

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra ekologie a životního prostředí



**Vliv značení na chování suchozemských  
stejnonožců a mnohonožek  
(studie na příkladu svinky a svinule)**

Táňa Drahokoupilová

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

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

Vedoucí práce: RNDr. & Mgr. Ivan H. Tuf, Ph.D.

Olomouc 2011



# ABSTRAKT

K rozlišení jedinců pro účely nejrůznějších studií se u bezobratlých využívají externí či interní způsoby značení. Autoři studií před použitím konkrétního značení běžně zjišťují, zda nemá vliv na přežívání jedinců. Případný vliv značení na chování však často zůstává v pozadí. Cílem této práce bylo zjistit, zda vybrané způsoby externího značení (lak na nehty a fix používaný ke značení včelích matek) mají vliv na chování suchozemských stejnonožců a mnohonožek. Jako modelové druhy byly vybrány svinka *Armadillidium vulgare* a svinule *Glomeris tetrasticha*. Chování bylo zkoumáno ze tří pohledů: (1) projevy chování (kategorie chování) během 24 hodin, (2) aktivita během 24 hodin a (3) agregační chování.

V létě 2009 byl u obou druhů proveden třídenní experiment zaměřený na záznam projevů chování během 24 hodin. Na podzim 2009 byl odděleně u samců a samic *A. vulgare* proveden doplňující experiment zaměřený na agregační chování. Následné analýzy byly založené na srovnání chování u skupiny jedinců značených lakem, skupiny jedinců značených fixem a u kontrolní skupiny. Ke statistickému zpracování dat byly využity především moderní regresní metody (zobecněné aditivní modely, GAMs).

Značení lakem a fixem sice nemělo průkazný vliv na přežívání ani u jednoho druhu, ale vliv na chování ve většině případů průkazný byl. Značení jedinci se jeví oproti kontrolní skupině apatičtí a jejich aktivita byla především v prvním dni výrazně omezena, preferovali skrývání či odpočinek. Vliv laku i fixu na četnost kategorií chování byl prokázán u obou druhů, a to zejména u potravního chování, odpočinku a skrývání. Vliv na četnost průzkumu mělo u *A. vulgare* značení lakem, naopak u *G. tetrasticha* značení fixem. Bylo potvrzeno, že *A. vulgare* je nejvíce aktivní v noci, zatímco *G. tetrasticha* bývá aktivní po většinu dne s maximem potravního chování v brzkých ranních hodinách. Obecně lze říci, že jedinci *A. vulgare* byli značením ovlivněni méně. U značených jedinců *G. tetrasticha* byly oproti kontrolní skupině zaznamenány mnohem větší rozdíly v celkové četnosti aktivit a zejména jedinci značení fixem působili velice nezdravě a apaticky. Vliv značení na agregační chování se nepodařilo prokázat u obou pohlaví *A. vulgare*, projevil se pouze slabý vliv laku na stabilitu i úroveň agregace u samic. V práci je navíc prezentován zjištěný pattern chování během 24 hodin u obou druhů v laboratorních podmínkách.

**Klíčová slova:** fix ke značení včelích matek, lak na nehty, mnohonožky, suchozemští stejnonožci, vliv na chování, značení

# ABSTRACT

External or internal marking techniques are often used in various studies in invertebrates to distinguish individuals. The influence on survival is often being evaluated before the marking itself. Potential influence on behaviour is usually omitted. The main aim of this study is to discover, if there is an influence of two selected external marking techniques (nail polish and mother-bee marker) on behaviour of terrestrial isopods and millipedes. *Armadillidium vulgare* and *Glomeris tetrasticha* were chosen as model species. The behaviour was examined from three points of view: (1) specific expressions of behaviour (categories of behaviour) during 24 hours, (2) activity during 24 hours and (3) aggregation behaviour.

The tree-day experiment aimed on recording of behaviour expressions was performed in both species in the summer of 2009. Then, in the autumn of 2009, the supplementary experiment aimed on aggregation behaviour was performed in *A. vulgare* separately for males and females. Following analyses were based on the comparison of behaviour between groups marked with polish and marker and the control group. Modern regression methods (Generalised Additive Models, GAMs) were mostly used for statistical data analysis.

Although there was no influence of marking on the survival observed in neither of both species, there was an evident influence on behaviour in most cases. Marked individuals looked apathetic in comparison with the control group and their activity was vastly reduced mainly in the first day, so they preferred hiding or resting. The influence of polish and marker on the overall frequencies of behavioural categories was evident in both species, mainly in feeding behaviour, resting and hiding. The influence on the frequency of exploring in *A. vulgare* was evident for the polish-marked group, on the other hand in *G. tetrasticha* for the marker-marked group. It was confirmed, that *A. vulgare* is mostly active at night, while *G. tetrasticha* is quite active during almost the whole day with the maximum of feeding behaviour in the early morning. In general, it might be pointed out that the marking influenced individuals of *A. vulgare* less. In the groups of marked individuals of *G. tetrasticha* there were larger differences observed against the control group in the overall activity and especially the marker-marked individuals looked apathetic and unhealthy. The influence of marking on the aggregation behaviour wasn't evident in both sexes of *A. vulgare*, there was only weak influence on stability and level of aggregation observed in polish-marked females. In addition, the study presents behavioural patterns during 24 hours that were discovered under laboratory conditions for both species.

**Keywords:** influence on behaviour, marking, millipedes, mother-bee marker, nail polish, terrestrial isopods

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. & Mgr. Ivana H. Tufa, Ph.D., a jen s použitím řádně citovaných literárních pramenů.

V Olomouci 3. ledna 2011

# OBSAH

SEZNAM TABULEK.....	vii
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	viii
PODĚKOVÁNÍ.....	x
1 ÚVOD .....	1
1.1 Problematika značení bezobratlých.....	2
2 CÍLE PRÁCE .....	10
3 METODIKA.....	11
3.1 Sběr jedinců modelových druhů.....	11
3.2 Použité externí značení.....	11
3.3 Design experimentů.....	12
3.4 Statistické zpracování dat.....	15
4 VÝSLEDKY .....	18
4.1 Analýza vlivu značení na projevy chování (resp. kategorie chování).....	18
4.2 Analýza vlivu značení na aktivitu .....	32
4.3 Analýza vlivu značení na přežívání .....	39
4.4 Analýza vlivu značení na agregační chování .....	39
5 DISKUSE.....	44
5.1 Vliv značení na projevy chování svinky <i>Armadillidium vulgare</i> .....	44
5.2 Vliv značení na projevy chování svinule <i>Glomeris tetrasticha</i> .....	45
5.3 Vliv značení na aktivitu svinky <i>Armadillidium vulgare</i> a svinule <i>Glomeris tetrasticha</i> .....	46
5.4 Vliv značení na přežívání svinky <i>Armadillidium vulgare</i> a svinule <i>Glomeris tetrasticha</i> .....	47
5.5 Vliv značení na agregační chování svinky <i>Armadillidium vulgare</i> .....	48
6 ZÁVĚR.....	50
7 LITERATURA.....	52

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1	Analýza vlivu značení na kategorii potrava u <i>A. vulgare</i> .....	20
Tabulka 2	Analýza vlivu prediktoru čas na kategorii potrava u <i>A. vulgare</i> .....	20
Tabulka 3	Analýza vlivu značení na kategorii průzkum u <i>A. vulgare</i> .....	21
Tabulka 4	Analýza vlivu prediktoru čas na kategorii průzkum u <i>A. vulgare</i> .....	21
Tabulka 5	Analýza vlivu značení na kategorii odpočinek u <i>A. vulgare</i> .....	22
Tabulka 6	Analýza vlivu prediktoru čas na kategorii odpočinek u <i>A. vulgare</i> .....	22
Tabulka 7	Analýza vlivu značení na kategorii skrývání u <i>A. vulgare</i> .....	23
Tabulka 8	Analýza vlivu prediktoru čas na kategorii skrývání u <i>A. vulgare</i> .....	23
Tabulka 9	Analýza vlivu značení na kategorii potrava u <i>G. tetrasticha</i> .....	26
Tabulka 10	Analýza vlivu prediktoru čas na kategorii potrava u <i>G. tetrasticha</i> .....	26
Tabulka 11	Analýza vlivu značení na kategorii průzkum u <i>G. tetrasticha</i> .....	27
Tabulka 12	Analýza vlivu prediktoru čas na kategorii průzkum u <i>G. tetrasticha</i> .....	27
Tabulka 13	Analýza vlivu značení na kategorii odpočinek u <i>G. tetrasticha</i> .....	28
Tabulka 14	Analýza vlivu prediktoru čas na kategorii odpočinek u <i>G. tetrasticha</i> .....	28
Tabulka 15	Analýza vlivu značení na kategorii skrývání u <i>G. tetrasticha</i> .....	29
Tabulka 16	Analýza vlivu prediktoru čas na kategorii skrývání u <i>G. tetrasticha</i> .....	29
Tabulka 17	Analýza uniformity rozložení dat během dne u <i>A. vulgare</i> (Rayleighův z-test).....	34
Tabulka 18	Analýza vlivu značení na aktivitu u <i>A. vulgare</i> .....	34
Tabulka 19	Analýza vlivu prediktoru čas na aktivitu u <i>A. vulgare</i> .....	34
Tabulka 20	Analýza uniformity rozložení dat během dne u <i>G. tetrasticha</i> (Rayleighův z-test)	37
Tabulka 21	Analýza vlivu značení na aktivitu u <i>G. tetrasticha</i> .....	38
Tabulka 22	Analýza vlivu prediktoru čas na aktivitu u <i>A. vulgare</i> .....	38
Tabulka 23	Analýza vlivu značení na stabilitu agregace u samců <i>A. vulgare</i> .....	40
Tabulka 24	Analýza vlivu prediktoru čas na stabilitu agregace u samců <i>A. vulgare</i> .....	40
Tabulka 25	Analýza vlivu značení na stabilitu agregace u samic <i>A. vulgare</i> .....	40
Tabulka 26	Analýza vlivu prediktoru čas na stabilitu agregace u samic <i>A. vulgare</i> .....	40
Tabulka 27	Analýza vlivu značení na úroveň agregace u samců <i>A. vulgare</i> .....	41
Tabulka 28	Analýza vlivu prediktoru čas na úroveň agregace u samců <i>A. vulgare</i> .....	41
Tabulka 29	Analýza vlivu značení na úroveň agregace u samic <i>A. vulgare</i> .....	42
Tabulka 30	Analýza vlivu prediktoru čas na úroveň agregace u samic <i>A. vulgare</i> .....	42

# SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 (a) Jedinec <i>G. tetrasticha</i> označený lakem. (b) Jedinec <i>A. vulgare</i> označený fixem. ....	14
Obrázek 2 Četnosti jednotlivých dominantních kategorií chování u <i>A. vulgare</i> .....	19
Obrázek 3 Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na kategorii potrava u druhu <i>A. vulgare</i> v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně).....	20
Obrázek 4 Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na kategorii průzkum u druhu <i>A. vulgare</i> v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně).....	21
Obrázek 5 Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na kategorii odpočinek u druhu <i>A. vulgare</i> v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně).....	22
Obrázek 6 Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na kategorii skrývání u druhu <i>A. vulgare</i> v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně).....	23
Obrázek 7 Četnosti jednotlivých dominantních kategorií chování u <i>G. tetrasticha</i> .....	24
Obrázek 8 Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na kategorii potrava u druhu <i>G. tetrasticha</i> v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně).....	26
Obrázek 9 Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na kategorii průzkum u druhu <i>G. tetrasticha</i> v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně).....	27
Obrázek 10 Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na kategorii odpočinek u druhu <i>G. tetrasticha</i> v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně).....	28
Obrázek 11 Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na kategorii skrývání u druhu <i>G. tetrasticha</i> v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně).....	29
Obrázek 12 Pattern chování během 24 hodin u <i>A. vulgare</i> : (a) průzkum, (b) potrava, (c) odpočinek, (d) skrývání a <i>G. tetrasticha</i> : (e) potrava, (f) průzkum, (g) skrývání .	30
Obrázek 13 Denní průběhy aktivity <i>A. vulgare</i> u třech skupin (b) ve třech pozorovacích dnech (a) .....	33



Obrázek 14	Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na aktivitu u druhu <i>A. vulgare</i> v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně) .....	35
Obrázek 15	Denní průběhy aktivity <i>G. tetrasticha</i> u třech skupin (b) ve třech pozorovacích dnech (a).....	37
Obrázek 16	Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na aktivitu u druhu <i>G. tetrasticha</i> v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně) .....	38
Obrázek 17	Vliv prediktoru čas (a) a značení (b) na stabilitu agregace u samců <i>A. vulgare</i> (interval spolehlivosti přerušovaně).....	39
Obrázek 18	Vliv prediktoru čas (a) a značení (b) na stabilitu agregace u samic <i>A. vulgare</i> (interval spolehlivosti přerušovaně).....	40
Obrázek 19	Vliv prediktoru čas (a) a značení (b) na úroveň agregace u samců <i>A. vulgare</i> (interval spolehlivosti přerušovaně).....	41
Obrázek 20	Vliv prediktoru čas (a) a značení (b) na úroveň agregace u samic <i>A. vulgare</i> (interval spolehlivosti přerušovaně) .....	42
Obrázek 21	Průběh agregačního chování a změn úrovně a stability agregace u <i>A. vulgare</i> .....	43

## PODĚKOVÁNÍ

V první řadě bych velice ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce RNDr. & Mgr. Ivanu H. Tufovi, Ph.D. za jeho ochotu, trpělivost, pozitivní přístup, cenné rady a celkově za veškerou pomoc při vzniku této práce. Můj velký dík patří také prof. MVDr. Emilu Tkadlecovi, CSc. za konzultace a cenné rady týkající se statistického zpracování dat v programu R. Dále bych velmi ráda poděkovala svému příteli Bc. Martinu Prostředníkovi, který mi byl obrovskou oporou nejen při vlastních experimentech, ale i při vzniku této práce. Děkuji za veškerou jeho pomoc, zajímavé podněty a nezdolný optimismus. Touto cestou bych také ráda poděkovala svým rodičům, kteří mi byli velkou oporou nejen při vzniku této práce, ale i při celém uplynulém studiu.

# 1 ÚVOD

Suchozemští stejnonožci (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) a mnohonožky (Myriapoda, Diplopoda) se řadí mezi významné dekompozitory a hrají tedy důležitou roli při rozkladu biologického materiálu. Mnohonožky vesměs preferují rostlinný materiál, převážně rozkládající se před živým (Hopkin & Read 1992). Pouze někteří zástupci řádu Callipodida dávají přednost potravě živočišného původu (Hoffman & Payne 1969). Naopak u stejnonožců je konzumace odumřelých těl živočichů poměrně častým jevem. Výjimkou není ani koprofagie (např. Hassall & Rushton 1982, Warburg 1993), predace jiných živočichů (Edney a kol. 1974) nebo dokonce kanibalismus (Heeley 1941b; Thompson 1934, Brereton 1956 in Paris 1963; Linsenmair 1985). Co se rostlinného opadu týče, jeho chutnost pro stejnonožce úzce souvisí s typem chemické obrany rostlin proti herbivorům a se stupněm rozkladu mikroorganismy. U rostlin s kvantitativním typem obrany (polyfenoly, pryskyřice) se chutnost opadu se zvyšující mikrobiální aktivitou zvyšuje, naopak u rostlin s kvalitativním typem obrany (alkaloidy, terpeny, glykosidy) se chutnost opadu se zvyšující mikrobiální aktivitou snižuje (Hassall & Rushton 1984).

Zástupci suchozemských stejnonožců i mnohonožek jsou rozšířeni téměř po celém světě. Ačkoli dávají přednost především vlhkému prostředí (např. pod opadaným listím, kmeny stromů, hromadami dřeva, kameny nebo ve svrchní vrstvě půdy), nalezneme mezi nimi i pouštní druhy adaptované na výrazně sušší podmínky.

Jelikož se suchozemští stejnonožci a mnohonožky významně podílejí na koloběhu látek v přírodě a mj. zúrodňují půdu, je jejich aktivita velice důležitá pro správné fungování mnoha ekosystémů, zvláště v temperátním a boreálním pásu. V souvislosti s potenciální globální změnou klimatu a neustále větším zatížením životního prostředí lze předpokládat, že bude přibývat studií zkoumajících právě vlivy výše zmiňovaných fenoménů na fyziologii, ekologii nebo také na behaviorální odpověď (včetně změny rozložení aktivit během dne) zástupců těchto skupin. Pro účely vědeckých studií je však často nutné odlišit od sebe vhodným způsobem jednotlivé jedince nebo skupiny jedinců stejného druhu. Jednat se může např. o rozlišení samců a samic u druhů, u kterých se nevyskytuje pohlavní dimorfismus a není proto možné odlišit pohlaví na první pohled bez manipulace. K rozlišení jedinců slouží různé

způsoby značení, které však nemusí být úplně bez vlivu. V první řadě je nutné sledovat, zda značení nevyvolává viditelné poškození či mortalitu jedinců v krátkodobém, ale i v dlouhodobém měřítku (viz zpožděná mortalita). Následně je důležité zaměřit se na případnou změnu projevů chování, kterou může značení také způsobit. Značení by tedy mohlo mít vliv na chování označených jedinců, vztahy mezi označenými a neoznačenými jedinci stejného druhu (vyšší či naopak nižší zájem o opačné pohlaví, vyloučení ze skupiny atd.) či vztahy na vyšší úrovni např. vztah predátor – kořist. Označený jedinec se díky své „zvláštnosti“ může stát pro predátora buď snadno lokalizovatelný a přitažlivý, nebo ho naopak může odpuzovat. Aplikace značení tedy může být spojena s určitým vlivem na zkoumané jedince. V souvislosti s tím by však mohlo dojít k negativnímu ovlivnění výsledků studií – ke zkreslení. Změny v projevech chování popř. mortalitu jedinců by totiž nemusel v takové studii vyvolávat zkoumaný faktor, ale právě způsob značení.

Ve své práci jsem se proto rozhodla věnovat vlivu značení na chování u vybraných druhů suchozemských stejnonožců a mnohonožek: svinky obecné, *Armadillidium vulgare* (Latreille, 1804) zastupující suchozemské stejnonožce a svinule čtyřpásé, *Glomeris tetrasticha* Brandt, 1833 zastupující mnohonožky. K výhodám využití těchto druhů patří především jejich snadná identifikace a fakt, že se vyskytují poměrně běžně a hojně. Navíc *A. vulgare* je oblíbeným modelovým taxonem pro mnohé studie (viz dále). Vzhledem ke skutečnosti, že se jedná o druhy s výraznou pigmentací (využití interního způsobu značení pomocí histologických barviv je tedy bezpředmětné), zvolila jsem externí způsoby značení, konkrétně lak na nehty a fix používaný ke značení včelích matek. Ideou mé práce je přispět k větší objektivitě nově vznikajících behaviorálních (popř. i jiných) studií, které využívají značení jedinců a zabývají se nejen suchozemskými stejnonožci a mnohonožkami. Pokud by se mé výsledky staly inspirací pro další práce podobného charakteru, budu jen ráda! U mnoha studií využívajících značení jsem totiž zaznamenala pouze zájem o to, zda používaný způsob značení nemá vliv na přežívání, ale s případnou analýzou vlivu na chování jsem se setkala mnohem méně.

## 1.1 Problematika značení bezobratlých

Způsoby značení bezobratlých lze rozdělit dle aplikace značícího média na externí a interní. Způsoby externího značení jsou založené na aplikaci přímo na povrch jedince, oproti tomu způsoby interního značení vyžadují většinou netriviální aplikaci např. skrze

trávicí trakt jedince. Jelikož existuje celá řada způsobů, jak lze bezobratlé označit (externě či interně), pokusím se přiblížit alespoň některé z nich a jejich výhody i nevýhody.

### Externí značení

Mezi způsoby externího značení bezobratlých patří aplikace barev (např. akrylové a fluorescenční barvy), laků (např. laku na nehty, šelaku, korekčního laku) a použití fixů a jiných popisovačů. Hlavní výhodou je snadná aplikace značícího média zejména u druhů větších rozměrů, kterou lze provést i přímo v terénu. Používaná značící média jsou navíc běžně dostupná a pořizovací náklady jsou minimální. Určitým omezením v použití může být doba perzistence značení. Značka aplikovaná na povrch těla je totiž vystavena především v terénu mechanickému oděru (významnému zvláště u půdou se pohybujících druhů) a problémem může být také fakt, že pro některé druhy je i v dospělosti typický proces svlékání. I přes několik zmiňovaných nedostatků jde vesměs o univerzální způsob značení vhodný pro mnoho druhů bezobratlých a významnějším omezením v použití může být pouze doba perzistence značení, což však u krátkodobých experimentů není problém.

Aplikace laku na nehty patří k relativně běžně používaným způsobům externího značení. Využívá se ke značení některých plžů, mlžů a rakovců, příkladem mohou být studie u hřebenatky *Argopecten irradians* (Darcy & Eggleston 2005), u zubovce *Clithon retropictus* (Shigemiya & Kato 2001), u violetky *Donax variabilis* (Ellers 1995) nebo u krevety *Urocaridella* sp. (Becker & Grutter 2005). Pouze u violetky byl před vlastní studií sledován kromě vlivu značení na životnost také případný vliv na chování jedinců. Značení schránek plžů a mlžů tímto způsobem je velmi účinné a perzistentní, jedinec zůstane označen i několik měsíců (Eggleston 1989 in Darcy & Eggleston 2005). Z řad hmyzu byli pro účely různých studií značeni lakem na nehty např. kvapník *Harpalus rufipes*, svižník *Cicindela campestris* (Samu & Sárospataki 1995) nebo slíďák *Pardosa agrestis* (Kiss & Samu 2000). Z dalších způsobů externího značení je třeba zmínit použití spreje s fluorescenční barvou, která po aplikaci způsobí, že jedinci jsou barevně odlišitelní pod zdrojem ultrafialového záření. Podle studií využívajících fluorescenční barvu ke značení některých druhů termitů je tato barva netoxická (Forschler 1994) a má oproti interním barvivům několik výhod: možnost aplikace přímo v terénu, krátkodobá separace od zbytku kolonie a několik barevných variant, které jsou natolik neobvyklé, že si je nelze splést s přirozeným zbarvením jedinců (Forschler 1994). K externímu

značení se dále využívají různé fixy a jiné popisovače. Příkladem může být studie, ve které se Gallepp a Hasler (1975) zabývali použitím několika způsobů značení u larev chrostíků *Brachycentrus americanus* a *Brachycentrus occidentalis*. Kromě černého fixu využili ke značení schránek chrostíků také korekční lak (Rediform Office Products, Paramus, N.J.) a email (ve studii blíže nespecifikován, *enamel*). Zmiňovaná studie byla jako jedna z mála zaměřena hlavně na vliv značení na chování jedinců. Byl prokázán negativní vliv, ale přežívání ovlivněno nebylo. V souvislosti se značením jedinců korekčním lakem je třeba zmínit, že podle Petit a kol. (2003) se sice jedná o odolné značení, ale poškozuje a zabíjí bezobratlé. V rozporu s tím však uvádí ve své práci Holland & Smith (1999), že ke značení několika druhů brouků z čeledí střevlíkovití a drabčíkovití využili korekční lak Tippex<sup>TM</sup>, který se ukázal jako netoxický.

Co se týká použití externího značení právě u mnohonožek, několik studií vzniklo v rámci kurzu ekologie na Jihoaustralské univerzitě v Mawson Lakes. Tyto studie byly zaměřeny na odolnost různého externího značení a na jeho vliv na přežívání mnohonožky *Ommatoiulus moreletii* ve snaze nalézt optimální způsob značení (dlouhodobě perzistentní a bez negativních vlivů na přežívání). Takový způsob značení by pak umožnil provedení dlouhodobých studií vedoucích ke zjištění velikosti populace, migračního chování a vlivu tohoto druhu na tamější životní prostředí. Jedná se totiž o druh v Austrálii velmi početný, ale nepůvodní (pochází z Portugalska a ze Španělska). Sofie Petit se studenty nejdříve testovala značení pomocí několika různých laků na nehty (Petit a kol. 2003). Přežívání výše zmiňovaného druhu sice nebylo ovlivněno, ale odolnost laků nebyla dostatečně vyhovující, protože většina značek byla ztracena již během prvního dne. Později provedli další studii (Penny a kol. 2005) srovnávající nejodolnější lak na nehty Satin<sup>TM</sup> z roku 2003 a modelářskou barvu Humbol<sup>TM</sup>. Barva Humbol<sup>TM</sup> byla odolnější než lak na nehty Satin<sup>TM</sup>, ale rovněž nespĺňovala podmínky pro dlouhodobé terénní experimenty. Navíc způsobila cca 6% mortalitu mnohonožek do 24 hodin od označení. Petit a Gibbs (2005) testovali ještě barvu Markal<sup>TM</sup> s aplikátorem, která byla v jiné studii využita pro účinné a dlouhodobé značení mravenců (Wojcik a kol. 2000). Ačkoli barva Markal<sup>TM</sup> neměla pravděpodobně žádný vliv na přežívání mnohonožek, neuspěla proti oděru. Značka zmizela během 3 dní až u 80 % označených mnohonožek. Gordon se spolupracovníky (2007) testovali tiskařskou čern Dy-Mark<sup>TM</sup>. Ani toto značící médium se nejevilo pro mnohonožky jako

toxické, ale zároveň nebylo z dlouhodobějšího hlediska ani příliš účinným (po 3 dnech zůstala značka jen na jedné mnohonožce z 30).

Z podobných studií zabývajících se přímo použitím externího značení a jeho vlivem na přežívání u suchozemských stejnonožců lze zmínit pouze studii, ve které se Hora a kol. (2010) zabývali trvanlivostí a toxicitou značení lakem na nehty u stínky *Porcellio scaber*. Na dvou substrátech ze tří zaznamenali vyšší mortalitu u značených jedinců než u kontrolní skupiny, čímž byl jistý vliv laku na přežívání prokázán. V mnoha dalších studiích je externí značení stejnonožců také využíváno, ale jen doplňkově. Cílem takové studie totiž není přímo zjišťování vlivu značení. Příkladem může být studie, ve které se Madhavan a Shribbs (1981) zabývali rolí faktorů prostředí (fotoperioda a nízká teplota). Zajímalo je, zda tyto faktory ovlivňují reprodukční cyklus u svinky *Armadillidium vulgare*. Samice byly pro účely této studie označeny červeným lakem na nehty na hřbetní části, aby bylo možné sledovat historii jejich svlékání. Den Boer (1961) využívá k označení stínky *Porcellio scaber* alkoholový roztok šelaku. S označenými jedinci pracuje především v terénních pozorováních (pozorování vertikální aktivity a aktivity populací přebývajících na stromech), ale také v laboratorních experimentech týkajících se vodní bilance a aktivity jedinců. O případném ovlivnění jedinců značením či o jeho perzistenci se však nezmiňuje. Brereton (1957) se ve své práci zabýval mj. rozsahem pohybu jedinců stínky *Porcellio scaber* mezi stromy, na kterých žijí v letním období. V souvislosti s tím se zmiňuje o použití barvy k označení jedinců, kterou však blíže nespecifikuje (pravděpodobně kvůli její nevhodnosti z důvodu rozmazávání). Paris a Pitelka (1962) provedli studii populačních charakteristik u svinky *Armadillidium vulgare*. Pohyblivost tohoto druhu popisovali na základě metody mark-recapture. Jedinci byli označeni v terénu lakem (blíže nespecifikován, *enamel*). Podle autorů lak přežívání neovlivňoval, pokud bylo značení prováděno ohleduplným způsobem (při aplikaci laku nesmělo dojít ke slepení jednotlivých segmentů těla jeho nadměrným množstvím). Navíc v laboratorních podmínkách zůstali jedinci označeni až do té doby, dokud se nesvlékli. Lawlor (1976) se ve své práci zabýval vztahem mezi svlékáním, růstem a reprodukcí u svinky *Armadillidium vulgare*. Pro experimenty týkající se růstu a reprodukce značil samice tohoto druhu lakem (blíže nespecifikován, *enamel*), označení podle něj neovlivnilo přežívání ani proces svlékání. Moore (1983) a Moore s Lasswellem (1986) zjišťovali, zda přítomnost parazitů ovlivňuje chování svinky *Armadillidium vulgare*, zda

se liší chování nakažených a nenakažených jedinců. K označení jedinců využívali lak Pactra, ale ve svých pracích se nezmiňují o případných účincích tohoto značení na přežívání či chování sledovaných jedinců. Grosholz (1993) označil jedince stínky *Porcellio scaber* pro účely své práce různě barevným fluorescenčním práškem (Radiant Color, Richmond, CA). Provedl také předběžné experimenty, ve kterých nebyl prokázán signifikantní vliv fluorescenčního prášku na rozptyl jedinců (Grosholz 1993). Ve své práci se zabýval vlivem proměnlivosti prostředí na populační dynamiku v přírodě běžně se vyskytujícího systému hostitel-patogen. Willows (1987) se zabýval populační dynamikou a životní historií u 2 odlišných populací vodního stejnonožce *Ligia oceanica*. Ve své studii používal k označení jedinců tohoto druhu velmi silné lepidlo (cyanoakrylát ester). Kapku tohoto lepidla aplikoval na perion a na ní přidal kapku celulóзовé barvy, která představovala permanentní a viditelnou značku. Zároveň konstatoval, že nebyl rozdíl v přežívání mezi označenými a neoznačenými jedinci.

### **Interní značení**

Způsoby interního značení zahrnují použití histologických barviv a použití radioaktivních a stabilních izotopů. Základem interního značení je snaha poskytnout dostatečně perzistentní označení jedince, které je provedeno v celém objemu těla a není tedy odstraněno ani při svlékání.

Histologická barviva se využívají k barvení živočišných tkání, lipidů atp. Ke známějším patří např. methylenová modř nebo nilská modř A. Rozpouštěcím médiem může být podle typu barviva např. voda, etanol, aceton nebo chloroform. Barvení tělních buněk živého organismu probíhá převážně skrze trávicí trakt (rozpuštěné barvivo je pozřeno v potravě), u vodních organismů také skrze vodní prostředí. Mezi hlavní výhody patří, že vlastní proces barvení je relativně jednoduchý a umožňuje snadné obarvení také u druhů menších rozměrů bez rizika poškození nevhodnou manipulací. Navíc některá barviva bývají v závislosti na konkrétním druhu velmi perzistentní. Tělo jedince je obarveno až na několik týdnů, u některých termitů druhu *Heterotermis indicola* vydrželo obarvení dokonce po dobu 4 měsíců (Sattar a kol. 2007). Právě perzistence je jednou z hlavních předností především pro terénní výzkum, protože obarvené jedince je možné využít opakovaně pro metody zpětného odchytu značkových jedinců (Capture-Mark-Recapture). U laboratorních experimentů se navíc nabízí možnost průběžného dobarvování. Velkým problémem je však častá toxicita barviv a s tím spojená skutečnost, že je vždy nutné najít



pro konkrétní druh a studii nevhodnější barvivo, protože různé druhy reagují na stejná barviva různým způsobem. Kromě okamžité mortality se může projevit i tzv. zpožděná mortalita, proto je nutné zaměřit se také na studium dlouhodobých účinků použitého barviva (Su a kol. 1991). Mezi problematické stránky tohoto způsobu značení patří také nemožnost využití u druhů s výraznou pigmentací, protože nově získané zbarvení by nebylo znatelné. Naopak, pokud je nově získané zbarvení velice výrazné a netradiční, může v některých případech ovlivnit fitness jedince (např. zvýšení nebo snížení atraktivity pro opačné pohlaví, predace označených jedinců). Samotný experiment může být zkomplikován také tím, že jedinec není ochoten obarvenou stravu přijmout.

Většina studií využívajících histologická barviva se týká termitů (např. Su a kol. 1991, Sattar a kol. 2007). Velmi zajímavá je studie zabývající se možností nového způsobu značení pavouků, ve které se Evans a Gleeson (1998) zaměřili na využití obarvených termitů k označení třesavek *Pholcus phalangioides* a shrnují v ní rovněž výhody a nevýhody tohoto přístupu. Barviva se využívají také ke značení vodních korýšů. Smith a Present (1983) prováděli laboratorní experimenty týkající se možností využití sedmi barviv k označení různonožců *Orchomene* sp. Howard (1985) sledoval pohyblivost epifauny (korýšů a plžů) s využitím neutrální červeně. Simon a Buikema (1997) se zabývali vlivy organického znečištění na populace vodních stejnonožců *Caecidotea recurvata* a různonožců *Stygobromus mackini*. K jejich označení byla použita methylenová modř a neutrální červeně. Stejná barviva využili také Darcy a Eggleston (2005) k označení garnáta *Palaemonetes* sp. ve své studii týkající se vlivu koridorů na rozptyl a kolonizaci v estuarinních systémech.

Použití radioaktivních izotopů (např.  $^{32}\text{P}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) je značně omezeno, protože představují riziko pro volnou přírodu a radioaktivní záření může mít negativní dopad na označené jedince. Tento způsob značení je možné využít nejen interně (v potravě), ale také externě (radioaktivní látka rozptýlená v libovolném externím značícím médiu). Důležitým kritériem v použití je typ záření. Záření  $\alpha$  a  $\beta$  jsou vhodná pro lokální experimenty (mají však větší zdravotní rizika), jelikož jsou rychle pohlcována objekty v okolí (tedy i půdou, rostlinami, ale také pozorovatelem). Záření  $\gamma$  je díky své pronikavosti vhodné i pro experimenty na větší zájmové ploše. Dalším kritériem je poločas rozpadu, který limituje délku experimentu. Postupem času totiž není množství radioaktivního materiálu dostatečné k tomu, aby bylo možné rozeznat jím emitované záření od radiačního pozadí. Pozorování označených jedinců

probíhá pomocí detektoru daného typu záření, který je buď stabilně umístěn na místě, nebo se použije při terénním průzkumu zájmové oblasti. Při využití tohoto způsobu značení je nutné zvážit, jak velkou cenu budou mít získaná data, zda převyší případné újmy způsobené označeným jedincům, zasaženému životnímu prostředí, ale také pozorovateli.

Použití radioaktivních izotopů bylo poměrně běžné v minulém století. Příkladem u bezobratlých mohou být studie u smoláka *Pissodes strobi*, který byl externě značen radioaktivním kobaltem  $^{60}\text{Co}$  rozptýleném v acetylcelulóze (Sullivan 1953), dále studie Riegerta a kol. (1954), který radioaktivním fosforem  $^{32}\text{P}$  označil nymfy několika zástupců sarančovitých ke zjištění jejich pohybu v prostoru. Styron a Burbank (1967) označili vodního stejnonožce *Lirceus fontinalis* v roztoku radioaktivního zinku  $^{65}\text{Zn}$  za účelem průzkumu jeho migrace. Merkle (1969) využil  $^{60}\text{Co}$  při pozorování životního areálu raka *Orconectes juvenalis*. Co se týká použití u suchozemských stejnonožců, Paris (1965) využil radioaktivní fosfor  $^{32}\text{P}$  ke studiu vagility svinky *A. vulgare*. Označení jedinců bylo z hlediska perzistence dlouhodobějšího rázu (cca 25 dní) a dekontaminace terénu byla relativně rychlá. Jistou nevýhodou byl však fakt, že použitý fosfor je  $\beta$  zářič. Hluběji skrytí jedinci nemuseli být nalezeni vzhledem ke stínění materiálu a riziko radioaktivního poškození bylo vyšší než u  $\gamma$  zářiče.

Značení pomocí stabilních izotopů využívá izotopy takových prvků, které se v přírodě a tedy i v tělech živých organismů běžně vyskytují. Jedná se především o uhlík, kyslík, vodík a dusík. Chemické prvky se vyskytují ve formě několika různě stabilně a početně zastoupených izotopů. Ke značení jedinců se využívá takový stabilní izotop, který je zastoupen jen velmi vzácně (v řádu jednotek procent) vzhledem k základnímu izotopu prvku. Stabilní izotopy nepředstavují žádná rizika pro životní prostředí, označené jedince je možné bez jakéhokoli ohrožení vypustit do prostředí a sledovat např. jejich pohyb. Za jednu z hlavních výhod je tedy považována možnost nahradit jimi při experimentech radioaktivní izotopy (Hood-Nowotny & Knols 2007). Citovaní autoři zdůrazňují také několik dalších výhod: relativně snadný a levný způsob značení, minimální vliv na biologii, fyziologii a ekologii jedinců (tělo jedince není kontaminováno radioaktivní nebo toxickou látkou) a zejména pak perzistence značení. Hlavní nevýhodou a určitým omezením v použití je však fakt, že rozpoznání označených jedinců je destruktivní (nelze jím tedy označit jedince, kteří mají být opakovaně rozpoznáváni). Ke zjištění, zda jedinec byl či nebyl označen, je nutné

vysokým žářem (1800° C) převést jeho tělo na směs plynů (dusík, oxid uhličitý, vodík, oxid siřičitý), které jsou poté podrobeny složité analýze pomocí hmotnostního spektrometru pro zjištění poměru izotopů (IRMS).

Použití stabilních izotopů se objevuje ve studiích především v posledních letech. Hood-Nowotny a Knols (2007) zmiňují dva typy studií založené na využití stabilních izotopů. První typ studií je založen na analýze přirozené abundance těchto izotopů v tělech zkoumaných jedinců a následně je schopen podat informace o procesech a tocích v ekosystému (struktura potravní sítě, migrace apod.). Druhý typ studií využívá obohacení těl jedinců o stabilní izotop konkrétního prvku skrze obohacenou potravu, vodu nebo vzduch. Skrze ně je stabilní izotop lehce zabudován do těla jedince, který je tímto způsobem označen (v jeho těle je po analýze zjištěn výrazně vyšší podíl izotopu konkrétního prvku ve srovnání s jedincem, který takto označen nebyl). Tento způsob značení je vhodný především pro populační studie využívající metody jednorázového zpětného odchytu značkových jedinců (Capture-Mark-Recapture), popř. ke studiu potravních preferencí a alokace zdrojů. Ze studií založených na analýze přirozené abundance izotopů lze zmínit výzkum např. u termitů (Tayasu a kol. 1998), motýlů (Fischer a kol. 2004), brouků (Soe a kol. 2004) a u mnoha dalších. Výzkumy využívající obohacení těl organismů o stabilní izotop byly provedeny např. u kobylek (Unsicker a kol. 2005), komárů (Hood-Nowotny a kol. 2006), mšic (Nienstedt & Poehling 2000, 2004a,b) nebo u mravenců (Fischer a kol. 2003).

## 2 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem této práce je zjistit, zda vybrané způsoby externího značení (lak na nehty a fix používaný ke značení včelích matek) mají vliv na chování, respektive na:

- četnost konkrétních projevů chování (kategorií chování) během 24 hodin u druhů *Armadillidium vulgare* a *Glomeris tetrasticha*,
- četnost aktivit (aktivních kategorií chování) během 24 hodin u druhů *A. vulgare* a *G. tetrasticha*,
- agregační chování (stabilitu a úroveň agregace) u druhu *A. vulgare*.

Cílem je zachytit také případný vliv externího značení na přežívání *A. vulgare* a *G. tetrasticha*.

## 3 METODIKA

### 3.1 Sběr jedinců modelových druhů

Jedinci *Armadillidium vulgare* byli sbíráni formou individuálního sběru ve městě Olomouc (jedinci pro hlavní experiment – záznam vybraných projevů chování během 24 hodin) a ve městě Nový Bydžov (jedinci pro doplňující experiment – záznam projevů agregačního chování). Jedinci sbíraní v Olomouci pocházeli většinou z areálu městského parku Bezručovy sady, kde byla vytipována stanoviště, která tento druh běžně preferuje, tzn. stinná místa s vyšší vlhkostí (např. pod kameny nebo u okrajů cest). Jedinci sbíraní v Novém Bydžově pocházeli z areálu zahrady za domem v Revoluční ulici, č. p. 831. Jedinci *Glomeris tetrasticha* byli sbíráni rovněž formou individuálního sběru a to z hrabanky lužního lesa v Litovelském Pomoraví, jednalo se o jedince pro hlavní experiment (doplňující experiment u tohoto druhu proveden nebyl).

Všichni odchycení jedinci byli přemístěni do několika plastových boxů, kde jim byly poskytnuty optimální podmínky. Po provedení experimentů byla menší část jedinců ponechána v chovu dr. Tufa, všichni ostatní byli vypuštěni opět do volné přírody.

### 3.2 Použité externí značení

Ve své práci jsem se rozhodla otestovat běžně dostupné způsoby externího značení: lak na nehty a fix používaný ke značení včelích matek. Zvolila jsem lak na nehty (60 seconds RIMMEL London™) v barvě 250 Pink Punch a fix používaný ke značení včelích matek (Uni Paint Marker) ve žluté barvě, lze je však zakoupit v několika barevných variantách.

Výběr vhodného laku na nehty (dále jen lak) závisel zejména na době zasychání. Mým cílem bylo najít lak s krátkou dobou zasychání. Čím kratší je doba zasychání, tím kratší je vlastní manipulace s jedincem a tím i jeho vystavení potenciální stresové situaci. Časově se to odrazí také na celém procesu aplikace značení, který je výrazně rychlejší. Navíc je zde menší pravděpodobnost nedostatečného zaschnutí značky a tím i její ztráty vlivem přilepení jedinců k objektům v prostředí, nebo k sobě navzájem. Cenová dostupnost laku nebyla vzhledem k objemu spotřebovaného laku relevantní vlastností.

Co se týká výběru druhého způsobu značení, rozhodla jsem se pro barvu ve formě fixu, kterou používají včelaři k označení včelích matek (dále jen fix). Označení matky usnadňuje včelařům její identifikaci a nalezení ve včelstvu. Fix lze zakoupit v obchodech s včelařskými potřebami, i když se jedná spíše o univerzální popisovač využívaný také ke zmíněným účelům. Předpokládám, že případné negativní vlivy by již byly včelaři zaznamenány.

### 3.3 Design experimentů

#### Předběžné experimenty

Před vlastními experimenty byly provedeny předběžné experimenty, které měly otestovat zvolený design v praxi, nastínit časovou náročnost a náročnost manipulace s vybranými zástupci suchozemských stejnonožců a mnohonožek. Zároveň měly odhalit, zda některý z použitých způsobů externího značení nevyvolává viditelné poškození či akutní mortalitu jedinců.

#### Hlavní experiment – záznam vybraných projevů chování během 24 hodin

Design experimentu byl navržen dr. Tufem na základě konzultace s dr. Aline Quadros (Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Brazílie). Experiment probíhal u obou druhů stejným způsobem, u *G. tetrasticha* byl proveden v červenci a u *A. vulgare* v srpnu.

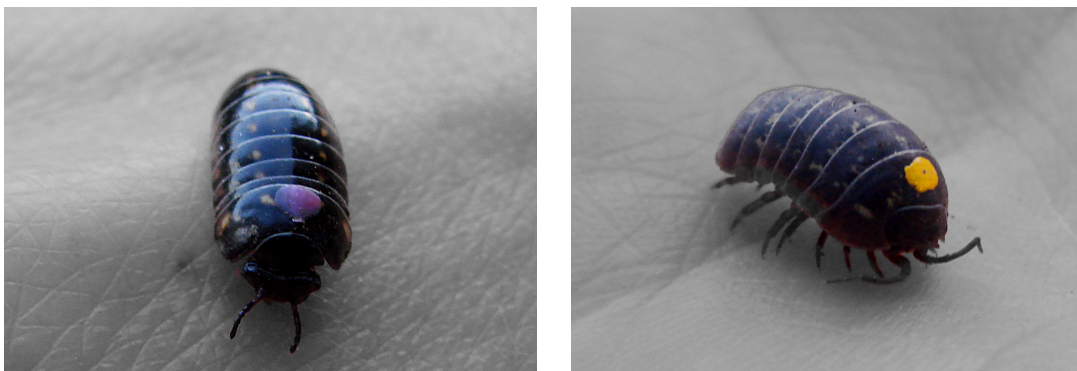
Vlastnímu experimentu předcházela výběr vhodných jedinců z předem odchycených. Dohromady bylo vybráno 120 dospělých samců a samic konkrétního druhu. Důležitým předpokladem byl přibližně stejný věk vybraných jedinců, proto byli vybíráni vždy jedinci stejné nebo podobné velikosti s ohledem na skutečnost, že samci bývají menší než samice. Všichni svlékající se jedinci a gravidní samice byli v rámci výběru vyloučeni. Vybraní jedinci byli náhodně rozděleni na 3 stejně velké skupiny, první skupina jedinců byla označena lakem, druhá skupina fixem a poslední skupina zůstala bez označení, jednalo se o skupinu kontrolní.

Značení bylo prováděno ve venkovních prostorách a probíhalo formou malé, ale dobře viditelné tečky na první hrudní článek (obr. 1). Jedinci byli ručně vybíráni a značeni. Důraz byl kladen především na jemnou, rychlou manipulaci nesoucí s sebou jen minimální zatížení stresovou situací.

Označení jedinci byli ihned po zaschnutí značky přemístěni v počtu 4 do předem připraveného plastového boxu (rozměry 20 × 20 × 10 cm), jehož dno bylo pokryto tenkou vrstvou sádry (cca 0,5 cm) kvůli zajištění vlhkosti. Box byl rozdělen na třetiny: do první třetiny byly rozmístěny 3 úkryty vytvořené z téměř neprůhledného plastu, do druhé třetiny bylo umístěno několik menších kusů nakrájeného syrového bramboru, který sloužil jako potrava, a zbývající třetina boxu byla pokryta vrstvou vypálené hlíny jemnější struktury (cca 40 g). Všechny boxy byly rovnoměrně rozmístěny v klidné místnosti a vystaveny přirozené fotoperiodě. Vlhkost v boxech byla pravidelně sledována a v případě potřeby byla sádra rosena, většinou každých 6 hodin. Po setmění byla k pozorování využita ruční svítilna obalená červeným celofánem, tímto způsobem získané světlo pozorování jedinci nezaznamenají a nejsou jím rušeni (cf. Pereira a kol. 2004).

Experiment byl postaven následujícím způsobem: vzorkem byl jeden box se 4 jedinci konkrétního druhu, jedinci byli vybráni náhodně. Každý vzorek měl 10 opakování, tzn. celkově bylo použito 30 boxů: 10 boxů s jedinci označenými lakem (skupina značená lakem), 10 boxů s jedinci označenými fixem (skupina značená fixem) a 10 boxů s neoznačenými jedinci (kontrolní skupina). První pozorování proběhlo po dvoudenní aklimatizaci. V každém boxu byl u každého jedince každou hodinu (v rámci 24 hodin) zaznamenán aktuálně se vyskytující projev chování zahrnutý do některé z následujících sedmi (popř. šesti, u *G. tetrasticha* chybí kategorie čištění) kategorií:

1. *Skrývání* – jedinec je prakticky nehybný: schován v úkrytu, nebo zahrabán v půdě (úplně/částečně)
2. *Odpočinek* – jedinec je prakticky nehybný kdekoliv na povrchu
3. *Průzkum* – jedinec se pohybuje v rámci boxu nebo prozkoumává aktivně tykadly povrch svého okolí, popř. hrabe v půdě
4. *Monitoring* – jedinec stojí na místě a pomalu pohybuje tykadly v různých směrech (popř. i se vztyčenou přední částí těla)
5. *Čištění* – jedinec si čistí tykadla, nebo hrudní končetiny (pereopody)
6. *Interakce* – jedinec je v blízkém kontaktu s jinými jedinci (dotýkají se tykadly, pereopody, ...)
7. *Potrava* – jedinec žere syrový brambor, popř. části substrátu a výkaly; jedinec pije; jedinec vylučuje



Obrázek 1 (a) Jedinec *G. tetrasticha* označený lakem. (b) Jedinec *A. vulgare* označený fixem.

Pro každého jedince bylo tedy získáno 24 záznamů o pozorovaném projevu chování (resp. kategorii chování) za 24 hodin (tzn. za jeden pozorovací den). Pozorovací dny byly celkem tři a oddělovaly je dvoudenní klidové fáze (jedinci nebyli rušeni, byli ponecháni úplně v klidu).

Po ukončení experimentu byli jedinci přemístěni do boxu s hlinitým substrátem, kde měli zajištěny optimální podmínky. Při přesouvání i při vlastním experimentu byl zaznamenán rovněž počet uhynulých (pro analýzu přežívání) a svlékajících se jedinců.

### **Doplňující experiment – záznam projevů agregačního chování**

Výběr a značení jedinců probíhalo z velké části stejným způsobem jako u hlavního experimentu. Jedinci však byli rozděleni podle pohlaví, protože experiment byl proveden pro samce a samice zvlášť. Celkově bylo vybráno 150 samců a 150 samic *A. vulgare*. Vybraní samci (samice) byli náhodně rozděleni na 3 stejně početné skupiny, první skupina byla označena lakem, druhá skupina fixem a třetí skupina zůstala bez označení. Jedinci byli následně ponecháni 2 dny v několika boxech, kde jim byly zajištěny optimální podmínky.

Experiment byl metodicky inspirován pracemi Caubeta (Caubet a kol. 2009) a Waterse (Waters 1959). Pro experiment bylo náhodně vybráno vždy 10 samců (samic) a ti byli přemístěni do plastového boxu (rozměry 16,5 × 16,5 × 11,5 cm). Dno boxu bylo podloženo čtvercovou sítí tvořenou 16 čtverci. Všechny boxy byly rovnoměrně rozmístěny v klidné místnosti a vystaveny přirozeným světelným podmínkám. Teplota v místnosti se pohybovala kolem 18 °C. Box byl úplně prázdný, měl představovat nepříznivé prostředí s nižší vzdušnou vlhkostí. Využito bylo skutečnosti, že suchozemští stejnonožci reagují na nepříznivé podmínky prostředí (vyšší teplota, nižší vlhkost) specifickým typem chování – agregací, která spočívá ve vytváření shluků



nejméně dvou jedinců a pomáhá jim přečkat tyto nepříznivé podmínky (Allee 1923, 1927).

Design experimentu vypadal následovně: vzorkem byl jeden box s 10 samci (samicemi). Každý vzorek měl 5 opakování, tzn. celkově bylo použito 15 boxů: 5 boxů se samci (samicemi) označenými lakem (skupina značená lakem), 5 boxů se samci (samicemi) označenými fixem (skupina značená fixem) a 5 boxů s neoznačenými samci (samicemi) (kontrolní skupina). Samci (samice) byli vypuštěni do boxu vždy téměř na stejné místo, aby byly zajištěny stejné počáteční podmínky. Sledování změn v rozmístění samců (samic) probíhalo v odpoledních hodinách po dobu 120 minut, přičemž každých 10 minut byla zaznamenána pozice všech samců (samic) v rámci čtvercové sítě boxu. Záznam byl pořízen ve formě fotografie. Fotografování probíhalo pomocí digitálního fotoaparátu bez rušivých vlivů (zvuk spouště, blesk či přisvětlení). První záznam byl pořízen 10 minut po vypuštění samců (samic) do boxů. Po ukončení experimentu byli všichni jedinci ihned přemístěni opět do optimálních podmínek.

### 3.4 Statistické zpracování dat

#### Hlavní experiment – záznam vybraných projevů chování během 24 hodin

- *Analýza vlivu značení na projevy chování (resp. kategorie chování)*

Prvním krokem byl výpočet četnosti pro každou kategorii chování v rámci jednoho vzorku (tj. dohromady pro 4 jedince v boxu) pro kontrolní skupinu, skupinu značenou lakem a skupinu značenou fixem. Cílem následné analýzy bylo srovnání kontrolní skupiny a značených skupin u jednotlivých kategorií chování pro každý pozorovací den. Analýza byla provedena v programu R (R Development Core Team 2009) a využito bylo zobecněných aditivních modelů (Generalized Additive Models, dále jen GAMs), konkrétně jejich verze z plug-in knihovny mgcv. Modelování aditivního modelu bylo provedeno pomocí 2 prediktorů: čas a značení (3 úrovně: lak, fix a kontrola). Vysvětlovaná proměnná byla hodnocena na základě binomického rozdělení (úspěch/neúspěch), jednalo se o dvojice hodnot pro každou z kategorií: (1) *úspěch* – četnost dané kategorie chování, (2) *neúspěch* – suma četností ostatních chování ve vzorku. Značení bylo do modelu začleněno jako kategoriální prediktor, přičemž kontrola byla zvolena jako intercept. Vzhledem k interceptu se poté provedlo srovnání příspěvků úrovní lak a fix do modelu. U prediktoru čas byl předpokládán nelineární charakter (cyklické střídání minima a maxima), proto byl proložen hladkou

transformační funkcí (omezená regresní křivka s použitím UBRE algoritmu). Výstupem analýzy a předmětem interpretace byly grafy pro kategorie chování za každý pozorovací den.

- *Analýza vlivu značení na aktivitu*

Aktivita v konkrétním čase byla definována jako suma četností aktivních kategorií chování (čištění, interakce, monitoring, potrava, průzkum) u kontrolní skupiny, skupiny značené lakem a skupiny značené fixem. Analýza byla provedena opět v programu R (viz výše), navíc byly provedeny další speciální analýzy v programu Oriana for Windows (Kovach 2009), kde výstupem byly kruhové histogramey zobrazující četnost aktivity během 24 hodin. Jednotlivé pozorovací dny byly hodnoceny odděleně. Rayleighův z-test byl využit k testování uniformního rozložení aktivit během dne. K dalším sledovaným parametrům patřily: celodenní četnost aktivity, časové rozmezí vysoké aktivity a vektor průměru (směr a délka). Prahová hodnota pro určení časového rozmezí vysoké aktivity byla zvolena na 50 % (popř. také na 25 % u *G. tetrasticha*) z celkové možné aktivity. Směr vektoru průměru představuje průměrný čas nejvyšší koncentrace aktivity během dne, délka vektoru udává míru koncentrace aktivity kolem této hodnoty.

- *Analýza přežívání*

Analýza přežívání byla provedena v programu R s využitím funkce *fisher.test* z plug-in knihovny *stats* na základě dat o mortalitě jedinců během hlavního experimentu.

### **Doplňující experiment – záznam projevů agregačního chování**

- *Analýza vlivu značení na stabilitu agregace*

Stabilita agregace představuje změnu agregačního koeficientu v čase. Agregací koeficient  $k$  je parametrem negativně binomického rozdělení (Waters 1959). Výpočet jednotlivých agregačních koeficientů byl proveden v programu R (plug-in knihovna MASS). Následně byla provedena analýza pomocí GAMs. Prediktory zůstaly stejné (čas a značení) jako u analýzy vlivu značení na projevy chování. Stabilita agregace byla hodnocena na základě Gamma rozdělení s logaritmickou link funkcí. Výstupem analýzy a předmětem interpretace byly grafy pro stabilitu agregace v závislosti na způsobu značení. Jelikož tyto grafy představují centrované hodnoty parciálních reziduí a nižší hodnota  $k$  navíc ukazuje na vyšší stabilitu agregace, rozhodla jsem se grafy pro lepší čitelnost překlopit podél osy času (resp. značení).

- *Analýza vlivu značení na úroveň agregace*

Úroveň agregace představuje změnu četnosti agregovaných jedinců v čase a byla hodnocena na základě binomického rozdělení: *úspěch* – celkový počet agregovaných jedinců (2 a více jedinců ve fyzickém kontaktu), *neúspěch* – počet neagregovaných jedinců ve vzorku. Analýza byla opět provedena pomocí GAMs, prediktorem byl čas a značení. Výstupem analýzy a předmětem interpretace byly grafy pro úroveň agregace v závislosti na způsobu značení.

## 4 VÝSLEDKY

### 4.1 Analýza vlivu značení na projevy chování (resp. kategorie chování)

Pro analýzu vlivu značení na projevy chování (resp. kategorie chování) bylo vybráno sedm kategorií u svinky *Armadillidium vulgare* a šest kategorií u svinule *Glomeris tetrasticha*. Ne všechny se však pro tento typ analýzy jevíly jako vhodné. Problém nastal u kategorií čištění, interakce a monitoring, které byly pozorovány u všech skupin obou druhů jen velmi zřídka. Důvodem je fakt, že jde o chování, které probíhá jen v krátkém časovém intervalu, a pravděpodobnost jeho zachycení v mém (či podobně řešeném) experimentu je malá. Vzhledem k minimálním početnostem byly zmíněné kategorie chování z analýzy vyloučeny. Požadavek vyšších početností v rámci datového souboru pro analýzu byl u zbývajících kategorií splněn. Kategorie potrava, průzkum, odpočinek a skrývání patřily mezi běžně se vyskytující kategorie, které nebylo těžké zachytit, a během všech dnů byly dostatečně početné. Pro účely analýzy vlivu značení byly tedy vhodné.

#### **Vliv značení na projevy chování u svinky *Armadillidium vulgare***

Během třídního experimentu bylo pro analýzu získáno 8640 záznamů o výskytu kategorií chování u jedinců druhu *A. vulgare*. Podle celkové početnosti za všechny tři dny dohromady bylo možné tyto kategorie vzestupně seřadit (celkové početnosti kategorií v jednotlivých dnech viz obr. 2):

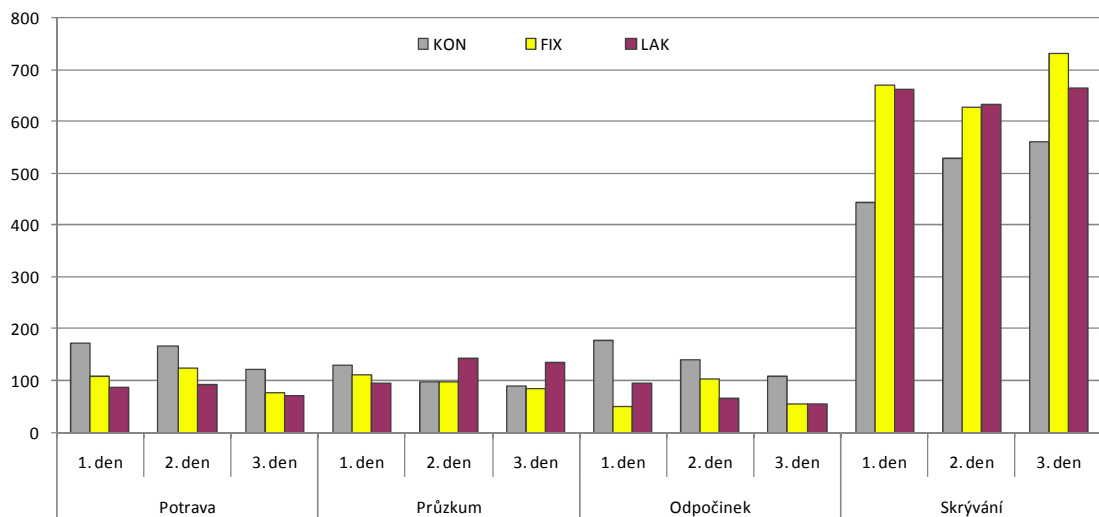
- u kontrolní skupiny: čištění (12), interakce (18), monitoring (44), průzkum (316), odpočinek (424), potrava (461), skrývání (1534)
- u skupiny značené lakem: čištění (5), interakce (6), monitoring (22), odpočinek (216), potrava (253), průzkum (373), skrývání (1960)
- u skupiny značené fixem: čištění (8), interakce (13), monitoring (22), odpočinek (206), průzkum (293), potrava (309), skrývání (2029).

U kategorie potrava (obr. 3; tab. 1, 2) byl prokázán rozdíl v četnostech mezi kontrolní skupinou a oběma značenými skupinami ve všech dnech, vyšší četnost byla vždy u kontrolní skupiny. Ve všech dnech bylo pozorováno shodné maximum četnosti v časovém rozmezí od 23:00 do 3:00.

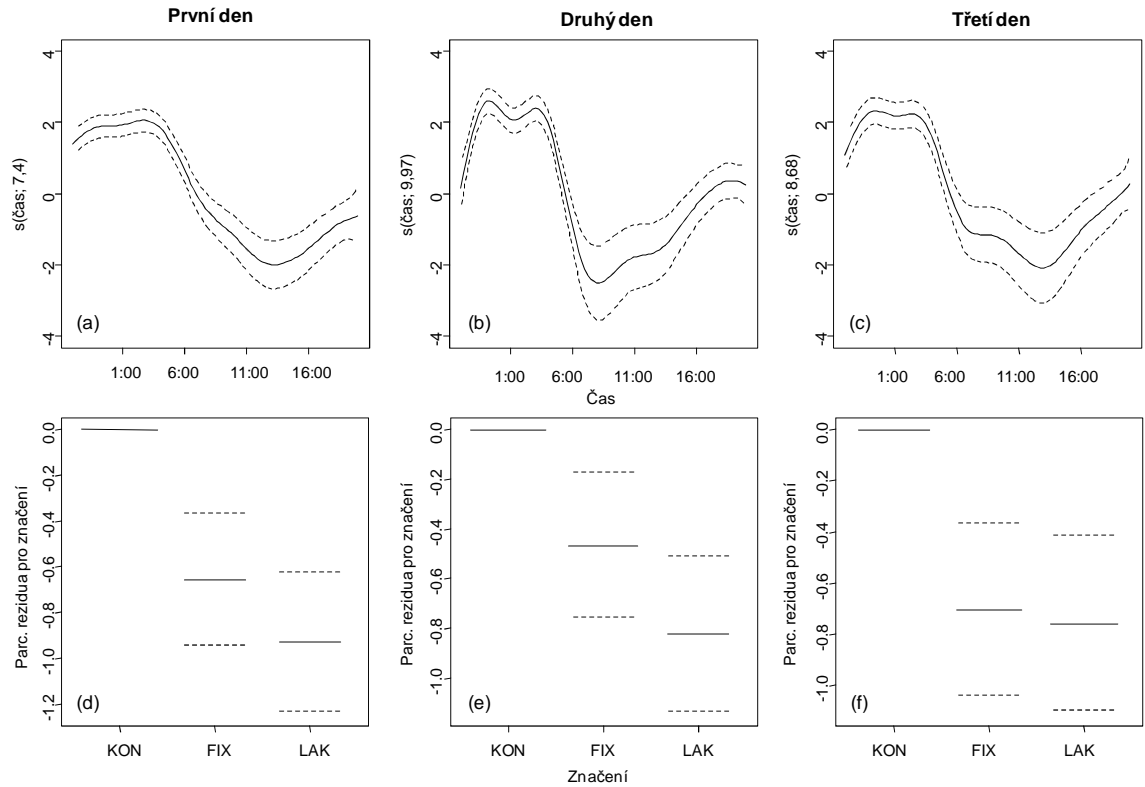
U kategorie průzkum (obr. 4; tab. 3, 4) byl v prvním dni prokázán rozdíl v četnostech mezi kontrolní skupinou a skupinou značenou lakem, vyšší četnost byla u kontrolní skupiny. V dalších dnech byl tento rozdíl rovněž prokázán, ale vyšší četnost byla skupiny značené lakem. Rozdíl mezi kontrolní skupinou a skupinou značenou fixem nebyl prokázán v žádném ze dnů. Denní maximum četnosti bylo první den přibližně v 1:00, v dalších dnech bylo pozorováno shodné maximum četnosti v časovém rozmezí od 23:00 do 3:00.

U kategorie odpočinek (obr. 5; tab. 5, 6) byl prokázán rozdíl v četnostech mezi kontrolní skupinou a oběma značenými skupinami ve všech dnech, vyšší četnost byla vždy u kontrolní skupiny. Denní maximum četnosti nebylo první den pozorováno, v obou dalších dnech se vyskytovalo shodné maximum přibližně v 5:00.

U kategorie skrývání (obr. 6; tab. 7, 8) byl prokázán rozdíl v četnostech mezi kontrolní skupinou a oběma značenými skupinami ve všech dnech, vyšší četnost byla vždy u obou značených skupin. Ve všech dnech bylo pozorováno shodné maximum četnosti v časovém rozmezí od 7:00 do 19:00.



Obrázek 2 Početnosti jednotlivých dominantních kategorií chování u *A. vulgare*



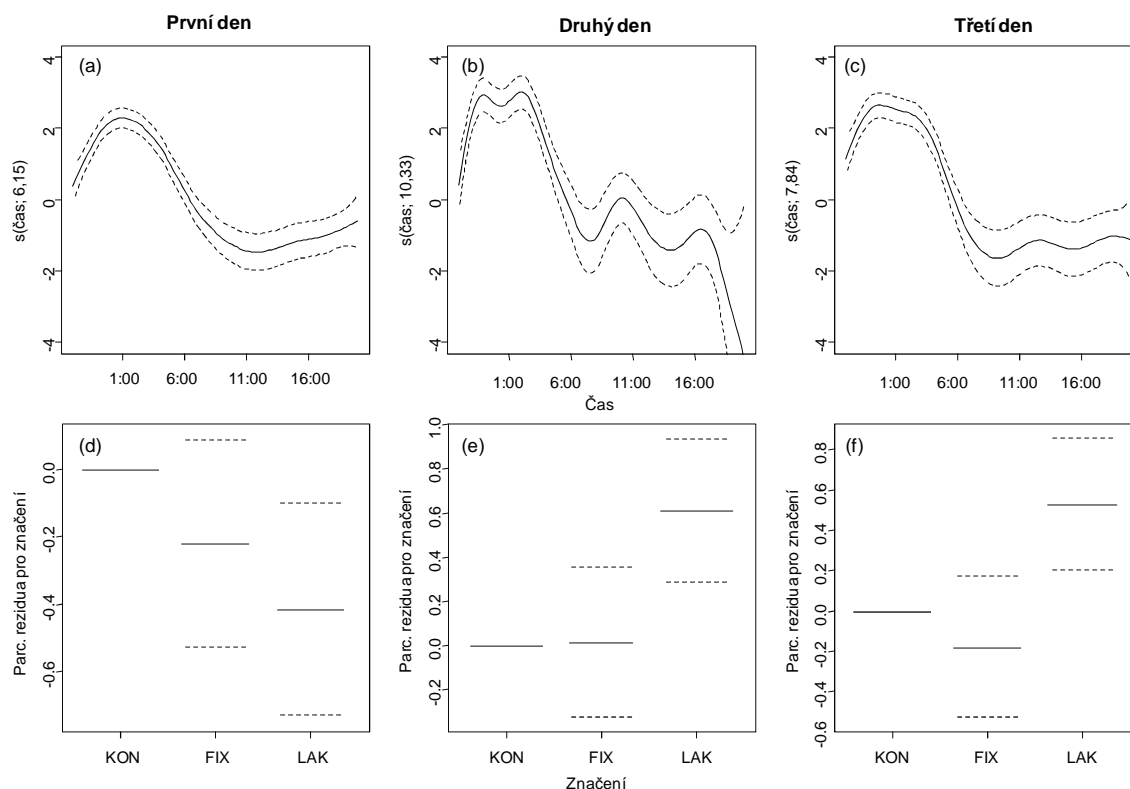
Obrázek 3 Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na kategorii potrava u druhu *A. vulgare* v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 1 Analýza vlivu značení na kategorii potrava u *A. vulgare*

Skupina	Odhad vlivu	z value	P
<i>První den – 1. srpen 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-2,1956</b>	<b>-17,165</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>-0,6549</b>	<b>-4,510</b>	<b><math>6,48 \times 10^{-06}</math></b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>-0,9273</b>	<b>-6,086</b>	<b><math>1,16 \times 10^{-09}</math></b>
<i>Druhý den – 4. srpen 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-2,3612</b>	<b>-16,577</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>-0,4650</b>	<b>-3,176</b>	<b>0,00149</b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>-0,8221</b>	<b>-5,296</b>	<b><math>1,18 \times 10^{-07}</math></b>
<i>Třetí den – 7. srpen 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-2,6520</b>	<b>-16,881</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>-0,7038</b>	<b>-4,193</b>	<b><math>2,76 \times 10^{-05}</math></b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>-0,7554</b>	<b>-4,424</b>	<b><math>9,68 \times 10^{-06}</math></b>

Tabulka 2 Analýza vlivu prediktoru čas na kategorii potrava u *A. vulgare*

Den	odhad df	$\chi^2$	P
<i>První den – 1. srpen 2009</i>	<b>7,4</b>	<b>271,1</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<i>Druhý den – 4. srpen 2009</i>	<b>9,967</b>	<b>341,1</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<i>Třetí den – 7. srpen 2009</i>	<b>8,676</b>	<b>234,9</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>



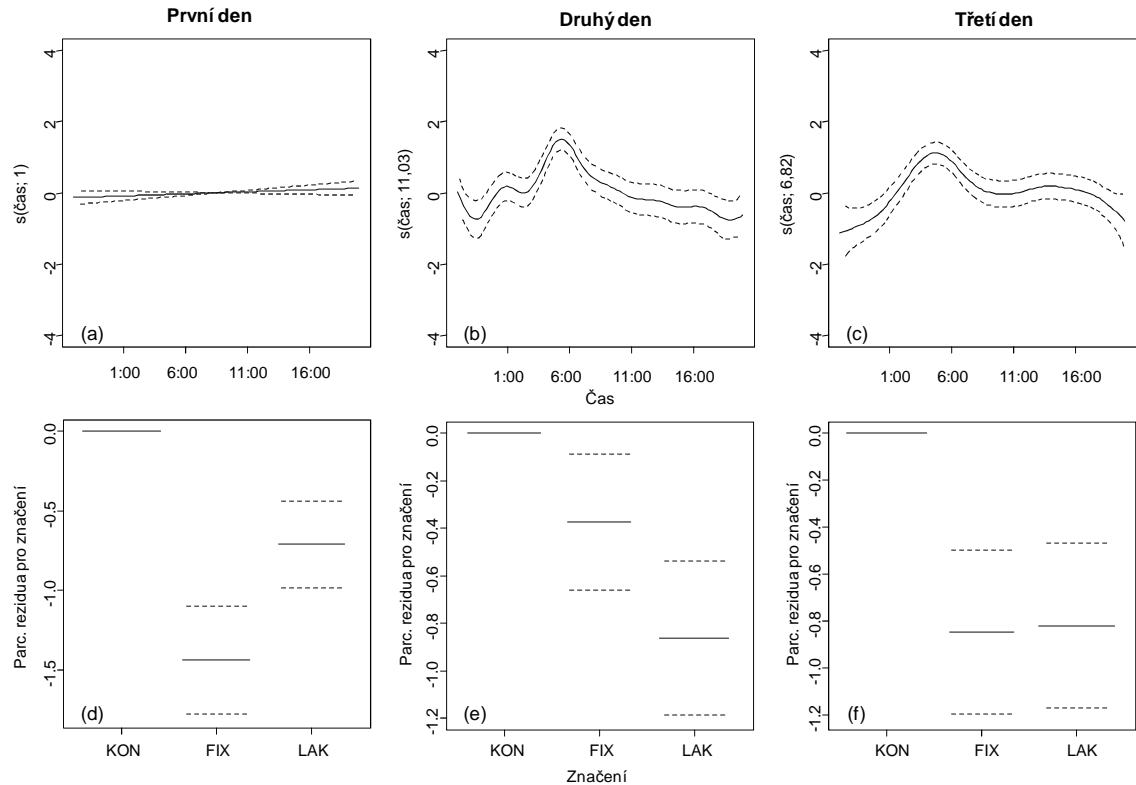
Obrázek 4 Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na kategorii průzkum u druhu *A. vulgare* v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 3 Analýza vlivu značení na kategorii průzkum u *A. vulgare*

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>První den – 1. srpen 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-2,5103</b>	<b>-19,331</b>	<b>&lt; 2×10<sup>-16</sup></b>
FIX (× KON)	-0,2214	-1,448	0,14775
<b>LAK (× KON)</b>	<b>-0,4159</b>	<b>-2,641</b>	<b>0,00825</b>
<i>Druhý den – 4. srpen 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-3,42487</b>	<b>-15,687</b>	<b>&lt; 2×10<sup>-16</sup></b>
FIX (× KON)	0,01445	0,085	0,932260
<b>LAK (× KON)</b>	<b>0,60971</b>	<b>3,750</b>	<b>0,000177</b>
<i>Třetí den – 7. srpen 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-3,2056</b>	<b>-19,057</b>	<b>&lt; 2×10<sup>-16</sup></b>
FIX (× KON)	-0,1788	-1,023	0,30647
<b>LAK (× KON)</b>	<b>0,5269</b>	<b>3,220</b>	<b>0,00128</b>

Tabulka 4 Analýza vlivu prediktoru čas na kategorii průzkum u *A. vulgare*

Den	odhad df	$\chi^2$	p
<i>První den – 1. srpen 2009</i>	<b>6,154</b>	<b>315,4</b>	<b>&lt; 2×10<sup>-16</sup></b>
<i>Druhý den – 4. srpen 2009</i>	<b>10,33</b>	<b>343,7</b>	<b>&lt; 2×10<sup>-16</sup></b>
<i>Třetí den – 7. srpen 2009</i>	<b>7,837</b>	<b>305,4</b>	<b>&lt; 2×10<sup>-16</sup></b>



Obrázek 5 Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na kategorii odpočinek u druhu *A. vulgare* v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně)

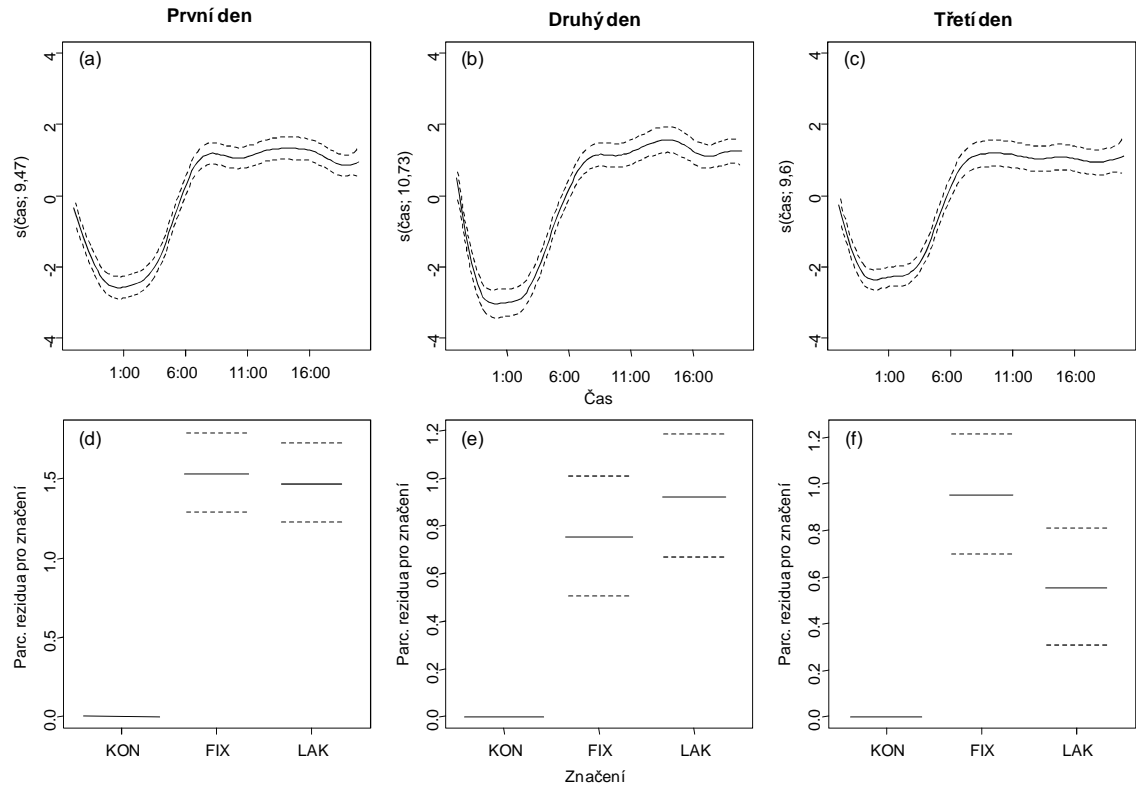
Tabulka 5 Analýza vlivu značení na kategorii odpočinek u *A. vulgare*

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>První den – 1. srpen 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-1,48897</b>	<b>-17,870</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>-1,43658</b>	<b>-8,517</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>-0,71077</b>	<b>-5,224</b>	<b><math>1,75 \times 10^{-07}</math></b>
<i>Druhý den – 4. srpen 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-1,9033</b>	<b>-19,501</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>-0,3737</b>	<b>-2,611</b>	<b>0,00904</b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>-0,8617</b>	<b>-5,329</b>	<b><math>9,87 \times 10^{-08}</math></b>
<i>Třetí den – 7. srpen 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-2,1036</b>	<b>-19,151</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>-0,8455</b>	<b>-4,832</b>	<b><math>1,35 \times 10^{-06}</math></b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>-0,8181</b>	<b>-4,673</b>	<b><math>2,98 \times 10^{-06}</math></b>

Tabulka 6 Analýza vlivu prediktoru čas na kategorii odpočinek u *A. vulgare*

Den	odhad df	$\chi^2$	p
<i>První den – 1. srpen 2009</i>	1	1,737	0,188
<b><i>Druhý den – 4. srpen 2009</i></b>	<b>11,03</b>	<b>116,7</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b><i>Třetí den – 7. srpen 2009</i></b>	<b>6,824</b>	<b>65,34</b>	<b><math>6,16 \times 10^{-11}</math></b>





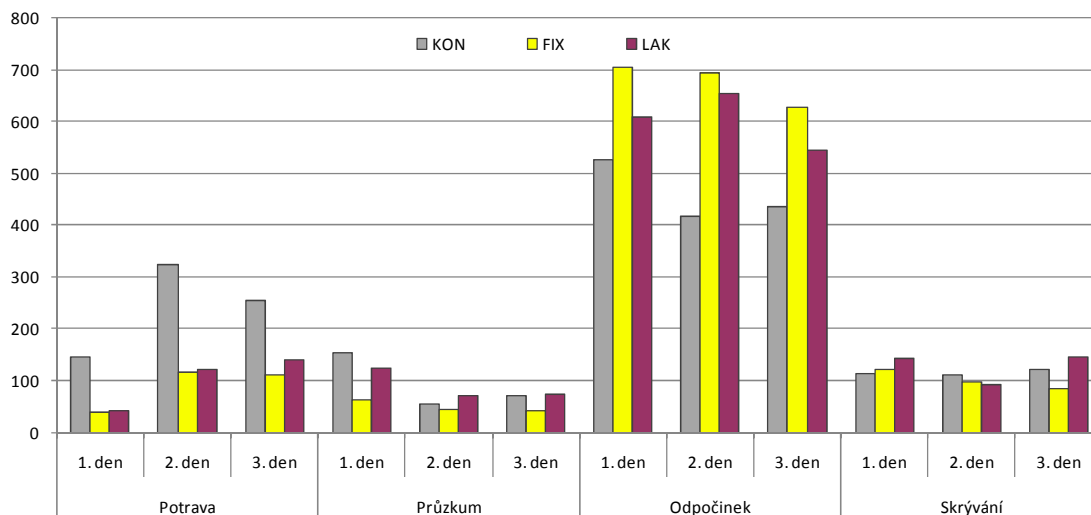
Obrázek 6 Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na kategorii skrývání u druhu *A. vulgare* v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 7 Analýza vlivu značení na kategorii skrývání u *A. vulgare*

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>První den – 1. srpen 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-0,37366</b>	<b>-4,681</b>	<b><math>2,85 \times 10^{-6}</math></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>1,53584</b>	<b>12,344</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>1,47252</b>	<b>11,930</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<i>Druhý den – 4. srpen 2009</i>			
KON (intercept)	0,06558	0,765	0,444
<b>FIX (× KON)</b>	<b>0,75407</b>	<b>6,004</b>	<b><math>1,93 \times 10^{-9}</math></b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>0,92463</b>	<b>7,178</b>	<b><math>7,07 \times 10^{-13}</math></b>
<i>Třetí den – 7. srpen 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>0,66119</b>	<b>7,589</b>	<b><math>3,22 \times 10^{-14}</math></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>0,95267</b>	<b>7,389</b>	<b><math>1,47 \times 10^{-13}</math></b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>0,55695</b>	<b>4,452</b>	<b><math>8,51 \times 10^{-6}</math></b>

Tabulka 8 Analýza vlivu prediktoru čas na kategorii skrývání u *A. vulgare*

Den	odhad df	$\chi^2$	p
<i>První den – 1. srpen 2009</i>	<b>9,472</b>	<b>750,4</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<i>Druhý den – 4. srpen 2009</i>	<b>10,73</b>	<b>841</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<i>Třetí den – 7. srpen 2009</i>	<b>9,605</b>	<b>723,3</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>



Obrázek 7 Početnosti jednotlivých dominantních kategorií chování u *G. tetrasticha*

### Vliv značení na projevy chování u svinule *Glomeris tetrasticha*

Během třídního experimentu bylo pro analýzu získáno 8640 záznamů o výskytu kategorií chování u jedinců druhu *Glomeris tetrasticha*. Podle celkové početnosti za všechny tři dny dohromady bylo možné tyto kategorie vzestupně seřadit (celkové početnosti kategorií v jednotlivých dnech viz obr. 7):

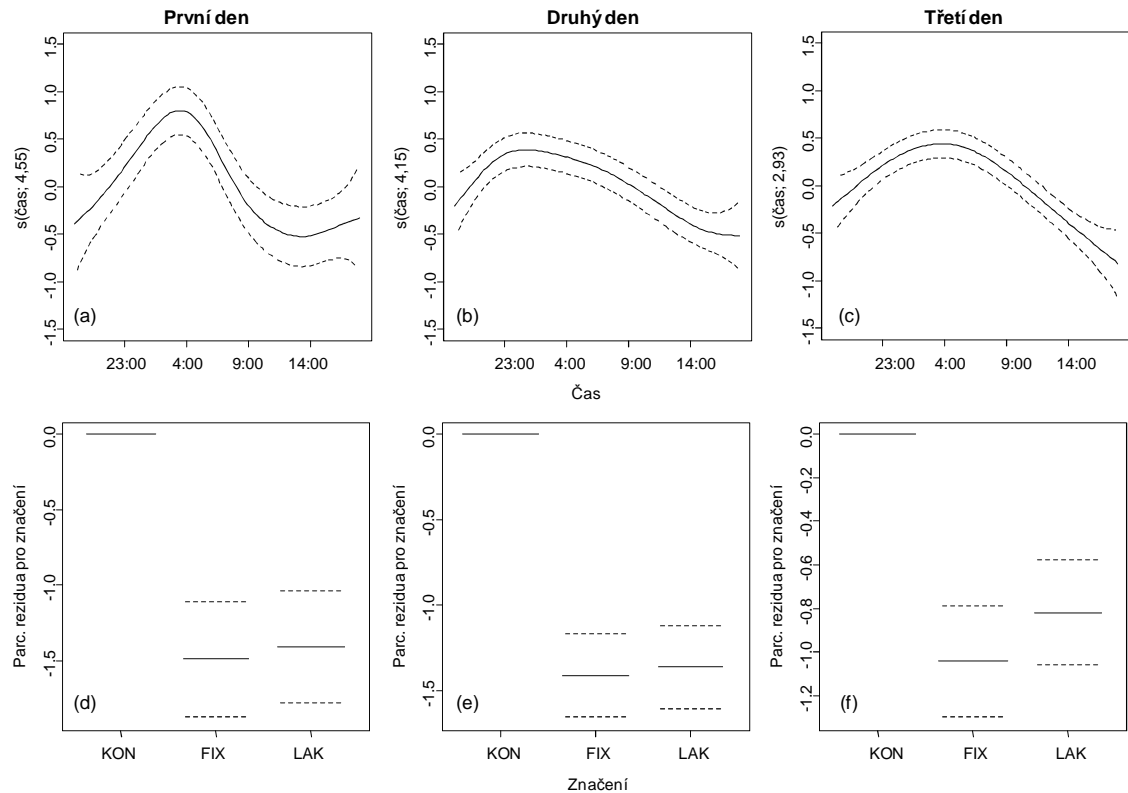
- u kontrolní skupiny: interakce (10), monitoring (19), průzkum (278), skrývání (348), potrava (725), odpočinek (1380)
- u skupiny značené lakem: interakce (2), monitoring (50), průzkum (150), potrava (266), skrývání (304), odpočinek (2028)
- u skupiny značené fixem: interakce (4), monitoring (69), průzkum (268), potrava (302), skrývání (379), odpočinek (1810).

U kategorie potrava (obr. 8; tab. 9, 10) byl ve všech dnech prokázán rozdíl v četnostech mezi kontrolní skupinou a oběma značenými skupinami, vyšší četnost byla u kontrolní skupiny. V prvním a třetím dni bylo pozorováno shodné denní maximum četnosti přibližně ve 3:00, v druhém dni bylo pozorováno již v 0:00.

U kategorie průzkum (obr. 9; tab. 11, 12) byl v prvním a třetím dni prokázán rozdíl v četnostech mezi kontrolní skupinou a skupinou značenou fixem, vyšší četnost byla u kontrolní skupiny. Mezi kontrolní skupinou a skupinou značenou lakem rozdíl prokázán nebyl. V druhém dni nebyl prokázán rozdíl v četnostech mezi kontrolní skupinou a oběma značenými skupinami. Denní maximum četnosti bylo první den přibližně ve 23:00 a v 8:00, druhý den v 8:00 a třetí den ve 23:00 a v 11:00.

U kategorie odpočinek (obr. 10; tab. 13, 14) byl ve všech dnech prokázán rozdíl v četnostech mezi kontrolní skupinou a oběma značenými skupinami, vyšší četnost byla u obou značených skupin. Denní maximum četnosti bylo třetí den přibližně v 15:00, v prvním a druhém dni nebylo pozorováno.

U kategorie skrývání (obr. 11; tab. 15, 16) nebyl v prvním a druhém dni prokázán rozdíl v četnostech mezi kontrolní skupinou a oběma značenými skupinami. V třetím dni byl prokázán rozdíl v četnostech mezi kontrolní skupinou a skupinou značenou fixem, vyšší četnost byla u kontrolní skupiny. Mezi kontrolní skupinou a skupinou značenou lakem rozdíl prokázán nebyl. V prvním a druhém dni bylo pozorováno shodné denní maximum četnosti přibližně v 15:00, v třetím dni nebylo pozorováno.



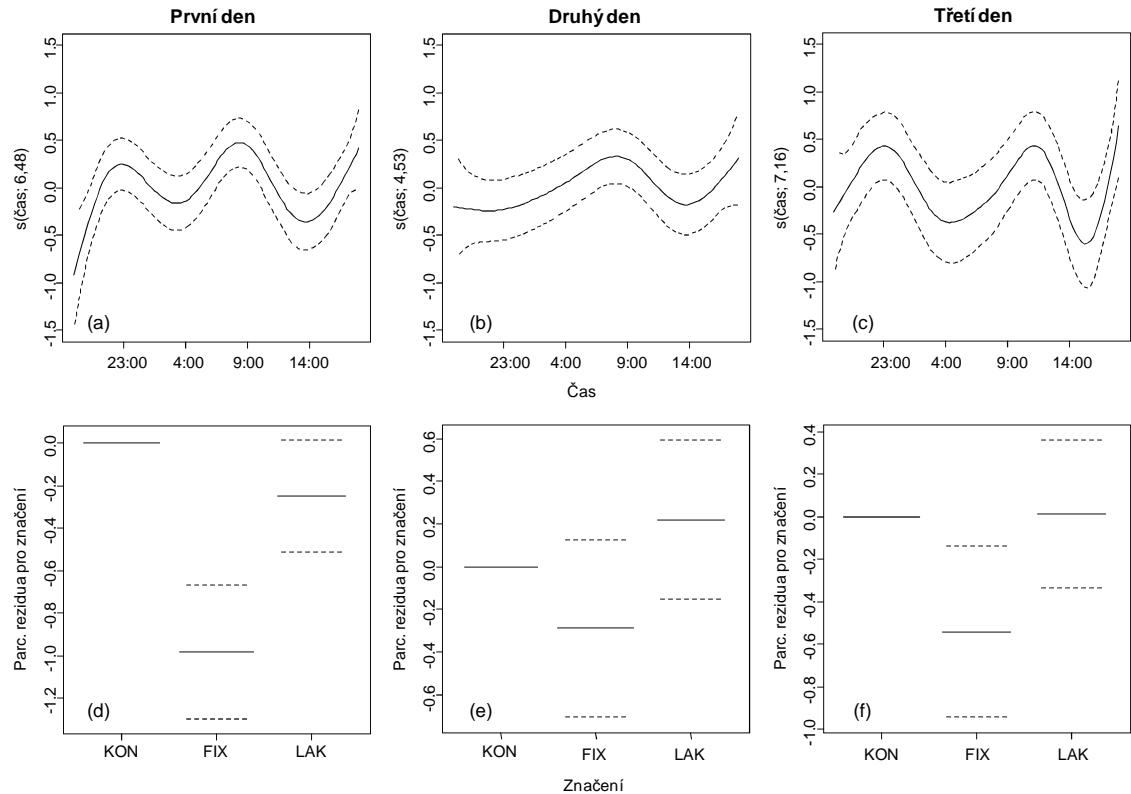
Obrázek 8 Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na kategorii potrava u druhu *G. tetrasticha* v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 9 Analýza vlivu značení na kategorii potrava u *G. tetrasticha*

Skupina	odhad vlivu	z value	p
<i>První den – 18. červenec 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-1,80023</b>	<b>-19,125</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>-1,48896</b>	<b>-7,839</b>	<b><math>4,56 \times 10^{-15}</math></b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>-1,40896</b>	<b>-7,624</b>	<b><math>2,47 \times 10^{-14}</math></b>
<i>Druhý den – 21. červenec 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-0,60889</b>	<b>-8,695</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>-1,41191</b>	<b>-11,598</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>-1,36331</b>	<b>-11,333</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<i>Třetí den – 24. červenec 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-0,93825</b>	<b>-11,385</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>-1,04079</b>	<b>-8,217</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>-0,81714</b>	<b>-6,848</b>	<b><math>7,48 \times 10^{-12}</math></b>

Tabulka 10 Analýza vlivu prediktoru čas na kategorii potrava u *G. tetrasticha*

Den	odhad df	$\chi^2$	p
<i>První den – 18. červenec 2009</i>	<b>4,548</b>	<b>48,19</b>	<b><math>6,61 \times 10^{-09}</math></b>
<i>Druhý den – 21. červenec 2009</i>	<b>4,152</b>	<b>39,01</b>	<b><math>2,72 \times 10^{-07}</math></b>
<i>Třetí den – 24. červenec 2009</i>	<b>2,932</b>	<b>50,85</b>	<b><math>1,45 \times 10^{-10}</math></b>



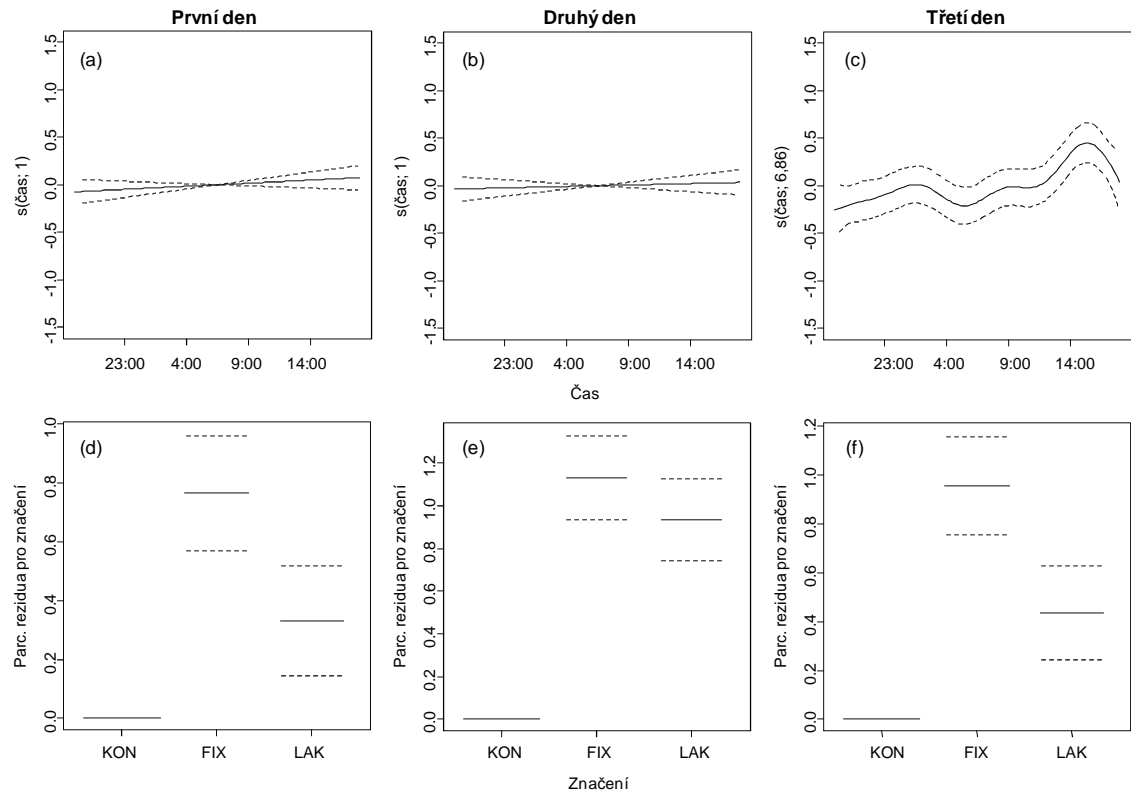
Obrázek 9 Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na kategorii průzkum u druhu *G. tetrasticha* v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 11 Analýza vlivu značení na kategorii průzkum u *G. tetrasticha*

Skupina	odhad vlivu	z value	p
<i>První den – 18. červenec 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-1,69587</b>	<b>-18,941</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>-0,98409</b>	<b>-6,261</b>	<b><math>3,82 \times 10^{-10}</math></b>
LAK (× KON)	-0,24806	-1,891	0,0587
<i>Druhý den – 21. červenec 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-2,7652</b>	<b>-19,783</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
FIX (× KON)	-0,2884	-1,387	0,166
LAK (× KON)	0,2212	1,188	0,235
<i>Třetí den – 24. červenec 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-2,49954</b>	<b>-19,758</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>-0,54063</b>	<b>-2,678</b>	<b>0,00741</b>
LAK (× KON)	0,01308	0,075	0,94044

Tabulka 12 Analýza vlivu prediktoru čas na kategorii průzkum u *G. tetrasticha*

Den	odhad df	$\chi^2$	p
<i>První den – 18. červenec 2009</i>	<b>6,478</b>	<b>28,93</b>	<b>0,000244</b>
<i>Druhý den – 21. červenec 2009</i>	4,528	8,164	0,189
<i>Třetí den – 24. červenec 2009</i>	<b>7,16</b>	<b>21,56</b>	<b>0,00653</b>



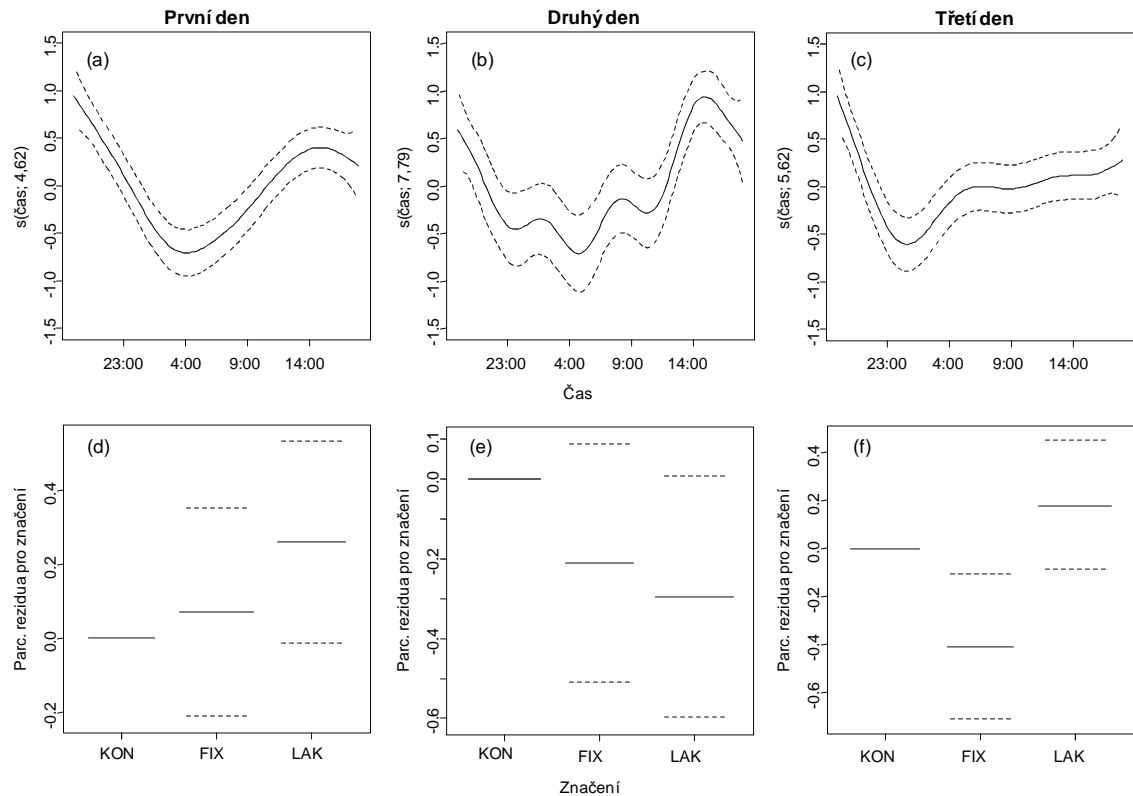
Obrázek 10 Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na kategorii odpočinek u druhu *G. tetrasticha* v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 13 Analýza vlivu značení na kategorii odpočinek u *G. tetrasticha*

Skupina	odhad vlivu	z value	p
<i>První den – 18. červenec 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>0,22185</b>	<b>3,415</b>	<b>0,000638</b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>0,76374</b>	<b>7,842</b>	<b>4,43×10<sup>-15</sup></b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>0,32946</b>	<b>3,529</b>	<b>0,000416</b>
<i>Druhý den – 21. červenec 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-0,17104</b>	<b>-2,576</b>	<b>0,01</b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>1,13012</b>	<b>11,528</b>	<b>&lt; 2×10<sup>-16</sup></b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>0,93544</b>	<b>9,745</b>	<b>&lt; 2×10<sup>-16</sup></b>
<i>Třetí den – 24. červenec 2009</i>			
KON (intercept)	-0,03129	-0,464	0,643
<b>FIX (× KON)</b>	<b>0,95478</b>	<b>9,468</b>	<b>&lt; 2×10<sup>-16</sup></b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>0,43539</b>	<b>4,549</b>	<b>5,4×10<sup>-06</sup></b>

Tabulka 14 Analýza vlivu prediktoru čas na kategorii odpočinek u *G. tetrasticha*

Den	odhad df	$\chi^2$	p
<i>První den – 18. červenec 2009</i>	1	1,316	0,251
<i>Druhý den – 21. červenec 2009</i>	1	0,294	0,588
<b><i>Třetí den – 24. červenec 2009</i></b>	<b>6,864</b>	<b>23,54</b>	<b>0,00266</b>



Obrázek 11 Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na kategorii skrývání u druhu *G. tetrasticha* v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 15 Analýza vlivu značení na kategorii skrývání u *G. tetrasticha*

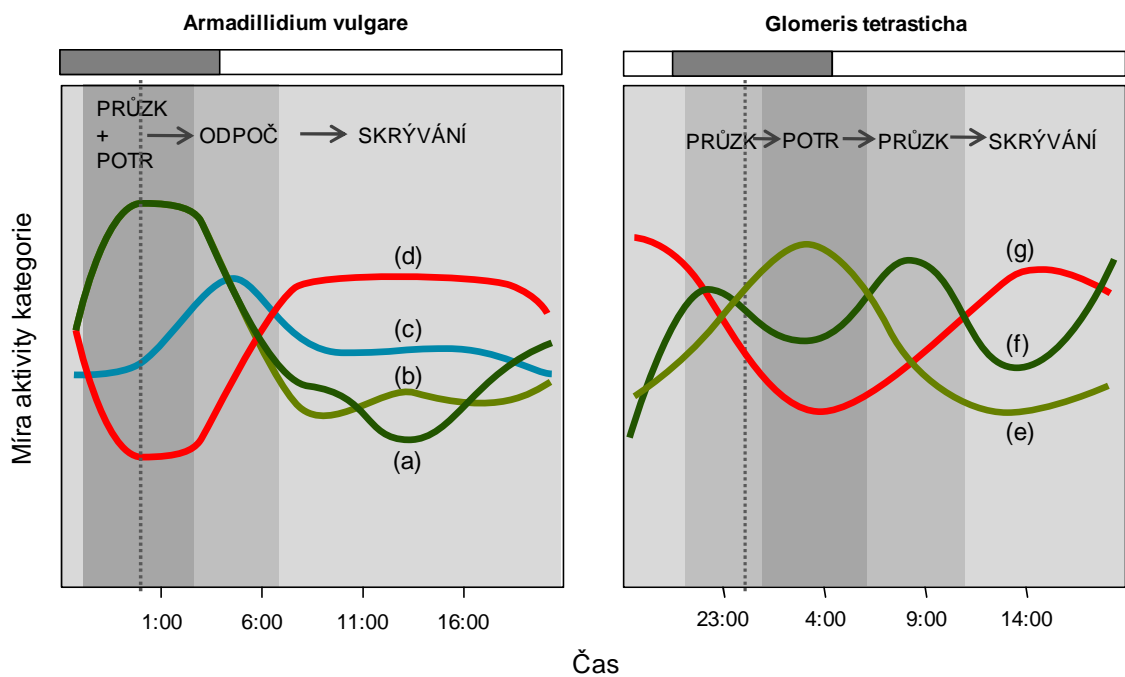
Skupina	odhad vlivu	z value	p
<i>První den – 18. červenec 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-2,0866</b>	<b>-20,293</b>	<b>&lt; 2×10<sup>-16</sup></b>
FIX (× KON)	0,0695	0,493	0,6220
LAK (× KON)	0,2597	1,900	0,0574
<i>Druhý den – 21. červenec 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-2,0673</b>	<b>-19,674</b>	<b>&lt; 2×10<sup>-16</sup></b>
FIX (× KON)	-0,2103	-1,413	0,1578
LAK (× KON)	-0,2946	-1,945	0,0518
<i>Třetí den – 24. červenec 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-1,87574</b>	<b>-18,922</b>	<b>&lt; 2×10<sup>-16</sup></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>-0,40931</b>	<b>-2,708</b>	<b>0,00677</b>
LAK (× KON)	0,17966	1,341	0,17998

Tabulka 16 Analýza vlivu prediktoru čas na kategorii skrývání u *G. tetrasticha*

Den	odhad df	$\chi^2$	p
<i>První den – 18. červenec 2009</i>	<b>4,623</b>	<b>68,13</b>	<b>6,23×10<sup>-13</sup></b>
<i>Druhý den – 21. červenec 2009</i>	<b>7,788</b>	<b>74,78</b>	<b>1,12×10<sup>-12</sup></b>
<i>Třetí den – 24. červenec 2009</i>	<b>5,621</b>	<b>41,25</b>	<b>5,7×10<sup>-07</sup></b>

## Pattern chování u svinky *Armadillidium vulgare* a svinule *Glomeris tetrasticha*

Součástí grafických výstupů analýzy vlivu značení na projevy chování (resp. kategorie chování) byla vždy také předpovědní křivka modelující „čistý“ vliv času na četnost konkrétní kategorie chování během 24 hodin. Překrytím křivek jednotlivých kategorií chování bylo zjištěno, že spolu kategorie během dne tvoří určitý pattern chování (obr. 12). U *A. vulgare* měl pattern chování víceméně stabilní podobu mezi dny. U *G. tetrasticha* docházelo k menším posunům nástupu jednotlivých kategorií chování, ale celkově měl pattern také relativně stabilní strukturu.



Obrázek 12 Pattern chování během 24 hodin u *A. vulgare*: (a) průzkum, (b) potrava, (c) odpočinek, (d) skrývání a *G. tetrasticha*: (e) potrava, (f) průzkum, (g) skrývání

U *A. vulgare* patří k dominantním aktivním kategoriím průzkum a potrava. Jejich protipól představuje neaktivní kategorie skrývání. Otázkou však zůstává zařazení odpočinku. Tato kategorie by na první pohled mohla být zařazena mezi neaktivní, ale vzhledem k pozorovanému patternu se zdá smysluplnější vyčlenit ji samostatně jako tzv. přechodnou. Podle mého názoru tvoří určitý přechod mezi aktivními a neaktivními kategoriemi chování. Aktivní jedinci totiž v ranních hodinách nepřecházeli přímo do denního stavu skrývání, ale před ukrytím zůstávali nějakou dobu volně na povrchu (v přírodních podmínkách by to mohlo být spojeno např. s ranním poklesem teploty a se zvýšenou relativní vlhkostí vzduchu, ale v laboratorních podmínkách by bylo



nejspíš nutné podrobnější zkoumání). Pozorovaný pattern chování během 24 hodin lze popsat následujícím způsobem. Ve večerních hodinách po západu slunce začal postupný nárůst aktivity. Původně odpočívající nebo skrytí jedinci začali prozkoumávat prostředí, pravděpodobně za účelem nalezení potravy. Průběhy průzkumu a potravy měly velice podobnou stoupající tendenci, která vrcholila kolem půlnoci, a stav vysoké konstantní aktivity trval přibližně další tři hodiny. Poté začala aktivita postupně klesat a přecházet v odpočinek, který měl nejvyšší četnost těsně před svítáním. Po východu slunce četnost odpočinku klesala a narůstal podíl skrývání, který byl v odpoledních hodinách jednoznačně dominantní. Odpoledne se objevoval v nízkých četnostech také průzkum a potravní chování, patrný byl vzájemně opožděný průběh jejich nárůstu a poklesu. Nejdříve narůstal průzkum pravděpodobně zejména za účelem nalezení potravy, který byl završen jejím nalezením a konzumací. Poté průzkum začal opět klesat a potravní chování naopak stoupat, toto se opakovalo do pozdního odpoledne. Zajímavé je, že ve večerních hodinách již není vrchol kategorie odpočinek pozorován (jako při východu slunce), jedinci zřejmě přímo ze skrývání přecházejí k průzkumu boxu.

U *G. tetrasticha* z pozorovaného patternu chování během 24 hodin vyplývá, že nelze určit časové rozmezí, ve kterém by výrazně převažovala aktivita. Aktivní kategorie chování byly totiž málo četné v průběhu celého dne. Po 21:00 byl patrný výraznější nárůst četnosti kategorie průzkum, který vrcholil přibližně o půlnoci. Poté se začalo ve zvýšené míře projevovat potravní chování, které vrcholilo před východem slunce. V dopoledních hodinách bylo potravní chování vystřídáno opětovným nástupem průzkumu, u některých jedinců pravděpodobně za účelem nalezení vhodného místa k odpočinku (projevilo se ve druhém dni) nebo k nalezení vhodného úkrytu (projevilo se v prvním a třetím dni). Po 14:00 se opět projevil průzkum, který pomalu narůstal až do večerních hodin. Kategorie odpočinek neměla výraznější maximum, její četnost se pohybovala po celý den na téměř stejné úrovni, proto ji nelze označit za přechodovou kategorii mezi aktivními a neaktivními kategoriemi jako u *A. vulgare*. Navíc se jednalo o vůbec nejčtenější kategorii.

## 4.2 Analýza vlivu značení na aktivitu

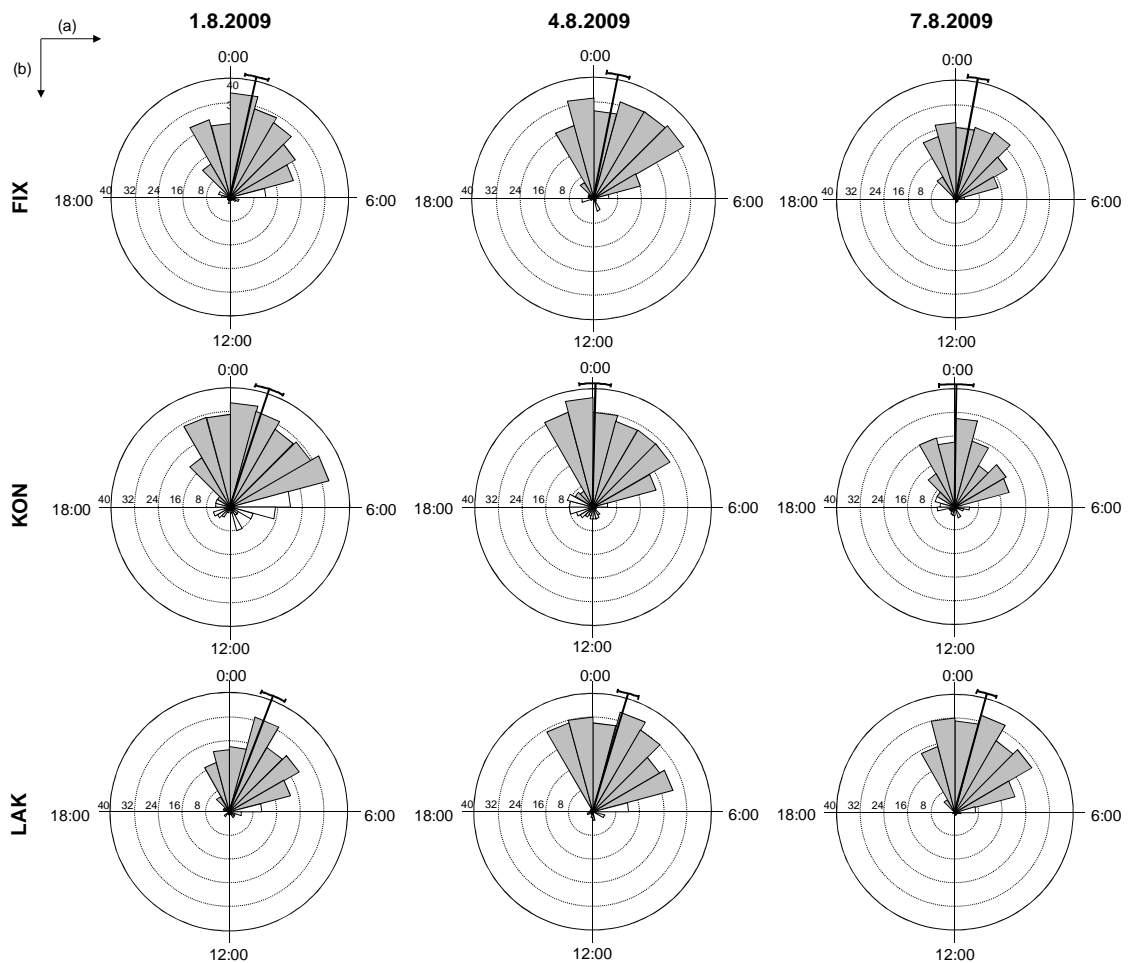
### Vliv značení na aktivitu svinky *Armadillidium vulgare*

U celkové aktivity (obr. 14; tab. 18, 19) byl pomocí GAMs prokázán rozdíl v četnostech mezi kontrolní skupinou a oběma značenými skupinami v prvním i druhém dni, vyšší četnost byla vždy u kontrolní skupiny. Ve třetím dni byl prokázán pouze rozdíl mezi kontrolní skupinou a skupinou značenou fixem, rozdíl vůči skupině značené lakem prokázán nebyl. Ve všech dnech bylo pozorováno shodné maximum aktivity v časovém rozmezí od 0:00 do 1:00. V druhém a třetím dni byl navíc pozorován nárůst aktivity během dne přibližně v 11:00.

Co se týče analýzy v programu Oriana for Windows, v prvním dni zamítl Rayleighův z-test uniformní rozložení aktivit u kontrolní skupiny i u obou značených skupin (tab. 17), aktivita byla soustředěna převážně do nočních hodin (obr. 13). Celodenní četnost aktivit byla u kontrolní skupiny 338, u skupiny značené lakem 201 a u skupiny značené fixem 240. Z délek vektoru průměru mezi skupinami je patrné, že rozložení aktivity během dne bylo více koncentrováno kolem průměru u skupiny značené lakem ( $r=0,756$ ) a u skupiny značené fixem ( $r=0,738$ ). U kontrolní skupiny bylo koncentrováno méně ( $r=0,571$ ). Vektor průměru směřoval u kontrolní skupiny k 1:14 (CI 0:47–1:42), u skupiny značené lakem k 1:23 (CI 1:00–1:46) a u skupiny značené fixem k 0:49 (CI 0:27–1:12). Časové rozmezí vysoké aktivity bylo u kontrolní skupiny od 21:00 do 5:00, u skupiny značené lakem od 23:00 do 4:00 a u skupiny značené fixem také od 22:00 do 4:00.

V druhém dni Rayleighův z-test opět zamítl uniformní rozložení aktivit u všech skupin (tab. 17), aktivita byla soustředěna převážně do nočních hodin (obr. 13). Celodenní četnost aktivit byla u kontrolní skupiny 293, u skupiny značené lakem 242 a u skupiny značené fixem 231. Z délek vektoru průměru mezi skupinami je patrné, že rozložení aktivity během dne bylo více koncentrováno kolem průměru u skupiny značené fixem ( $r=0,778$ ), srovnatelně u skupiny značené lakem ( $r=0,771$ ) a méně u kontrolní skupiny ( $r=0,566$ ). Vektor průměru směřoval u kontrolní skupiny k 0:04 (CI 23:35–0:34), u skupiny značené lakem k 1:07 (CI 0:47–1:28) a u skupiny značené fixem k 0:45 (CI 0:25–1:06). Časové rozmezí vysoké aktivity bylo u kontrolní skupiny od 22:00 do 4:00 (v 18:00 byla pozorována rovněž vyšší aktivita, cca 20%), u skupiny značené lakem od 22:00 do 4:00 a u skupiny značené fixem také od 22:00 do 3:00.

Také ve třetím dni Rayleighův z-test zamítl uniformní rozložení aktivit u všech skupin (tab. 17), aktivita byla soustředěna převážně do nočních hodin (obr. 13). Celodenní četnost aktivit byla u kontrolní skupiny 220, u skupiny značené lakem 216 a u skupiny značené fixem 174. Z délek vektoru průměru mezi skupinami je patrné, že rozložení aktivity během dne bylo více koncentrováno kolem průměru u skupiny značené lakem ( $r=0,834$ ) a téměř totožně u skupiny značené fixem ( $r=0,833$ ). U kontrolní skupiny bylo koncentrováno méně ( $r=0,584$ ). Vektor průměru směřoval u kontrolní skupiny k 0:03 (CI 23:30–00:36), u skupiny značené lakem k 1:01 (CI 0:43–1:19) a u skupiny značené fixem k 0:42 (CI 0:22–1:03). Časové rozmezí vysoké aktivity bylo u kontrolní skupiny od 22:00 do 4:00, u skupiny značené lakem od 22:00 do 4:00 a u skupiny značené fixem také od 22:00 do 3:00.



Obrázek 13 Denní průběhy aktivity *A. vulgare* u třech skupin (b) ve třech pozorovacích dnech (a)

Tabulka 17 Analýza uniformity rozložení dat během dne u *A. vulgare* (Rayleighův z-test)

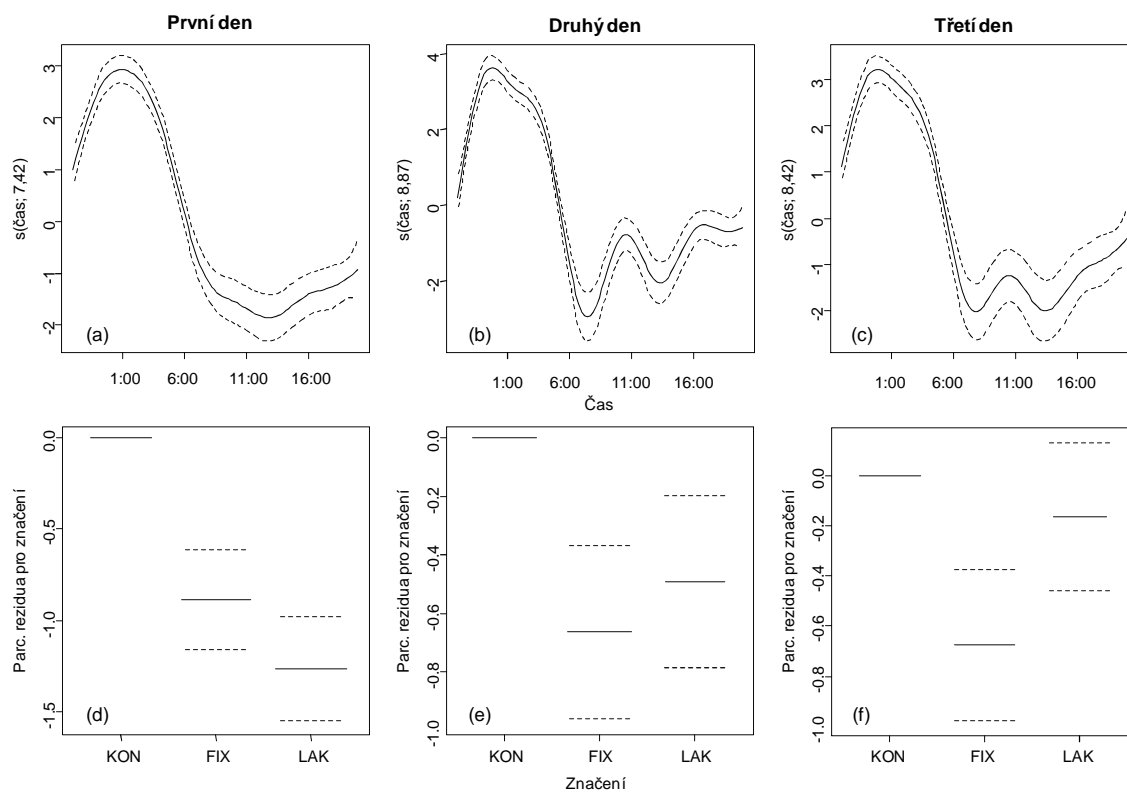
Skupina	z value	p
<i>První den – 1. srpen 2009</i>		
<b>KON</b>	<b>110,381</b>	<b>&lt; 10<sup>-12</sup></b>
<b>FIX</b>	<b>130,827</b>	<b>&lt; 10<sup>-12</sup></b>
<b>LAK</b>	<b>114,979</b>	<b>&lt; 10<sup>-12</sup></b>
<i>Druhý den – 4. srpen 2009</i>		
<b>KON</b>	<b>93,728</b>	<b>&lt; 10<sup>-12</sup></b>
<b>FIX</b>	<b>139,802</b>	<b>&lt; 10<sup>-12</sup></b>
<b>LAK</b>	<b>143,780</b>	<b>&lt; 10<sup>-12</sup></b>
<i>Třetí den – 7. srpen 2009</i>		
<b>KON</b>	<b>75,073</b>	<b>&lt; 10<sup>-12</sup></b>
<b>FIX</b>	<b>120,835</b>	<b>&lt; 10<sup>-12</sup></b>
<b>LAK</b>	<b>150,407</b>	<b>&lt; 10<sup>-12</sup></b>

Tabulka 18 Analýza vlivu značení na aktivitu u *A. vulgare*

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>První den – 1. srpen 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-0,90751</b>	<b>-9,301</b>	<b>&lt; 2×10<sup>-16</sup></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>-0,88651</b>	<b>-6,434</b>	<b>1,24×10<sup>-10</sup></b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>-1,26507</b>	<b>-8,909</b>	<b>&lt; 2×10<sup>-16</sup></b>
<i>Druhý den – 4. srpen 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-1,3164</b>	<b>-11,930</b>	<b>&lt; 2×10<sup>-16</sup></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>-0,6645</b>	<b>-4,479</b>	<b>7,51×10<sup>-06</sup></b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>-0,4918</b>	<b>-3,336</b>	<b>0,00085</b>
<i>Třetí den – 7. srpen 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-1,8640</b>	<b>-15,063</b>	<b>&lt; 2×10<sup>-16</sup></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>-0,6749</b>	<b>-4,490</b>	<b>7,12×10<sup>-06</sup></b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>-0,1646</b>	<b>-1,116</b>	<b>0,264</b>

Tabulka 19 Analýza vlivu prediktoru čas na aktivitu u *A. vulgare*

Den	odhad df	$\chi^2$	p
<i>První den – 1. srpen 2009</i>	<b>7,416</b>	<b>774,3</b>	<b>&lt; 2×10<sup>-16</sup></b>
<i>Druhý den – 4. srpen 2009</i>	<b>8,871</b>	<b>857,5</b>	<b>&lt; 2×10<sup>-16</sup></b>
<i>Třetí den – 7. srpen 2009</i>	<b>8,422</b>	<b>669,5</b>	<b>&lt; 2×10<sup>-16</sup></b>



Obrázek 14 Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na aktivitu u druhu *A. vulgare* v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně)

### Vliv značení na aktivitu svinule *Glomeris tetrasticha*

U celkové aktivity (obr. 16; tab. 21, 22) byl pomocí GAMs prokázán ve všech dnech rozdíl v četnostech mezi kontrolní skupinou a oběma značenými skupinami. Vyšší četnost byla vždy u kontrolní skupiny. Ve všech dnech bylo pozorováno shodné časové rozmezí aktivity od 22:00 do 14:00.

Co se týče analýzy v programu Oriana for Windows, v prvním dni zamítl Rayleighův z-test uniformní rozložení aktivit pouze u kontrolní skupiny a u skupiny značené lakem (tab. 20). Celodenní četnost aktivit byla u kontrolní skupiny 320, u skupiny značené lakem 209 a u skupiny značené fixem 133. Z délek vektoru průměru je patrné, že rozložení aktivity během dne bylo málo koncentrováno kolem průměru u skupiny značené lakem ( $r=0,211$ ) a u kontrolní skupiny ( $r=0,186$ ). U skupiny značené fixem bylo koncentrováno minimálně ( $r=0,079$ ). Vektor průměru směřoval u skupiny značené lakem k 3:14 (CI 1:31–4:57), u kontrolní skupiny k 5:12 (CI 3:37–6:47) a u skupiny značené fixem k 12:24 (CI 6:35–18:14). U posledních dvou jmenovaných nebyl konfidenční interval důvěryhodný z důvodu nízké koncentrace aktivit. Časové rozmezí vysoké aktivity pro prahovou hodnotu 25 % bylo u kontrolní skupiny od 22:00

do 12:00, u skupiny značené lakem od 22:00 do 10:00 (pokles ve 23:00 a v 8:00) a u skupiny značené fixem bylo omezeno na vrcholy v 10:00, v 15:00 a ve 22:00. Časové rozmezí vysoké aktivity pro prahovou hodnotu 50 % bylo u kontrolní skupiny omezeno na vrcholy ve 4:00, v 6:00 a v 9:00, u obou značených skupin však odpovídající aktivita nenastala vůbec (obr. 15).

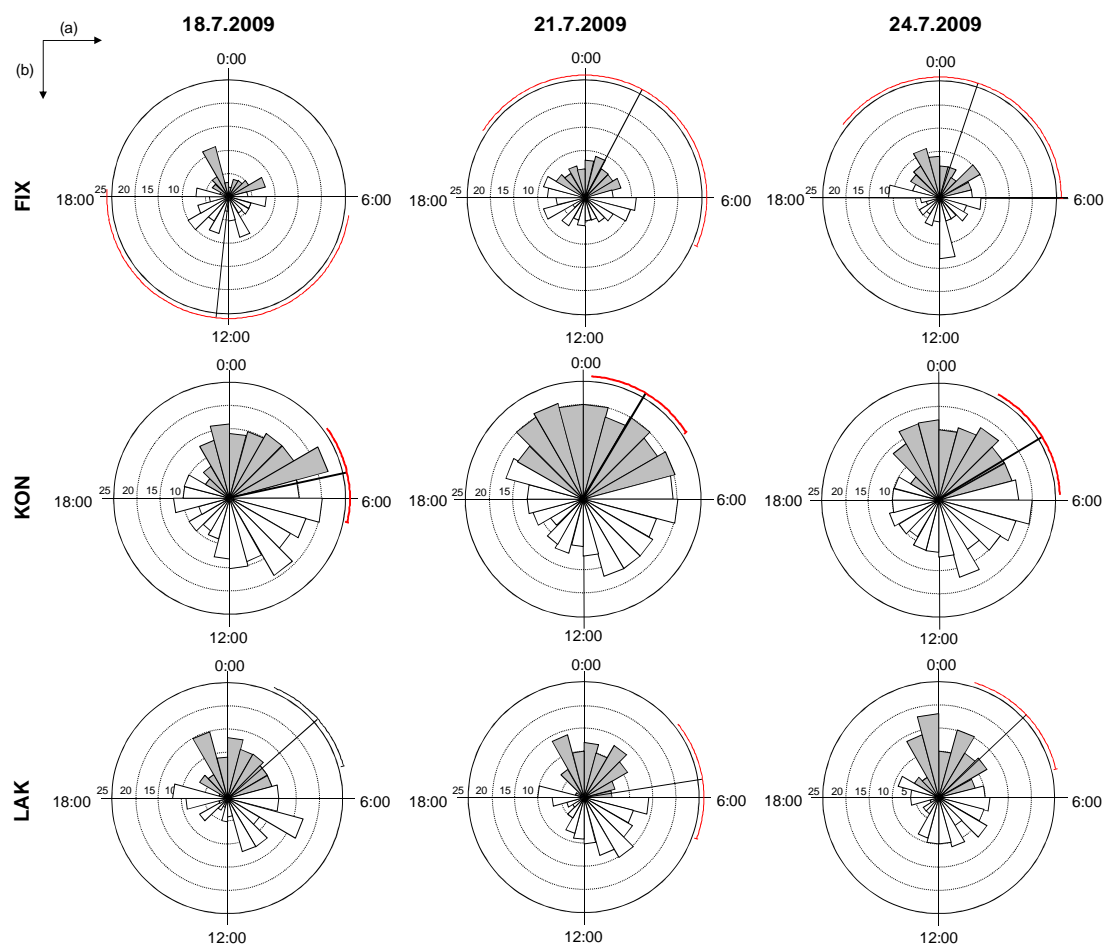
V druhém dni Rayleighův z-test opět zamítl uniformní rozložení aktivit pouze u kontrolní skupiny a u skupiny značené lakem (tab. 20). Celodenní četnost aktivit byla u kontrolní skupiny 384, u skupiny značené lakem 214 a u skupiny značené fixem 168. Z délek vektoru průměru je patrné, že rozložení aktivity během dne bylo málo koncentrováno kolem průměru u skupiny značené lakem ( $r=0,185$ ) a u kontrolní skupiny ( $r=0,151$ ). U skupiny značené fixem bylo koncentrováno minimálně ( $r=0,072$ ). Vektor průměru směřoval u skupiny značené lakem k 5:24 (CI 3:28–7:20), u kontrolní skupiny ke 2:01 (CI 0:15–3:48) a u skupiny značené fixem k 1:52 (CI 20:12–7:33). Konfidenční interval nebyl důvěryhodný u žádné skupiny z důvodu nízké koncentrace aktivit. Časové rozmezí vysoké aktivity pro prahovou hodnotu 25 % zahrnovalo u kontrolní skupiny celý den (vyšší aktivita byla soustředěna v nočních hodinách), u skupiny značené lakem bylo časové rozmezí rozčleněno od 22:00 do 3:00 a od 6:00 do 11:00. U skupiny značené fixem bylo soustředěno od 6:00 do 7:00. Časové rozmezí vysoké aktivity pro prahovou hodnotu 50 % bylo u kontrolní skupiny od 21:00 do 6:00, u skupiny značené lakem bylo omezeno na vrcholy v 6:00, v 9:00, v 18:00 a ve 22:00. U skupiny značené fixem žádná odpovídající aktivita nenastala (obr. 15).

Rovněž ve třetím dni Rayleighův z-test zamítl uniformní rozložení aktivit pouze u kontrolní skupiny a u skupiny značené lakem (tab. 20). Celodenní četnost aktivit byla u kontrolní skupiny 328, u skupiny značené lakem 220 a u skupiny značené fixem 167. Z délek vektoru průměru je patrné, že rozložení aktivity během dne bylo málo koncentrováno kolem průměru u skupiny značené lakem ( $r=0,180$ ) a u kontrolní skupiny ( $r=0,150$ ). U skupiny značené fixem bylo koncentrováno minimálně ( $r=0,086$ ). Vektor průměru směřoval u skupiny značené lakem k 3:06 (CI 1:08–5:04), u kontrolní skupiny k 3:54 (CI 1:58–5:50) a u skupiny značené fixem k 1:14 (CI 20:28–5:59). Konfidenční interval nebyl důvěryhodný u žádné skupiny z důvodu nízké koncentrace aktivit. Časové rozmezí vysoké aktivity pro prahovou hodnotu 25 % zahrnovalo u kontrolní skupiny celý den (vyšší aktivita byla soustředěna v nočních hodinách), u skupiny značené lakem bylo od 22:00 do 13:00 (pokles v 9:00) a u skupiny značené

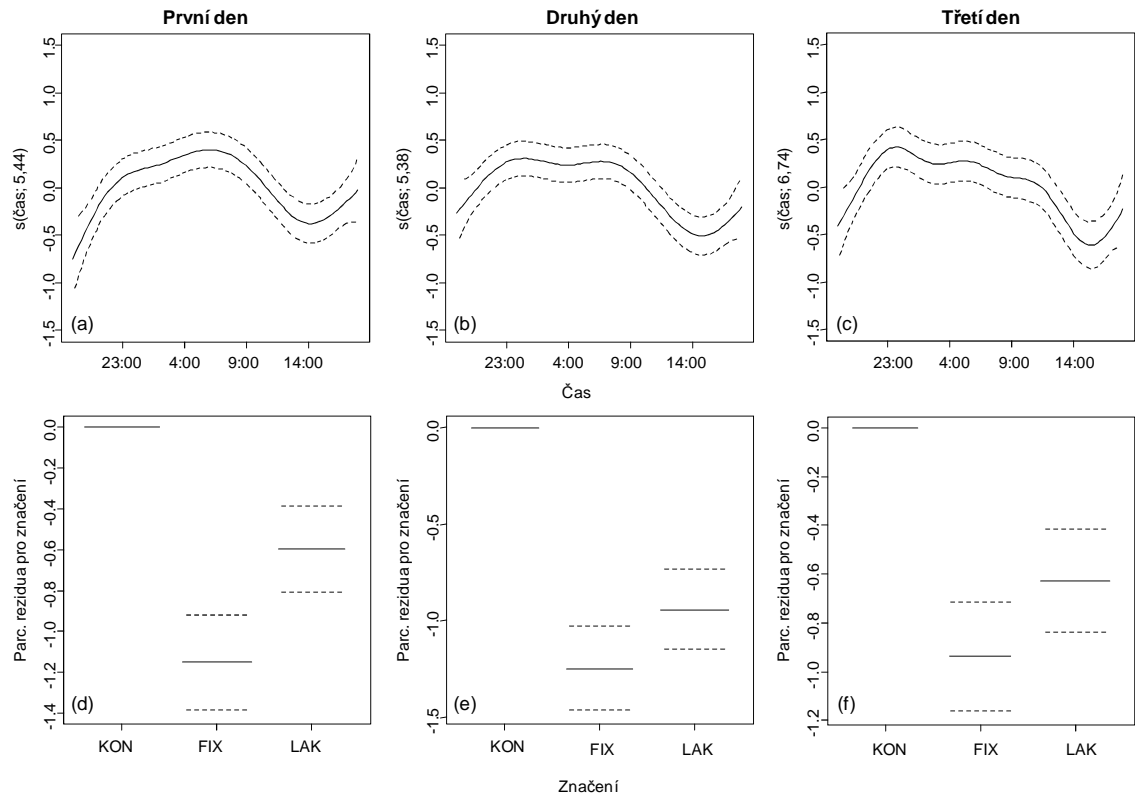
fixem bylo omezeno na vrcholy ve 3:00, v 11:00, v 18:00 a ve 22:00. Časové rozmezí vysoké aktivity pro prahovou hodnotu 50 % bylo u kontrolní skupiny omezeno pouze na vrchol v 6:00, u obou značených skupin žádná odpovídající aktivita nenastala (obr. 15).

Tabulka 20 Analýza uniformity rozložení dat během dne u *G. tetrasticha* (Rayleighův z-test)

Skupina	z value	p
<i>První den – 18. červenec 2009</i>		
<b>KON</b>	<b>11,076</b>	<b><math>1,55 \times 10^{-05}</math></b>
FIX	0,823	0,439
<b>LAK</b>	<b>9,288</b>	<b><math>9,25 \times 10^{-05}</math></b>
<i>Druhý den – 21. červenec 2009</i>		
<b>KON</b>	<b>8,771</b>	<b><math>1,55 \times 10^{-04}</math></b>
FIX	0,866	0,42
<b>LAK</b>	<b>7,350</b>	<b><math>6,42 \times 10^{-04}</math></b>
<i>Třetí den – 24. červenec 2009</i>		
<b>KON</b>	<b>7,406</b>	<b><math>6,08 \times 10^{-04}</math></b>
FIX	1,232	0,292
<b>LAK</b>	<b>7,127</b>	<b><math>8,03 \times 10^{-04}</math></b>



Obrázek 15 Denní průběhy aktivity *G. tetrasticha* u třech skupin (b) ve třech pozorovacích dnech (a)



Obrázek 16 Vliv prediktoru čas (a), (b), (c) a značení (d), (e), (f) na aktivitu u druhu *G. tetrasticha* v prvním, druhém a třetím pozorovacím dni (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 21 Analýza vlivu značení na aktivitu u *G. tetrasticha*

Skupina	Odhad vlivu	z value	p
<i>První den – 18. červenec 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-0,70971</b>	<b>-10,236</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>-1,15132</b>	<b>-9,865</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>-0,59614</b>	<b>-5,685</b>	<b><math>1,31 \times 10^{-08}</math></b>
<i>Druhý den – 21. červenec 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-0,3290</b>	<b>-4,860</b>	<b><math>1,18 \times 10^{-06}</math></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>-1,2477</b>	<b>-11,437</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>-0,9423</b>	<b>-9,114</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<i>Třetí den – 24. červenec 2009</i>			
<b>KON (intercept)</b>	<b>-0,54567</b>	<b>-7,742</b>	<b><math>9,75 \times 10^{-15}</math></b>
<b>FIX (× KON)</b>	<b>-0,93779</b>	<b>-8,401</b>	<b><math>&lt; 2 \times 10^{-16}</math></b>
<b>LAK (× KON)</b>	<b>-0,62633</b>	<b>-5,959</b>	<b><math>2,54 \times 10^{-09}</math></b>

Tabulka 22 Analýza vlivu prediktoru čas na aktivitu u *G. tetrasticha*

Den	odhad df	$\chi^2$	p
<i>První den – 18. červenec 2009</i>	<b>5,44</b>	<b>44,92</b>	<b><math>9,12 \times 10^{-08}</math></b>
<i>Druhý den – 21. červenec 2009</i>	<b>5,385</b>	<b>42,29</b>	<b><math>2,80 \times 10^{-07}</math></b>
<i>Třetí den – 24. červenec 2009</i>	<b>6,743</b>	<b>47,26</b>	<b><math>1,19 \times 10^{-07}</math></b>



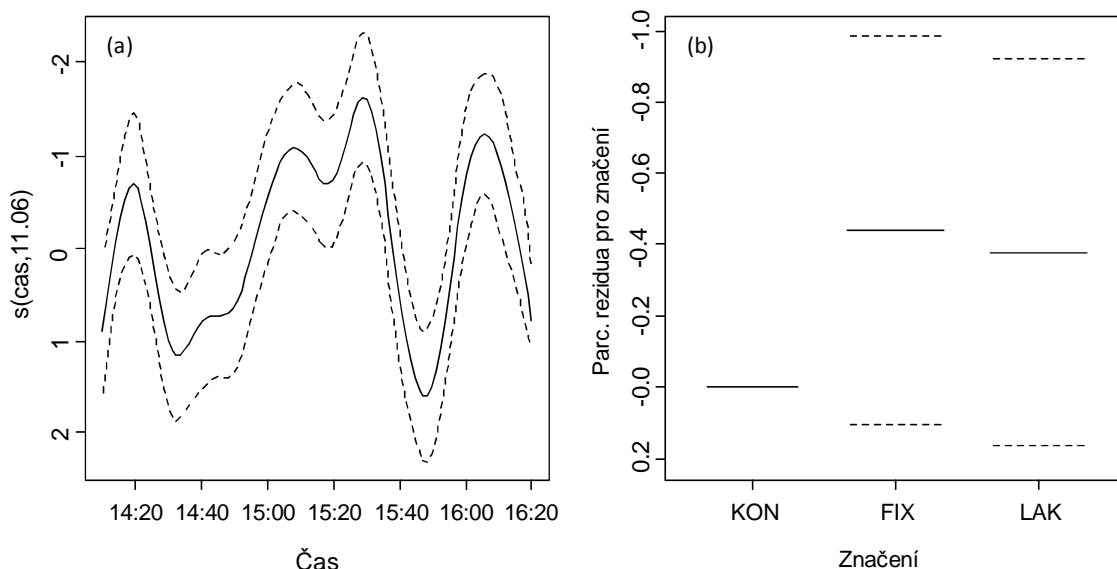
### 4.3 Analýza vlivu značení na přežívání

Během hlavního experimentu byla zaznamenána i případná úmrtnost jedinců pro analýzu přežívání. Úmrtnost jedinců ve všech skupinách byla minimální a provedená analýza (Fisherův test) žádné rozdíly v přežívání mezi kontrolní skupinou a oběma značenými skupinami neprokázala ani u *A. vulgare* ( $p=0,6153$  u laku a  $p=0,2405$  u fixu), ani u *G. tetrasticha* ( $p=0,6752$  u laku a  $p=1,0000$  u fixu).

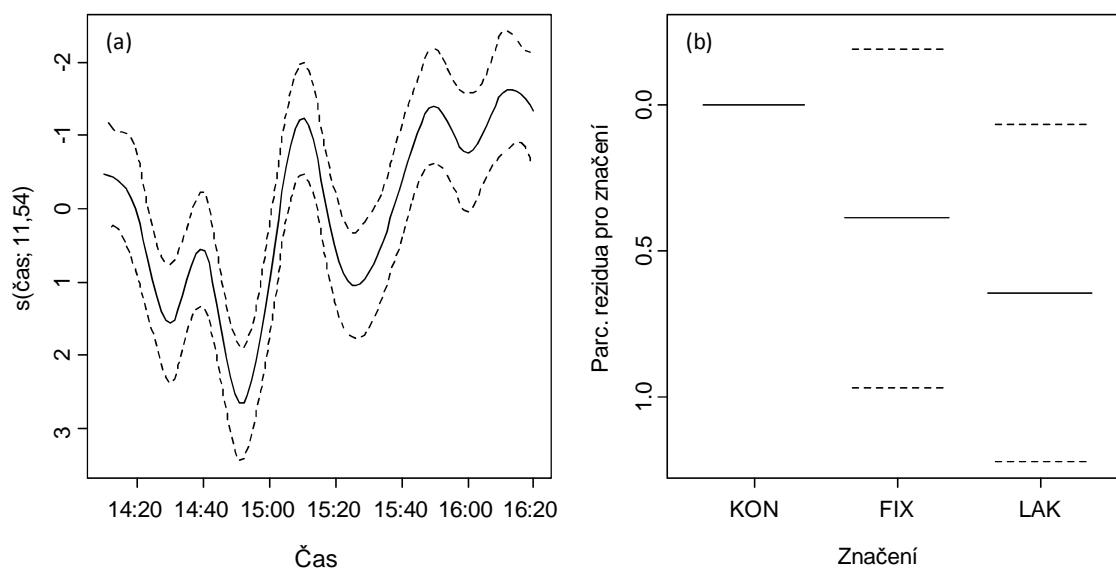
### 4.4 Analýza vlivu značení na agregační chování

#### Vliv značení na stabilitu agregace

U samců nebyl prokázán rozdíl ve stabilitě agregace mezi kontrolní skupinou a oběma značenými skupinami (tab. 23, 24; obr. 17a,b). U samic byl prokázán rozdíl ve stabilitě agregace mezi kontrolní skupinou a skupinou značenou lakem, kontrolní skupina vykazovala vyšší stabilitu agregace (tab. 25, 26; obr. 18a,b). Mezi kontrolní skupinou a skupinou značenou fixem rozdíl prokázán nebyl (tab. 25, 26; obr. 18a,b). Grafy (obr. 17a,b; 18a,b) byly pro větší srozumitelnost překlopeny podél osy času (resp. značení), aby lépe reflektovaly růst a pokles stability agregace.



Obrázek 17 Vliv prediktoru čas (a) a značení (b) na stabilitu agregace u samců *A. vulgare* (interval spolehlivosti přerušovaně)



Obrázek 18 Vliv prediktoru čas (a) a značení (b) na stabilitu agregace u samic *A. vulgare* (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 23 Analýza vlivu značení na stabilitu agregace u samců *A. vulgare*

Skupina	t value	P
<b>KON (intercept)</b>	<b>4,015</b>	<b><math>8,47 \times 10^{-05}</math></b>
FIX ( $\times$ KON)	-1,623	0,106
LAK ( $\times$ KON)	-1,393	0,165

Tabulka 24 Analýza vlivu prediktoru čas na stabilitu agregace u samců *A. vulgare*

Proměnná	odhad df	F	P
<b>Čas</b>	<b>11,06</b>	<b>6,312</b>	<b><math>2,56 \times 10^{-09}</math></b>

Tabulka 25 Analýza vlivu značení na stabilitu agregace u samic *A. vulgare*

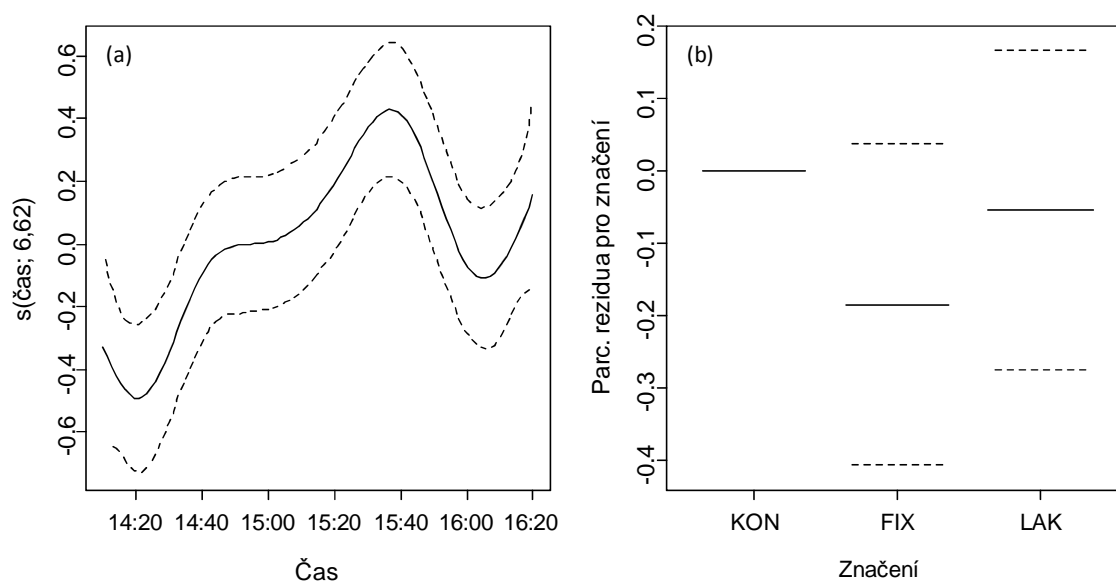
Skupina	t value	P
<b>KON (intercept)</b>	<b>-3,084</b>	<b>0,00234</b>
FIX ( $\times$ KON)	1,347	0,17948
<b>LAK (<math>\times</math> KON)</b>	<b>2,230</b>	<b>0,02687</b>

Tabulka 26 Analýza vlivu prediktoru čas na stabilitu agregace u samic *A. vulgare*

Proměnná	odhad df	F	P
<b>Čas</b>	<b>11,54</b>	<b>8,742</b>	<b><math>3,10 \times 10^{-13}</math></b>

## Vliv značení na úroveň agregace

U samců nebyl prokázán rozdíl v úrovni agregace mezi kontrolní skupinou a oběma značenými skupinami (tab. 27, 28, obr. 19a,b). U samic byl prokázán rozdíl v úrovni agregace mezi kontrolní skupinou a skupinou značenou lakem (tab. 29, 30, obr. 20a,b), kontrolní skupina vykazovala vyšší úroveň agregace. Mezi kontrolní skupinou a skupinou značenou fixem rozdíl prokázán nebyl (tab. 29, 30, obr. 20a,b).



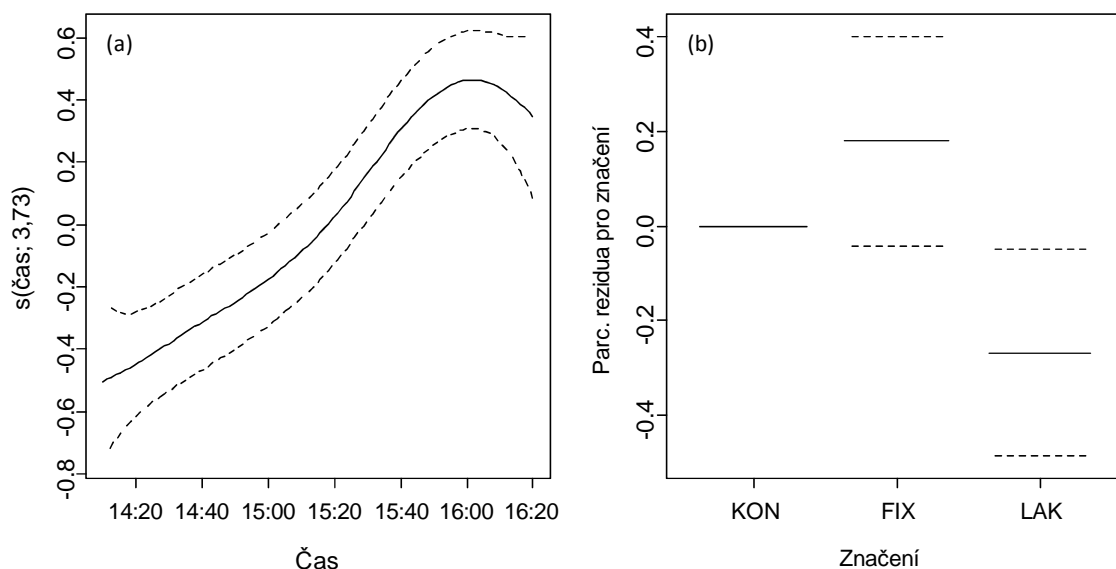
Obrázek 19 Vliv prediktoru čas (a) a značení (b) na úroveň agregace u samců *A. vulgare* (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 27 Analýza vlivu značení na úroveň agregace u samců *A. vulgare*

Skupina	z value	P
<b>KON (intercept)</b>	<b>-5,075</b>	<b><math>3,87 \times 10^{-07}</math></b>
FIX (× KON)	-1,661	0,0967
LAK (× KON)	-0,495	0,6205

Tabulka 28 Analýza vlivu prediktoru čas na úroveň agregace u samců *A. vulgare*

Proměnná	odhad df	$\chi^2$	P
<b>Čas</b>	<b>6,616</b>	<b>32,96</b>	<b><math>5,08 \times 10^{-05}</math></b>



Obrázek 20 Vliv prediktoru čas (a) a značení (b) na úroveň agregace u samic *A. vulgare* (interval spolehlivosti přerušovaně)

Tabulka 29 Analýza vlivu značení na úroveň agregace u samic *A. vulgare*

Skupina	z value	P
<b>KON (intercept)</b>	<b>5,027</b>	<b><math>4,97 \times 10^{-07}</math></b>
FIX ( $\times$ KON)	-1,614	0,1066
<b>LAK (<math>\times</math> KON)</b>	<b>-2,456</b>	<b>0,0140</b>

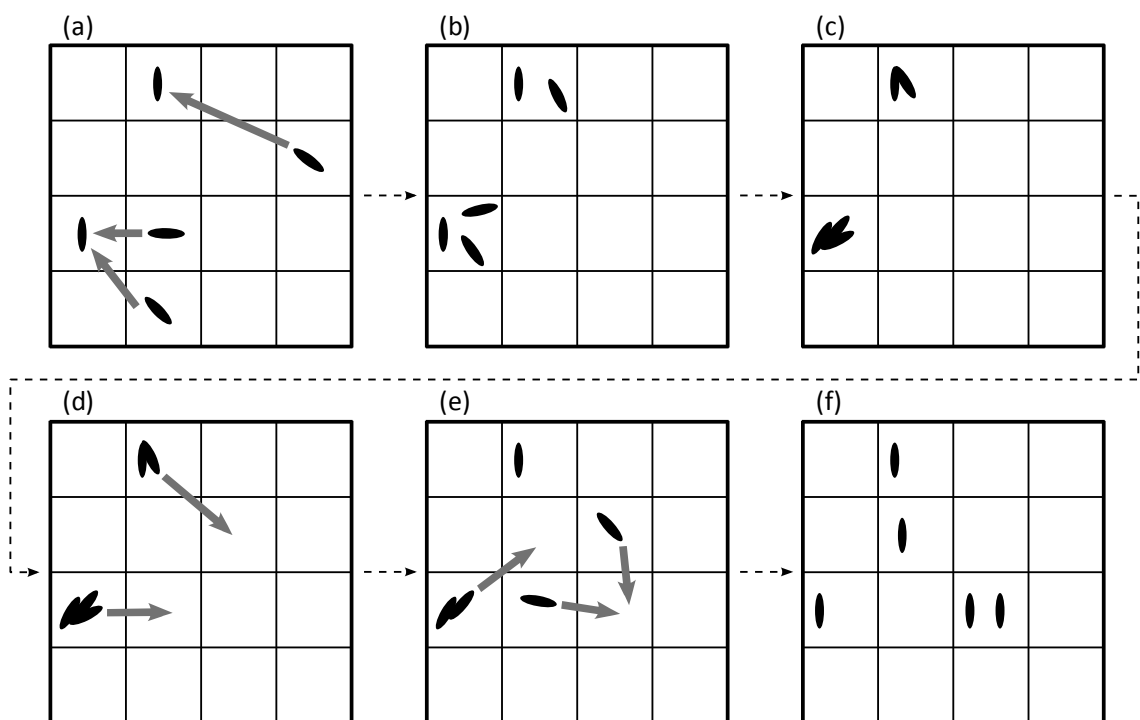
Tabulka 30 Analýza vlivu prediktoru čas na úroveň agregace u samic *A. vulgare*

Proměnná	odhad df	$\chi^2$	P
<b>Čas</b>	<b>3,734</b>	<b>56,81</b>	<b><math>3,28 \times 10^{-11}</math></b>

### Pattern agregačního chování

Na základě předpovědních křivek modelujících „čistý“ vliv času lze popsat získaný průběh pro stabilitu a úroveň agregace u samců a samic. Získané předpovědní křivky modelující „čistý“ vliv času na stabilitu a úroveň agregace poukázaly na zajímavou spojitost (pattern) mezi stabilitou a úrovní agregace. Zdá se, že stabilita a úroveň agregace jsou na sobě jistým způsobem závislé. Využila jsem opět překrytí předpovědních křivek (viz hledání patternu chování výše) a zjistila jsem, že s rostoucí stabilitou (parametr  $k$  se zmenšuje) rostla se zpožděním také úroveň. Vyšší stabilita agregace nám podává informaci o situaci, která by mohla potenciálně vést ke vzniku

agregace (obr. 21a,b). Když dojde k vytvoření agregace, stoupne její úroveň (obr. 21c). Úroveň však může stoupat maximálně do doby, než se v agregaci ocitnou všichni jedinci (úroveň agregace např. 10 z 10). V případě vysoké úrovně agregace stoupá časem pravděpodobnost, že se některý z jedinců oddělí a následně přejde do jiné oblasti (obr. 21d). Pokud se tak stane, dojde ke snížení nejdříve úrovně a poté i stability agregace. Průzkum jedinců v rámci boxu opět zvýší pravděpodobnost setkání dvou a více jedinců (obr. 21e), čímž znovu naroste stabilita agregace a vznikne potenciál k agregaci, tedy k růstu její úrovně (obr. 21f).



Obrázek 21 Průběh agregačního chování a změn úrovně a stability agregace u *A. vulgare*

## 5 DISKUSE

Ve své práci jsem se zabývala vlivem externího značení na chování druhu *Armadillidium vulgare* a *Glomeris tetrasticha*. Zajímalo mě, zda použitá značení (lak a fix) mají vliv na chování značených jedinců, případně na jejich přežívání. Cílem analýz bylo srovnání neznačené kontrolní skupiny s oběma značenými skupinami. Ke zpracování dat jsem využila program R a program Oriana for Windows. Na základě výsledků bylo zjištěno, že lak ani fix sice neměly průkazný vliv na přežívání, ale jejich vliv na chování byl ve většině případů prokázán. V analýze vlivu značení na projevy chování (resp. kategorie chování) byl u *A. vulgare* prokázán vliv laku na četnost u kategorií potrava, průzkum, odpočinek a skrývání, a to dokonce ve všech dnech. Podobně vliv fixu byl prokázán rovněž ve všech dnech u stejných kategorií s výjimkou kategorie průzkum. U *G. tetrasticha* byl ve všech dnech prokázán vliv laku i fixu na četnost u kategorií potrava a odpočinek. Vliv fixu na četnost byl prokázán u kategorií průzkum a skrývání alespoň v jednom dni. Zajímavé výsledky přinesla také analýza vlivu značení na aktivitu. Aktivita *A. vulgare* byla výrazně soustředěna do nočních hodin, naopak *G. tetrasticha* vykazovala aktivitu téměř během celého dne s mírnou převahou kolem půlnoci a v ranních hodinách. Vliv laku i fixu na četnost aktivity byl prokázán u obou druhů ve všech dnech kromě třetího dne u *A. vulgare*. Značené skupiny vykazovaly mnohem nižší četnost aktivity oproti kontrolní skupině. Tato skutečnost se projevila velmi výrazně u *G. tetrasticha*, zejména u skupiny značené fixem. V analýze vlivu značení na agregační chování byl prokázán pouze vliv laku na stabilitu a úroveň agregace u samic *A. vulgare*. V následujícím textu budou zmíněné výsledky podrobně rozebrány.

### 5.1 Vliv značení na projevy chování svinky *Armadillidium vulgare*

Kontrolní skupina *A. vulgare* se v prvním dni skrývala nejméně, což pravděpodobně souviselo s aktivním zájmem o nové prostředí. Skrývání u této skupiny postupem času stoupalo, což mohlo být způsobeno snížením zájmu o již dostatečně prozkoumané prostředí. Důvodem častěji se vyskytujícího skrývání však mohl být také fakt, že se časem v úkrytech hromadily exkrementy, které mohly jedince lákat jako potrava (Hassall & Rushton 1982). Značené skupiny se celkově v porovnání s kontrolní

skupinou skrývaly mnohem více. Na začátku experimentu se navíc jedinci těchto skupin (především jedinci skupiny značené fixem) jeví apaticky. V druhém dni se značení jedinci skrývali mnohem méně než v prvním dni a jejich chování se také zdálo již méně apatické, pravděpodobně se u nich projevil se zpožděním aktivní zájem o nové prostředí. Ve třetím dni se tito jedinci opět skrývali více, což lze vysvětlit obdobně jako u kontrolní skupiny.

Zajímavé je, že v prvním dni se jedinci kontrolní skupiny i značených skupin skrývali většinou samostatně, od druhého dne však byla typická agregace až všech jedinců dohromady v rámci jednoho úkrytu. Toto chování pravděpodobně souviselo se skutečností, že stejnonožci vylučovaný amoniak slouží jako agregační atraktant a jedinci preferují úkryt s jeho obsahem před úkrytem pouze se zvýšenou vlhkostí (Schliebe 1990). Jak již bylo řečeno, pod některými úkryty se hromadily exkrementy (tedy i amoniak), a proto byly tyto úkryty vhodným místem k agregaci i ke skrývání.

U kontrolní skupiny byl pozorován největší průzkum prostředí boxu spojený s častým potravním chováním již od prvního dne. V dalších dnech potom postupně klesal, což pravděpodobně souviselo s již zmíněným snižujícím se zájmem o nové prostředí a s postupnou aklimatizací. Podobným způsobem se chovala i skupina značená fixem s tím rozdílem, že potravní chování bylo více utlumené a stouplo až ve druhém dni. Jelikož byla potrava umístěna pouze v jedné třetině boxu, navíc nerovnoměrně, odpovídá vyšší četnost průzkumu hledání kvalitní potravy (Tuck & Hassall 2004). Skupina značená lakem začala intenzivně prozkoumávat prostředí boxu až ve druhém dni, ale pravděpodobně ne za účelem hledání potravy, protože potravní chování se zvýšilo minimálně. Celkový výskyt potravního chování byl mnohem vyšší u kontrolní skupiny než u značených skupin. Snižovaný zájem o potravu u značených skupin mohl souviset s vlivem značení.

## 5.2 Vliv značení na projevy chování svinule *Glomeris*

### *tetrasticha*

Kontrolní skupina *G. tetrasticha* se ve všech dnech věnovala potravnímu chování výrazně častěji (až dvojnásobně) než značené skupiny. Podobně jako u *A. vulgare* mohl být snížený zájem o potravu u značených skupin způsoben vlivem značení. Vliv laku i fixu se pravděpodobně projevil i na výskytu odpočinku. V porovnání s kontrolní skupinou totiž obě značené skupiny odpočívaly ve všech dnech mnohem více. Právě

odpočinek byl u *G. tetrasticha* dominantní kategorií chování, naproti tomu skrývání, které bylo dominantní u *A. vulgare*, bylo zastoupeno mnohem méně. Z výsledků vyplývá, že skrývání a odpočinek jsou kategorie, které mají v celkovém patternu chování obou druhů odlišný význam (viz pattern chování u *A. vulgare* a *G. tetrasticha*)

Zejména u skupiny značené fixem bylo patrné silné ovlivnění chování, což se projevovalo hlavně nízkou mírou průzkumu a častým odpočinkem ve všech dnech. Obecně však byli jedinci značených skupin velmi apatičtí, většinou odpočívali a vypadali značně „nezdravě“. Podobnou negativní reakci jsem v literatuře zaznamenala pouze u studie vlivu značení na chování larev chrostíků *Brachycentrus* spp., kteří se po označení emailem a černým fixem mnohem více skrývali ve své schránce, nebo se zahrabali do písku. Gallepp a Hasler (1975) jejich utlumené aktivní projevy chování připisují kombinovanému vlivu značení a manipulace. Naopak Ellers (1995), který ke značení mlže violetky *Donax variabilis* využil lak na nehty, žádný vliv na chování nezaznamenal. Podle mého názoru však může výsledky podobných studií ovlivnit celá řada faktorů, především je to odolnost organismu, použitý způsob značení a proces jeho aplikace. Při značení violetky bylo samozřejmě výhodou, že lastura je neživou částí jedince, navíc je silná a prakticky nepropustná. Naproti tomu schránka larev chrostíků je tenčí a pravděpodobně snadněji propustná pro nežádoucí látky. Jedinci *A. vulgare* a *G. tetrasticha* však byli značeni přímo na kutikulu. Kutikula *A. vulgare* je velice silná a mnohvrstevná (Csonka a kol. 2009 in Tajovský 2009) s jednou z nejnižších propustností (vyjma pouštních druhů) mezi suchozemskými stejnonožci (Edney 1968). Naproti tomu třívrstvá kutikula svinule *Glomeris marginata* je přibližně dva a půl krát propustnější (Hopkin & Read 1992). Pokud je podobné hodnoty možné očekávat i u *G. tetrasticha*, pak je pravděpodobné, že se vlivem značení mohla projevit případná intoxikace spíše u tohoto druhu a ovlivnila jeho chování ve větším rozsahu.

### **5.3 Vliv značení na aktivitu svinky *Armadillidium vulgare* a svinule *Glomeris tetrasticha***

Celkově byl u jedinců *A. vulgare* potvrzen úzký vztah mezi stmíváním a nástupem aktivního chování, daného především průzkumem (Refinetti 2000). Celodenní průběh aktivity ukázal, že jedinci *A. vulgare* byli nejvíce aktivní v nočních hodinách s prudkým poklesem aktivity mimo tuto dobu. Tuf a Jeřábková (2008) popisují jarní celodenní



povrchovou aktivitu u dalších druhů stejnonožců, např. *Protracheoniscus politus* bývá na jaře aktivní v ranních hodinách a poté v noci, naopak *Porcellium conspersum* bývá aktivní přes den. Cloudsley-Thompson (1951) pozoroval v laboratorních podmínkách celodenní aktivitu u stínky *Oniscus asellus*, jenž byla aktivní převážně v noci.

Průměrný čas nejběžnějšího výskytu aktivity se ve všech dnech nacházel v rozmezí od 0:00 do 1:30. Koncentrace aktivity kolem průměrného času byla nejnižší u kontrolní skupiny. To lze vysvětlit tím, že jedinci kontrolní skupiny byli aktivnější delší dobu než jedinci značení lakem a fixem. Ačkoli byla aktivita u všech skupin koncentrována v noci, u kontrolní skupiny byla navíc patrná i nízká aktivita během dne potvrzující skutečnost, že *A. vulgare* není striktně noční druh (Cloudsley-Thompson 1956). Aktivita jedinců byla ve všech dnech nejvyšší u kontrolní skupiny a prokazatelně se lišila od skupiny značené lakem (kromě třetího dne) i od skupiny značené fixem. Zejména vliv fixu na aktivitu byl markantní, protože skupina značená fixem vykazovala výrazně nižší aktivitu oproti zbylým skupinám. Jelikož vliv laku byl prokázán pouze v prvních dvou dnech a v třetím dni jeho vliv průkazný nebyl, lze předpokládat, že postupem času se značení jedinci stabilizovali na úroveň blížíící se kontrolní skupině.

Co se týká výskytu aktivity u jedinců *G. tetrasticha*, především vliv značení fixem se jevil skutečně významný. Celková aktivita skupiny značené fixem byla ve všech dnech výrazně nižší ve srovnání s dalšími skupinami, navíc nebylo možné určit dobu s nejvyšší koncentrací aktivity. Na druhou stranu lze za čas nejvyšší aktivity považovat maximum výskytu potravního chování, které bylo nejvyšší v ranních hodinách, což odpovídá aktivitě za úsvitu, pozorované také např. u mnohonožky *Jonespeltis splendidus* (Bano & Krishnamoorthy 1979). Analýza pomocí GAMs prokázala, že vliv obou značení je u *G. tetrasticha* velmi významný a ani v průběhu tří dní se nezměnil. Aktivita *G. tetrasticha* klesala až v odpoledních hodinách, tudíž tento druh nelze označit jako striktně noční, což ale odpovídá zjištění, že v létě bývá perioda aktivity u některých mnohonožek prodloužena (Perttunen 1953 in Tuf a kol. 2006). Tuf a kol. (2006) pozorovali toto prodloužení i na jaře.

#### **5.4 Vliv značení na přežívání svinky *Armadillidium vulgare* a svinule *Glomeris tetrasticha***

Během hlavního experimentu, který se uskutečnil v průběhu jednoho týdne, byla mortalita jedinců *A. vulgare* i *G. tetrasticha* minimální. Vliv laku ani fixu na přežívání

obou druhů nebyl prokázán. Madhavan a Shribbs (1981) používali ve své studii ke značení *A. vulgare* také lak a o případném vlivu značení na přežívání se nezmiňují. Naopak Hora a kol. (2010), kteří se zabývali trvanlivostí a toxicitou značení lakem u stínky *Porcellio scaber*, vliv laku na přežívání zjistili. Na dvou substrátech ze tří totiž zaznamenali vyšší mortalitu u značených jedinců než u kontrolní skupiny. Rozdílné výsledky studií mohou být způsobeny několika faktory: jiný modelový taxon, proces aplikace značení, složení laku či délka experimentu. Studie zabývající se vlivem laku na přežívání u *G. tetrasticha* prováděny dosud nebyly, ale Petit a kol. (2003) a Penny a kol. (2003) se zabývali značením různými laky a jejich vlivem na přežívání mnohonožky *Ommatoiulus moreletii*. Na základě jimi zjištěných výsledků nebylo přežívání mnohonožek použitými laky ovlivněno.

## 5.5 Vliv značení na agregační chování svinky *Armadillidium vulgare*

Agregační chování bylo významně ovlivněno pouze u samic *A. vulgare* značených lakem, u kterých byla stabilita i úroveň agregace v průběhu času nižší než u kontrolní skupiny. Vliv fixu nebyl prokázán ani u samic, ani u samců. Samice mohly být k označení citlivější, a proto na něj reagovaly výrazněji než samci. Na druhou stranu bylo zvláštní, že fix jejich agregační chování neovlivnil vůbec. Zůstává tedy otázkou, zda značení doopravdy ovlivňuje agregační chování, nebo zda stres z vysychajících podmínek zastíní jeho vliv. Experiment nicméně přinesl jiný pohled na zpracování dat o stabilitě a úrovni agregace (cf. Caubet a kol. 2009), a to pomocí GAMs.

Na základě předpovědních křivek modelujících „čistý“ vliv času lze popsat získaný průběh stability a úrovně agregace u samců a samic. U samců rostla postupem času stabilita i úroveň agregace až do 70 minut od počátku experimentu, poté došlo k prudkému poklesu u obou parametrů. To lze pravděpodobně vysvětlit tím, že výhody agregace (např. snížená míra respirace) pominuly a pro jedince bylo výhodnější zkusit podniknout další průzkum za účelem nalezení lepších podmínek. Schliebe (1990) zmiňuje, že takové chování nastává u stejnonožců, protože agregace není dlouhodobým řešením nepříznivé situace. Jelikož lepší podmínky nebyly v boxu dostupné, samci postupně opět přešli do agregace (nárůst stability i úrovně agregace). Ačkoli u samic byla zjištěna složitá závislost stability na čase, úroveň rostla v podstatě po celou dobu pozorování, proto je obtížné vyvodit nějaké závěry. Obecně lze říci, že změna stability

neměla až tak intenzivní vliv na změnu úrovně agregace, samozřejmě mimo její nárůst. Pokles stability po 20 a 60 minutách byl zřejmě následován rychlým vytvořením agregace v jiné oblasti nebo návratem jedinců zpět k původnímu shluku, opět jako reakce na nepříznivé podmínky v boxu.

## 6 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zjistit, zda vybrané způsoby externího značení (lak na nehty a fix používaný ke značení včelích matek) mají vliv na chování druhů *Armadillidium vulgare* a *Glomeris tetrasticha*, popř. na jejich přežívání. Chování druhů bylo zkoumáno ze tří pohledů: (1) projevy chování (kategorie chování) během 24 hodin, (2) aktivita během 24 hodin a (3) agregační chování. V létě 2009 byl u obou druhů proveden tří denní experiment zaměřený na záznam projevů chování během 24 hodin a na podzim 2009 byl odděleně u samců a samic *A. vulgare* proveden doplňující experiment zaměřený na agregační chování. Následné analýzy byly založené na srovnání chování u skupiny jedinců značených lakem, skupiny jedinců značených fixem a u kontrolní skupiny. Ke statistickému zpracování dat byly využity především moderní regresní metody (zobecněné aditivní modely, GAMs).

Na základě výsledků bylo u obou druhů sice zjištěno, že lak ani fix nemají vliv na přežívání, nicméně vliv na jejich chování byl ve většině případů prokázán. Vliv laku i fixu na četnost kategorií potrava, odpočinek a skrývání u *A. vulgare* byl prokázán dokonce ve všech dnech. Vliv laku na četnost kategorie průzkum byl také prokázán ve všech dnech. Značené skupiny se celkově v porovnání s kontrolní skupinou skrývaly mnohem více a na začátku experimentu se navíc jedinci těchto skupin jeví apaticky. V druhém dni se značení jedinci skrývali méně než v prvním dni a jejich chování se také zdálo již méně apatické, pravděpodobně se u nich projevil zpožděný aktivní zájem o nové prostředí. U *G. tetrasticha* byl vliv laku i fixu na četnost prokázán ve všech dnech u kategorií potrava a odpočinek. Fix měl prokazatelný vliv na četnost u kategorií průzkum a skrývání vždy alespoň v jednom dni. Vliv značení na chování u *G. tetrasticha* byl patrný již při pouhém pohledu, oproti kontrolní skupině působili značení jedinci (zejména fixem) apaticky a v některých případech vykazovali také dlouhodobě stav nezdravě vyhlížející strnulosti.

Analýza vlivu značení na aktivitu během 24 hodin přinesla také zajímavé výsledky. Aktivita byla u *A. vulgare* výrazně soustředěna v nočních hodinách, naopak *G. tetrasticha* vykazovala aktivitu téměř během celého dne s mírnou převahou kolem půlnoci a brzy ráno. Vliv laku i fixu na četnost aktivity byl prokázán u obou druhů ve všech dnech kromě třetího dne u *A. vulgare*. Značené skupiny byly mnohem méně

aktivní než kontrolní skupina. Tato skutečnost se projevila velmi výrazně u *G. tetrasticha*, zejména u skupiny značené fixem.

Záznam projevů chování během 24 hodin se ukázal jako velice vhodný prostředek k popisu početně častých aktivních a neaktivních projevů chování. Pro zachycení méně častých projevů chování jako je u *A. vulgare* a *G. tetrasticha* monitoring nebo čištění by bylo nutné pozorovat jedince v boxu déle, což by ovšem z časových důvodů značně omezilo možnosti opakování pozorování a vyžadovalo by nejspíš zapojení více pozorovatelů.

Analýza pomocí GAMs také poskytla, především díky získaným předpovědním křivkám modelujícím „čistý“ vliv času na četnost konkrétních kategorií chování, zajímavé informace. Jednalo se o informace o denní aktivitě a průběhu jednotlivých projevů chování během dne, na základě nichž mohl být popsán pattern chování *A. vulgare* i *G. tetrasticha* za laboratorních podmínek.

V analýze vlivu značení na agregační chování byl prokázán pouze vliv laku na stabilitu a úroveň agregace u samic *A. vulgare*. U obou pohlaví pravděpodobně stres z vysychajících podmínek převýšil vliv na chování způsobený značením. I když se výrazný vliv značení neprojevil, poskytlo pozorování alespoň nový pohled na hodnocení agregace pomocí použitých parametrů stabilita a úroveň agregace a také pomocí možného vztahu mezi nimi.

Prokázaný vliv použitých způsobů značení na chování obou vybraných druhů za absence zvýšené mortality jedinců potvrdil skutečnost, na kterou se tato práce snažila poukázat. V mnoha studiích využívajících značení jedinců je totiž sledován jen vliv způsobu značení na přežívání, ačkoli je podle mého názoru velice důležité nepodcenit ani zjišťování případného vlivu značení na chování a zaměřit se také na něj. Věřím, že zkoumaní zástupci suchozemských stejnoožců a mnohonožek nejsou pouze výjimkou a že podobné výsledky by mohly být pozorovány i u dalších druhů a způsobů značení!

## 7 LITERATURA

- Allee WC. 1923. Animal aggregations: a request for information. *The Condor*. 25: 129–131.
- Allee WC. 1927. Animal aggregations. *The Quarterly Review of Biology*. 2: 367–398.
- Bano K, Krishnamoorthy RV. 1979. Circadian rhythms in the sociability and locomotor activities of the millipede, *Jonespeltis splendidus* Verhoeff. *Behavioral and Neural Biology*. 25: 573–582.
- Becker JHA, Grutter AS. 2005. Client fish ectoparasite loads and cleaner shrimp *Urocaridella* sp. c hunger levels affect cleaning behaviour. *Animal Behaviour*. 70: 991–996.
- Brereton J LeG. 1957. The distribution of woodland isopods. *Oikos*. 8: 85–106.
- Caubet Y, O'Farrell G, Lefebvre F. 2008. Geographical variability of aggregation in terrestrial isopods: What is the actual significance of such behaviour?. *Proceedings of the International Symposium of Terrestrial Isopod Biology*. 137–148.
- Cloudsley-Thompson JL. 1952. Studies in diurnal rhythms. II. Changes in the physiological responses of the woodlouse *Oniscus asellus* to environmental stimuli. *J. Exp. Biol.* 29: 295–303.
- Cloudsley-Thompson JL. 1956. Studies in diurnal rhythms. VI. Bioclimatic observations in Tunisia and their significance in relation to the physiology of the fauna, especially woodlice, centipedes, scorpions and beetles. *Ann. mag. Nat. Hist.* 9: 305–329.
- Cloudsley-Thompson JL. 1959. Microclimate, diurnal rhythms and the conquest of the land by arthropods. *Int. J. Bioclimatol. Biometeorol.* 3: 1–8.
- Csonka D, Somoskői B, Vili N, Vilisics F, Halasy K, Hornung E. 2009. What is behind distribution? (Comparison of three *Armadillidium* species). In: Tajovský K (ed.). Abstract book. 10th Central European Workshop on Soil Zoology. Institute of Soil Biology. Biology Centre, ASCR, v.v.i. České Budějovice.
- Darcy MC, Eggleston DB. 2005. Do habitat corridors influence animal dispersal and colonization in estuarine systems?. *Landscape Ecology*. 20: 841–855.
- Den Boer PJ. 1961. The ecological significance of activity patterns in the woodlouse *Porcellio scaber* Latr. (Isopoda). *Arch. NCerl. Zool.* 14: 283–409.

- Edney EB. 1968. Transition from Water to Land in Isopod Crustaceans. *American Zoologist*, 8: 309–326.
- Edney EB, Allen W, McFarlane J. 1974. Predation by terrestrial isopods. *Ecology* 55: 428–433.
- Ellers O. 1995. Behavioral control of swash-riding in the clam *Donax variabilis*. *Bid. Bull.* 189: 120–127.
- Evans TA, Gleeson PV. 1998. Research note a new method of marking spiders. *The Journal of Arachnology*. 26: 382–384.
- Fischer K, O'Brien DM, Boggs CL. 2004. Allocation of larval and adult resources to reproduction in a fruit-feeding butterfly. *Functional Ecology*. 18: 656–663.
- Fischer RC, Wanek W, Richter A, Mayer V. 2003. Do ants feed plants? A <sup>15</sup>N labelling study of nitrogen fluxes from ants to plants in the mutualism of *Pheidole* and *Piper*. *Journal of Ecology*. 91: 126–134.
- Forschler BT. 1994. Fluorescent spray paint as a topical marker on subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). *Sociobiology*. 24: 27–38.
- Gallepp GW, Hasler AD. 1975. Behavior of larval caddisflies (*Brachycentrus* spp.) as influenced by marking. *American Midland Naturalist*. 93: 247–254.
- Gordon R, Heywood M, Petit S, Gibbs J. 2007. Evaluation of Dy-Mark™ industrial printer ink as a marking medium for Portuguese millipedes and estimating population size by removal sampling at Robe, South Australia. *The South Australian Naturalist*. 81: 29–31.
- Grosholz ED. 1993. The influence of habitat heterogeneity on host-pathogen population dynamics. *Oecologia*. 96: 347–353.
- Hassall M & Rushton S P. 1982. The role of coprophagy in the feeding strategies of terrestrial isopods. *Oecologia* 53: 374–381.
- Hassall M & Rushton SP. 1984. Feeding behavior of terrestrial isopods in relation to plant defences and microbial activity. In *The Biology of Terrestrial Isopods, Symposia of the Zoological Society of London, Number 53* (ed. S.L. Sutton & D.M. Holdich), 487–505. Oxford University Press, Oxford.
- Heeley W. 1941b. The habits and life-histories of woodlice. *The Essex Naturalist* 27: 105–114.
- Hoffman RL, Payne JA. 1969. Diplopods as carnivores. *Ecology*. 50: 1096–1098.

- Holland JM, Smith S. 1999. Sampling epigeal arthropods: an evaluation of fenced pitfall traps using mark-release-recapture and comparisons to unfenced pitfall traps in arable crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 91: 347–357.
- Hood-Nowotny R, Knols BGJ. 2006. Use of carbon-13 as a population marker for *Anopheles arabiensis* in a sterile insect technique (SIT) context. *Malaria Journal*. 5: 6.
- Hood-Nowotny R, Knols BGJ. 2007. Stable isotope methods in biological and ecological studies of arthropods. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 124: 3–16.
- Hopkin SP, Read HJ 1992. *The Biology of Millipedes*. Oxford University Press. New York.
- Hora P, Mačát Z, Machač O, Rendoš M, Trnka F, Vokálová A, Tuf IH. 2010. Značení půdních bezobratlých: jak dlouho vydrží a jak rychle zabíjí? In: Bryja J, Zasadil P. (eds.). *Zoologické dny Praha 2010. Sborník abstraktů z konference 11.–12. února 2010*: 89.
- Howard RK. 1985. Measurements of short-term turnover of epifauna within seagrass beds using an in situ staining method. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 22: 163–168.
- Kiss B, Samu F. 2000. Evaluation of population densities of common wolf spider *Pardosa agrestis* (Araneae: Lycosidae) in Hungarian alfalfa fields using mark-recapture. *Eur. J. Entomol.* 97: 191–195.
- Kovach WL. 2009. Oriana for Windows, version 3.10. Wales, Kovach Computing Service.
- Lawlor LR. 1976. Molting, growth and reproductive strategies in the terrestrial isopod, *Armadillidium vulgare*. *Ecology*. 57: 1179–1194.
- Linsenmair KE. 1985. Individual and family recognition in subsocial arthropods, in particular in the desert isopod *Hemilepistus reaumuri*. *Fortschritte der Zoologie*. 31: 411–436.
- Madhavan K, Shribbs JM. 1981. Role of photoperiod and low temperature in the control of ovigerous molt in the terrestrial isopod, *Armadillidium vulgare* (Latreille, 1804). *Crustaceana*. 41: 263–270.
- Merkle EL. 1969. Home range of crayfish *Orconectes juvenalis*. *American Midland Naturalist*. 81: 228–235.



- Moore J. 1983. Responses of an avian predator and its isopod prey to an acanthocephalan parasite. *Ecology*. 64: 1000–1015.
- Moore J, Lasswell J. 1986. Altered behavior in isopods (*Armadillidium vulgare*) infected with the nematode *Dispharynx nasuta*. *The Journal of Parasitology*. 72: 186–189.
- Nienstedt KM, Poehling H-M. 2000. <sup>15</sup>N-marked aphids for predation studies under field conditions. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 94: 319–323.
- Nienstedt KM, Poehling H-M. 2004a. Invertebrate predation of <sup>15</sup>N-marked prey in semi-field wheat enclosures. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 112: 191–200.
- Nienstedt KM, Poehling H-M. 2004b. Prey to predator transfer of enriched <sup>15</sup>N-contents: basic laboratory data for predation studies using <sup>15</sup>N as marker. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 112: 183–190.
- Paris OH. 1963. The ecology of *Armadillidium vulgare* (Isopoda: Oniscoidea) in California grassland: food, enemies, and weather. *Ecol. Monog.* 33: 1–22.
- Paris OH. 1965. Vagility of P 32-labeled isopods in grassland. *Ecology*. 46: 635–648.
- Paris OH, Pitelka FA. 1962. Population characteristics of the terrestrial isopod *Armadillidium vulgare* in California grassland. *Ecology*. 43: 229–248.
- Pereira W, Elpino-Campos A, Del-Claro K, Machado G. 2004. Behavioral repertory of the neotropical harvestman *Ilhaia cuspidata* (Opiliones, Gonyleptidae). *J. Arachnol.* 32: 22–30.
- Penny KL, Havelberg CH, Petit S. 2005. Dispersal speed of Portuguese millipede (*Ommatoiulus moreletii*) on sand and woodland substrates, and millipede marking tools at Robe, South Australia. *The South Australian Naturalist*. 79: 7–10.
- Petit S, Fahey I, Lang M, Gibbs J. 2003. Testing nail polish on Portuguese millipedes as a marker for population studies. *The South Australian Naturalist*. 77: 10–11.
- Petit S, Gibbs J. 2005. Evaluation of Markal™ ball point paint as a millipede marking tool at Robe, South Australia. *The South Australian Naturalist*. 79: 3–4.
- R Development Core Team (2009). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

- Refinetti R. 2000. Circadian rhythm of locomotor activity in the pill bug, *Armadillidium vulgare* (Isopoda). *Crustaceana*. 73: 575–583.
- Riegert PW, Fuller RA, Putnam LG. 1954. Studies on dispersal of grasshoppers (Acrididae) tagged with phosphorus-32. *The Canadian Entomologist*. 86: 223–232.
- Samu F, Sároszpataki M. 1995. Estimation of population sizes and "home ranges" of polyphagous predators in alfalfa using mark-recapture: an exploratory study. In: Toft S, Riedel W (eds.). *Acta Jutlandica*. 70(2): 47–55.
- Sattar A, Salihah Z, Naeem R, Farid A. 2007. Toxicity and retention of dye markers to *Heterotermes indicola*. *Suranaree J. Sci. Technol*. 14(4): 385–390.
- Simon KS, Buikema Jr. AL. 1997. Effects of organic pollution on an Appalachian cave: changes in macroinvertebrate populations and food supplies. *American Midland Naturalist*. 138: 387–401.
- Schliebe U. 1990. Orientation to the conspecific in *Oniscus asellus* L. (Crustacea, Isopoda, Oniscidea). *The Biology of Terrestrial Isopods III, Third International Symposium Poitiers*, 10–12 July 1990. 89–96.
- Shigemiyama Y, Kato M. 2001. Age distribution, growth, and lifetime copulation frequency of a freshwater snail, *Clithon retropictus* (Neritidae). *Popul. Ecol*. 43: 133–140.
- Smith CR, Present TMC. 1983. In vivo marking of shallow-water and deep-sea amphipods by ingestion of bait mixed with fast green. *Mar. Biol*. 73: 183–192.
- Soe ARB, Bartram S, Gatto N, Boland W. 2004. Are iridoids in leaf beetle larvae synthesized *de novo* or derived from plant precursors? A methodological approach. *Isotopes Environ. Health Stud*. 40(3): 175–180.
- Styron CE, Burbank WD. 1967. Ecology of an aquatic isopod, *Lirceus fontinalis* Raf., emphasizing adiation effects. *American Midland Naturalist*. 78: 389–415.
- Su N–Y, Ban PM, Scheffrahn RH. 1991. Evaluation of twelve dye markers for population studies of the eastern and formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Sociobiology*. 19: 349–362.
- Sullivan CR. 1953. Use of radioactive cobalt in tracing the movements of the white-pine weevil, *Pissodes strobi* Peck. (Coleoptera : Curculionidae). *The Canadian Entomologist*. 85: 273–276.

- Tayasu I, Inoue T, Miller LR, Sugimoto A, Takeichi S, Abe T. 1998. Confirmation of soil-feeding termites (Isoptera; Termitidae; Termitinae) in Australia using stable isotope ratios. *Functional Ecology*. 12: 536–542.
- Tuck JM, Hassall M. 2004. Foraging behaviour of *Armadillidium vulgare* (Isopoda: Oniscidea) in heterogeneous environments. *Behaviour*. 141: 233–244.
- Tuf IH, Tufová J, Jeřábková E, Dedek P. 2006. Diurnal epigeic activity of myriapods (Chilopoda, Diplopoda). *Norw. J. Entomol.* 53: 335–344.
- Tuf IH, Jeřábková E. 2008. Diurnal epigeic activity of terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea). In: Zimmer M, Charfi-Cheikhrouha F, Taiti S (ed.). *Proceedings of the international symposium on terrestrial isopod biology: ISTIB-07*, Shaker, Aachen, 167–172.
- Unsicker SB, Renker C, Kahmen A, Spindler S, Buchmann N, Weisser WW. 2005. Testing the efficiency of three <sup>15</sup>N-labeled nitrogen compounds for indirect labeling of grasshoppers via plants in the field. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 116: 219–226.
- Warburg MR. 1993. *Evolutionary biology of land isopods*. Berlin: Springer-Verlag. 151s.
- Waters WE. 1959. A quantitative measure of aggregation in insects. *J. Anim. Ecol.* 52: 1180–1184.
- Willows RI. 1987. Population dynamics and life history of two contrasting populations of *Ligia oceanica* (Crustacea: Oniscidea) in the rocky supralittoral. *Journal of animal ecology*. 56: 315–330.
- Wojcik DP, Burges RG, Blanton CM, Focks DA. 2000. An improved and quantified technique for marking individual fire ants (Hymenoptera: Formicidae). *Florida Entomologist*. 83: 74–78.