

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie
Studijní obor: Biologie



Tomáš Peterka

**GPS telemetrie a měření aktivity se zaměřením
na sudokopytníky (*Artiodactyla*)**

GPS telemetry and activity measurement focused
on even-toed ungulates (*Artiodactyla*)

Bakalářská práce

Školitel: Prof. Ing. Luděk Bartoš, DrSc.

Praha 2012

Poděkování

Rád bych poděkoval svému školiteli Prof. Ing. Ludřkovi Bartošovi, DrSc. za zajímavé téma, vedení práce a četné rady. Za pomoc při experimentální části práce si poděkování zaslouží Francisco Ceacero Herrador Ph.D., Ing. Radim Kotrba Ph.D. a Vratislav Kšáda. Velké díky patří mým drahým přátelům. Barboře Lepkové za průběžnou korekturu a neustálou podporu. Bc. Martinovi Sládečkovi za rady ohledně statistiky. Děkuji i své rodině za podporu během přípravy práce a celého studia.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 23. srpna 2012

Tomáš Peterka

Abstrakt

GPS telemetrie je stále se rozšiřující metodou pro výzkum mnoha druhů živočichů. Poskytuje automatické sledování polohy a přidružených dat na velké vzdálenosti a často i ve velkém časovém měřítku. Během vývoje této metody doznaly i vědecké studie významných změn. Experimenty, které využívají tuto technologii, se zabývají sledováním výskytu, managementem a ochranou druhů, určením aktivity pattern sledovaných zvířat, odhadu chování na různých škálách atd. Často přítomné senzory aktivity slouží k determinaci projevů chování sledovaných druhů. V této práci jsou shrnuty základy VHF a GPS technologie. Na dostupných studiích velkých terestrických savců, sudokopytníků (*Artiodactyla*) a okrajově zástupců čeledi medvědovití (*Ursidae*) je poukázáno možné využití GPS technologie pro měření aktivity, postupy, omezení a výsledky studií. Na závěr představujeme experimentální přístup při měření aktivity jelena evropského (*Cervus elaphus*) a výsledky této pilotní studie.

Klíčová slova: GPS telemetrie, měření aktivity, GPS záznam polohy, jelen evropský, sudokopytníci, zápoj

Abstract

GPS telemetry is a recently expanding method for research on most animal species. It provides automatical scanning of position and related data on large distances and often on large temporal scale. The research studies has changed dramatically during the development of this method. Experiments using this technology deal with scanning of incidence, management and species conservation, activity pattern of controlled animals, estimation of behavior in various scales and so on. Activity sensors which are often included to GPS collars serve for determination of behavior of monitored species. In this thesis there are summarized basics of VHF and GPS technology. In available articles of great terrestrial mammals like even-toed ungulates (*Artiodactyla*) and marginally also bears (*Ursidae*) we show possible application of GPS technology for activity measurement, methods, restrictions and results of experiments. At the end we introduce experimental approach for activity measurement of red deer (*Cervus elaphus*) and results of the pilot study.

Key words: GPS telemetry, activity measurement, GPS fix interval, red deer, even-toed ungulates, canopy

Obsah

Úvod.....	5
1 Telemetrie.....	6
2 VHF (Very High Frequency)	7
3 GPS (Global Positioning System)	9
4 GPS obojky	11
4.1 Záznam aktivity	11
5 Experimenty prováděné na základě GPS telemetrie	14
5.1 Jelenovití (<i>Cervidae</i>)	14
5.1.1 Jelen evropský (<i>Cervus elaphus</i>).....	14
5.1.2 Los evropský (<i>Alces alces</i>).....	17
5.1.3 Jelenec běloocasý (<i>Odocoileus virginianus</i>)	17
5.1.4 Srnec obecný (<i>Capreolus capreolus</i>)	18
5.2 Turovití (<i>Bovidae</i>)	21
5.2.1 Muflon (<i>Ovis musimon</i>)	21
5.2.2 Tur domácí (<i>Bos primigenius f. taurus</i>).....	22
5.3 Medvědovití (<i>Ursidae</i>)	24
6 Odchytové metody	26
7 Vliv korunového zápoje na funkci GPS	27
8 Diskuse	29
9 Měření aktivity jelena lesního (<i>Cervus elaphus</i>) s pomocí GPS systému, představení pilotní studie	32
9.1 Popis experimentu a metody.....	32
9.2 Analýza	32
9.3 Závěr a doporučení	33
Závěr.....	34
Použitá literatura	35

Úvod

Znalost toho, čím se zvíře zabývá a na jakých místech, je nezbytná pro porozumění užívání habitatu a změn, které mohou nastat disturbancemi nebo predátory. Zvýšeným antropogenním vlivem na přírodní biotopy jsou omezeny prostorové a časové požadavky volně žijících živočichů. Porozumění časoprostorových aktivit a chování divoce žijících druhů je důležité pro management aktivit charakteru antropogenních disturbancí a tudíž pro ochranu samotných ohrožených druhů (Löttker et al., 2009). GPS telemetrie poskytuje velké množství kontinuálně zaznamenávaných dat o pohybu zvířat, které mohou být doplněny informacemi o chování, fyziologii a okolí. Pokrok v tomto odvětví nabízí velké příležitosti k zodpovězení mnoha behaviorálních a ekologických otázek.

Od druhé poloviny devadesátých let dvacátého století jsou telemetrické systémy na bázi GPS hojně využívány ke studiu mnoha živočišných druhů a mnoha aspektů jejich biologie. Na skupině velkých terestrických savců, jakými sudokopytníci bezpochyby jsou, je hojně sledováno diurnální i sezónní aktivita pattern, využívání rozdílných habitatů, měření aktivity a mnohé další parametry. Studie se často zabývají vyhodnocením záznamu signálu a jeho přesnosti přijímači, kterými jsou ve velké míře právě obojky. Moderní obojky navíc obsahují senzory k záznamu aktivity generující data, která mohou sloužit k odhadu chování. GPS technologie, která v poslední době dominuje konkurenčním principům, jako VHF apod., sebou přirozeně nese i některá omezení. Jedním z hlavních byla před svým zrušením selektivní dostupnost. Často používanou metodou k nápravě takových omezení je princip diferenciální korekce.

Cílem této práce je na základě dostupných publikací shrnout modely, výsledky a problémy experimentů, využívající GPS telemetrii, převážně k měření aktivity. Dále uvést popis a výsledky pilotní studie zabývající se měřením aktivity u jelena evropského (*Cervus elaphus*).

V prvních kapitolách je pro orientaci v následujícím textu krátce představen základní princip VHF a GPS technologií spolu s GPS obojky. Na několika druzích převážně z řádu sudokopytníků (*Artiodactyla*) jsou dále uvedeny metody, výsledky a postup studií. Krátce jsou zmíněny metody odchytu a efekt zápoje na záznam GPS signálu. Nedostatky studií, či rozpory a následná doporučení jsou uvedeny v diskusi. Na závěr představujeme experimentální přístup při měření aktivity jelena evropského a výsledky této pilotní studie.

1 Telemetrie

Slovo telemetrie je řeckého původu a ve volném překladu znamená dálkové měření. V obdobném významu jej dnes chápeme i my a označujeme jím technologii, která nám umožňuje měřit na velké vzdálenosti a přenášet data.

Dlouhodobý vývoj telemetrických metod umožnil využití této technologie i na poli přírodních věd. V oblasti biologie má telemetrie velký význam. Telemetrické systémy založené na různých principech (GPS, VHF) jsou používány k získávání podrobných informací o biologii živočichů. Dálkový záznam chování živočichů, fyziologie, a energetického stavu volně žijících zvířat je často souhrnně označován jako *biotelemetrie*. Metoda dovoluje vědcům v delším časovém úseku bez přerušení dokumentovat, jak živočichové, nerušení okolními vlivy, interagují s okolním prostředím a mezi sebou navzájem (Cooke et al., 2004). Telemetrické pokusy se zabývají výběrem habitatu, fyziologií, sociálními interakcemi, domovskými okrsky, migrací a pohybem v menším měřítku, jako je kupříkladu odhad jednotlivých projevů chování zvířat. Telemetrických systémů je několik, zde se však zmíníme o systému VHF a později se budeme věnovat hlavně systému GPS.

2 VHF (Very High Frequency)

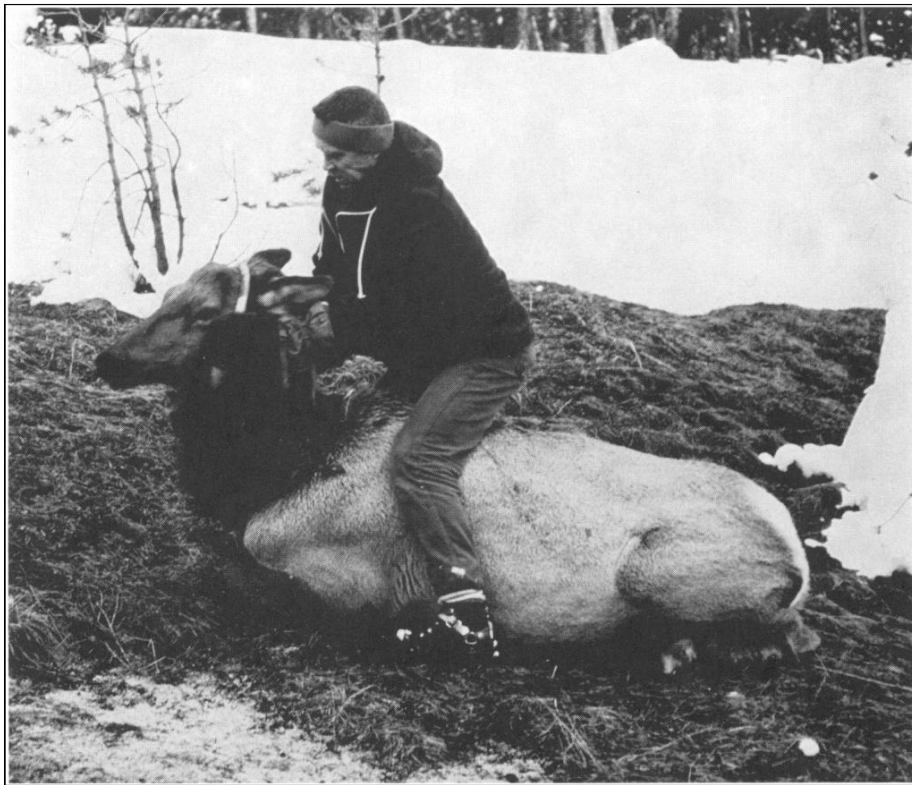
VHF radiotelemetrie začala být komerčně dostupná na konci 50. a počátku 60. let minulého století (Rodgers et al., 1996). Je to tradiční metoda, která se ale v posledních letech potýká s konkurenční technologií rozšiřujícího se satelitního systému (GPS).

K funkčnosti systému je potřeba několik zařízení. Prvním je takzvaný *transmitter*, neboli vysílač, který umožní vysílat signál. Dalším zařízením je *receiver*, tedy přijímač, který signál dokáže přijmout. Obě zařízení jsou vybavena anténami pro přenos rádiových vln a často zdrojem energie (Lotek Wireless Inc., 2012). Většinou je součástí i záznamové zařízení. VHF biotelemetrie se dříve ubírala klasickou cestou, kdy vysílač byl připevněn k sledovanému zvířeti často jako přístroj upevněný na obojku a přijímač měl obvykle ve svých rukou vědecký pracovník pokoušeje se zachytit signál hledaného jedince. Moderní vysílače jsou malé a flexibilní, dovolují sledování mnoha malých druhů živočichů, jako jsou myši, někteří ptáci a krabi (*Ocypode quadrata*) (Mech, 1983 in Turner et al., 2000). V dnešní době je možné snížit časové investice do kontinuálního zaznamenávání signálu pomocí zařízení jako je přijímací-registrační zařízení (angl. *receiver-datalogger*), které použili Coulombe et al., (2006) při záznamu aktivity několika jelenců běloocasých (*Odocoileus virginianus*) na ostrově Anticosti v Kanadě. Přístroj se umístí na známé místo a podle nastavení začne přijímat a nahrávat signál. Zařízení má obdélníkový tvar a je často umístěné v nějakém větším boxu spolu se zdrojem energie, baterií. Omezením přijímacích registračních stanic se zabývali Breck et al., (2006). Coulombe et al., (2006) stanici vybavili solárním panelem pro napájení. Vysílače byly součástí obojků, které jelencům nasadily po imobilizaci. Takové zařízení je výhodné i z ohledu záznamu signálů z více vysílačů. Vždy po určité době (podle nastavení) dokáže přeladit frekvenci na záznam signálu z dalšího sledovaného jedince.

Bylo zjištěno, že interpretace rovnoměrnosti signálu může být subjektivní a mnohdy ovlivněna jednotlivými zvířaty a okolním prostředím mezi vysílačem a anténou (Gillingham, Bunnell, 1985). V těžkém terénu je VHF telemetrie méně výkonná. Často kvůli dlouhým vzdálenostem mezi pozorovatelem a jeho objektem, nebo kvůli četné odrazivosti od skal a horských úbočí (Garrott et al., 1986).

Přes mnoho problémů které jsou i přes dlouho dobu vývoje s tímto typem telemetrie spojeny, si zachovává i několik předností, mezi které nepochybně patří cena, za kterou je možné vybavení pro experiment pořídit.

Řada autorů hlavně v minulých letech užívala technologii k vlastním experimentům. Aktivitu jelenců ušatých (*O. hemionus*) sledovali Relyea, Ortega, and Demarais (1994). Radio obojky užívali při měření aktivity wapiti Nelsonových (*Cervus elaphus nelsonii*) Naylor, Kie (2004). Kaczensky et al., (2006) používali radiotelemetrii při studiu medvědů hnědých (*Ursus arctos*), Georgii, Schröder (1983), Georgii (1981) na jelenech evropských (*C. elaphus*), Beier, McCullough (1988, 1990) na jelencích běloocasých, Craighead et al., (1973) studovali domovské okrsky a aktivity pattern u nemigrujících wapiti (*C. canadensis*). VHF telemetrii na slonech afrických (*Loxodonta africana*) používali Tchamba et al.,(1995).



Obrázek 1 Nasazování rádiového obojku přetáhnutím přes hlavu u wapiti (*Cervus canadensis*) imobilizovaného krátkodobým svalovým relaxantem (Craighead et al., 1973).

3 GPS (Global Positioning System)

Globální poziční systém (GPS) je navigační systém pracující na bázi satelitů. Poskytuje přesná data o poloze v reálném čase vybraným uživatelům. S určitými omezeními je však systém dostupný i široké veřejnosti (Lotek Wireless Inc., 2006). Původní název projektu je NAVSTAR GPS (*Navigation Signal Timing and Ranging Global Positioning System*), který byl zahájen v roce 1973 Ministerstvem obrany Spojených států amerických (Wells et al., 1969). Telemetrický systém založený na technologii GPS byl spuštěn v roce 1994, kdy došlo k umístění kompletní sestavy 24 družic na oběžnou dráhu země.

Systém je rozdělen do tří hlavních částí na kosmický, kontrolní, a uživatelský segment. Kosmický segment se skládá z 24-25 satelitů umístěných vysoko na oběžné dráze země. Satelity jsou rozděleny do 4 drah po 6 satelitech s oběžnou dráhou přibližně 12 hodin. Kontrolní segment obsahuje síť pozemních stanic pro monitoring a kontrolu, je zodpovědný za uchování časové normy systému a za výpočet přesné orbitální informace (efemerid¹) pro všechny satelity. Uživatelský segment se skládá z jednotlivých uživatelských přijímačů, volitelných uživatelských referenčních stanic a systému na diferenciální opravu vysílání (Rodgers et al., 1996; Lotek Wireless Inc., 2006),

V porovnání s jinými pozičními systémy fungujícími na bázi satelitů, jako je kupříkladu ARGOS, kdy je signál vysílán z uživatelského zařízení a pozice je vypočítána satelitem, je koncept GPS opačný (Lotek Wireless Inc., 2006). Každý satelit vysílá dva rádiové signály, které nesou informace k přijímačům o přesné poloze vlastního satelitu a přibližné hodnoty o rozmístění ostatních satelitů spolu s informací o čase a opravě atmosférického zpoždění (Rodgers et al., 1996). Poloha je v přijímači vypočítána na základě měření zpoždění šíření signálu a tedy ze vzdálenosti mezi přijímačem a satelity (Lotek Wireless Inc., 2006). V závislosti na počtu a konstelaci viditelných satelitů jsou rozlišovány tři kategorie přesnosti záznamu polohy. Jestliže jsou viditelné více jak 3 satelity, je záznam polohy 3-dimensionální (3D). Když je možné zachytit signál z právě 3 satelitů, je generován záznam 2-dimensionální (2D). Pokud je dostupný signál z méně než 3 satelitů, poloha nemůže být zaznamenána (Moen et al., 1996b; Zweifel-Schielly, Suter, 2007). 3D záznamy jsou průměrně více přesné než 2D (Moen et al., 1996b; Dussault et al., 2001; Sager-Fradkin et al., 2007). Dalším faktorem, zodpovídajícím za přesnost záznamu polohy je „oslabení přesnosti“

¹ V případě satelitů jsou za efemeridy označovány predikované polohy družic na oběžných drahách.

(angl. *dilution of precision, DOP*). DOP je měřítkem kvality geometrie satelitu. Čím je DOP vyšší, tím je přesnost záznamu horší. Satelity shluklé blízko u sebe poskytují menší přesnost a tedy vyšší hodnoty DOP (Moen et al., 1997; Adrados et al., 2002). Jak již bylo zmíněno, satelity vysílají dva široko spektrální signály. Prvním z nich je vysoce přesný „P kód“, který poskytuje přesnost v řádech centimetrů. Ten je ovšem vyhrazen pro vojenské účely a není pro většinu uživatelů přístupný. Druhým je „C/A kód“, umožňující civilní využití s přesností 25 metrů² (Rodgers et al., 1996).

I přes to, že je systém v mnoha ohledech velice přesný, může být zdrojem chyb. Projevit se můžou problémy jako: chyba satelitních hodin, odchylka pozice satelitu, chyba přijímače, chyba způsobená odrazem signálu z větších ploch, atmosférická chyba, a do května 2000 i odchylka nazývaná výběrová či selektivní dostupnost³ (angl. *selective availability, SA*) (Graves, Waller, 2006; Turner et al., 2000). Z důvodu národní bezpečnosti zavedlo Ministerstvo obrany USA politiku výběrové dostupnosti, která umožnila záměrně snížit přesnost civilního použití zavedením nepredikovatelného zkreslení satelitních hodin a chyb efemerid (Rodgers et al., 1996). Nicméně existuje metoda, která dokáže neutralizovat vliv selektivní dostupnosti, a také redukovat chyby způsobené průchodem atmosférou, tzv. ionosférické a troposférické zpoždění (Lotek Wireless Inc., 2006). Metoda diferenciální opravy (angl. *differential correction*) kompenzuje chyby tak, že hledá skutečný rozsah satelitu v daném čase. Toho se může docílit umístěním referenčního přijímače na vybrané místo a vypočítáním rozsahu chyb satelitů díky známým souřadnicím vybrané lokality. (Lotek Wireless Inc., 2006). Přesnost záznamu polohy GPS systémem a změny před a po eliminaci SA testovali Hulbert, French (2001). Pokus zabývající se vlivem diferenciální opravy na přesnost záznamu polohy GPS systému provedli Rempel, Rodgers (1997).

² Lotek Wireless Inc. (2006) uvádí 35 metrů bez omezení SA a bez přístupu k „P kódu“.

³ Selektivní dostupnost byla zrušena na počátku května 2000 nařízením presidenta USA Billa Clintona. Spojené státy nemají v úmyslu selektivní dostupnost ještě někdy znovu zavést (GPS.gov).

4 GPS obojky

Nejčastějším přijímačem signálu při telemetrickém výzkumu velkých savců, kopytníků jako jsou zástupci jelenovitých (*Cervidae*) nebo turovitých (*Bovidae*), jsou právě obojky. Od devadesátých let minulého století jimi bylo vybaveno mnoho druhů volně žijících zvířat. Byly upevňovány na jelence běloocasé (Bowman et al., 2000; Nelson et al., 2004; Coulombe et al., 2006; Kochanny et al., 2009), jeleny evropské (Blanc, Brelurut, 1997; Adrados et al., 2003; Zweifel-Schielly, Suter, 2007; Adrados et al., 2008; Löttker et al., 2009; Naylor et al., 2009; Sunde et al., 2009), srnce evropské (*Capreolus capreolus*) (Morellet et al., 2009; Gottardi et al., 2010; Rivrud et al., 2010; Heurich et al., 2012), losy (*Alces alces*) (Moen et al., 1996b; Moen et al., 1996a), medvědy hnědé (Obbard et al., 1998; Gervasi et al., 2006), medvědy grizzly (*U. arctos horribilis*) (Heard et al., 2008), japonský poddruh medvěda ušatého (*U. thibetanus japonicus*) (Kozakai et al., 2008; Yamazaki et al., 2008), muflony (*Ovis musimon*) (Bourgoin et al., 2008; Bourgoin et al., 2009) i na slony africké (Blake et al., 2001).

GPS obojky často neslouží „jen“ k záznamu polohy označeného zvířete. Součástí zařízení může být kromě záznamu polohy i senzor na měření teploty, senzor mortality a senzor aktivity (Lotek Wireless Inc., 2006). Přímou na obojku mohou být umístěna i další zařízení, jako je tzv. drop-off zařízení, které dokáže na signál obojek rozepnout. Na základě dat o poloze jedince a dat ze senzorů aktivity je možné detailněji odhadnout chování a aktivitu zvířat na větší vzdálenost.

4.1 Záznam aktivity

Informace o aktivitě jsou generovány dvouosým pohybovým senzorem (angl. *dual-axis motion sensor*), který je citlivý k vertikálnímu a horizontálnímu pohybu hlavy a krku. Aktivita je senzorem zaznamenána hodnotou pohybu, která je maximálně 255 (Turner et al., 2000; Ungar et al., 2005; Coulombe et al., 2006; Lotek Wireless Inc., 2006). Vertikální i horizontální senzory jsou složeny z válce obsahujícího drobnou kuličku. Když se kulička dotkne podstav válce, dojde k záznamu. Integrovaný datový záznamník (angl. *datalogger*) registruje počet zásahů za daný časový interval (Coulombe et al., 2006). Senzory jsou v obojku umístěny kolmo na sebe, s delšími osami rovnoběžně k zemi (Ungar et al., 2005). První pokusy se senzory aktivity byly na obojcích GPS 1000 (Lotek Wireless Inc.)

(Moen et al., 1996a; Adrados et al., 2003)⁴. Pohybové senzory získávají data během konstantní doby záznamu aktivity (angl. *activity-sampling period*). Doba záznamu aktivity, stejně jako interval záznamu polohy (GPS fix) jsou volně nastavitelné. GPS fix interval se může pohybovat od 5 do 360 minut a doba záznamu aktivity může být nastavena mezi 1 a 60 minutami, ale zpravidla ne větší než (GPS fix interval – 1). Data o aktivitě jedince mohou být uloženy jako horizontální a vertikální hodnoty pohybu od posledního záznamu o aktivitě, nebo jako průměrné hodnoty všech period záznamu aktivity od posledního GPS fix intervalu (Ungar et al., 2005). Coulombe et al., (2006) popisují záznam dat rozdílně u obojku série 1000. Když je GPS fix interval delší než interval záznamu aktivity, je zaznamenaná aktivita zprůměrována za dobu celého intervalu záznamu polohy. Novější GPS obojky dovolují tedy zaznamenávat data o aktivitě z obou senzorů jednotlivě a ve zvoleném intervalu. Nedochází ke zprůměrování hodnot za celý GPS fix a data jsou rozdělena pro každý senzor zvlášť.

Po získání obojku zpět od zvířete se data uložená v obojku stahují do počítače. Data obsahují souřadnice zaznamenaných pozic a doplňující informace jako je nadmořská výška, datum, čas, okolní teplota, hodnoty senzorů aktivity a informace související se satelity (Ungar et al., 2005).

S obdobnými senzory aktivity umístěnými taktéž v obojcích pracuje i telemetrický systém ETHOSYS, který začali používat Scheibe et al., (1998 in Pépin et al., 2006a). Součástí obojku jsou také dva senzory, jeden pro zrychlení pohybu a druhý pro sledování pozice hlavy (Löttker et al., 2009). Langbein et al., (1998) použili systém ke sledování chování kolem porodu (angl. *periparturition*) u volně žijících muflonů. Pomocí ETHOSYS sledovali časový rozvrh a cirkadiánní pattern aktivity jelena evropského Pépin et al., (2006b), diurnální⁵ a ultradiánní⁶ rytmy také Berger et al., (2002).

Novou techniku používající pohybové senzory, tzv. akcelerační registrační zařízení (angl. *acceleration-datalogger*), vyvinuli (Watanabe et al., 2005) a otestovali její funkčnost při monitoringu detailního chování u kočky domácí (*Felis catus*).

⁴ Coulombe et al., (2006) uvádí, že GPS obojky série 1000 byly použity i v pokusech, které prováděli Turner et al. (2000). Ti se však zmiňují pouze o sérii 2000. Výzkum prováděli na skotu, stejně jako Ungar et al. (2005), kteří měli také sérii 2000.

⁵ Diurnální, nebo též cirkadiánní rytmy jsou takové, které probíhají v periodě zhruba jednoho dne.

⁶ Ultradiánní rytmy jsou události trvající zpravidla kratší dobu než 24 hodin. Obvykle v řádech hodin a minut.

GPS obojky vyrábí více firem. Jejich srovnáním se zabývali Hebblewhite et al., (2007), Hansen, Riggs (2008), Di Orio et al., (2012). Hebblewhite et al., (2007) zjistili, že pravděpodobnost záznamu polohy se mezi různými obojkami liší. U obojků Lotek bylo výrazné i použití různých sérií, pravděpodobně kvůli počtu kanálů, které obojek obsahuje. Lotek 2200 je 8 kanálový přijímač a 3300 používá 12 kanálů. Počet kanálů udává, kolik signálů simultánně je přijímač (obojek) schopen zachytit (Turner et al., 2000; Adrados et al., 2002).

Z toho vyplývá, že obojek s více kanály bude poskytovat přesnější záznam pozice, jak změřili Hebblewhite et al., (2007). Rodgers et al., (1996) pracovali s obojkami o šesti kanálech a takové obojky považují jako trade-off mezi záznamem polohy a zdrojem energie (baterie). Čím větší počet kanálů, tím delší dobu může výpočet polohy trvat, a mohlo by to tedy mít vliv na stav baterie a celkový počet záznamů. Recentně jsou však běžně používány obojky vybavené 12 kanály (Cargnelutti et al., 2007; Sager-Fradkin et al., 2007; Morellet et al., 2009). Jednu z prvních studií s GPS obojkami provedli Rodgers et al., (1996). S ohledem na dobu vzniku může studie pro nás obsahovat mnoho nepřesností, avšak zároveň poskytuje informace, které jsou i dnes aktuální.



Obrázek 2 GPS obojek Lotek serie 3300 (Lotek Wireless Inc. 2006)

5 Experimenty prováděné na základě GPS telemetrie

V této kapitole probereme několik příkladů, které využívají GPS telemetrii pro mapování pohybu zvířat jak na velkém tak i na menším měřítku, tedy pohyb živočichů registrovaný GPS záznamem polohy a také hodnotou aktivity, měřenou senzory aktivity zakomponovanými do přijímače (obojku), který je možné upevnit na vybraného jedince. Převážně půjde o to, poukázat na možné přístupy měření aktivity a jejich výsledky, případně problémy. Již v obecném pojednání jsme představili celou škálu druhů, na kterých obdobné výzkumy probíhají. V tomto textu se zaměříme s ohledem na experimentální kapitolu této práce hlavně na řád sudokopytníků (*Artiodactyla*) a na závěr zmíníme i několik studií provedených na medvědech. Kapitola je rozdělena podle jednotlivých čeledí. Proto tedy jednotlivé podkapitoly nesou následující názvy: Jelenovití (*Cervidae*), Turovití (*Bovidae*), Medvědovití (*Ursidae*).

5.1 Jelenovití (*Cervidae*)

5.1.1 Jelen evropský (*Cervus elaphus*)

Rumble et al., (2001) porovnávali data, která získali z VHF a GPS telemetrie, zároveň však měli k dispozici hodnoty o chování jedinců ze senzorů aktivity. GPS obojky, které umístili na 2 laně, přenášely data na větší vzdálenost do záznamové jednotky. Naprogramovány byly tak, že záznam polohy probíhal třikrát ve třech dnech z týdne. Kvůli nesprávnému fungování těchto obojek později použili odlišné s ukládáním dat přímo v obojku (angl. *store-on-board GPS collars*) a záznamem polohy 6-12 krát každý den. Pro zpětné získání obojek z pozorovaných jedinců využili drop-off zařízení. Průměrná úspěšná hodnota získání určení polohy (Fix), které dosáhli, byla 88%. 3D lokací z celkového počtu bylo 70 %. Získávání dat dálkově z obojek shledává studie jako obtížné. Autoři se domnívají, že signál byl blokován, když se laně pohybovaly mezi vzrostlými stromy, což způsobovalo ztrátu komunikačního spojení. Pomocí senzorů aktivity odhadli, že ve 40 % GPS fix se jedinec pásal. Více času zvířata trávila pastvou na travnatých porostech (angl. *grassland*) než odpočinkem jak během denní, tak i noční doby. Neúspěch při získání GPS fix byl častější, když laně ležely, a spíše ve dne, než v noci.

Adrados et al., (2003) studovali výběr habitatu kopytníky na malém měřítku. Obojky, které k výzkumu používali, byly Lotek, serie 1000 s osmi kanály, v diferenciálním módu (viz. diferenciální oprava, kap. GPS). Ověřovali individuálně založenou relativní metodu

(angl. *individual-based relative method*) použitím hodnot z GPS senzorů aktivity k rozlišení mezi aktivním a neaktivním chováním. Pro každého jedince použili grafickou metodu, kdy vynesli celkovou hodnotu aktivity proti času k rozlišení aktivních a neaktivních bodů. Hypotetická linie (L_0) střední aktivity za 24 hodin stanovila referenční gradient (A_0). Pozorovaný gradient mezi dvěma následujícími body (A) byl porovnán s A_0 . Jedinec byl považován za aktivního pokud $A > A_0$ a neaktivního jestliže $A < A_0$. Střední aktivitu vyhodnotili tehdy, pokud A nemohlo být odlišeno od A_0 . Vždy je nutné provést kalibraci pro každého jedince a sezonu, protože pozice obojku na krku a utažení se může měnit. Například u samců během říje, kdy se výrazně zvětšuje obvod krku (Adrados et al., 2003). Data ze senzorů aktivity byla porovnána s daty z přímého pozorování. Přímé pozorování jim dovolilo rozlišit aktivní chování (pastva, pomalý pohyb) a neaktivní (stání, přežvykování, spaní a komfortní chování [angl. *grooming*]). Zaznamenali čas a trvání každého chování. Později rozdělili periody pozorování do po sobě jdoucích 10min. úseků porovnatelných s těmi z obojků. Pokud laně byly $> 60\%$ intervalu aktivní, byl interval prohlášen za aktivní, inaktivní když $< 40\%$ času byly aktivní a za střední pro zbylých 40-60%. Pro pozorování použili 4 krotké laně, které vybavili obojky, a vypustili je do výběhu. GPS fix interval byl u pozorovaných zvířat nastaven na 5, 10 a na 15 minut. Pozorování aktivity bylo prováděno buď z pozorovací věže/posedu (angl. *watchtower*) anebo z bezprostřední blízkosti. Pro další analýzu zvolili 3 divoče žijící zvířata, která měla interval záznamu polohy každých 10 minut. Metoda dovolila správně klasifikovat aktivní/neaktivní záznamy polohy (82-97 % shody, což závisí na použitém intervalu záznamu polohy).

Funkci a přesnost GPS obojků na jelenech ve skalnatém alpínském terénu studovali Zweifel-Schielly, Suter (2007). Zaměřili se na vliv topografie, vegetace a samotného chování zvířat na účinnost GPS. Součástí dále bylo posouzení přesnosti 2D pozic a srovnání funkce mezi kontrolními – stacionárními obojky a těmi umístěnými na zvířata. Měli k dispozici dvanáctikanálové nediferenciální GPS obojky TVP, které umístili na několik jedinců jelena evropského a také na vybrané místo ke stacionárnímu testu. Funkce GPS byla charakterizována pomocí konstantně vysokých hodnot získání pozice (*position acquisition rate, PAR*), zároveň ale relativně nízkou přítomností 3D pozic. Zastoupení 3D pozic bylo nižší v lese než v otevřené krajině a druhová skladba jednotlivých lesních celků měla jen malý vliv. Vyšší PAR a větší zastoupení 3D pozic bylo při stacionárním testu než při upevnění na jelena, což pravděpodobně odráží vliv chování zvířat. Tento předpoklad podporuje fakt, že lepší schopnost GPS byla pozorována u mobilních obojků v noci, než během dne. To, že PAR

nebylo výrazně ovlivněno hornatým terénem, odráží vývoj v GPS, zatímco pokles 3D pozic ukazuje, že pravděpodobná dostupnost 4 satelitů (minimální počet k záznamu 3D fix) ve stejném čase je omezen topografií.

Adrados et al., (2008) studovali mikrohabitatovou variabilitu a trvání jednotlivých úseků odpočinku. 7 volně žijících dospělců jelena evropského bylo vybaveno GPS obojky Lotek serie 1000 v diferenciálním módu se senzory aktivity. Nahrávání probíhalo po třicet 24-hodinových period s intervalem záznamu 10 min. Protože se jim nepodařilo určit konkrétní chování během aktivity, rozlišovali jen úseky odpočinku. Metoda, kterou použili, byla obdobná, jako v předešlé studii, popsané výše (Adrados et al., 2003). Zjistili, že doba věnovaná odpočinku byla kratší během noci a od června do října a nijak se nelišila mezi pohlavími. Místa denního odpočinku obsahovala více opadanky (angl. *litter*). Samice používaly strmější svahy k odpočinku než samci. Rozdíly mezi nočními a denními kryty, které autoři zpozorovali, napovídají, že vysoká zvěř čelí trade-off mezi pastvou a krytem.

Löttker et al. (2009) se přímo zabývali kalibrací dat z GPS obojků vybavených senzory aktivity podle pozorovaného chování. Senzory aktivity, jak byly popsány v předešlé kapitole, poskytují několik informací o pohybu živočichů. U obojků Lotek a Vectronic poskytují hodnoty aktivity ve vertikálním (Y) a horizontálním (X) směru s maximální hodnotou 255, jak již bylo uvedeno výše. Přítomná může být kategorie „Head“ určující kolik procent intervalu byla hlava jedince v dolní pozici a často také kategorie XY, což je součet uvedených hodnot pohybu. Autoři vybavili 4 jedince (3 laně a jelena) GPS-GSM⁷ obojky Vectronic a poté pozorovali jejich chování. Data byla nahrávána 6-8x za sekundu a výsledná hodnota aktivity byla shromážděna a zprůměrována v časovém intervalu, mezi dvěma po sobě jdoucími intervaly aktivity. V tomto experimentu byl interval pětiminutový. Obojky se nelišily v technologii (senzory aktivity), ale ve hmotnosti. Hmotnost se pohybovala od 600 g do 900 g s tím, že nejlehčí obojky připadly juvenilním samicím a nejtěžší samcům. Obojek pro samce byl také vybaven drop-off zařízením. Specifické mezní hodnoty stanovili mezi třemi kategoriemi chování (odpočinek/pastva + pomalý pohyb/rychlý pohyb). Rozdíly mezi pastvou a pomalým pohybem byly průkazné jen v X hodnotách, ale nikoliv v Y. Obě kategorie se však významně lišily od odpočinku a rychlého pohybu.

⁷ GPS-GSM. Údaje o poloze jedinců vybavených tímto systémem jsou prostřednictvím serveru Vectronic Aerospace GmbH e-mailem zasílány v periodě zhruba osmi hodin (závislé na pokrytí signálem), (Dvořák, 2012).

5.1.2 Los evropský (*Alces alces*)

Cílem studie, kterou provedli Moen et al., (1996a), bylo kalibrovat získané hodnoty aktivity z GPS obojků pomocí informací získaných pozorováním. Autoři použili GPS obojky Lotek série 1000 se senzory aktivity (popsané výše). Na juvenilní laň umístili prototyp obojku 1000 v nediferenciálním módu a později na 6 volně žijících jedinců upevnili diferenciální obojky. Experiment byl prostorově oddělený a laň se nacházela ve státu Aljaška, zbylí jedinci pocházeli z Minnesoty. Pozorování probíhalo u samotné laně každý den, 3 až 16 po sobě jdoucích hodin ze vzdálenosti menší než 30 m. Interval záznamu aktivity byl totožný s GPS fixem, tudíž nedocházelo k průměrování aktivity za GPS fix interval. Počátek každého chování (ležení, ležení a přežvykování, pastva, pohyb, stání, a další) byl nahráván na kazetový záznamník. Později byly nahrávky přepsány k určení aktivně stráveného času během intervalu záznamu aktivity. Záznam aktivity a polohy u volně žijících zvířat probíhal v rozvrhu 10 minut, jeden den v týdnu. Později dvakrát v týdnu. Ostatní dny byl záznam polohy jednou za čtyři hodiny. V těchto dnech byl záznam aktivity nahráván taktéž po deseti minutách, jen byl zprůměrován za čas GPS fixu, tedy 4 hodiny. Hodnoty aktivity byly nižší pro volně žijící losy, než pro pozorovanou laň, protože obojky měli umístěné výše na krku a více utažené. Tudíž nebylo možné hodnoty aktivity z přímého pozorování využít při kalibraci hodnot ze senzorů aktivity. Použití hodnot aktivity je možné s intervalem 10 minut, nebo menším a bez průměrování hodnot. Možné průměrování je jen v intervalech do hodiny, nebo méně.

Moen et al., (1996b) testovali GPS obojky Lotek 1000 při vypočítání polohy. Obojek umísťovali pod různé typy vegetačního krytu a porovnávali polohu zaznamenanou obojkem k diferenciálně opravené poloze. Tím, že obojek umístili na volně žijící losy, se snažili určit, jak výběr vegetačního krytu, pohyb obojku a jeho orientace ovlivňují GPS polohu. Pokus ukázal, že v otevřené krajině nebo v oblasti s malým zápojem je 95% pokusů o záznam polohy úspěšných (počítány i opadavé lesy v zimním období). Ve zcela zapojených oblastech, jehličnatých nebo listnatých ve vegetačním období, je to zhruba 60% pokusů. Zjistili, že pohyb zvířete během doby záznamu pozice jej nijak neovlivňuje.

5.1.3 Jelenec běloocasý (*Odocoileus virginianus*)

Bowman et al., (2000) zjišťovali, jestli chování zvířat s obojky nebo charakteristika vegetace může ovlivnit přesnost záznamu polohy. Obojky umístili na pět jelenců běloocasých vypuštěných do výběhu a pozorovali je ze stacionárního posedu. Zaznamenávali chování jelenců, pozici hlavy, a polohu, kdy mělo dojít k GPS záznamu pozice. K záznamu polohy

došlo v 85 % všech případů. Na data nebylo možné uplatnit diferenciální korekci. Určili, že přesnost obojek není ovlivněná pozicí hlavy, ale chováním. Pokud zvířata leží, mají obojky menší úspěšnost při získávání GPS fixu. Když jsou obojky blíže zemi, je větší pravděpodobnost, že nastane nějaké vizuální omezení. Nejnižší chybou záznamu polohy trpí obojky na zvířatech v pohybu. Obojky mají pravděpodobně větší šanci získat nejlepší možnou konstelaci satelitů k záznamu. To podporuje i fakt, že pohybující se jedinci měli průměrně nejvyšší hodnotu DOP v záznamu polohy.

Coulombe et al., (2006) používali obojky VHF i GPS telemetrických systémů. Cílem studie bylo ověřit použití pohybových senzorů k odhadu aktivity volně žijících velkých herbivorů. Chtěli také ověřit schopnost, jak hodnoty generované GPS pohybovými senzory odpovídají uspořádání denní aktivity volně žijících jedinců. Pracovali s dvouosými pohybovými senzory v GPS obojkách (Lotek 2200 R) a s jejich obdobným provedením ve VHF. Záznam aktivity u GPS senzorů byl v intervalu 4 minut. GPS fix byl nastaven na 5 minut a záznam aktivity probíhal 4 předcházející minuty. Pozorování 8 kolouchů ve velkém výběhu probíhalo ráno a odpoledne ze čtyřmetrové pozorovací věže. Čas a typ každého chování během pozorování (4 kategorie; pastva, pohyb, stání, odpočinek) byl zaznamenáván na kazetový záznamník. Pro následnou analýzu a stanovení prahových hodnot byly použity takové intervaly aktivity, ve kterých byla zastoupena jen jedna kategorie chování. Později monitorovali 16 volně žijících samic s fix intervalem dvě hodiny a záznamem polohy opět 4 minuty, které byly zaznamenány těsně před fixem. Jelenci, kteří se věnovali pastvě, stáli, nebo se pohybovali, byli klasifikováni jako aktivní, zatímco odpočívající jako inaktivní. Při porovnání přesnosti dat ze senzorů s pozorováním určili správně 74 % (VHF) a 88 % (GPS) z pozorovaného chování.

5.1.4 Srnec obecný (*Capreolus capreolus*)

Morellet et al. (2009) se zabývali vlivem odchyty na chování a aktivitu volně žijících srnců. Výzkum prováděli na 112 jedincích s GPS obojky během 50 dní po vypuštění. Odchyt byl prováděn v zimních měsících během rozsáhlých honů s 30-100 honci. Zvířata byla odchyťována do sítí až 4 kilometrové délky umístěných na jednom z deseti odchyťových míst. Když se jedinec chytl, minimálně dva lidé jej vyprostili ze sítě a umístili do dřevěného boxu s minimem prostoru (prevence zranění a stresu), dostatečnou ventilací a absencí světla. Tato manipulace trvala několik minut (<10). Po ukončení samotného odchyty shromáždili (pomocí aut) všechny boxy na místo pro značení. Zvířata byla opět před vypuštěním manipulována. Nasadili jim obojky (12 kanálové GPS Lotek 3300), ušní známky a měřila se jejich hmotnost,

délka zadní končetiny (angl. *foot*), zjišťovalo se pohlaví a zařazovali je do věkových tříd. Celkový čas manipulace (od odchyty do vypuštění) trval několik hodin. Jako maximální čas autoři uvádí 416 minut. Obojky zaznamenávaly GPS fix každé 4 hodiny, nebo každých 6 hodin (v další části experimentu). Ke zvýšení přesnosti dat použili diferenciální korekci. K záznamu aktivity používali pohybové senzory, které generovaly hodnoty X, Y a HD (head, stejně jako Löttker et al. [2009]). Interval záznamu aktivity byl pět minut. Patrné byly rozdíly v prostorovém chování, aktivitě a užívání habitatu mezi prvními deseti dny po vypuštění a následujícími dny⁸. Jako reakci na odchyt a manipulaci vyhledávali jedinci úkryt, ve kterém vyčkávali, než se navrátili zpět. Úkryt byl často v lesních porostech, nebo v jejich blízkosti a daleko od disturbancí způsobovaných lidmi. Odchyt a manipulace má menší vliv na prostorové chování juvenilních jedinců, než dospělců. Rozdíly byly patrné i mezi pohlavími. Následky odchyty mohou vyústit i v redukci příjmu potravy.

Gottardi et al. (2010) chtěli posoudit přesnost GPS obojků k odhadu aktivního a inaktivního chování u srnce. Pozorovaná aktivita byla korelována s třemi proměnnými (X, Y, HD), které byly generovány senzory aktivity. Obojkem Lotek série 3300 vybavili 3 krotké srnce (samce a dvě samice). Dále použili další dva sety dat z divokých zvířat vybavených totožným obojkem. První set obsahoval dospělé 3 samce a 3 samice, kteří obývali lesnatou oblast. Druhý set se skládal ze 4 samic a 1 samce, kteří pocházeli ze zemědělské krajiny. Záznam aktivity probíhal v pětiminutovém intervalu. K posouzení pohybů na malém měřítku použili 24 hodinovou periodu s GPS fixem každých 10 minut. Krotká zvířata byla pozorována z pozorovací věže na maximální vzdálenost 80 metrů. Jeden pozorovatel sledoval jedno zvíře a nahrával na diktafon začátek každého chování (pastva, stání, ležení, pohyb, a ostatní). Data z diktafonu byla posléze přepsána k určení procentuální délky každého chování v pětiminutovém intervalu. Pastva, pohyb a ostatní chování byly označeny jako aktivní a stání a ležení jako inaktivní chování. Autoři zjistili vysokou interindividuální variabilitu v rozsahu proměnných, což vysvětlují jako možný následek rozdílného umístění a utažení obojku na krku jedince. 75 % dat pro krotká zvířata bylo použito k vytvoření lineárního diskriminačního modelu aktivity. Vytvořili 6 diskriminačních modelů. Interval byl považován za aktivní, pokud jedinec strávil alespoň 30 % aktivně, později 40 %, 50 %, a tak dále až do 80 %. Poté vynesli poměr správně posouzených intervalů proti použitému časovému omezení a dostali diskriminační model, kterým otestovali zbylých 25 % dat. Později byl model použit i na

⁸ Quinn et al., (2012) se zmiňují o potřebě 14 dní u jelenců běloocasých, než se pohybové hodnoty po odchyty vyrovnají s těmi před odchytem. Blanc, Brelurut (1997) zjistili 40% pokles pastevní aktivity u laní jelena lesního během prvních osmi dnů poté, co byly vybaveny obojkem.

vzorek zvířat z volnosti. Zde ale vyhodnocovali i vzdálenost mezi dvěma následujícími fixy. Pomocí diskriminačního modelu dokázali správně predikovat aktivní chování v 67-92 % a inaktivní v 96-99 % případů.

Heurich et al., (2012) se ve své studii na srncích snažili kalibrovat data získaná z pohybových (akceleračních) senzorů s pozorovaným chováním. Dva roční samce vybavili GPS-GSM obojky Vectronic série 3000 s pohybovými senzory. Jedinci byli chováni spolu se šesti dalšími ve výběhu velikosti 0,1 ha⁹. Pozorování probíhalo obdobnou metodou jako ve studii popsané výše (Lötker et al., 2009). Autoři rozlišovali čtyři kategorie chování: odpočinek, krmení, pomalý a rychlý pohyb. X, Y a XY hodnoty z aktivity senzorů se významně lišily pro všechny kategorie kromě pastvy a pomalého pohybu. Pro tyto kategorie byl rozdíl v X a XY hodnotách, nikoliv však v hodnotách Y. Hraniční hodnoty k rozlišení chování byly tedy stanoveny mezi odpočinkem a pastvou/pomalým pohybem a mezi pastvou/pomalým pohybem a rychlým pohybem. I přesto, že podle autorů je chování srnčí zvěře méně konzistentní než vysoké, procento správně posouzených intervalů bylo obdobné jako v minulé studii s jeleny (zde 92 % a 93 % pro vysokou). Při porovnání prahových hodnot (angl. *threshold values*) mezi jeleny a srnci autoři poukazují na vyšší hodnoty u jelenů. Je tedy patrné, že prahové hodnoty nemohou být volně aplikovatelné na jiné druhy, ale musí být opět nakalibrované pro každý druh zvlášť. Omezením studie je bezpochyby to, že autoři použili pro experiment pouze dva jedince stejného věku a pohlaví. Ospravedlněním však může být ne tolik výrazný sexuální dimorfismus u srnců (menší paroží a menší rozdíly ve velikosti a váze mezi samci a samicemi) jako u jelenů. Nejvýraznější chyba, která mohla výzkum ovlivnit je pravděpodobně velikost a prostředí výběhu. Autoři uvádí, že zde nebyly umístěné žádné stromy ani keře, což bránilo typickému okusu. Náhradu tohoto projevu měla poskytnout doplňková strava umístěná ve vědrech do větší výšky.

⁹ Výběh 0,1 ha (10 krát 10 metrů) se jeví jako velice omezený pro držení šesti srnců. Plocha, která je zde dostupná pro každého jedince omezuje projevy jeho přirozeného chování a může velice ovlivňovat výstupy experimentu. Dalším hlediskem zde bezpochyby bude welfare zvířat, tedy „pohoda“ chovu samotného. Stísněný prostor je pro srnčí zvěř, která je navyklá pohybovat se po rozsáhlých okrscích omezujících a nedovoluje naplnění základních biologických potřeb. V obdobných experimentech jsou velikosti výběhů pro menší počet zvířat minimálně čtyř až pětinašobné (0,4 ha, Gottardi et al. 2010; 2x 0,4 ha, Coulombe et al., 2006; 2,5 km²!, Moen et al., 1996).

5.2 Turovití (*Bovidae*)

5.2.1 Muflon (*Ovis musimon*)

Bourgoin et al. (2008) studovali, jak environmentální podmínky a reprodukční periody životního cyklu formují měsíční aktivitu pattern volně žijících muflonů. Konkrétně analyzovali diurnální aktivitu, délku a počet aktivních úseků. Odchytili 14 samic, které posléze vybavili GPS obojkem Lotek 3300S (opět totožné senzory aktivity jako v popsáných studiích). Jelikož je přímé pozorování ve studované oblasti obtížné, obojky upevnili na další čtyři samice, které pozorovali v přírodním parku a aktivitu nahrávali na kazetový záznamník. Používali hodiny synchronizované s časem na GPS. Tímto způsobem kalibrovali hodnoty aktivity z přímého pozorování. Zvířata rozlišovala jako inaktivní, když ležela (spaní, přežvykování, odpočinek), nebo jako aktivní (pastva, stání, přesun, a ostatní aktivity jako drbání atd.). Pro vyhodnocení kalibrace používali intervaly, které obsahovaly jen jeden typ daného chování. Lineární diskriminační analýza dovolovala rozdělit pozorování na aktivní a neaktivní, podle hodnot senzorů aktivity. Vypočítali model na náhodném 50% vzorku dat. Poté jej aplikovali na zbývající vzorek a sledovali zastoupení správně posouzených intervalů. Po kalibraci spočítali nový model s celým vzorkem dat a ten aplikovali na data ze 14 jedinců. Denní a diurnální aktivita, stejně tak jako délka aktivních úseků se snížila během horkých letních měsíců. Takové změny dovolují živočichům snížit výdaje na termoregulaci. Denní aktivita i počet úseků aktivity se zvýšily během jara, kdy mají samice přístup ke kvalitnější potravě, která umožňuje rychlejší trávení a kdy by měli směřovat vysoké energetické nároky směrem k reprodukci.

Bourgoin et al., (2009) se ve své pozdější studii, také na muflonech, snažili posoudit environmentální a behaviorální aspekty, které ovlivňují úspěšnost GPS fixu. Pro zjištění vlivu chování a typu habitatu na pravděpodobnost získání fixu (angl. *probability of acquiring a fix, PAF*), použili několik setů GPS dat z volně žijících zvířat. Použité obojky byly Lotek GPS 3300S. Senzory aktivity a senzory zaznamenávající okolní teplotu byly použity ke zjištění vlivu chování a teploty na PAF. Predikován byl negativní vliv teploty na PAF (nízké hodnoty během extrémních teplot). Při stresujících klimatických podmínkách kopytníci často vyhledávají kryt. Stejně negativní vlivy byly předpokládány i v souvislosti, kdy se GPS obojek přiblíží k zemi, a když mufloni vyhledávají během léta stín pod korunovým zápojem nebo skalními převisy. Použitím pastí autoři postupně odchytili 16 samic. Rozvržení GPS fixu bylo 20 minut ve dvou dnech, jednou až třikrát za měsíc. Záznam polohy byl později

diferenciálně opraven. Senzory aktivity byly totožné s jinými studii a záznam aktivity byl v rozsahu 5 minut. K rozlišení aktivity byl použit model z předchozí studie, a kategorie chování byly taktéž zachovány. Použitím modelu bylo správně klasifikováno 85,4 % aktivních a 87,3 % inaktivních intervalů. Později byl model aplikován na data z patnácti jedinců (jeden senzor přestal fungovat). Později byla zvířata pozorována. Průměrně 19 % intervalů nebylo zaznamenáno. Experiment ukázal, že za průměrné teploty byla PAF nižší, když samice odpočívaly, než když byly aktivní. Za nižších teplot nebyl rozdíl patrný. Vegetace výrazně ovlivňuje PAF, která byla nejvyšší v otevřeném prostoru a nejnižší ve stálezelených dubových lesích.

5.2.2 Tur domácí (*Bos primigenius* f. *taurus*)

Turner et al., (2000) monitorovali využití pastvin a chování skotu pomocí GPS a GIS (*geographic information system*). Sedm krav bylo vybaveno GPS osmikanálovými obojky Lotek 2000 se senzory aktivity a teploty. Obojek byl na skot upevněn během několika minut při manipulaci v odchytové kleci (angl. *squeeze chute*). Data z obojků byla ke zvýšení přesnosti posléze diferenciálně opravena. Interval GPS fixu byl nastaven na 5 minut, zatímco interval pro záznam aktivity byl 4 minutový. Zvířata byla ze vzdálenosti pozorována po 4 osmihodinové úseky. Chování bylo za každý interval charakterizováno jako aktivní (pastva) nebo neaktivní (stání, ležení). Hodnoty aktivity ze senzorů byly za čtyřminutový interval sečteny a data byla analyzována pro zjištění korelace a rozdílů mezi obojky a pozorovanou aktivitou. Finální analýza byla provedena jen s 5 obojky, protože zbylé dva měly problémy se sběrem dat. Data byla neúplná, obojky selhaly v záznamu dat a posléze i ve stažení k dalšímu zpracování. Určení prahových hodnot mezi chováním autoři provedli metodou „pokusu a omylu“¹⁰. Autoři provedli také statický test, kdy obojek připevnili na dřevěnou konstrukci do výšky jednoho metru na známé souřadnice. Interval záznamu byl taktéž pětiminutový. Pozdější analýza byla použita k určení chyby odhadu lokace. Statický test ukázal, že 95 % záznamu polohy s diferenciální korekcí se nacházelo v okruhu osmi metrů. Autoři našli rozdíly mezi hodnotami z obojků při stejném pozorovaném chování a výsledek přikládají tomu, že obojky nebyly pravděpodobně stejně upevněny na zvířeti. Pro součet hodnot senzorů byla stanovena mezní hodnota 200 (<200 jako inaktivní a >200 aktivní chování). Pomocí tohoto systému správně posoudili 94,8 % aktivního a 91,7 % inaktivního chování.

¹⁰ Autoři metodu komentují nedostatečně, v porovnání s předešlými publikacemi. Podle popisu není pochopitelné, v čem metoda spočívala.

Ganskopp (2001) se ve své studii zabýval vyhodnocením účinnosti manipulace se solí a vodou pro ovlivnění distribuce skotu na rozlehlých pastvinách. Nasadil proto zvířatům GPS obojky Lotek¹¹ a monitoroval jejich pohyb a aktivitu. V pozdější studii (Ganskopp, Johnson 2007) , kde se zabývali chybami GPS technologie, které mohou nastat při výzkumu pohybu a aktivity zvířat, použili obojky Lotek 2200.

Ungar et al. (2005) vyhodnocovali potenciál GPS obojků Lotek k odhadu aktivity skotu na rozsáhlých pastvinách v USA a Izraeli. Obojky byly nastaveny pro experiment v USA k záznamu GPS polohy každých 20 minut a aktivity každé 3 minuty. Hodnoty aktivity zaznamenané s GPS fixem byly zprůměrované za 6 intervalů aktivity od posledního GPS fixu. Zbylé dvě minuty nebyly do analýzy zahrnuty. Jeden ze šesti použitých obojků nefungoval správně. Pozorování zvířat probíhalo během dne ze vzdálenosti 20 – 50 m. Pozorované chování bylo charakterizováno jako pastva, pohyb (chůze/běh bez pastvy), stání, ležení, pití, a konzumace minerální soli. Technici pomocí synchronizovaných hodin a papíru zaznamenávali podrobné chování zvířat. Data byla sestavena jako úplný počet minut, během kterých se zvířata věnovala jednotlivým aktivitám v 20 minutovém GPS fix intervalu. Pozorovatelé sledovali jedince, a když nastala změna chování, zapsali její přesný čas. Jestliže nová aktivita trvala déle než 30 s, její počátek byl definitivně označen a sledovalo se její trvání. V izraelské části studie použili 2 obojky Lotek 2200LR, které byly přesouvány každý v jednom výběhu z krávy na krávu dvakrát týdně. Později byly umístěny do každého výběhu dva obojky, které po týdnu měnily nositele. GPS fix byl v obou případech 5 minut a záznam aktivity 4 minuty. Pozorování bylo z více jak 50 metrů pomocí dalekohledů. Chování bylo rozlišeno na pastvu, pohyb, stání, a ležení. Během pozorování byly zaznamenávány změny chování, ze kterých se později odvodilo chování během 5 min. intervalu. Data z izraelských pokusů nebyla, na rozdíl od amerických, diferenciatně opravena, ačkoliv pokus (jen v Izraeli) již probíhal po odstranění SA (viz kapitola GPS). Data byla podrobena několika vyhodnocením. Téměř všechna pastva z pozorovaného chování byla správně posouzena. Nicméně ostatní aktivity byly občas chybně klasifikovány jako pastva. Ungar et al. (2011) vyzkoušeli v pozdější studii spojení dat z GPS obojků spolu s krokoměry (IceRobotics IceTag pedometers). Krokoměry měřily hodnoty aktivity, rozlišovaly mezi stáním a ležením a přirozeně počítaly kroky. Obdobné zařízení testovali Gibbons et al., (2012).

¹¹ Není blíže uveden typ obojku.

Perotto-Baldivieso et al. (2012) se zabývali nastavením optimálního intervalu záznamu polohy při studiu rozmístění skotu v semiaridních ekosystémech. Nahrávání a záznam lokace probíhal opět v 5 minutovém intervalu a informace o lokaci z GPS fixu byly spojeny do větších úseků pro testování.

5.3 Medvědovití (*Ursidae*)

Obbard et al., (1998) používali prototypy obojků Lotek s GPS přijímači ke studiu aktivity pattern a výběru habitatu u baribalů (*Ursus americanus*). Obojky byly původně určené ke studiu losů a sobů. Autoři chtěli zjistit, jestli jsou takovéto obojky použitelné pro menší zvířata, jako je právě baribal.

Gervasi et al., (2006) testovali individuálně založenou metodu (angl. *individual-based method*) k odlišení aktivního a pasivního chování medvědů hnědých (odlišná od Adrados et al., 2003). Metoda je založená na předpokladu, že chování se nemění naráz. Hodnoty aktivity budou při odpočinku pravděpodobně nízké, zatímco u aktivního chování naopak. Použili GPS-GSM obojky Vectronic se senzory aktivity. Ověřování metody probíhalo použitím dat z přímého pozorování krotkých medvědů a rozsáhlého průzkumu pobytových znaků volně žijících medvědů. Obojky byly umístěny na 4 dospělé volně žijící samice s rozvrhem záznamu polohy jednou za půl hodiny (aktivita byla zaznamenána průběžně, ale průměrována za dobu mezi dvěma fixy). Náhodně vybrali několik záznamů polohy a po třech dnech od záznamu navštívili místo záznamu polohy a v okruhu 30 metrů zaznamenávali nedávné stopy po aktivitě. Rozlišovali mezi aktivním chováním (např. rozhrabané mraveniště, pařezy stromů, zbytky kořisti a převrácené kameny) a ostatním, neaktivním chováním (zálehy). Dva krotké medvědy (roční samec, dospělá samice) označili stejnými obojkami a nastavili záznam aktivity na 5 minut. Medvědy vypustili do výběhu (2ha) a natáčeli je digitální videokamerou po 40 hodin. Po té určili každých 5 minut jako aktivních (>50 % pozorovaného času probíhalo krmení, komfortní chování, nebo pohyb), nebo pasivních (>50 % probíhalo spaní, odpočinek, nebo stání). Významná shoda se projevila mezi hodnotami ze senzorů a pozorováním u krotkých zvířat. Střední hodnota správně klasifikovaného chování byla 94,3 %. Nižší hodnota (78,2 %) pro správně klasifikovanou aktivitu byla u divokých zvířat.

Heard et al., (2008) sledovali pomocí GPS obojků (Televit) medvědy grizzly. Obojky zaznamenávaly polohu a byly doplněny VHF majákem vysílajícím pulzy podle aktivity zvířat. Zajímali se o vztah mezi mírou GPS fixu, aktivitou zvířat a korunovým zápojem.

Kozakai et al., (2008) se pokusili vyhodnotit vztah mezi hodnotami ze senzorů aktivity zabudovanými v GPS obojkách a aktuálním chováním japonského poddruhu medvěda ušatého. Obojky, které upevnili dvěma samicím a samci, byly Lotek GPS 3300S a GPS 4400S se záznamem aktivity každých pět minut. Pro vyhodnocení byla hodnota ze senzorů pro interval sečtena. Po vypuštění jedince s obojkem do výběhu k ostatním došlo k jeho poškození a tak byli medvědi v pokusu izolováni. Každý jedinec měl vnitřní výběh 4x5 metrů, což autoři popisují jako největší, který mohli použít (o velikosti výběhů u jelenovitých již bylo pojednáno výše). Poté kontinuálně nahrávali jeho chování na video. Každé chování bylo měřeno v sekundách a porovnáno s daty ze senzorů. Klasifikovali chování jako neaktivní (odpočinek, převalování se) a jako aktivní vše ostatní. Rozlišení jednotlivého chování (pohyb, krmení se) se nepodařilo (v intervalu vždy více projevů). Proto rozdělili aktivní chování do dvou skupin podle intenzity pohybu těla (pohyb z místa na místo – celé tělo, a na jednom místě – jen končetiny). Dále byly použity jen intervaly, kdy se jednalo buď čistě o aktivní, nebo inaktivní chování. Hodnoty s nejpřesněji odhadnutým chováním byly 12 a 13 (v 5 min. int.). Při prahové hodnotě 13 za interval správně odhadli 95-100 % inaktivních kategorií a 93-99 % kategorií aktivních. Yamazaki et al. (2008) upevnili GPS 3300 na 2 samce a 2 samice při vyhodnocení diurnální aktivity pattern.

Moen et al., (2012) se zabývali chováním medvědů hnědých při setkání s procházejícími lidmi. Během experimentu se jim podařilo během dne (11:00 – 16:00) se mnohokrát (169x) přiblížit k třiceti medvědům s GPS obojkou (Vectronic). Pohyby pozorovatele byly registrovány ručním GPS přijímačem. Před přístupem byl nastaven rozvrh GPS záznamu na každou minutu během 3 hodin. Programování probíhalo asi týden předem prostřednictvím na webu založeného SMS plánování. Přístup k jedinci probíhal podle zachyceného VHF signálu vysílaného z implantovaného vysílače v obojku. Aktivita byla posouzena jen podle záznamů polohy. Přibližování začínalo stovky metrů daleko od jedince a pokračovalo asi do vzdálenosti 50 metrů od medvěda. Přičemž medvěd byl spatřen v 15 % přiblížení a žádný z nich neprojevoval agresivní chování. Většina medvědů opustila místo během přiblížování pozorovatele směrem od něj (80 %) a několik jedinců zůstalo na místě i po setkání s pozorovatelem (20 %). Mladší medvědi opouštěli místo častěji než staří, nicméně během sezóny růstu plodů (bobulí) nebyly rozdíly patrné. Útěková vzdálenost (jak daleko před pozorovatelem začal jedinec běžet) byla delší pro aktivní než pasivní medvědy a dále byla ovlivněna horizontálním krytem vegetace a věkem medvěda. Autoři uzavírají, že medvědi nejsou při setkání s člověkem běžně agresivní.

6 Odchytové metody

Při telemetrickém výzkumu, kdy dochází k upevňování GPS přijímačů (ne jen obojků) na sledované živočichy, je nezbytnou součástí bezpečný odchyt, který nepůsobí jedinci žádné závažné problémy a neovlivní jakkoliv jeho pozdější chování. Odchyťových způsobů je několik. V tomto krátkém přehledu poukážeme jen na několik z nich, nejčastěji užívaných při odchytu druhů uvedených v předešlém textu.

Často používanou metodou je vystřelování sítě z helikoptéry pomocí speciálního zařízení (angl. *net gunning*). Moen, et al., (2001) nepozorovali na losech žádnou mortalitu následkem takového odchytu. Webb et al., (2008) touto metodou odchytili 3350 jelenců běloocasých! Zaznamenali 8,4 % zranění, přičemž 6,1 % zvířat mělo zlomené paroží (nejčastěji výsady). Mortalita byla 0,6 % (přímá) a 1 % (po odchytu). Jelence běloocasé tak odchyťovali i Coulombe et al., (2006). Použili také uspávací pušky (angl. *dartgun*), Stephensonovy pasti (angl. *Stephenson box-traps*) (např. Anderson, Nielsen 2002) a odchyťové sítě (angl. *cannon nets*). Speciální sítě (angl. *driving nets*) k odchytu muflonů používali Bourgoin et al., (2008). Uspávací pušky jsou při imobilizaci hojně využívány (Ramsay, Stirling, 1986; DeNicola, Swihart, 1997; Haulton et al., 2001; Bourgoin et al., 2008).

Ramsay, Stirling (1986) odchyťovali lední medvědy (*U. maritimus*) pomocí imobilizační střely z vrtulníku, speciálními pastmi (angl. *Culvert traps*, pasti tvaru velké roury, kde zůstane jedinec uzavřen¹²), pastmi které medvěda uchytí za končetinu (angl. *Aldrich leg snares*, smyčka z lana upevněná často ke stromu. Poté co medvěd vloží končetinu do smyčky, utáhne se.) a uspávací puškou přímo ze země. Na odchycených zvířatech studovali dlouhodobý vliv imobilizačních chemických přípravků a manipulace. U opakovaně odchycených dospělých samic potvrdili snižující se velikost vrhu a průměrnou hmotnost mláďat. Přesto autoři uzavírají, že v rámci měsíců a let jsou efekty spojené s odchycením malé a na pohled zanedbatelné. DeNicola, Swihart, (1997) Porovnávali míru stresu u jelenců běloocasých odchycených pomocí imobilizační pušky, pomocí sítě (angl. *drop net*) a odstřelených. Z vyšetření krve jedinců zjistili, že hladiny kortizolu¹³ byly nejnižší pro zvířata usmrcená střelou do hlavy, střední hodnoty dosahovaly u jedinců uspaných na velkou vzdálenost a nejvyšší hodnoty byly naměřeny u jedinců odchycených do sítí. Haulton et al.,

¹² Obdobné jsou barelové pasti (angl. *barrel traps*), které využívali Obbard et al., (1998) a Cattet et al., (2008).

¹³ Kortizol je hormon ze skupiny glukokortikoidů, produkovaný kůrou nadledvin. Zvyšuje pohotovost organismu při zátěžových situacích, jako je stres. Jeho koncentrace jsou často používány ke stanovení míry stresu.

(2001) se zabývali vyhodnocením 4 různých metod k odchytu jelenců běloocasých. Porovnávali Stephensonovy pasti, Cloverovy pasti (angl. *Clover traps*), odpalovací sítě (angl. *rocket nets*) a imobilizační střely. Největší mortality (20 %) dosahovaly Cloverovy pasti (klecová past s návnadou). Delgiudice et al., (2005) Provedli převážně Cloverovými pastmi 984 odchyťů. Mortalita související s odchytem byla zjištěna v 5,4 %. Stres z odchyty, manipulace a upevnění obojku může často doplnit nutriční stres. To může mít v určitých situacích dlouhodobý vážný vliv na jedince, hlavně kvůli malým rezervám na vyrovnání dalších ztrát způsobených stresem z odchyty.

7 Vliv korunového zápoje na funkci GPS

Pravděpodobnost a přesnost záznamu GPS fixu je jednou ze základních veličin, které mají při studiích s volně žijícími živočichy velký dopad na obdržené hodnoty. Jestli a do jaké míry může zápoj (angl. *canopy*), podmínky topografie, nebo i extrémně nízké teploty ovlivňovat záznam polohy GPS přijímačem, je hojně diskutované téma. Dřívější literatura uvádí, že obdobných přesností systém dosahuje jak pod zápojem korunového patra, tak na otevřené ploše. Nicméně současné studie to popírají (Sigrist et al., 1999). Příkladem rané studie je ta, kterou provedli Rempel et al., (1995). Nejistili žádný přímý efekt charakteru zápoje na odchylku záznamu GPS lokace. Dokonce v rozsahu podmínek zápoje nebyl rozdíl mezi odchylkou záznamu lokace na místech v lesích s odlišným složením dřevin. Uzavírají, že charakteristika zápoje dřevin, rozteč, výška, průměr a uzavření zápoje nemají vliv na přesnost pozice. Nicméně v pozdější publikaci mění autoři názor. Rempel, Rodgers (1997) prokázali, že se zvyšující se hustotu zápoje klesá počet úspěšných záznamů polohy i jejich přesnost. Prokazatelnou závislost mezi satelitním signálem a výškou stromů uvádějí Dussault et al., (1999).

Větší přesnost a vyšší hodnoty záznamu GPS pozice jsou pak uváděny na mýtinách, než v lesních celcích (Rempel, Rodgers, 1997; Dussault et al., 1999). Deckert, Bolstad, (1996) zjistili, že přesnost záznamu polohy byla vyšší pro otevřené stanoviště (oproti zápoji), vyšší pro listnatý les (oproti jehličnatému), a vyšší pro horský hřbet (oproti údolí). Výsledek experimentu, který provedli Bowman et al., (2000) je, že nebyl patrný žádný vliv charakteristiky vegetace na úspěšnost záznamu GPS fixu. Nicméně areál, který studovali, měl velmi nízký zápoj korunového patra a tak nemuselo k ovlivnění zápojem dojít. DeCesare et al., (2005) zjistili, že vysoká hodnota zápoje (>40 %) způsobuje větší odchylku, než nízká hodnota nebo otevřený prostor (10-39 %). Rumble, Lindzey (1997) uvádí, že téměř 50 %

pokusů o záznam polohy selhalo v místech s více než 70% korunovým zápojem. V místech s menším korunovým krytem bylo procento neúspěšných fixů nižší. Vliv zápoje na příjem signálu a následný záznam polohy GPS potvrzují i Sigrist et al., (1999). Spočítali, že Odchylka v záznamu pozice může být více jak 10x větší, než na otevřeném stanovišti, zároveň se ale odchylka nezmenšuje při záznamu signálu z více satelitů. Moen et al., (1996b) ukázali, že čas pro záznam GPS polohy se zvyšuje spolu se zvyšujícím se korunovým zápojem. Navíc potvrzují, že kromě hustého vegetačního krytu může hrát v záznamu satelitního signálu významnou roli i terén a vlastní tělo zvířete. Studie se často zabývají anuálními¹⁴ odlišnostmi záznamu satelitního signálu. Například Dussault et al., (1999) zjistili, že větší výkonnost GPS byla pozorována v období, kdy jsou stromy bez listů. Výkon GPS obojků byl v listnatém, smíšeném a jehličnatém lese větší v zimě než na podzim. To napovídá, že vliv na signál nemá jen opad listů. Mocná vrstva sněhu, přítomná na větvích jehličnanů, neovlivnila přenos signálu.

Korunový zápoj se tedy podle uvedených tvrzení jeví jako významný faktor ovlivňující získání a přesnost GPS fixu. Nicméně Sager-Fradkin et al., (2007) uvádí, že pravděpodobnost získání GPS fixu byla v jejich studii pozitivně závislá na nadmořské výšce a „viditelnosti“ satelitů, přičemž negativně korelovala se zápojem korunového patra a viditelností satelitu. D'Eon et al., (2002) uvádí, že významný a predikovatelný vliv na hodnoty GPS fixu má krom uvedeného korunového zápoje i uspořádání, topografie terénu. Podle několika GPS fixů provedených na mýtinách se hodnoty významně nelišily 100% úspěšnosti, nehledě na uspořádání terénu. To napovídá, že terén sám o sobě nemá výrazný vliv na hodnoty GPS fixu. Nicméně v kombinaci s vlivem korunového zápoje má uspořádání terénu zřetelný vliv a to hlavně v oblastech s částečným a úplným krytem. Zhodnocením získaných GPS fixů v zimním období se ve své studii zabývali Rumble et al., (2001). Během zimy byla hodnota úspěšně získaných GPS fix z obojků nízká. Domnívají se, že vlhko a teploty pod bodem mrazu způsobují nízkou úspěšnost. Naopak Dussault et al., (1999) ve studii provedené na losech uvádí, že teplota nemá výrazný vztah k úspěšnému záznamu GPS lokace. Topografické podmínky a vegetace ovlivňují schopnost získat záznam polohy (Rumble, Lindzey 1997). Stupeň korunového zápoje má nesporný vliv na přesnost zaznamenané polohy (Sigrist et al., 1999).

¹⁴ Anuální jev, cyklus má periodu zhruba jednoho roku.

8 Diskuse

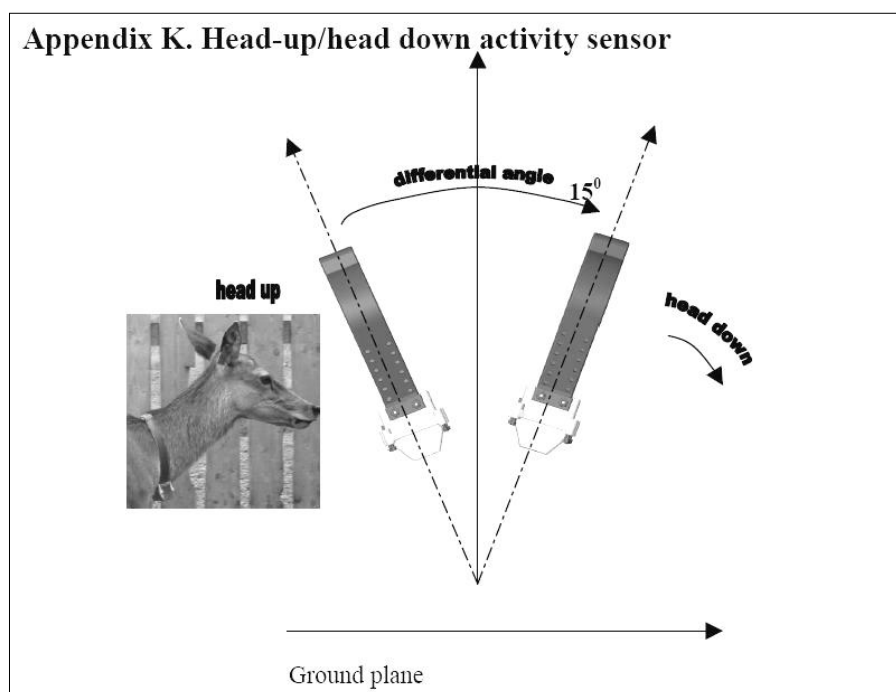
Telemetrické sledování velkých savců s pomocí technologie GPS má, jak je na předešlých studiích vidět, velký potenciál a rostoucí využití. Je to metoda, která dokáže zaznamenávat pohyb a aktivitu zvířat tam, kde ostatní metody selhávají. Použitelná je převážně u volně žijících druhů, které žijí utajeným způsobem, nebo jsou těžko pozorovatelné tendenčními postupy (noční aktivita, plachost, atd.). Nicméně jakkoliv je metoda užitečná a může mít široké uplatnění, asi tak jako i u ostatních metod má svá omezení. O limitujících vlastnostech metody, obojkových přijímačů, nedostatků pro experimentální přístup a mnohých dalších omezeních pojednáme právě na tomto místě.

Často diskutovaným tématem v literatuře zabývající se GPS záznamem polohy a aktivity je interval záznamu. Nevhodně zvolený interval má velký význam a může omezit analýzu některých projevů chování (zpravidla těch kratších). Turner et al., (2000) uvádí, že jakýkoliv interval větší než 5 minut může přehlédnout údaje, jako je napájení, nebo další krátkodobé projevy. Pro 10 minut trvající interval Adrados et al., (2003) uvádí, že může zavádět pokles přesnosti v identifikaci aktivních period a tudíž zavést zkreslení do vzorku aktivity, převážně když jsou kratší úseky nerovnoměrně rozloženy mezi aktivní a neaktivní chování. Ungar et al., (2005) potvrzují, že Lepší prediktivní model může být očekáván pro GPS fix interval trvající 5 minut než 20 minut. Celkově tedy bude odpovídající vybrat si kratší interval pro záznam chování, pokud nám jde o podrobný záznam. Obzvláště během léta je vhodný kratší interval z důvodu kratších úseků aktivity. Takové nastavení však povede k rychlejšímu zaplnění paměťových kapacit obojku. Řešení takového problému navrhli Johnson et al., (2002). Pokud může dojít k zaplnění kapacity obojku (dále například délkou experimentu), nebo je těžké obojek získat nazpět (migrace, složitost odchyty), navrhuje použití dálkové ukládky dat.

Odlišnosti v záznamu aktivity mohou být často způsobeny polohou obojku, nebo i jeho utažením, což často vede k nadhodnocení reálného chování. Gervasi et al., (2006) uvádí, že hodnoty senzorů aktivity mohou být ovlivněny několika faktory, které nepřímo souvisí s pohybem zvířat. Jedním z nejvýznamnějších faktorů je utážení obojku, které se může často lišit interindividuálně i v průběhu roku u daného jedince. Rozdíly v utažení GPS obojků mohou vyústit v jejich odlišnou citlivost, což může ovlivnit to, jak jsou pohyby krku přenášeny na pohybové senzory. Změnu hodnot v závislosti na pozici obojku kolem krku a jeho utažení potvrzují Moen et al., (1996a); Obbard et al., (1998); Turner et al., (2000);

Coulombe et al., (2006). Ungar et al., (2005) se domnívají, že pohyby hlavy a krku v době, kdy se zvíře věnuje odpočinku (komfortní chování, reakce na obtěžování hmyzem) mohou být registrovány senzory. Löttker et al., (2009); Heurich et al., (2012) potvrzují, že pohyby hlavy, vstávání, otřepávání a skákání v na aktivitu slabších intervalech zvyšuje neobvykle hodnotu aktivity a vede tedy k posunu od daného chování k aktivnějšímu. Studie porovnávající chování pomocí senzorů aktivity ukazují, že chování, které zahrnuje malé pohyby krku, produkuje podobné hodnoty jako pro stojící a ležící jedince (Gottardi et al., 2010), nebo pro jedince, kteří se pohybují (Beier, McCullough, 1988), nebo jsou v klidu (Ganskopp, 2001).

Dalším významným problémem mohou být chyby v záznamu aktivity přímo senzory. Ztrátu výpovědní hodnoty v horizontálním senzoru potvrzují Coulombe et al., (2006). Senzor byl citlivější než vertikální a detekoval pohyby hlavy, když jedinec ležel, nebo stál. Dosahoval častěji maximálních hodnot 255 než vertikální. Některé studie potvrzují, že v intervalech, kdy hodnoty X byly relativně nízké, Y byly naopak velmi vysoké (Kozakai et al., 2008; Gottardi et al., 2010). Problémy se samotným záznamem aktivity měli (Heurich et al., 2012). Několik dat se nepodařilo vůbec zaznamenat a naopak některé záznamy byly duplikovány. Kozakai et al., (2008) objevili chybná data a ztrátu záznamů pro obojek 4400s. Dalším omezením v záznamu dat je speciální nastavení senzorů od výrobce. Obojek v úhlu $7,5^\circ$ na obě strany od úsečky kolmé na zem ($\pm 7,5^\circ$ od 90°), může buď generovat, nebo negenerovat vertikální data.



Obrázek 3 Vertikální omezení záznamu aktivity (Lotek Wireless Inc., 2006)

O tomto faktu pojednává pouze malý vzorek literatury. Ze všech dostupných článků to komentují pouze Bourgoin et al., (2008); Kozakai et al., (2008). Nicméně je možné, že výrobce omezení zavádí u „novějších“ řad GPS obojků. Obě studie používali GPS 3300s Lotek. Kozakai et al., (2008) navíc 4400s a popisuje odchylku naprosto odlišně od manuálu výrobce (Lotek Wireless Inc., 2006).

Gottardi et al., (2010) se zmiňují o doporučení manuálu k umístění obojku, který si však protirečí s vydáním pozdějším. Obojek na jedince umístili tak, že přední strana bateriového bloku (se znakem Lotek) směřovala k prsům, jak doporučoval manuál. Ačkoliv v následném vydání manuálu je doporučení přesně opačné. Pozice obojku může ovlivnit hodnotu HD, která procentuálně vyjadřuje pozici hlavy v extrémní poloze během intervalu aktivity. Když je hlava v dolní poloze a známka Lotek směřuje k tlamě, nebo v horní poloze, pokud je známka orientována k prsům.

Ztrátu dat a nefunkčnost obojků a ostatních přijímačů zaznamenala relativně velká část studií. Jedná se buď o spontánní selhání zařízení, nebo o vybití baterie před očekávaným termínem. Obbard et al., (1998) uvádí, že z osmi obojků dva selhali. Dussault et al., (1999) používali 20 obojků Lotek 1000. Z nich ale šest přestalo pracovat předčasně po méně než pěti měsících. Také měli problémy s životností obojků. Část obojků byla v provozu méně, než polovinu předpokládané doby. Jen 18 % obojků fungovalo správně do vybití. Velký pokles v počtu funkčních obojků uvádí i Zweifel-Schielly, Suter, (2007). Z osmnácti obojků 11 přestalo fungovat dlouho před očekávaným koncem životnosti baterie. Životnost baterie lze za určitých podmínek prodloužit krátkým časem, který je možné pro záznam signálu nastavit. V souvislosti s tím ale Ungar et al., (2005) uvádí, že relativně krátký integrační čas, který užívá přijímač Lotek jako úsporu energie, může být na úkor přesnosti i po diferenciální korekci.

Na konec je určitě důležité zmínit i validitu výsledků obdržných na krotkých zvířatech k aplikaci na volně žijící živočichy, jak je v několika zmíněných studiích uvedeno. Omezená plocha (o velikosti výběhů jsme se již zmínili) a vliv okolního prostředí, které je v mnoha ohledech odlišné od přirozeného, mohou chování zkoumaných jedinců ovlivnit. Löttker et al., (2009) potvrzují ve své studii provedené na jelenech evropských, že chování a aktivita jelenů v zajetí se může lišit od volně žijících a v zajetí nemusí určité chování nastat.

9 Měření aktivity jelena evropského (*Cervus elaphus*) s pomocí GPS systému, představení pilotní studie

9.1 Popis experimentu a metody

Pro doplnění předešlého textu literární rešerše je na následujících stranách stručně shrnut experiment, který jsme provedli na Výzkumném ústavu živočišné výroby v Praze, Uhřetěvesi. Hlavním cílem bylo testovat schopnost GPS obojků Lotek 3300S k vyhodnocení pohybových aktivit několika samců jelena evropského (*Cervus elaphus*) v experimentálním farmovém chovu Podlesko a pokusit se určit mezní hodnoty z dat poskytovaných senzory aktivity pro jednotlivé projevy chování. Stejně jako v uvedených studiích byli samci (3 dospělci a 2 juvenilní) vybaveni GPS obojkem se senzory aktivity (viz. Kapitola GPS obojky) pro záznam pohybů hlavy a krku v nastaveném intervalu (zde 5 minut). Záznam GPS fixu nebyl pro pokus využíván. Hodnoty aktivity byly generovány ve třech proměnných: X, Y, HD. Kategorie X je zodpovědná za horizontální pohyb, zatímco Y za pohyb vertikální. Maximální hodnota pro X a Y je 255 za interval. Kategorie HD vyjadřuje procentuální čas z nastaveného intervalu, kdy hlava jedince směřuje k zemi. Jednou měsíčně byla zvěř manipulována. Z obojků se poté stáhly hodnoty do počítače pro další úpravu.

K determinaci konkrétního chování jsme nahrávali pozorovaná zvířata na videokameru ze stacionárního posedu. Nahrávání probíhalo od 10. 8. do 6.9 po dobu 3 až 4 hodin (2x 90/120 minut, podle použité kazety) s přerušením na několik minut na výměnu baterie a kazety. Nahrávání započalo těsně před intervalem celých pěti minut (int. záznamu aktivity), avšak až po té, co bylo podle přesných, rádiem řízených hodin nastaveno na kameře aktuální datum a čas (přesnost ve vteřinách). Pro přesnou synchronizaci byly několik prvních vteřin nahrány zmíněné hodiny. Nahrávky byly pořízeny převážně ráno a večer podle zvýšené aktivity zvěře, tedy po rozednění a před západem slunce. Pro další zpracování byla videa digitalizována a posléze se během přehrávání zaznamenávalo trvání konkrétního chování (odpočinek, pomalý pohyb, pomalý pohyb s pastvou, stání, rychlý pohyb, a neznámé) v sekundách.

9.2 Analýza

Celkový čas nahraného materiálu, který jsme získali, byl zhruba 80 hodin. Kvůli nastalým komplikacím převážně technického charakteru (nefunkčnost senzoru, celého obojku

atd.) a vyřazením intervalů s neznámým chováním (jeleni byli skryti v přístřešku) se celý set dat významně zredukoval. Pro analýzu zpracovaných dat bylo finálně použito 127 pětiminutových intervalů aktivity, tedy přes 10 hodin.

Pro testování normality byl proveden Kolmogorov-Smirnovův a Shapiro-Wilkisův test. Protože žádná z testovaných proměnných nespĺňovala podmínky normálního rozdělení, byla dále použita Spearmanova korelace. Korelační analýza byla provedena s jednotlivým procentuelním zastoupením každého chování v intervalu. Hodnota X signifikantně korelovala se stáním ($r_s=0.269$, $P=0.001$). Y korelovala s odpočinkem ($r_s=0.291$, $P=0.001$) a pomalým pohybem ($r_s=0.198$, $P=0.017$). Hodnoty XY, korelovaly s odpočinkem ($r_s=0.167$, $P=0.045$), pomalým pohybem bez pastvy ($r_s=0.201$, $P=0.016$) a stáním ($r_s=0.218$, $P=0.008$). Hodnota HD korelovala se stáním ($r_s=0.201$, $P=0.016$). Model lineární regrese byl použit k zjištění procenta vysvětlené variability. Zde bylo chování rozlišeno podle největšího zastoupení v každém intervalu. Odpočinek může být vysvětlen hodnotami XY a HD (9,3 % variability). Pomalý pohyb s pastvou může být vysvětlen skrz hodnoty X (4,3 % variability). Pomalý pohyb bez pastvy může být vysvětlen hodnotami X, XY, Y (8,7 % variability). Stání může být vysvětleno skrz hodnoty X a HD (6,4 % variability). Rychlý pohyb může být vysvětlen hodnotou X (1,4 % variability). Z lineární regrese vyplývá, že procento vysvětlené variability pro každou kategorii je velmi nízké.

9.3 Závěr a doporučení

Obdržené výsledky nejsou průkazné a další analýza pro stanovení hraniční hodnoty nebyla provedena. Stejně jako je popisováno ve výše uvedených studiích (Kozakai et al., 2008; Gottardi et al., 2010), tak i naše výsledky obsahovaly velmi vysoké hodnoty pro Y, ale současně nízké hodnoty pro X. Analyzován byl celkově malý vzorek dat ze dvou dospělých samců. Pro provedení dalších pokusů by bylo žádoucí zahrnout více dat z více jedinců. Odchylku, kterou mohou způsobovat drobné pohyby obojku (sklouznutí po krku, komfortní chování, odhánění hmyzu aj.) by bylo žádoucí eliminovat větším utážením obojku na krk zvířete, což je pro terénní práce velmi problematické, protože obvod krku se v průběhu sezóny podstatně mění v závislosti na hormonálních změnách. Použití více intervalů pro každé chování by mohlo přinést odlišné výsledky.

Závěr

Tato práce shrnuje dostupnou literaturu o problematice měření aktivity u vybraných skupin (*Cervidae*, *Bovidae*, *Ursidae*) pomocí technologie GPS. Uvádí funkci systému VHF, GPS a souvisejících přijímačů satelitního signálu - obojků. Stručně jsou zmíněny odchytové metody využívané pro experimenty s volně žijícími živočichy. Diskutován je efekt zápoje korunového patra na přesnost a úspěšnost záznamu signálu.

Množství prací, které se zabývají GPS technologií, pomalu stoupá. Obojky používané při výzkumu velkých savců nejsou levnou záležitostí a to bezpochyby bude jedním z faktorů, které množství studií ovlivňuje. Experimenty zabývající se rozklíčováním hodnot ze senzorů se snaží často na základě pozorovaného chování zvířat určit prahové hodnoty mezi jednotlivými projevy chování. Firmy, které zařízení prodávají, se ale už často nezabývají tím, co zařízení a hlavně generované hodnoty, fakticky můžou při experimentu výzkumníkovi sdělit. Jejich sortiment je rozsáhlý a nové modelové řady na sebe nenechají dlouho čekat.

Avšak v tomto ohledu je pouze na vědcích, aby své zařízení nejprve pro relevantní výsledky kalibrovali. Práce, která určí prahové hodnoty senzorů aktivity je zdlouhavá, nicméně za podmínek, jaké firmy udávají, nezbytná. Je nezbytné určit prahové hodnoty pro každý druh zvlášť. Rozdíly jsou mnohdy patrné i ve věku a pohlaví. Zcela jednoznačně nelze určit takové mezní hodnoty univerzálně a bez souvislostí s ročním obdobím. Příkladem může být podzimní variabilita obvodu krku u jelenů evropských. Během říje dochází k zesílení, které by na takové hodnoty bezpochyby vliv mělo. Ostatně pokud by došlo k těsnějšímu upevnění, mohlo by to mít na jedince vážné následky.

GPS telemetrie tedy poodkrývá mnohá tajemství při výzkumu volně žijících i domestikovaných zvířat. Stojí v popředí podobně fungujících metod (VHF, Argos, LORAN-C atd.). Nicméně je s touto metodou spojeno mnoho nepřesností. Jak bylo uvedeno, významný vliv má korunový zápoj, topografie, samotné chování zvířat a do jisté míry klimatické podmínky.

—

Veškeré názvy obojků a jejich výrobců jsou uvedeny pouze pro srovnání a popis jednotlivých technologií a problémů. V žádném případě neslouží k reklamnímu účelu.

Použitá literatura

sekundární citace jsou značeny hvězdičkou (*).

Adrados C, Baltzinger C, Janeau G, Pépin D. Red deer *Cervus elaphus* resting place characteristics obtained from differential GPS data in a forest habitat. *European Journal of Wildlife Research* 54, February 2008, 487-494.

Adrados C, Girard I, Gendner J, Janeau G. Global Positioning System (GPS) location accuracy improvement due to selective availability removal. *Comptes Rendus Biologies* 325, February 2002, 165-70.

Adrados C, Verheyden-Tixier H, Cargnelutti B, Pépin D, Janeau G. GPS approach to study fine-scale site use by wild red deer during active and inactive behaviors. *Wildlife Society Bulletin* 31, 2003, 544-552.

Anderson R, Nielsen C. Modified Stephenson trap for capturing deer. *Wildlife Society Bulletin* 30, 2002, 606-608.

Beier P, McCullough D. *Factors influencing white-tailed deer activity patterns and habitat use*. 1990

Beier P, McCullough D. Motion-sensitive radio collars for estimating white-tailed deer activity. *The Journal of Wildlife Management* 52, 1988, 11-13.

Berger A, Scheibe K, Brelurut A, Schober F, Streich W. Seasonal Variation of Diurnal and Ultradian Rhythms in Red Deer. *Biological Rhythm Research* 33, 2002, 237-253.

Blake S, Douglas-Hamilton I, Karesh W. GPS telemetry of forest elephants in Central Africa: results of a preliminary study. *African Journal of Ecology* 39, 2001, 178-186.

Blanc F, Brelurut A. Short-term behavioral effects of equipping red deer hinds with a tracking collar. *ZEITSCHRIFT FÜR SAUGETIERKUNDE-INTERNATIONAL JOURNAL OF MAMMALIAN BIOLOGY* 62, 1997, 18-26.

Bourgoin G, Garel M, Van Moorter B, Dubray D, Maillard D, Marty E, Gaillard J.-M. Determinants of seasonal variation in activity patterns of mouflon. *Canadian Journal of Zoology* 86, December 2008, 1410-1418.

Bourgoin G, Garel M, Dubray D, Maillard D, Gaillard J.-M. What determines global positioning system fix success when monitoring free-ranging mouflon? *European Journal of Wildlife Research* 55, June 2009, 603-613.

Bowman J, Kochanny C, Demarais S, Leopold B. Evaluation of a GPS collar for white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin* 28, 2000, 141-145.

Breck S, Lance N, Bourassa J. Limitations of receiver/data loggers for monitoring radiocollared animals. *Wildlife Society Bulletin* 34, 2006, 111-115.

Cargnelutti B, Coulon A, Hewison M, Goulard M, Angibault J, Morellet N. Testing Global Positioning System Performance for Wildlife Monitoring Using Mobile Collars and Known Reference Points. *Journal of Wildlife Management* 71, June 2007, 1380-1387.

- Cattet M, Boulanger J, Stenhouse G, Powell R, Reynolds-Hogland M. An Evaluation of Long-Term Capture Effects in Ursids: Implications for Wildlife Welfare and Research. *Journal of Mammalogy* 89, 2008, 973-990.
- Cooke S, Hinch S, Wikelski M, Andrews R, Kuchel L, Wolcott T, Butler P. Biotelemetry: a mechanistic approach to ecology. *Trends in ecology & evolution* 19, June 2004, 334-43.
- Coulombe M, Massé A, Côté S. Quantification and accuracy of activity data measured with VHF and GPS telemetry. *Wildlife Society Bulletin* 34, 2006, 81-92.
- Craighead J, Craighead F, Ruff R, O'Gara B. *Home ranges and activity patterns of nonmigratory elk of the Madison drainage herd as determined by biotelemetry*. 1973.
- DeCesare N, Squires J, Kolbe J. Effect of forest canopy on GPS-based movement data. *Wildlife Society Bulletin* 33, 2005, 935-941.
- DeNicola A, Swihart R. Capture-Induced Stress in White-Tailed Deer. *Wildlife Society Bulletin* 25, 1997, 500-503.
- Deckert C, Bolstad P. Forest canopy, terrain, and distance effects on global positioning system point accuracy. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 62, 1996, 317-321.
- Delgiudice G, Sampson B, Kuehn D, Carstensen M, Fieberg J. Understanding Margins of Safe Capture, Chemical Immobilization, and Handling of Free Ranging White-Tailed Deer. *Wildlife Society Bulletin* 33, 2005, 677-687.
- Dussault C, Courtois R, Ouellet J, Huot J. Evaluation of GPS Telemetry Collar Performance for Habitat Studies in the Boreal Forest. *Wildlife Society Bulletin* 27, 1999, 965-972.
- Dussault C, Courtois R, Ouellet J, Huot J. Influence of Satellite Geometry and Differential Correction on GPS Location Accuracy. *Wildlife Monographs* 29, 2001, 171-179.
- Dvořák S. Telemetrické sledování Siky japonského (*Cervus nippon nippon*) v honitbě Hradiště Doupovské hory. In: *Sika japonský: Škody, perspektiva, metody a technologie výzkumu, možnosti zpracování dat. Trendy v oblasti sledování a výzkumu zvěře*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 2012, s. 49-54. ISBN 978-80-02-02384-5.
- D'Eon R, Serrouya R, Smith G, Kochanny C. GPS Radiotelemetry Error and Bias in Mountainous Terrain. *Wildlife Society Bulletin* 30, 2002, 430-439.
- Ganskopp D. Manipulating cattle distribution with salt and water in large arid-land pastures: a GPS/GIS assessment. *Applied Animal Behaviour Science* 73, August 2001, 251-262.
- Ganskopp D, Johnson D. GPS Error in Studies Addressing Animal Movements and Activities. *Society for Range Management* 60, 2007, 350-358.
- Garrott R, White G, Bartmann R, Weybright D. Reflected signal bias in biotelemetry triangulation systems. *The Journal of Wildlife Management* 50, 1986, 747-752.
- Georgii B. Activity patterns of female red deer (*Cervus elaphus* L.) in the Alps. *Oecologia* 49, 1981, 127-136.

- Georgii B, Schröder W. Home range and activity patterns of male red deer (*Cervus elaphus* L.) in the Alps. *Oecologia* 58, 1983, 238-248.
- Gervasi V, Brunberg S, Swenson J. An Individual-Based Method to Measure Animal Activity Levels: A Test on Brown Bears. *Wildlife Society Bulletin* 34, 2006, 1314-1319.
- Gibbons J, Medrano-Galarza C, Marie de Passillé A, Rushen J. Lying laterality and the effect of IceTag data loggers on lying behaviour of dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 136, January 2012, 104-107.
- Gillingham M, Bunnell F. Reliability of motion-sensitive radio collars for estimating activity of black-tailed deer. *The Journal of Wildlife Management* 49, 1985, 951-958.
- Gottardi E, Tua F, Cargnelutti B, Maublanc M, Angibault J, Said S, Verheyden H. Use of GPS activity sensors to measure active and inactive behaviours of European roe deer (*Capreolus capreolus*). *mammalia* 74, 2010, 355-362.
- Graves T, Waller J. Understanding the Causes of Missed Global Positioning System Telemetry Fixes. *The Journal of Wildlife Management* 70, 2006, 844-851.
- Hansen M, Riggs R. Accuracy, Precision, and Observation Rates of Global Positioning System Telemetry Collars. *The Journal of Wildlife Management* 72, 2008, 518-526.
- Haulton S, Porter W, Rudolph B. Evaluating 4 Methods to Capture White-Tailed Deer. *Wildlife Society Bulletin* 29, 2001, 255-264.
- Heard D, Ciarniello L, Seip D. Grizzly Bear Behavior and Global Positioning System Collar Fix Rates. *The Journal of Wildlife Management* 72, 2008, 596-602.
- Hebblewhite M, Percy M, Merrill E. Are All Global Positioning System Collars Created Equal? Correcting Habitat-Induced Bias Using Three Brands in the Central Canadian Rockies. *Journal of Wildlife Management* 71, August 2007, 2026-2033.
- Heurich M, Traube M, Stache A, Löttker P. Calibration of remotely collected acceleration data with behavioral observations of roe deer (*Capreolus capreolus* L.). *Acta Theriologica* 57, December 2012, 251-255.
- Hulbert I, French J. The Accuracy of GPS for Wildlife Telemetry and Habitat Mapping. *Journal of Applied Ecology* 38, 2001, 869-878.
- Johnson C, Douglas H, Parker K. Expectations and realities of GPS animal location collars : results of three years in the field. *Wildlife Biology* 8, 2002, 153-159.
- Kaczensky P, Huber D, Knauer F, Roth H, Wagner A, Kusak J. Activity patterns of brown bears (*Ursus arctos*) in Slovenia and Croatia. *Journal of Zoology* 269, August 2006, 474-485.
- Kochanny C, Delgiudice G, Fieberg J. Comparing Global Positioning System and Very High Frequency Telemetry Home Ranges of White-Tailed Deer. *Journal of Wildlife Management* 73, July 2009, 779-787.
- Kozakai C, Koike S, Yamazaki K, Furubayashi K. Examination of captive Japanese black bear activity using activity sensors. *Mammal study* 33, 2008, 115-119.

- Langbein J, Scheibe K, Eichhorn K. Investigations on periparturient behaviour in free-ranging mouflon sheep (*Ovis orientalis musimon*). *Journal of Zoology* 1998, 553-561.
- Lotek Wireless Inc. Small and middle size animals GPS location system. User's manual. 2006, Lotek Engineering Inc., Newmarket.
- Löttker P, Rummel A, Traube M, Stache A, Šustr P, Müller J, Heurich M. New Possibilities of Observing Animal Behaviour from a Distance Using Activity Sensors in Gps-Collars: An Attempt to Calibrate Remotely Collected Activity Data with Direct Behavioural Observations in Red Deer *Cervus elaphus*. *Wildlife Biology* 15, December 2009, 425-434.
- *Mech, LD. *Handbook of Animal Radio-Tracking*. [Mineapolis]: University of Minnesota Press, 1983.
- ex Turner L, Udal M, Larson B, Shearer S. Monitoring cattle behavior and pasture use with GPS and GIS. *Canadian Journal of Animal Science* 80, September 2000, 405-413.
- Moen G, Støen O, Sahlén V, Swenson J. Behaviour of solitary adult Scandinavian brown bears (*Ursus arctos*) when approached by humans on foot. *PloS one* 7, January 2012.
- Moen R, Pastor J, Cohen Y. Accuracy of GPS telemetry collar locations with differential correction. *The Journal of Wildlife Management* 61, 1997, 530-539.
- Moen R, Pastor J, Cohen Y. Effects of animal activity on GPS telemetry location attempts. *Alces* 37, 2001, 207-216.
- Moen R, Pastor J, Cohen Y. Interpreting behavior from activity counters in GPS collars on moose. *Alces* 32, 1996 A., 101-108.
- Moen R, Pastor J, Cohen Y, Schwartz Ch. Effects of moose movement and habitat use on GPS collar performance. *The Journal of Wildlife Management* 60, 1996 B., 659-668.
- Morellet N, Verheyden H, Angibault J, Cargnelutti B, Lourtet B, Hewison M. The Effect of Capture on Ranging Behaviour and Activity of the European Roe Deer *Capreolus capreolus*. *Wildlife Biology* 15, September 2009, 278-287.
- Naylor L, Kie J. Monitoring activity of Rocky Mountain elk using recording accelerometers. *Wildlife Society Bulletin* 32, 2004, 1108-1113.
- Naylor L, Wisdom M, Anthony R. Behavioral Responses of North American Elk to Recreational Activity. *Journal of Wildlife Management* 73, April 2009, 328-338.
- Nelson M, Mech L, Frame P. Tracking of white-tailed deer migration by global positioning system. *Journal of Mammalogy* 85, 2004, 505-510.
- Obbard M, Pond B, Perera A. Preliminary evaluation of GPS collars for analysis of habitat use and activity patterns of black bears. *Ursus* 10, 1998, 209-217.
- Di Orio A, Callas R, Schaefer R. Performance of Two GPS Telemetry Collars under Different Habitat Conditions. *Wildlife Society Bulletin* 31, 2012, 372-379.
- Perotto-Baldivieso H, Cooper S, Cibils A, Figueroa-Pagán M, Udaeta K. Detecting autocorrelation problems from GPS collar data in livestock studies. *Applied Animal Behaviour Science* 136, January 2012, 117-125.

- Pépin D, Renaud P, Decuq F. Identifying activity patterns from activity counters in ETHOSYS® collars on red deer. *Applied Animal Behaviour Science* 96, January 2006 **A.**, 103-114.
- Pépin D, Renaud P, Dumont B, Decuq F. Time budget and 24-h temporal rest–activity patterns of captive red deer hinds. *Applied Animal Behaviour Science* 101, December 2006 **B.**, 339-354.
- Quinn A, Williams D, Porter W. Postcapture movement rates can inform data-censoring protocols for GPS-collared animals. *Journal of Mammalogy* 93, April 2012, 456-463.
- Ramsay M, Stirling I. Long-Term Effects of Drugging and Handling Free-Ranging Polar Bears. *The Journal of Wildlife Management* 50, 1986, 619-626.
- Relyea R, Ortega I, Demarais S. Activity monitoring in mule deer: assessing telemetry accuracy. *Wildlife Society Bulletin* 22, 1994, 656-661.
- Rempel R, Rodgers A. Effects of differential correction on accuracy of a GPS animal location system. *The Journal of Wildlife Management* 61, 1997, 525-530.
- Rempel R, Rodgers A, Abraham K. Performance of a GPS animal location system under boreal forest canopy. *The Journal of Wildlife Management* 59, 1995, 543-551.
- Rivrud I, Loe L, Mysterud A. How does local weather predict red deer home range size at different temporal scales? *The Journal of animal ecology* 79, November 2010, 1280-95.
- Rodgers A, Rempel R, Abraham K. A GPS-Based Telemetry System. *Wildlife Society Bulletin* 24, 1996, 559-566.
- Rumble M, Benkobi L, Lindzey F, Gamo S. Evaluating elk habitat interactions with GPS collars. In *TRACKING ANIMALS WITH GPS*, 11-17, 2001.
- Rumble M, Lindzey F. Effects of forest vegetation and topography on global positioning system collars for elk. 1997.
- Sager-Fradkin K, Jenkins K, Hoffman R, Happe P, Beecham, Wright G. Fix Success and Accuracy of Global Positioning System Collars in Old-Growth Temperate Coniferous Forests. *Journal of Wildlife Management* 71, June 2007, 1298-1308.
- *Scheibe K, Schleusner T, Berger A, Eichhorn K, Langbein J, Dal Zotto L, Streich, W. 1998 ETHOSYS1—new system for recording and analysis of behaviour of free-ranging domestic animals and wildlife. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 55, 195–211. *ex* Pépin D, Renaud P, Decuq F. Identifying activity patterns from activity counters in ETHOSYS® collars on red deer. *Applied Animal Behaviour Science* 96, January 2006, 103-114. a
- Sigrist P, Coppin P, Hermy M. Impact of forest canopy on quality and accuracy of GPS measurements. *International journal of remote sensing* 20, 1999, 3595-3610.
- Sunde P, Carsten O, Torben M, Haugaard L. Behavioural Responses of GPS-Collared Female Red Deer *Cervus elaphus* to Driven Hunts. *Wildlife Biology* 15, December 2009, 454-460.
- Tchamba M, Bauer H, Iongh H. Application of VHF-radio and satellite telemetry techniques on elephants in northern Cameroon. *African Journal of Ecology* 33, December 1995, 335-346.

- Turner L, Udal M, Larson B, Shearer S. Monitoring cattle behavior and pasture use with GPS and GIS. *Canadian Journal of Animal Science* 80, September 2000, 405-413.
- Ungar E, Henkin Z, Gutman M, Dolev A, Genizi A. Inference of animal activity from GPS collar data on free-ranging cattle. *Rangeland Ecology & Management* 58, 2005, 256-266.
- Ungar E, Schoenbaum I, Henkin Z, Dolev A, Yehuda Y, Brosh A. Inference of the activity timeline of cattle foraging on a Mediterranean woodland using GPS and pedometry. *Sensors (Basel, Switzerland)* 11, January 2011, 362-83.
- Watanabe S, Izawa M, Kato A, Ropert-Coudert Y, Naito Y. A new technique for monitoring the detailed behaviour of terrestrial animals: A case study with the domestic cat. *Applied Animal Behaviour Science* 94, October 2005, 117-131.
- Webb S, Lewis J, Hewitt D, Hellickson M, Bryant F. Assessing the Helicopter and Net Gun as a Capture Technique for White-Tailed Deer. *The Journal of Wildlife Management* 72, 2008, 310-314.
- Wells, D. E., editor. 1986. Guide to GPS positioning. Canadian GPS Assoc., Fredericton, N.B. 567pp
- Yamazaki K, Kozakai C, Kasai S, Goto Y, Koike S. A Preliminary Evaluation of Activity-Sensing GPS Collars for Estimating Daily Activity Patterns of Japanese Black Bears. *Ursus* 19, November 2008, 154-161.
- Zweifel-Schielly B, Suter W. Performance of Gps Telemetry Collars for Red Deer Cervus Elaphus in Rugged Alpine Terrain Under Controlled and Free-living Conditions. *Wildlife Biology* 13, September 2007, 299-312.

Internetové zdroje

GPS.gov, 2012: Oficiální informace vlády USA o GPS a souvisejících tématech., online: <http://www.gps.gov/systems/gps/modernization/sa/>, cit. 29.7.2012.

Lotek Wireless Inc., 2012-Newmarket, Ontario, Canada., online: <http://www.lotek.com/fish-and-wildlife-monitoring-technologies.htm>, cit. 25.7.2012.