

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE



**MĚŘENÍ TĚLESNÉ KONDICE JEDINCŮ -
METODOLOGICKÉ ASPEKTY A EKOLOGICKÉ
APLIKACE**

(MEASUREMENT OF THE BODY CONDITION -
METHODOLOGICAL POINT OF VIEW AND ECOLOGICAL
IMPLICATIONS)

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracovala:

Klára Uhnová

Vedoucí práce:

Ing. Michal Knapp

Rok:

2011



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro: **Kláru Uhnovou**

obor: **Aplikovaná ekologie**

Název tématu: **Měření tělesné kondice jedinců - metodologické aspekty a ekologické aplikace**

Název anglicky: **Measurement of the body condition - methodological point of view and ecological implications**

Zásady pro vypracování:

Cílem bakalářské práce bude vypracování stručné literární rešerše o měření tělesné kondice v ekologii živočichů. Práce by měla čtenáře seznámit se způsoby měření kondice, s možnostmi analýzy dat o tělesné kondici jedinců a s použitím kondice jako vysvětlující proměnné v ekologických studiích. Součástí bakalářské práce bude i experiment srovnávající efektivitu měření různých parametrů velikosti (délka krovky, šířka štítu, délka stehna) a různých způsobů určení hmotnosti (živá, suchá hmotnost) při srovnávání kondice brouků z různých populací. Jako modelový druh bude použit stěvlík *Anchomenus dorsalis* (Pontoppidan, 1763).

Relativní hmotnosti jedince vzhledem k jeho velikosti je v ekologii tradičně používána jako míra jeho tělesné kondice (Green, 2001; Speakman, 2001). Mnoho problémů však pramení z nedořešené metodiky samotného měření hmotnosti a velikosti jedinců (den Nijs et al., 1996) a následné problematické analýzy takových dat (Garcia-Berthou, 2001; Moya-Larano et al., 2008; Peig & Green, 2009). Zcela jasný není ani ekologický význam takto změřené kondice.



Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah průvodní zprávy: **20 – 30 stran**

Seznam odborné literatury:

- Garcia-Berthou E, 2001:** On the misuse of residuals in ecology: testing regression residuals vs. the analysis of covariance. *Journal of Animal Ecology* 70: 708-711.
- Green AJ, 2001:** Mass/length residuals: measures of body condition or generators of spurious results? *Ecology* 82(5): 1473-1483.
- Moya-Larano J, Macias-Ordóñez R, Blackenhorn WU & Fernández-Montraveta C, 2008:** Analysing body condition: mass, volume or density? *Journal of Animal Ecology* 77: 1099-1108.
- den Nijs LJMF, Lock CAM, Noorlander J & Booij CJH, 1996:** Search for quality parameters to estimate the condition of *Pterostihus cupreus* (Col., Carabidae) in view of population dynamic modeling. *Journal of Applied Entomology* 120: 147-151.
- Peig J & Green AJ, 2009:** New perspectives for estimating body condition from mass/length data: the scale mass index as an alternative method. *Oikos* 118: 1883-1891.
- Speakman JR, 2001:** *Body composition analyses of animals: A handbook of non-destructive methods*. Cambridge University Press, UK, 242 pp.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Knapp**

Konzultant bakalářské práce: -

Datum zadání bakalářské práce: **11. 6. 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **duben 2011**

...Prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.
Vedoucí katedry



Doc. Ing. Petr Sklenička, CSc.
Děkan

V Praze dne

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Michala Knappa, a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze 30. 4. 2011

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Michalu Knappovi za všestrannou pomoc, čas, cenné rady nejen při zpracování statistických dat a především za trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala Elišce Baranovské za výpomoc v terénní a laboratorní fázi výzkumu.

V Praze 30. 4. 2011

Abstrakt

Tato práce byla zaměřena nejen na zpracování literární rešerše o významu tělesné kondice živočichů, ale také byl prováděn výzkum – porovnání tělesné kondice u dvou druhů střevlíků *Anchomenus dorsalis* (Pontoppidan, 1763) a *Poecilus cupreus* (Linnaeus, 1758) měřené pomocí dvou různých veličin (suchá a živá hmotnost). Dále jsem zkoumala smysluplnost současného použití více tělesných rozměrů k vyjádření tělesné velikosti jedinců (délka krovky, šířka štítu a délka stehna).

V mém výzkumu jsem zjistila, že suchá a živá hmotnost dávají velmi odlišné výsledky pro oba studované druhy. Je tedy zásadní, kterou z těchto metod proměnných ve studii tělesné kondice použijeme. Dále jsem zjistila, že tělesnou velikost u *A. dorsalis* dostatečně reprezentuje délka krovky. Ale u *P. cupreus* musím použít nejen délku krovky, ale současně i délku stehna. Z výsledků také vyplývá, že u obou druhů střevlíků mohou být rozdíly v kondici mezi pohlavími, přičemž samice mají lepší kondici než samci. Dostatečná průkaznost tohoto jevu však byla opět závislá na použité proměnné (suchá či živá hmotnost).

Střevlíci jsou považováni za důležité predátory polních škůdců. Jestliže chceme zvýšit početnost jejich populací, musíme jim zajistit dostatek vhodných míst k přezimování, k úkrytu a dostatek potravy. Abychom takové „vhodné“ podmínky identifikovali, je třeba vhodným způsobem měřit jejich kondici, která o vhodnosti podmínek vypovídá.

V tomto výzkumu jsme se dozvěděli, že se suchá a živá hmotnost liší, proto by bylo vhodné realizovat v budoucnosti další výzkum na toto téma, abychom zjistili, která z těchto proměnných reprezentující kondici, nejvíce souvisí s fitness střevlíků.

Klíčová slova: střevlíci, fitness, živá hmotnost, suchá hmotnost, tuk, energetická zásoba, strukturní velikost, krovka, štít, stehno.

Abstract

This work is focused not only on a review of scientific papers about the significance of body condition in animals, but also a field research has been done; a comparison of body condition in two genera of Carabidae *Anchomenus dorsalis* (Pontoppidan, 1763) and *Poecilus cupreus* (Linnaeus, 1758), measured with help of two different values (dry and fresh weight). Further, I have been examining the meaningfulness of simultaneous usage of more body proportions in expression of individual body size (length of elytra, width of pronotum and length of femur).

In my research, I found out, that both dry and fresh weight give very different values for both studied species. Therefore it is fundamental, which of these values we use in studies of the body condition. Further, I found out, that body size in *A. dorsalis* is sufficiently represented by the length of elytra. Nevertheless, in *P. cupreus*, one must use not only the length of elytra, but also the length of femur. It appears, that in both species of Carabidae, differences between sexes can be observed, in other words females have better body condition than the males. However, a satisfactory relevance of this phenomenon was again dependent on the used value.

Carabidae are considered to be important predators of agricultural pests. If we want to raise the abundance of their populations, we must provide them with enough of appropriate places for hibernation, shelter and sufficient access to food. To identify these appropriate conditions, we need to measure their fitness in a suitable manner, that expresses these conditions.

In this research, we found out that dry and fresh weight differ. That is why a future research in this subject will be needed to determine, which of these values representing the condition is the most closely linked to the fitness of Carabidae.

Key words: carabids, fitness, fresh weight, dry weight, fat, energetic stores, structural size, elytra, pronotum, femur.

OBSAH

1. ÚVOD	9
1.1 Cíle.....	9
1.2 Proč zrovna střevlíci	9
1.3 Proč zrovna tělesná kondice	11
2. TĚLESNÁ KONDICE	12
2.1 Kondice co to je a jak se měří.....	12
2.2 Energetické rezervy a reprodukce	14
2.3 Vliv zemědělské krajiny na tělesnou kondici	15
2.4 Potravní omezení a časová variabilita	16
2.5 Rozdíl mezi samicí a samcem.....	17
2.6 Přezimování	18
2.7 Patogeny, parazité a imunitní funkce.....	18
3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	20
3.1 Cíle.....	20
3.2 Studované druhy	20
3.3 Výběr lokalit	21
3.4 Sběr vzorků.....	22
3.5 Zpracování materiálu	22
3.6 Statistické zpracování dat	22
4. VÝSLEDKY	24
5. DISKUZE	29
6. ZÁVĚR	31
7. SEZNAM LITERATURY	32
8. PŘÍLOHY	37

1. ÚVOD

1.1 Cíle

Cílem této práce je zpracování stručné literární rešerše na téma významu tělesné kondice u živočichů. A dále v experimentální části porovnání výsledků měření tělesné kondice u dvou druhů střevlíků – *Anchomenus dorsalis* (Pontoppidan, 1763) a *Poecilus cupreus* (Linnaeus, 1758), které získám pomocí měření suché, respektive „živé“ (čerstvé) hmotnosti. K tomuto účelu porovnávám tělesnou kondici brouků pocházejících z osmi lokalit nedaleko Prahy – Suchdola (čtyři pole; na každém sbírám brouky u dvou typů mezí). Dále porovnávám použití tří tělesných rozměrů (délka krovky, šířka štítku a délka stehna). Některé práce používají jako proměnnou pro měření (odhad) tělesné kondice suchou hmotnost a jiné používají živou hmotnost. Proto mne zajímá, zda tyto proměnné (hmotnosti) poskytují porovnatelné výsledky. Naprostá většina prací používá k vyjádření velikosti jedince jen jeden rozměr (u brouků typicky délku krovky), což může být nedostatečné. Proto porovnávám použití jednoho rozměru s použitím více rozměrů najednou a zjišťuji, nemá-li to vliv na výsledky analýz.

1.2 Proč zrovna střevlíci

Střevlíci jsou zajímavou skupinou brouků, o kterých jsem se chtěla dozvědět více. Proto jsem si vybrala právě je a v experimentální části zkoumala jejich tělesnou kondici a metody jejího měření.

Střevlíci jsou krásní tvorové, což je samo o sobě důvod, proč je studovat (Holland 2002). Čeled' střevlíkovití obsahuje více než čtyřicet tisíc popsanych druhů a je rozšířena snad ve všech typech stanovišť včetně pouští, kde však je jejich výskyt omezen pouze na říčky a oázy. Střevlíci se hojně vyskytují i v zemědělsky intenzivně využívaných oblastech. Druhy zde mají často ostře vyhraněné biotopové nároky. Některé preferují pole, jiné remízky, živé ploty či travnaté meze (Lövei & Sunderland 1996). Tyto biotopové preference se mohou lišit v závislosti na ročním období, přičemž v zimě (během přezimování) druhy ještě výrazněji preferují „mimoprodukční biotopy“ před ornou půdou (Andersen 1997).

Střevlíci jsou vesměs predátory a živí se širokou škálou potravy (Lövei & Sunderland 1996). Díky jejich vysoké početnosti na polích, jsou považováni za důležité přírodní kontrolní „agenty“ zemědělských škůdců (Barone & Frank 2003). Živí se např. mšicemi a tím redukuje populace těchto škůdců (Holland 2002). Semenožravé druhy jsou zase schopny se živit semeny polních plevelů (Thiele 1977).

Obecně střevlíci představují značně rozmanitou skupinu organismů, kdy se druhy mezi sebou liší nejen potravními a biotopovými preferencemi (Lövei & Sunderland 1996), ale i disperzními schopnostmi či fenologií. Rozdíly v disperzních schopnostech střevlíků plynou jak z rozdílů v jejich velikosti (délka těla středoevropských střevlíků se pohybuje v rozmezí 1,6 až 40 mm; Hůrka 1996), ale především z rozdílné schopnosti létat (Thiele 1977). Mezi střevlíky existují jak druhy apterní (bezkrídle) a brachypterní (se zakrnělými křídly), tak druhy makropterní, u nichž jsou křídla a létací svaly plně vyvinuty. Existují i druhy s křídelním polymorfismem (jen někteří jedinci jsou schopní letu, či se schopnost letu mění v průběhu života imága; Hůrka 1996). Nicméně, let je velmi energeticky nákladný a proto mnoha střevlíky nepříliš často využívaný způsob pohybu. Let je do značné míry ovlivněn teplotou, deštěm a větrem. K disperzi pomocí letu dochází především v jarním a méně často pak v podzimním období (Lövei & Sunderland 1996). Střevlíci mohou přezimovat jako dospělci či jako larvy (Thiele 1977).

Dále se liší aktivitou v průběhu dne (druhy s noční a denní aktivitou), přičemž většina druhů více aktivuje během noci (Luff 1978). Celkově lze říci, že noční druhy jsou často větší, tmavé a matné. Lesní druhy mají tendenci být noční, zatímco druhy travních porostů jsou spíše denní (Lövei & Sunderland 1996).

Souhrnně je možno naše střevlíkovité označit za významnou skupinu živočichů, která ve vztahu k člověku a jeho činnosti hraje kladnou roli. Jsou tedy užiteční, a to nejen jako predátoři různých, lidské činnosti škodlivých bezobratlých, ale i možností využití k bioindikačním účelům v zaznamenávání změn přírodního prostředí, a tím tedy i životního prostředí člověka (Thiele 1977).

1.3 Proč zrovna tělesná kondice

Podle Greena (2001) je tělesná kondice energetická zásoba v těle, která je nahromaděná v důsledku krmení. Často je ale definována, jako relativní množství energetických rezerv v těle (tedy množství rezerv vztahované k tělesné velikosti jedince) a je veličinou s podstatnými ekologickými důsledky. Většina živočichů žijících ve volné přírodě se vyskytuje ve stavu permanentního nedostatku potravy (Moya-Laraño et al. 2008). Toto tvrzení lze podpořit experimentálně tak, že jedince z přírody začneme dokrmovat (např. v laboratorních podmínkách) a sledujeme, je – li tělesná hmotnost (množství tuku) dokrmovaných jedinců vyšší než u jedinců „na přirozené stravě“ (Bommarco 1998a, Lövei & Sunderland 1996). Potravní zdroje a z nich plynoucí energetické zásoby jsou zásadní, protože velká část těchto zdrojů je využita pro následnou reprodukci jedince. U samic je vztah mezi tělesnou kondicí a reprodukcí dán vysoce energeticky náročnou tvorbou vajíček (Bots et al. 2009, Bilde & Toft 1998). Větší počet vajíček pak znamená početnější potomstvo. U samců mechanismus vztahu mezi kondicí a reprodukčním potenciálem není zdaleka tak jasný. Přesto tento vztah existuje (Moya-Laraño et al. 2008). U druhů, kde samci svádějí skutečné či ritualizované souboje o samice, se může výhoda lepší tělesné kondice promítnout do výsledků těchto soubojů (Bots et al. 2009), jelikož se zdroje vedle tuku mohou ukládat i do svalů či do struktur sloužících k soubojům (Cavallini 1996). U ostatních druhů může být tělesná kondice jedince parametrem, který je podroben pohlavnímu výběru ze strany samic a tudíž samci v lepší kondici mají větší šanci na úspěšné páření (Bilde & Tofs 1998).

Ti jedinci, kteří mají „dobrou“ kondici, vydrží delší dobu bez potravy, přežijí dlouhé migrační cesty s větší pravděpodobností (Merila & Svensson 1997) a udrží si lepší imunitní systém (Møller & Saino 1994).

2. Tělesná kondice a její ekologické aplikace

2.1 Kondice – co to je a jak se měří

Většině autorů není přesně jasné, co si mají pod pojmem „tělesná kondice“ představit (Green 2001). Neexistuje pořádná definice, která by tuto kondici jednoznačně charakterizovala (Rolff & Joop 2002). Např. Moya–Laraño et al. (2008) tělesnou kondici definují, jako relativní množství energetických rezerv v těle. Rowe & Houle (1996) definují zas kondici jako vnitřní zásobu jedince. Přežívání je důležité pro fitness, kdy se předpokládá, že právě tělesná kondice ovlivňuje zdraví zvířat a přežívání jedinců (Green 2001).

Měření tělesné kondice u obratlovců je obtížný úkol (Green 2001) a většinou ji nelze přímo měřit (Kotiaho et al. 2001), protože by bylo třeba zvíře usmrtit. Nejčastější forma energetických zásob u živočichů je v podobě tuku. Proto se soudí, že množství akumulovaného tuku v těle je vhodným měřítkem energetických zásob jedince (Wigglesworth 1966, Hoey & McCormick 2004, Moya–Laraño et al. 2008). Množství tuku lze měřit přímo (např. extrakcí) z těl mrtvých jedinců. U živých zvířat musíme hledat nějaké další proměnné, které by vypovídaly o kondici jedince. Jednou z možností je použít živou hmotnost jedince. Ale existují i metody využívající vnější znaky (např. ornamenty u ptáků; Green 2001) či sílu odpovědi imunitního systému (Ahtianen et al. 2006), popřípadě analyzují složení krve / hemolymfy jedince (Moya–Laraño et al. 2008). Ovšem tyto metody nemusejí být vždy použitelné. Například (Pavel & Chutný 2004) se ve své práci zaměřili na studium albinismu u slavíka modráčka (*Luscinia svecica*, Linnaeus, 1758), který hnízdí na území České Republiky. Hodnotili vztah mezi depigmentací a jejich kondicí. Tato kondice byla stanovena na základě poměru tělesné hmotnosti a velikosti tarsu. Nebyl zjištěný žádný vliv depigmentace na kondici albínů ve srovnání s běžně zbarvenými jedinci. Metodou pro hodnocení tělesné kondice u krav je palpce (= prohmatání) tělesné zásoby tuku a její vzhled. Pouze vizuální hodnocení není ale dostatečné (Ježková et al. 2004). Cílem práce Maršálka et al. (2008) bylo zhodnotit ukazatele reprodukce v chovu holštýnských krav v závislosti na úrovni mléčné užitkovosti a tělesné kondici krav. Průměrná hodnota BCS (*body control system*) na začátku laktace činila

3,59 bodů. Po otelení úroveň kondice klesala až do šestého měsíce laktace na hodnotu 2,43 a následně se kondice začala zlepšovat. K dosažení příznivějších výsledků by mělo přispět zlepšení výživy v první třetině laktace. Tak by měly být omezeny ztráty tělesné kondice. Krávy, které mají BCS nad 4 body, mají větší riziko vzniku tuků. Způsobuje to závažné problémy, např. obtíže otelení, zadržení placenty, aj. Krávy s tělesnou kondicí méně než 3 body mají méně zdravotních potíží, ale na druhou stranu mají nižší potenci k dosažení dostatečné dojivosti a dostatek tělesných zásob pro početí (Urban et al. 1997).

Ačkoli je často výrazná kresba či barevnost (*ornamentation*) jedince spojována s jeho dobrou kondicí. Zuk & Johnsen (2000) zjistili, že samci kura domácího (*Gallus gallus*, Linnaeus, 1758) v nedominantním postavení s výraznější kresbou, měli horší imunitu než ti, kteří měli kresbu slabší. Co se týká analýzy složení krve, Meka & McCormick (2005) zkoumali vliv rybaření (doby trvání „souboje“ rybaře s rybou) na kondici pstruha duhového *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). Kondici definovali jako reziduály ze vztahu tělesné hmotnosti a délky těla. Odebráním krve z ocasní ploutve zjistili obsah glukózy a kyseliny mléčné v krvi. Obsah kyseliny mléčné v krvi rostl s délkou trvání souboje (nad 2 minuty). Velká jednorázová zátěž tedy může mít vliv na fyziologický stav jedinců v budoucnosti.

U mrtvých jedinců se přímo nabízí extrakce tuku či chemická analýza jeho obsahu v těle (Rivero & Casas 1999). Přesto se běžně analyzuje právě živá (čerstvá) hmotnost či suchá hmotnost jedinců (Frank et al. 2007). To je zřejmě způsobeno značnou pracností (časovou i finanční náročností) extrakce tuku ve studiích měřících mnoho jedinců. Proto jsem se rozhodla srovnání těchto proměnných studovat v praktické části své bakalářské práce.

V případě vyjádření kondice pomocí hmotnosti se standardně naměřená hmotnost relativizuje vzhledem k velikosti těla. Větší jedinci totiž mají obecně vyšší hmotnost než ti menší a tento efekt je potřeba odfiltrout (Moya-Laraño et al. 2008). K tomu účelu se používají různé analýzy pracující s efektem velikosti. Rozšířená je analýza reziduálů ze vztahu hmotnosti a velikosti (Schulte-Hostedde et al. 2005). Dále se používají různé indexy kondice pracující s poměrem hmotnosti ku velikosti jedince (např. Fulton's Condition Factor; Jones 1999). Jako ideální se však jeví použití mnohonásobné regrese, kde je velikost jedince v modelu použita jako kovariáta (Garcia-Berthou 2001).

2.2 Energetické rezervy a reprodukce

Reprodukce je pro většinu zvířat velmi energeticky náročnou záležitostí. Hmyzí vajíčka obsahují velké množství lipidů, které poskytují základní energii pro vyvíjející se embryo (Ziegler & Van Antwerpen 2006). Stejná situace panuje i u obratlovců. Lze přitom očekávat, že náklady na reprodukci jsou vyšší pro samice než pro samce, a proto by obecně selekce pro dobrou tělesnou kondici (energetické zásoby) měla být vyšší u samic než u samců (Moya-Laraño et al. 2008). Např. u krav v důsledku zabřeznutí dochází ke snižování dojivosti a zvyšování tělesných zásob energie, především tukové tkáně. Udržení optimální tělesné kondice krav na úrovni 3,5 až 3,75 bodu v rámci pětibodové stupnice je hlavním úkolem řízené tělesné kondice (Bouška et al. 2006).

Bommarco (1998b) zjistil, že velké rezervy tuku u střevlíka *Poecilus cupreus* jsou korelovány se zvýšenou plodností. Nejen brouci, s lepšími energetickými rezervami, produkují více potomků, platí to např. i pro pavouky (Öberg 2009). Energetickou náročnost reprodukce pro samice dokládá i to, že samice některých živorodých hadů jsou často po porodu ve špatné kondici a mnoho z nich umírá dříve, než se u nich vrátí tělesná kondice do stavu před březostí (Luiselli et al. 1996). Ale na druhou stranu existují i druhy, kde samci mezi sebou soupeří o páření se samicemi v soubojích, např. pavouci *Hygrolycosa rubrofasciata* (Ohlert 1865, Ahtiainen et al. 2006). Poražení v soubojení o samičku mají nižší rezervy tuku než vítězové. Dalším příkladem mohou být vážky. Tukové zásoby jsou u těchto druhů také důležité především pro letecké souboje samců o samičky. Jestliže je metabolismus tuků narušen infekcí, je kondice oslabená a schopnost vyhrát souboje v letu je snížena (Rolff & Joop 2002). Nebo Hoey & McCormick (2004) se zajímali o úmrtnost ryb korálového útesu po přechodu z larválního stádia do stádia „mladé rybky“ (*juvenile*). Při pokusu označili náhodně čerstvě metamorfované rybky a následně „vystavovali“ predátorům. Po třech dnech byli označení jedinci vyloveni a byla zkoumána jejich úmrtnost v závislosti na tělesné kondici. Zdá se, že predátoři odstranili přednostně jedince s nižším obsahem tuků, pomalejší rychlostí růstu.

Larvální potrava nemá žádný vliv pro reprodukci u druhu *Poecilus cupreus*, protože většina zdrojů pro reprodukci je poskytována až potravou dospělců. (Van Dijk & Den Boer 1992).

Je velmi zajímavé, že brouci, kteří mají nižší obsah tuku, na tom mohou být lépe než tlustší brouci, protože tukové zásoby mohou být nejen velice nákladné na tvorbu, ale mohou dokonce snižovat šanci na přežití (např. snížená pohyblivost nebo zvýšené riziko predace; Stephens & Krebs 1986).

2. 3 Vliv zemědělské krajiny na tělesnou kondici

Bylo prokázáno, že krajinná struktura může ovlivnit kondici brouků a jejich reprodukční potenciál. Stejně tak může mít vliv i zemědělský management (Bommarco 1998a).

Extenzivní zemědělské postupy mohou ovlivnit členovce přímo v důsledku sníženého narušení půdy a větší rozmanitosti plevelů (Kromp 1999). Např. konvenční nebo ekologické zemědělství také ovlivňují kondici, reprodukci, a následně tak i početnost brouků (Bommarco 1998a).

Östman et al. (2001) se zabývali kondicí polyfágních dravých střevlíků v určitých typech prostředí - na ekologických a konvenčních farmách. V jeho výsledcích měli střevlíci lepší kondici na ekologických farmách, než na konvenčních. Tito brouci se živí mšicemi, tedy škůdci v agroekosystémech a tím, že měníme strukturu krajiny a její složení, tak můžeme ovlivnit kondici těchto polyfágních brouků. Zvýšenou populační hustotu užitečného hmyzu pak můžeme snížit dopad škůdců na zemědělskou produkci. Střevlíkům tedy vyhovují menší pole v heterogennější krajině. Zdá se, že víceleté plodiny a ekotony poskytují lepší potravní zdroje pro následnou reprodukci, než stanoviště s jednoletými plodinami (Wallin 1985).

Během sukcese plevelných pruhů (*wildflower strips*) se zvyšovala nutriční kondice brouků, což znamená větší reprodukční potenciál (Barone & Frank 2003). Typickými plevelnými pruhy jsou pásy území osetého směskou bylin uvnitř polí nebo podél jejich krajů. Jsou udržovány po 6 let na stejném místě a díky tomu dochází k sekundární sukcesi těchto stanovišť (Barone & Frank 2003).

Dospělci střevlíků preferují při přezimování travní porosty, na rozdíl od larev. Při přezimování dospělců druhu *Poecilus chalcites* (Say, 1823), měli vyšší hustotu (*activity density*) v sójovém poli s převažující zemědělskou krajinou, zatímco přezimující larvy *Cyclotrachelus sodalis* (Leconte, 1848) vykazovaly vyšší hustotu v sójovém poli v krajině s vyšším množstvím travních porostů (Gardiner et al. 2010).

Střevlíci a pavouci jsou známí tím, že běžně migrují mezi polopřirozenými stanovišti a poli (French et al. 2001). Je pravděpodobné, že tyto přesuny jsou realizovány nejen v souvislosti s přezimováním, ale i v závislosti na aktuální dostupnosti potravy. Proto struktura krajiny (blízkost polopřirodních stanovišť - *semi natural areas*) může mít za následek lepší kondici jedinců žijících v takové krajině (Frank et al. 2007).

Existují ovšem i druhy, které výrazně preferují ornou půdu a mají v polích lepší kondici než v mimoprodukčních biotopech. Např. *Poecilus chalcites* (Say, 1823), který je označován jako zemědělský „specialista“ (Larsen et al. 2003), je lépe uzpůsoben v zemědělské krajině, než jiný střevlík *Cyclotrachelus sodalis* (Leconte, 1848), který upřednostňuje trvalá stanoviště včetně travních porostů (Larsen et al. 2003). Nebo také u samic pavouků rodu *Pardosa* spp. (Koch, 1847) byla nalezena lepší tělesná kondice u jedinců obývajících homogenní zemědělskou krajinu s nízkým podílem lesa (Öberg 2009).

2.4 Potravní omezení a časová variabilita

Střevlíci bývají potravně omezeni, i když tento aspekt jejich biologie je méně často studován (Boer et al. 1986). Dostupnost potravy je důležitá především pro reprodukční úspěch. Množství potravy pro polyfágní predátory může být ovlivněno počasím, kdy v teplém a suchém počasí se potrava (např. mšice) rychle namnoží, zatímco při nepříznivém počasí může být pro střevlíky potravy nedostatek (Bilde & Toft 1998). Časová variabilita životního prostředí v rozlehlých oblastech je více důležitá pro kondici střevlíků než prostorová variabilita životního prostředí. Například u mšic, které se přemnožily v roce 1999, vzrostl výskyt potravních zdrojů především v oblastech s jednoletými plodinami, protože populace mšic se nacházela právě nejvíce v těchto lokalitách. Naopak v roce 2000, kdy se mnoho mšic nevyskytovalo, v lokalitách s vysokým podílem jednoletých rostlin bylo relativní množství dostupné potravy nízké (Östman 2005).

Agonum dorsale (synonymum pro *Anchomenus dorsalis*) se rozmnožují brzy na jaře. Bilde & Toft (1998) pozorovali samice tohoto druhu v laboratorních podmínkách, kdy i v zajetí bez přísunu potravy produkovali během dvou dnů (od příjezdu do laboratoře) vejce, což znamená, že jsou schopny produkce i při kritickém nedostatku potravy.

U střevlíků, kteří se živí semeny, bylo prokázáno, že pozitivně reagují na zvýšenou diverzitu plevelů v zemědělských oblastech, která se může mezi roky výrazně lišit (Holland 2002).

S potravním omezením souvisí i používání pesticidů. Potravní kvalita může kolísat v závislosti na aplikaci pesticidů na polích. Insekticidy zahubí většinu kořisti a predátoři pak v důsledku toho trpí přímou úmrtností nebo mají sníženou plodnost (Wallin et al. 1992). Herbicidy pak snižují rostlinnou diverzitu, která také vede k poklesu dostupnosti kořisti (Chiverton & Sotherton 1991).

Potravní omezení u larev má pravděpodobně za následek sníženou schopnost pohybu (Van Dijk & Den Boer 1992). Teplota a zásoba potravy ovlivňují délku larválního růstu i velikost dospělců (Van Dijk 1994).

2.5 Rozdíl mezi samicí a samcem

Samice jsou u bezobratlých obecně větší než samci, což znamená, že jejich potřeba potravy je vyšší než u samců. Kromě toho tráví mnoho času hledáním vhodných míst ke kladení vajíček (energeticky nákladné), a tudíž mají méně času na hledání potravy. Samci tráví především čas hledáním samic, což by mohlo znamenat, že vynakládají menší energii než samice. V tomto případě dochází k vyšší spotřebě potravy u samic (Bilde & Toft 1998). Na druhou stranu, na kondici samic by mohl být kladen vyšší selekční tlak v souvislosti s jejich reprodukčním potenciálem (počtem vyprodukovaných vajíček (Moya-Laraño et al. 2008). Samcům se energetická zásoba ukládá jak do tkání, které slouží k vyhledávání samic (např. tuk), tak i do svalů (souboje samců o samici). Samicím se energetické rezervy přednostně uloží do tkání pro ukládání energie (např. tuk) nebo slouží k živinám potřebným k vybudování vajec (např. bílkoviny a sacharidy; Cavallini 1996), kdy vajíčka poskytují základní energii pro vyvíjející se embryo (Ziegler & Van Antwerpen 2006). Proto pohlavní rozdíly v tělesné kondici mohou být vysvětleny hromaděním různých druhů živin. Dané množství živin může představovat 'dobrou' kondici pro samce a 'špatnou' kondici pro samice (Moya-Laraño et al. 2008).

2.6 Přezimování

Úspěšnost přezimování zřejmě závisí na schopnosti shromažďovat dostatek energie před obdobím zimní diapauzy. Proto se v tomto období zvyšuje tuková zásoba v těle, která má pozitivní vliv na přežití v zimě (Ernsting et al. 1992). Možnost vybudování tukových zásob a množství uložených tuků závisí na kvalitě přijaté potravy, tedy hlavně na jejím obsahu bílkovin, cukrů a dalších důležitých látek (Wallin et al. 1992).

Remízky a meze jsou důležité pro úspěšné přezimování členovců v zemědělské krajině. Taková místa k přezimování mají tu výhodu, že dochází k nižšímu vynaložení energie v zimě, protože vegetace tím, že poskytuje úkryt, zmírňuje teplotní extrémy, kterým musí zvířata čelit. To může pozitivně ovlivnit kondici zvířat během následujícího léta (Dunning et al. 1992).

Shine et al. (2001) zkoumal příčiny úmrtí hadů *Thamnophis sirtalis parietalis* (Say, 1823) během přezimování v hromadných hnízdech v závislosti na tělesné kondici. Kondice byla důležitou veličinou předpovídající úmrtnosti hadů bez zjevných vnějších zranění. Přičemž predaci hadů lépe vysvětlovala jejich tělesná velikost.

2.7 Patogeny, parazité a imunitní funkce

Imunitní systém je založen na tělních tekutinách a buněčných složkách, které na sebe vzájemně působí v obraně proti vícebuněčným parazitům (parazitoidy a hlístice) a patogenům (bakterie, viry a plísně; Lavine & Strnad 2002). Jedinci v dobré kondici, jsou schopni vyvolat silnou imunitní reakci a zároveň si zachovat vysoký reprodukční potenciál (Møller & Saino 1994).

Samci pavouka *Hygrolycosa rubrofasciata* (Ohlert, 1865) v dobré kondici mají vysokou frekvenci bubnování při námluvách (Mappes et al. 1996). Toto bubnování vyžaduje vysoké náklady v podobě zvýšení energetického výdeje (Kotiaho et al. 1998). Jen pavouci v dobré kondici si mohou dovolit intenzivně bubnovat a přitom neutrpět oslabením imunitního systému.

U téže pavouků je důležitým obranným mechanismem zapouzdření proti hád'átkům a parazitoidům (Gillespie et al. 1997). Z toho tedy vyplývá, že je důležitá efektivní zapouzdřicí reakce (*encapsulation responses*). Tento druh je často

parazitován a může dojít k reprodukčnímu selhání až dokonce k smrti infikovaných jedinců (Ahtiainen et al. 2006).

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Cíle

Cílem této práce je porovnání výsledků měření tělesné kondice u dvou druhů střevlíků - *Anchomenus dorsalis* (Pontoppidan, 1763) a *Poecilus cupreus* (Linnaeus, 1758), které získám pomocí měření suché, respektive „živé“ (čerstvé) hmotnosti. K tomuto účelu porovnávám tělesnou kondici brouků pocházejících z osmi lokalit nedaleko Prahy - Suchdola (čtyři pole; na každém sbírám brouky u dvou typů mezí). Dále porovnávám použití tří tělesných rozměrů, které reprezentují strukturní velikost jedince (délka krovky, šířka štítu a délka stehna). Některé práce používají jako proměnnou pro měření (odhad) tělesné kondice suchou hmotnost a jiné používají živou hmotnost. Proto mne zajímá, zda tyto proměnné (hmotnosti) poskytují porovnatelné výsledky. Naprostá většina prací používá k vyjádření velikosti jedince jen jeden rozměr (u brouků typicky délku krovky), což může být nedostatečné. Proto porovnávám použití jednoho rozměru s použitím více rozměrů najednou a zjišťuji, nemá-li to vliv na výsledky analýz.

3.2 Studované druhy

Do rodu *Anchomenus* Bonelli patří *Anchomenus dorsalis*, kde žije v České republice a Slovenské republice pouze tento druh (Hůrka 1996). Je hojný na sušších nezastíněných stanovištích, přirozených i druhotných (Stanovský & Pulpán 2006). Měří 5,6 až 7,7 mm, hlavu i štít mají zelený, krovky červené až červenožluté a tykadla jsou celá červená. Tento druh je velmi užitečný, protože se živí mšicemi (Hůrka 1996). Tento druh se rozmnožuje brzy na jaře, je dravý a živí se např. mšicemi (Bilde & Toft 1998).

Poecilus cupreus patří do rodu *Poecilus* Bonelli a do podrodu *Poecilus* s. str.. Vyskytuje se v České i Slovenské republice. Je to hojný druh sušších nezastíněných stanovišť od nížin do hor, úhory, pískovny, ruderály, okraje lesů, agrocenózy včetně velkoplošných polních kultur (Stanovský & Pulpán 2006). Měří okolo 12 mm (Östman et al. 2001), je černý, svrchu měděný, první dva články tykadel má

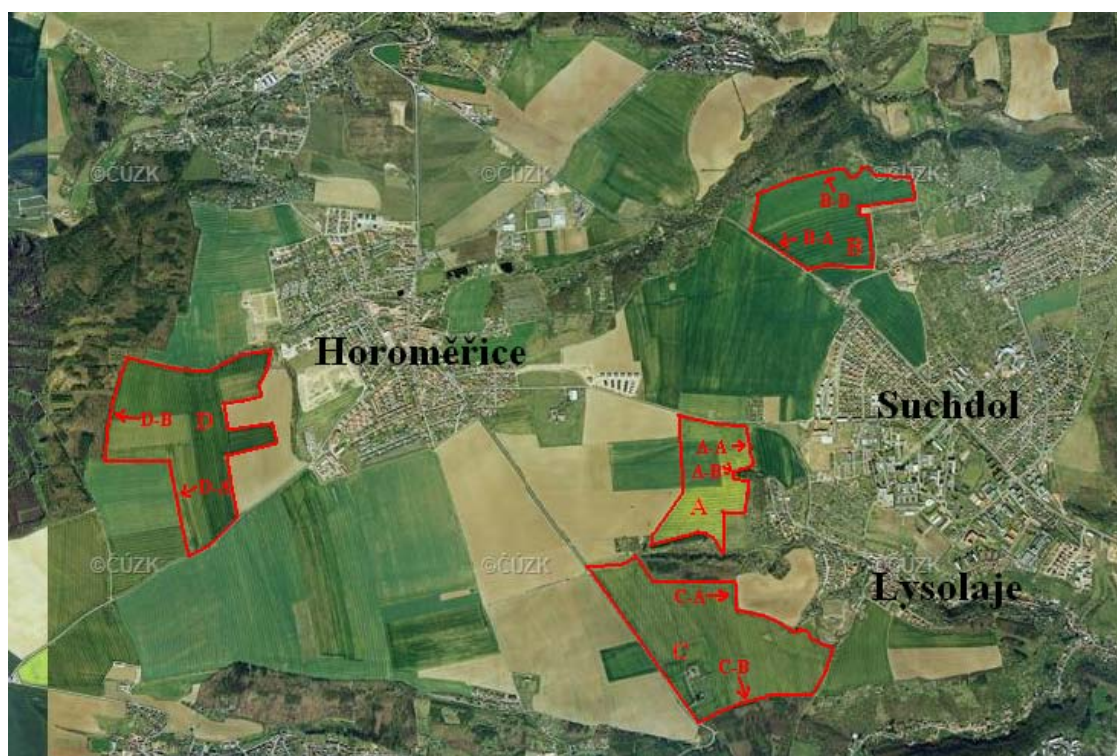
červenožluté (Hůrka 1996). Rozmnožuje se brzy na jaře (Östman et al. 2001), živí se bezobratlými včetně mšic (Chiverton 1988).

3.3 Výběr lokalit

Střevlíci byli zkoumáni na čtyřech lokalitách blízko školy (Praha - Suchdol). Lokality byly značeny písmenem A, B, C a D a dále označením typu meze. Každé pole obsahovalo dvě studované lokality (meze): travnatou mez (X – A) a okraj sousedící s lesem (X – B).

Lokalita A se nachází na západní straně městské části Praha – Suchdol. Pěstovala se zde řepka. B je na pravé straně v trase směrem ze Suchdola na Horoměřice (severozápadní strana Suchdola) a byla tu pěstována pšenice. C je umístěna přibližně 500 m severovýchodně od městské části Prahy – Nebušic a vyskytovala se zde řepka. D leží necelých 400 m západně od Horoměřic a je nejvíce vzdálena od ČZU - okolo 3,7 km a nacházela se zde pšenice.(Obr. 1)

Na těchto lokalitách probíhaly běžné zemědělské postupy. Na podzim byla pole zorána, až na pole B, které bylo pouze podmítnuto a brzy na jaře zoráno.



Obr. 1: Označení lokalit a mezí za Suchdolem. Zdroj: www.mapy.cz

3.4 Sběr vzorků

Na podzim 2009 (říjen) byli na každé lokalitě sebráni jedinci vybraných druhů střevlíků (*Anchomenus dorsalis* a *Poecilus cupreus*). Brouci byli sebráni pomocí tzv. individuálního sběru (ručně "vyhrabání" a následně uloveni pomocí exhaustoru). Od každého druhu byla snaha ulovit alespoň 40 jedinců, aby vzorek obsahoval 15 samic a 15 samců (počet vhodný pro následnou analýzu). Bohužel ne na všech lokalitách se toto podařilo. Vzorky byly poté přemístěny do mrazicího zařízení na FŽP ČZU a roztříděny na samce a samice.

3.5 Zpracování materiálu

Zmražení a vytřídění brouci byli na začátku léta 2010 převezeni do laboratoře ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby v Ruzyni (VÚRV, v. v. i.), kde došlo k očištění brouků (od drobných nečistot - částeczek půdy) pomocí štětečků, pinzety a binokuláru. Po očištění jsem zvažila živou hmotnost na analytických vahách. Poté byli brouci individuálně sušeni (v označených eppendorfkách) v sušičce při 50 °C po dobu 48 hodin. Následně byli brouci opět váženi a tím stanovena suchá hmotnost. Vážení probíhalo na analytických vahách firmy Sartorius s přesností 10⁻⁵g. Nakonec byla pomocí digitální šuplery (nejmenší dílek 0,01 mm) změřena délka krovky, šířka štítu a délka stehna. Všechny naměřené hodnoty byly okamžitě pečlivě zapsány do připravených protokolů.

3.6 Statistické zpracování dat

Před statistickou analýzou byla data o hmotnostech logaritmicky (\log_{10}) transformována. K analýze dat jsem použila mnohonásobnou lineární regresi, konkrétně analýzu kovariance (ANCOVA). Nejdříve jsem pro každou hmotnost (suchá, živá) a pro každý druh (*A. dorsalis*, *P. cupreus*) určila potřebné veličiny, které v dalších analýzách budou reprezentovat strukturní velikost jedinců. Ta je v analýze zahrnuta jako kovariáta, aby byl odstraněn vliv velikosti brouka na jeho hmotnost. Je totiž logické, že velký brouk váží víc než malý brouk. Mezi třemi veličinami reprezentujícími velikost (délka krovky, šířka štítu a délka stehna) jsem

pro každý model vybrala ty důležité (signifikantní) pomoci postupného výběru (*forward selection*).

Následně jsem pro každou hmotnost (suchá, živá) a pro každý druh (*A. dorsalis*, *P. cupreus*) vytvořila finální model obsahující důležité (signifikantní) proměnné. Ty jsem vybrala opět pomocí postupného výběru proměnných. Maximální možný model obsahoval tyto proměnné: 1) kovariáty (velikost); 2) pole; 3) typ meze; 4) pohlaví brouka; 5) všechny možné interakce tří předchozích proměnných. Mimo kovariátu(y) se jedná o samé kategoriální proměnné.

Pro přehlednější zobrazení efektu jednotlivých proměnných jsem následně vytvořila grafy, kde prezentuji reziduály z upravených finálních modelů (bez zobrazované proměnné). Hodnoty těchto reziduálů následně vynáším proti hodnotám (úrovním) dané proměnné. V případě, že proměnná měla více úrovní než dvě (proměnná "pole"), je obrázek doplněn o výsledky post-hoc testů (Tukey HSD).

Všechny analýzy byly provedeny v programu R 2.12 (R Development Core Team 2010).

4. VÝSLEDKY

Celkem bylo zpracováno 239 jedinců *Anchomenus dorsalis* a 227 jedinců *Poecilus cupreus*, ze čtyř různých polí (na každém poli dvě meze – travnatá a lesnatá) z podzimu roku 2009.

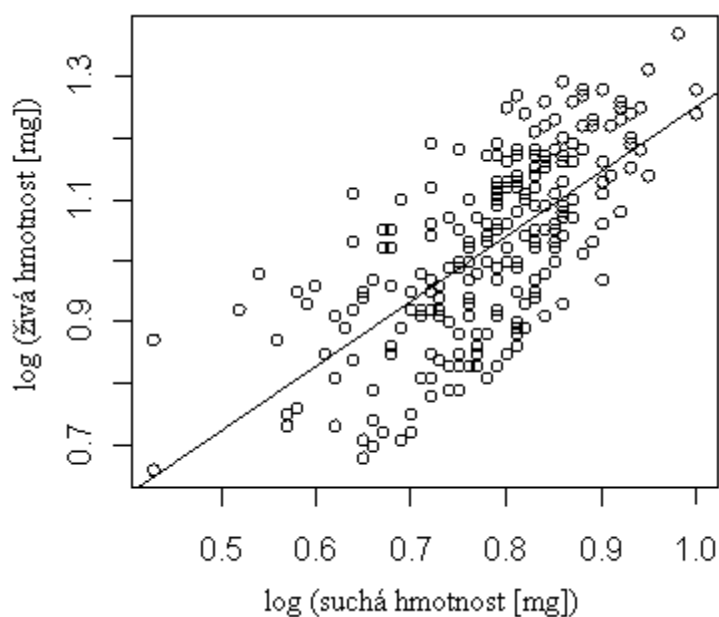
Tabulka 1: Výsledné modely pro oba zkoumané druhy a obě měřené hmotnosti (suchá a živá). Signifikantní (významné) proměnné jsou označeny tučně. Nesignifikantní proměnné byly do modelu zařazeny z důvodu significance některé z interakce obsahujících tuto proměnnou.

druh	závislá proměnná	nezávislá proměnná	stupně volnosti	F	P
<i>Anchomenus dorsalis</i>	suchá hmotnost	krovka	1	304,11	<0,001
		pole	3	8,27	<0,001
		mez	1	0,06	0,811
		pole:mez	3	7,35	<0,001
	živá hmotnost	krovka	1	132,52	<0,001
		pole	3	54,04	<0,001
		mez	1	3,77	0,053
		pohlaví	1	16,72	<0,001
		pole:mez	3	18,10	<0,001
<i>Poecilus cupreus</i>	suchá hmotnost	stehno	1	65,21	<0,001
		pole	3	23,90	<0,001
		pohlaví	1	3,88	0,050
	živá hmotnost	stehno	1	102,17	<0,001
		krovka	1	7,95	<0,001
		štít	1	6,54	0,011
		pole	3	3,35	0,020
		mez	1	8,99	<0,001
		pole:mez	3	23,68	<0,001

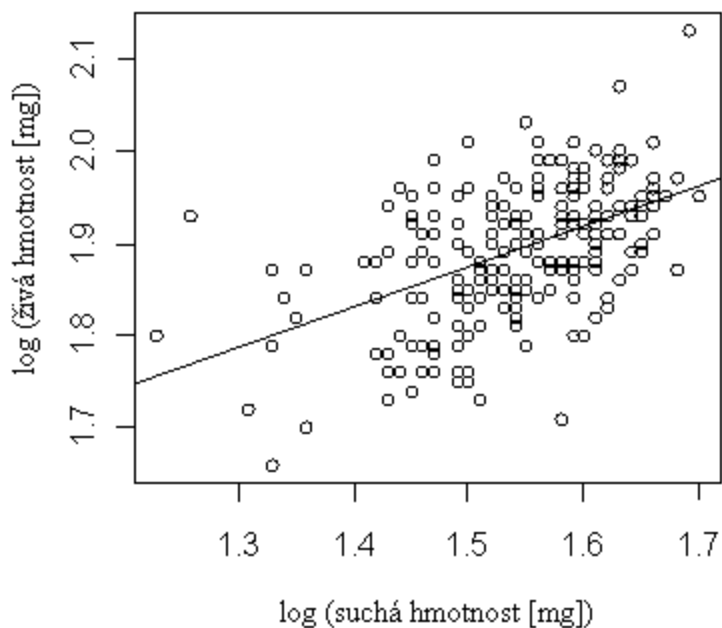
Ačkoli se ukazuje, že živá a suchá hmotnost jsou spolu korelované, tento vztah není nikterak úzký (Obr. 2 a 3). Že se kondice měřená pomocí živé a suché hmotnosti významně liší, potvrzují i výsledné modely (Tabulka 1). Použití různých veličin (suchá či živá hmotnost) mělo za následek i odlišnou interpretaci kvality jednotlivých lokalit. Obr. 4 ilustruje rozdíly v kondici brouků *A. dorsalis* mezi zkoumanými poli. Živá hmotnost ukazuje nejlepší (nejúživnější) pole C, zatímco suchá hmotnost ukazuje jako nejlepší pole A. U druhu *P. cupreus* lze zase pozorovat rozdíl mezi

kondicí samců a samic jen při použití suché hmotnosti, zatímco při použití živé hmotnosti rozdíl mezi pohlavími neexistuje (Obr.5).

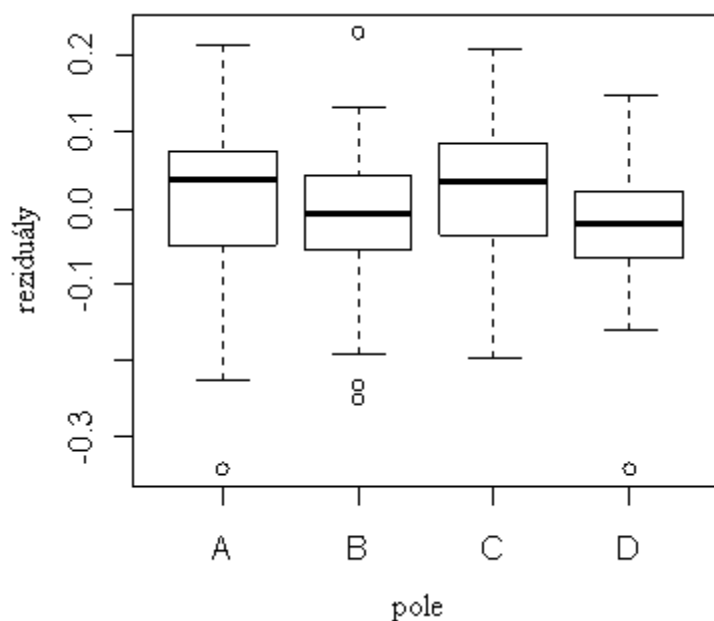
Pro zjištění strukturní tělesné velikosti u *A. dorsalis* postačuje měřit pouze délku krovky, ale u druhu *P. cupreus* potřebujeme pro přesnější výsledky změřit jak délku krovky, tak i délku stehna (Tabulka 1).



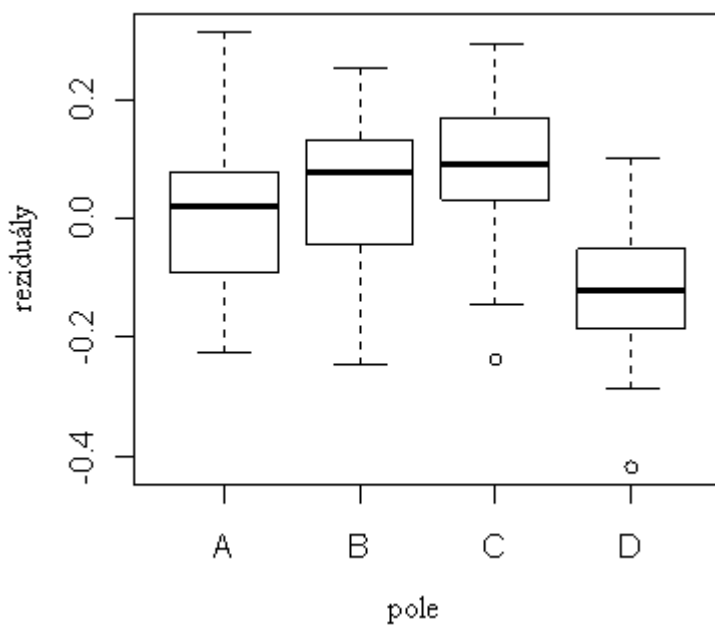
Obr. 2: Vztah mezi živou a suchou hmotností u *A. dorsalis* ($r = 0,679$, $t = 14,251$, $P < 0,001$, $df = 237$).



Obr. 3: Vztah mezi živou a suchou hmotností u *P. cupreus* ($r = 0,491$, $t = 8,461$, $P < 0,001$, $df = 225$).

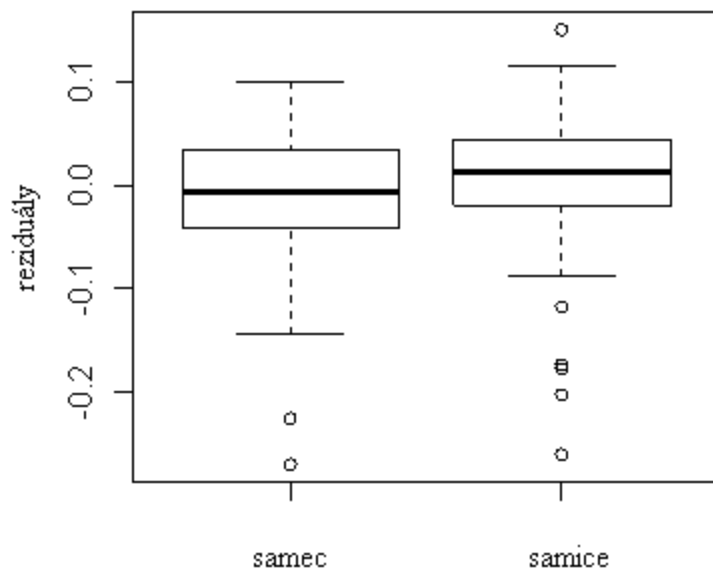


Suchá hmotnost – odlišující se pole: D-C.

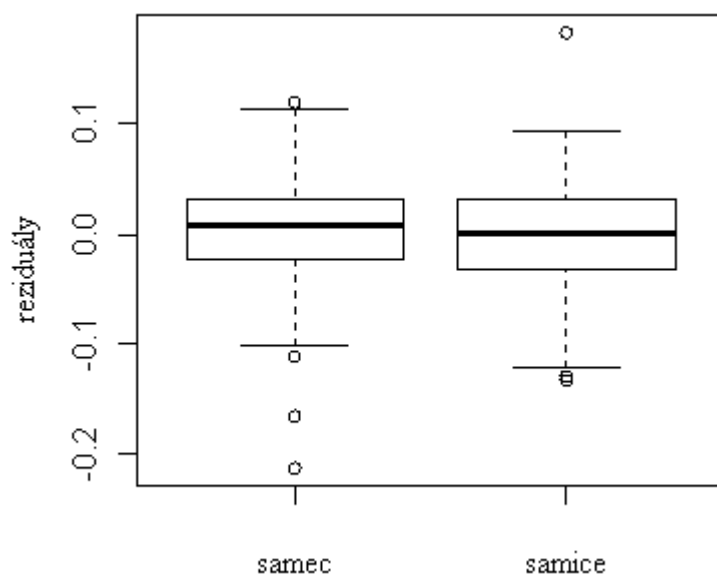


Živá hmotnost – odlišující se pole: A-C, A-D, B-D, C-D.

Obr. 4: Rozdíly v kondici brouků *A. dorsalis* mezi jednotlivými poli. Obrázek ilustruje odlišné výsledky, které poskytují použití živé či suché hmotnosti ve studiích kondice členovců.

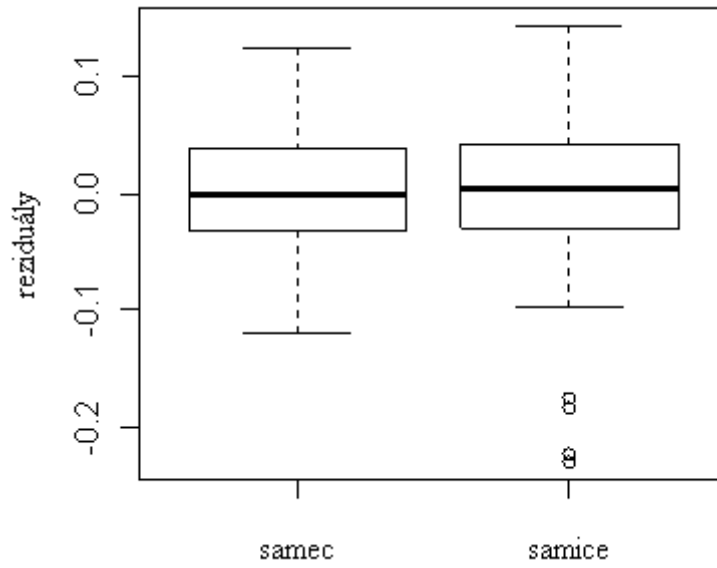


Suchá hmotnost ($F = 3,88$, $P < 0,050$, $df = 1$)

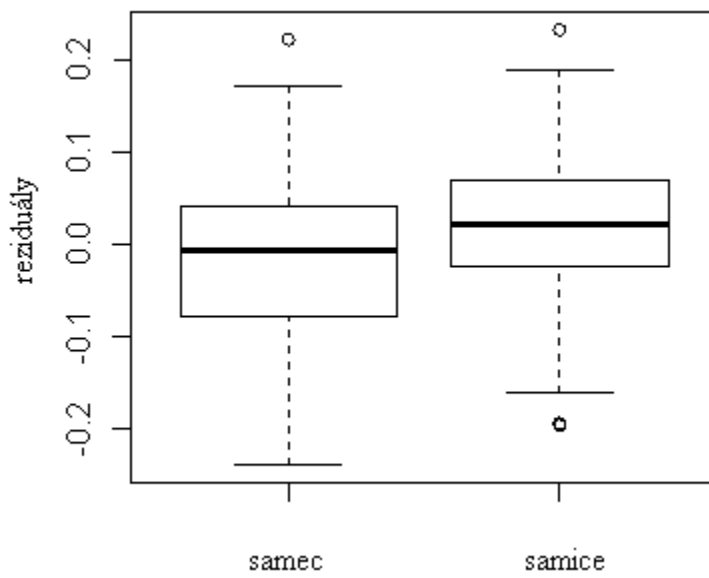


Živá hmotnost (nesignifikantní).

Obr. 5: Rozdíly v kondici mezi pohlavími u druhu *P. cupreus* v případě, že měřím kondici pomocí živé či suché hmotnosti.



Suchá hmotnost (nesignifikantní).



Živá hmotnost ($F = 16,72$, $P < 0,001$, $df = 1$).

Obr. 6: Rozdíly v kondici mezi pohlavími u druhu *A. dorsalis* v případě, že měřím kondici pomocí živé či suché hmotnosti.

5. DISKUZE

V mém výzkumu jsem zjistila, že suchá a živá hmotnost u obou druhů dává velice odlišné výsledky. Podle Greena (2001) je živá hmotnost pravděpodobně nejčastěji užívanou proměnnou k vyjádření tělesné kondice. Plaistow & Siva Jothy (1996) určovali tělesnou kondici pomocí suché hmotnosti a svalové hmoty. Ale oproti tomu Rolff & Joop (2002) tvrdí, že za mnohem přesnější měřítko kondice se považuje suchá hmotnost. Je to pravděpodobně dané různým obsahem vody u zkoumaných jedinců (např. jedinci sbíraní po deštích mohou mít vyšší obsah vody, než ti, kteří byli sbíraní za slunečného počasí).

Z výsledků je patrné, že k vyjádření tělesné velikosti u *A. dorsalis* postačuje měřit pouze délka krovky. Je to nejspíše způsobené tím, že je tento druh střevlíka menší a došlo tak k nepřesnému měření menších rozměrů (šířka štítku a délka zadního stehna. Barone & Frank (2003), ale i další ve své práci užívají k vyjádření velikosti zvířete pouze jeden rozměr (délka krovky). U střevlíka *P. cupreus* jsem musela kromě délky krovky použít současně i délku stehna. Pro přesnější stanovení velikosti je tedy dobré měřit více parametrů najednou.

Střevlíci druhu *A. dorsalis* měli nejvyšší kondici na lokalitě C (živá hmotnost) a A (suchá hmotnost). Nejnižší kondice byla na lokalitě D (živá a suchá hmotnost). Mohlo by to být tím, že na lokalitě D je travnatá příjezdová cesta, která končí uprostřed rozlehlých polí a vede k místnímu posedu. Jelikož se zde nevyskytuje taková mez, která by byla vhodná jako úkryt před predátory nebo vyhovující místa k přezimování, tak na tomto místě nemůžeme očekávat silné jedince.

Brouci nejraději přezimují na travnatých a plevelnatých mezích (Barone & Frank 2003). Za vhodnou lokalitu, kde se střevlíkům daří, je pole C a A. Pole C je sice větší, ale meze střevlíkům nejspíše poskytují dostatečný úkryt, množství potravy a vhodná místa k přezimování (travnatá stoka, velké množství křovin a doprovodné ovocné dřeviny). Vhodnější pro střevlíky je oproti C lokalita A. Toto pole má menší rozlohu a je více členěné.

U druhu *P. cupreus* lze pozorovat rozdíl mezi pohlavími pouze při použití suché hmotnosti. Při použití živé hmotnosti byl rozdíl nesignifikantní. U druhu *A. dorsalis* je rozdíl mezi kondicí samců a samic jen při použití živé hmotnosti. Z výsledků vyplývá, že mají lepší kondici samice oproti samcům. U většiny bezobratlých jsou samice větší než samci, proto mají vyšší nároky na množství

potravy. Tráví mnoho času hledáním vhodných míst ke kladení vajíček, což je energeticky nákladné, a tudíž mají méně času na hledání potravy. Dochází k vyšší spotřebě potravy u samic (Bilde & Toft 1998) a tímto mohou mít vyšší kondici.

Ke zkreslení výsledků tělesné kondice může dojít nejen při chybách měření, ale také podle Moya-Laraño et al. (2008) může být hmotnost navyšována silnějším skeletem (*exoskeleton*) a relativním podílem ostatních strukturálních tkání.

6. ZÁVĚR

Tělesná kondice je u všech živočichů velmi důležitou vlastností. Jedinci s vyšší kondicí mohou mít např. vyšší množství potomků, samci s vyšší kondicí vyhrávají souboje o samičku se samci s nižší kondicí, jedinci s vyšší tělesnou kondicí mají menší pravděpodobnost, že budou uloveni predátorem a mají nižší výskyt infekcí či patogenů. Živočichové s nízkou kondicí mají vyšší pravděpodobnost, že brzy umřou.

Suchá a živá hmotnost dávají značně odlišné výsledky pro oba studované druhy. Je tedy zásadní, kterou z těchto veličin při studiu tělesné kondice použijeme.

Co se týká rozměrů reprezentujících velikost organismů (v mém výzkumu jsou to: délka krovky, délka stehna, šířka štítu), je podstatné měřit více parametrů pro stanovení přesnější tělesné kondice.

V tomto výzkumu jsme se dozvěděli, že se suchá a živá hmotnost liší, proto by bylo vyhovující realizovat v budoucnosti další výzkum na toto téma, abychom zjistili, která z těchto proměnných reprezentující kondici, nejvíce souvisí s fitness střevlíků.

7. SEZNAM LITERATURY

- Ahtiainen J. J., Alatalo R. V., Kortet R., Rantala M. J.**, 2006: Immune function, dominance and mating success in drumming male wolf spiders *Hygrolycosa rubrofasciata*. *Behavioral ecology and sociobiology*, 60: 826-832.
- Andersen A.**, 1997: Densities of overwintering carabids and staphylinids (Col, Carabidae and Staphylinidae) in cereal and grass fields and their boundaries. *Journal of applied entomology-zeitschrift fur angewandte entomologie*, 121: 77-80.
- Barone M., Frank T.**, 2003: Habitat age increases reproduction and nutritional condition in a generalist arthropod predator. *Oecologia*, 135: 78-83.
- Bilde T., Toft S.**, 1998: Quantifying food limitation of arthropod predators in the field. *Oecologia*, 115: 54-58.
- Boer P. J. den, Luff M. L., Mossakowski D., Weber F.**, 1986: *Carabid beetles: their adaptations and dynamics*. Gustav Fischer, Stuttgart, pp 371-382.
- Bommarco R.** (a), 1998: Reproduction and energy reserves of a predatory carabid beetle relative to agroecosystem complexity. *Ecological applications*, 8: 846-853.
- Bommarco R.** (b), 1998: Stage sensitivity to food limitation for a generalist arthropod predator, *Pterostichus cupreus* (Coleoptera: Carabidae). *Environmental Entomology*, 27: 864-869.
- Bots J., De Bruyn L., Van Dongen S., Smolders R., Van Gossum H.**, 2009: Female polymorphism, condition differences, and variation in male harassment and ambient temperature. *Biological journal of the linnean*, 97: 545-554.
- Bouška J., Doležal O., Jílek F., Kudrna V., Kapilík J., Příbyl J., Rajmon R., Sedmíková M., Skřivanová V., Šlosárková S., Tyrolová Y., Vacek M., Žižlavský J.**, 2006: *Chov dojného skotu*. Profi Press Praha, 186 pp.
- Braune P., Rolff J.**, 2001: Parasitism and survival in a damselfly: does host sex matter? *Proceedings of the royal society of London series b-biological sciences*, 268: 1133-1137.
- Cavallini P.**, 1996: Comparison of body condition indices in the red fox (*Fissipedia*, Canidae). *Mammalia*, 60: 449-462.
- Dunning J. B., Danielson B. J., Pulliam H. R.**, 1992: Ecological processes that affect populations in complex landscapes. *Oikos*, 65: 169-175.

- Ernsting G., Isaaks J. A., Berg M. P.**, 1992: Life-cycle and food availability indexes in *Notiophilus biguttatus* (Coleoptera, Carabidae). *Ecological entomology*, 17: 33-42.
- Frank T., Kehrli P., Germann C.**, 2007: Density and nutritional condition of carabid beetles in wildflower areas of different age. *Agriculture ecosystems & environment*, 120: 377-383.
- French B. W., Elliott N. C., Berberet R. C., Burd J. D.**, 2001: Effect of riparian and grassland habitats on ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages in adjacent wheat field. *Environmental entomology*, 30: 225-234.
- Gardiner M. M., Landis D. A., Gratton C., Schmidt N., O'Neal M., Mueller E., Chacon J., Heimpel G. E.**, 2010: Landscape composition influences the activity density of Carabidae and Arachnida in soybean fields. *Biological control*, 55: 11-19.
- Garcia-Berthou E.**, 2001: On the misuse of residuals in ecology: testing regression residuals vs. the analysis of covariance. *Journal of animal ecology*, 70: 708–711.
- Gillespie J. P., Kanost M. R., Trenczek T.**, 1997: Biological mediators of insect immunity. *Annual review of entomology*, 42: 611–643.
- Green A. J.**, 2001: Mass/length residuals: Measures of body condition or generators of spurious results? *Ecology*, 82: 1473-1483.
- Holland J.**, 2002: *The agroecology of Carabid beetle*. Intercept – Scientific, Technical, Medical, 356 pp.
- Hoey A. S., McCormick M. I.**, 2004: Selective predation for low body condition at the larval-juvenile transition of a coral reef fish. *Oecologia*, 139: 23-39.
- Hůrka K.**, 1996: *Carabidae České a Slovenské republiky*. Ilustrovaný klíč, *Kabourek Zlín*, 565 pp.
- Chiverton P. A.**, 1988: Searching behavior and cereal aphid consumption by *Bembidion lampros* and *Pterostichus cupreus*, in relation to temperature and prey density. *Entomologia experimentalis et applicata*, 47: 173-182.
- Chiverton P. A., Sotherton N. W.**, 1991: The effects on beneficial arthropods of the exclusion of herbicides from cereal crop edges. *Journal of applied ecology*, 28: 1027-1039.
- Ježková M., Frelich J., Maršálek M.**, 2004: Posuzování výživného stavu dojníc po porodu. *Agromagazín*, 5: 52-56.
- Jones R. E., Petrell R. J., Pauly D.**, 1999: Using modified length-weight relationships to assess the condition of fish. *Aquacultural engineering*, 20: 261-276.

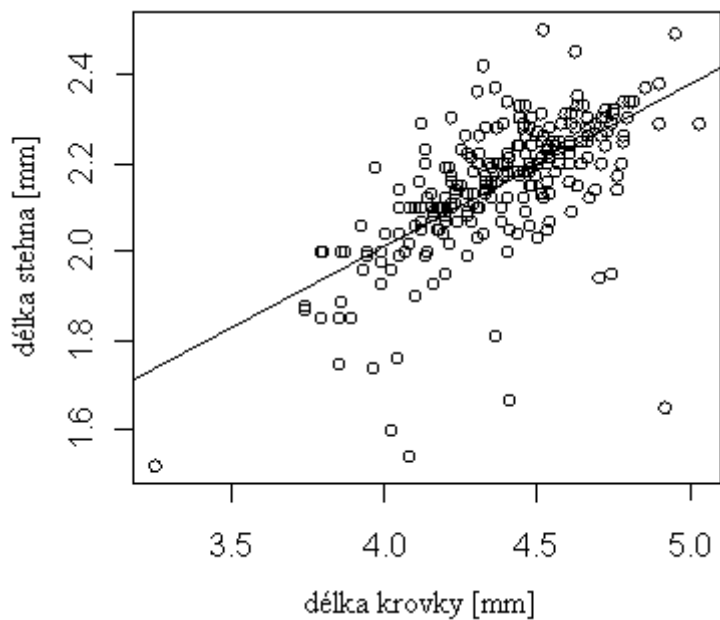
- Kotiaho J. S., Simmons L. W., Tomkins J., L.,** 2001: Towards a resolution of the lek paradox. *Nature*, 410: 684-686.
- Kromp B.,** 1999: Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture ecosystems & environment*, 74: 187–228.
- Larsen K. I., Work T. T., Purrington F. F.,** 2003: Habitat use patterns by ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of northeastern Iowa. *Podobiologia*, 47: 288-299.
- Lavine M. D., Strand M. R.,** 2002: Insect hemocytes and their role in immunity. *Insect biochemistry and molecular biology*, 32:1295–1309.
- Lövei G. L., Sunderland K. D.,** 1996: Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual review of entomology*, 41: 231-256.
- Luff M. L.,** 1978: Diel activity patterns of some field carabidae. *Ecological entomology*, 3: 53-62.
- Luiselli L., Capula M., Shine R.,** 1996: Reproductive output, costs of reproduction, and ecology of the smooth snake, *Coronella austriaca*, in the eastern Italian Alps. *Oecologia*, 106: 100–110.
- Mappes J., Alatalo R. V., Kotiaho J., Parri S.,** 1996: Viability costs of condition-dependent sexual male display in a drumming wolf spider. *Proceedings of the royal society of London series B-biological sciences*, 263: 785–789.
- Maršálek M., Zedníková J., Pešta V., Kubešová M.,** 2008: Reprodukce holštýnského skotu v závislosti na doživosti a kondici. *Journal central european agriculture*, 9: 621-628.
- Meka J. M., McCormick S. D.,** 2005: Physiological response of wild rainbow trout to angling: impact of angling duration, fish size, body condition, and temperature. *Fisheries research*, 72: 311-322.
- Merila J., Svensson E.,** 1997: Are fat reserves in migratory birds affected by condition in early life? *Journal of avian biology*, 28: 279-286.
- Møller A. P., Saino N.,** 1994: Parasites, immunology of hosts, and host sexual selection. *Journal of Parasitology*, 80: 850–858.
- Moya-Laraño J., Macías-Ordóñez R., Blanckenhorn W. U., Fernández-Montraveta C.,** 2008: Analysing body condition: mass, volume or density? *Journal of animal ecology*, 77: 1099-1108.
- Öberg S.,** 2009: Influence of landscape structure and farming practice on body condition and fecundity of wolf spiders. *Basic and applied ecology*, 10: 614-621.

- Östman Ö., Ekblom B., Bengtsson J., Weibull A. C.**, 2001: Landscape complexity and farming practice influence the condition of polyphagous carabid beetles. *Ecological applications*, 11: 480-488.
- Östman Ö.**, 2005: Asynchronous temporal variation among sites in condition of two carabid species. *Ecological entomology*, 30: 63-69.
- Pavel V., Chutný B.**, 2004: Vysoký počet částečných albínů v populacích slavíků modráčků (*Luscinia svecica*) hnízdících v České republice. *Panurus*, 14: 77-84.
- Plaistow S., Siva Jothy M. T.**, 1996: Energetic constraints and male-securing tactics in the damselfly *Calopteryx splendens xanthostoma* (Charpentier). *Proceedings of the royal society of London series B-biological sciences*, 263: 1233-1239.
- R Development Core Team**, 2010: A Language and Environment for Statistical Computing. Available from www.r-project.org
- Rivero A., Casas J.**, 1999: Rate of nutrient allocation to egg production in parasitic wasp. *Proceedings of the royal society B-biological sciences*, 266: 1169–1174.
- Rolff J., Joop. G.**, 2002: Estimating condition: pitfalls of using weight as a fitness correlate. *Evolutionary ecology research*, 4: 931-935.
- Rowe, L., Houle D.**, 1996: The lek paradox and the capture of genetic variance by condition dependent traits. *Proceedings of the royal society of London series B-biological sciences*, 263: 1415–1421.
- Schulte-Hostedde A. I., Zinner B., Millar J. S., Hickling G. J.**, 2005: Restitution of mass-size residuals: Validating body condition indices. *Ecology*, 86: 155-163.
- Shine R., LeMaster M. P., Moore I. T., Olsson M. M., Mason R. T.**, 2001: Bumpus in the snake den: Effects of sex, size, and body condition on mortality of red-sided garter snakes. *Evolution*, 55: 598-604.
- Stanovský J., Pulpán J.**, 2006: *Střevlíkovití brouci Slezska (severovýchodní Moravy)*. Muzeum Beskyd Frýdek-Místek, 159 pp.
- Stephens D. W., Krebs J. R.**, 1986: *Foraging theory*. Princeton: Princeton University Press.
- Thiele H. U.**, 1977: *Carabid beetles in their environments: A study on habitat selection by adaptations in physiology and behaviour*. Springer-Verlag, Berlín a New York, 369 pp.
- Urban F., Bouška J., Čermák V., Doležal O., Fulka jr., J., Fulka J., Futerová J., Homolka P., Jílek F., Kudrna V., Loučka R., Machačová E., Marounek M.**,

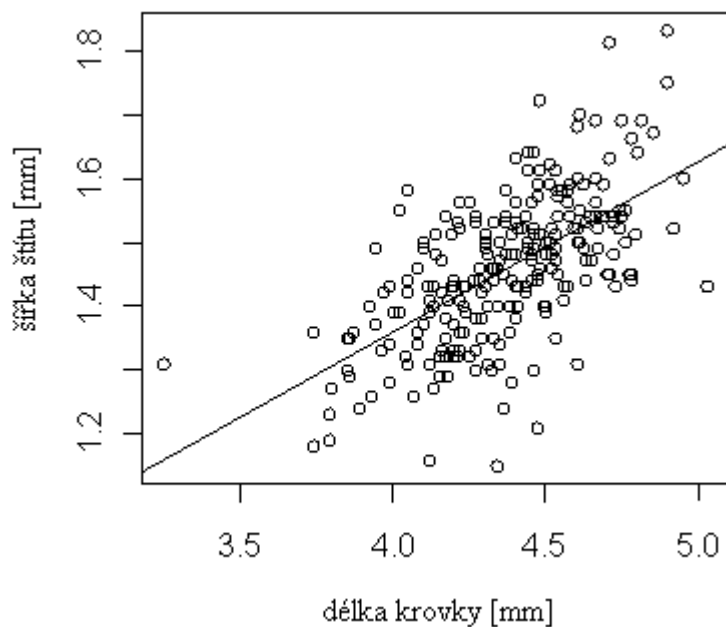
- Mikšík J., Mudřík Z., Petr J., Poděbradský Z., Šereda L., Skřivanová V., Váchal J., Vetýška J., Žižlavský J., 1997:** *Chov dojeného skotu*. Praha: APROS, 289 pp.
- Van Dijk T. S., 1994:** On the relationship between food, reproduction and survival of 2 carabid beetles – *Calathus melanocephalus* and *Pterostichus versicolor*. *Ecological entomology*, 19: 263-270.
- Van Dijk T. S., Den Boer P. J., 1992:** The life histories and population dynamics of two carabid species on a Dutch heathland. *Oecologia*, 90: 340-352.
- Wallin H., 1985:** Spatial and temporal distribution of some abundant carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) in cereal fields and adjacent habitats. *Pedobiologia*, 28: 19-34.
- Wallin H., Chiverton P. A., Ekbohm B. S., Borg A., 1992:** Diet, fecundity and egg size in some polyphagous predatory carabid beetles. *Entomologia experimentalis et applicata*, 65: 129-140.
- Washburn J. O., Kirkpatrick B. A., Volkman L. E., 1996:** Insect protection against viruses. *Nature*, 383: 767 p.
- Wigglesworth V. B., 1966:** *The principles of insect physiology*. London: Methuen.
- Ziegler R., Van Antwerpen R., 2006:** Lipid uptake insect oocytes. *Insect biochemistry and molecular biology*, 36: 264-272.
- Zuk M., Johnsen T. S., 2000:** Social environment and immunity in male red jungle fowl. *Behavioral ecology*, 11:146–153.

8. Přílohy

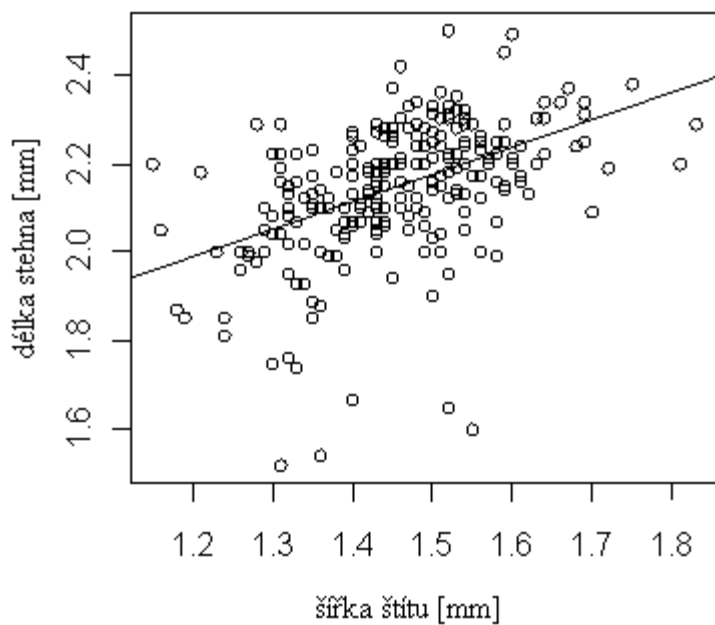
Příloha č. 1: Vztahy mezi jednotlivými tělesnými rozměry u *A. dorsalis*.



($r = 0,637$, $t = 12,721$, $P < 0,001$, $df = 237$).

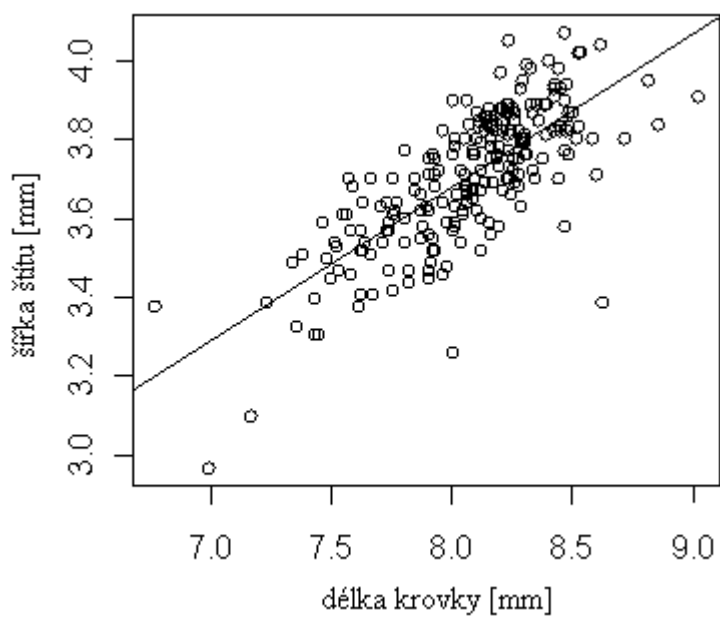


($r = 0,618$, $t = 12,103$, $P < 0,001$, $df = 237$).

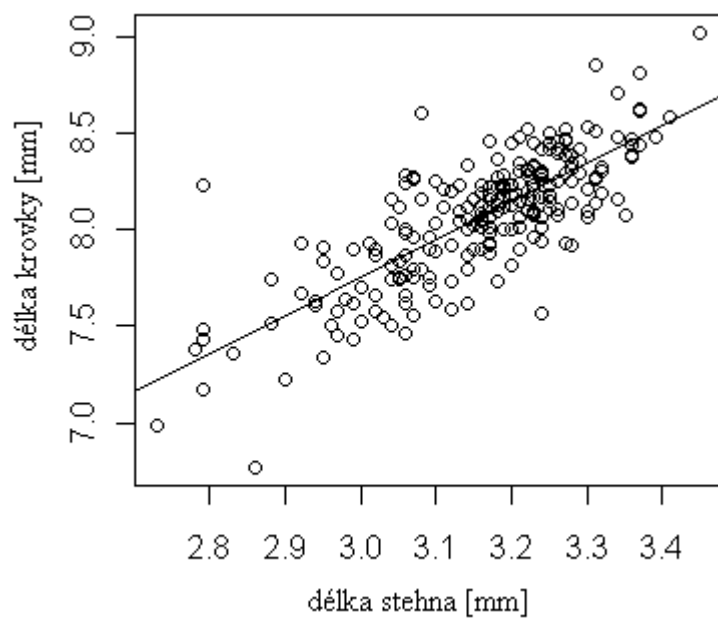


($r = 0,466$, $t = 8,105$, $P < 0,001$, $df = 237$).

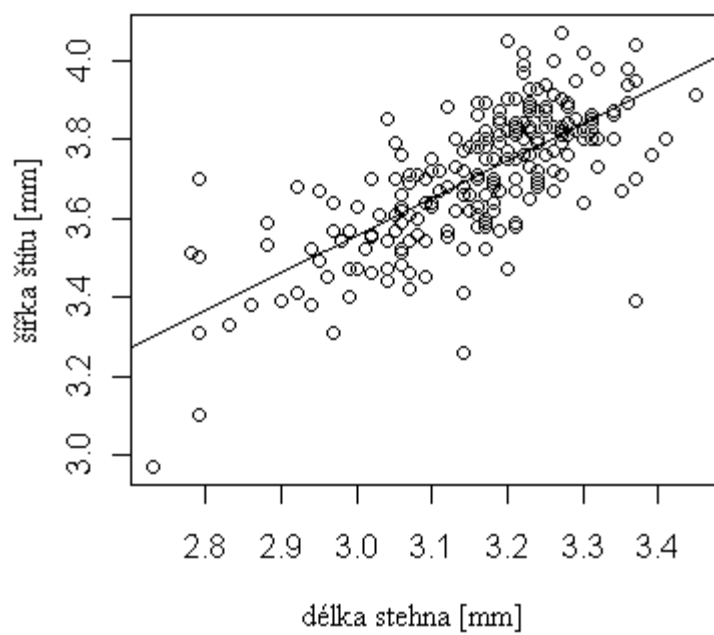
Příloha č. 2: Vztahy mezi jednotlivými tělesnými rozměry u *P. cupreus*.



($r = 0,786$, $t = 16,934$, $P < 0,001$, $df = 225$).



($r = 0,782$, $t = 18,833$, $P < 0,001$, $df = 225$).



($r = 0,718$, $t = 15,478$, $P < 0,001$, $df = 225$).