku

křečka polního jsou velmi náročné na počet fixů a tím také na vynaložený čas. Práce v terénu tedy představuje dva měsíce intenzivního měření, což je z hlediska výzkumu velmi dlouhý interval. Druhá okolnost vyplývá ze současné kritické situace v populacích v západní Evropě. Studiu křečka polního u nás by se měla nadále věnovat vyšší pozornost. Situace v České republice je nadále nejasná. Časové trendy ve vývoji populace zůstávají neznámé a proto by byl plošný monitoring výskytu a početnosti populací velmi žádoucí. Při absenci jakýchkoliv údajů roste ale i význam detailních studií v jedné náhodně vybrané populaci, která bude sledována dostatečně dlouhou dobu. Proto si myslím, že by měl výzkum populace křečka polního v Olomouci i nadále probíhat.

6 Souhrn

V předložené diplomové práci jsem se zabývala telemetrickým stanovením velikosti domovských okrsků u křečka polního v přírodní populaci v areálu PřF UP na periférii Olomouce. Na 5 sledovaných jedincích jsem zjistila jsem, že:

1. velikost domovského okrsku samice je 0, 275 ha
2. průměrná velikost okrsku samců je 1,13 ha
3. pro nezkreslený odhad domovského okrsku u samice je potřeba 70 fixů
4. pro odhad u samců s menší aktivitou je dostačující 80 fixů
5. u samců s větší prostorovou aktivitou je potřeba mnoha fixů, asi trojnásobek našeho získaného počtu.

Výsledky naznačují, že předchozí odhady na stejné lokalitě byly podhodnoceny. Detailní analýzy získaných dat ale ukazují, že i počty kolem 80 fixů u některých samců nemusí být dostačující. Odhady domovských okrsků samců jsou tedy velmi náročné na vysoký počet lokalizací a vyžadují korekci na podhodnocení metodou nelineární regrese.

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.

Anděra M, Horáček I. 2005. Poznáváme naše savce. Praha: Nakladatelství Sobotáles. s. 127-128.

ArcView GIS [počítačový program], 1998-2003, verze 3.1 a 8.3, Environmental System Research Institut, Inc. www.esri.com

Begon M, Townsend CR, Harper JL. 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. 4th edition. Oxford: Blackwell Publishing.

Berteaux D. 2001. Use of estimators of home range size in ecological research. In: Pandalai SG, editor. Recent research developments in ecology. Vol. 1. Trivandrum (India): Transworld Research Network. p. 59-67.

Biotas [počítačový program], verze 1.03.1 Alpha. Ecological Software Solutions, Sacramento, USA. Dostupné na <http://www.ecostats.com>

Böhmer T. 2003. Využití GIS při studii prostorového chování křečka polního. Ostrava: Semestrální projekt na Vysoké škole báňské – Technické univerzitě Ostrava, s. 1-35.

Burt WH. 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. Journal of Mammalogy, 24:346-352.

Červinková J. 2008. Proměnlivost v prostorovém chování křečka polního (*Cricetus cricetus*) [bakalářská práce]. Olomouc: Univerzita Palackého, PřF. s. 1-32.

Computer Press 1999. Pracujeme s geografickým informačním systémem ArcView GIS. Praha: Nakladatelství Computer Press. s. 1-364.

De Solla SR, Bondurinsky R, Brooks R. J. 1999. Eliminating autocorrelation reduces biological relevance of home range estimates. *Journal of Animal Ecology*, 68:221-234.

Dixon KR, Chapman J. A. 1980. Harmonic mean measure of animal activity areas. *Ecology*, 61:1040-1044.

Dolínková K. 2008. Odhad domovského okrsku telemetrickou metodou [bakalářská práce]. Olomouc: Univerzita Palackého, Katedra geologie PřF.

Dolínková K. 2010. Stanovištní preference křečka polního s využitím telemetrických dat [diplomová práce]. Olomouc: Univerzita Palackého, PřF. s. 1-62.

Gaisler J, Zima J. 2007. Zoologie obratlovců, 2. přepracované vydání. Praha: Academia. s. 542-551.

Grulich I. 1977. Křeček polní – *Cricetus cricetus* L. a zákonitosti jeho rozšíření v ČSSR. *Živa*, 25:35-36.

Grulich I. 1986. The reproduction of *Cricetus cricetus* (Rodentia) in Czechoslovakia. *Acta Scientiarum Naturalium Academiae Scientiarum Bohemoslovaca*, Brno 20 (5-6): 1-56.

Harris S, Cresswell WJ, Forde PG, Trehwella WJ, Woolard T, Wray S. 1990. Home range analysis using radio-tracking data-a review of problems and techniques particularly as applied to the study of mammals. *Mammal Review*, 20:97-123.

Hauerland L. 2008. Demografické procesy v přírodní populaci křečka polního [bakalářská práce]. Olomouc: Univerzita Palackého, Katedra ekologie a životního prostředí PřF.

Heezen KL, Tester J. R. 1967. Evaluation of radio-tracking by triangulation with a special reference to deer movements. *Journal of Wildlife Management*, 31:124-141.

Hříbková J. 2006. Hibernace a mortalita křečka polního (*Cricetus cricetus*) [bakalářská práce]. Olomouc: Univerzita Palackého, PřF. s. 1-38.

Hufnagel S. 2009. Diplomarbeit – Seasonal constraints and diet composition in Common hamsters (*Cricetus cricetus*) living in an urban environment. Universität Wien. s. 1-36.

Kayser A, Weinhöld U, Stubbe M. 2003. Mortality factors of the common hamster *Cricetus cricetus* at two sites in Germany. *Acta Theriol.*, 48:47-57.

Kenward R. 1987. *Wildlife Radio Tagging*. London: Academic press. s. 1-222.

Korbel L, Krejča J. 2001. *Velká kniha živočichů: hmyz-ryby-obožživelníci-plazi-ptáci-savci*. Bratislava: Příroda.

Loas [počítačový program], verze 3.03. Ecological software Solutions, Sacramento, USA. K dispozici na <http://www.ecostats.com>

Losík J, Lisická L, Hříbková J, Tkadlec E. 2007. Demografická struktura a procesy v přírodní populaci křečka polního (*Cricetus cricetus*) na Olomoucku. *Praha: Lynx*, 38: 21–29

Mohr CO. 1947. Table of equivalent populations of North American small mammals. *American Midland Naturalist*, 37:223-249.

Monecke S. 2004. Saisonale Rhythmen und ihre Synchronisation beim Europäischen Feldhamster (*Cricetus cricetus*). *Biologisches Institut der Universität Stuttgart*. s. 1-22.

Nams VO, Boutin S. 1991. What is wrong with error polygons? *Journal of Wildlife Management*, 55: 172-176.

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.

R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. Vienna (Austria): R Foundation for Statistical Computing.

Saltz D, Alkon UP. 1985. A simple computer – aided method for estimating radio-location error. *Journal of Wildlife Management*, 58:181-184

Saltz D, White GC. 1990. Comparison of different measures of the error in simulated radio-telemetry locations. *Journal of Wildlife Management*, 54:169-174.

Seluga K, Stubbe M. 1997: Zur Bestandssituation des Feldhamster (*Cricetus cricetus* L.) in Ostdeutschland. – *Säugetierkd. Inf.* 21: 257-266.

Schmutz AJ, White GC. 1990. Error in telemetry studies: Effects of animal movement on triangulation. *Journal of Wildlife Management*, 54: 506-510.

Siniff DB, Tester JR. 1965. Computer analysis of animal movement data obtained by telemetry. *Bioscience*, 15:104-108.

Smulders MJ, Snoek LB, Booy G, Vosman B. 2003. Complete loss of MHC genetic diversity in the Common Hamster (*Cricetus cricetus*) population in The Netherlands. *Conservation Genetics*, 4:441-451.

Stubbe M, Stubbe A. 1998. *Ökologie und Schutz des Feldhamster*. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, *Wissenschaftliche Beiträge*. s. 1-480.

Torke KG, Twente JW. 1977. Behavior of *Spermophilus lateralis* between period of hibernation. *Journal of Mammalogy* 58:385-390.

Vyhláška 395/1992 Sb. ve znění vyhl. 175/2006 Sb.

Weinhöld 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 Mannheim-Heidelberg. Ruprecht – Karls – Universität Heidelberg, s. 1-159.

Weinhöld U. 2008. Draft European Action Plan for the conservation of the Common hamster (*Cricetus cricetus*, L. 1758). Strasbourg. s. 1-36.

Worton BJ. 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home range studies. *Ecology*, 70:164-168.

Worton BJ. 1995. Using Monte carlo simulation to evaluate kernel-based home range estimators. *Journal of Wildlife Management*, 59: 794-800.

Zejda J, Zapletal M, Obdržálková D, Pikula J, Heroldová M, Beklová M, Pikula ml. J. 2000. Křeček polní (*Cricetus cricetus* L.) v ČR – škůdce v zemědělství nebo objekt ochrany? *Rostlinolékař*, 2:21-23.

Zifčák P. 2003 Prostorová aktivita křečka polního (*Cricetus cricetus*) [bakalářská práce]. Olomouc: Univerzita Palackého, PřF. s. 1-39.

Zifčák P. 2005 Prostorová aktivita křečka polního (*Cricetus cricetus*) [diplomová práce]. Olomouc: Univerzita Palackého, PřF. s. 1-61.

8 Přílohy

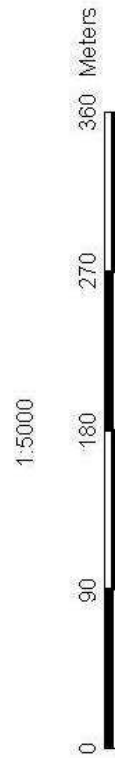
Seznam příloh:

- Příloha 1. – Mapový výstup – Minimum convex polygon method (metoda minimálních konvexních polygonů).
- Příloha 2. – Mapový výstup – Confidence ellipse method (metoda konfidencí elips).
- Příloha 3. – Mapový výstup – Harmonic mean method (metoda harmonického průměru).
- Příloha 4. – Mapový výstup – Kernel method (metoda Kernel home range).

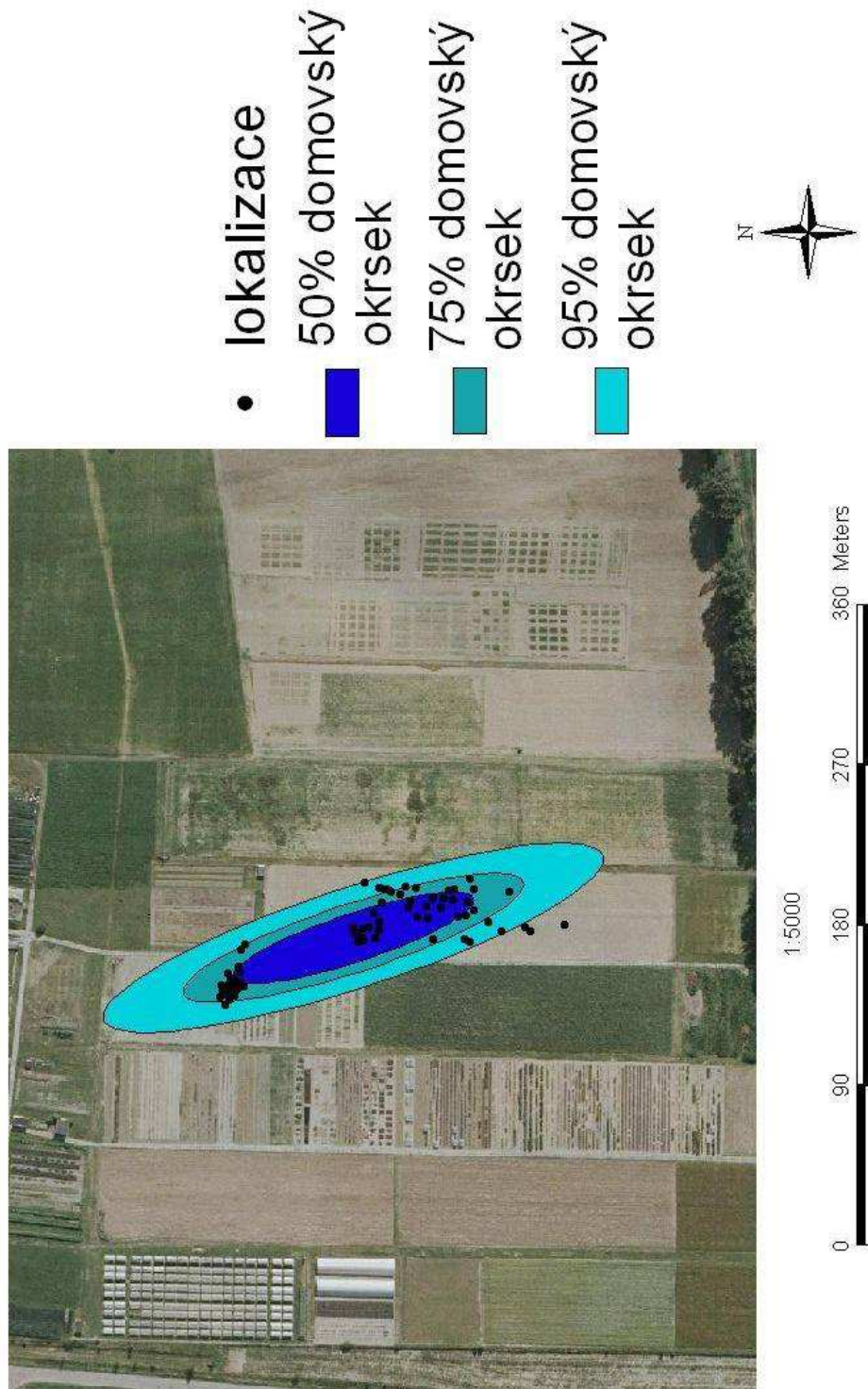
Minimum convex polygon method



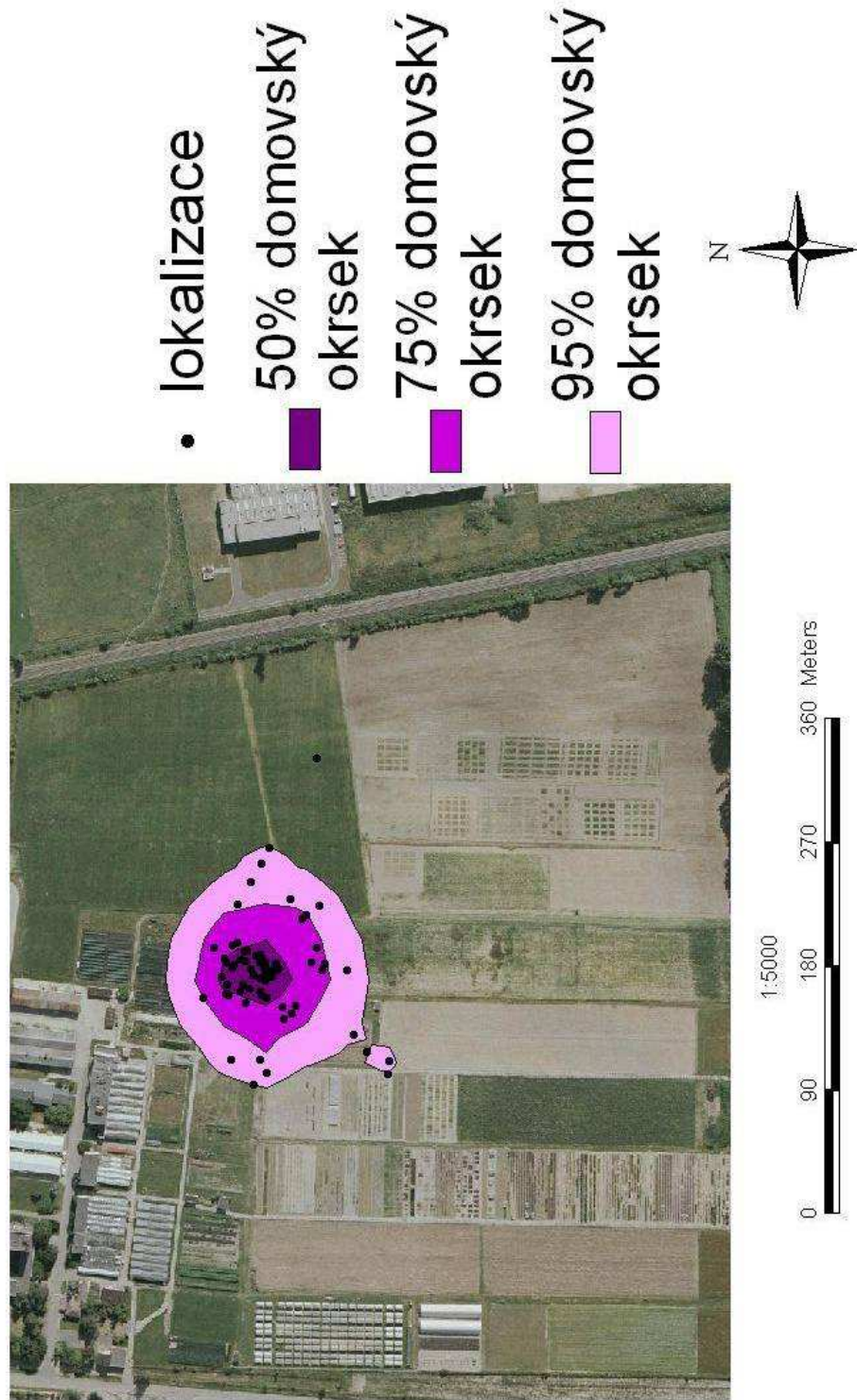
- lokalizace
- 50% domovský okrsek
- 95% domovský okrsek



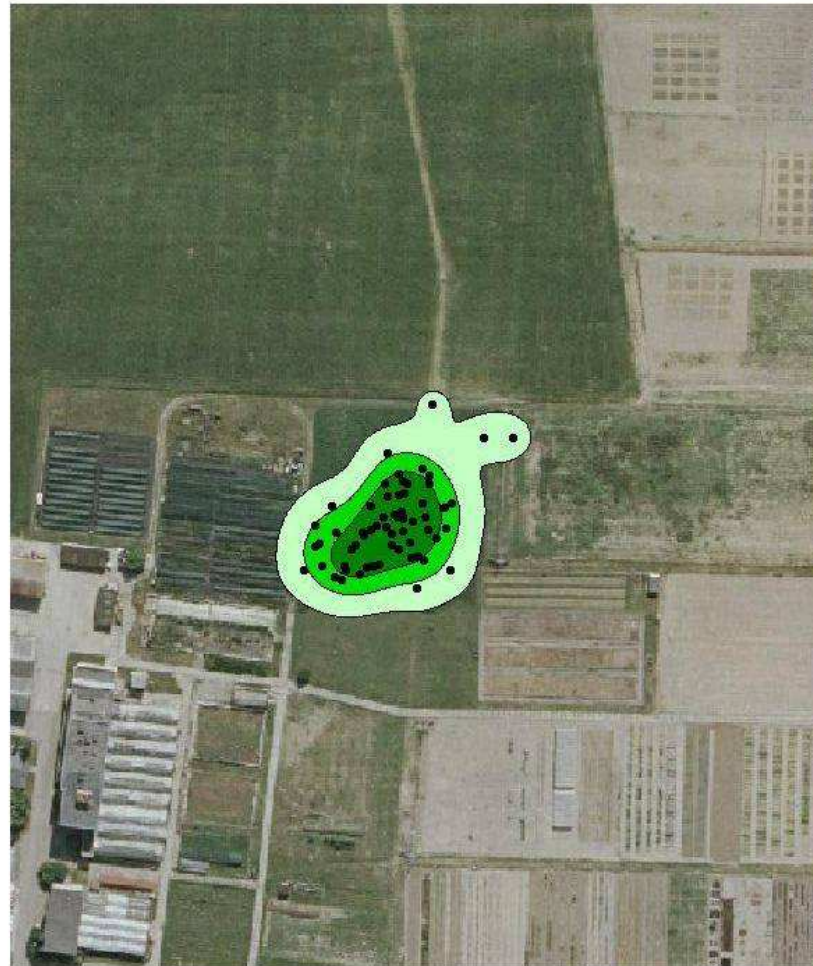
Confidence ellipse method



Harmonic mean method



Kernel method



- lokalizace
- 50% domovský okrsek
- 75% domovský okrsek
- 95% domovský okrsek

