

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky



# Velikost agregace stínky obecné

**Diplomová práce**

**Kateřina Truhlářová**

Studijní program: Učitelství biologie pro střední školy – Učitelství geologie a  
ochrany životního prostředí pro střední školy (N1501)

Prezenční studium

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

Olomouc 2016

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. & Mgr. Ivana H. Tufa, Ph.D., a uvedla jsem veškerou použitou literaturu.

V Olomouci dne

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala dr. Janu Šipošovi za statistickou analýzu dat a především vedoucímu práce dr. Ivanu H. Tufovi za trpělivost, ochotu a všeobecnou pomoc.

## **Bibliografická identifikace**

**Jméno a příjmení autora:** Bc. Kateřina Truhlářová

**Název práce:** Velikost agregace stínky obecné

**Typ práce:** Diplomová práce

**Pracoviště:** Katedra botaniky PřF UP

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

**Rok obhajoby:** 2016

**Klíčová slova:** stínka, agregace, *Porcellio scaber*, suchozemští stejnonožci, etologie

**Počet stran:** 44

**Počet příloh:** 1

**Jazyk:** Čeština

## **Bibliographical identification**

**Autor's first name and surname:** Bc. Kateřina Truhlářová

**Title of thesis:** Aggregation size of common rough woodlice

**Type of thesis:** Master

**Department:** Department of Botany, Faculty of science UP

**Supervisor:** RNDr. & Mgr. Ivan H. Tuf, Ph.D.

**The year of presentation:** 2016

**Keywords:** woodlice, aggregation, *Porcellio scaber*, terrestrial isopods, ethology

**Number of pages:** 44

**Number of appendices:** 1

**Language:** Czech

## Abstrakt

V diplomové práci jsem se zabývala studiem chování stínky obecné (*Porcellio scaber*). Tento druh patří mezi suchozemské stejnonožce, kteří nejsou dokonale přizpůsobeni podmínkám suchozemského prostředí. Také z tohoto důvodu tvoří agregace, neboli seskupení jednotlivců v úkrytu. Pojem agregace znamená shlukování jedinců do skupin za účelem zlepšení jejich životních podmínek. Práce vycházela a navazovala na poznatky výzkumu Brolyho a kol. (2012).

Cílem práce bylo poznání agregačního chování druhu *Porcellio scaber* s konkrétním zaměřením na velikost agregace pod jednotlivými úkryty, dynamiku agregací a stabilitu agregací v průběhu pozorování.

Agregaci jsem studovala ve třech rozdílných boxech, ve kterých byly vytvořeny stejné podmínky. V každém boxu bylo 250 jedinců a čtyři identické úkryty. Experiment probíhal po dobu šestnácti dnů. Počítání jedinců probíhalo dvakrát denně, ráno a vpolední. Statistická analýza dat proběhla pomocí GLM analýzy a chi-kvadrát testu.

Výsledky práce ukazují, že vliv na abundanci mají pouze úkryty. Teplota, čas (denní doba) ani vlhkost (v rozmezí použitém v experimentu) neměly signifikantní vliv na velikost agregace. Nejvyšší míra agregace byla 88 jedinců. Nejběžnější velikost nejstabilnějších agregací se pohybovala v rozmezí 15-40 a 50-80 jedinců, což odpovídá výsledkům z dříve publikovaných jinak organizovaných experimentů.

## **Abstract**

In this thesis, I was engaged in the study of Common Rough Woodlice *Porcellio scaber*. This species belongs to the terrestrial isopods, i.e. crustaceans adapted to conditions in the terrestrial environment. They form aggregations usually, it means they cluster into groups in order to improve their living conditions. Work is based and build on research published by Broly et al. (2012).

The aim was test aggregation behavior of the species *Porcellio scaber* in semi-natural conditions with a particular focus on the size of the aggregates under same shelters, dynamics of aggregations and stability of aggregations during the experiment.

Aggregation was studied in three different boxes of the same character. In each box with four identical shelters 250 woodlice were placed. The experiment ran for 16 days. Counting individuals was carried out twice a day, morning and evening. Statistical analysis of data was performed by GLM analysis and the chi-square test.

The results show that the impact on the abundance have only shelters. Temperature, time (daytime), and humidity in experimental span had not significant effect on size of aggregation. The highest rate of aggregation was 88 individuals. The most common size of stable aggregation ranged from 15 to 40 and 50 to 80 individuals, similarly to the published results of experiments organized differently.

# Obsah

1. ÚVOD .....	9
1.1. Biologie a ekologie suchozemských stejnonožců .....	9
1.2. Specifika biologie a ekologie stínky obecné .....	14
1.3. AgregáčnÍ chování .....	15
2. CÍLE PRÁCE .....	17
3. METODIKA .....	18
3.1. SbĚr jedinců a experimentální boxy .....	18
3.2. Průběh experimentu .....	19
3.3. Zpracování dat .....	19
3.4. Statistická analýza dat .....	19
4. VÝSLEDKY .....	21
4.1. Environmentální podmínky .....	21
4.2. Naměřené hodnoty v jednotlivých boxech .....	21
5. DISKUZE .....	36
6. ZÁVĚR .....	40
7. LITERATURA .....	42
8. PŘÍLOHY .....	45



# 1. ÚVOD

## 1.1. Biologie a ekologie suchozemských stejnonožců

### Charakteristika suchozemských stejnonožců

Podřád nazývaný suchozemští stejnonožci (Oniscidea) je v klasifikaci řazen do řádu stejnonožců (Isopoda), třídy rakovci (Malacostraca), podkmene korýši (Crustacea), kmene členovci (Arthropoda). Nejstarší suchozemští stejnonožci jsou z fosilních objevů známi z období eocénu, tedy někdy z období před padesáti miliony lety. Přestože nejsou známy fosilie, je jasné, že se museli vyvinout mnohem dříve (Curl 2005). Zřejmě k tomu došlo v prvohorách, přesněji v karbonu asi před tři sta miliony let (Broly a kol. 2013).

Jako jediný z podkmene korýšů se tento podřád nachází ve všech suchozemských ekosystémech od břehů moře až po poušť. Jejich tělní pokryv však nevytváří dokonalou ochranu před ztrátami vody, proto jejich typickými stanovišti jsou převážně vlhká místa. Především jsou to lesy, ale také otevřená krajina v antropogenních oblastech. Osidlují především hrabanku a půdu, místa pod mechem či kameny. Některé druhy ovšem také osidlují vlhké břehy stojatých i tekoucích vod a mokřady (Flasarová 2001). Většina z nich na slunci a suchu umírá během několika minut (Frankenberger 1959). Vzácně se u některých druhů vyvinuly specifické strukturální fyziologické i behaviorální adaptace, které jim umožnily osídlit i extrémně suchá stanoviště (Štrus a kol. 1995). Suchozemští stejnonožci zahrnují více než tři tisíce šest set známých druhů s rozšířením po celém světě (Schmalfuss 2004), další druhy stále čekají na objevení či popis. Na území České republiky bylo doposud zjištěno 43 druhů (Saska 2007).

### Morfologie suchozemských stejnonožců

Tělo stejnonožců je shora zploštělé (Flasarová 2001). Toto zploštění usnadňuje chůzi. Velikost těla se pohybuje od 2 mm do 30 mm (Gregory 2009). Tělo se dělí na hlavu (caput), hruď (pereion) a zadeček (pleon). Každá z těchto tělních částí se skládá z různého počtu článků, celkový počet článků je 20 (Frankenberger 1959). Hlava se skládá celkem ze sedmi článků - šesti hlavových článků a jednoho článku hrudního, proto by správněji hlava u stejnonožců měla být nazývána hlavohrudí. Hruď je tvořena také ze sedmi článků – pereonitů, každý hrudní článek nese jeden pár kráčivých nohou (pereopodů) (Gregory 2009), výjimkou

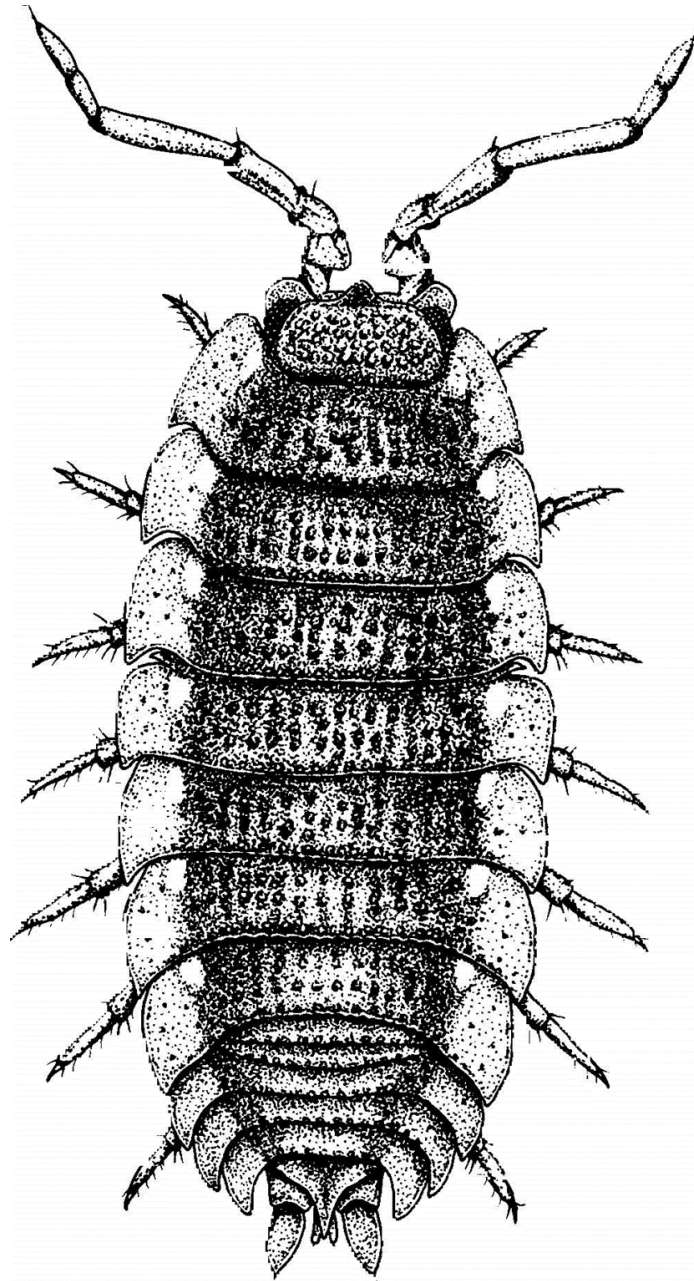
může v některých případech představovat sedmý hrudní článek, jehož pár kráčivých noh u samců může být pozměněn. Naopak samice mají v období rozmnožování na břišní straně pereonu vak, ve kterém nosí snůšku vajíček a posléze vyvíjející se larvy. Tento vak je naplněný tekutinou a poskytuje larvám vhodné podmínky (korýšší larvy obecně žijí volně ve vodě a patří mezi plankton). Zadeček byl původně tvořen sedmi články, ale poslední dva v průběhu evoluce splynuly a vytvořily tzv. pleotelson, na něm se nachází pár uropodů (Frankenberger 1959). Zadečkové nožky jsou dvouvětvné, převážně lupínkovité. Pleon je vždy kratší než pereon (Curl 2005). Na svrchní (hřbetní) straně článků se nachází hřbetní štítky nazývané tergity, na spodní (břišní straně) se nacházejí břišní štítky nazývané sternity. Ústní otvor se nachází na břišní straně, na kterém je umístěn jeden pár kusadel a dva páry čelistí (Vandel 1962). Některé druhy mají oči složené, jiné mohou mít oči jednoduché či mohou být slepé. Suchozemští stejnonožci mají jen jeden pár viditelných tykadél a to vnější pár (antenny), vnitřní pár tykadél (antenuly) je zakrnělý (Gruner 1966).

V důsledku závislosti na klimatických podmínkách se odvíjí počet generací za rok. V klimatických podmínkách České republiky vznikají obvykle dvě, vzácně tři generace za rok (Frankenberger 1959). Jejich larvy jako u jediných suchozemských stejnonožců nemusí plavat ve volné vodě, protože samice vytváří vak (marsupium), který nosí na hrudi. Tento vak vajíčka i larvy udržuje v dostatečně vlhkém prostředí (Horváthová a kol. 2015). Mladí jedinci se téměř u všech druhů rodí bílí, během několika týdnů se zbarvují (Curl 2005).

### **Vnitřní stavba těla suchozemských stejnonožců**

Suchozemští stejnonožci si vyvinuli rozdílné strategie příjmu potravy oproti svým vodním předkům a to z toho důvodu, aby si poradili s podmínkami, se kterými se setkali v rozmanitém suchozemském prostředí. Funkční morfologie zažívacího systému odráží specifické adaptace k udržení vody a efektivní asimilaci živin z potravy. Zažívací systém se skládá ze stomodea a proctodea vytvořeného z ektodermu a entodermální část mesenteron. Endodermální část u většiny terestrických stejnonožců obsahuje dvě slepé žlázy (Štrus a kol. 1995).

Od ostatních korýšů se odlišují také způsobem dýchání. Suchozemským stejnonožcům chybí klasické žábry (Gregory 2009). Primitivní formy dýchají celým povrchem těla. Postupně se u dalších druhů vyvinuly pomocné tracheální orgány vzniklé invaginací povrchu původních žaberních lupínků (pleopodů). Tyto tracheální orgány jsou určitým způsobem analogické tracheím vzdušnicovců (Sutton 1972).



**Obr. 1:** *Porcellio scaber* vnější stavba těla. Převzato z Oliver & Meehan (1993)

Suchozemští stejnonožci mohou absorbovat vodu několika způsoby (Curl 2005):

1. s jídlem
2. pitím přes ústní otvor
3. kapilárním působením přes uropody
4. je možné, že absorbují vodu i přes kutikulu.

Když jsou suchozemští stejnonožci saturováni vodou (např. po silném dešti), můžeme je vidět ložit po zdech a vegetaci i na suchých místech. Přebytek vody je odstraňován z těla několika způsoby (Curl 2005):

1. vytlačení z uropod
2. transpirací přes kutikulu
3. s exkrementy.

Mají maxilární žlázy, které slouží k vylučování odpadních dusíkatých sloučenin. Vyskytují se u nich i tegumentální žlázy. Tyto žlázy mají hluboké laloky a jsou uloženy v dutině v abdominální části stejně jako uropody. Tyto žlázy se nachází u všech suchozemských stejnonožců, nikdy nebyly nalezeny u vodních druhů (Gorvett 1951). Funkce těchto žláz není zatím objasněna, je několik teorií k čemu by mohly sloužit. Jedna teorie hovoří o tom, že tyto žlázy mají souvislost s adaptací stejnonožců na souš. Jiná teorie zastává názor, že tyto žlázy slouží k obraně proti jejich největším přirozeným nepřítelům – pavoukům (Gorvett 1956) a mravencům (Deslippe a kol. 1996, Yamaguchi a Hasegawa 1996).

### **Ekologie suchozemských stejnonožců**

Žijící stejnonožci jsou jediní z podkmene korýšů, kteří žijí zcela suchozemským životem, tzn. jsou kompletně nezávislí na vodním prostředí, ze kterého pocházejí (Broly a kol. 2013). Na rozdíl od tzv. suchozemských krabů a raků a také suchozemských druhů různonožců nepotřebují vodní prostředí ani pro rozmnožování, tj. pro vývoj jejich larev.

Pro svou aktivitu na povrchu a ve svrchních částech půdy jsou považováni za jednu z nejvýznamnějších skupin zoedafonu (Tajovský 1989). Jsou klíčovým článkem v procesu dekompozice a recyklace živin. V závislosti na druhu konzumují rozmanitou škálu materiálu, zahrnující lišejníky, řasy, houby, částečně rozkládají rostlinný materiál a dokonce i maso z mrtvých zvířat (Gregory 2009). Dále také konzumují své exkrementy. To je pro ně důležité, protože jejich zažívací systém je velmi neefektivní a hodně z toho co konzumují, včetně pro život důležitých živin, projde střevem, aniž by se vstřebalo. Spoléhají tedy na aktivitu bakterií, při znovupozření svých exkrementů. Byly prováděny experimenty, aby se zjistila funkce bakterií ve střevech stejnonožců. Byly vytvořeny dvě skupiny, kontrolní a experimentální. Kontrolní skupině byla podávána jen minimální sterilní potrava. Oproti tomu experimentálním skupinám se podávaly vitaminy a mastné kyseliny, kousky listu z olše, exkrement dospělého jedince či střevo a hepatopankreas čerstvě usmrcené stínky. Tento typ potravy dokázal během dvou měsíců navýšit přírůstek hmotnosti dvakrát až třikrát. Dokázalo se tedy, že bakterie pomáhají trávit potravu a zároveň tím, že dokáží syntetizovat vitaminy, mohou sloužit pro stínky jako zdroj esenciálních látek (Horváthová a kol. 2015). Při znovupozření svých exkrementů mohou získávat i důležité prvky jako je například měď. Ta

je nezbytná ke tvorbě hemocyaninu a nachází se v relativně velkém množství v částečně natrávených exkrementech (Sutton 1972). Také mohou požídat mrtvé jedince svého druhu (Curl 2005), pravděpodobně z důvodu potřeby vápníku, kterým inkrustují svůj exoskelet, ale také z důvodu získání endosymbiotických bakterií (Horváthová a kol. 2015). Význam suchozemských stejnonožců v půdotvorných procesech je tedy velký, k jejich nejvýznamnějším funkcím v těchto procesech patří (Tajovský 1989):

1. Rozměňování a mísení rostlinného materiálu a hrabanky
2. Tvorba chodeb v hrabance a v půdě
3. Konzumace mikroflóry a její následně šíření s exkrementy.

Mechanickým žvýkáním organické hmoty, rozměňováním listové hmoty a při rozšiřování spor hub urychlují suchozemští stejnonožci recyklování živin zpět do půdy a také růst nové vegetace (Gregory 2009).

V evropských půdách je hustota suchozemských stejnonožců velmi variabilní a může dosahovat hodnot až 800 jedinců/m<sup>2</sup>, ve vápenatých půdách až 3000 jedinců/m<sup>2</sup> (Gongalsky a kol. 2005). Teplotu, kterou jednotlivé druhy suchozemských stejnonožců tolerují, závisí na vlhkosti a kolísá mezi -5 až 42 °C (Curl 2005). Světlo nemá vliv na fyziologický stav jedinců, ale má velký význam na jejich způsob chování. Jejich charakteristickým rysem je negativní fototaxe. Světlo souvisí i s vlhkostí, to znamená, že stinná místa bývají obvykle vlhčí, tudíž světelná reakce je i reakcí na vlhkost (Sutton 1972).

Suchozemští stejnonožci vykazují vysokou schopnost thigmotaxe (Broly a kol. 2012). Thigmotaxe je označení pro pohyb, související s vyhledáváním dotyku a kontaktu. Také další faktory ovlivňují pohybovou aktivitu stejnonožců. Tyto faktory můžeme rozlišit na vnější a vnitřní. Mezi vnější faktory řadíme hlavně teplotu a vlhkost (Davis 1984). Mezi vnitřní faktory řadíme mortalitu a rozmnožovací cyklus, které mají také vliv na dynamiku populací (Sutton 1972).

Většina, kromě starých jedinců, se téměř vždy nachází v určitém stavu svlékání. Tento proces probíhá během života opakovaně, díky čemuž jedinci rostou. Svlečky jsou obvykle zkonsumovány během svlékání, pravděpodobně aby zabránili ztrátám vápníku (Curl 2005).

Mají mnoho přirozených nepřátel. Především pavouky rodu *Dysdera*. Tito pavouci mají modifikované chelicery adaptované na proražení těla suchozemských stejnonožců (Řezáč a kol. 2008). Dalšími jejich predátory jsou drobní obratlovci jako ježci, ropuchy, čolci či ještěrky. Malé sovy a lišky jsou také známy tím, že příležitostně konzumují suchozemské stejnonožce. Občasnými predátory z řad bezobratlých mohou být i mravenci, sekáči, stonožky

a brouci. Příležitostně mohou být nebezpeční sami sobě, hlavně v období svlékání, kvůli poměrně častému kanibalismu (Kostanjšek a kol. 2005).

## **1.2. Specifika biologie a ekologie stínky obecné**

### **Charakteristika stínky obecné**

Stínka obecná *Porcellio scaber* Latreille, 1804 je suchozemský stejnonožec řadící se do čeledi Porcellionidae. Tvar těla stínky obecné je podlouhle vejčitý, délka je vždy větší než dvojnásobek šířky těla. Povrch těla je vypouklý, celý je ostře a hustě zrnitý (Frankenberger 1959). Tento druh stínky dosahuje délky až 17 mm. Antenny mají na bázi bledě oranžovou barvu (Gregory 2009), jsou článkované a druhý až čtvrtý článek násadce mají opatřený ostrým zoubkem, který se nachází na distálním konci (Frankenberger 1959).

Zbarvení stínek obecných je velice variabilní, proto bylo pojmenováno několik barevných variet, které však nemají žádný systematický význam. U samců je zbarvení obvykle tmavošedé až téměř šedé. Samice bývají světlejší, hnědě, šedě, někdy i zelenošedě mramorované (Frankenberger 1959).

### **Ekologie stínky obecné**

Tento druh původně vznikl asi v západní Evropě (Frankenberger 1959). Rozšířil se skrz celou Evropu, na sever po Island a severní Skandinávii, stal se synantropním a pokračoval dál na východ až po Ukrajinu, Litvu, Bělorusko a Rusko (Kuznetsova, Gongalsky 2012) a byl zavlečen do různých částí světa (Schmalfuss 2004). Zavlečením do jiných zemí se tento druh stal kosmopolitní (Frankenberger 1959).

Stínky obecné mohou žít synantropně nebo ve volné přírodě. V synantropním prostředí se nachází převážně ve sklenících, pařeništích, sklepích a v zahradách pod dřevem, kameny, cihlami, atd. Ve volné přírodě se obvykle nachází pod kameny, listím, dřevem, a to na místech, která jsou dostatečně vlhká (Frankenberger 1959). Vzácněji se mohou nacházet v mrtvém dřevě, naopak poměrně často se s nimi můžeme setkat vysoko nad úrovní terénu, jako třeba na omítnutých zdech, obzvláště když jsou porostlé břečťanem. V takovýchto případech je v početných skupinách můžeme nalézt i několik metrů nad zemí. Během letních měsíců obvykle vylézají po stromech a ukrývají se pod odchlípující se kůru (Gregory 2009).

Pro stínku obecnou se optimální relativní vlhkost vzduchu pohybuje v rozmezí mezi 65 % až 70 % (Tajovský 1989) a je pro ni typická noční aktivita. Přes den je schována v úkrytech s příhodnou vlhkostí (Cloudsley-Thompson 1956).

### 1.3. Agregáční chování

Pojem agregace můžeme vysvětlit jako shlukování jedinců do skupin, u kterých může či nemusí nastat mezi jedinci fyzick  kontakt. U členovců je fyzick  kontakt b žn  (Allee 1927). K agregaci dochází z mnoha důvodů. U suchozemských stejnonožců je agreg n  chování velmi v razn , shlukují se na stanovištích v r zn  po etn ch skupinkách, kde se pro n  nachází nejvhodn j i prostředí.

U st nky obecn  byl dokázán tzv. Alleeho efekt. Alleeho efekt může být popsán v populaci s nízkou hustotou, kde je pozitivn  vztah mezi hustotou a fitness (rychlostí růstu populace) (Stephens, Sutherland 1999). Agregace je jedním z původních a nejvíce roz iřen ch typů chování u členovců (Parrish, Edelstein-Keshet 1999). Bylo prokázáno, že agreg n  chování je efektivn  odpov d  na vlivy životního prostředí, predaci, teplotu a ztráty vody (Broly a kol. 2013).

Nejpodstatn j mi důvody agregace jsou:

1. Ochrana před ztrátami vody. Tento důvod je asi nej ast j i, protože stejnonožci se seskupováním snai minimalizovat odpar a ztráty vody. Prokázalo se, že pokud dojde ke shlukování jedinců při počtu 6 a více, dojde k pomalej m ztrátám vody (Allee 1927).
2. Absence  kryt . Jestliže se stejnonožci nacházejí v prostředí, kde nemají možnost se skrýt pod vhodn  úkryt či nalézt úkryt, snai se vytv ret agregace. Vytvárajú agregace, kde jsou nashrom d ni navzájem na sobě, tento jev se nazývá „bunching“ (Friedlander 1964).
3. Ochrana před predátory (Allee 1927). Jedinci se agregují pod úkryty jako odpov d' na možnou hrozbu určitého predátora.
4. Soci ln  aspekt. P i iny sociálního chování zatím nejsou p li objasněny, ale bylo prokázáno, že soci ln  interakce mezi jedinci mají velký vliv na agregaci (Devigne a kol. 2011). Proto tedy agreg n  chování nemůže být vysvětlováno jen jako individu ln  preference jedinců, ale musí se na něj nahlízet jako na výsledek spolup race a soupeření mezi jejich preferencemi a sociálními interakcemi navzájem.

Pokud bylo stejnonožcům nabídnuto několik úkrytů, 70% jedinců se agregovalo jen pod jeden úkryt (Broly a kol. 2012). V dalších výzkumech se prokázalo, že pokud se jedinci vyskytují ve stejném prostředí a jsou jim poskytnuty i zcela stejné úkryty, vyberou si ten úkryt, kde se vyskytují už jiní jedinci. Toto lze vysvětlit jen tím, že se v rámci sociálního chování vzájemně přitahují (Devigne a kol. 2011).

5. Thigmotaxe. Thigmotaxe je jev kdy se jedinci snaží o fyzický kontakt. Tento fyzický kontakt se nemusí týkat jen jedinců navzájem, ale zároveň jde i kontakt jedince s úkrytem, podložkou či jiným předmětem (Friedlander 1964)

Agregační chování ve své práci zkoumal Broly a kol. 2012. Do kruhové experimentální arény se dvěma kruhovými úkryty umístil 100 jedinců. 77% jedinců se shlukovalo pod jeden úkryt a jako maximální míru agregace určil 70 jedinců. Má práce navazuje na tento experiment. Oproti tomuto experimentu jsem se snažila vytvořit přirozené a stabilní prostředí pro stejnonožce a do boxů jsem umístila více jedinců (250).



## 2. CÍLE PRÁCE

Cílem této práce je poznání agregačního chování stínky obecné *Porcellio scaber*. Konkrétně jsem se zaměřila na:

- velikost agregace v jednotlivých úkrytech
- stabilitu agregací v průběhu dne
- ověření ideální velikosti agregace změřenou dříve v nepřírodných podmínkách.

## 3. METODIKA

### 3.1. Sběr jedinců a experimentální boxy

Jako modelový druh pro tuto diplomovou práci byl vybrán suchozemský stejnonožec stínka obecná, *Porcellio scaber*. Jedinci tohoto druhu byli sbíráni formou individuálního sběru pomocí exhaustorů a pinzety. Sběry probíhaly na přelomu dubna a května na několika místech. Nejprve v městě Olomouci v okolí Bezručových sadů u Jihoslovanského mauzolea (49.5947425N, 17.2568856E) a u garáží poblíž vlakové zastávky Olomouc město (49.5873700N, 17.2443953E). Dále sběr probíhal ve Velkém Týnci v Zámecké zahradě (49.5495839N, 17.3328436E) a také ve Valašském Meziříčí v soukromé zahradě (49.4639672N, 17.9715078E). Celkově bylo nasbíráno okolo 900 jedinců.

Jedince jsem po nasbíráání umístila do čtyř rozdílných boxů. Box č. 1 byl průhledný, skleněný a měl rozměry 42 × 23 cm. Box č. 2 byl také průhledný, skleněný a měl rozměry 70 × 40 cm. Box č. 3 byl neprůhledný, plastový a měl rozměry 60 × 32 cm. Zároveň s těmito boxy jsem vytvořila jeden menší plastový box k odchovu záložních jedinců v případě, že by byla potřeba nahrazovat úhyny ve třech experimentálních boxech. Jako podklad do boxů jsem použila písek, který jsem před umístěním do nádrží prosíla. Mocnost písku v boxu byla 2 cm. Nechala jsem si vyrobit dvanáct totožných dřevěných úkrytů, každý o rozměru 10 × 10 cm. Do každého boxu jsem umístila do rohů čtyři úkryty. Boxy jsem umístila do sklepní místnosti s oknem orientovaným na jih, díky oknu byla fotoperioda při experimentu přirozená. Po dobu experimentu se teplota v místnosti pohybovala v rozmezí 14°C až 18°C a relativní vlhkost vzduchu v rozmezí 64 % až 68 %. Do každé nádrže jsem umístila 250 jedinců. Ke krmení stínek a vlhčení vzduchu v boxech docházelo pravidelně 2× denně a to ráno (7:00 až 7:30) a vpoledne (17:00 až 17:30). Stínky jsem krmila nastrouhanou mrkví. Mrkev jsem umístila vždy do středové části a do prostoru mezi úkryty. Nechala jsem stínky pět dní aklimatizovat se v novém prostředí, během těchto dnů jsem nádrže přemisťovala v místnosti, abych docílila toho, aby rozložení stínek pod úkryty bylo co nejrovnoměrnější. Experiment jsem začala realizovat 7. 5. 2014.

### **3.2. Průběh experimentu**

Experiment jsem uskutečnila v časovém intervalu od 7. 5. 2014 do 22. 5. 2014, tedy po dobu šestnácti dnů. Dvakrát denně jsem zjišťovala počet jedinců v každém boxu pod úkryty i mimo něj. Čas, kdy probíhalo počítání, byl vždy během ranního a večerního krmení. Počítání probíhalo pomocí dvou činností. Bylo to:

1. otočení úkrytů, vyfotografování daného stavu počtu jedinců pod úkrytem. Poté jsem se podívala na displej fotoaparátu, pokud z fotografie nebylo možné zjistit počet jedinců, přešla jsem k další činnosti.
2. umístění kulatého skla se zvýšenými okraji na pevnou podložku, položení úkrytu na něj, spočítání množství agregovaných jedinců. Přitom jsem se snažila, aby populace byla co nejméně narušena a nedošlo tím ke zvýšení jejich pohybu v boxu tímto faktorem.

Poté jsem si každý den uložila fotografie a zapsala počet agregovaných stínek v jednotlivých úkrytech.

Při experimentu se nenacházely všechny stínky jen pod úkryty, některé se nacházely na úkrytech, na potravě či hlouběji v písku. V případě, že jsem našla uhynulého jedince, vytáhla jsem jej a nahradila jedincem ze záložního boxu. Po skončení experimentu jsem stínky vypustila zpět do volné přírody, do kompostu na zahradě ve Valašském Meziříčí.

### **3.3. Zpracování dat**

Aby bylo možné provést jednotlivé analýzy, vytvořila jsem v programu Microsoft Excel tabulku, do které jsem zaznamenala všechna zjištěná data. Každý zjištěný počet jedinců pod úkrytem či mimo něj jsem vepsala do příslušné kolonky vztahované ke dnu a době měření. Současně jsem zaznamenávala teplotu a relativní vlhkost v místnosti, které se vyskytovaly v danou dobu kontroly.

### **3.4. Statistická analýza dat**

Pro testování vlivu faktoru prostředí (teplota, vlhkost, denní doba), které mohly ovlivnit distribuci jedinců mezi jednotlivými úkryty byl vytvořen zobecněný lineární model (GLM) s Poissonovým rozdělením chybové složky a link funkci "log". Signifikance jednotlivých vysvětlujících proměnných byla řešena pomocí F testu. Stejným způsobem vytvořený GLM

model byl použit pro modelování průběhu abundance v závislosti na denní době. Vztah mezi abundancí a denní dobou byl fitován pomocí neparametrické funkce (vyhlazovací metoda kubického splinu) z důvodu zjištění přesného tvaru závislosti.

Vztah mezi variabilitou v počtech jedinců a průměrnou abundancí byl modelován pomocí regresní analýzy (GLM model s Gamma rozdělením chybové složky a link funkci “inverse”). Jako míra variability se použila hodnota deviance z GLM modelu fitujícího vztah mezi abundancí jedinců a denní dobou zvlášť pro každý úkryt a box.

Náhodná distribuce jedinců mezi jednotlivými úkryty byla testována pomocí Chi-kvadrát testu dobré shody. Chi-kvadrát test dobré shody je založen na posouzení rozdílu mezi skutečnými (empirickými) četnostmi výskytu hodnot ve výběrovém souboru a očekávanými (teoretickými) četnostmi, odpovídajícími příslušnému předpokládanému rozdělení pravděpodobností. Náhodné distribuci v prostoru odpovídá “Poissonovo rozdělení”, proto jsme testovali, zda četnosti jedinců odpovídají teoretickým četnostem “Poissonova rozdělení”.

Chi-kvadrát test v kontingenční tabulce by použit pro testování hypotézy nezávislosti rozložení četnosti abundance na typu úkrytu v každém boxu zvlášť. Kontingenční tabulka je vícerozměrná tabulka, která v řádcích obsahuje hodnoty první proměnné (typ úkrytu) a ve sloupcích hodnoty druhé proměnné (hodnoty abundance). Průnik daného řádku a sloupce obsahuje četnost měření s touto kombinací znaků. Jestliže platí nezávislost proměnných, pak by četnosti v jednotlivých buňkách tabulky měly odpovídat “rovnoměrnému rozdělení dat”.

## 4. VÝSLEDKY

Celkově bylo pozorováno 750 jedinců, kteří byli rozděleni do tří boxů po 250 kusech.

### 4.1. Environmentální podmínky

Environmentální podmínky se zkoumaly pomocí GLM analýzy. GLM analýza neboli generalizovaný lineární model testuje vliv všech proměnných na abundanci populace. Proměnné v tomto testu byly: úkryty, datum, denní doba (čas), teplota, relativní vlhkost vzduchu, boxy. Výsledky analýzy ukazují, že rozdíly mezi jednotlivými boxy nebyly (boxy měli různé rozměry a byly z rozdílných materiálů). Také se projevilo, že datum (průběh experimentu během šestnácti dnů), čas (rozdíly mezi ránem a večerem), teplota a relativní vlhkost vzduchu v místnosti se ukázaly jako neprůkazné, tedy že nemají vliv na abundance skupin pod úkryty. Průkazný vliv mají pouze úkryty (všechny úkryty byly identické).

**Tab. 1:** Naměřené hodnoty teploty a relativní vlhkosti vzduchu v průběhu experimentu

datum	teplota vzduchu		vzdušná vlhkost	
	ráno	večer	ráno	večer
7.5.2014	14°C	16°C	67%	67%
8.5.2014	14°C	17°C	65%	64%
9.5.2014	14°C	17°C	66%	65%
10.5.2014	14°C	15°C	67%	66%
11.5.2014	14°C	16°C	67%	67%
12.5.2014	14°C	15°C	67%	66%
13.5.2014	13°C	16°C	67%	65%
14.5.2014	14°C	17°C	66%	64%
15.5.2014	15°C	18°C	66%	66%
16.5.2014	15°C	17°C	67%	65%
17.5.2014	15°C	17°C	67%	67%
18.5.2014	15°C	16°C	66%	66%
19.5.2014	14°C	16°C	67%	67%
20.5.2014	13°C	15°C	68%	67%
21.5.2014	14°C	16°C	66%	66%
22.5.2014	14°C	17°C	67%	66%

### 4.2. Naměřené hodnoty v jednotlivých boxech

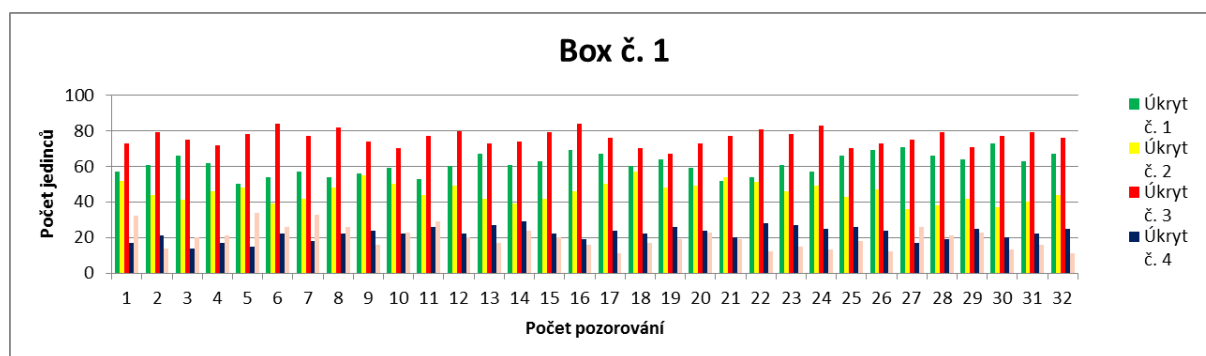
U každého úkrytu proběhla analýza odchylky úkrytu (GLM analýza) a chi-kvadrát test pravděpodobnosti.

Při GLM analýze se studovaly statisticky významné p-hodnoty, podle kterých se určovalo, zda abundance populace v boxu průkazně kolísá během času. Pokud p-hodnoty vycházely menší než 0,05, znamenalo to, že se agregace měnila během času. V případě, že se agregace měnila během času, znamenalo to, že byla nestabilní. V opačném případě byla stabilní.

Při chí-kvadrát testu se zkoumaly statisticky významné p-hodnoty, které srovnávaly distribuci naměřených abundancí v jednotlivých úkrytech s Poissonovým rozdělením (tzn. náhodným rozdělením). Pokud p-hodnota vycházela nižší než 0,05, znamenalo to, že distribuce abundancí nebyla náhodná. V opačném případě byla náhodná.

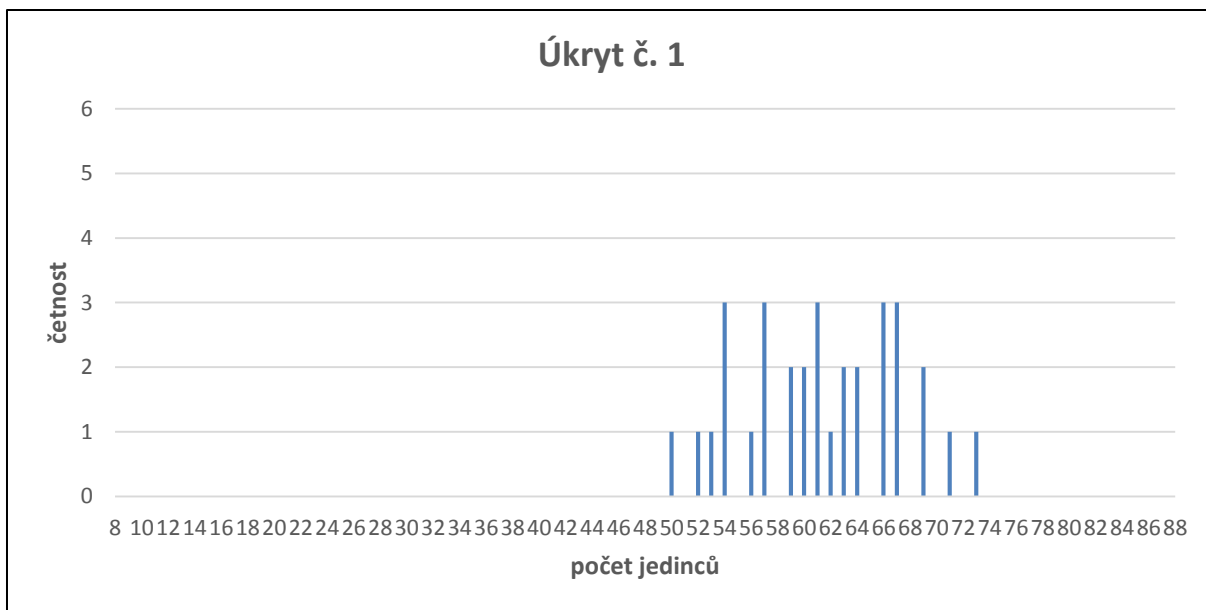
### Box č. 1

Box č.1 byl průhledný, skleněný a měl rozměry 42 x 23 cm. V obr. 2 je uvedený počet jedinců, který se vyskytoval pod jednotlivými úkryty v průběhu pozorování. Úkryt č. 1 je značen zeleně, úkryt č. 2 je značen žlutě, úkryt č. 3 je značen červeně a úkryt č. 4 je značen modrou barvou. Celkový počet měření byl 32 (dvakrát denně podobu šestnácti dnů).



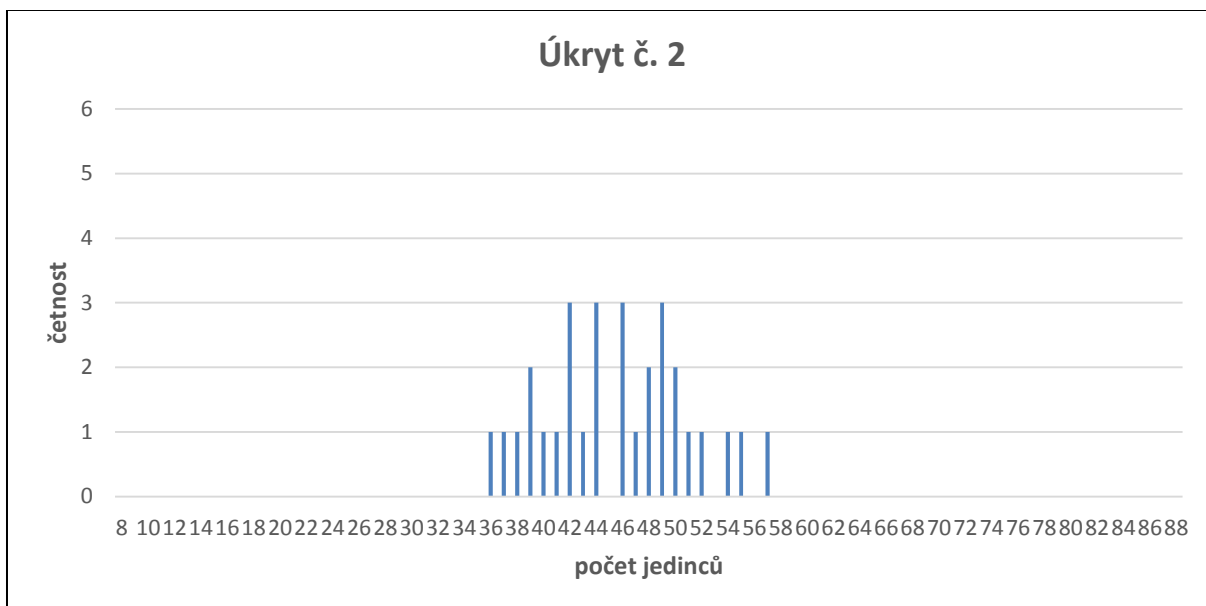
**Obr. 2:** Počet jedinců pod úkryty v průběhu měření v boxu č. 1

Jednotlivé úkryty v boxu č. 1 se lišily v četnostech výskytu jedinců a počtem jedinců pod úkryty, největší agregace byla pod úkrytem č. 3, nejmenší pod úkrytem č. 4. V úkrytu č. 1 (viz Obr. 3) se četnost výskytů v průběhu experimentu pohybovala v rozmezí 1-3. Počet jedinců pod úkrytem se pohyboval v rozmezí 50-73 jedinců, nejčastější velikost agregace (s třemi výskytů) byla 54, 57, 61, 66 a 67 jedinců. Pomocí GLM analýzy a chí-kvadrát testu jsme prokázali, že distribuce stejnonožců v úkrytu č. 1 byla nestabilní ( $F_{3, 28} = 3,46$ ,  $p = 0,030$ ) a že byla náhodná ( $\chi^2 = 4,69$ ,  $p = 0,997$ ).



**Obr. 3:** Graf četnosti výskytu počtu jedinců v úkrytu č. 1

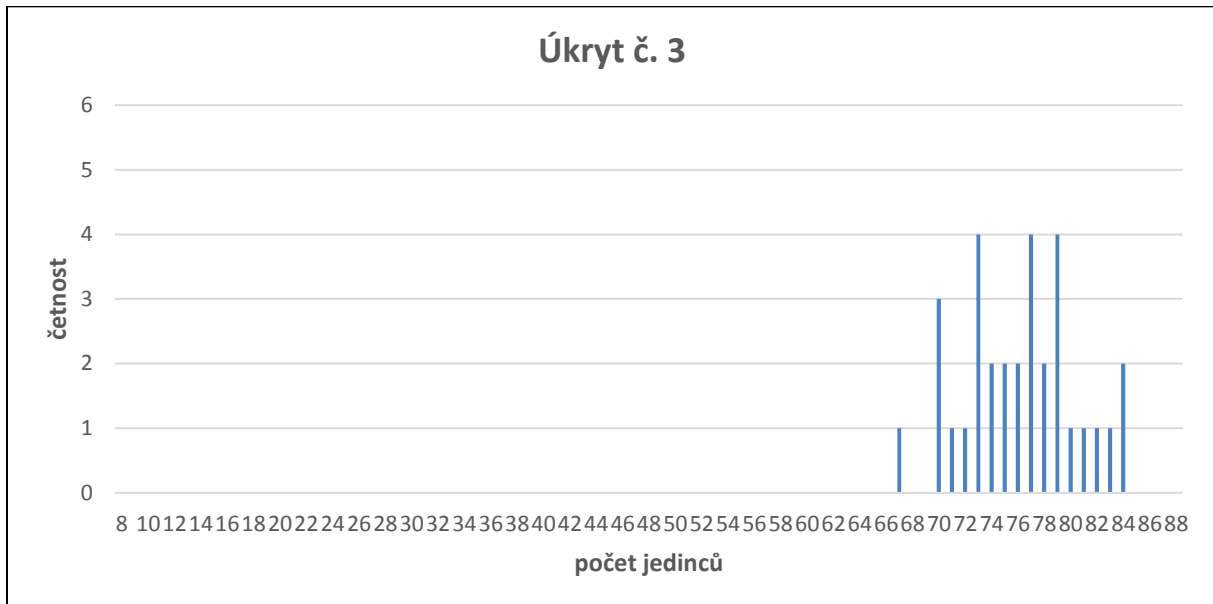
V úkrytu č. 2 (viz Obr. 4) se četnost výskytů pohybovala v rozmezí 1-3. Počet jedinců pod úkrytem se pohyboval v rozmezí 36-57 jedinců, přičemž nejčastěji (se třemi výskyty) obsahovala tato agregace 42, 44, 46 a 49 jedinců. Pomocí GLM analýzy a chi-kvadrát testu pravděpodobnosti jsme prokázali, že distribuce stejnonožců v úkrytu č. 2 byla nestabilní ( $F_{3, 28} = 3,08$ ,  $p = 0,043$ ) a že byla náhodná ( $\chi^2 = 5,94$ ,  $p = 0,996$ ).



**Obr. 4:** Graf četnosti výskytu počtu jedinců v úkrytu č. 2

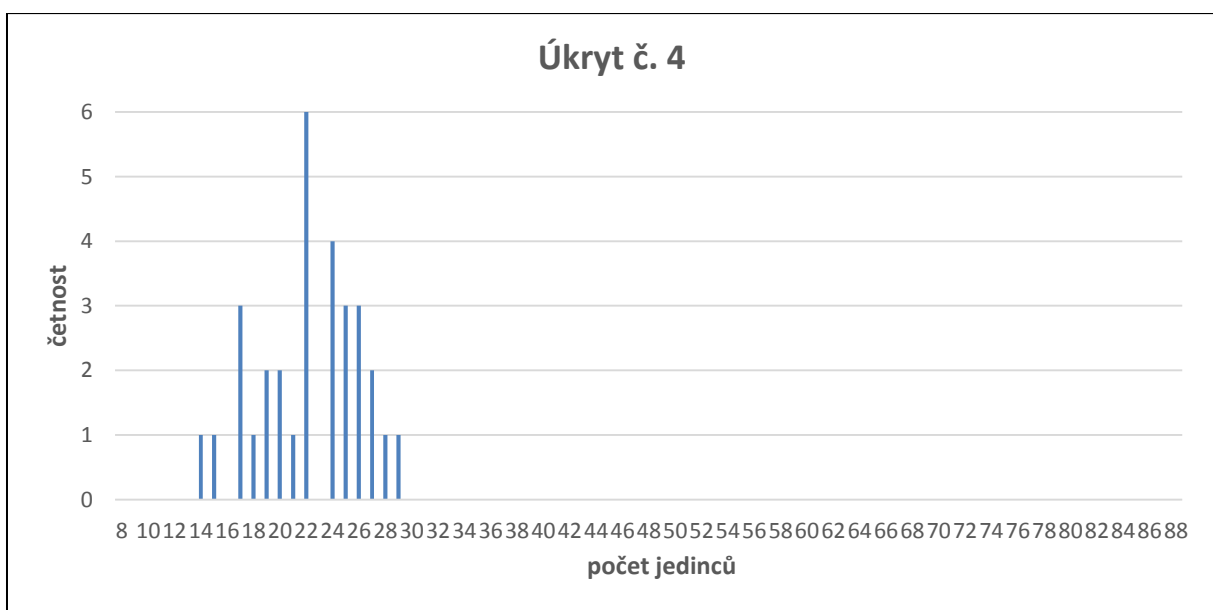
V úkrytu č. 3 (viz Obr. 5) se četnost výskytů pohybovala v rozmezí 1-4. Počet jedinců pod úkrytem se pohyboval v rozmezí 67-84 jedinců a nejčastější (se čtyřmi výskyty) byly

agregace o 73, 77 a 79 jedincích. Pomocí GLM analýzy jsme prokázali, že distribuce stejnonožců v úkrytu č. 3 byla stabilní ( $F_{3, 28} = 0,17$ ,  $p = 0,914$ ) a že byla náhodná ( $\chi^2 = 8,11$ ,  $p = 0,920$ ).



**Obr. 5:** Graf četnosti výskytu počtu jedinců v úkrytu č. 3

V úkrytu č. 4 (viz Obr. 6) se četnost výskytů pohybovala v rozmezí 1-6. Počet jedinců pod úkrytem se pohyboval v rozmezí 14-29 jedinců, nejčastěji 22 jedinci (o šesti výskytech). Pomocí GLM analýzy a chi-kvadrát testu jsme prokázali, že distribuce stejnonožců v úkrytu č. 4 byla nestabilní ( $F_{3, 28} = 5,31$ ,  $p = 0,005$ ) a že byla náhodná ( $\chi^2 = 8,31$ ,  $p = 0,823$ ).



**Obr. 6:** Graf četnosti výskytu počtu jedinců v úkrytu č. 4



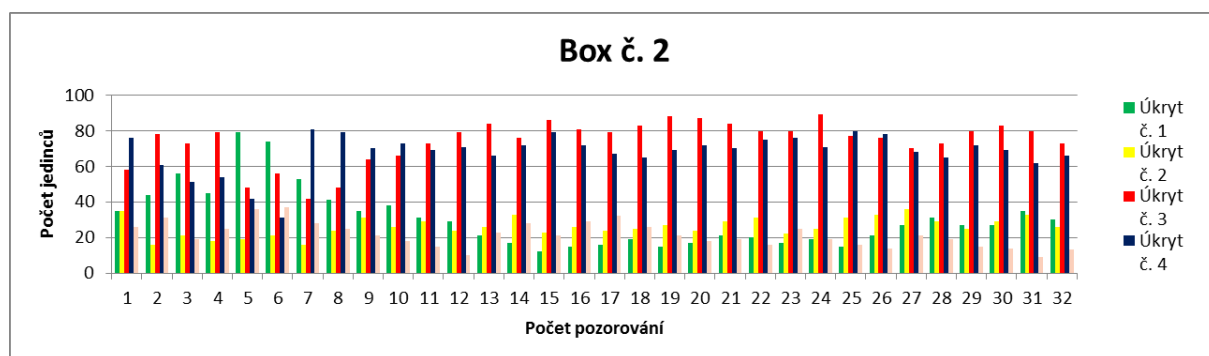
V boxu č. 1 se úkryt č. 1, 2 a 4 projevil jako nestabilní. Pouze úkryt č. 3 byl stabilní. Distribuce jedinců byla pod všemi úkryty náhodná. Z výsledků je patrné, že nejlepší podmínky se jevily pod úkrytem č. 3.

**Tab. 2:** Souhrnná tabulka typů agregace a distribuce v boxu č. 1

<b>Box č. 1</b>				
	<b>úkryt č. 1</b>	<b>úkryt č. 2</b>	<b>úkryt č. 3</b>	<b>úkryt č. 4</b>
<b>typ agregace</b>	nestabilní	nestabilní	stabilní	nestabilní
<b>typ distribuce</b>	náhodná	náhodná	náhodná	náhodná

### Box č. 2

Box č. 2 byl průhledný, skleněný a měl rozměry 70 x 40 cm. V Obr. 7 je uvedený počet jedinců, který se nacházel pod jednotlivými úkryty v průběhu pozorování. Úkryt č. 1 je značen zeleně, úkryt č. 2 je značen žlutě, úkryt č. 3 je značen červeně a úkryt č. 4 je značen modře. Celkový počet měření byl 32 (dvakrát denně podobu šestnácti dnů).

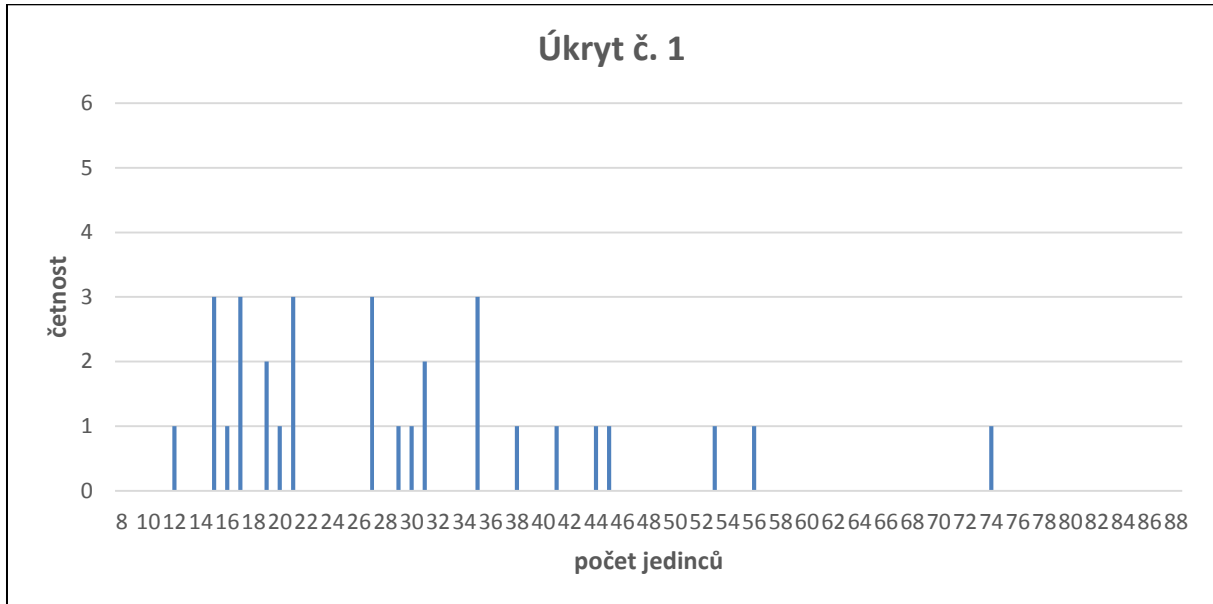


**Obr. 7:** Počet jedinců pod úkryty v průběhu měření v boxu č. 2

Jednotlivé úkryty v boxu č. 2 se lišily v četnostech výskytu jedinců a počtem jedinců pod úkryty, největší agregace byla pod úkrytem č. 3, nejmenší agregace byla pod úkrytem č. 1 a č. 2.

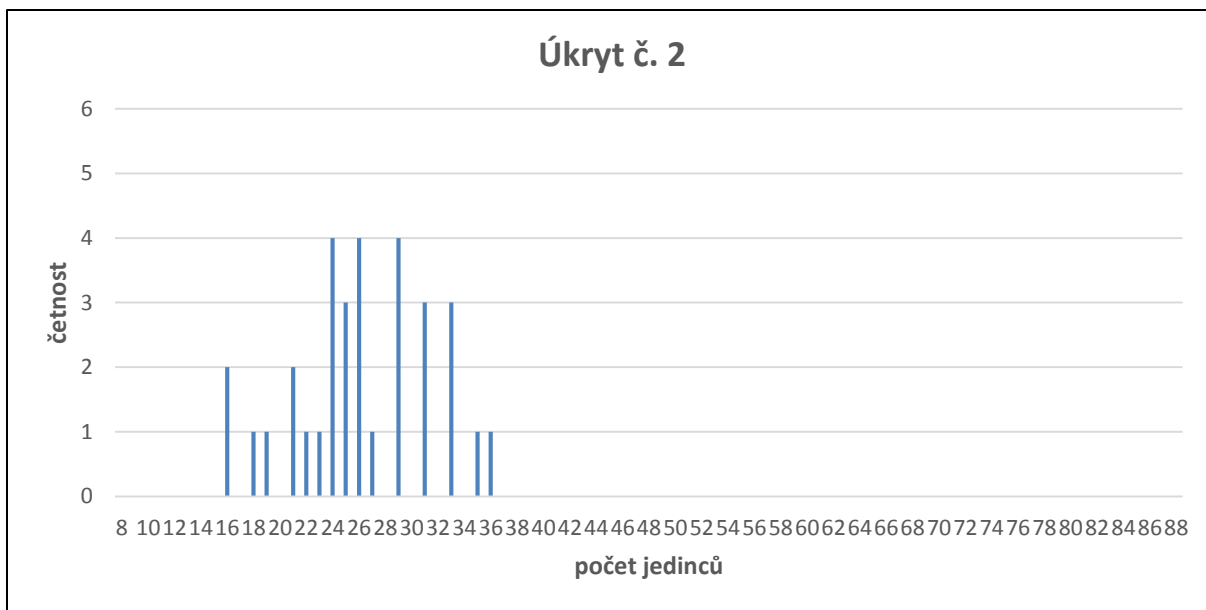
V úkrytu č. 1 (viz Obr. 8) se četnost výskytů pohybovala v rozmezí 1-3. Počet jedinců pod úkrytem se pohyboval v rozmezí 12-74 jedinců, nejčastější velikost agregace (o třech výskytech) byla s 15, 17, 21, 27 a 35 jedinci. Výskyt 74 jedinců byl ojedinělým výkyvem.

Pomocí GLM analýzy a chi-kvadrát testu pravděpodobnosti jsme prokázali, že distribuce stejnonožců v úkrytu č. 1 byla nestabilní ( $F_{3, 28} = 24,40$ ,  $p = 5,753e-05$ ) a že byla nenáhodná ( $\chi^2 = 59,04$ ,  $p = 1,725e-07$ ).



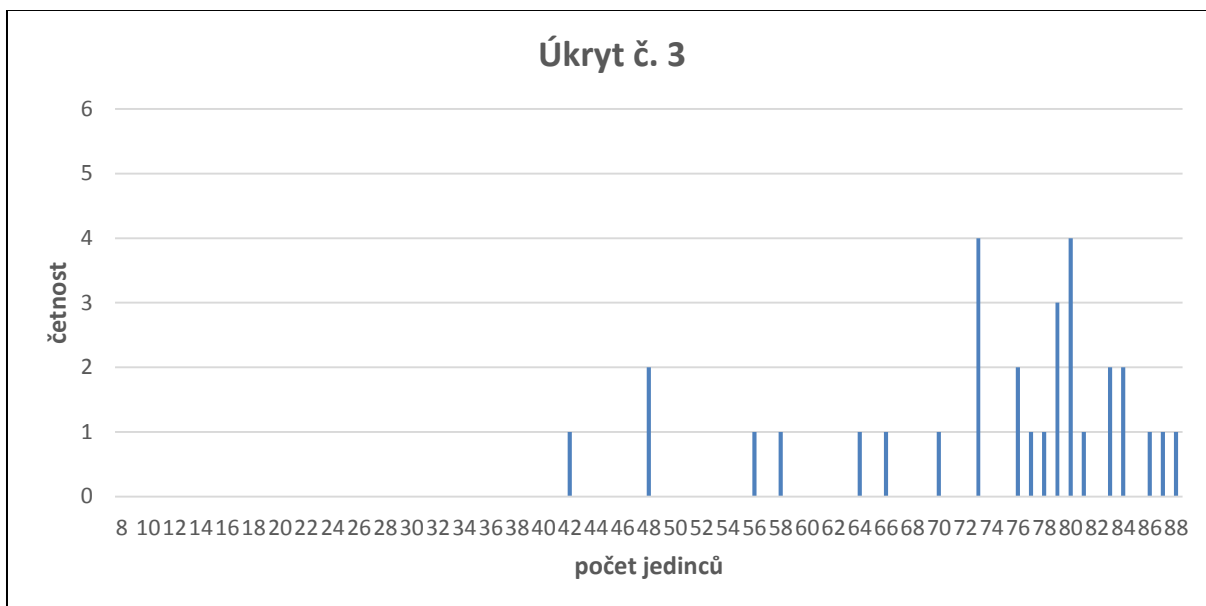
**Obr. 8:** Graf četnosti výskytu počtu jedinců v úkrytu č. 1

V úkrytu č. 2 (viz Obr. 9) se četnost výskytů pohybovala v rozmezí 1-4. Počet jedinců pod úkrytem se pohyboval v rozmezí 16-36 jedinců, přičemž nejčastější agregace (o čtyřech výskytech) byla s 24, 26 a 29 jedinci. Pomocí GLM analýzy a chi-kvadrát testu pravděpodobnosti jsme prokázali, že distribuce stejnonožců v úkrytu č. 2 byla stabilní ( $F_{3, 28} = 2,91$ ,  $p = 0,052$ ) a že byla náhodná ( $\chi^2 = 13,15$ ,  $p = 0,515$ ).



**Obr. 9:** Graf četnosti výskytu počtu jedinců v úkrytu č. 2

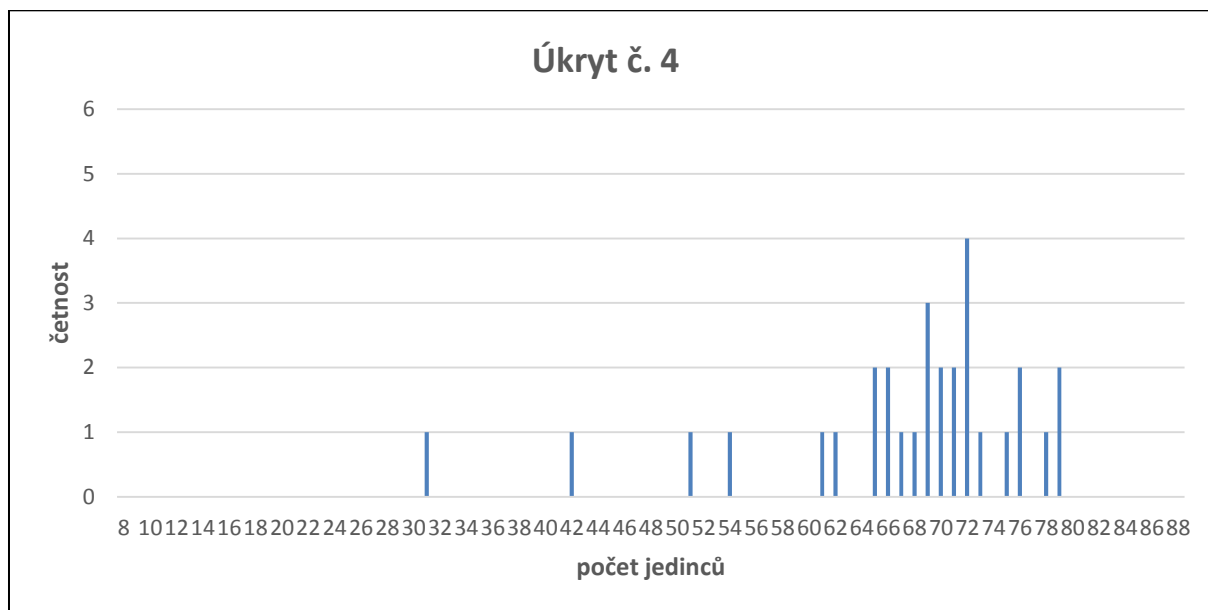
V úkrytu č. 3 (viz Obr. 10) se četnost výskytů pohybovala v rozmezí 1-4. Počet jedinců pod úkrytem se pohyboval v rozmezí 42-88 jedinců, nejčastější velikost agregace (o čtyřech výskytech) byla se 73 a 80 jedinci. Pomocí GLM analýzy a chi-kvadrát testu pravděpodobnosti jsme prokázali, že distribuce stejnonožců v úkrytu č. 3 byla nestabilní ( $F_{3, 28} = 6,49$ ,  $p = 0,002$ ) a že byla nenáhodná ( $\chi^2 = 1209,28$ ,  $p = <2,2e-16$ ).



**Obr. 10:** Graf četnosti výskytu počtu jedinců v úkrytu č. 3

V úkrytu č. 4 (viz Obr. 11) se četnost výskytů pohybovala v rozmezí 1-4. Počet jedinců pod úkrytem se pohyboval v rozmezí 31-79 jedinců, přičemž nejčastější velikost

agregace byla (se čtyřmi výskyty) o 72 jedincích. Pomocí GLM analýzy a chi-kvadrát testu pravděpodobnosti jsme prokázali, že distribuce stejnonožců v úkrytu č. 4 byla stabilní ( $F_{3, 28} = 2,67$ ,  $p = 0,067$ ) a že byla nenáhodná ( $\chi^2 = 80488,79$ ,  $p = <2,2e-16$ ).



**Obr. 11:** Graf četnosti výskytu počtu jedinců v úkrytu č. 4

V boxu č. 2 se úkryty č. 1 a č. 3 projeví jako nestabilní, úkryty č. 2 a č. 4 jako stabilní. Distribuce jedinců byla pod úkryty č. 1, č. 2 a č. 4 nenáhodná, pouze pod úkrytem č. 2 byla náhodná. Z výsledků vyplývá, že nejvhodnější podmínky se vyskytovalo pod úkrytem č. 2.

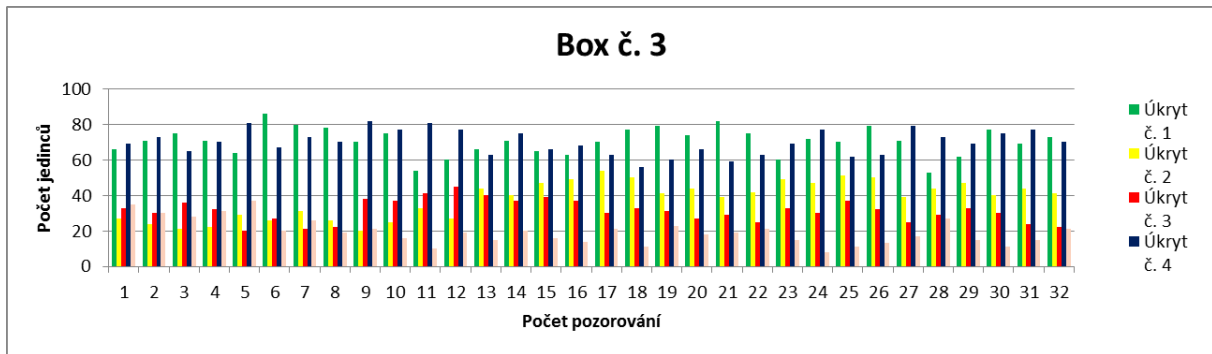
**Tab. 3:** Souhrnná tabulka typů agregace a distribuce v boxu č. 2

<b>Box č. 2</b>				
	<b>úkryt č. 1</b>	<b>úkryt č. 2</b>	<b>úkryt č. 3</b>	<b>úkryt č. 4</b>
<b>typ agregace</b>	nestabilní	stabilní	nestabilní	stabilní
<b>typ distribuce</b>	nenáhodná	náhodná	nenáhodná	nenáhodná

### Box č. 3

Box č. 3 byl neprůhledný, plastový a měl rozměry 60 × 32 cm. V Obr. 12 je uvedený počet jedinců, který se nacházel pod jednotlivými úkryty v průběhu pozorování. Úkryt č. 1 je

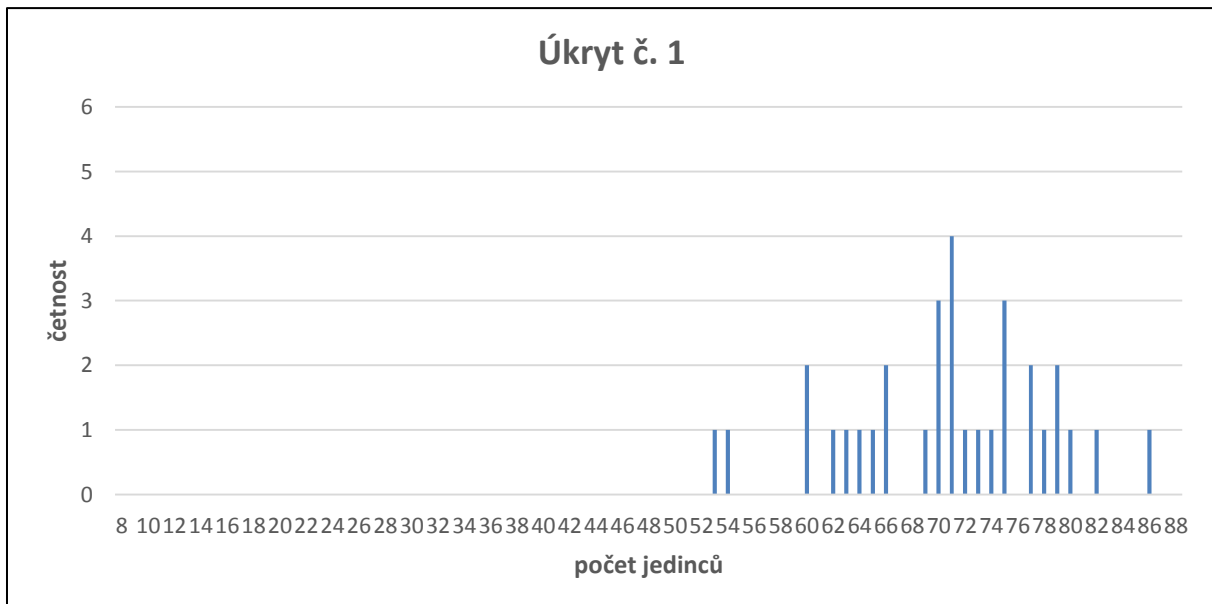
značen zeleně, úkryt č. 2 je značen žlutě, úkryt č. 3 je značen červeně a úkryt č. 4 je značen modře. Celkový počet měření byl 32 (dvakrát denně podobu šestnácti dnů).



**Obr. 12:** Počet jedinců pod úkryty v průběhu měření v boxu č. 3

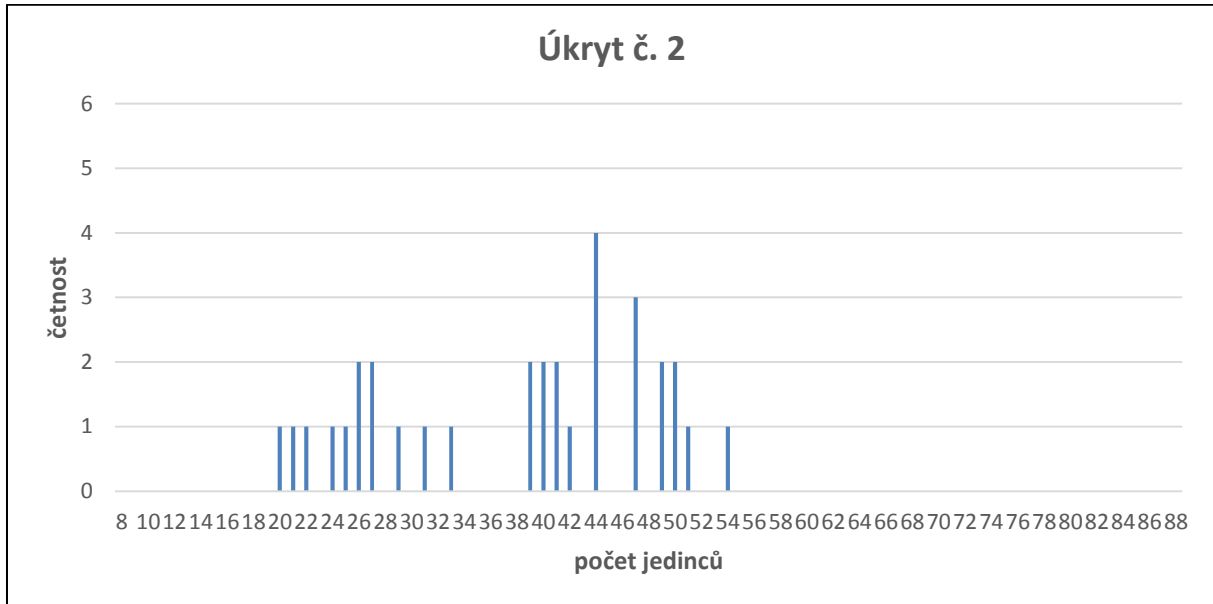
Jednotlivé úkryty v boxu č. 3 se odlišovaly v četnostech výskytu jedinců a počtem jedinců pod úkryty, největší agregace byla pod úkrytem č. 1, nejmenší pod úkrytem č. 3.

V úkrytu č. 1 (viz Obr. 13) se četnost výskytů pohybovala v rozmezí 1-4. Počet jedinců pod úkrytem se pohyboval v rozmezí 53-86 jedinců, přičemž nejčastější byla agregace o 73 jedincích (se čtyřmi výskyty). Pomocí GLM analýzy a chi-kvadrát testu pravděpodobnosti jsme prokázali, že distribuce stejnonožců v úkrytu č. 1 byla stabilní ( $F_{3, 28} = 0,11$ ,  $p = 0,956$ ) a že byla náhodná ( $\chi^2 = 11,99$ ,  $p = 0,916$ ).



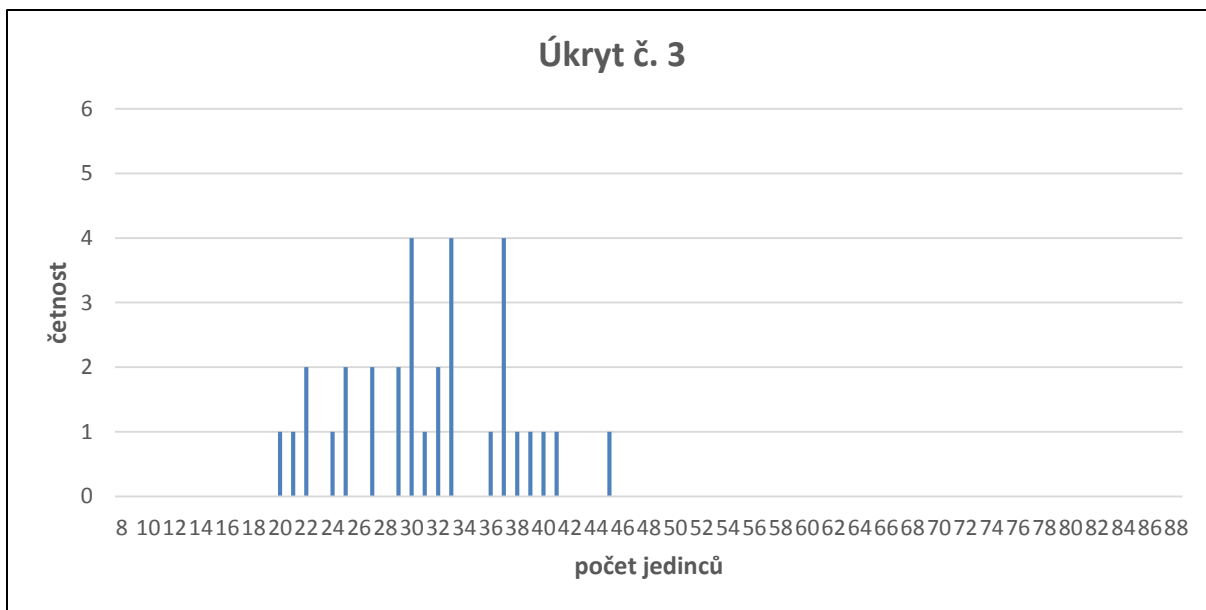
**Obr. 13:** Graf četnosti výskytu počtu jedinců v úkrytu č. 1

V úkrytu č. 2 (viz Obr. 14) se četnost výskytů pohybovala v rozmezí 1-4. Počet jedinců pod úkrytem se pohyboval v rozmezí 20-54 jedinců, nejčastější velikost agregace byla o 44 jedincích (se čtyřmi výskyty). Pomocí GLM analýzy a chi-kvadrát testu pravděpodobnosti jsme prokázali, že distribuce stejnonožců v úkrytu č. 2 byla nestabilní ( $F_{3,28} = 28,11$ ,  $p = 1,361e-08$ ) a že byla nenáhodná ( $\chi^2 = 70,16$ ,  $p = 8,661e-08$ ).



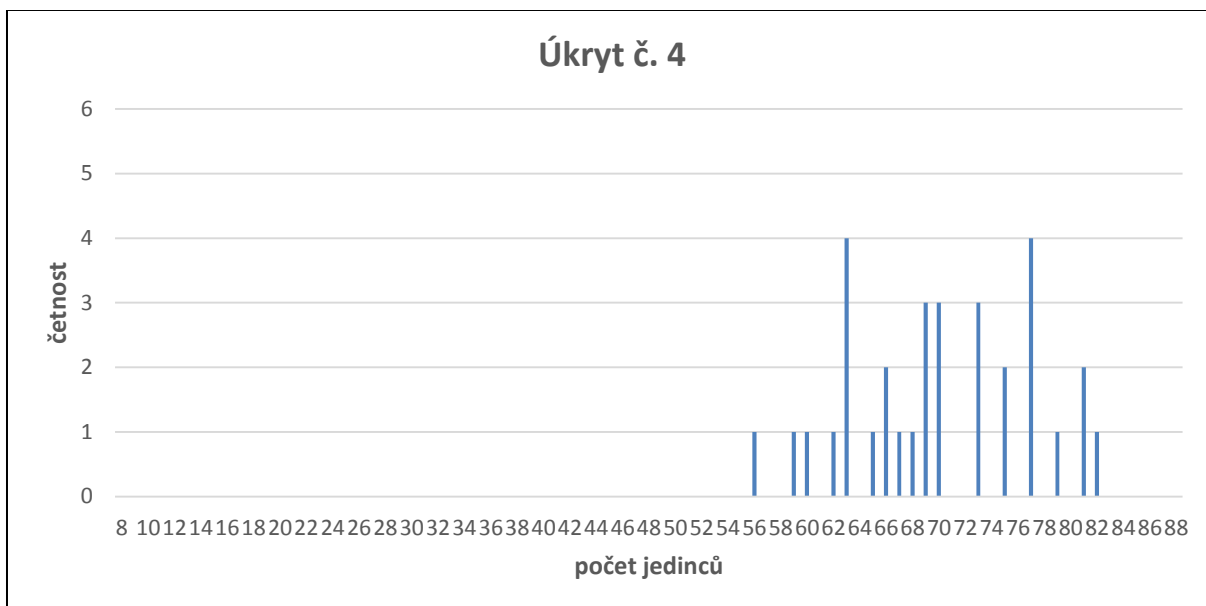
**Obr. 14:** Graf četnosti výskytu počtu jedinců v úkrytu č. 2

V úkrytu č. 3 (viz Obr. 15) se četnost výskytů pohybovala v rozmezí 1-4. Počet jedinců pod úkrytem se pohyboval v rozmezí 20-45 jedinců, nejčastější velikosti agregace byly o 30, 33 a 37 jedincích (se čtyřmi výskyty). Pomocí GLM analýzy a chi-kvadrát testu pravděpodobnosti jsme prokázali, že distribuce stejnonožců v úkrytu č. 3 byla stabilní ( $F_{3,28} = 2,24$ ,  $p = 0,106$ ) a že byla náhodná ( $\chi^2 = 12,87$ ,  $p = 0,745$ ).



**Obr. 15:** Graf četnosti výskytu počtu jedinců v úkrytu č. 3

V úkrytu č. 4 (viz Obr. 16) se četnost výskytů pohybovala v rozmezí 1-4. Počet jedinců pod úkrytem se pohyboval v rozmezí 56-82 jedinců, přičemž nejčastější velikosti agregace byly o 63 a 77 jedincích (se čtyřmi výskyty). Pomocí GLM analýzy a chi-kvadrát testu pravděpodobnosti jsme prokázali, že distribuce stejnonožců v úkrytu č. 4 byla nestabilní ( $F_{3, 28} = 3,58$ ,  $p = 0,026$ ) a že byla náhodná ( $\chi^2 = 9,37$ ,  $p = 0,900$ ).



**Obr. 16:** Graf četnosti výskytu počtu jedinců v úkrytu č. 4

V boxu č. 3 se úkryt č. 2 a č. 4 projevil jako nestabilní, úkryty č. 1 a č. 3 jako stabilní. Distribuce jedinců byla v úkrytu č. 2 nenáhodná, pod ostatními úkryty byla náhodná. Z výsledků je patrné, že nejlepší podmínky se vyskytovaly pod úkrytem č. 1 a č. 3.

**Tab. 4:** Souhrnná tabulka typů agregace a distribuce v boxu č. 3

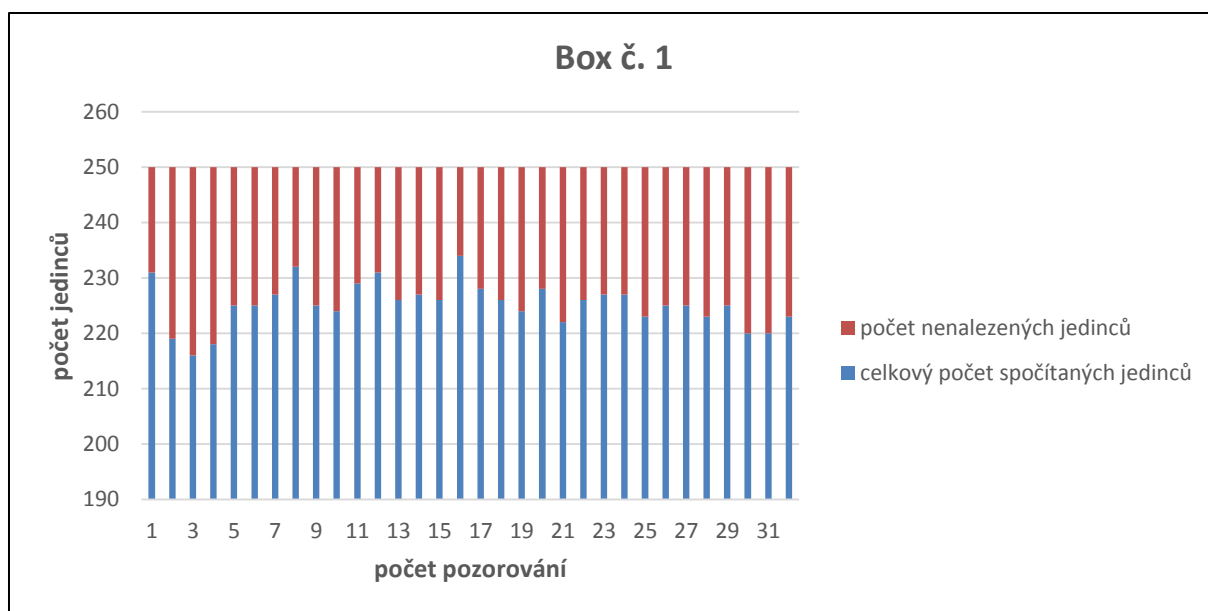
<b>Box č. 3</b>				
	<b>úkryt č. 1</b>	<b>úkryt č. 2</b>	<b>úkryt č. 3</b>	<b>úkryt č. 4</b>
<b>typ agregace</b>	stabilní	nestabilní	stabilní	nestabilní
<b>typ distribuce</b>	náhodná	nenáhodná	náhodná	náhodná

### **Jedinci mimo úkryty**

Během průběhu experimentu v době měření se vyskytoval určitý počet jedinců mimo úkryty. Tyto jedince jsem také počítala a jednotlivé hodnoty průběžně zaznamenávala. Nebylo možno ovšem spočítat všechny jedince, někteří byly během měření zahrabáni v písku a nebylo vhodné je vyhrabávat, zničila bych tím jejich prostředí a ovlivnilo by to výsledky měření. Další důvod, proč jedinci nebyli nalezeni, mohl být, že byli snědeni jinými. Uhynulí jedinci na tento počet vliv neměli, protože jsem vždy uhynulého jedince vytáhla a nahradila novým, kterého jsem chovala v záložním boxu.

V Obr. 17 jsou sloupce rozděleny na dvě barvy. Modrá část sloupce znázorňuje celkový počet spočítaných jedinců, to znamená součet jedinců v úkrytu č. 1, č. 2, č. 3, č. 4 a jedinců spočítaných mimo úkryty. Červená část sloupce ukazuje počet jedinců, kteří jsou dopočítáni do hodnoty 250 (to je celkový počet jedinců v boxu) a nebyli nalezeni.





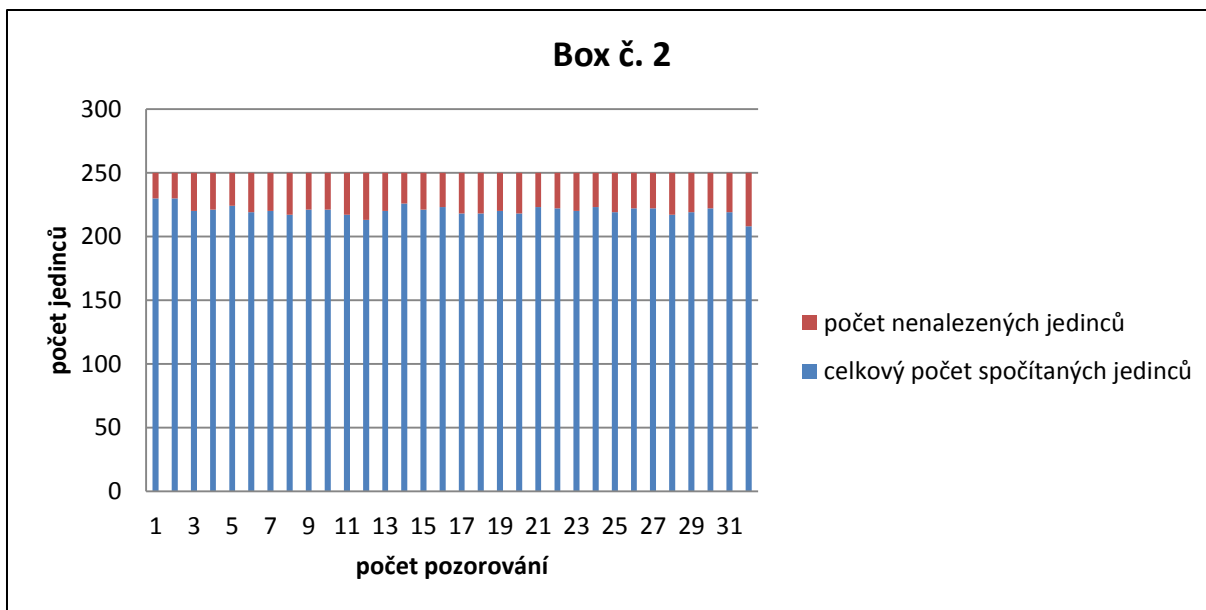
**Obr. 17:** Graf ukazující počet celkově spočítaných jedinců a počet jedinců, kteří nebyli nalezeni v boxu č. 1

V boxu č. 1 počet jedinců mimo úkryty kolísal v rozmezí od 11 do 34 jedinců (viz Obr. 18).



**Obr. 18:** Graf četnosti jedinců, kteří se vyskytovali mimo úkryty v době měření v boxu č. 1

V boxu č. 2 bylo při měřeních nalezeno a spočítáno nejvíce jedinců, jak je patrné z Obr. 19. Modré hodnoty sloupce v něm ukazují celkový počet spočítaných jedinců (to znamená součet úkrytu č. 1, č. 2, č. 3, č. 4 a jedinců mimo úkryty), naopak červené hodnoty sloupce ukazují počet jedinců, kteří nebyli nalezeni.



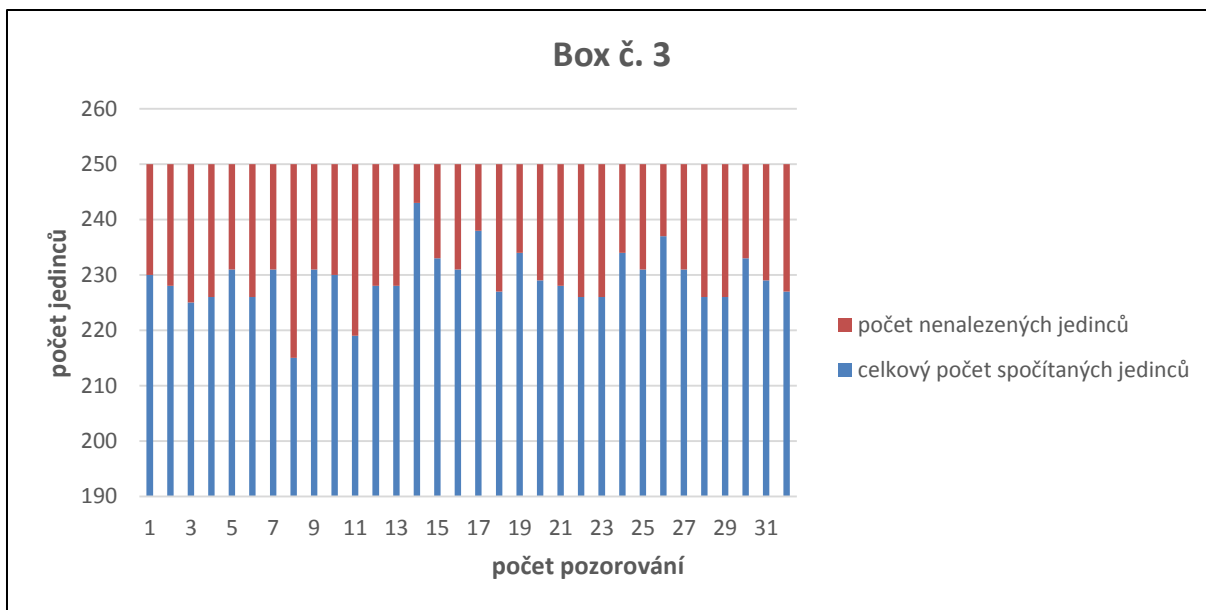
**Obr. 19:** Graf ukazující počet celkově spočítaných jedinců a počet jedinců, kteří nebyli nalezeni v boxu č. 2

V boxu č. 2 se počet jedinců nacházejících se v době měření mimo úkryty pohyboval v rozmezí 9-37.



**Obr. 20:** Graf četnosti jedinců, kteří se vyskytovali mimo úkryty v době měření v boxu č. 2

V boxu č. 3 podle Obr. 21 můžeme v modré části sloupce pozorovat celkový počet spočítaných jedinců v průběhu měření a zároveň podle červené části sloupce počet jedinců, kteří nebyli vůbec v boxu nalezeni.



**Obr. 21:** Graf ukazující počet celkově spočítaných jedinců a počet jedinců, kteří nebyli nalezeni v boxu č. 3

V boxu č. 3 se počet stejnonožců napočítaných v době měření mimo úkryty pohyboval v rozmezí 8-37.



**Obr. 22:** Graf četnosti jedinců, kteří se vyskytovali mimo úkryty v době měření v boxu č. 3

## 5. DISKUZE

V diplomové práci jsem se zabývala zkoumáním velikosti agregace u druhu stínky obecné *Porcellio scaber*.

V této práci jsem se pokusila zodpovědět tyto otázky:

- Jaká je maximální míra agregace druhu *Porcellio scaber*?
- Jaká je dynamika agregací?
- Jaký má vliv denní rytmus, vlhkost, teplota okolí na shlukování?

Na tyto otázky jsem hledala odpovědi při mém experimentu tvořeném ze tří rozdílných boxů. Každý box obsahoval 250 jedinců, čtyři totožné úkryty. Boxy měly identické podmínky.

V práci jsem se zaměřila na to, jak velké mohou být agregace stínky obecné *Porcellio scaber* a co může mít vliv na danou agregaci. Zjišťovala jsem, zdali má tento druh maximální limit ve tvorbě agregace, pokud všem jedincům byly poskytnuty stejné podmínky v jednotlivých boxech. Také jsem zjišťovala, jestli byly rozdíly mezi jednotlivými boxy, jelikož se každý box lišil v rozměrech.

Ve své práci jsem chtěla ověřit studii Brolyho a kol. (2012) o tom, zdali maximální, respektive optimální míra agregace stínky obecné je 70 jedinců. Broly a kol. (2012) ve svém experimentu vytvořili kruhovou arénu o průměru 193 mm, se dvěma tmavými shodnými úkryty (rovněž kruhovými). Skupiny stejnonožců umístili do středu arény a po pěti minutách odstranili nádobu, ve které byli umístěni. Dynamiku agregace sledovali po dobu 45 minut. Toto provedli 88x. Pouze v jednom případě nedošlo k agregaci. Ve všech ostatních pozorováních se téměř 90 % stejnonožců agregovalo pod úkryt. Žádný z experimentů neukázal, že by se jedinci shlukovali během 45 minut pozorování mimo úkryty. Méně než 15 % stínek se během experimentu procházelo po aréně a vytvářelo pouze krátkodobé agregace, které se ovšem rozpadaly. Ukázalo se, že stínky se obecně shlukovaly pod jedním úkrytem. Více jak 77 % jedinců preferovalo jeden úkryt. U svého experimentu vysvětlují, že 70 jedinců je maximální míra stabilní agregace. Jako důvod tohoto limitu určili, že jimi poskytnuté úkryty nemají větší kapacitu, protože někteří jedinci se agregovali i mimo tmavou část úkrytu.

Oproti citované práci (Broly a kol. 2012) jsem pro svůj experiment nezvolila kruhové arény ani sterilní laboratorní podmínky, protože si myslím, že pro stejnonožce toto prostředí není přirozeným. Zvolila jsem čtyřhranné boxy a do rohů umístila identické čtvercové úkryty, které byly mnohem větší (10 × 10 cm). Chtěla jsem zjistit, zdali 70 jedinců je opravdu maximální míra agregace nebo pokud nabídnu vhodnější podmínky, tak jestli může být agregace větší. Zároveň jsem pracovala s více jedinci oproti výzkumu Brolyho a kol. (2012). Má práce se také lišila v tom, že jedinci nebyli v boxu krátkou dobu ale dlouhodobě po dobu celého experimentu. Tím došlo ke stabilizaci jejich podmínek. Mým dalším cílem bylo zjistit, jestli se jedinci rozmístí pravidelně nebo jestli budou preferovat určitý úkryt.

Při mém experimentu docházelo ke shlukování jedinců pod úkryty. Suchozemští stejnonožci vytvářejí agregace z různých příčin. Nejpodstatnějším důvodem je aby zabránili ztrátám vody (Allee 1927), protože nejsou dokonale přizpůsobeni podmínkám suchozemského prostředí. Další příčinou je absence úkrytů, shlukují se tedy na sobě (Friedlander 1964). Agregují se také jako odpověď na hrozbu před predátorem (Allee 1927), také v důsledku sociálního chování (Devigne a kol. 2011) a v neposlední řadě také kvůli thigmotaxi, tedy v potřebě fyzického kontaktu, ať už mezi jedinci navzájem nebo k určitému předmětu (Friedlander 1964).

Výsledky GLM analýzy ukázaly, že denní doba, teplota, relativní vlhkost vzduchu, datum a velikost boxů byly neprůkazné. Denní doba, datum, teplota a relativní vlhkost vzduchu neměly na průběh experimentu vliv z toho důvodu, že boxy byly umístěny uvnitř místnosti, nehýbalo se s nimi, měli tedy vytvořené stabilní prostředí a nedocházelo zde k žádným výkyvům vlivu prostředí. Velikost boxů se projevila neprůkazně z toho důvodu, že rozdíly v rozměrech jednotlivých boxů nebyly až tak velké, aby vzdálenosti úkrytů v boxech byly pro stejnonožce příliš velké a nepřekonatelné, úkryty byly pro ně lehce dostupné z každého místa boxu a to platilo pro všechny boxy.

Průkazný vliv měly pouze úkryty. Všechny úkryty byly identické, ale v každém boxu byly určité úkryty, které byly více preferovány. V práci Brolyho a kol. (2012) se dokázalo, že téměř 90 % stejnonožců se agregovalo pod úkryty, 10-15 % se procházelo po aréně. Z toho 70 % jedinců agregovaných pod úkryty preferovalo jeden úkryt. V mém experimentu se potvrdilo to samé, většina jedinců se agregovala pod úkryty a stejnonožci preferovali určitý úkryt, maximální míru agregace jsem zjistila 88 jedinců v (boxu č. 2 pod úkrytem č. 3).

V boxu č. 1 se jediná stabilní agregace vytvořila pod úkrytem č. 3. Tuto agregaci tvořilo 67 až 84 jedinců, četnost jednotlivých konkrétních zaznamenaných počtů se pohybovala 1-4. V boxu č. 1 stejnonožci preferovali úkryt č. 3, jelikož v něm bylo zároveň nejvíce stejnonožců.

V boxu č. 2 se projevíly nejvhodnější podmínky pro agregaci pod úkrytem č. 2 a 4, kde se vytvořily stabilní agregace. V úkrytu č. 2 se rozmezí výskytu jedinců pohybovalo od 16 do 36, četnost byla 1-4. Výsledky analýz ukázaly, že agregace byla stabilní a distribuce v ní byla náhodná. V úkrytu č. 4 byl rozptýl jedinců v rozmezí od 31 do 79, četnost výskytů byla od 1 do 4. Výsledky analýz ukázaly, že úkryt č. 4 byl stabilní a distribuce v něm byla nenáhodná.

V boxu č. 3 se nejvhodnější podmínky pro agregaci ukázaly pod úkryty č. 1 a č. 3, kde se vytvořily stabilní agregace. V úkrytu č. 1 se rozmezí počtu jedinců pohybovalo v rozmezí od 53 do 86, četnost výskytů byla v rozmezí od 1 do 4. Výsledky GLM analýzy ukázaly, že úkryt č. 1 byl stabilní a výsledky chi-kvadrát testu pravděpodobnosti prokázaly, že distribuce v úkrytu byla náhodná, proto se zde jevíly vhodné podmínky pro agregaci. V úkrytu č. 3 se rozmezí počtu jedinců pohybovalo od 20 do 45, četnost jednotlivých výskytů byla v rozmezí od 1 do 4. Výsledky analýz ukázaly, že pod úkrytem č. 3 byla agregace stabilní a distribuce náhodná, proto zde byly velmi vhodné podmínky pro agregaci.

Preferováním určitých úkrytů se potvrdilo agregační chování. Upřednostnění určitého úkrytu si vysvětlují několika důvody:

1. Sociální aspekt- jak už bylo objasněno v práci Devigne a kol. (2011), velký vliv na agregaci má sociální chování.
2. Thigmotaxe, jedinci se snažili o fyzický kontakt (Friedlander 1964).
3. Během experimentu produkují také malé množství výkalů. Feromony v nich obsažené by mohly mít vliv na agregaci (Broly a kol. 2012).
4. Individuální preference jedinců a environmentální podmínky (Broly a kol. 2012).

Jedinci, kteří se v době experimentu při počítání nacházeli mimo úkryty, byli počítáni zvlášť. Tito stejnonožci se nacházeli mimo úkryty z několika důvodů. Jedním důvodem bylo, že zrovna v době počítání konzumovali poskytnutou potravu. Dalším důvodem byl jejich pohyb za potravou či jiným úkrytem. A v neposlední řadě se nemuseli vyskytovat pod

úkrytem kvůli rozpadu příliš velké agregace, to vysvětluje ve své práci i Cloudsley-Thomson a Constantinou (1987).

I přesto, že jsem počítala jedince i mimo úkryty, při součtech stejnonožců pod úkryty a mimo ně jsem nedošla k celkovému počtu 250 jedinců. Nebylo možné spočítat všechny jedince, kteří se nacházeli v boxech. Někteří byly totiž zahrabáni v písku. Pro můj experiment by bylo kontraproduktivní písek rozhrabávat a narušovat jejich stabilní prostředí v boxech a zároveň tím zvyšovat stres způsobený počítáním a zvedáním úkrytů. Proto jsem dopočítala každé měření do 250 jedinců. Dalším důvodem proč jsem se nedopočítala do celkového počtu, mohl být kanibalismus. Někteří jedinci tedy mohli být snědzeni, protože byl u toho druhu prokázán kanibalismus (Kostanjšek a kol. 2005).

## 6. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo poznání a pozorování agregačního chování stínky obecné *Porcellio scaber* (Latreille, 1804). Konkrétně jsem se zaměřila na jednotlivé velikosti agregací v úkrytech, jejich dynamiku a zároveň stabilitu agregací během dne. Práce vycházela z metodiky Broly a kol. (2012). Experiment probíhal po dobu šestnácti dnů v časovém intervalu od 7. 5. 2014 do 22. 5. 2014. Dvakrát denně jsem zjišťovala a počítala počet jedinců v boxech pod úkryty i mimo ně. Zjistila jsem:

1. Denní doba (čas), relativní vlhkost vzduchu, teplota, datum a boxy se ukázaly v testu jako neprůkazné, tedy že na výsledky neměly vliv.
2. Jako průkazné se projevíly úkryty.
3. V boxu č. 1 byla zjištěna nejvyšší abundance pod úkrytem č. 3 a bylo zde napočítáno 84 jedinců. V tomto boxu byla v úkrytu č. 1 agregace nestabilní a typ distribuce byl náhodný. V úkrytu č. 2 byla agregace nestabilní a distribuce byla náhodná. V úkrytu č. 3 byla agregace stabilní a distribuce náhodná. V posledním, úkrytu č. 4 byla agregace nestabilní a distribuce náhodná. Výsledky ukazují, že nejvhodnější podmínky pro agregaci byly pod úkrytem č. 3.
4. V boxu č. 2 byla nejvyšší početnost zjištěna pod úkrytem č. 3 a bylo zde naměřeno 88 jedinců. Byla to zároveň nejvyšší zjištěná abundance během experimentu. V boxu byla pod úkrytem č. 1 agregace v průběhu experimentu nestabilní a distribuce byla nenáhodná. Pod úkrytem č. 2 byla agregace stabilní a distribuce náhodná. Pod úkrytem č. 3 byla agregace nestabilní a distribuce byla nenáhodná. Pod úkrytem č. 4 byla agregace stabilní a distribuce byla nenáhodná. Výsledky tedy ukazují, že nejvhodnější podmínky se ukázaly pod úkrytem č. 2.
5. V boxu č. 3 byla nejvyšší abundance naměřena pod úkrytem č. 1 a bylo zde zjištěno 86 jedinců. Pod úkrytem č. 1 v průběhu experimentu byla agregace stabilní a distribuce v ní byla náhodná. Pod úkrytem č. 2 byla agregace nestabilní a distribuce nenáhodná. Pod úkrytem č. 3 byla agregace stabilní a distribuce náhodná. Pod úkrytem č. 4 byla agregace nestabilní a distribuce náhodná. Výsledky tedy ukazují, že nejlepší podmínky pro agregaci se nacházely pod úkryty č. 1 a č. 3.
6. Celkově ve všech boxech se mimo úkryty vyskytovalo od 8 do 37 jedinců.



Výsledky potvrzují agregační chování u stínky obecné a ukazují, že na preferenci určitých úkrytů měl vliv sociální aspekt jedinců, thigmotaktické chování, a jejich individuální preference.

Výsledky této diplomové práce by mohly posloužit jako inspirace pro další výzkumy. Například by mohla být studována preference rozdílných úkrytů při vytvoření stabilních podmínek, protože při mém výzkumu byly stínkám poskytnuty identické úkryty.

## 7. LITERATURA

- Allee, W. C. (1927): Animal aggregations. *The Quarterly Review of Biology*, 2: 367-398.
- Broly, P., Deville, P., Maillet, S. (2013): The origin of terrestrial isopods (Crustacea: Isopoda: Oniscidea). *Evol. Ecol.*, 27: 461-476.
- Broly, P., Mullier, P., Deneubourg, J. L., Devigne, C. (2012): Aggregation in woodlice: social interaction and density effects. In: Štrus, J., Sfenthourakis, S. (Eds) *Advances in Terrestrial Isopod Biology. ZooKeys*, 176: 133-144.
- Cloudsley-Thomson, J. L., Constantinou, C. (1987): Humidity reactions and aggregation in woodlice (Isopoda, Oniscoidea). *Crustaceana*, 53: 43-48.
- Cloudsley-Thomson, J. L. (1956): Studies in diurnal rhythms. VII. Humidity responses and nocturnal activity in woodlice (Isopoda). *Journal of Experimental Biology*, 33: 576-582.
- Curl, J. (2005): Welcome to the weird and wonderful world of woodlice. Ms., 5 pp., [www.personal.umich.edu/~josephwb/Archived\\_Sites/Biol162/Notes/Woodlice.pdf](http://www.personal.umich.edu/~josephwb/Archived_Sites/Biol162/Notes/Woodlice.pdf)
- Davis, R. C. (1984): Effects of weather and habitat structure on the population dynamics of isopods in a dune grassland. *Oikos*, 42: 387-395.
- Deslippe RJ, Jelinski L, Eisner, T. (1996) Defense by use of a proteinaceous glue: woodlice vs. ants. *Zoology: Analysis of Complex Systems*, 99: 205–210.
- Flasarová, M. (2001): Řád: Stejnonožci (Isopoda). In: Pavelka, J., Trezner, J. (eds.), *Příroda Valašska (okres Vsetín)*, pp. 168, Český svaz ochránců přírody ZO 76/06 Orchidea, Vsetín.
- Frankenberger, Z. (1959): Stejnonožci suchozemští – Oniscoidea. *Fauna ČSR*, svazek 14. NČSAV, Praha.
- Friedlander, C. P. (1964): Thigmokinesis in woodlice. *Animal Behaviour*, 12: 164-174.
- Gongalsky, K. B., Savin, F. A., Pokarzhevskii, A. D., Filimonov, Z. V. (2005): Spatial distribution of isopods in an oak-beech forest. *European Journal of Soil Biology*, 41 (3-4): 117-122.
- Gorvett, H. (1951): The tegumental glands in the land Isopoda. B. The lobed glands: structure and distribution. *Quart. J. micr. Sci.*, 92: 275 s.

- Gorvett, H. (1956): Tegumental glands and terrestrial life in woodlice. *Proceedings of the Royal Society of London*, 126: 291-314.
- Gregory, S. (2009): Woodlice and waterlice (Isopoda- Oniscidea & Asellota) in Britain and Ireland. Centre for Ecology & Hydrology.
- Gruner, H. E. (1966): *Krebstiere oder Crustacea. V. Isopoda. 2. Lieferung. Die Tierwelt Deutschlands*, 53. Teil, Jena: 151-380.
- Horváthová, T., Kozłowski, J., Bauchinger, U. (2015): Growth rate and survival of terrestrial isopods is related to possibility to acquire symbionts. *European Journal of Soil Biology*, 69: 52-56.
- Kostanjšek, R., Štrus, J., Lapanje, A., Avguštin, G., Rupnik, M., Drobne, D. (2005): Interstitial microbiota of terrestrial isopods. In: Kőnig, H., Varma, A. (Eds.): *Intestinal microorganisms of termites and other invertebrates*. Springer, Berlin – Heidelberg – New York: 115-131.
- Kuznetsova, D. M., Gongalsky, K. B. (2012): Cartographic analysis of woodlice fauna of the former USSR. In: Štrus J, Taiti S, Sfenthourakis S (Eds) *Advances in Terrestrial Isopod Biology*. ZooKeys, 176: 1–11.
- Oliver, P. G., Meehan, C. J. (1993): *Woodlice. Synopses of the British Fauna No. 49*. London, The Linnean Society of London and The Estuarine and Coastal Sciences Association.
- Parrish, J. K., Edelstein-Keshet, L. (1999): Complexity pattern and evolutionary trade-offs in animal aggregation: complex systems. *Science*, 284: 99-101.
- Řezáč, M., Pekár, S. & Lubin, Y. (2008): How oniscophagous spiders overcome woodlouse armour. *Journal of Zoology*, 275: 64-71.
- Saska, P. (2007): *Philoscia muscorum* (Crustacea: Oniscidea: Philosciidae), new species of terrestrial isopod for the Czech Republic. *Bohemia centralis*, 28: 437–440.
- Schmalfuss, H. (2004): World catalog of terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea). Available online at [www.naturkundemuseum-bw.de/stuttgart/projekte/oniscidea-catalog/](http://www.naturkundemuseum-bw.de/stuttgart/projekte/oniscidea-catalog/). An update of: Schmalfuss (2003) World catalog of terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea). *Stuttgarter Beitrage zur Naturkunde, Serie A*, 654: 1-341.

- Stephens, P. A., Sutherland, W. J. (1999): Consequences of the Allee effect for the behaviour, ecology and conservation. *Tr. Ecol. Evol.*, 14: 401-405.
- Sutton, S. L. (1972): *Woodlice*. London, Gin (reprinted 1980, Oxford, Pergamon Press).
- Štrus, J., Drobne, D., Ličar, P. (1995): Comparative anatomy and functional aspects of the digestive system in amphibious and terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea). In: Alikhan, A.M. (ed.): *Terrestrial Isopod Biology*. Crustacean Issues 9. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands: 15-23.
- Tajovský, K. (1989): *Mnohonožky (Diplopoda) a suchozemští stejnonožci (Oniscidea) v sekundární sukcesní řadě hnědých půd (kandidátská disertační práce)*. České Budějovice, Ústav půdní biologie ČSAV.
- Vandel, A. (1962): *Isopode Terrestres. Deuxieme partie. Faune the France, 66*. Éditions Paul Lechevalier. Paris.
- Yamaguchi T., Hasegawa M. (1996): Anti-predation mechanisms of soil animals against ants. *Edaphologia*, 57: 31–36.

## **8. PŘÍLOHY**

### **Seznam příloh**

**Obr. P1:** Fotografie boxů

**Obr. P2:** Fotografie úkrytu a jedinců pod ním



**Obr. P1:** Fotografie boxů



**Obr. P2:** Fotografie úkrytu a jedinců pod ním