



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
PEDAGOGICKÁ FAKULTA  
KATEDRA BIOLOGIE**

**Diplomová práce**

**Růst a variabilita jedinců vodní plošnice znakoplavky obecné  
(*Notonecta glauca*) (Heteroptera: Nepomorpha: Notonectidae)  
charakterizované prostřednictvím individuálních ontogenezí**

**Šárka Placková**

**Vedoucí práce: prof. RNDr. Miroslav Papáček, CSc.**

**Konzultant: RNDr. Tomáš Ditrich, Ph.D**

**České Budějovice, 2015**

Prohlašuji, že svoji magisterskou diplomovou práci jsem vypracoval/a samostatně, pouze s pomocí konzultací a připomínek vedoucího diplomové práce a použitím pramenů a literatury v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské/diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledky obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz, provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 30. 4. 2015

Šárka Placková

.....

Chtěla bych tímto poděkovat vedoucímu diplomové práce prof. RNDr. Miroslavu Papáčkovi, CSc. za odborné vedení mé práce, za pomoc, trpělivost, ochotu a čas, který mi po celou dobu věnoval, za poskytnutí odborné literatury a pomoc s odchytem materiálu.

Děkuji RNDr. Tomáši Ditrichovi, Ph.D. za pomoc při zpracování dat, paní Mirce Krovové za vstřícnost a poskytnutí technického zázemí a všem zaměstnancům katedry biologie PF JU.

Děkuji Mgr. Simoně Pilařové za spolupráci při péči o chovy, své rodině a přátelům, za veškerou pomoc, ochotu, podporu a toleranci, při realizaci této diplomové práce.

## **Abstrakt:**

**Placková Š., 2015: Růst a variabilita jedinců vodní plošnice znakoplavky obecné (*Notonecta glauca*) (Heteroptera: Nepomorpha: Notonectidae), charakterizované prostřednictvím individuálních ontogenezí.** Magisterská diplomová práce, Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice. 98 s.

V této práci byl zkoumán vliv konkrétních environmentálních faktorů (teplota a dostupnost potravy) na růst a vývoj znakoplavky obecné (*Notonecta glauca* Linnaeus, 1758). Jedinci byli chováni individuálně v laboratorních podmínkách od ekloze po dospělice. Pro individuální chovy bylo vytvořeno šest různých variant experimentu kombinující tři různé teploty (25 °C, 22 °C, 19 °C) a dva režimy dostupnosti potravy v každé z teplotních variant (full - krmení denně, red - krmení obden).

Vývoj a růst znakoplavky byl významně ovlivněn teplotou i dostupností potravy. Podle předpokladu, nejdéle trval vývoj jedincům chovaným při nejnižší teplotě (19 °C) a nejrychleji se vyvíjeli jedinci ve variantě pokusu s nejvyšší teplotou (25 °C). Ve všech teplotách byla zaznamenána poměrně vysoká mortalita jedinců (kolem 50 %). Nejvyšší mortalita byla zjištěna v chovech s teplotou 25 °C s krmením obden. Nejlépe přežívali jedinci ve variantě pokusu s nejvyšší teplotou (25 °C), krmení denně. Lze proto usuzovat na to, že mortalita nebyla závislá na teplotě, ale na potravním režimu. Obecně pak – nižší teploty a krmení obden v chovech prodlužovalo vývoj a limitovalo prospívání vyvíjejících se jedinců.

Bylo zjištěno, že velikost jednotlivých rozměrů a konečná velikost vyvíjejících se jedinců jsou závislé na pohlaví, přičemž samice dorůstaly do větších rozměrů. Růst samců i samic byl rovněž ovlivňován teplotou i potravním režimem.

**Klíčová slova:** *Notonecta glauca*, morfometrie, teplota, potrava, růst, délka vývoje, mortalita.

**Vedoucí práce:** prof. RNDr. Miroslav Papáček, CSc.

**Konzultant:** RNDr. Tomáš Ditrich, Ph.D.

Diplomová práce byla řešena v rámci projektu GA ČR P505/10/0096.

## **Abstract:**

**Placková Š., 2015: Growth and variability of the backswimmer *Notonecta glauca* (Heteroptera: Nepomorpha: Notonectidae) characterized by individual ontogeneses.** MSc. Thesis, University of South Bohemia, Faculty of Education, České Budějovice. 98 pp

This thesis has studied and investigated the effects of specific environmental factors (temperature and food availability) on the growth and postembryonic development of the backswimmer (*Notonecta glauca*, Linnaeus, 1758). Backswimmers were kept individually in laboratory rearing from the eclosion into its adulthood stages. For each breed six different types of experiments were made, combining three different temperatures (25 °C, 22 °C, 19 °C) and also two different modes of food availability (full – feeding every day, red – feeding every second day) in each temperature.

Development and growth of backswimmers were strongly influenced by temperatures and food availability. Specimens developed slowest when the lowest temperature was set, i.e. 19 °C and the fastest when highest temperature was set, i.e. 25 °C. Mortality has been comparable in all temperature variants (around 50 %) of breedings. The highest mortality rate was detected in breedings guided under the highest temperature with reduced food availability. The best surviving specimens were those existing in the highest temperature, and which were fed every day. Mortality of this species was not caused by temperature, but by food availability. This factor influences survival of developed specimens by substantial way. Generally, lower temperatures and food reduction prolonged development and also limited the prosperity of backswimmers.

It was found that the size of each measurement and the final body size of every backswimmer are influenced by sex, where females grow always into bigger proportions than males. The temperatures and food availability significantly influenced the growth of males and females, as well.

**Key words:** *Notonecta glauca*, morphometry, temperature, food, growth, development length, mortality.

**Supervisor:** prof. RNDr. Miroslav Papáček, CSc.

**Consultant:** RNDr. Tomáš Ditrich, Ph.D.

This thesis was supported by the project GA ČR P505/10/0096.

# Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>LITERÁRNÍ PŘEHLED</b> .....	<b>2</b>
2.1	Zběžná charakteristika hmyzu a jeho vývoje .....	2
2.2	Růst .....	3
2.3	Vývojové typy hmyzu a postembryonální vývoj.....	3
2.4	Exoskelet a kutikula .....	6
2.5	Tvorba nové kutikuly a proces svlékání staré kutikuly.....	8
2.6	Dyarovo pravidlo .....	9
2.7	Hormonální řízení vývoje a ekdyse .....	11
2.8	Ploštice .....	12
2.9	Životní cykly, morfometrie a růst vodních ploštic .....	16
<b>3</b>	<b>MATERIÁL A METODIKA</b> .....	<b>21</b>
3.1	Studovaný organismus – znakoplavka obecná ( <i>Notonecta glauca</i> Linnaeus, 1758) .....	21
3.2	Sběr materiálu a práce v terénu .....	25
3.3	Chovy .....	25
3.4	Fotodokumentace.....	29
3.5	Měření a přehled měřených parametrů .....	30
3.6	Statistické vyhodnocování.....	34
3.7	Seznam použitých zkratk v kapitole VÝSLEDKY .....	35

<b>4</b>	<b>VÝSLEDKY</b> .....	<b>36</b>
4.1	Mortalita .....	36
4.2	Závislost rozměrů těla a nohou na pohlaví vyvíjejících se jedinců v různých teplotních a potravních režimech chovů .....	38
4.3	Závislost rozměrů těla a nohou na pohlaví vyvíjejících se jedinců v různých teplotních režimech chovů.....	44
4.4	Závislost rozměrů těla a nohou na pohlaví vyvíjejících se jedinců v různých potravních režimech chovů .....	47
4.5	Závislost rozměrů těla a nohou na pohlaví vyvíjejících se jedinců .....	49
4.6	Vliv teploty a potravního režimu chovů na růst samic .....	50
4.7	Vliv teploty a potravního režimu chovů na růst samců .....	63
4.8	Vliv teploty a potravního režimu chovů na délku vývoje jednotlivých instarů v jednotlivých treatmentech .....	76
4.9	Celková délka vývoje samic v závislosti na teplotě a potravním režimu .....	76
4.10	Celková délka vývoje samců v závislosti na teplotě a potravním režimu.....	77
4.11	Celková délka vývoje druhu .....	78
4.12	Vliv potravního režimu v konkrétní teplotě na délku vývoje jednotlivých instarů.....	81
<b>5</b>	<b>DISKUSE</b> .....	<b>83</b>
5.1	Mortalita .....	83
5.2	Závislost rozměrů těla a nohou na pohlaví vyvíjejících se jedinců v různých teplotních a potravních režimech chovů .....	85
5.3	Závislost rozměrů těla a nohou na pohlaví vyvíjejících se jedinců v různých teplotních režimech chovů.....	86

5.4	Závislost rozměrů těla a nohou na pohlaví vyvíjejících se jedinců v různých potravních režimech chovů .....	86
5.5	Závislost rozměrů těla a nohou na pohlaví vyvíjejících se jedinců .....	87
5.6	Vliv teploty a potravního režimu chovů na růst samců a samic .....	87
5.7	Vliv teploty a potravního režimu chovů na délku vývoje jednotlivých instarů v jednotlivých treatmentech .....	88
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>90</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>92</b>



# 1 ÚVOD

Znakoplavka obecná (*Notonecta glauca* Linnaeus, 1758) je tradičním modelovým zástupcem vodních ploštic (Heteroptera: Nepomorpha) a bývá často využívána pro behaviorální, fyziologické i ekologické studie pro její celkem běžný výskyt, populační hustotu i zastoupení v taxocenech a poměrně velké rozměry těla. Řada autorů podrobně studovala především jejich životní cyklus, vývoj a růst na jedincích odchycených v terénu. U populací žijících v přírodě však neznáme přesně hodnoty environmentálních proměnných, tj. faktorů jako je teplota, fluktuace teploty, dostupnost potravy, populační denzita či různé disturbance, které do značné míry právě růst a vývoj ovlivňují. Proto byla zadána tato diplomová práce, aby studovala individuální vývoj znakoplavky v závislosti na řízených environmentálních podmínkách v laboratorním prostředí a v této souvislosti byly stanoveny základní výzkumné otázky:

- 1) Jak ovlivňují environmentální faktory (teplota a dostupnost potravy) růst, vývoj a mortalitu znakoplavky obecné?
- 2) Mají tyto environmentální faktory odlišný vliv na růst a vývoj samců a samic?
- 3) Jak ovlivňují tyto environmentální faktory délku vývoje znakoplavky obecné?

Pro řešení těchto otázek jsme postupovali tak, že v terénu byli odchyceni dospělci, jež byli chováni pouze za účelem rozmnožení a naklazení vajíček. Předmětem výzkumu průběhu individuálního vývoje byli následně právě jejich potomci, kteří byli chováni a sledováni od ekloze po dospěléce za řízené fotoperiody, ve třech teplotních variantách a dvou potravních režimech experimentálních chovů. To umožnilo sledovat individuální ontogenezi a morfometrickou variabilitu každého jedince zvlášť a díky tomu jsme mohli v této diplomové práci shromáždit, zdokumentovat a vyhodnotit data získaná v průběhu kompletního postembryonálního vývoje každého jedince, zařazeného do těchto experimentálních chovů.

## 2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1 Zběžná charakteristika hmyzu a jeho vývoje

Hmyz (Arthropoda: Hexapoda: Insecta) je skupinou členovců zahrnující početně nejvíce živočichů na světě. Můžeme jeho zástupce nalézt téměř na všech suchozemských biotopech a ve vzduchu. Řada druhů se též dokonale adaptovala na akvatický a subakvatický způsob života (Lellák, 1972). Zástupci hmyzu osídlili téměř všechna vodní prostředí, od stojatých, mírně tekoucích vod, přes prudké řeky, pobřeží až k otevřenému moři.

Pro naprostou většinu druhů je typický gonochorismus, to znamená, že jsou odděleného pohlaví, aktivně vyhledávají sexuálního partnera a páří se. Jsou ale i druhy, které nekopulují a k přenosu spermií dochází nepřímou, např. prostřednictvím odložených spermatoforů samcem, jež si samice sama vloží do pohlavních orgánů. Některé druhy hmyzu se rozmnožují i partenogeneticky (Hůrka, Čepická, 1978).

Vývoj hmyzu je postupným procesem metamorfózy. Během vývoje jedinec prochází v závislosti na vývojové strategii na sebe navazujícími stádii - vajíčko, několik stadií (instarů) larev (nymf), kukla (pupa) (stádium vyskytující se jen u hmyzu s proměnou dokonalou) a dospělec (imago). Samice hmyzu většinou kladou polylecitální (centrolecitální) vajíčka a téměř celý postembryonální vývoj se uskutečňuje mimo samičí tělo, po naklazení vajíček – oviparie (vejcorodost). Známe ale i druhy ovoviviparní (vejcoživorodé), kdy se bezprostředně po naklazení líhne z vajíčka larva či viviparní (živorodé) s larválním vývojem probíhajícím uvnitř těla samice (Hůrka, Čepická, 1978).

Jednotlivé druhy hmyzu mohou mít v závislosti na životních podmínkách různý počet generací v jednom roce. Monovoltinní (univoltinní) druhy jsou schopny produkce pouze jedné generace během jednoho roku, bivoltinní (divoltinní) druhy mají dvě generace, a to zpravidla první časně z jara a druhou na podzim. Druhy mající více jak dvě

generace označujeme jako polyvoltinní a druhy, jejichž reprodukční cyklus trvá déle než jeden rok jako druhy semivoltinní (např. Papáček, 2011).

## 2.2 Růst

U mnohobuněčných organismů se růst uskutečňuje na buněčné úrovni, na úrovni tkáně a na úrovni celého organismu. Růst probíhá jako nevratný děj a to třemi níže uvedenými způsoby: **hyperplazie** - dělení buněk, **hypertrofie** - zvětšování objemu buněk a **apozice** - hromadění extracelulárního i intracelulárního matrix (Sládeček, 1986).

Organismy mají při růstu geneticky zakódovanou tzv. konečnou velikost, která zajišťuje ideální poměr mezi velikostí objemu organismu a velikostí povrchu jeho těla. Při těchto optimálních podmínkách nejlépe fungují orgánové i fyziologické soustavy. Lze tedy říci, že růst živočichů je determinovaný proces. U některých druhů existují i výjimky, kdy růst je tzv. indeterminovaný (neukončený), to znamená, že jedinec nepřetržitě roste i v dospělosti (Romanovský, 1988).

Růst hmyzu je téměř vždy výhradně omezen na larvální stádia, respektive na dobu mezi jednotlivými svlékáními. Běžně se používá pojem - růst skokem (Varausová, 2014). Děje se tak proto, že hmyz nemůže růst kontinuálně. Omezuje ho pevná, co do objemu omezeně flexibilní nebo téměř neflexibilní vnější kostra (exoskelet) (Gillott, 1995). Proto se během růstu v několika cyklech za sebou opakuje svlékání kutikuly, dokud není dosaženo imaga. Je to i jeden z důvodů, proč je často juvenilní fáze vývoje hmyzu podstatně delší, než fáze dospělého (např. Nation, 2002).

## 2.3 Vývojové typy hmyzu a postembryonální vývoj

Hmyz tradičně dělíme podle typu vývoje. Autoři různých publikací o hmyzu a entomologii se v pojetí klasifikace podle způsobu vývoje mírně rozcházejí. Princip základního dělení však zůstává stejný.

Gillott (1995) rozděluje hmyz do dvou hlavních skupin - Apterygota a Pterygota. Rozsáhlejší skupina Pterygota je dále dělena na Exopterygota a Endopterygota.

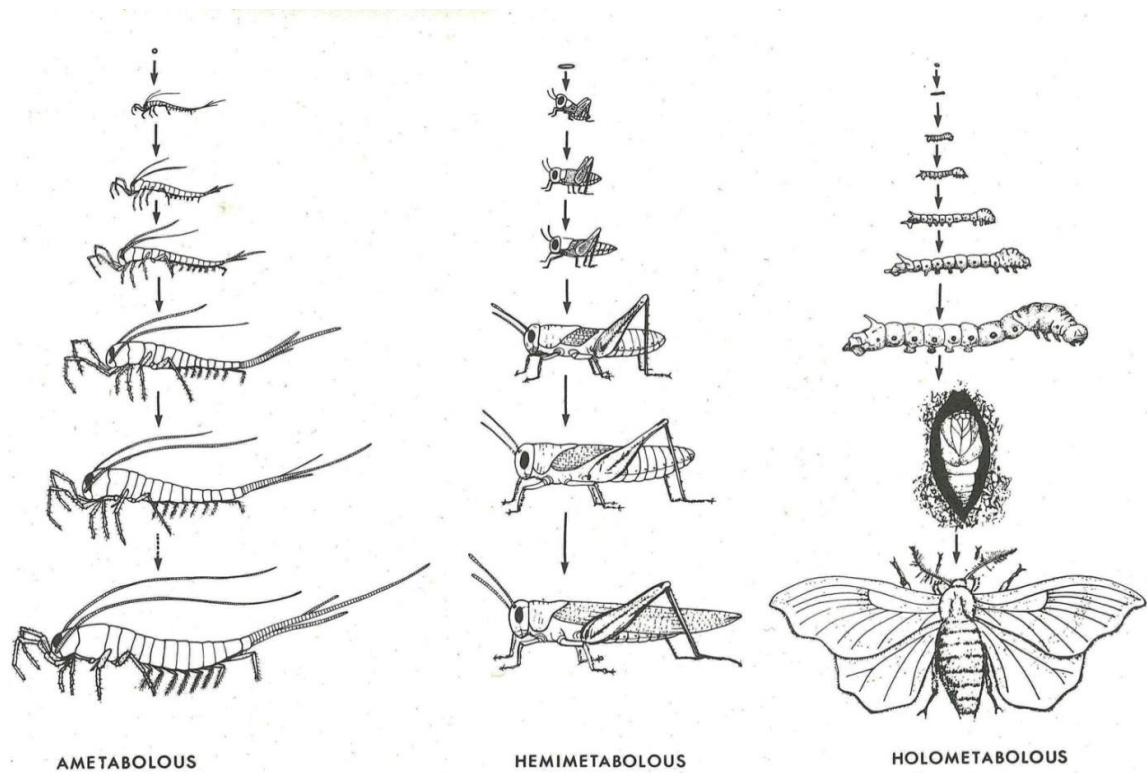
Skupina Apterygota zahrnuje chvostnatky, rybenky a ostatní primitivní zástupce Hexapoda, jež jsou apterní i v dospělosti a kontinuálně se svlékají až do konce života. Postrádají tzv. finální svlékací stádium, čili mají neukončený růst (Sládeček, 1986). U této skupiny hmyzu jsou strukturální rozdíly mezi juvenilními a dospělými jedinci velmi nepatrné, proto jsou také označovány jako Ametabola (Gillott, 1995) (viz obr. 1). Počet svlékání u těchto živočichů je často vysoký a variabilní. Klasickým příkladem je rybenka skleníková (*Thermobia domestica*), u které bylo zjištěno mezi 45 - 60 ekdysemi (Gillott, 1995).

Skupina Exopterygota (Hemimetabola) neboli hmyz s **proměnou nedokonalou** prochází při vývoji sérií po sobě jdoucích svlékání (ekdysí). Od prvního juvenilního stádia (instaru) je nymfa více méně podobná dospělci, až na menší vzrůst, nevyvinuté gonády a křídla (viz obr. 1). Základy křídel jsou však patrné už během vývoje (Campbell a Reece, 2008). Na konci juvenilního období se finální stádium svleče rovnou do dospělého. Exopterygota mají běžně fixní počet svlékání a to mezi 4. – 5. ekdysemi. Výjimku tvoří jepice (*Ephemeroptera*) a vážky (*Odonata*). Jepice mají velmi dlouhý nymfální vývoj (2 - 3 roky) a jisté druhy se svlékají během této doby až 45krát (Gillott, 1995). Počet ekdysí však může být ovlivněn externími či interními činiteli. Z řad externích vlivů je asi nejvýznamnější teplota. Různé druhy hmyzu však reagují různě. U některých se počet ekdysí při vyšší teplotě snižuje (př. bělásek zelený - *Pieris brassicae*), oproti tomu u kudlanky (*Sphodromantis*) se počet zvyšuje z devíti na jedenáct (Obenberger, 1952). Teplota je celkově jedním z nejdůležitějších vnějších faktorů. Má podstatný vliv i na délku trvání jednotlivých instarů. Podle Arrheniovy rovnice, má teplota obecně účinek na rychlost chemických reakcí (ve fyziologické rovině), to znamená, že v podstatě je délka vývoje závislá na teplotě (Spence a Andersen, 1994, Janošík a kol., 2004, in Paulová, 2012).

Z interních činitelů můžeme uvést například, že počet ekdysí může být jiný u samce a samice téhož druhu.

U mnohých druhů hmyzu je však počet svlékání geneticky zakódován a externí vlivy na počet svlékání vliv nemají (Gullan a Cranston, 2010 in Paulová, 2012).

Endopterygota (Holometabola), čili hmyz s **proměnou dokonalou**, má charakteristický vývoj s fázemi - vajíčko, larva, kukla (pupa) a dospělec (imago). Larva se od imaga vzhledově výrazně liší (viz obr. 1), nikdy nemá vnější rudimenty křídel, běžně má jiný typ ústního ústrojí, což koreluje s odlišnou potravní nikou, než jakou reprezentuje dospělec. Po dovršení larvální fáze přechází živočich do stádia kukly, kdy se jedinec nachází ve vegetativním klidu, to znamená, bez pohybových projevů, příjmu potravy a prochází kompletní metamorfózou. Soudě podle toho, že téměř 90 % druhů hmyzu patří do této skupiny, je tento typ vývoje pravděpodobně výhodnější a vývojově progresivnější (Hůrka, Čepická, 1978).

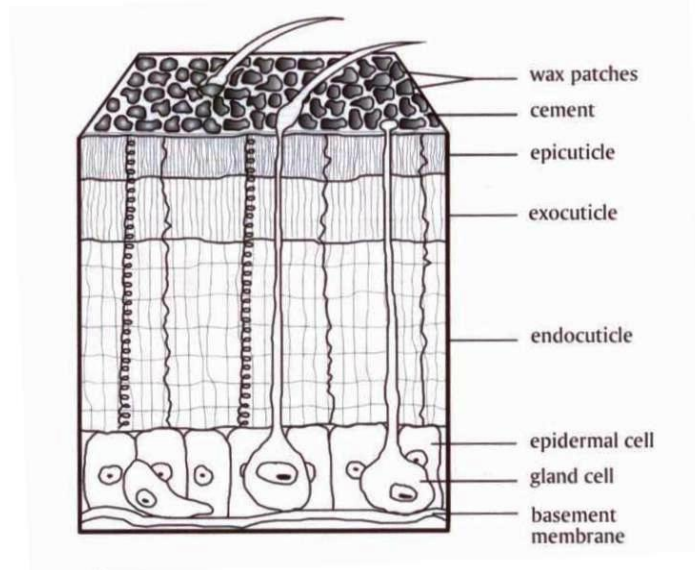


Obr. 1. Rozdělení hmyzu podle základních typů vývoje (převzato z Gillott, 1995, Fig. 21.4, str. 601); Legenda: Ametabolous - Ametabola, Hemimetabolous - Hemimetabola, Holometabolous – Holometabola.

## 2.4 Exoskelet a kutikula

Povrch těla (exoskelet) u hmyzu tvoří basální membrána, epidermis a kutikula, zastávající celou řadu funkcí. Především je pevnou vnější oporou (kostrou). Chrání vnitřní prostředí před vnějšími vlivy, brání pronikání nebo naopak přílišné evaporaci vody z těla, upíná se na ni svalstvo, též slouží jako metabolický rezervoár a obsahuje barevné pigmenty, čili tvoří zbarvení živočicha (Gillott, 1995).

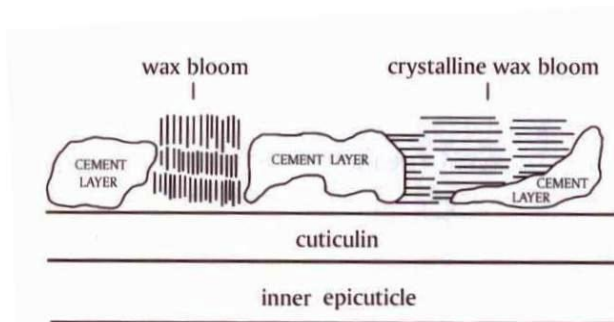
Sklerotizovaná vrstva - kutikula - je tvořena několika vrstvami: epikutikula, exokutikula a endokutikula (viz obr. 2). Exokutikula a endokutikula společně tvoří tzv. prokutikulu. Pod nimi se nachází epidermální jednovrstevná buněčná vrstva. Pokožkové buňky produkují povrchové vrstvy kutikuly a též ochranné vosky, tuky a cementové sloučeniny, které se nacházejí na povrchu epikutikuly. Epidermis je separována od cirkulace hemolymfy velmi tenkou bazální membránou (Nation, 2002).



Obr. 2. Průřez kutikulou a pokožkou hmyzu (převzato z Nation, 2002, Fig. 4.1, str. 91);  
Legenda: wax patches - voskové "částičky", epicuticle - epikutikula, exocuticle - exokutikula, endocuticle - endokutikula, epidermal cell - pokožkové buňky, gland cell - žláznové buňky, basement membrane - bazální membrána.

Epikutikula je nejsvrchnější a zároveň nejtenčí (1 - 4  $\mu\text{m}$ ) vrstva kutikuly (viz obr. 2, 3). Překvapující je skutečnost, že epikutikula není tvořena chitinem. Skládá se v různém poměru z lipidů, lipoproteinů, vosků minerálních látek a cementových sloučenin. Můžeme je pozorovat v jakýchsi vrstvách. Nad vnitřní epikutikulou je tzv. kutikulinová

vrstva, která je podle Nationa (2002) nejtenčí nebuněčnou vrstvou v živočišné říši (0,0075  $\mu\text{m}$ ). Je to první vrstva sekretovaná při tvorbě nové kutikuly před svlečením té staré. Nová prokutikula je vytvářena pod touto vrstvou. Nad kutikulinovou vrstvou se nachází cementová vrstva. Podle Lockeho (1965) in Nation (2002) není tato vrstva kontinuální, ale je prostoupena a přerušována tukovými strukturami nazývanými se "voskový výkvět" (anglicky wax blooms), tvořící s cementovými "částičkami" mozaiku na povrchu epikutikuly.



Obr. 3. Schématický řez epikutikulou hmyzu s mozaikou látek tvořících její povrch (převzato z Nation, 2002, Fig. 4.2, str. 92); Legenda: wax bloom - voskový výkvět, cement layer - cementová vrstva, crystalline wax bloom - krystalické voskové "částičky", cuticulin - kutikulinová vrstva, inner epicuticle - vnitřní epikutikula.

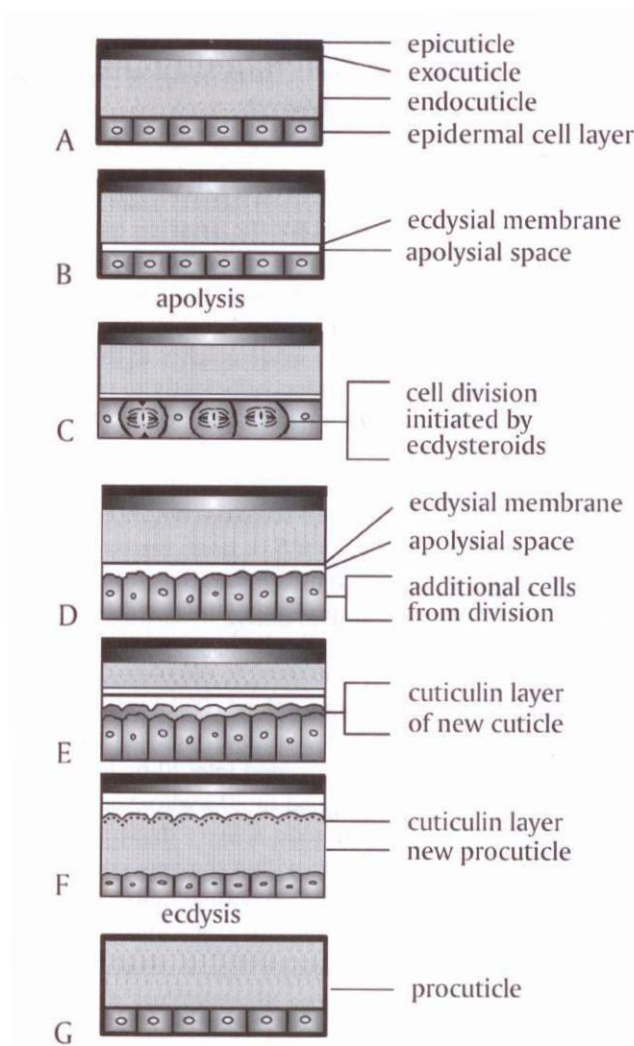
Exokutikula se nachází pod epikutikulou a je tvořena jak chitinem, tak bílkovinami. Je velmi silně sklerotizována, čili je tuhá a tvrdá. Lamely a tenké vrstvy uvnitř mají schopnost lámat, rozkládat a odrážet světlo a právě tento fyzikální jev způsobuje typický kovový lesk u hmyzu, nikoliv jen samotný pigment. Tloušťka exokutikuly je variabilní v závislosti na druhu hmyzu i na stupni vývoje. Obecně platí, že imaga mají silnější a více sklerotizovanou tuto vrstvu než larvy. Čím je kutikula více sklerotizována, tím se stává tvrdší. Faktem ale je, že chitin nezpůsobuje tvrdost, ale stupeň sklerotizace kutikuly (Nation, 2002).

Endokutikula je nejspodnější vrstva kutikuly. Obsahuje též chitin a bílkoviny, ale na rozdíl od exokutikuly je měkká a flexibilní (Nation, 2002). Nachází se zde kutikulární pórové kanály, které ústí na epikutikulu (Obenberger, 1952) (viz obr. 2).

## 2.5 Tvorba nové kutikuly a proces svlékání staré kutikuly

Když začne být vnější sklerotizovaná vrstva příliš malá pro rostoucí tělo vyvíjejícího se hmyzu, musí jedinec podstoupit svlékání - ekdysi (anglicky molting).

**A.** Nejdříve se začne vytvářet mezi epidermální vrstvou a prokutikulou (exokutikula, endokutikula) prostor, do něhož je sekretována lytická tekutina, jež rozpouští starou kutikulu a tím rozšiřuje mezeru.



**B.** Vytvoří se ekdysiální membrána, která je pak svléknuta spolu s budoucí svlečkou (exuvii).

**C.** Následně se buňky pokožky začnou dělit, reagující tak na ekdysosteroid.

**D.** A začne se tvořit nová vrstva pokožkových buněk.

**E.** Poté se objeví nová kutikulinová vrstva, za kontinuálního rozpouštění (histolýzy) staré kutikuly.

**F.** Nakonec se vytvoří nesklerotizovaná, měkká prokutikula.

**G.** Tento proces je poslední fází v tvorbě nově vznikající kutikuly a stará exuvie může být následně svlečena. Exokutikula (v rámci prokutikuly) pak začne sklerotizovat, v závislosti na druhu hmyzu a na konkrétní části těla (Nation, 2002).

Obr. 4. Schéma procesu rozpouštění staré kutikuly a vytváření kutikuly nové (převzato a modifikováno z Nation, 2002, Fig. 4.6, str. 98); Legenda je součástí obrázku a modifikovaného textu.



Svaly napojené na starou kutikulu se odpojí těsně před samotnou ekdysí a velmi rychle se napojují na již vytvořenou novou epikutikulu. Nová kutikula musí vydržet tah, který na ní vyvíjí nově napojené svaly. Pokud je tah příliš velký, má to často za následek deformaci těla, omezení pohybu či ztrátu schopnosti létat (Nation, 2002).

Těsně před svlékáním začne jedinec polykat vzduch (u vodního hmyzu vodu), čímž zvyšuje tlak hemolymfy v těle. Hemolymfa proudí v těle v rytmu kontrahujících svalů z abdominální části směrem k hlavě. Dokonce u mnoha druhů hmyzu jsou po dosažení dospělosti tyto svaly nekrotizovány (odumírají), jelikož ztrácejí funkci. Lokální zvýšení tlaku má za následek prasknutí staré kutikuly v hlavové a thorakální části v předem určených ekdysiálních liniích do podoby písmene T, kde je exokutikula zeslabená či úplně chybí (Gillott, 1995).

Vysvlečení ze staré kutikuly je pro hmyz značně kritický moment. Jedinec je v průběhu svlékání plně vystaven vnějším vlivům a je velmi zranitelný. Ne zřídka se stane, zvláště za nepříznivých podmínek, že ekdyse neprobíhá optimálně a tělo nově svlečeného živočicha se zdeformuje nebo ztratí část či celou nohu. Neúspěšná ekdyse v nejhorších případech vede až k úhynu (např. Paulová, 2012).

Nová kutikula začne pomalu tuhnout, zbarvovat se a nakonec se pokryje vrstvou vosků a cementových "částiček" (Nation, 2002).

## **2.6 Dyarovo pravidlo**

U mnoha druhů hmyzu vyvíjejícího se za standardních podmínek lze předpokládat velikostní přírůstek v době mezi jednotlivými instary. Tento "zákon růstu" vyvodil ze svých poznatků Harrison G. Dyar, na základě měření šířky hlavové kapsuly larev motýlů. Dle tohoto pravidla by měl procentuální nárůst velikosti těla hmyzu a dalších členovců mezi jednotlivými larválními stádii zachovat rovnoměrný vývoj a řídit se tak geometrickým růstem (Gillott, 1995).

Tělesné kutikulární části by se měly mezi jednotlivým ekdysemi pravidelně zvětšovat podle vzorce:

$$b = a \cdot x$$

a = rozměr před svlečením

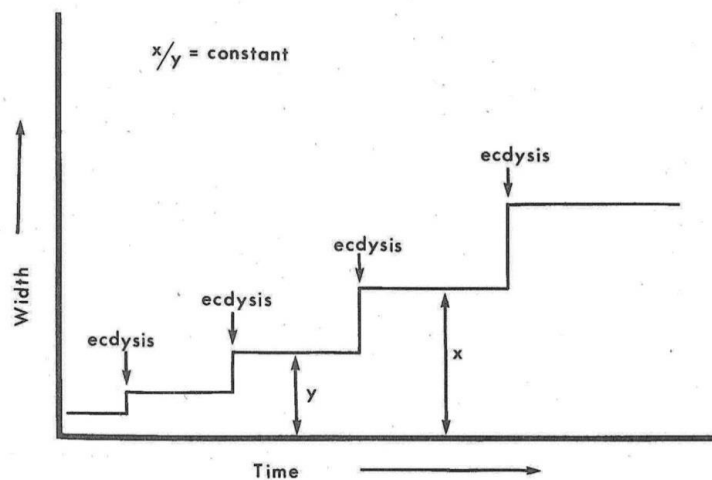
b = rozměr po svlečení

x = konstanta (Dyarův koeficient) (viz např. Svobodová, 2012).

Gillott (1995) u tohoto pravidla uvádí derivovaný vzorec  $x/y$  jako konstantu (viz obr. 5) (hodnota konstanty je obvykle mezi 1,2 - 1,4).

x = velikost nového instaru

y = velikost předchozího instaru



Obr. 5. Grafické schématické znázornění růstu podle Dyarova pravidla na změnách šíře hlavové kapsule v čase (převzato z Gillott, 1995, Fig. 21.1, str. 596); Legenda: constant - konstanta, width - šířka, time - čas, ecdysis - ekdyse.

Je však diskutabilní, kdy a pro jaké případy může být Dyarovo pravidlo použito. Jelikož růst je pod vlivem řady dalších faktorů, je zákon často neaplikovatelný, u mnoha druhů i proto, že platí pouze v případě, je-li zachován konstantní časový interval mezi jednotlivými ekdysemi, což nebývá zcela běžné (Gillott, 1995).

Dyarovým pravidlem se zabýval i Przibram, který uvedl, že konstanta  $x/y$  by měla být pro všechny tělní parametry stejná a to 1,26, a že hmotnostní přírůstek u jednotlivých instarů se až zdvojnásobuje (resp. zvětšuje 2,09krát). Przibramovo pravidlo však často není v souladu s postupy růstu. Největším nedostatkem tohoto pravidla je fakt, že vyžaduje, aby hmyz rostl "harmonicky", respektive všechny jeho části stejně rychle. Ve skutečnosti růst hmyzu, jako všech ostatních živočichů, je heterogonický, to znamená, že jednotlivé části rostou neúměrně vzhledem k ostatním částem těla, proto se také vyskytují růstové disproporce (Gillott, 1995).

Shull, Stewart a Paulson (2010) zkoumali platnost Dyarova pravidla na nymfách různých instarů klešťanky *Sigara mathesoni*, a to na rozměru šíře hlavy. Pravidlo bylo u tohoto parametru potvrzeno. Na posledních dvou instarech byl pozorován sexuální dimorfismus. Samice vykazovaly větší rozměry hlavy než samci.

Dyarovo pravidlo ověřoval také Klingenberg (1992). Jako modelové organismy si vybral devět druhů semiakvatických ploštic rodů *Gerris* a *Aquarius*. Z výsledků vyplývá, že pravidlo není platné pro všechny druhy těchto rodů.

Dále se platností tohoto pravidla zabývala Procházková (2014) na dostupných morfometrických metadatech získaných z literatury u celé řady ploštic, patřících do skupin (infrařádů) *Nepomorpha* a *Gerromorpha*. Výsledky ukazují na platnost pravidla v mnohých případech, ale autorka zároveň poukazuje na skutečnost, že ho nelze aplikovat na všechny studované rozměry.

## **2.7 Hormonální řízení vývoje a ekdyse**

Svlékání a metamorfóza jsou dvě zásadně důležité události v životě hmyzu a jsou pod kontrolou řady hormonů a na sebe navazujících procesů a reakcí. Metamorfózu u hmyzu i u ostatních členovců s exoskeletem iniciuje hormon ekdyson. V protocerebru mozku se nacházejí neurosekreční buňky, produkující neurohormon zvaný prothoracikotropin - aktivační hormon (PTTH), jež je následně transportován do kardinálních tělísek (*corpora cardiaca*). Ta poté pozitivně stimulují prothorakální

žlázu k produkci ekdysosteroidů. Jeden z nejdůležitějších je právě hormon ekdyson (svlékací hormon) (<http://www.med.muni.cz/~mpesl/trafficjam/Prirodu/priro/kap15.pdf>). Ekdyson má v podstatě dvě funkce: umožňuje proměnu do dalšího larválního stádia, též je zodpovědný za vývoj znaků, charakteristických pro dospělé stádium (např. přetvoření housenky v motýla). Rovnováhu mezi PTTH (Campbell a Reece, 2008, uvádějí brain hormon = BH) a ekdysonem udržuje tzv. juvenilní hormon (JH), vylučovaný přílehlými tělísky (corpus allatum). Díky přítomnosti juvenilního hormonu v těle si jedinec zachovává larvální znaky. Vysoká koncentrace JH zodpovídá za to, že ekdyson bude stimulovat organismus pouze k vytvoření dalšího instaru, ale pokud hladina poklesne, ekdyson posune přeměnu do dalšího stádia - kukly (pupy), v níž probíhá kompletní přestavba larvy na dospělé. V podstatě to znamená, že JH má inhibiční účinky na finální metamorfózu (Campbell a Reece, 2008).

Do komplexního hormonálního systému se mimo jiné dále zapojuje tzv. kaskáda eklosních hormonů, která řídí, synchronizuje a reguluje svlékání. Uplatňují se v ní hormony ETH (eclosion triggering hormone), EH (eclosion hormone) a PH (pumping hormone), jež stimuluje chování hmyzu k polykání vzduchu nebo vody do střeva před samotnou ekdysí (<http://www.csets.sk/konf00/zdarek.htm>). Podstatnou roli hraje i morfogenezní hormon bursikon. Má vliv na změnu tvaru, struktury či zbarvení. Ve vývoji hmyzu především iniciuje ztvrdnutí a zbarvení nové kutikuly (<http://www.med.muni.cz/~mpesl/trafficjam/Prirodu/priro/kap15.pdf>).

## 2.8 Ploštice

Žádná z velkých skupin živočichů snad nezahrnuje pod jednu systematickou skupinu organismy schopné obývat a využívat tolik variabilních prostředí jako jsou ploštice (Insecta: Hemiptera: Heteroptera). Ploštice zahrnují zástupce fytofágní, mycetofágní, karnivorní, dravé, ektoparazity na obratlovcích i členovcích, obývající rozsáhlá suchozemská prostředí, sladké vody, povrch vody, dokonce i širý oceán. To ukazuje na značnou úspěšnost této skupiny, jejíž zástupci se adaptovali na různé potravní i ekologické niky (Schuh a Slater, 1995).

Tvar těla většiny ploštic je více méně dorzoventrálně zploštělý a odpovídá tím jejich českému pojmenování.

Hlava i ústní ústrojí směřují dopředu v ose těla (prognátní typ) (Sedlák, 2003) s velmi dobře vyvinutými složenými očima a u řady terestrických druhů i s dvěma jednoduchými ocellami (Obenberger, 1958).

Typické pro všechny ploštice je bodavě sací ústní ústrojí, tvořené 3 - 4 článkovým labiálním bodcem (rostrem) a v něm se pohybujícími trubičkovitými kusadly a čelistmi (stiletý s kanálky). Primárně jsou ploštice dravé, zachovávající prognátní typ ústního ústrojí, stejně jako u loupeživých a parazitických druhů. Sliny karnivorních (dravých) ploštic mají natolik toxický účinek, že napadená kořist je díky jejich účinku paralyzována či rovnou usmrcena. Mnozí z větších zástupců ploštic loví i kořist větší než jsou oni sami. U herbivorních druhů naopak rostrum směřuje dozadu a jejich sliny rozpouštějí rostlinné tkáně (Obenberger, 1958).

Pronotum (dorzální štít předohruď) je zpravidla štítkovité, trojúhelníkovitě prodloužené dozadu. Pterothorax nese nejčastěji dva páry křídel, přičemž přední pár je přeměněn v polokrovky. Část polokrovek je silně sklerotizována a zbylá část a zadní pár křídel jsou blanité. U ploštic se mnohdy vyskytuje polymorfismus křídel (pterypolymorfismus), též křídla redukovaná či úplná apterie, ta je však velmi vzácná (například u některých druhů čeledi Veliidae), jinak jsou téměř vždy patrné alespoň rudimenty křídel (Lellák, 1975). Na zadohruďi dospělců ústí zápašné žlázy (Sedlák, 2003).

Tvar, specializace a funkce nohou ploštic se odráží v rozmanitosti prostředí a potravní strategii konkrétního druhu. Zatímco nohy terestrických ploštic jsou typicky jednoduché kráčivé končetiny, u vodních ploštic se zachovaly v podstatě pouze u splešťulovitých (Nepidae), u ostatních bentických druhů se adaptovaly na plovací (Obenberger, 1958).

Tykadla jsou natolik charakteristická, že lze ploštice rozdělit podle jejich typu do dvou skupin. Do první skupiny řadíme všechny infrařády suchozemských ploštic a semiakvatické ploštice (infrařád Gerromorpha). Mají dlouhá, volná tykadla tvořená 4 - 5 články, která zastávají obdobnou smyslovou funkci jako u ostatních

zástupců hmyzu. Druhou skupinu představují pravé vodní (nektonní) ploštice (infrařád Nepomorpha) s krátkými 1 - 4 článkovými tykadly, která jsou uložena v žlábkách ventrální části hlavy. Nevyčnívají, mnohdy nejsou ani patrná a přejímají i funkci rovnovážných orgánů či baroreceptorů (srov. např. Obenberger, 1958).

### **Semiakvatické ploštice (Gerromorpha)**

Semiakvatické (pleustonní) ploštice jsou jakýmsi ekologickým mezistupněm mezi suchozemskými a nektonními druhy. Jejich zástupce najdeme na vodní hladině stojatých, mírně tekoucích, sladkých i brakických vod. Některé druhy se dokonce dokáží přesouvat proti proudu vodopádů, či obývat širý oceán. Naprostá většina jsou predátoři či skavengeři (mrchožrouti), lovcí a sbírající kořist na hladině. Je pro ně typický pohyb po vodní hladině, který jim umožňují vysoce specializované nohy. Stabilitu těla zajišťují postavené nohy široce do stran a na konci chodidel mají obrvený výrůstek s hydrofobními chloupky, díky němuž jsou schopny se klouzavě, rychle a velmi obratně pohybovat po povrchové blance vodní hladiny (Lellák, 1972). Řadíme sem např. čeledi Gerridae (bruslařkovití), Veliidae (hladinatkovití), Hebridae (rašelinatkovití) a Hydrometridae (vodoměrkovití).

### **Pravé vodní ploštice (Nepomorpha)**

Vodní ploštice infrařádu Nepomorpha jsou součástí nektonní i bentické zoofauny. Nejčastěji je nalézáme ve stojatých až mírně tekoucích vodách. Vodní ploštice jsou primárně karnivorní, lovcí drobný vodní hmyz a jeho larvy, výjimku tvoří klešťankovití. Většina jejich druhů se živí rostlinnou potravou či jsou všežravé, jen menšina druhů je karnivorních (Lellák, 1972).

Stejně jako ostatní ploštice má i většina nektonních ploštic otevřený tracheální systém a dýchají vzdušný kyslík z mimotělní obnovitelné vzduchové bubliny. Výjimku tvoří nymfy prvního a druhého instaru rodu *Corixa* a nymfy rodu *Sigara*, které mají uzavřený tracheální systém. Přijímají tedy kyslík osmoticky (celým povrchem těla přes kutikulu) nebo přes drobné tracheje pokrývající hustě stěnu konečníku (Obenberger, 1958).

Nápadné u Nepomorpha jsou na ventrální straně četné hydrofobní chloupky (mikrotrichie), které udržují na těle hmyzu tenký film vzduchu (= mimotělní

obnovitelná vzduchová bublina), díky němuž může docházet k respiraci (Obenberger, 1958). Při doplňování kyslíku na hladině musí živočich prorazit povrchovou blanku vody a dostat se tak do kontaktu s atmosférickým vzduchem. Hydrofobní mikrotrichie, odpuzují vodu během nádechu a zajišťují tím, aby se voda nemohla dostat do tracheálního systému (Obenberger, 1958). Klešťankovití vystupují k hladině hlavou a hrudí napřed. Např. Neucoridae a Notonectidae vyplouvají k hladině při „nadechování“ koncem zadečku napřed (Lellák, 1972).

Splešťulovití a mohutnatkovití dýchají a nabírají vzduch sifonem na konci zadečku. (např. Lellák, 1972).

Mnohé vodní ploštice mají hydrostatické orgány v podobě smyslových brv - senzil (Naucoridae, Notonectidae, Nepidae a Pleidae, aj.) a tympanálních orgánů, velkých a dobře rozlišitelných na pleuře pterothoraxu, např. u rodů *Corixa*, *Plea*, *Notonecta*, *Nepa*, *Naucoris* aj. Někteří zástupci komunikují pod vodou zvukem (stridulují) a jsou vybaveni stridulačními orgány (Lellák, 1972).

Vodní ploštice se většinou rozmnožují v temperátním pásu na jaře a v létě. Vajíčka jsou kladena pod vodou, běžně je samice umísťují na vodní rostliny nebo do jejich tkání nebo na kameny a o vajíčka již dále nepečují. Jsou ale známé i případy např. u tropických druhů u nás nežijící čeledi mohutnatkovitých (Belostomatidae), kdy samice lepí vajíčka na polokrovky samce, který je ventiluje a nosí až do vylíhnutí (např. Usinger, 1956).

Pro postembryonální vývoj ploštic je typických pět larválních stádií (instarů), ale vyskytují se výjimečně i čtyři instary - např. u americké splešťule *Nepa apiculata* (McPherson a Packauskas, 1987). Nymfální vývoj vodních ploštic lze charakterizovat jako heterometabolickou paurometabolií, nymfy se každým dalším svlečením stále více podobají dospělci, až dosáhnou posledního nymfálního stádia, ze kterého se svlékají rovnou do stádia dospělého (imaga) (Lellák, 1972).

## 2.9 Životní cykly, morfometrie a růst vodních ploštic

Morfometrií a morfometrickou variabilitou populací vodních a semiakvatických ploštic se v souvislosti s jejich růstem a životními cykly zabývala řada autorů. Informace o jejich pracích jsou v následujícím textu řazeny podle čeledí, jejichž zástupci se autoři zabývali:

### NEPOMORPHA:

#### Belostomatidae

Keffer a McPherson (1988) popisují detailně 1. - 5. instar *Abedus Breviceps* odchycené na západě Texasu. Zjistili, že délka, šířka těla a délka křídelních pochev je spolehlivý znak, dle něhož se dají rozlišit jednotlivá nymfální stádia.

Druhy ve střední Evropě nežijící - *Hydrocyrius columbiae columbiae* Spinola a *Sphaerodema grassei ghesquierei* Poisson studoval Kopelke (1980). Podrobně popsal 1. - 5. juvenilní stádia obou druhů. Uvádí, že druhy od sebe lze jen těžko rozeznat, jelikož nebyly nalezeny u larválních stádií spolehlivé rozlišovací znaky. Kopelke (1981) následně studuje také mohutnatky *Belostoma thomasi* a *Belostoma ellipticum* odchycené v Guatemale. Zdokumentoval a popsal životní cykly a morfometrické znaky těchto ploštic. McPherson a Packauskas (1986) podrobili důkladnému morfometrickému studiu mohutnatku *Belostoma lutarium*. Výzkum byl prováděn v laboratořích na chovu od vajíčka po imago. Vajíčka tohoto druhu klade samice na polokrovky samce a takto byla sbírána a připravena pro laboratorní chov. Byl vyhotoven důkladný popis jednotlivých stádií a zaznamenána data z měření preimaginálních stádií i dospělých jedinců.

#### Nepidae

Americkou splešťuli *Nepa apiculata* zkoumali McPherson a Packauskas (1987). Poukazují na to, že tento druh má jako jeden z mála ploštic pouze čtyři nymfální stádia. Na růst a variabilitu splešťule blátivé (*Nepa cinerea*) se zaměřila Vilimovská (2012). Vyhodnotila data naměřených jedinců při fixaci etanolem, preparací tzv. "na sucho" a měření na čerstvě usmrcených jedincích. Výsledky ukazují, že rozdíl se projevil pouze



na hmotnosti živočicha a u dospělců na mediální abdominální ventrální délce, ostatní rozměry nebyly prokazatelně ovlivněny. Autorka též ověřovala platnost Dyarova pravidla, které však u tohoto druhu nebylo potvrzeno. Jehlanku *Ranatra fusca* studovali Packauskas a McPherson (1986). Cílem bylo popsat životní cyklus a morfometrii této jehlanky. Sledované rozměry sloužily především k určení, o jaké vývojové stádium se jedná.

### **Corixidae a Micronectidae**

Bohoněk (1987) se zaměřil ve své práci na životní cyklus klešťanky velké (*Corixa punctata*). Využil metod aplikované matematiky k měření a zpracování rozměrů, které získal u 3. - 5. instarů a dospělců. Dále zkoumal stupeň vyzrálosti vypreparovaných vaječnicků dospělých samic a na základě vyhodnocených dat uvádí, že klešťanka velká je v Českobudějovické pánvi univoltinní. Tříška (1989) studoval klešťanku *Cymatia coeloptrata*. Získával růstové charakteristiky u všech pěti stádií odchytávaných v terénu. Výsledky ukázaly, že tento druh klešťanky je v lokalitě Českobudějovické pánve bivoltinní, a že letní generace je celkově menší než generace jarní. Sběrem morfometrických dat a popisem životního cyklu klešťanky obecné (*Sigara falleni*) se zabýval Tůma (2006). Bylo potvrzeno, že klešťanka je v oblasti Českomoravské vysočiny bivoltinní, též byla ověřena hypotéza kompenzačního růstu nymf 2. generace. Jako spolehlivý znak pro rozlišení jednotlivých stádií uvádí délku těla a délku stehen 2. a 3. páru nohou. Ondrová (1987) zkoumala populaci a morfometrické charakteristiky klešťanky nejmenší (*Micronecta minutissima*). Zaměřila se na nerovnoměrný růst a variabilitu populace. (Ve skutečnosti však šlo o klešťanku rybniční (*Micronecta scholtzi*), Papáček, pers. comm). Na nymfách klešťanky *Sigara mathesonis* ověřovali Shull, Stewart a Paulson (2010) platnost Dyarova pravidla (viz rovněž kapitola Dyarovo pravidlo).

## **Naucoridae**

Životní cyklus bodule obecné (*Ilyocoris cimicoides*) zkoumala Hausírková (1986). Pozorovala především intervaly výskytu jednotlivých instarů. Devět rozměrů, jež měřila, byly použity ke stanovení a rozlišení druhotných pohlavních rozdílů u pátých instarů a imag. Pilařová (2014) později následně prováděla výzkum na časných preimaginálních stádiích bodule obecné (*Ilyocoris cimicoides*). Studovala individuální vývoj bodulí pod vlivem dostupnosti potravy a konkrétní teploty a následně vyhodnocovala konečný efekt těchto environmentálních podmínek na morfometrii jedinců. McPherson, Packauskas a Korch (1987) dokumentují životní cyklus a morfometrickou analýzu vodní plošnice *Pelocoris femoratus*. Rozměry byly měřeny a zapisovány u všech pěti instarů.

## **Aphelocheiridae**

Indrová (2008) popisuje růst a vývoj ne zcela běžné plošnice na území České Republiky hlubeny skryté (*Aphelocheirus aestivalis*). Též v rámci práce zjišťovala morfometrické charakteristiky jednotlivých vývojových stádií a na základě získaných dat byly odvozeny růstové křivky pro tento druh.

## **Notonectidae**

Dvořáková (1985) aplikovala morfometrickou analýzu znakoplavky obecné (*Notonecta glauca*) a dalších zástupců hmyzu do praktického cvičení z biologie pro gymnázia. Data, jež získala, byla použita ke stanovení druhotných pohlavních rozdílů u pátých instarů a dospělců. Zároveň porovnávala morfometrické údaje, jež naměřila, s daty již uvedenými ve starší literatuře.

Morfometrií znakoplavek s cílem studia alometrického vývoje či ve vztahu k ontogenetickým či evolučním změnám pak studovali následující autoři: Cuzin-Roudy a Laval (1975) se zabývali ve Francii druhem *Notonecta maculata*. Zaznamenávali morfometrické údaje postembryonálního vývoje od prvního instaru až po dospěléce. Dále studovali vliv juvenilního hormonu na růst tohoto druhu. Cuzin-Roudy (1974) dále studovala metody alometrie na znakoplavce *Notonecta maculata*.

## **Pleidae**

Podrobně studoval životní cyklus, vývoj a růst bentické vodní plošnice člunovky obecné (*Plea minutissima*) v Českobudějovické pánvi Papáček (1985). Podle výsledků má člunovka v této oblasti pět instarů a ne šest, jak je uváděno ve starší literatuře. Morfometrickou charakteristiku drobné člunovky *Plea frontalis* v Austrálii studoval Benzie (1989). Popsal všech pět juvenilních stádií a porovnával je s *Neoplea striola*, jež byl jediný další druh z čeledi Pleidae, u něhož existovala dostupná naměřená data ke srovnání.

### **PRÁCE SROVNÁVAJÍCÍ MODELOVÉ DRUHY Z VÍCE ČELEDÍ:**

Popis, morfometrickou charakteristiku a růst juvenilních stádií tří druhů: znakoplavka obecná (*Notonecta glauca*), bodule obecná (*Ilyocoris cimicoides*) a jehlanka obecná (*Ranatra linearis*) srovnává Waitzbauer (1974). Papáček (2011) porovnává dvanáct druhů vodních ploštic, konkrétně: *Aphelocheirus aestivalis*, *Nepa cinerea*, *Ranatra linearis*, *Corixa punctata*, *Notonecta glauca*, *Ilyocoris cimicoides*, *Micronecta Schulzi*, *Plea minutissima*, *Velia caprai*, *Cymatia coleoptera*, *Sigara falenni* a *Gerris lacustris*. Společným znakem, podle něhož rozřazuje tyto plošnice, je životní cyklus a počet generací v roce a to na semivoltinní, univoltinní a bivoltinní. Svobodová (2012) zaměřila svůj výzkum na dva modelové druhy vodních ploštic: znakoplavku obecnou (*Notonecta glauca*) a boduli obecnou (*Ilyocoris cimicoides*). Zkoumala vliv fixace etanolem a preparace "na sucho" na změny v morfometrických znacích. Uvádí, že způsob fixace se projevil především na hmotnosti živočicha.

### **GERROMORPHA:**

#### **Gerridae**

Simandl (2006) se soustředil na běžnou semiakvatickou plošnici bruslařku *Gerris lacustris*. Popsal její životní cyklus a zanalyzoval morfometrické znaky larev i imag. Výsledky a rozbor fenologických dat potvrzují, že bruslařka je v oblasti Českomoravské vrchoviny univoltinní. Ke spolehlivému určení instarů stanovil tyto rozměry: délka těla a délka stehen zadních i středních nohou. Životním cyklem,

délkou vývoje a morfometrickou analýzou *Gerris argenticollis* se ve státě Illinois zabývali Korch a McPherson (1987). Jedinci byli chováni v laboratorních podmínkách s konkrétními kritérii chovu. Klingenberg a Spence (1993) zkoumali možné vývojové rozdíly mezi šesti druhy ploštic čeledi Gerridae rodu *Limnopus*: *L. dissortis*, *L. notabilis*, *L. rufoscutellatus*, *L. esakii*, *L. genitális* a *L. canaliculatus* a ověřovali na výsledcích alometrie ve vztahu k vývojové heterochronii. Dle jednoduchého grafického modelu však konstatují, že alometrické vztahy nemohou být předlohou k odvození heterochronických procesů. Dále se stejní autoři (Klingenberg, Spence, 1997) věnovali otázce evoluce a souvislosti velikosti těla s dobou vývoje a zkoumali, zda větší rozměry poskytují reprodukční výhodu. Výzkum prováděli na *Gerris buenoi*. Klingenberg a Zimmerman (1992) studovali na plošticích rodu *Gerris* a *Aquarius* alometrický růst na všech pěti juvenilních stádiích. Stanovili tři typy alometrického růstu, a to statický, ontogenetický a evoluční typ.

### **Velidae**

Studiem životního cyklu hladinatky *Velia caprai* a morfometrickým měřením se zabývala Jandová (2003). Zjistila, že spolehlivý morfometrický znak k určení konkrétního instaru, je délka těla a délka femuru u zadních nohou. Podle výsledků se hladinatka jevila v Novohradských horách jako bivoltinní. Později Ditrich a Papáček (2009) zjistili, že domnělí jedinci druhé generace jsou v podstatě pozdní jedinci jedné a té samé generace. Vzdálená nymfální stádia se mohla vyskytovat společně pravděpodobně proto, že tyto hladinatky mají dlouhou ovopoziční periodu. Paulová (2012) zkoumala hladinatku pobřežní (*Microvelia retikulata*) a environmentální vlivy (teplota, dostupnost potravy) na její vývoj. Též ověřovala koncept vývojové izomorfie. Hladinatky byly odchovány v laboratoři s přesně danými podmínkami a byl sledován individuální vývoj každého jedince zvlášť.

### 3 MATERIÁL A METODIKA

#### 3.1 Studovaný organismus – znakoplavka obecná (*Notonecta glauca* Linnaeus, 1758)



Obr. 6. Dospělý jedinec znakoplavky obecné (*Notonecta glauca*) v typické poloze pod hladinou během doplňování vzduchu do obnovitelné vzduchové bubliny na těle; převzato z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/Notonecta\\_glauca#/media/File:Notonecta\\_glauca01.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Notonecta_glauca#/media/File:Notonecta_glauca01.jpg) autor; autor: E. van Herk.

Znakoplavky (anglicky backswimmer) jsou pelagické až neustonické ploštice, které plavou břišní stranou těla vzhůru a nacházejí se hojně v celé řadě různých rybníků a vodních nádrží, jezer ale i mírně tekoucích vod po celém světě. Dospělci znakoplavky obecné jsou kolem 11,5 - 12,5 mm dlouzí (Štusák, 1980), samice bývají zpravidla mírně větší, než samci.

Aukema a Rieger (1995) uvádějí seznam zemí Evropy, kde se *Notonecta glauca* vyskytuje: Albánie, Andorra, Rakousko, Belgie, Bosna a Hercegovina, Bulharsko, Bělorusko, Chorvatsko, Česká Republika, Dánsko, Kazachstán, Estonsko, Turecko, Finsko, Francie, Velká Británie, Německo, Řecko, Maďarsko, Irsko, Itálie, Lotyšsko, Lichtenštejnsko, Litva, Lucembursko, Malta, Makedonie, Moldávie, Holandsko, Polsko, Portugalsko, Rumunsko, Rusko (evropská část), Slovinsko, Slovensko, Španělsko, Švédsko, Švýcarsko, Ukrajina, Srbsko. V oblasti severní Afriky v Egyptě, Tunisku a výskyt v Asii: Ázerbájdžán, Kazachstán, Turecko, Čína, Kypr, Gruzie, Izrael, Kyrgyzstán, Mongolsko, Rusko (asijská část), Sýrie, Tádžikistán, Uzbekistán. V České Republice se kromě druhu *Notonecta glauca* vyskytují i druhy *Notonecta viridis*, *N. maculata*, *N. obliqua*, *N. meridionalis*, *N. lutea* a *N. reuteri* (např. Štusák, 1980 a ústní sdělení vedoucího diplomové práce).

Znakoplavky jsou agresivní predátoři atakující jakékoli bezobratlé optimální velikosti (vodní hmyz, jeho larvy a nymfy) i drobné obratlovce, ne zřídka větší než jsou oni sami (rybí plůdek, pulci) (Usinger, 1956). Poměrně velkou část jejich potravy tvoří sladkovodní korýši, především perloočky (Cladocera) a buchanky (Cyclopoida) (Obenberger, 1958). Kanibalismus je u znakoplavek běžný (Štusák, 1980), zvláště pokud jsou vystaveny nepříznivým podmínkám, např. redukcí potravy či omezení prostoru.

Tělo znakoplavek je protáhlé, ventrálně ploché a dorzálně vyklenuté. Znakoplavky mají velké ledvinovité oči, nemají jednoduchá očka - ocelli (Usinger, 1956) a mají pod hlavou lokalizovaná tykadla, kterými mj. registrují parciální tlak kyslíku ve vzduchové bublině na těle (viz např. Obenberger, 1958), kterou obnovují na hladině a jejímž prostřednictvím pod vodou dýchají.

První a druhý pár nohou je modifikován k uchopování kořisti a přidržování se ve vodě na různorodém podkladu (Usinger, 1956). Na středních nohách mezi holení a stehnem se nachází speciální aparát v podobě hřebínku sloužící k čištění sosáku. Zadní nohy jsou dlouhé, plovací, adaptovány k akvatickému způsobu života (Obenberger, 1958). Chodidla jsou u preimaginálních stádií nečlánkovaná. U dospělců se rozčleňují na dva chodidlové články (Dvořáková, 1985).

Na ventrální straně zadečku mají podélný mediální kýl s bohatým mikrotrichiálním pokryvem a sternum zformované do dvou žlábků tvořících vzduchové komory (Usinger, 1956). Při doplňování vzduchu do mimotělní obnovitelné vzduchové bubliny na hladině se znakoplavky prvními dvěma páry nohou opírají zesponu o povrchovou blanku, jejich tělo směřuje šikmo dolů vůči vodní hladině a koncem zadečku prorážejí hladinu a „nabírají“ vzduch (viz obr. 6). Na konci břišní strany zadečku jsou tři plošky s hydrofobními chloupky, tvořící za otevřeného režimu otvor vzduchových komor (Obenberger, 1958).

Dospělci dobře létají a dokáží se takto přesouvat i na značné vzdálenosti (Usinger, 1956).

Páření znakoplavky obecné začíná v první dekádě dubna a bylo pozorováno až do konce května, samci poté hynou. Samice kladou první snůšky od třetí dekády dubna až do poloviny června a následně také hynou (Papáček a Soldán, 1987). Vajíčka kladou přímo do rostlinných tkání. Inkubační doba je závislá na klimatických podmínkách (Usinger, 1956). Papáček a Soldán (1987) uvádějí délku embryonálního vývoje 11-12 dní, ale v závislosti na teplotě se může protáhnout až na 20 dní.

Postembryonální vývoj je charakteristický pěti nymfálními stádii. Jednotlivá vývojová stádia se časově výrazně překrývají, proto je možné např. nalézt v přírodě třetí i páté instary najednou. Znakoplavka obecná je univoltinním druhem.

První instary se v jižních Čechách objevují v hojném počtu již v první dekádě května až do první dekády července. Výskyt druhých instarů je téměř totožný s výskytem prvních. Rozdíl je v abundanci. První instary dosahují početního vrcholu v první a druhé dekádě května oproti druhým instarům, jejichž abundantní vrchol byl pozorován ve třetí dekádě května. Výskyt třetích instarů začíná v druhé dekádě května a trvá až do třetí dekády července, vrcholu dosahuje v první dekádě června. Čtvrté instary se nejhojněji vyskytují v druhé dekádě června, ale byly pozorovány až do první dekády srpna. Páté instary se objevovaly již v první dekádě června až do první dekády září (Papáček a Soldán, 1987). Interval výskytu jednotlivých instarů znakoplavky obecné v Rakousku dokumentoval i Waitzbauer (1974).

Znakoplavka obecná přezimuje ve stádiu dospělé. U jihočeské populace aktivita přes zimu zjištěna nebyla. Pokud hladinu pokrývá led, dospělci přezimující nehybní, jsou ztuhlí v povrchové vrstvě bahna či v nánosech (Papáček a Soldán 1987).

Waitzbauer (1974) uvádí, že kompletní vývoj znakoplavky trvá dva měsíce a jednu dekádu měsíce. Podle Štusáka (1980) vývoj trvá 65 dní. Zároveň ale poukazuje na to, že délku vývoje mohou značně ovlivnit teplotní podmínky.

Dvořáková (1985) podrobně zdokumentovala morfometrii znakoplavky obecné na volně žijících a vyvíjejících se jedincích populace z jižních Čech. Zjišťovala morfometrické pohlavní rozdíly starších nymf a dospělců mezi samci a samicemi (přičemž dospělí samci a samice jsou dobře rozlišitelní podle terminalií i bez nutnosti preparace ektodermálních genitálií). Zjistila, že je lze od sebe také spolehlivě rozlišit podle těchto rozměrů: délka těla, délka a šířka zadečku, délka středohrudí, podle středohrudních a zadohrudních křídelních pochev a na končetinách, zejména u zadních nohou.

Morfometrické údaje o znakoplavce obecné jsou také uvedeny v práci Svobodové (2012), která se zabývala otázkou, zda se způsob a typ fixace projeví na měřených hodnotách a mohl by tak případně ovlivnit výsledky a závěry morfometrických studií.

Papáček a Soldán (1987) se podrobně zabývali vývojem samičích reprodukčních orgánů u znakoplavek obecných a detailně popsali morfologii, oogenezi, histologii samičích gonád a postembryonální vývoj vaječníků a samičích vývodných cest. Stejní autoři (Papáček a Soldán, 1992) se později věnovali i studiu ontogeneze varlat a samčích pohlavních vývodných cest. Životním cyklem a detailní popisem druhu *Notonecta glauca* se v minulosti zabývali také tyto autoři: Hoppe (1912), Wessenberg-Lund (1913), Lehman (1923), Larsen (1938), Jordan (1950), Soós (1963), Waitzbauer (1974), Tamanini (1979), Nieser (1982) a Štusák (1980) in Papáček a Soldán (1987).

Bionomií znakoplavky obecné i dalších druhů vyskytujících se v jižních a západních Čechách popisuje také Papáček (1991). Kromě toho, údaje o bionomii druhu lze nalézt i v řadě kompendií zabývajících se plošticemi (např. Wachmann et al., 2006; s. 51).



## 3.2 Sběr materiálu a práce v terénu

Dospělí jedinci určeni pro založení chovu za účelem sledování individuálních ontogenezí byli chytáni v opuštěné malé písčinné na okraji nivy řeky Lužnice v obci Dvory nad Lužnicí (48.8534703N, 14.9014950E) 12. a 20. dubna 2011 vedoucím diplomové práce (smyky ve vodě cedníkem o průměru 20 cm). Místo bylo zvoleno pro každoroční výskyt a přezimování druhu na této lokalitě a pro velkou početnost populace. Znakoplavky byly umístěny do sklenic s vodou z rybníka, drobným štěrkem a vodními rostlinami, následně vložené do termoboxu a neprodleně šetrně převezeny do Českých Budějovic na Pedagogickou fakultu JU, kde pro ně byly již připravené venkovní chovy.

## 3.3 Chovy

Tato diplomová práce byla zadána s cílem zdokumentování individuálního vývoje znakoplavky obecné. Zároveň byla zadána diplomová práce zaměřená na studium individuální ontogeneze dalšího druhu vodní plošnice - bodule obecné (*Ilyocoris cimicoides*), kterou řešila Pilařová (2014) a diplomová práce zaměřená na studium individuální ontogeneze semiakvatického druhu – hladinatky pobřežní (*Microvelia reticulata*), kterou řešila Paulová (2012). Přestože se diplomová práce mé kolegyně Simony Pilařové (2014) zaměřila jen na individuální ontogeneze mladších nymf (1. – 3. instary) *Ilyocoris cimicoides* a tato má práce studuje individuální ontogeneze druhu *Notonecta glauca* od ekloze až do dosažení dospělosti – analogicky jako studie Paulové (2012) u *M. reticulata*, byla metodika chovů koncipována pro všechny tři zmíněné diplomové práce stejně a způsob a postupy práce v chovu obou druhů vodních ploščic byly naším společným dílem. (Chovy obou druhů vodních ploščic byly vedeny společně a společně jsme o ně s Pilařovou pečovaly.) To znamená, že text o metodice chovů i metodice zpracování dat jsou v diplomové práci Paulové (2012), Pilařové (2014) a této mé práci vzájemně obsahově analogické a podobné.

## **1. etapa – venkovní chov dospělců bez kontrolovaných podmínek** (fotoperioda, teplota, potravní režim)

Ve venkovních chovech Katedry biologie Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity byla připravena plastová akvária s rozměry cca 60 x 30 x 30 cm. Na dno byl umístěn propraný říční písek, s co nejmenším množstvím bahna, aby se zabránilo kalení vody a dno připomínalo dno původního přírodního biotopu, kde byli jedinci chytáni. Dále pak kameny a drobné větve simulující přirozené prostředí. Důležitou součástí akvárií byl rostlinný porost – vodní mor kanadský (*Elodea canadensis*). Rostliny byly do akvárií umístěny účelově, jako podklad k nakladení vajíček. Vše bylo připraveno již několik dní předem, aby z vody vyprchal chlór, usadil se kal a aby se teplota vody ustálila v závislosti na teplotě vzduchu a v maximální možné míře se tak předešlo teplotnímu šoku znakoplavek.

Následně byli přivezeni dospělci z přírody - samci i samice - vypuštěni do akvárií a pečlivě spočítáni. Každý den jim byla přinášena čerstvě nachyтанá potrava z terénu (rybníky v okolí Českých Budějovic). Tu tvořil sezónní hmyz, jeho larvy a nymfy, plankton a drobný rybí plůdek. Potrava byla před umístěním do akvárií scezena, aby nedocházelo k zakalování rybniční vodou, přenosu velkého množství řas a následnému kažení vody. Nečistoty a uhynulá potrava byly odstraňovány a odpařená voda byla doplňována dle potřeby. Případný úhyn některé ze znakoplavek byl zaznamenán a uhynulý jedinec byl odebrán a zafixován v epruvetě s roztokem etanolu a glycerinu.

Rostliny vodního moru kanadského byly pravidelně kontrolovány, aby se včas zachytila snůška vajíček (vajíčka samice znakoplavek „zapichují“ kladélkem do rostlinné tkáně a jsou ve stoncích kanadského vodního moru dobře patrná podle „jizev“ se ztmavlymi okraji ve stonku) a předešlo se nezpůsobovanému líhnutí nymf a jejich napadání dospělci (viz výše – běžný kanibalismus) ve venkovních akváriích.

## **2. etapa – laboratorní chov**

Přibližně v polovině května se na rostlinách objevily první snůšky vajíček. Pro tento případ již byla připravena malá skleněná akvária pouze s odstátou vodou a rostliny s vajíčky byly přendány z venkovních akvárií do těchto malých a následně přesunuty do

laboratoře. Zde byla akvária ponechána bez řízené fotoperiody a teploty. Každý den byl odstraňován bakteriální film, který se tvořil na povrchu vody v akváriích, aby byl zajištěn neustálý přísun kyslíku a eliminována rizika při prvním nadechování nymf prvních instarů těsně po eklozi. Ve venkovních akváriích byly odebrané rostliny nahrazeny novými, které pak sloužily jako substrát pro kladení samic, které ve venkovních chovech přežívaly a ještě kladly.

První nymfy se začaly líhnout 12. 5. 2011. Pro individuální chovy byly připravené malé transparentní plastové boxy 10 x 7 x 5 cm se štěrkem na dně, odstátou vodou a s malým kusem vodního moru kanadského. Jedinci prvních nymfálních instarů byli náhodně 2 - 24 hodin po eklozi, samostatně odebíráni z akvárií a sítkem opatrně přemísťováni do boxů, jež byly ihned označeny. V rámci výzkumu byly nymfy rozřazeny do třech skupin (pro tři základní teplotní varianty chovu) po 40 jedincích.

**Tři skupiny jedinců znakoplavek byly chovány ve třech teplotních variantách H, M a L chovů** (viz níže). Pro tento účel byly již temperovány klimaboxy LBT 168 (Vanellus, ČR) na konkrétní teploty a fotoperiodu 16L:8D a se stálou cirkulací vzduchu.

**Varianty:**

**H** (hight) – vysoká teplota (25 °C)

**M** (medium) – střední teplota (22 °C)

**L** (low) – nízká teplota (19 °C)

V rámci těchto skupin byli jedinci ještě rozřazeni na **dvě podskupiny podle variant potravního režimu na A a B.**

**A** – krmení každý den

**B** – krmení obden

V konečné podobně měl experiment šest různých variant podmínek pro vývoj tzv. **treatmentů**, po 20 jedincích v každé z nich. To znamená, že celkově byl zkoumán individuální vývoj u 120 jedinců při třech různých teplotách a v každé teplotě při dvou různých režimech dostupnosti potravy.

Boxy s nymfami byly pečlivě popsány (každý box byl označen jedinečným identifikačním číslem konkrétní nymfy vyvíjejícího se jedince a kódem varianty pokusu) a vloženy do klimaboxů.

Variety, jejich značení a počty jedinců v treatmentech jsou uvedeny níže (tab. I).

**Tabulka I.** Přehled informací o variantách a kódování experimentů sledujících individuální vývoj *N. glauca* při různých teplotách a potravních režimech.

Teplotní režim:	Potravní režim /kód varianty/ počet jedinců	
Kód/teplota	<b>A</b> (potrava každý den - "full")	<b>B</b> (potrava obden - "reduced")
<b>H</b> (25 °C)	HA 1- HA 20	HB 1 - HB 20
<b>M</b> (22 °C)	MA 1 - MA 20	MB 1 - MB 20
<b>L</b> (19 °C)	LA 1 - LA 20	LB 1 - LB 20

Vývoj a stav jedinců byl pravidelně kontrolován každý den. Voda se měnila cca jednou za sedm dní. Individuálně byla sledována ekdyse či úhyn. Pokud se jedinec svlékl, byla svlečka vyjmuta z boxu a zafixována v ependorfce s roztokem etanolu a glycerinu v poměru 7:3. Ta byla popsána identifikačním číslem jedince a kódem varianty experimentu a dovnitř společně s exuvií byl vložen identifikační lístek s označením jedince a datem svlečení. Zároveň byl datum ekdyse zaznamenán v předem připravené tabulce a byl tak přehledně zdokumentován individuální vývoj každého jedince zvlášť. Pokud došlo k úhynu, byl jedinec zafixován a popsán stejným způsobem jako exuvie.

V klimaboxech byly transparentní boxy s živočichy umístěny na kovových mřížích nebo platech s průduchy, po devíti boxech na jednom platu. Cirkulaci vzduchu uvnitř zajišťovaly větráky na dně a světelný zdroj (zářivky) byl umístěn na stropě. Aby se dosáhlo srovnatelných světelných i teplotních podmínek během vývoje pro všechny

jedince, bylo nutné plata každý den posouvat. Plato, jež bylo nejvýše, bylo následující den přemístěno na nejspodnější pozici a ostatní plata se tak posunula o jedno místo výš.

Když uhynula nymfa prvního instaru, byla v experimentech v klimaboxech následně nahrazena jedincem novým z akvárií s rostlinami s nakladenými vajíčky, kde docházelo k líhnutí nymf a to až do té doby, dokud se v těchto akváriích stále ještě líhli noví jedinci. Data na boxech byla při každé takové náhradě uhynulého jedince prvního instaru novým přepsána a změna zaznamenána. Pokud uhynul jedinec druhého instaru, nebylo již možné simulovat specifické podmínky treatmentů a nasadit jedince nového.

### **3.4 Fotodokumentace**

Po kompletním ukončení laboratorních chovů a zafixování veškerých svleček i dospělců nadcházel etapa fotografování. Fotografovány byly veškeré exuvie i u jedinců, kteří nedokončili vývoj a uhynuli předčasně, byly svlečky změřeny a data byla zahrnuta do statistické analýzy. V ideálním případě byla získána data u konkrétního jedince na svlečkách od prvního do pátého instaru i z usmrčeného dospělého. Ze všech exuvií byl za účelem fotografování zhotoven dočasný preparát s roztokem etanolu a glycerinu jako zalévacím médiem. První a druhé instary byly foceny na digitálním fotoaparátu Olympus E-410 nainstalovaném na mikroskopu Olympus CX 41 (v období od dubna 2012 do prosince 2013) v programu Quick PHOTO CAMERA 2.3 (Olympus, Japonsko). Svlečky třetích až pátých instarů a dospělci museli být fotografováni prostřednictvím stereomikroskopu Olympus SZ61, protože na mikropreparát a zorné pole mikroskopu Olympus CX 4 byli příliš velcí. Podstatné bylo svlečky vyfotografovat s co nejlepším zaostřením tak, aby bylo možné snadno rozeznat rozměry, které budou následně měřeny. Z tohoto důvodu bylo od každé exuvie zhotoveno několik fotografií, jež byly pečlivě popsány a uloženy v elektronické podobě pod přesným identifikačním kódem, odpovídajícím kódování v experimentech tak, aby nedošlo k záměně. Fotodokumentace dospělců, vyžadovala odpreparování všech nohou (z nichž byl zhotoven dočasný preparát) a následně opět foceny pod stereomikroskopem tak, jako těla dospělých jedinců. Zároveň u všech imag bylo pod stereomikroskopem určeno pohlaví podle terminálií zadečku.

### 3.5 Měření a přehled měřených parametrů

Parametry musely být zvoleny tak, aby je bylo možné bezproblémově sledovat a měřit u všech instarů. Dalším kritériem bylo, aby alespoň část měřených parametrů odpovídala parametrům, které měřila Paulová (2012) u *Microvelia reticulata* a Pilařová (2014) u *Ilyocoris cimicoides*. Celkem bylo stanoveno pro měření individuálního vývoje *N. glauca* 22 rozměrů (viz tab. II). Jisté obtíže při měření způsobovalo husté ochlupení (chaetotaxie) svleček, jejich pigmentace, či poškození. Exuvie byly často ve špatném stavu, už před zhotovením dočasného preparátu, takže některé články nohou nebyly vůbec nalezeny. Tyto okolnosti vedly k tomu, že některá data v tabulkovém protokolu chybí, i když má jedinec kompletní vývoj. Rozměry byly měřeny na digitálních fotografiích v programu Quick PHOTO CAMERA 2.3, od července 2013 do září 2013.

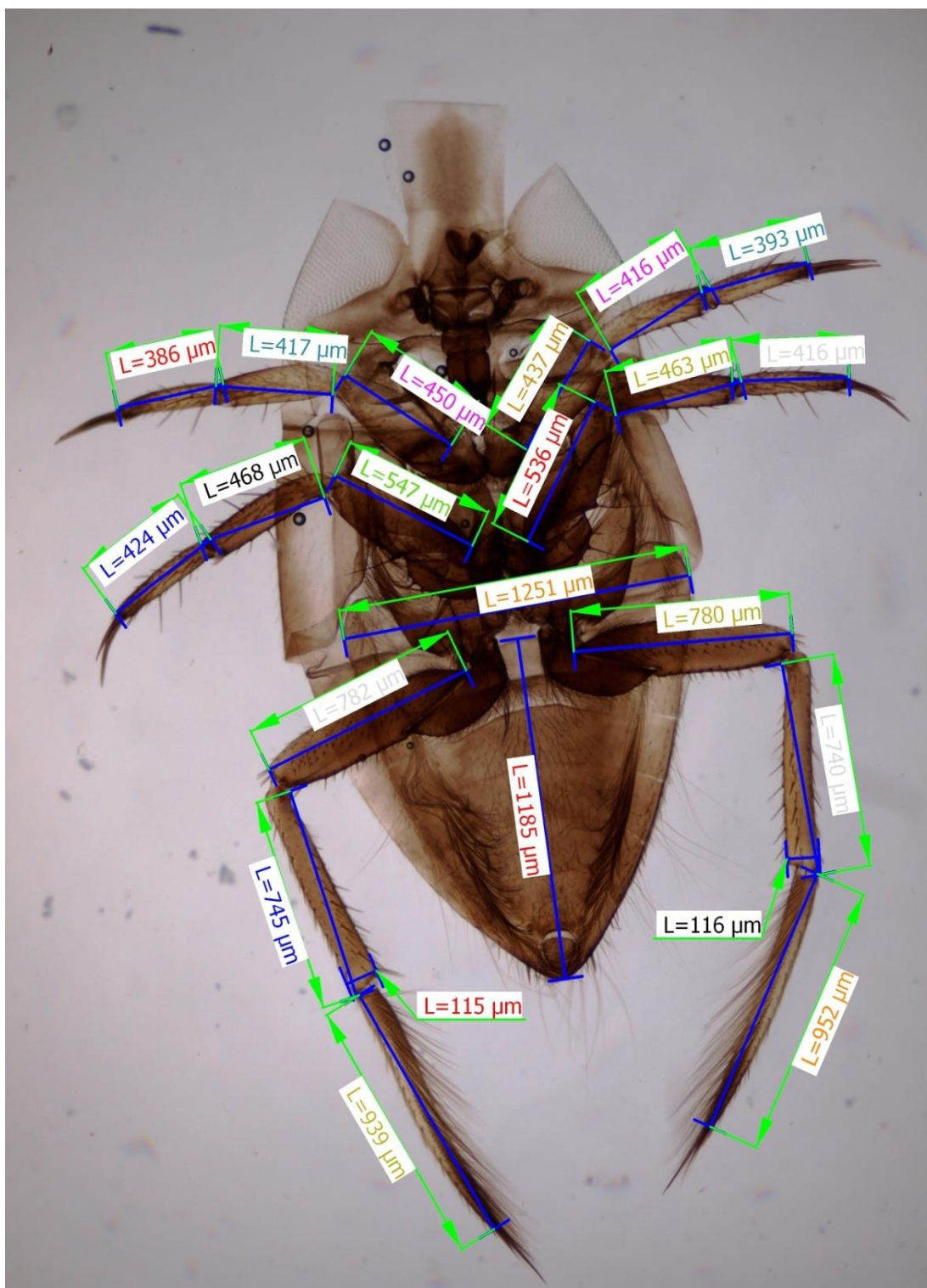
Měření holení bylo mírně odlišné od měření ostatních článků nohou. Kvůli špatně viditelnému začátku a konci na horní straně tibie, byl rozměr měřen od trnu na spodní straně tibie šikmo (napříč) článkem k trnu na horní straně (viz obr. 7, 8).

Chodidlové články nohou u preimaginálních stádií mají jeden článek. U dospělých jedinců se tarsus rozpadá na dva chodidlové články. Rozměr byl u dospělců měřen stejně jako u svleček instarů. Je však nutné brát v potaz, že chodidlové články nejsou často v jedné linii a mohou se v kloubu mírně ohnout.

Nohy byly měřeny na pravé i levé straně zvlášť. Ty samé rozměry u jednoho jedince na pravé a na levé straně však vykazovaly poměrně velké velikostní rozdíly. Z tohoto důvodu byl k vyhodnocení výsledků použit vždy větší naměřený rozměr každého jednotlivého článku nohy, nezávisle na pravé či levé straně (viz obr. 7, 8).

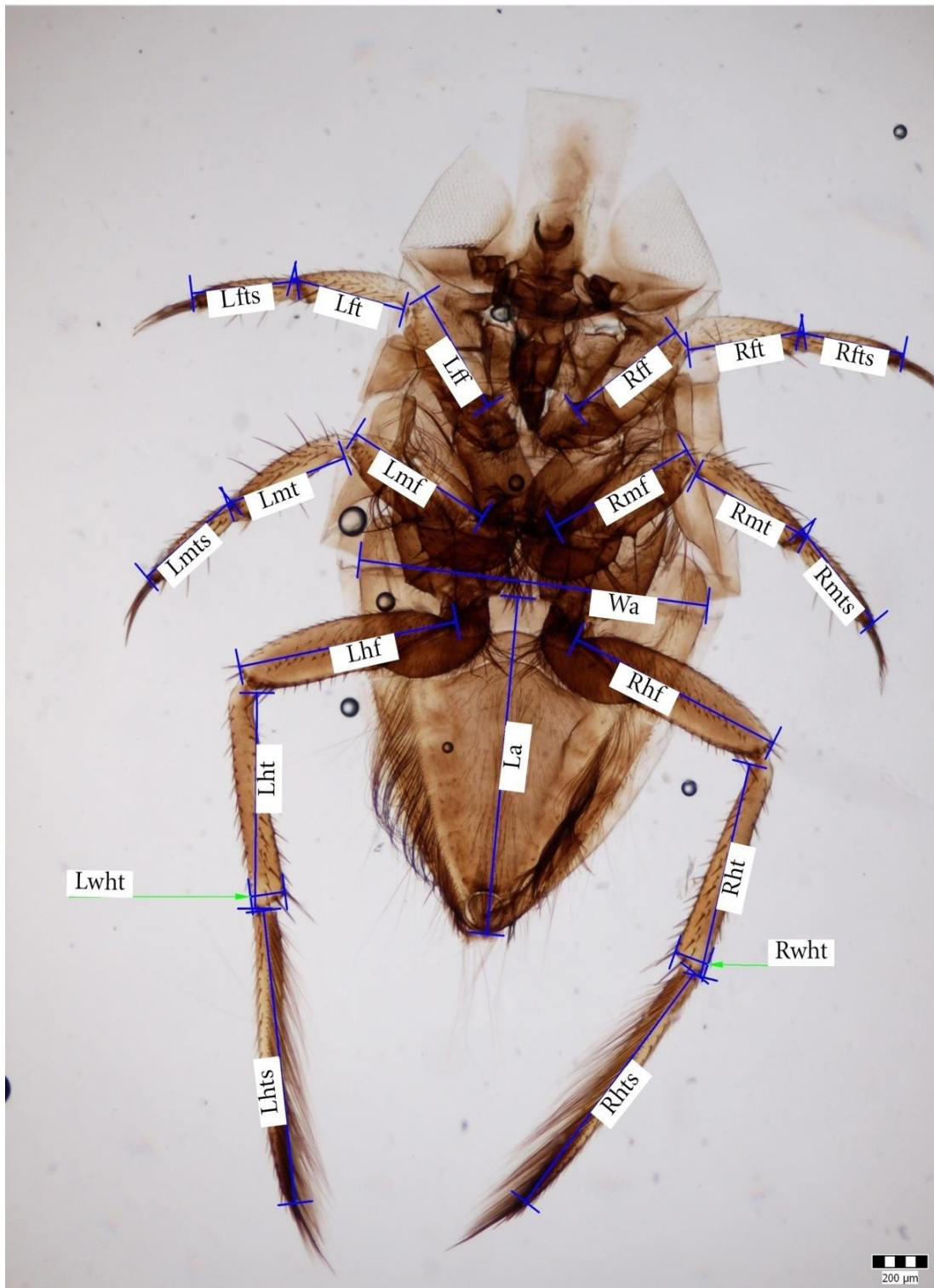
**Tabulka II.** Seznam rozměrů, jež byly měřeny:

La	délka zadečku (length abdomen)
Wa	šířka zadečku (width abdomen)
Rff	délka předního stehna (front femur), pravá končetina
Rft	délka přední holeně (front tibia), pravá končetina
Rfts	délka předního chodidlového článku (front tarsus), pravá končetina
Rmf	délka středního stehna (medium femur), pravá končetina
Rmt	délka střední holeně (medium tibia), pravá končetina
Rmts	délka středního chodidlového článku (medium tarsus), pravá končetina
Rhf	délka zadního stehna (hind femur), pravá končetina
Rht	délka zadní holeně (hind tibia), pravá končetina
Rhts	délka zadního chodidlového článku (hind tarsus), pravá končetina
Rwht	šířka zadní holeně (width hind tibia) v nejširší možné části, pravá končetina
Lff	délka předního stehna (front femur), levá končetina
Lft	délka přední holeně (front tibia), levá končetina
Lfts	délka předního chodidlového článku (front tarsus), levá končetina
Lmf	délka středního stehna (medium femur), levá končetina
Lmt	délka střední holeně (medium tibia), levá končetina
Lmts	délka středního chodidlového článku (medium tarsus), levá končetina
Lhf	délka zadního stehna (hind femur), levá končetina
Lht	délka zadní holeně (hind tibia), levá končetina
Lhts	délka zadního chodidlového článku (hind tarsus), levá končetina
Lwht	šířka zadní holeně (width hind tibia) v nejširší možné části, levá končetina



Obr. 7. Sledované rozměry vyznačené na fotografii exuvie LA16L1+M4a11.3 instaru *N. glauca* (ventrální pohled), jedinec chovaný v nejnižší teplotě (19 °C), krmen každý den, první instar, zvětšeno 4x (foto autorka).





Obr. 8. Sledované rozměry a užitá zkratky těchto rozměrů vyznačené na fotografii exuvie MA16L1+M4a5.3 instaru *N. glauca* (ventrální pohled), jedinec chovaný ve střední teplotě (22 °C), krmen každý den, první instar, zvětšeno 4x (foto autorka).

### 3.6 Statistické vyhodnocování

Analýza dat byla prováděna kvůli srovnatelnosti výsledků záměrně stejným způsobem, jako je provedena ve studii individuální ontogeneze *M. reticulata* Paulovou (2012).

Všechny výsledky byly analyzovány a zpracovány pomocí programu STATISTICA 12 a Microsoft Excel, 2007.

Mortalita byla vyhodnocována  $\chi^2$  testem ve všech treatmentech, kdy se očekával shodný poměr mortality samců a samic 1:1, čili přežívání jedinců by nemělo být závislé na pohlaví. Analyzována byla i mortalita znakoplavek (samic i samců dohromady) v závislosti na teplotě a v závislosti na potravním režimu.

Dvouvýběrovým t-testem byly vyhodnocovány rozměry a jejich rozdíly v závislosti na pohlaví chovaných jedinců, u samců a samic zvlášť, ve všech šesti treatmentech. **Nulová hypotéza ( $H_0$ )** byla stanovena tak, že velikost rozměrů samců a samic v jednotlivých variantách experimentu není závislá na pohlaví. Stejným způsobem byly testovány rozměry v závislosti na teplotě (v každé teplotě byly testovány oba dva potravní režimy zvlášť) a v závislosti na přísunu potravy (v rámci konkrétního potravního režimu byly testovány všechny teplotní hladiny zvlášť) a jak se projeví tyto podmínky na rozměrech vyvíjejících se samců a samic. Byla vyhodnocena i varianta, kdy byla testována závislost pouze na pohlaví, bez vlivu potravy a bez vlivu teploty.

Vliv environmentálních podmínek (teplota, potravní režim a jejich interakce) na velikost rozměrů samců a samic byl hodnocen pomocí testu ANOVA opakovaných měření (repeated-measures Anova). Dvufaktorová ANOVA byla použita ke zpracování výsledků celkové délky vývoje a jako proměnné byly zadány teplota a potravní režim.

Jako hladina významnosti byla zvolena  $\alpha = 0,05$ . Hodnoty zjištěných hladin významnosti vyhovující tomuto kritériu, tj.  $\alpha \leq 0,05$ , jsou v tabulkách vyznačeny pro přehlednost červeně.

### 3.7 Seznam použitých zkratk v kapitole VÝSLEDKY

L1	= první instar
L2	= druhý instar
L3	= třetí instar
L4	= čtvrtý instar
L5	= pátý instar
AD	= dospělý jedinec
La	= délka zadečku
Wa	= šířka zadečku
ff	= délka předního stehna
ft	= délka přední holeně
fts	= délka předního chodidlového článku
mf	= délka středního stehna
mt	= délka střední holeně
mts	= délka středního chodidlového článku
hf	= délka zadního stehna
ht	= délka zadní holeně
hts	= délka zadního chodidlového článku
H	= nejvyšší teplota (25 °C)
M	= střední teplota (22 °C)
L	= nejnižší teplota (19 °C)
full	= úplný přísun potravy, jedinci krmeni denně
red	= redukováná potrava, jedinci krmeni obden
p	= hladina významnosti (v tabulkách je signifikantní rozdíl uveden červeně)
df	= stupeň volnosti

## 4 VÝSLEDKY

### 4.1 Mortalita

Mortalita jedinců znakoplavky obecné (*Notonecta glauca*), jež se dožili dospělosti, byla hodnocena v závislosti na teplotě, na potravním režimu a na pohlaví. V žádných z treatmentů nebyl v počtu přeživších samců a samic zaznamenán průkazný rozdíl oproti očekávanému počtu v poměru 1:1 (všechna  $p \leq 0,52$ ). To znamená, že ve všech treatmentech dospěly velmi srovnatelné počty samců i samic a soudě podle toho můžeme tvrdit, že mortalita není s největší pravděpodobností závislá na pohlaví. Proto byla mortalita dále vyhodnocována u samců a samic dohromady.

Průkazný rozdíl v mortalitě byl zjištěn v případě jedinců chovaných ve střední a v nejvyšší teplotě v závislosti na potravním režimu. Při střední teplotě (M - 22 °C) přežívali lépe jedinci krmeni každý den ( $\chi^2 = 0,008$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,073$ ). Největší rozdíl byl zaznamenán při nejvyšší teplotě (H - 25 °C), kdy mortalita jedinců krměných každý den byla pouze 20 % ( $\chi^2 = 0,761$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,616$ ), oproti jedincům krměných obden, u kterých dosáhla mortalita 80 % ( $\chi^2 < 10^{-4}$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,007$ ). S ohledem pouze na mortalitu lze tedy říci, že nejlépe prospívali jedinci v treatmentu H/full a nejhůře se dařilo překvapivě jedincům při té samé teplotě, ale s redukcí potravy H/red. Při nejnižší teplotě (L - 19 °C) se pak rozdíl v potravním režimu výrazně neprojevil a v obou dvou potravních variantách byl počet přeživších dospělců srovnatelný ( $\chi^2 = 0,606$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,467$ ). Také poměrně neočekávaný je fakt, že mortalita nebyla výrazně ovlivněna v závislosti na teplotě a jedinci se dožívali dospělosti ve všech teplotách velmi podobně ( $\chi^2 = 3,847$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,853$ ), konkrétně dospělo 20 jedinců shodně v treatmentech H i M a 17 jedinců dospělo v treatmentu L. Výsledky však mohou být ovlivněny poměrně nízkým počtem přeživších jedinců, jež se vyvinuli až do dospělců (tab. III).

**Tabulka III.** Přežívání a mortalita jedinců znakoplavky obecné (*Notonecta glauca*) v závislosti na konkrétních teplotách a potravních režimech.

	potravní režim	samice	samec	mortalita
25 °C (H)	full	9	7	20%
	red	2	2	80%
celkem ve 25 °C		11	9	50%
22 °C (M)	full	8	6	30%
	red	3	3	70%
celkem ve 22 °C		11	9	50%
19 °C (L)	full	4	6	50%
	red	4	3	65%
celkem v 19 °C		8	9	58%

## 4.2 Závislost rozměrů těla a nohou na pohlaví vyvíjejících se jedinců v různých teplotních a potravních režimech chovů

V této kapitole je vyhodnoceno měření rozměrů exuvií od prvních do pátých instarů a dospělců ze všech treatmentů. Byl sledován vliv pohlaví na konkrétní rozměry těla a nohou u vyvíjejících se samců a samic a jejich rozdíly. Pokud byl zjištěn rozdíl závislý na pohlaví a je uveden ve výsledcích, je vždy signifikantně větší rozměr u samic než u samců.

V treatmentu **H/full** se do dospělce svléklo sedm samců a devět samic. Již u samčích a samičích L1 byl zaznamenán rozdíl u rozměru: šířka zadečku (Wa) ( $p = 0,038$ ). U následujících instarů L2 a L3 nebyly zjištěny žádné další rozdíly v rozměrech. U L4 byly zjištěny velikostní rozdíly mezi samci a samicemi v případě šesti rozměrů, u L5 v osmi a u AD pak byly zaznamenány průkazné rozdíly téměř u všech rozměrů. Signifikantní rozdíl mezi samci a samicemi nebyl průkazný pouze u rozměru - přední holeň (ft) ( $p = 0,212$ ) (tab. IV).

**Tabulka IV.** Dosažené hladiny významnosti  $p$ ; hodnocení vlivu pohlaví na sledované rozměry v podmínkách vývoje v treatmentu H/full (25 °C, krmení denně).

H/full	L1	L2	L3	L4	L5	AD
La	0,167	0,736	0,896	0,014	0,001	0,006
Wa	0,038	0,177	0,536	0,002	0,003	0,040
ff	0,684	0,820	0,873	0,245	0,137	0,001
ft	0,252	0,526	0,215	0,658	0,132	0,212
fts	0,508	0,931	0,535	0,160	0,086	0,005
mf	0,812	0,371	0,932	0,060	$< 10^{-3}$	$< 10^{-4}$
mt	0,606	0,880	0,866	0,017	0,004	0,034
mts	0,535	0,825	0,435	0,012	$< 10^{-3}$	$< 10^{-3}$
hf	0,337	0,479	0,484	0,007	$< 10^{-3}$	0,008
ht	0,374	0,337	0,204	$< 10^{-3}$	0,002	$< 10^{-5}$
hts	0,851	0,152	0,164	0,068	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$
wht	0,601	0,709	0,117	0,130	0,531	0,042

V treatmentu **H/red** byla zaznamenána nevyšší mortalita ze všech treatmentů (80 %), dospěli pouze dva samci a dvě samice. Je možné, že výsledek může být zkreslen malým počtem přeživších jedinců a zároveň malým počtem naměřených dat. Oproti H/full byl průkazný morfometrický rozdíl mezi samci a samicemi zjištěn pouze u dvou rozměrů celkově v rámci všech nymfálních instarů, a to konkrétně u L3 u rozměru - délka zadečku (La) ( $p = 0,029$ ) a u L5 u předního chodidlového článku (fts) ( $p = 0,031$ ) (tab. V).

**Tabulka V.** Dosažené hladiny významnosti  $p$ ; hodnocení vlivu pohlaví na sledované rozměry v podmínkách vývoje v treatmentu H/red (25 °C, krmení obden).

H/red	L1	L2	L3	L4	L5	AD
La	0,852	0,505	0,029	0,892	0,459	0,834
Wa	0,875	0,311	0,548	0,251	0,133	0,063
ff	0,641	0,493	0,576	0,152	0,203	0,462
ft	0,072	0,460	0,319	0,180	0,545	0,542
fts	0,970	0,767	0,422	0,067	0,031	0,153
mf	0,593	0,661	0,184	0,477	0,300	0,254
mt	0,519	0,159	0,449	0,120	0,462	0,884
mts	0,793	0,899	0,332	0,122	0,185	0,120
hf	0,710	0,666	0,243	0,199	0,226	0,173
ht	0,888	0,464	0,156	0,246	0,192	0,122
hts	0,987	0,462	0,190	0,133	0,055	0,075
wht	0,646	0,689	0,717	0,600	0,761	0,744

Treatment **M/full** (dospělo šest samců, osm samic). U samčích a samičích L1, L2 a L3 nebyly zjištěny rozdíly sledovaných rozměrů. Signifikantní rozdíly byly nalezeny až od L4 a to v šesti rozměrech. U L5 bylo zjištěno sedm rozměrových rozdílů mezi samci a samicemi a u dospělců bylo průkazných opět šest rozdílů (tab. VI).

**Tabulka VI.** Dosažené hladiny významnosti p; hodnocení vlivu pohlaví na sledované rozměry v podmínkách vývoje v treatmentu M/full (22 °C, krmení denně).

M/full	L1	L2	L3	L4	L5	AD
La	0,462	0,865	0,768	0,998	0,003	0,112
Wa	0,596	0,436	0,465	0,022	0,315	0,003
ff	0,406	0,529	0,526	0,228	0,027	0,094
ft	0,780	0,990	0,847	0,349	0,127	0,219
fts	0,749	0,531	0,473	0,019	0,102	0,067
mf	0,337	0,697	0,072	0,006	$< 10^{-3}$	$< 10^{-3}$
mt	0,807	0,841	0,504	0,145	0,011	0,617
mts	0,723	0,887	0,740	0,022	0,066	0,067
hf	0,887	0,962	0,206	0,023	0,009	$< 10^{-3}$
ht	0,798	0,750	0,360	0,072	0,018	0,005
hts	0,617	0,261	0,130	0,021	0,012	0,008
wht	0,169	0,460	0,069	0,141	0,918	0,012



V treatmentu **M/red** byla zaznamenána také poměrně vysoká mortalita vyvíjejících se jedinců (70 %) a do stadia dospělé se svlékli pouze tři samci a tři samice. U samčích a samičích L1a L2 nebyly zjištěny žádné rozdíly. U L3 byl signifikantně rozdílný jen jeden rozměr - délka zadečku (La) ( $p = 0,012$ ), stejně jako jeden rozměr u L4 - šířka zadečku (Wa) ( $p = 0,033$ ). U L5 byl velikostní rozdíl mezi samci a samicemi průkazný u třech rozměrů a u AD opět jen u jednoho rozměru - zadní stehno (hf) ( $p = 0,032$ ) (viz tab. VII).

**Tabulka VII.** Dosažené hladiny významnosti  $p$ ; hodnocení vlivu pohlaví na sledované rozměry v podmínkách vývoje v treatmentu M/red (22 °C, krmení obden).

M/red	L1	L2	L3	L4	L5	AD
La	0,307	0,824	0,012	0,322	0,357	0,850
Wa	0,366	0,641	0,205	0,033	0,005	0,520
ff	0,111	0,815	0,563	0,191	0,015	0,372
ft	0,811	0,635	0,645	0,068	0,092	0,458
fts	0,190	< 0,99	0,237	0,183	0,058	0,313
mf	0,716	0,612	0,446	0,158	0,087	0,233
mt	0,798	0,767	0,567	0,187	0,349	0,536
mts	0,316	0,771	0,600	0,584	0,712	0,374
hf	0,528	0,819	0,472	0,103	0,049	0,032
ht	0,686	0,824	0,380	0,126	0,096	0,162
hts	0,951	0,901	0,462	0,225	0,373	0,340
wht	< 0,99	0,326	0,420	0,938	0,920	0,856

Treatment **L/full** (dospělo šest samců, čtyři samice). V těchto podmínkách nebyl prokázán ani jeden signifikantní rozdíl mezi rozměry samců a samic po celou dobu vývoje (tab. VIII).

**Tabulka VIII.** Dosažené hladiny významnosti p; hodnocení vlivu pohlaví na sledované rozměry v podmínkách vývoje v treatmentu L/full (19 °C, krmení denně).

L/full	L1	L2	L3	L4	L5	AD
La	0,392	0,250	0,962	0,880	0,813	0,911
Wa	0,607	0,163	0,417	0,576	0,745	0,308
ff	0,919	0,364	0,605	0,329	0,626	0,699
ft	0,386	0,941	0,488	0,744	0,763	0,895
fts	0,350	0,642	0,741	0,868	0,558	0,461
mf	0,545	0,923	0,893	0,915	0,524	0,485
mt	0,951	0,956	0,904	0,750	0,567	0,478
mts	0,596	0,854	0,361	0,656	0,992	0,844
hf	0,960	0,730	0,828	0,695	0,317	0,106
ht	0,941	0,880	0,816	0,517	0,680	0,580
hts	0,782	0,851	0,363	0,817	0,663	0,437
wht	0,838	0,561	0,713	0,698	0,790	0,353

V treatmentu **L/red** se do dospělce svléklo šest samců a čtyři samice. Prokazatelný rozdíl byl zjištěn u dvou rozměrů u L1, dva rozdíly byly zjištěny u L2. V L3 byl nalezen rozdíl u pěti rozměrů a sedm signifikantních rozdílů mezi samci a samicemi bylo zjištěno u L4. U L5 bylo zaznamenáno pět rozdílů mezi samci a samicemi a u AD byl prokázán rozdíl v šesti rozměrech (tab. IX).

**Tabulka IX.** Dosažené hladiny významnosti p; hodnocení vlivu pohlaví na sledované rozměry v podmínkách vývoje v treatmentu L/red (19 °C, krmení obden).

L/red	L1	L2	L3	L4	L5	AD
La	0,640	0,287	0,249	0,018	0,038	0,013
Wa	0,974	0,165	0,019	0,033	0,108	0,070
ff	0,342	0,686	0,148	0,635	0,001	0,208
ft	0,014	0,252	0,994	0,024	0,183	0,448
fts	0,188	0,023	0,022	0,134	0,094	0,072
mf	0,288	0,214	0,069	0,062	0,055	0,117
mt	0,053	0,405	0,045	0,019	0,062	0,172
mts	0,043	0,017	0,039	0,052	0,016	0,024
hf	0,158	0,133	0,053	0,062	0,011	0,010
ht	0,162	0,074	0,103	0,034	0,042	0,014
hts	0,112	0,095	0,043	0,034	0,064	0,027
wht	0,145	0,453	0,137	0,018	0,638	0,038

### 4.3 Závislost rozměrů těla a nohou na pohlaví vyvíjejících se jedinců v různých teplotních režimech chovů

Následně byly vyhodnocovány i závislosti na pohlaví bez zahrnutí vlivu potravního režimu, pouze v závislosti na teplotě chovů. Při nejvyšší teplotní variantě chovů (**H - 25 °C**) celkově dospělo devět samců a jedenáct samic. U samčích a samičích jedinců L1 a L2 nebyly zjištěny žádné rozdíly. U L3 byl prokázán rozdíl mezi samci a samicemi pouze u jednoho rozměru a to u zadního chodidlového článku (hts) ( $p = 0,037$ ). Samice začaly vykazovat větší velikosti rozměrů oproti samcům v L4, kdy signifikantní rozdíl byl zjištěn u sedmi rozměrů, následně u L5 a AD shodně u devíti rozměrů (tab. X).

**Tabulka X.** Dosažené hladiny významnosti  $p$ ; hodnocení vlivu pohlaví na sledované rozměry v podmínkách vývoje v teplotní variantě H (25 °C); potravní režim nerozlišován.

H	L1	L2	L3	L4	L5	AD
La	0,161	0,468	0,658	0,066	0,002	0,008
Wa	0,186	0,187	0,334	0,005	0,001	0,004
ff	0,509	0,378	0,444	0,043	0,065	0,005
ft	0,065	0,982	0,696	0,154	0,125	0,146
fts	0,499	0,867	0,266	0,107	0,029	0,001
mf	0,996	0,848	0,371	0,068	0,005	$< 10^{-3}$
mt	0,878	0,328	0,708	0,008	0,016	0,082
mts	0,689	0,758	0,227	0,008	0,002	$< 10^{-3}$
hf	0,261	0,932	0,291	0,031	0,005	0,004
ht	0,378	0,164	0,085	$< 10^{-3}$	0,003	$< 10^{-4}$
hts	0,852	0,070	0,037	0,022	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$
wht	0,403	0,877	0,166	0,244	0,460	0,059

U jedinců vyvíjejících se ve střední teplotě (M - 22 °C) nebyly zjištěny rozdíly mezi samci a samicemi od L1 do L3. Od L4 byl již rozdíl v růstu samců a samic průkazný u deseti z dvanácti rozměrů, přičemž vliv pohlaví na růst nebyl zjištěn u rozměrů: délka zadečku (La) (p = 0,336) a šířka zadní holeně (wht) (p = 0,324). U L5 se rozdíl v růstu samců a samic potvrdil opět u deseti rozměrů, vyjma středního chodidlového článku (mts) (p= 0,066) a wht (p = 0,875) a u dospělců bylo signifikantně ovlivněno sedm rozměrů. Rozměr wht nebyl v závislosti na pohlaví ovlivněn po celou dobu vývoje. Celkově v této variantě dospělo devět samců a jedenáct samic (tab. XI).

**Tabulka XI.** Dosažené hladiny významnosti p; hodnocení vlivu pohlaví na sledované rozměry v podmínkách vývoje v teplotní variantě M (22 °C); potravní režim nerozlišován.

M	L1	L2	L3	L4	L5	AD
La	0,568	0,724	0,147	0,336	0,002	0,376
Wa	0,675	0,461	0,960	0,001	0,042	0,007
ff	0,897	0,816	0,953	0,048	0,002	0,052
ft	0,687	0,755	0,811	0,046	0,018	0,121
fts	0,336	0,626	0,130	0,004	0,015	0,028
mf	0,386	0,443	0,065	0,001	< 10 <sup>-3</sup>	< 10 <sup>-3</sup>
mt	0,730	0,680	0,342	0,031	0,005	0,352
mts	0,684	0,738	0,484	0,020	0,066	0,030
hf	0,530	0,856	0,114	0,002	0,001	< 10 <sup>-3</sup>
ht	0,887	0,694	0,187	0,010	0,002	0,002
hts	0,700	0,404	0,074	0,005	0,007	0,004
wht	0,223	0,306	0,173	0,324	0,875	0,081

V nejchladnější variantě experimentu (**L - 19 °C**) dospělo devět samců a osm samic a pohlavní rozdíly morfometrických znaků byly jen velmi nezřetelné. Rozdíly nebyly prokázány u L1, L3 ani u L4. Jeden rozdíl byl zaznamenán u L2 a to u šířky zadečku (Wa) ( $p = 0,025$ ) a pak až u L5 u dvou rozměrů, konkrétně to jsou rozměry: střední stehno (mf) ( $p = 0,036$ ) a zadní stehno (hf) ( $p = 0,011$ ). U AD byl signifikantní rozdíl zjištěn opět pouze u jednoho rozměru - zadní holeň (ht) ( $p = 0,010$ ) (tab. XII).

**Tabulka XII.** Dosažené hladiny významnosti  $p$ ; hodnocení vlivu pohlaví na sledované rozměry v podmínkách vývoje v teplotní variantě L (19 °C); potravní režim nerozlišován.

L	L1	L2	L3	L4	L5	AD
La	0,892	0,731	0,270	0,234	0,143	0,056
Wa	0,630	0,025	0,144	0,124	0,099	0,105
ff	0,444	0,976	0,143	0,906	0,083	0,444
ft	0,394	0,355	0,547	0,352	0,273	0,682
fts	0,159	0,493	0,293	0,224	0,659	0,136
mf	0,758	0,301	0,177	0,131	0,036	0,180
mt	0,187	0,469	0,282	0,096	0,074	0,851
mts	0,425	0,301	0,593	0,066	0,119	0,672
hf	0,185	0,141	0,201	0,088	0,011	0,010
ht	0,190	0,350	0,348	0,310	0,114	0,099
hts	0,136	0,140	0,841	0,155	0,315	0,453
wht	0,362	0,818	0,525	0,200	0,890	0,852

#### 4.4 Závislost rozměrů těla a nohou na pohlaví vyvíjejících se jedinců v různých potravních režimech chovů

Statisticky byly vyhodnoceny i varianty experimentu v závislosti pouze na potravním režimu (full/red) na rozměry samců a samic, bez vlivu teploty. Výsledky ukazují, že velikost rozměrů samic se oproti velikosti samců v průběhu vývoje nápadně zvětšovaly v závislosti právě na potravním režimu. Ve variantě **-full-** (krmeni každý den) nebyl prokázán žádný rozdíl morfometrických znaků samců a samic od L1 až do L3. U samic v L4 byl zjištěn signifikantní rozdíl rozměrů oproti samcům v sedmi morfometrických znacích. U L5 se rozdíl v růstu samců a samic projevil u deseti z dvanácti rozměrů, nebyl zjištěn pouze u dvou rozměrů a to konkrétně u přední holeně (ft) ( $p = 0,116$ ) a u šířky zadní holeně (wht). U dospělců nebyl průkazný rozdíl v růstu zaznamenán u přední holeně (ft) ( $p = 0,144$ ) a u střední holeně (mt), přičemž tento výsledek je s ohledem na růstový průběh mt předchozích preimaginálních stádií velmi překvapivý. U L4 byl prokazatelný rozdíl v růstu střední holeně ( $p = 0,027$ ), u L5 byl zjištěn vysoce signifikantní rozdíl mt mezi samci a samicemi ( $p < 10^{-3}$ ) a u dospělých samců a samic vliv pohlaví na rozměr mt nebyl kupodivu zjištěn ( $p = 0,290$ ). Dále se pak neprojevila závislost růstu na pohlaví u wht po celou dobu vývoje (tab. XIII).

**Tabulka XIII.** Dosažené hladiny významnosti  $p$ ; hodnocení vlivu pohlaví na sledované rozměry v podmínkách vývoje potravního režimu -full- (krmeni denně); teplota nerozlišována.

full	L1	L2	L3	L4	L5	AD
La	0,061	0,751	0,829	0,080	0,003	0,035
Wa	0,205	0,135	0,666	0,001	0,018	0,001
ff	0,418	0,742	0,896	0,196	0,012	0,028
ft	0,161	0,819	0,434	0,492	0,046	0,144
fts	0,792	0,949	0,559	0,055	0,116	0,005
mf	0,996	0,704	0,242	0,003	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$
mt	0,853	0,955	0,867	0,027	$< 10^{-3}$	0,290
mts	0,339	0,825	0,847	0,001	0,001	0,014
hf	0,484	0,781	0,312	0,003	$< 10^{-4}$	$< 10^{-3}$
ht	0,614	0,548	0,219	0,008	$< 10^{-3}$	$< 10^{-5}$
hts	0,472	0,123	0,808	0,008	$< 10^{-3}$	0,002
wht	0,889	0,885	0,746	0,164	0,298	0,152

Ve variantě **-red-** (krmeni obden) u jedinců L1 a L2 nebyl zaznamenán žádný prokazatelný rozdíl morfometrických znaků mezi samci a samicemi. U L3 bylo zjištěno signifikantních rozdílných osm rozměrů, u L4 deset rozměrů a u L5 opět osm rozměrů. U AD byl prokázán rozdíl samců a samic v případě sedmi rozměrů (tab. XIV).

**Tabulka XIV.** Dosažené hladiny významnosti p; hodnocení vlivu pohlaví na sledované rozměry v podmínkách vývoje potravního režimu **-red-** (krmeni obden); teplota nerozlišována.

red	L1	L2	L3	L4	L5	AD
La	0,562	0,249	0,042	0,100	0,055	0,145
Wa	0,645	0,180	0,029	0,022	0,006	0,024
ff	0,209	0,773	0,092	0,029	$< 10^{-3}$	0,101
ft	0,629	0,219	0,263	0,010	0,092	0,572
fts	0,057	0,223	0,015	0,007	0,002	0,008
mf	0,221	0,153	0,043	0,018	0,014	0,015
mt	0,101	0,070	0,051	0,002	0,069	0,210
mts	0,061	0,273	0,048	0,025	0,019	0,006
hf	0,225	0,171	0,038	0,011	0,001	0,001
ht	0,459	0,108	0,025	0,003	0,007	0,003
hts	0,312	0,118	0,009	0,003	0,004	0,003
wht	0,649	0,159	0,223	0,208	0,843	0,208



#### 4.5 Závislost rozměrů těla a nohou na pohlaví vyvíjejících se jedinců

Vyhodnocení pohlavních rozdílů jednotlivých rozměrů u všech vyvíjejících se jedinců ve všech variantách chovů, bez ohledu na možné ovlivnění vývoje teplotou a potravním režimem, je uvedeno v tab. XV. U samčích a samičích jedinců L1 nebyly zjištěny žádné rozdíly morfometrických znaků. Rozdíl závislý na pohlaví byl zjištěn u jedinců L2 v rozměru zadního chodidlového článku (hts) ( $p = 0,026$ ) a u L3 byly zjištěny rozdíly v růstu samců a samic u čtyř rozměrů. Samice L4 a L5 byly výrazně větší ve všech rozměrech než samci; výjimkou je rozměr: šířka zadní holeně (wht), který zůstal po celou dobu vývoje neovlivněn. Devět signifikantních rozdílů morfometrických znaků pak vykazovali dospělí jedinci (tab. XV).

**Tabulka XV.** Dosažené hladiny významnosti  $p$ ; hodnocení vlivu pohlaví na sledované rozměry; teplota ani potravní režim nebyly nerozlišovány.

celkem	L1	L2	L3	L4	L5	AD
La	0,174	0,510	0,110	0,013	$< 10^{-3}$	0,011
Wa	0,775	0,051	0,202	$< 10^{-3}$	$< 10^{-3}$	$< 10^{-3}$
ff	0,996	0,661	0,249	0,013	$< 10^{-3}$	0,008
ft	0,386	0,559	0,986	0,026	0,009	0,149
fts	0,300	0,444	0,027	0,018	0,005	$< 10^{-3}$
mf	0,566	0,407	0,021	$< 10^{-3}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
mt	0,474	0,266	0,208	$< 10^{-3}$	$< 10^{-3}$	0,092
mts	0,790	0,399	0,173	$< 10^{-3}$	$< 10^{-3}$	$< 10^{-3}$
hf	0,769	0,378	0,030	$< 10^{-3}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-6}$
ht	0,935	0,116	0,018	$< 10^{-3}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-7}$
hts	0,206	0,026	0,075	$< 10^{-3}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$
wht	0,674	0,463	0,856	0,054	0,456	0,057

S ohledem na výše uvedené výsledky je zcela průkazné, že růst je signifikantně závislý na pohlaví. Proto jsou morfometrické znaky vyvíjejících se samců a samic v následujících analýzách vyhodnocovány odděleně.

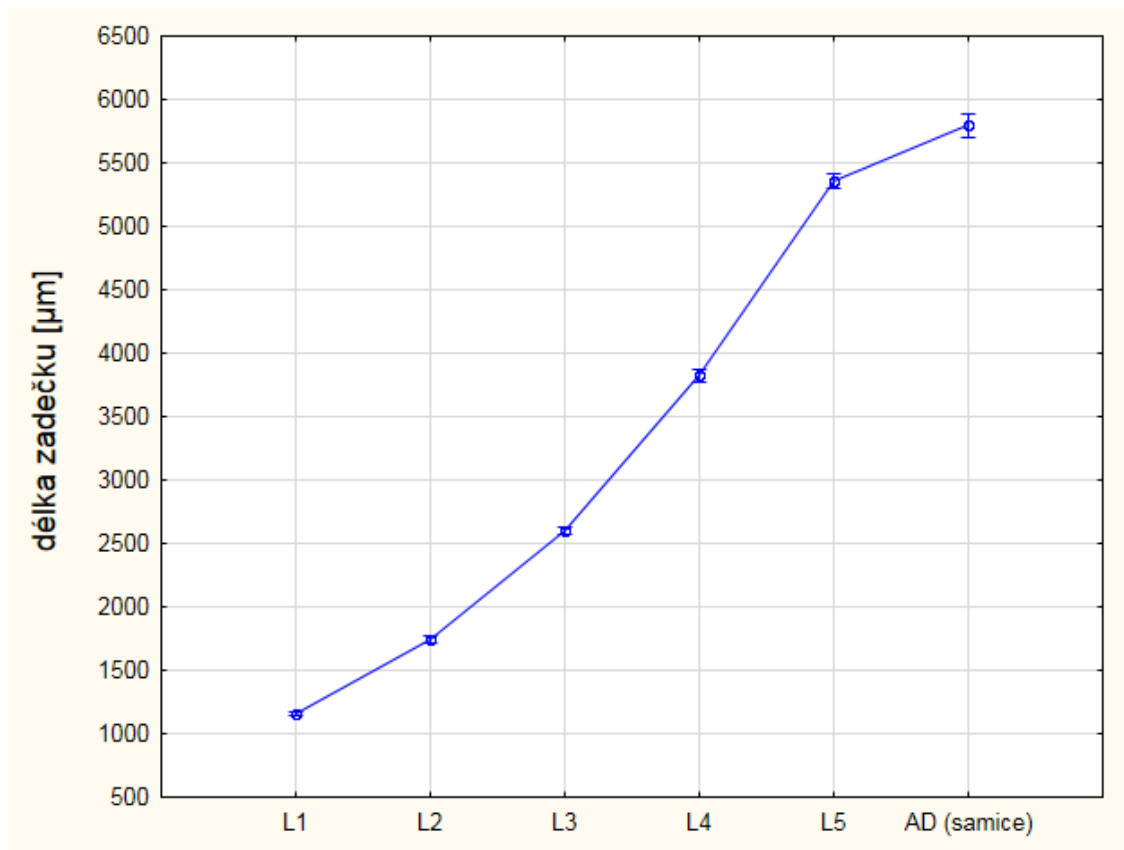
## 4.6 Vliv teploty a potravního režimu chovů na růst samic

Environmentální vlivy (teplota, potravní režim) na růst jednotlivých rozměrů samic byly testovány a vyhodnoceny nejdříve každý zvlášť a posléze i jejich vzájemná interakce. Dosažená hladina významnosti výsledků testování vlivu teploty, dostupnosti potravy a jejich interakce na růst jednotlivých rozměrů samic je uvedena v tab. XVI.

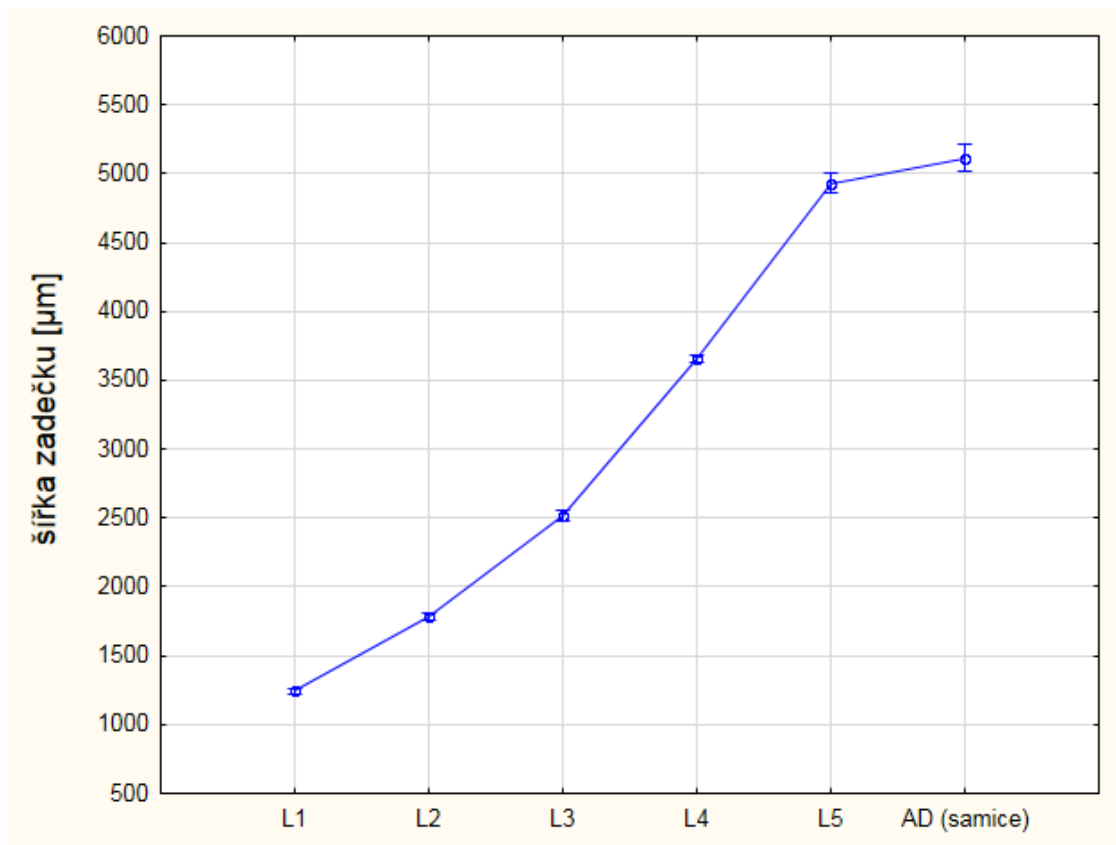
Délka zadečku (**La**) u samic nebyla ovlivněna ani jedním z environmentálních faktorů (teplota  $p = 0,065$ ; potrava  $p = 0,652$ ; interakce mezi teplotou a potravou  $p = 0,155$ ) a růst během celého vývoje má téměř lineární vývoj až do L5, kdy se po finální ekdysi růst značně zpomalil (obr. 9). Velmi podobný lineární průběh má i růst šířky zadečku (**Wa**), jež také nebyl ovlivněn ani jedním z faktorů (teplota  $p = 0,504$ ; potrava  $p = 0,571$ ; interakce mezi teplotou a potravou  $p = 0,455$ ). Po imaginální ekdysi se rozměr již nezměnil (obr. 10).

**Tabulka XVI.** Dosažená hladina významnosti výsledků testování vlivu teploty, dostupnosti potravy a jejich interakce na růst jednotlivých rozměrů samic *N. glauca*.

samice	teplota	potrava	potrava X teplota
La	0,065	0,652	0,155
Wa	0,504	0,571	0,455
ff	0,010	0,009	0,763
ft	0,078	0,001	0,267
fts	0,862	0,779	0,849
mf	0,046	0,010	0,162
mt	0,461	0,114	0,120
mts	0,519	0,503	0,050
hf	0,001	0,049	0,142
ht	$< 10^{-4}$	0,906	0,297
hts	0,129	0,758	0,739
wht	$< 10^{-3}$	0,222	0,326

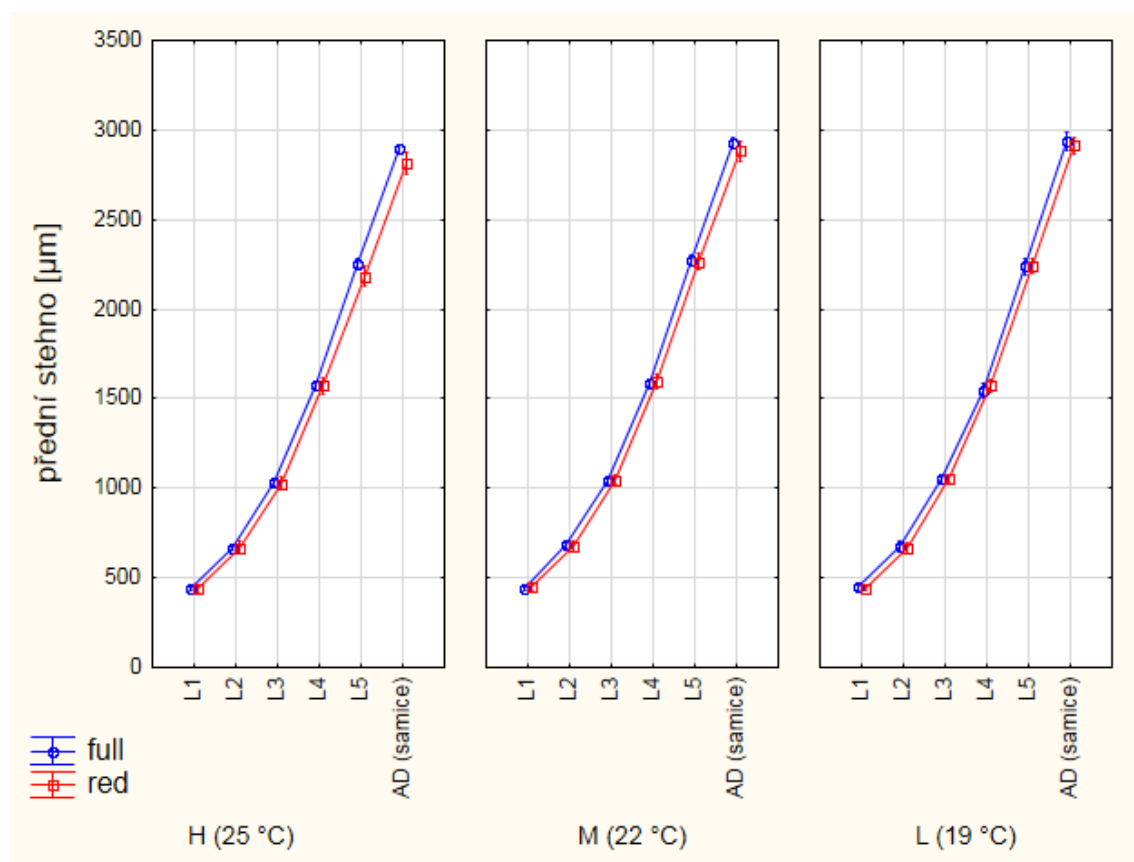


Obr. 9. Růst délky zadečku (La) v průběhu vývoje samic. Vliv teploty ( $p = 0,065$ ), dostupnosti potravy ( $p = 0,652$ ) ani vliv interakce teploty a potravy ( $p = 0,155$ ) na růst délky zadečku samic nebyl zjištěn. Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.



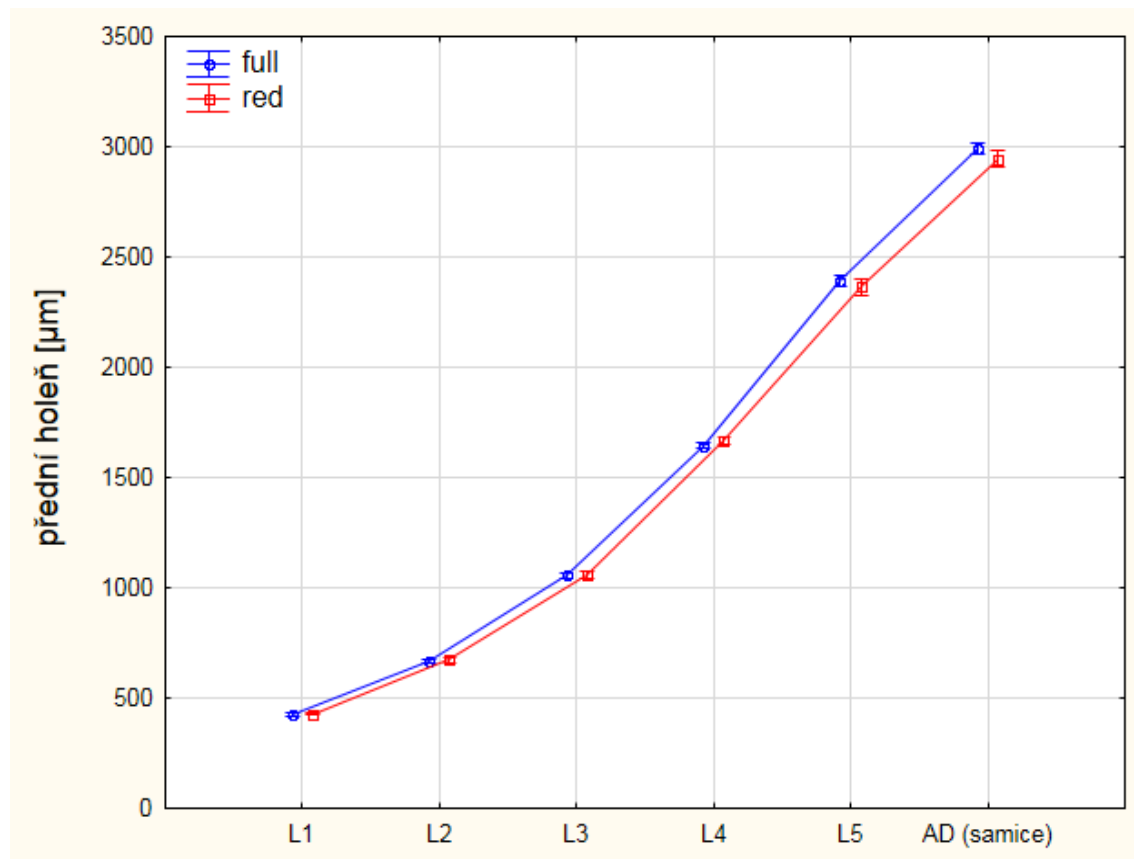
Obr. 10. Růst šířky zadečku (Wa) v průběhu vývoje samic. Vliv teploty ( $p = 0,504$ ), dostupnosti potravy ( $p = 0,571$ ) ani vliv interakce mezi teplotou a potravou ( $p = 0,455$ ) na růst délky zadečku samic nebyl zjištěn. Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

Růst předního stehna (**ff**) samic je značně ovlivněn jak teplotou ( $p = 0,010$ ), tak potravním režimem ( $p = 0,009$ ). Růst má ve všech treatmentech po celou dobu téměř lineární průběh. V nejteplejší variantě (H) experimentálních chovů u nymfálních stádiích L1 - L4 větších velikostí předního stehna dosahovaly samice krmené obden. V dalším vývoji se však tento trend obrátil a v L5 a AD větší velikosti tohoto rozměru byly naměřeny u samic krmených denně. Velikost rozměru u imag v teplotě H je celkově menší oproti rozměru tohoto znaku samic chovaných v nejméně teplejší variantě (L) chovů. Celkově u teplotních variant chovu L a M, jsou rozdíly závislé na potravním režimu méně patrné, než u varianty H (obr. 11).



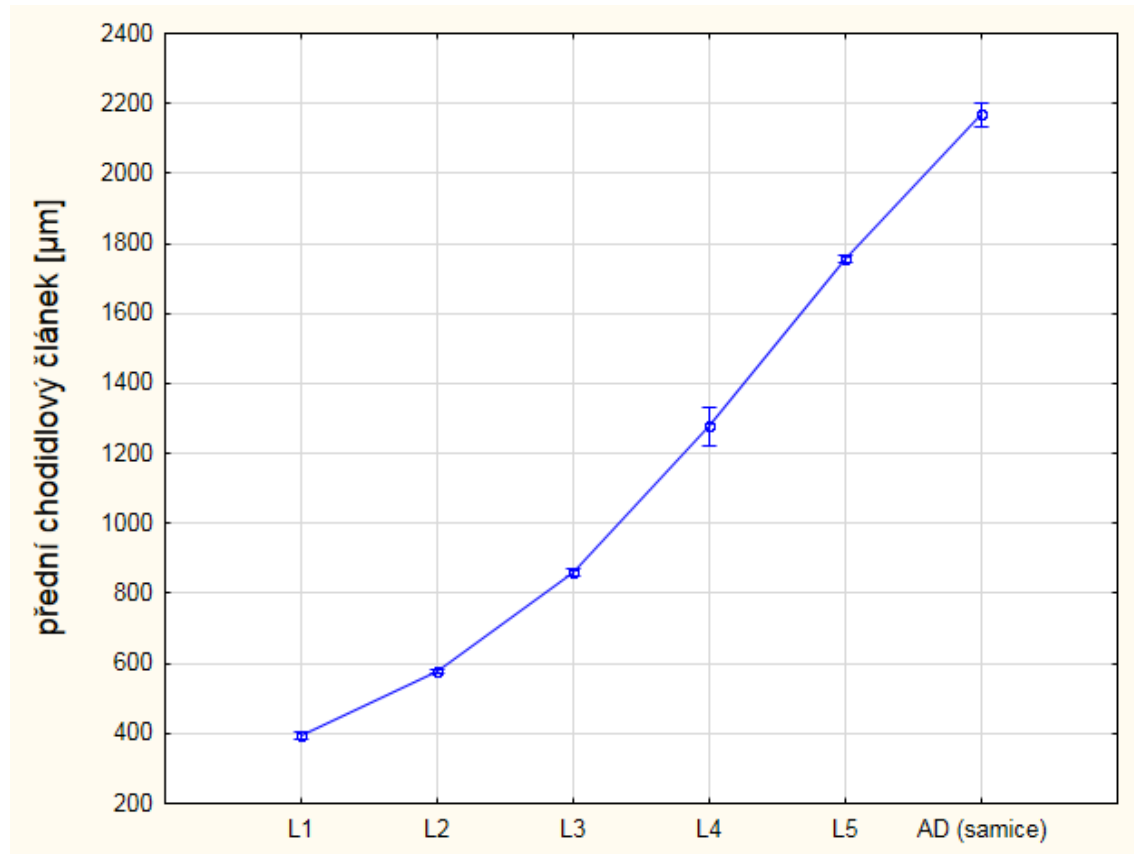
Obr. 11. Růst předního stehna (**ff**) v průběhu vývoje samic v závislosti na teplotě a potravním režimu. Marginálně signifikantní vliv na růst rozměru měla teplota ( $p = 0,010$ ), signifikantní vliv na růst rozměru měl i potravní režim ( $p = 0,009$ ); závislost interakce teploty a potravy na růst **ff** nebyla prokázána ( $p = 0,763$ ). Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

Růst délky přední holeně (**ft**) byl signifikantně ovlivněn dostupností potravy ( $p = 0,001$ ). Vliv teploty ( $p = 0,078$ ) a interakce mezi teplotou a potravou ( $p = 0,267$ ) na růst **ft** nebyly prokázány. U L1 -L3 jsou velikosti **ft** poměrně srovnatelné u obou potravních variant, u L4 jsou mírně větší u samic krmených obden, samice L5 a dospělci krmeni denně mají přední holeň delší, než samice těchto stádií krmené obden (obr. 12).



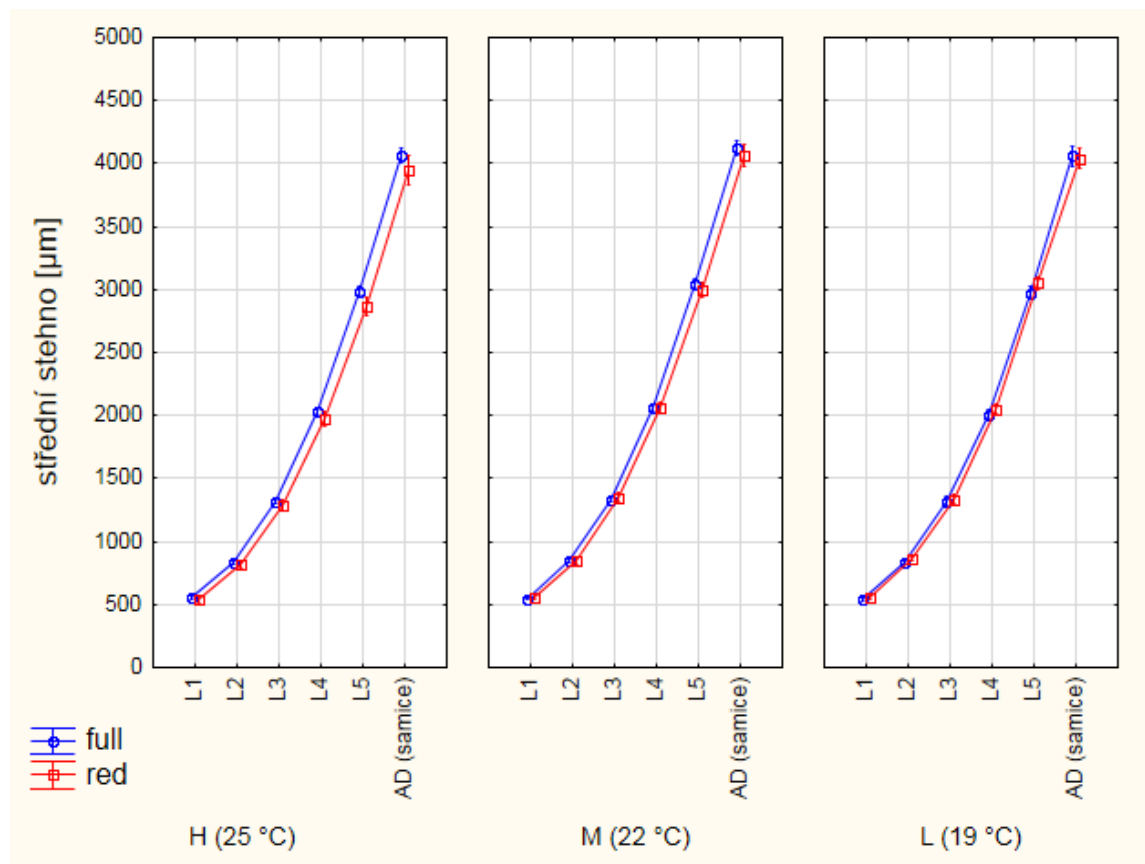
Obr. 12. Růst přední holeně (**ft**) v průběhu vývoje samic v závislosti na potravním režimu. Rozdíl ve velikostech **ft** u časných preimaginálních stádií v závislosti na dostupnosti potravy není zcela patrný, ale ke konci vývoje (L5 a AD) byly u samic krmených denně (**full**) naměřeny větší velikosti tohoto rozměru ( $F(5, 120) = 4,398$ ;  $p = 0,001$ ). Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

Růst předního chodidlového článku (**fts**) nebyl ovlivněn ani jedním z environmentálních faktorů (teplota  $p = 0,862$ ; potrava  $p = 0,779$ ; interakce teploty a potravy  $p = 0,849$ ). V L1 a L2 je růst mírně pomalejší a od L3 růst nepatrně zrychlil a zachovává téměř konstantní lineární průběh až do dospělosti (obr. 13).



Obr. 13. Růst předního chodidlového článku (fts) v průběhu vývoje samic. Vliv teploty ( $p = 0,862$ ), dostupnosti potravy ( $p = 0,779$ ) ani interakce mezi teplotou a potravou ( $p = 0,849$ ) na růst fts nebyl zjištěn. Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

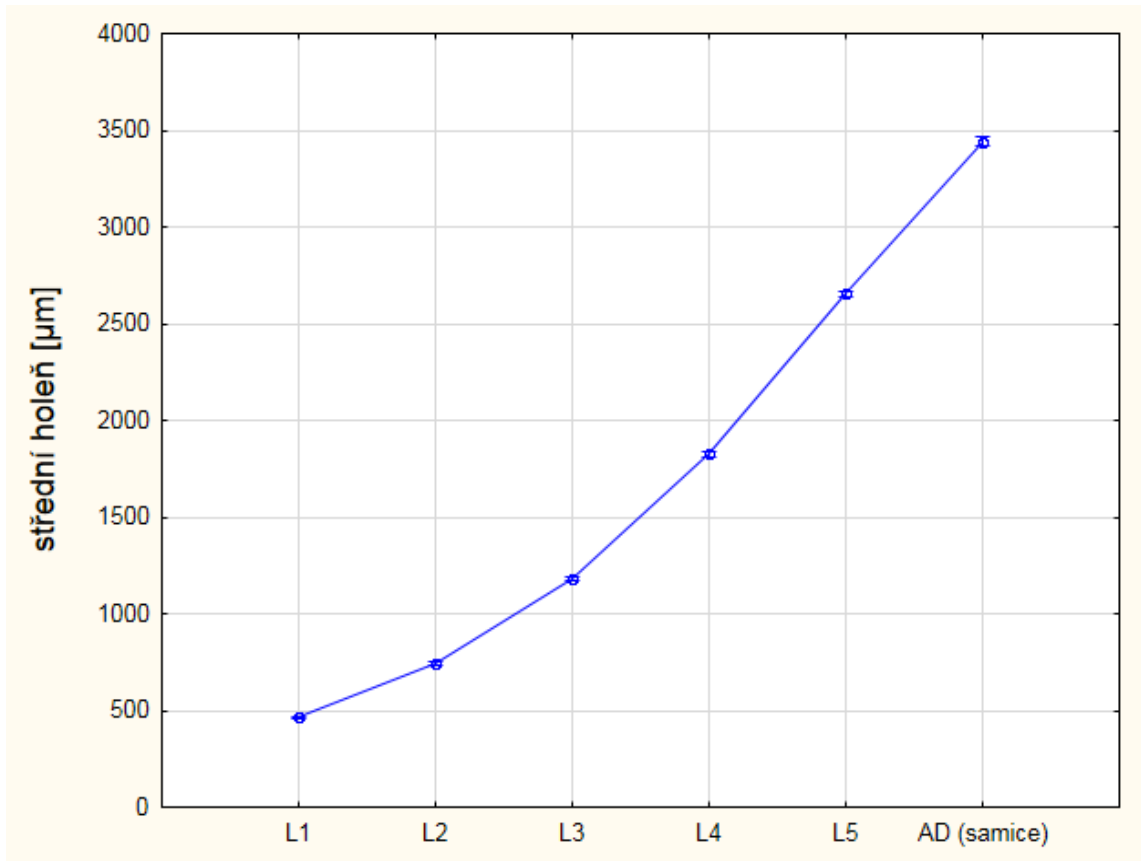
U růstu středního stehna (**mf**) se projevil marginální vliv teploty ( $p = 0,046$ ) a především prokazatelný vliv dostupnosti potravy ( $p = 0,010$ ). V teplotní variantě H téměř po celou dobu vývoje mají samice krmené denně signifikantně větší rozměry středního stehna než samice krmené obden. Ve střední teplotě (M) mají větší rozměry samice s redukovanou potravou až do L4 a následně se tento trend obrací a v L5 a AD mají větší rozměry samice krmené denně. V nejchladnější variantě (L) jsou větší samice krmené obden po celou dobu nymfálního vývoje a až ve stádiu imaga mají větší stehno samice plně krmené (obr. 14).



Obr. 14. Růst středního stehna (mf) v průběhu vývoje samic v závislosti na teplotě a potravním režimu. Marginálně signifikantní vliv na růst rozměru měla teplota ( $p = 0,046$ ), signifikantní vliv měl potravní režim ( $p = 0,010$ ); závislost interakce teploty a potravy na růst mf nebyla prokázána ( $p = 0,162$ ). Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

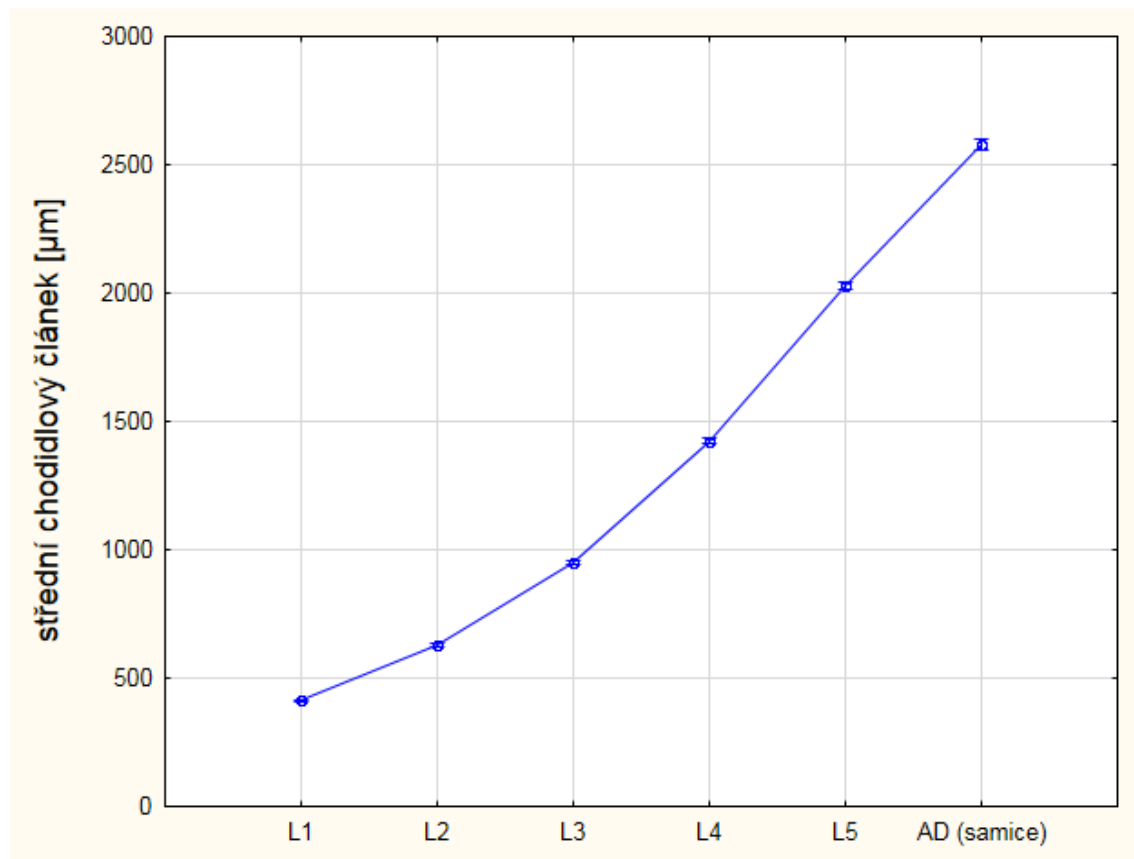


Environmentální vlivy neměly na růst délky střední holeně (**mt**) u samic prokazatelný vliv (teplota  $p = 0,461$ ; potrava  $p = 0,114$ ; interakce teploty a potravy  $p = 0,120$ ). Od L1 do L3 byl zaznamenán pomalejší průběh růstu rozměru a následně od L3 až do stadia dospělce je růst rozměru téměř lineární (obr. 15).



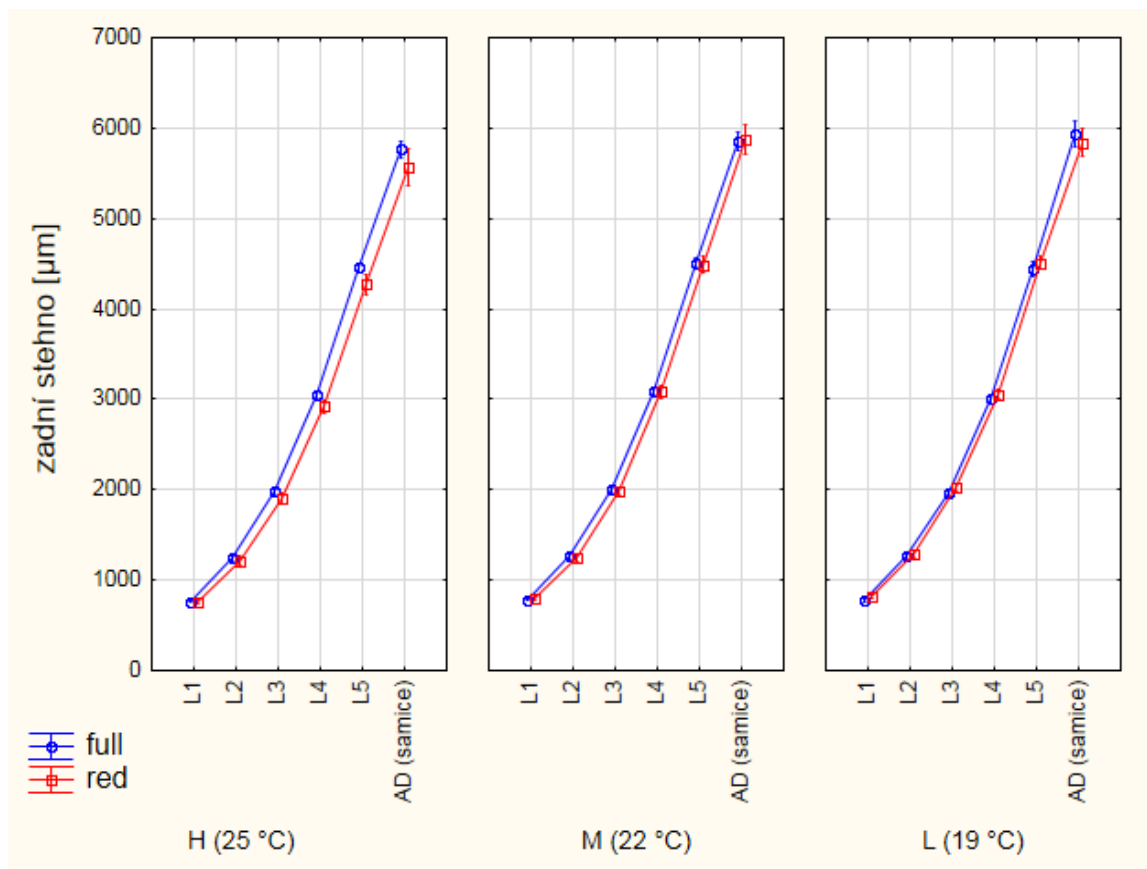
Obr. 15. Růst střední holeně (mt) v průběhu vývoje samic. Vliv teploty ( $p = 0,461$ ), dostupnosti potravy ( $p = 0,114$ ) ani interakce mezi teplotou a potravou ( $p = 0,120$ ) na růst mt nebyl zjištěn. Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

Střední chodidlový článek (**mts**) má velmi podobný téměř lineární průběh růstu jako střední holeň. Teplota ( $p = 0,519$ ) ani potravní režim ( $p = 0,503$ ) růst rozměru neovlivňují. Hladina významnosti u interakce mezi teplotou a potravou však dosáhla hraniční hodnoty, takže je v podstatě marginálně signifikantní, vliv je však natolik neprůkazný, že nebyl statisticky samostatně zpracován ( $p = 0,050$ ) respektive ( $p = 0,0495$ ) (obr. 16).



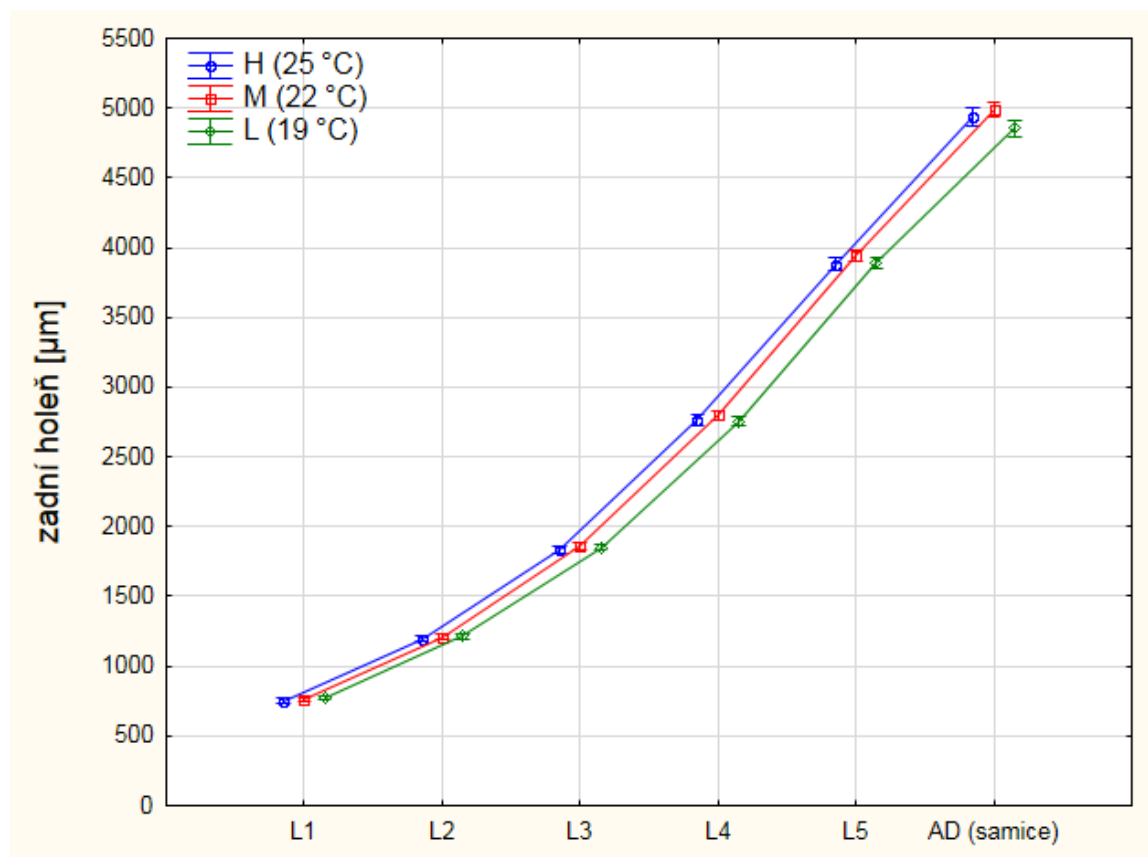
Obr. 16. Růst středního chodidlového článku (mts) v průběhu vývoje samic. Vliv teploty ( $p = 0,519$ ) a dostupnosti potravy ( $p = 0,503$ ) nebyl zjištěn. Vliv interakce mezi teplotou a dostupností potravy na růst mts byl na hranici prokazatelnosti ( $p = 0,050$ ). Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

Růst zadního stehna samic (**hf**) byl ovlivněn teplotou ( $p = 0,001$ ) i potravním režimem ( $p = 0,049$ ). Samice v nejteplejší variantě chovu (H), krmené každý den, prokazovaly od začátku vývoje až po dospělce větší rozměry zadního stehna. Ve střední teplotě chovu (M) se vliv potravního režimu na hf projevil zanedbatelně. V nejhladnější variantě (L) u samic s redukovanou potravou byly zjištěny větší rozměry hf od L1 - L5, než u samic krmených denně, ale u dospělců tento trend už neplatí a dospělé samice krmené denně vykazovaly větší rozměry zadního stehna, než dospělé samice s redukovanou potravou (obr. 17).



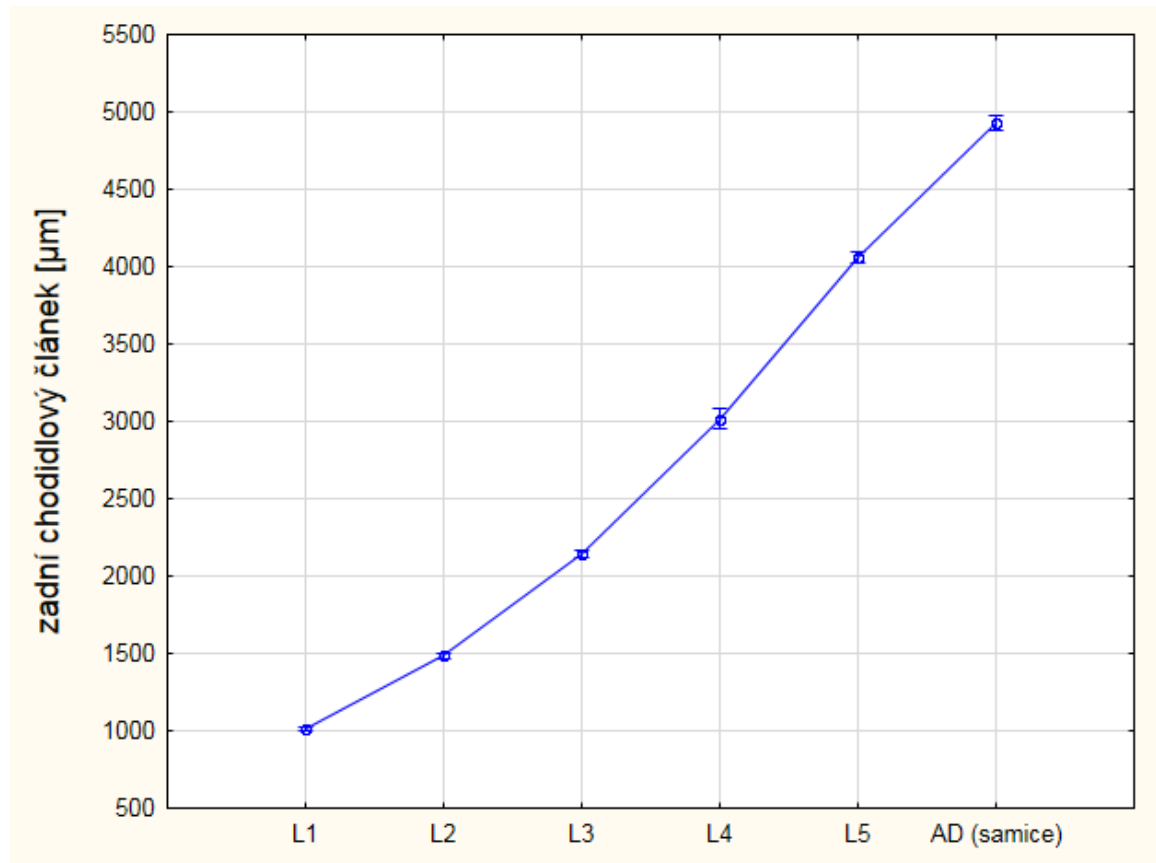
Obr. 17. Růst zadního stehna (hf) v průběhu vývoje samic v závislosti na teplotě a potravním režimu. Signifikantní vliv na růst rozměru měla teplota ( $p = 0,001$ ), marginálně signifikantní vliv měl i potravní režim ( $p = 0,049$ ); závislost interakce teploty a potravy na růst hf nebyla prokázána ( $p = 0,142$ ). Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

Růst zadní holeně (**ht**) byl silně ovlivněn teplotou ( $p < 10^{-4}$ ). V prvních třech instarech však nebylo ovlivnění teplotou na růst ht ještě zcela patrné. Následně u samic vyvíjejících se ve střední teplotě (M) bylo zjištěno systematické zvětšování velikosti ht oproti samicím z H a L varianty až do stádia dospělce. U dospělých jedinců v nejchladnější variantě (L) byly naměřeny nejmenší velikosti délky zadní holeně. Vliv dostupnosti potravy ( $p = 0,906$ ) a interakce mezi teplotou a potravou ( $p = 0,297$ ) na růst ht nebyl prokázán (obr. 18).



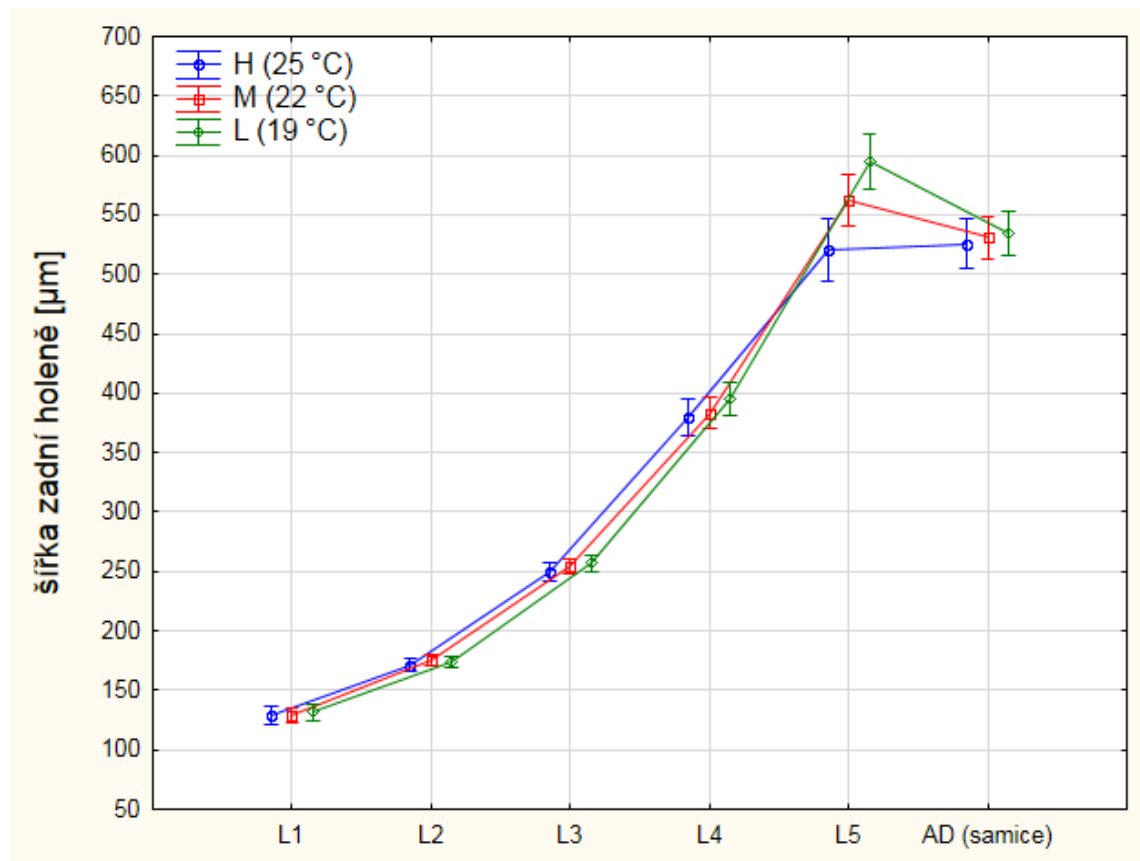
Obr. 18. Růst zadní holeně (ht) v průběhu vývoje samic v závislosti na teplotě. Samice chované ve střední teplotě (M) měly mírně delší holeně než samice chované v nejteplejší (H) a nejchladnější (L) variantě, které měly srovnatelnou délku zadní holeně po celou dobu vývoje ( $F(10, 115) = 4,627$ ;  $p < 10^{-4}$ ). Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

Růst délky zadního chodidlového článku (**hts**) nebyl ovlivněn ani teplotou ( $p = 0,129$ ), ani potravním režimem ( $p = 0,758$ ) ani interakcí mezi teplotou a potravou ( $p = 0,739$ ). Po celou dobu vývoje růst hts zachovává téměř konstantní lineární průběh (obr. 19).



Obr. 19. Růst zadního chodidlového článku (hts) v průběhu vývoje samic. Vliv teploty ( $p = 0,129$ ), dostupnosti potravy ( $p = 0,758$ ) ani interakce mezi teplotou a potravou ( $p = 0,739$ ) na růst hts nebyl zjištěn. Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

Růst šířky zadní holeně (**wht**) byl signifikantně ovlivněn teplotou ( $p < 10^{-3}$ ). Vliv dostupnosti potravy ( $p = 0,222$ ) a interakce mezi teplotou a potravou ( $p = 0,326$ ) na růst **wht** se neprojevil. U samic z nejméně chladnější varianty chovů (L) od L3 byly zaznamenány větší šířky zadní holeně, než u samic z ostatních teplot (M a H). U L5 a dospělců byly nejmenší rozměry naměřeny u samic z nejteplejší varianty (H). Po finálním svlékání do dospělce se velikost rozměru oproti L5 už neměnila (obr. 20).



Obr. 20. Růst šířky zadní holeně (**wht**) v průběhu vývoje samic v závislosti na teplotě. U samic v nejnižší teplotě (L) byly naměřeny mírně větší velikosti šířky zadní holeně, než u samic z teplejších variant chovů. ( $F(10, 115) = 3,824$ ;  $p < 10^{-3}$ ). Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

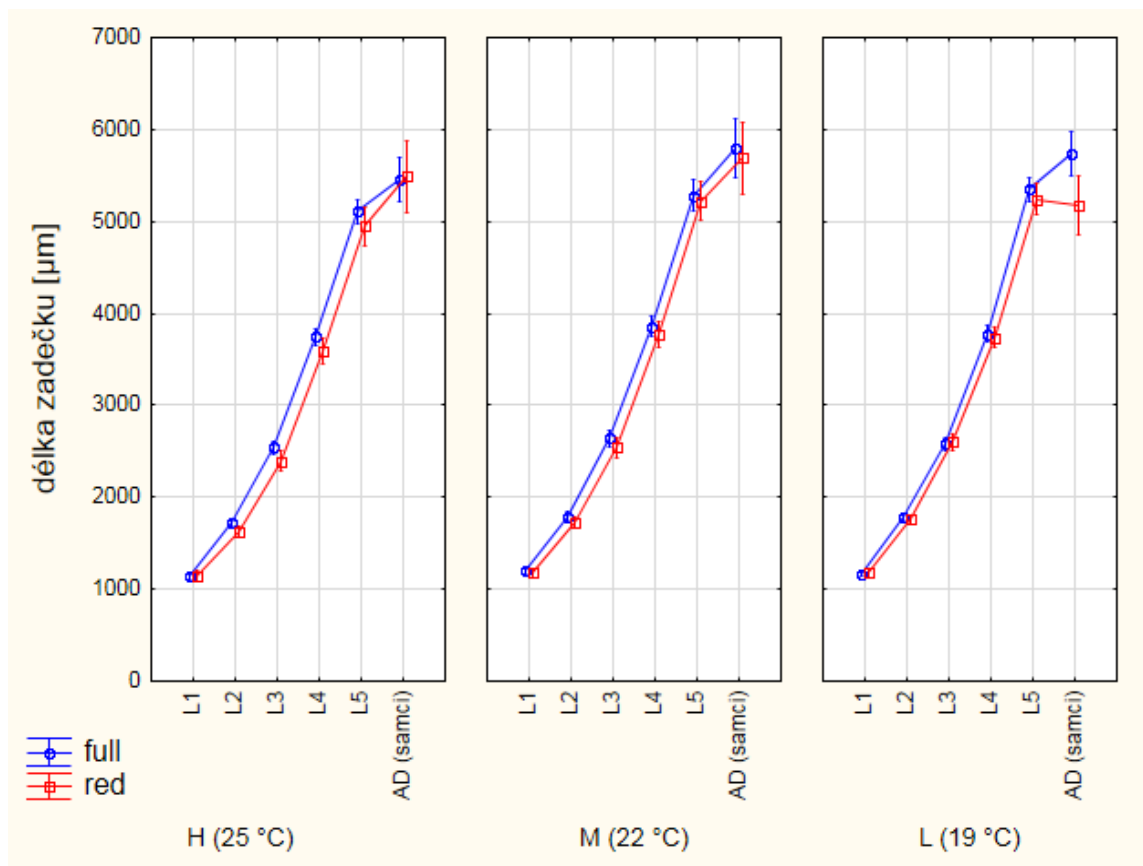
#### 4.7 Vliv teploty a potravního režimu chovů na růst samců

Přehled dosažené hladiny významnosti výsledků testování vlivu environmentálních faktorů (teploty, potravního režimu a jejich interakce) na růst jednotlivých rozměrů samců je uveden v tab. XVII.

**Tabulka XVII.** Dosažená hladina významnosti výsledků testování vlivu teploty, dostupnosti potravy a jejich interakce na růst jednotlivých rozměrů samců *N. glauca*.

samci	teplota	potrava	potrava X teplota
La	0,015	0,204	0,006
Wa	0,023	0,180	0,085
ff	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	0,516
ft	0,026	0,047	0,411
fts	0,104	0,008	0,689
mf	0,014	0,017	0,904
mt	0,488	0,222	0,413
mts	0,141	0,072	0,706
hf	0,058	$< 10^{-5}$	0,887
ht	0,023	0,005	0,229
hts	0,006	0,001	0,113
wht	0,006	0,503	0,528

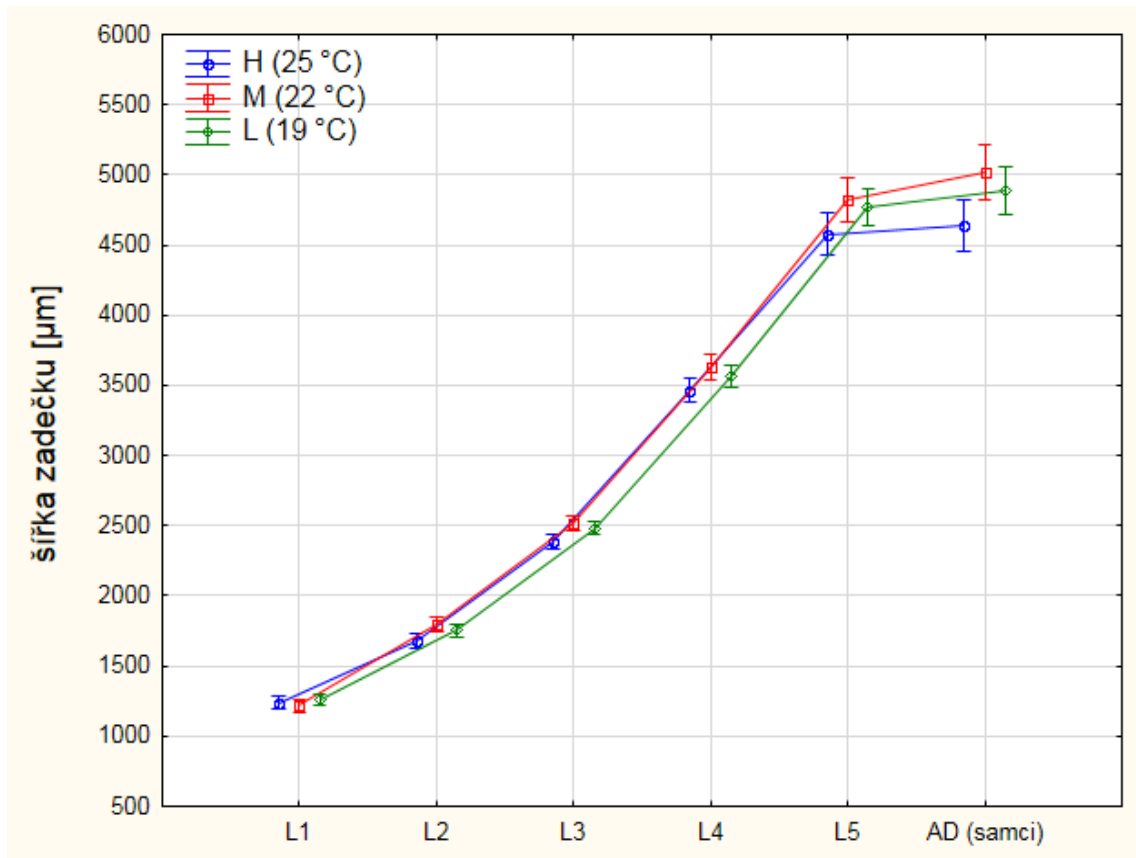
U růstu délky zadečku (**La**) byla zjištěna závislost na teplotě ( $p = 0,015$ ) a signifikantně se projevil i silný vliv interakce teploty a potravy ( $p = 0,006$ ). Ve všech teplotních hladinách dosahovali samci krmeni denně (v režimu -full-) větších rozměrů La, než samci s redukovanou potravou (red). Celkově nejkratší délka zadečku byla zjištěna u samců v nejvyšší teplotě (H). Jedinci v nejchladnější variantě zachovávali téměř lineární růst La až do finální ekdyse, kdy u samců krměných denně se růst pouze zpomalil, ale u samců s redukovanou potravou se růst délky zadečku úplně zastavil (obr. 21).



Obr. 21. Růst délky zadečku (La) v průběhu vývoje samců v závislosti na teplotě a potravním režimu. Signifikantní vliv na rozměr měla teplota ( $p = 0,015$ ), vliv potravního režimu nebyl zjištěn ( $p = 0,204$ ) a byla prokázána silná závislost na interakci mezi teplotou a potravou ( $p = 0,006$ ). Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

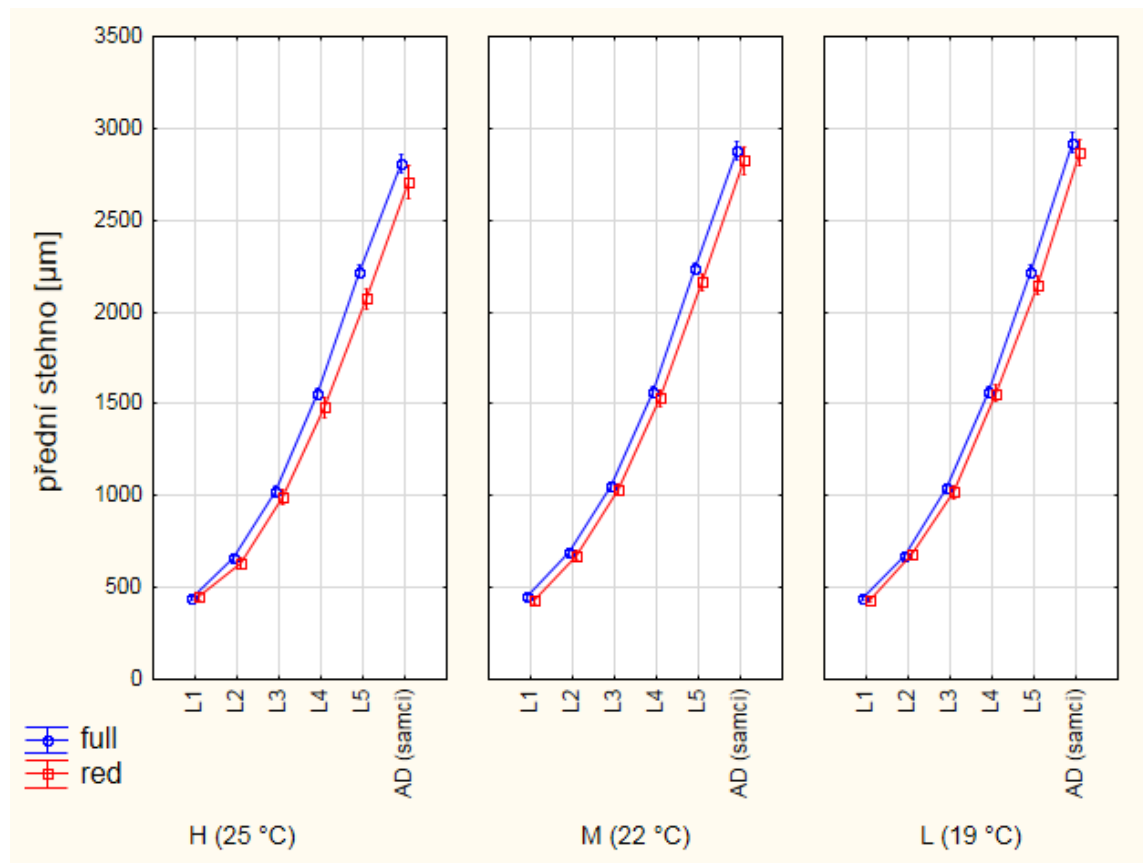


Růst šířky zadečku (**Wa**) byl ovlivněn teplotou ( $p = 0,023$ ). Systematicky největší velikosti u tohoto rozměru byly zjištěny u samců vyvíjejících se ve střední teplotě (M) a celkově nejmenších velikostí dosahovali jedinci z nejteplejší varianty (H). Po imaginálním svlékání se velikost Wa již neměnila. Vliv potravního režimu ( $p = 0,180$ ) a interakce mezi teplotou a potravou ( $p = 0,085$ ) nebyl prokázán (obr. 22).



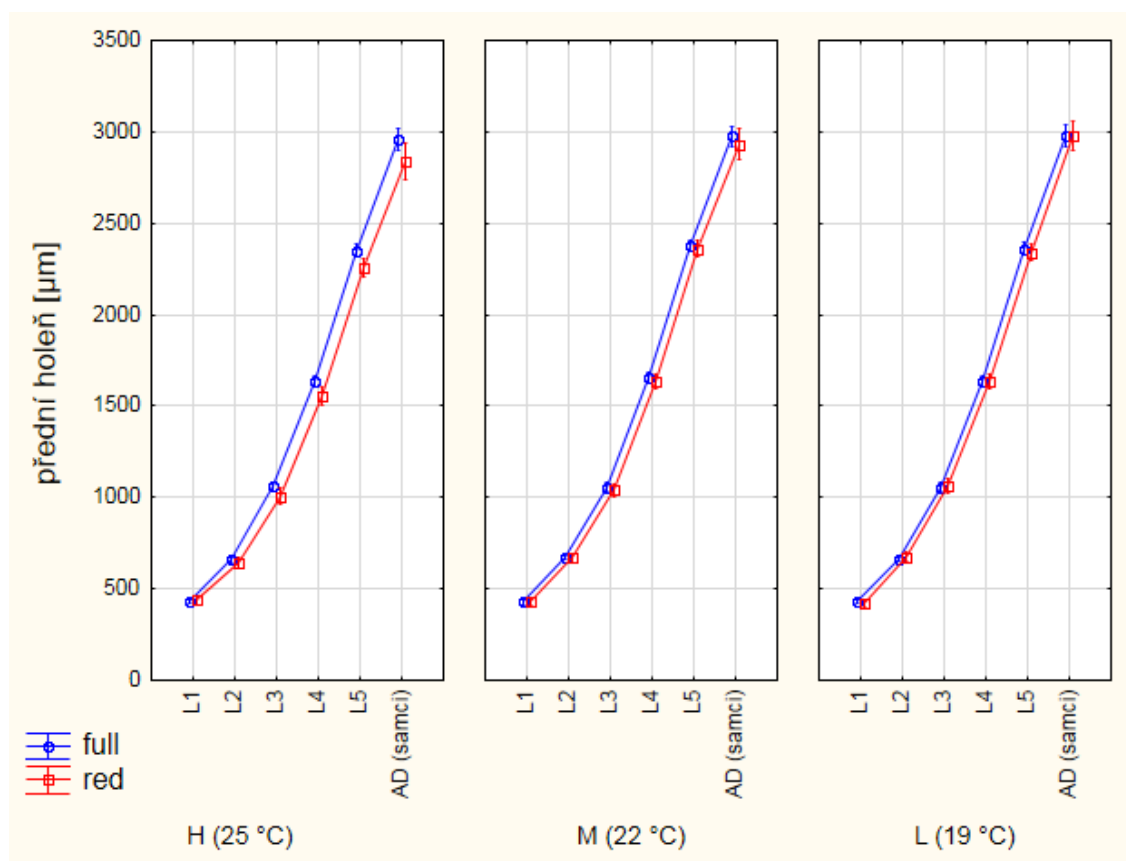
Obr. 22. Růst šířky zadečku (Wa) v průběhu vývoje v závislosti na teplotě. Samci ve střední teplotě (M) dosahovali systematicky větších velikostí Wa, než samci v teplotní variantě H a L. U samců v nejteplejší variantě (H) byla zjištěna nejmenší šířka zadečku ( $F(10, 85) = 2,236$ ;  $p = 0,023$ ). Po finální ekdysi se rozměr již neměnil. Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

Růst předního stehna (**ff**) byl prokazatelně ovlivněn jak teplotou ( $p < 10^{-5}$ ), tak dostupností potravy ( $p < 10^{-5}$ ). Samci v potravní hladině -full- (krmeni denně) měli sifnigikantně větší rozměry přeniho stehna, od L1 po dospělé ve všech treatmentech, než samci s redukovanou potravou. Nejnápadnější rozdíl mezi potravními režimy byl zaznamenán u samců žijících při nejvyšší teplotě (H), celkově však tyto jedinci dosahovali nejmenších velikostí tohoto rozměru v porovnání s velikostmi ff samců z nižších teplot (M i L) (obr. 23).



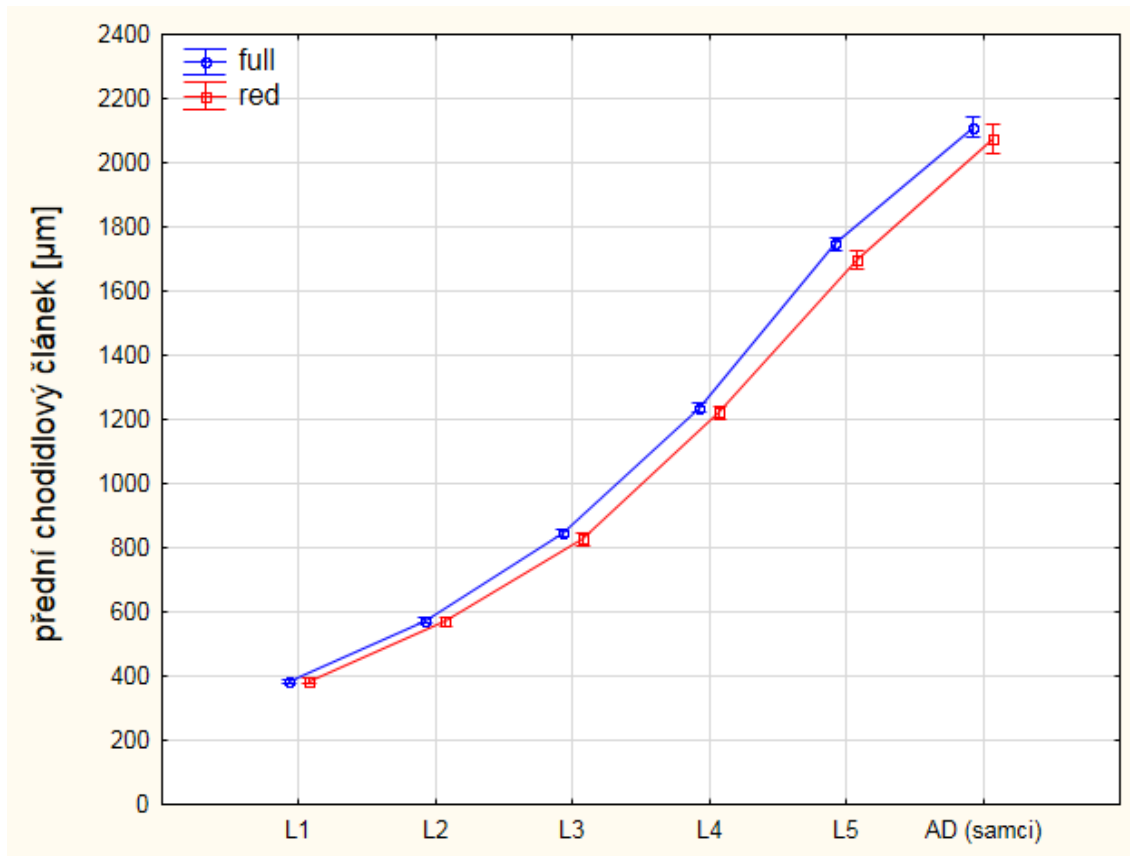
Obr. 23. Růst předního stehna (ff) v průběhu vývoje samců v závislosti na teplotě a potravním režimu. Signifikantní vliv na (ff) měla teplota ( $p < 10^{-5}$ ), silný vliv se projevil i u potravního režimu ( $p < 10^{-5}$ ) a závislost interakce teploty a potravy na růst nebyla prokázána ( $p = 0,516$ ). Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

U růstu přední holeně (**ft**) byl zjištěn prokazatelný vliv teploty ( $p = 0,026$ ), kdy s ohledem pouze na teplotu, celkově větších rozměrů dosahovali samci v teplotních variantách M a L. Zároveň byl růst ovlivněn i potravou ( $p = 0,047$ ), po celou dobu vývoje v teplotách H a M vykazovali samci krmeni denně větší rozměry ft, než samci krmeni obden. V nejchladnější variantě L však tento trend neplatí a vliv dostupnosti potravy na růst tohoto rozměru je zanedbatelný (obr. 24).



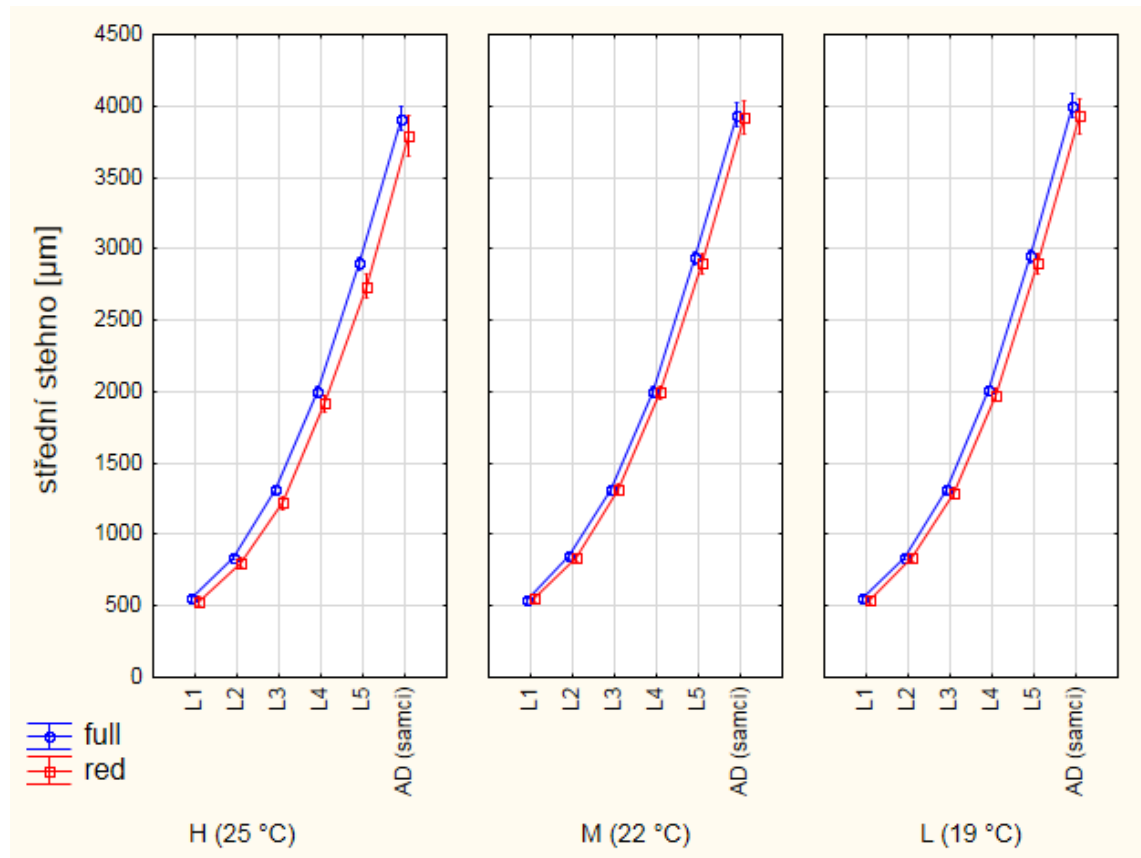
Obr. 24. Růst přední holeně (ft) v průběhu vývoje samců v závislosti na teplotě a potravním režimu. Signifikantní vliv na rozměr měla teplota ( $p = 0,026$ ) i potravní režim ( $p = 0,047$ ) a závislost interakce teploty a potravy nebyla prokázána ( $p = 0,411$ ). Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

U růstu předního chodidlového článku (**fts**) se signifikantně projevilo působení pouze dostupnosti potravy ( $p = 0,008$ ), teplota ( $p = 0,104$ ) a interakce teploty a potravy ( $p = 0,689$ ) vliv na růst fts neměly. Samci krmení denně od L3 po dospělé stádium měli prokazatelně větší přední chodidlový článek, než samci s redukovanou potravou (obr. 25).



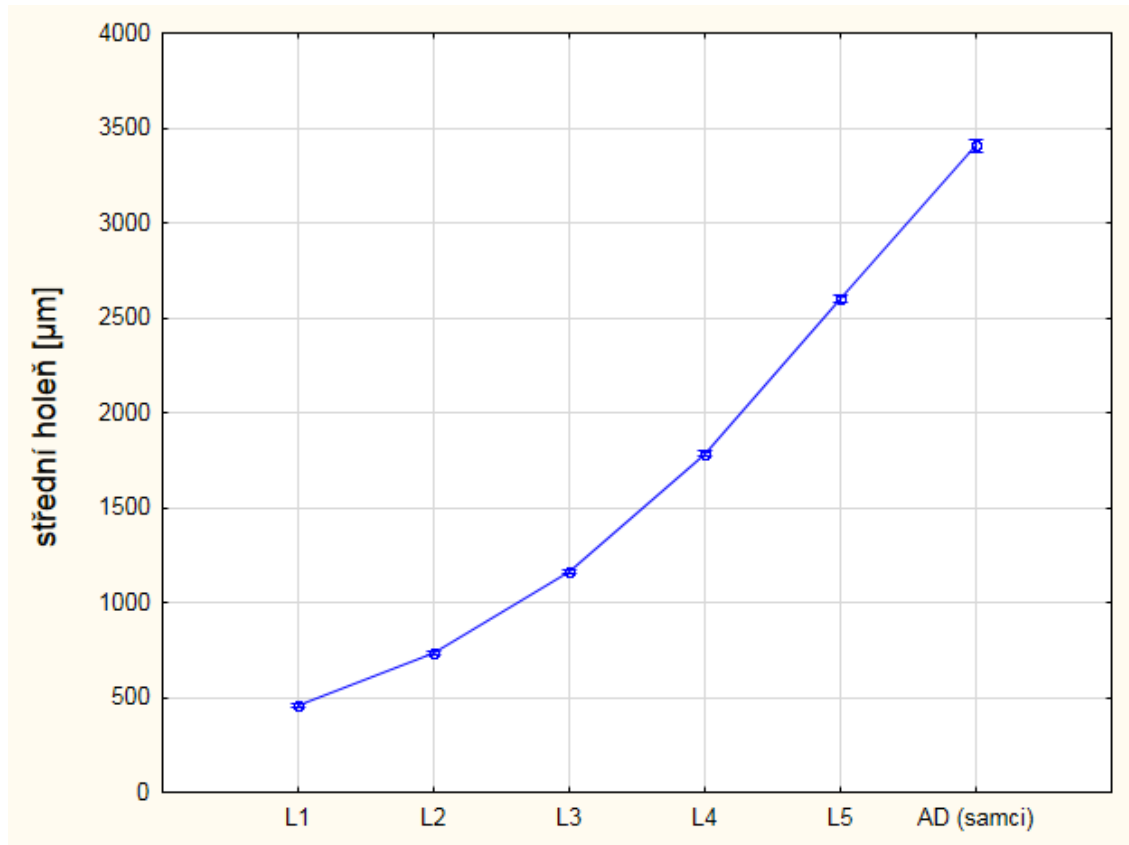
Obr. 25. Růst předního chodidlového článku (fts) v průběhu vývoje samců v závislosti na potravním režimu. U samců krmených denně (full) narůstala velikost fts, oproti samcům vyvíjejících se za redukované potravy (red). ( $F(5, 100) = 3,327$ ;  $p = 0,008$ ). Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

Růst středního stehna (**mf**) byl ovlivněn teplotou ( $p = 0,014$ ) i potravou ( $p = 0,017$ ). Ve všech třetamentech se rovnoměrně uplatnil trend, kdy u samců krmených každý den byly zjištěny větší rozměry mf, než u samců, kteří byli krmeni obden. Nejvíce byl růst tohoto rozměru ovlivněn potravou u samců žijících při nejvyšší teplotě H, u kterých je rozdíl ve velikostech mf nejzřetelnější (obr. 26).



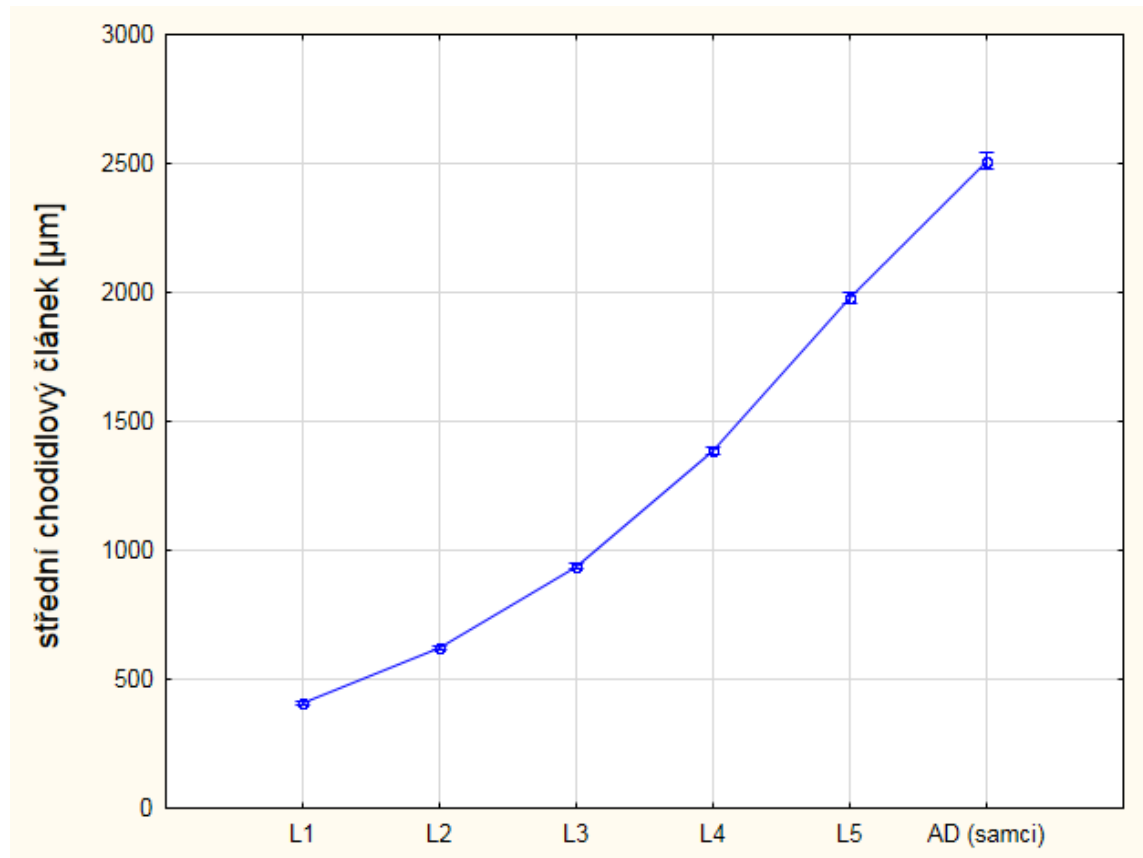
Obr. 26. Růst středního stehna (mf) v průběhu vývoje samců v závislosti na teplotě a potravním režimu. Signifikantní vliv na rozměr měla teplota ( $p = 0,014$ ) i potravní režim ( $p = 0,017$ ) a závislost interakce teploty a potravy nebyla prokázána ( $p = 0,904$ ). Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

Délka střední holeně (**mt**) u samců nebyla signifikantně ovlivněna ani teplotou ( $p = 0,488$ ), ani potravním režimem ( $p = 0,222$ ), ani interakcí mezi teplotou a potravou ( $p = 0,413$ ). Růst mt je pomalejší od L1 do L3, následně se mírně zrychluje a až do stádia dospělce je růstu střední holeně téměř lineární (obr. 27).



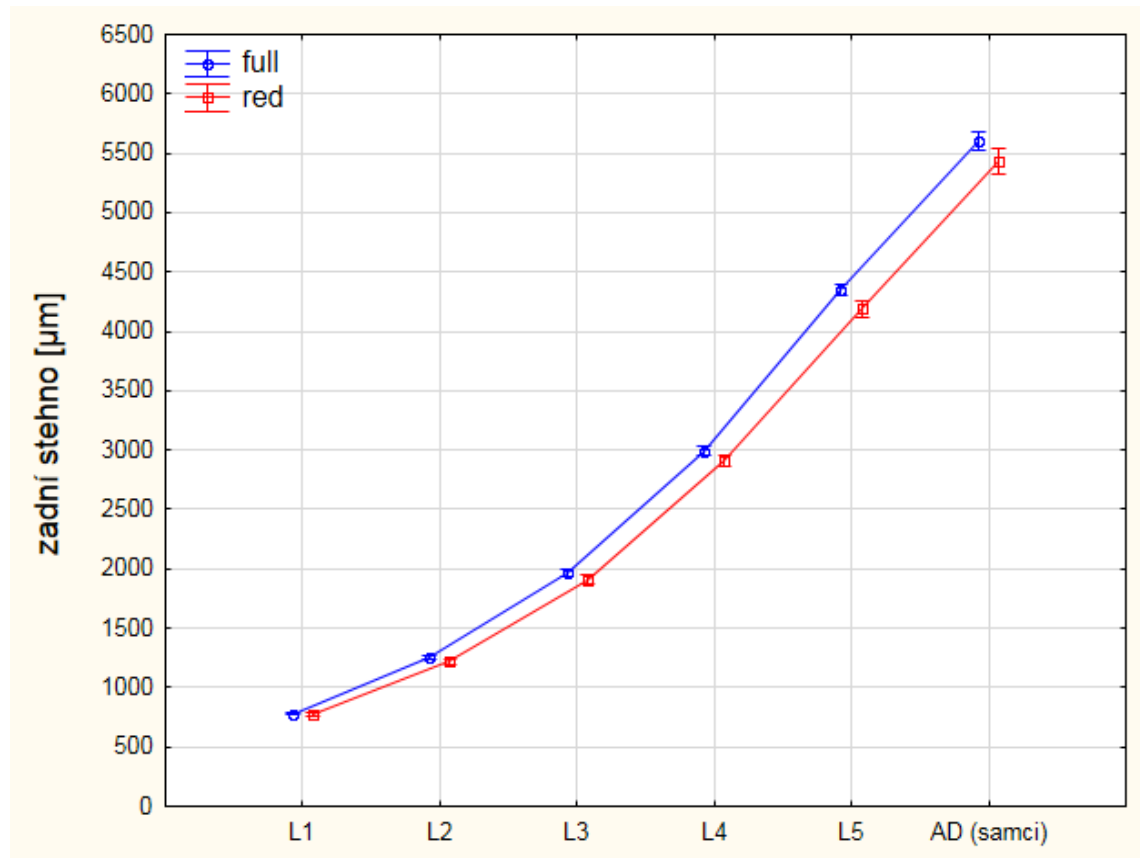
Obr. 27. Růst střední holeně (mt) v průběhu vývoje samců. Vliv teploty ( $p = 0,488$ ), dostupnosti potravy ( $p = 0,222$ ) ani interakce mezi teplotou a potravou ( $p = 0,413$ ) na růst mt nebyly zjištěny. Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

Téměř totožný je růst středního chodidlového článku (**mts**) samců jako růst střední holeně (viz obr. 27). Nebyl zjištěn vliv ani jednoho z environmentálních faktorů na velikost mts (teplota  $p = 0,141$ ; dostupnost potravy  $p = 0,072$ ; interakce mezi teplotou a potravou  $p = 0,706$ ). Střední chodidlový článek má také téměř lineární průběh růstu (obr. 28).



Obr. 28. Růst středního chodidlového článku (mts) v průběhu vývoje samců. Vliv teploty ( $p = 0,141$ ), dostupnosti potravy ( $p = 0,072$ ) ani interakce mezi teplotou a potravou ( $p = 0,706$ ) na růst mts nebyl zjištěn. Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

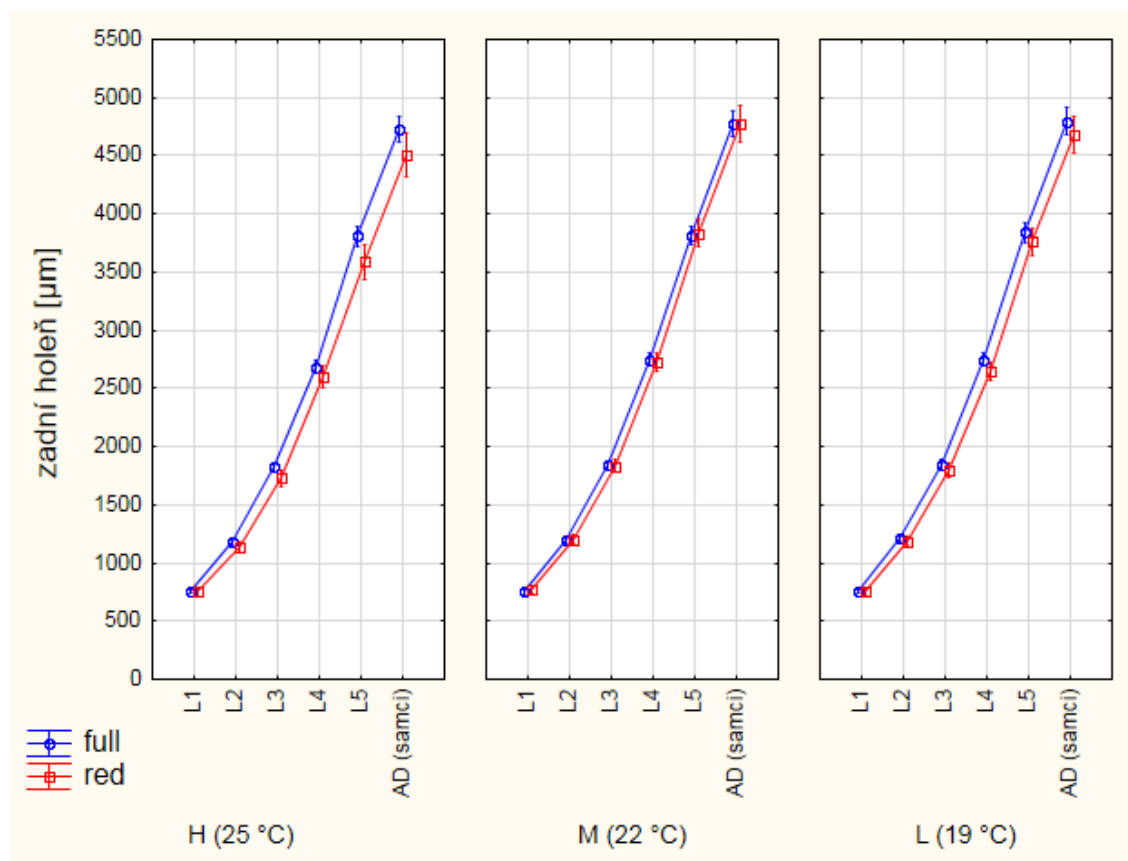
U růstu zadního stehna (**hf**) se projevilo silný vliv dostupnosti potravy ( $p < 10^{-5}$ ). Během celého vývoje je velikost zadního stehna systematicky větší u samců krmených denně (full), oproti samcům vyvíjejícím se ve variantě –red-. Vliv teploty nebyl u tohoto rozměru signifikantní ( $p = 0,058$ ) stejně jako nebyl prokázán vliv interakce mezi teplotou a potravou na růst hf ( $p = 0,887$ ) (obr. 29).



Obr. 29. Růst zadního stehna (hf) v průběhu vývoje samců v závislosti na potravním režimu. U samců krmených denně (full) se systematicky zvětšovala velikost hf, oproti samcům vyvíjejícím se za redukované potravy (red). ( $F(5, 95) = 7,894$ ;  $p < 10^{-5}$ ). Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

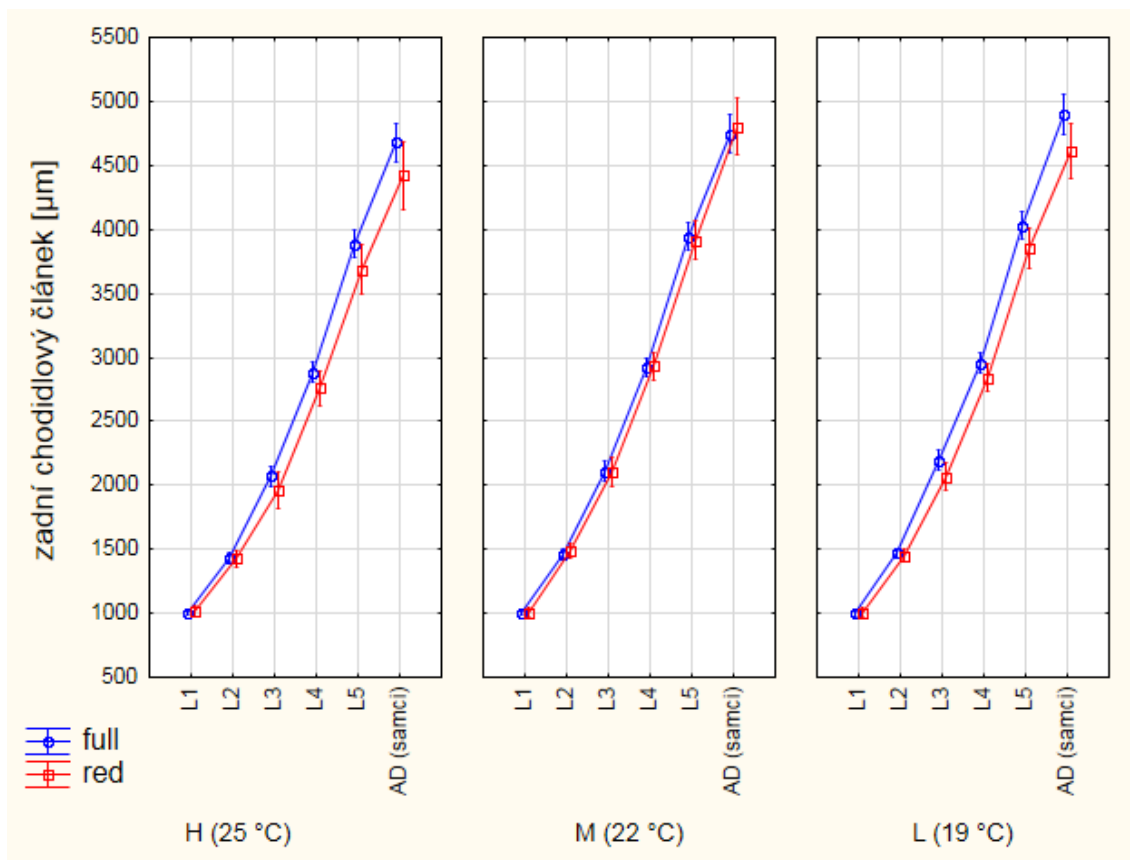


Na růst zadní holeně (**ht**) měla signifikantní vliv teplota ( $p = 0,023$ ) a byl zjištěn i významný vliv dostupnosti potravy ( $p = 0,005$ ) na růst tohoto rozměru. V teplotě H a L samci krmení denně vykazovali větší velikosti zadní holeně, oproti samcům s redukovanou potravou. Ve střední teplotě (M) je překvapivě rozdíl v růstu ht mezi variantou (full) a (red) téměř zanedbatelný (obr. 30).



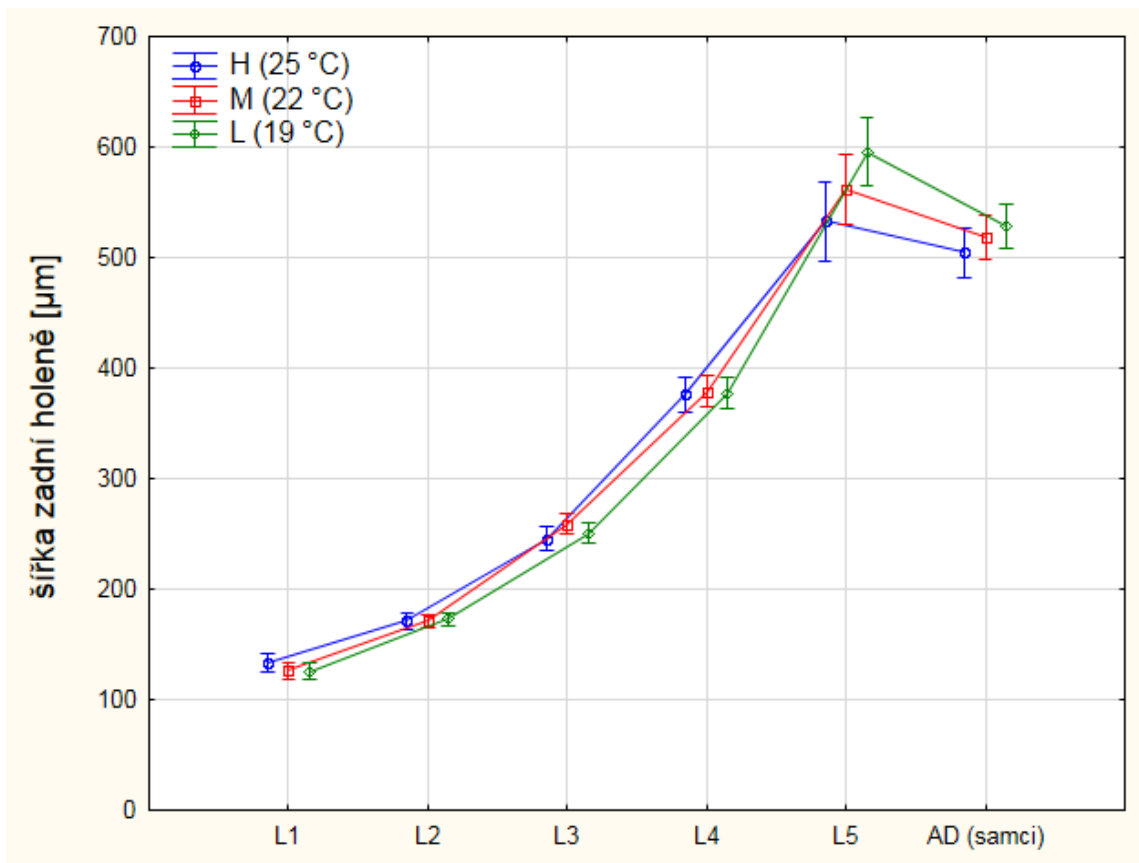
Obr. 30. Růst zadní holeně (ht) v průběhu vývoje samců v závislosti na teplotě a potravním režimu. Signifikantní vliv na růst rozměru měla teplota ( $p = 0,023$ ) i potravní režim ( $p = 0,005$ ) a závislost interakce teploty a potravy na růst ht nebyla prokázána ( $p = 0,229$ ). Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

U délky zadního chodidlového článku (**hts**) byla prokázána silná závislost růstu na teplotě ( $p = 0,006$ ) i na dostupnosti potravy ( $p = 0,001$ ). Celkově největší rozměry hts byly naměřeny u samců v treatmentu L/full (nejnižší teplota, krmeni denně). V nejvyšší teplotě (H), samci krmeni denně vykazovali větší velikosti tohoto rozměru oproti samcům krmených obden, obdobně jako ve variantě L. Ve střední teplotě (M) jsou rozdíly v růstu hts v závislosti na potravním režimu po většinu vývoje minimální až do finální ekdyse, kdy byly následně zjištěny větší velikosti rozměru u dospělých samců s redukovanou potravou (obr. 31).



Obr. 31. Růst zadního chodidlového článku (hts) v průběhu vývoje samců v závislosti na teplotě a potravním režimu. Signifikantní vliv na růst rozměru měla teplota ( $p = 0,006$ ) i potravní režim ( $p = 0,001$ ) a závislost interakce teploty a potravy na růst hts nebyla prokázána ( $p = 0,113$ ). Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

Růst šířky zadní holeně (**wht**) byl signifikantně ovlivněn pouze působením teploty ( $p = 0,006$ ). Rozdíly ve velikosti **wht** v závislosti na teplotě u L1, L2 a L4 nejsou na grafu zcela patrné. Působení teploty na růst rozměru se projevil signifikantně u L3, kdy největší velikosti **wht** měli samci vyvíjející se ve střední teplotě (M). U L5 pak nejširší holeň měli samci z nejnižší teploty (L). Po imaginálním svlečení se již velikost rozměru nezměnila. Vliv potravního režimu na šířku zadní holeně nebyl zjištěn ( $p = 0,503$ ) stejně jako interakce mezi teplotou a potravou nebyla prokázána ( $p = 0,528$ ) (obr. 32).



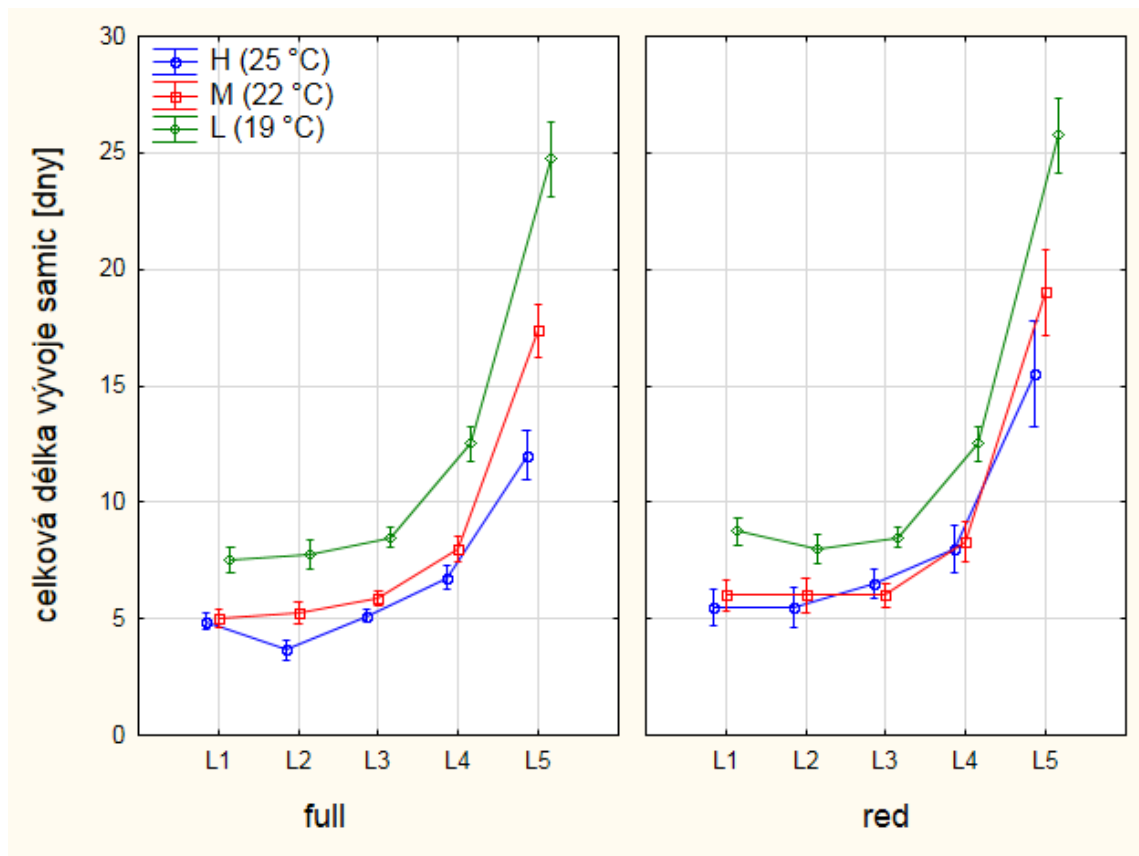
Obr. 32. Růst šířky zadní holeně (**wht**) v průběhu vývoje v závislosti na teplotě. Růst **wht** ve všech teplotních hladinách byl bez větších rozdílů u L1, L2 a L4. U samců v L3, L5 a AD byl růst **wht** v závislosti na teplotě již výrazněji ovlivněn ( $F(10, 100) = 2,686$ ;  $p = 0,006$ ). Vertikální úsečky v uzlových bodech grafu, znázorňující variabilitu měřeného rozměru u jednotlivých instarů, vyznačují 95% interval spolehlivosti.

#### **4.8 Vliv teploty a potravního režimu chovů na délku vývoje jednotlivých instarů v jednotlivých treatmentech**

Nebyla zaznamenána průkazná závislost celkové délky vývoje na pohlaví, přesto pro lepší přehlednost byla délka vývoje samců a samic v rámci jednotlivých instarů a treatmentů analyzována zvlášť.

#### **4.9 Celková délka vývoje samic v závislosti na teplotě a potravním režimu**

Na celkovou délku vývoje samic měla podstatný vliv teplota ( $p < 10^{-6}$ ) i potravní režim ( $p = 0,032$ ). Nejdelší vývoj měly samice vyvíjející se v nejchladnější variantě s redukcí potravy (L/red). Jedinou výjimku tvoří L3, kdy samice z treatmentu M/red měly průměrně kratší vývoj než samice z treatmentu H/red. Délku vývoje samic vyvíjejících se v nejnižší teplotě (L), dostupnost potravy nijak významně neovlivnila. Patrný rozdíl je viditelný až u intervalu mezi svlékáním L4 a L5, kdy výrazně déle setrvaly v L4 samice krmené obden. U samic chovaných ve střední teplotě (M) se vliv dostupnosti potravy na délku vývoje také výrazně neprojevil, to znamená, že každodenní krmení vývoj neurychlilo. Nejkratší vývoj měly samice chované při nejvyšší teplotě, krmeny denně (H/full); nejdéle se vyvíjely samice v nejchladnější variantě chovů v potravním režimu s redukovanou potravou (L/red) (obr. 33).

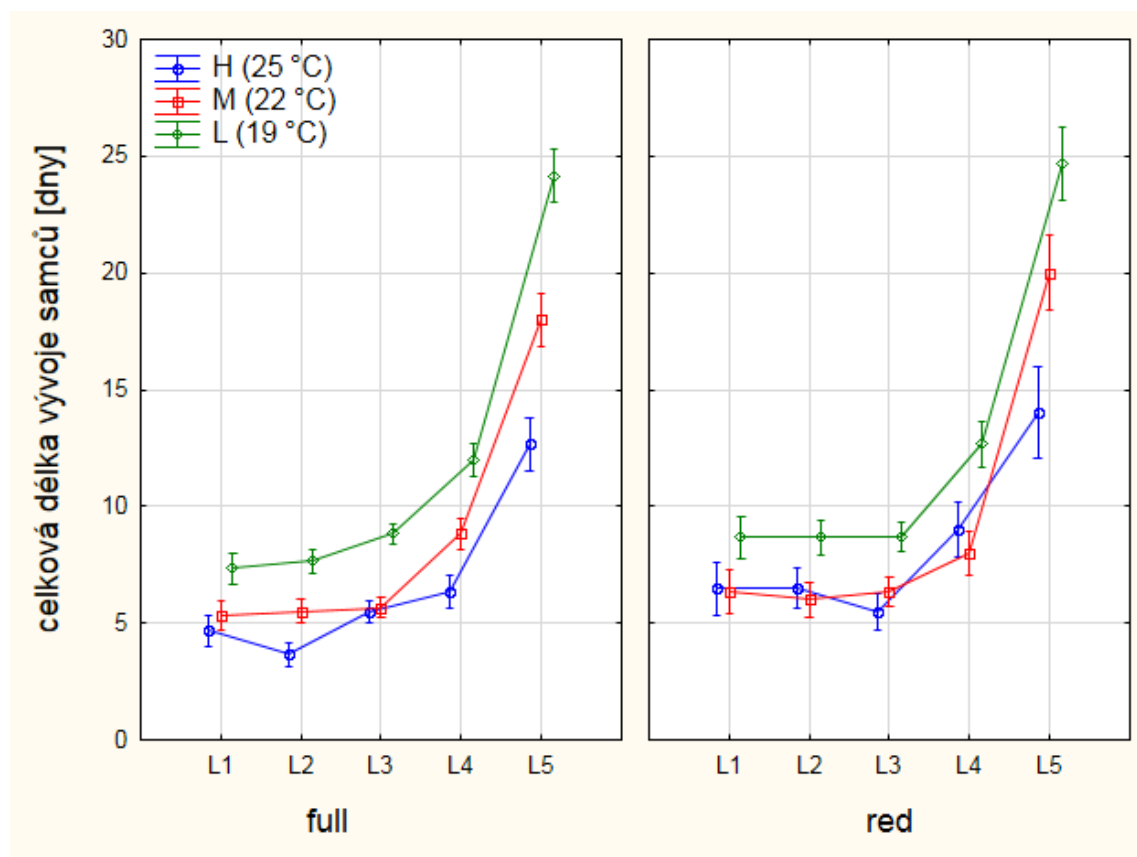


Obr. 33. Průběh postembryonálního vývoje samic v závislosti na teplotě a na potravním režimu. Na délku vývoje měla zásadní vliv teplota ( $p < 10^{-6}$ ) a signifikantní vliv na délku vývoje měla i dostupnost potravy ( $p = 0,032$ ). V rámci grafu jsou vyhodnocovány pouze samice, jež dokončily kompletní vývoj.

#### 4.10 Celková délka vývoje samců v závislosti na teplotě a potravním režimu

Samci chovaní v nejnižší teplotě (L) po celou dobu vývoje setrvali v jednotlivých instarech prokazatelně déle, než samci chovaní ve vyšších teplotách. Při potravním režimu -full- se vyvíjeli samci chovaní v nejvyšší teplotě (H) rychleji, než samci chovaní ve střední teplotě (M). Vyjimkou jsou L3, jež měli v obou teplotách (H i M) stejně dlouhou dobu vývoje, čili vývoj u tohoto instaru nebyl ovlivněn teplotou. U jedinců chovaných v potravním režimu -red- tento trend neplatí. V případě L1, L2 a L4 se rychleji vyvíjeli jedinci chovaní ve střední teplotě (M). U L3 a L5 měli kratší

vývoj opět samci chovaní v nejvyšší teplotě H. Podobně jako u samic i u samců byl zjištěn nejkratší vývoj v treatmentu H/full a nejdéle trval vývoj samcům z treatmentu L/red. Obecně teplota na délku vývoje samců měla silný vliv ( $p < 10^{-6}$ ), ale na rozdíl od samic u samců vliv dostupnosti potravy na délku vývoje signifikantní nebyl ( $p = 0,112$ ) (obr. 34).

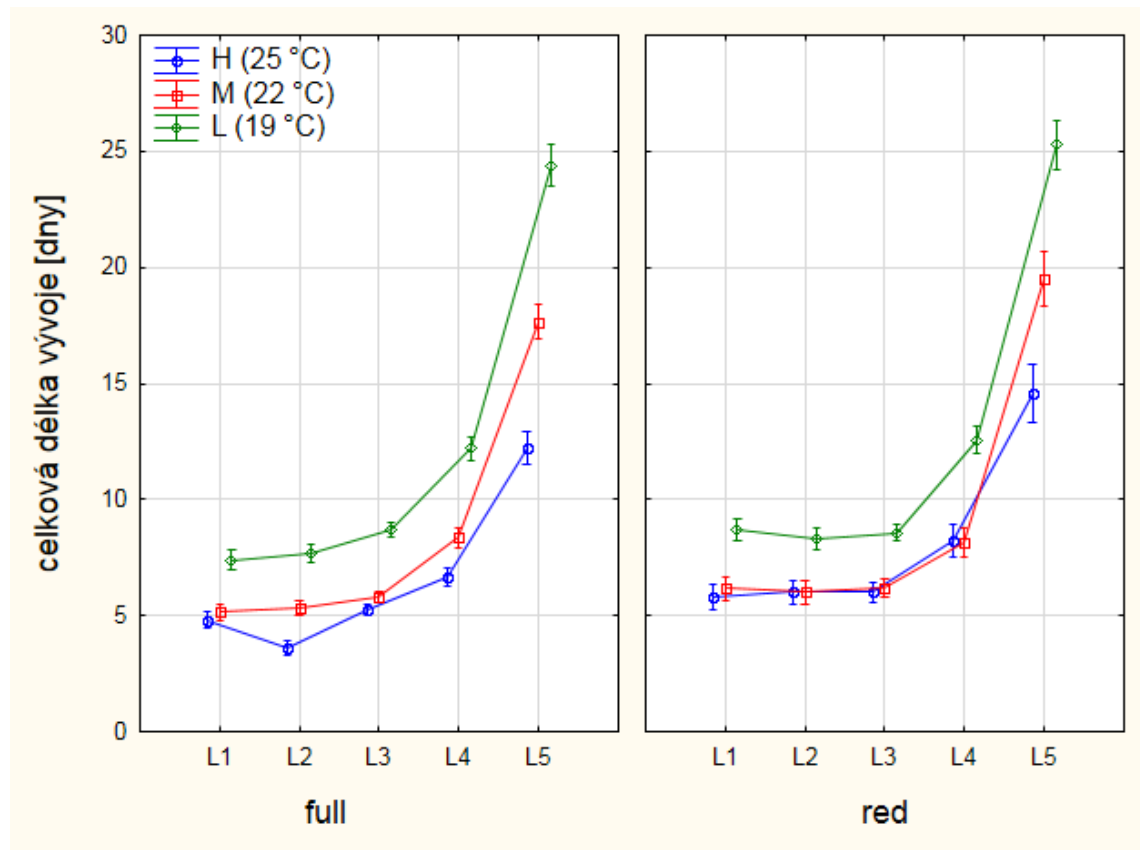


Obr. 34. Průběh postembryonálního vývoje samců v závislosti na teplotě a na potravním režimu. Prokazatelný vliv na délku vývoje měla teplota ( $p < 10^{-6}$ ), vliv dostupnosti potravy ( $p = 0,112$ ) prokázán nebyl. V rámci grafu jsou vyhodnocováni pouze samci, jež dokončili kompletní vývoj.

#### 4.11 Celková délka vývoje druhu

Dle předpokladu téměř všichni jedinci žijící ve vyšší teplotě (samci a samice nerozlišováni; jejich údaje byly analyzovány společně) měli rychlejší vývoj, čili kratší

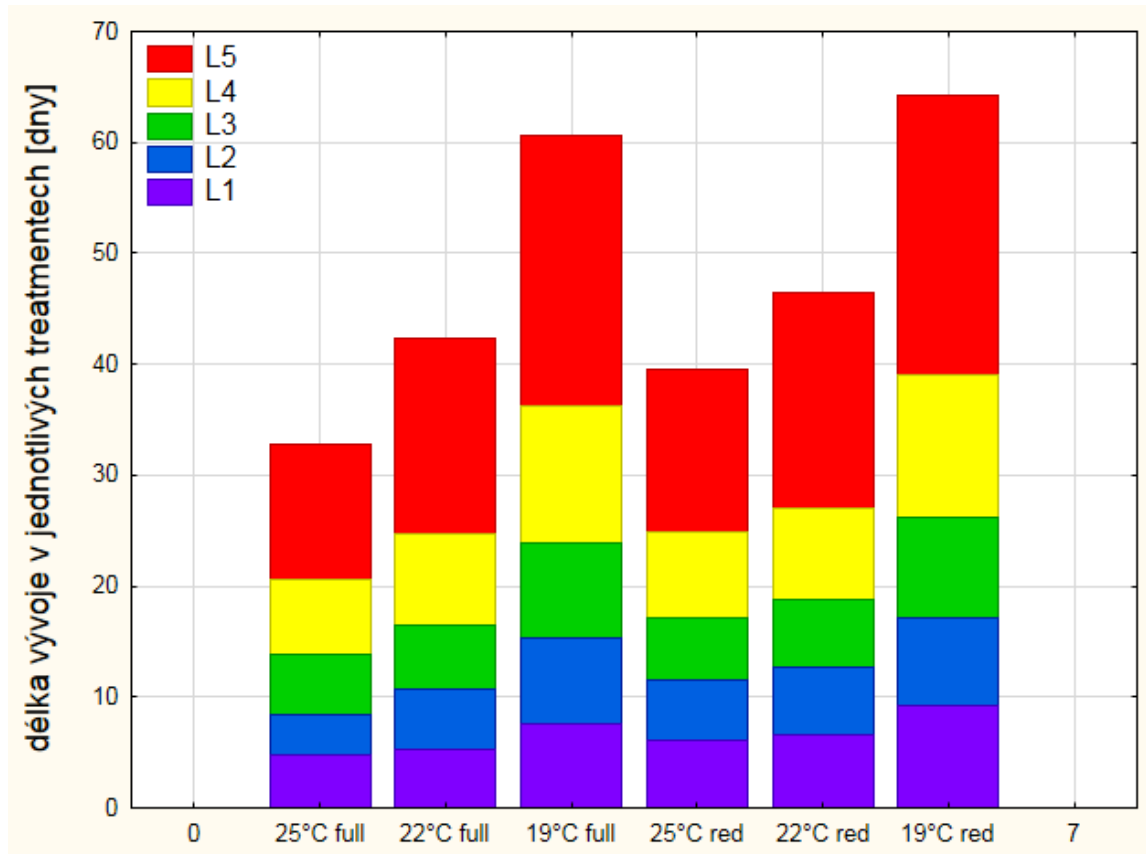
intervaly mezi jednotlivými instary, resp. mezi jednotlivými svlékáními ve všech treatmentech, než jedinci žijící při nižší teplotě. Vůbec nejkratší interval setrvání v konkrétním instaru, pouhé 3 dny, byl zaznamenán v treatmentu H/full a to mezi L1 a L2. Zajímavá situace je však v treatmentech H/red a M/red, kdy je podle grafu zřejmé že, rychlost vývoje od L1 do L4 nebyla teplotou téměř ovlivněna. Vliv dostupnosti potravy obecně vývoj také urychlil nebo zpomalil a to výrazněji u samic ( $p = 0,032$ ) (viz obr. 33). Lze však konstatovat, že v různých teplotách a různých instarech můžeme pozorovat odchylky od tzv. obecného trendu, že vyšší teplota a každodenní přísun potravy urychluje vývoj (obr. 35). Je nutné vzít v úvahu i tu skutečnost, že celkový počet přeživších samců i samic, kteří dokončili vývoj až do stadia dospělců nebyl příliš vysoký (ve variacích H a M 50 %, v L 58 %; viz. tab. III) a tato skutečnost mohla ovlivnit výsledky.



Obr. 35. Průběh posembryonálního vývoje *N. glauca* v jednotlivých instarech v závislosti na teplotě a na potravním režimu. Teplota měla na vývoj velmi silný vliv jak u samců ( $p < 10^{-6}$ ) tak u samic ( $p < 10^{-6}$ ). V rámci grafického znázornění jsou vyhodnocováni pouze jedinci, kteří dokončili kompletní vývoj.

Průměrný kompletní vývoj jedince se pohyboval od 33 dní v treatmentu H/full až po 64 dní v treatmentu L/red.

Konkrétně, nejkratší interval od ekloze po imaginální ekdysi trval 31 dní u jedince vyvíjejícího se v nejvyšší teplotě, při krmení každý den. Nejdéle trval postembryonální vývoj 65 dní jedinci chovanému při nejnižší teplotě v potravním režimu s redukovanou potravou (obr. 36).



Obr. 36. Průměrná délka postembryonálního vývoje znakoplavky obecné (*N. glauca*) v jednotlivých treatmentech v závislosti na teplotě a dostupnosti potravy. Na grafu je patrný značný vliv teploty i potravního režimu na délku vývoje. Do vizualizace vývoje pomocí slupcového grafu byli zahrnuti všichni jedinci, tedy i ti, kteří nedokončili kompletní vývoj.



## 4.12 Vliv potravního režimu v konkrétní teplotě na délku vývoje jednotlivých instarů

Analyzován byl i vliv dostupnosti potravy na délku vývoje jednotlivých instarů ve všech teplotách, přičemž, pokud byl zjištěn rozdíl, kratší vývoj měli vždy jedinci krmeni denně (údaje o samcích a samicích byly vyhodnoceny společně).

V nevyšší teplotě (H) měl potravní režim prokazatelný vliv na délku vývoje u všech instarů (všechna  $p \leq 10^{-3}$ ), s výjimkou L3 ( $p = 0,054$ ) (tab. XVIII). Ve střední teplotě (M) měl potravní režim signifikantní vliv na délku vývoje L1, L2 a L5 (všechna  $p \leq 0,033$ ); u L3 a L4 závislost délky vývoje na potravním režimu nebyla prokázána (L3  $p = 0,419$ ; L4  $p = 0,868$ ) (tab. XIX). Vývoj jedinců v nejnižší teplotě (L) dostupností potravy ovlivněn téměř nebyl, pouze L1 byly výjimkou ( $p < 10^{-5}$ ) (tab. XX).

**Tabulka XVIII.** Rozdíly v délce vývoje u jedinců krmených denně (full) a obden (red) v teplotní variantě H (25 °C). Kratší doba vývoje byla zjištěna u jedinců chovaných v potravním režimu -full- u L1, L2, L4 a L5. U L3 vliv potravního režimu na délku vývoje prokázán nebyl.

H (25 °C)	průměr	průměr	t-test	df	p	směr. odch.	směr. odch.
	full	red				full	red
L1	4,800	6,050	-6,478	38	$< 10^{-6}$	0,410	0,759
L2	3,650	5,421	-7,307	37	$< 10^{-7}$	0,489	0,961
L3	5,316	5,667	-1,985	35	0,054	0,478	0,594
L4	6,765	7,765	-3,875	32	$< 10^{-3}$	0,831	0,664
L5	12,250	14,600	-4,243	19	$< 10^{-3}$	0,931	1,517

**Tabulka XIX.** Rozdíly v délce vývoje u jedinců krmených denně (full) a obden (red) v teplotní variantě M (22 °C). Kratší doba vývoje byla zjištěna u jedinců chovaných v potravním režimu -full- u L1, L2 a L5. U L3 a L4 vliv potravního režimu na délku vývoje pokázán nebyl.

M (22 °C)	průměr	průměr	t-test	df	p	směr. odch.	směr. odch.
	full	red				full	red
L1	5,300	6,650	-6,852	38	< 10 <sup>-7</sup>	0,571	0,671
L2	5,350	6,000	-2,795	38	0,008	0,745	0,725
L3	5,789	6,050	-1,556	37	0,128	0,419	0,605
L4	8,278	8,333	-0,168	34	0,868	0,826	1,138
L5	17,643	19,500	-2,314	18	0,033	1,598	1,761

**Tabulka XX.** Rozdíly v délce vývoje u jedinců krmených denně (full) a obden (red) v teplotní variantě L (19 °C). Průkazný rozdíl byl zjištěn pouze u L1.

L (19 °C)	průměr	průměr	t-test	df	p	směr. odch.	směr. odch.
	full	red				full	red
L1	7,500	9,200	-5,508	38	< 10 <sup>-5</sup>	0,889	1,056
L2	7,850	8,000	-0,625	35	0,536	0,489	0,935
L3	8,529	8,929	-1,529	29	0,137	0,514	0,917
L4	12,286	12,889	-1,630	21	0,118	0,825	0,928
L5	24,400	25,286	-1,234	15	0,236	1,647	1,113

## 5 DISKUSE

### 5.1 Mortalita

Závislost mortality na pohlaví se ukázala neprůkazná. Průkazně signifikantní vliv na mortalitu měla dostupnost potravy v nevyšší teplotě (H - 25 °C), kdy u jedinců krmených obden se projevila vysoká mortalita až 80 %. U jedinců krmených denně mortalita dosáhla pouze 20 %. Tak intenzivní úhyn jedinců s redukovanou potravou můžeme vysvětlit tím, že při vyšší teplotě se obecně zrychluje metabolismus a jedinci pravděpodobně nebyli schopni pokrýt svou energetickou spotřebu nutnou k tak rychlému vývoji a růstu. Přísun potravy pravděpodobně nebyl za těchto podmínek pro všechny jedince krmené obden dostačující. Ve střední teplotě (M – 22 °C) byla mortalita obdobná jako v teplotě nejvyšší. Míra mortality dosahovala 30 % u jedinců krmených denně a u jedinců krmených obden byla zaznamenána mortalita 70 %. Znakoplavky chované v nejchladnější variantě pokusu (L – 19 °C) přežívaly v obou dvou potravních režimech srovnatelně, čili vliv dostupnosti potravy na mortalitu v této teplotě nebyl prokazatelný.

Překvapivé je naše zjištění, že mortalita v případě individuálně chovaných znakoplavek nebyla výrazně závislá na teplotě.

Obdobné studie Pilařové (2014) individuálních ontogenezí časných nymf bodule obecné (*Ilyocoris cimicoides*) a Paulové (2014), která studovala kompletní individuální ontogeneze hladinatky pobřežní (*Microvelia reticulata*), dospěly k odlišným závěrům, tedy že mortalita obou dvou druhů je silně závislá na teplotě. Citované studie dokonce uvádějí, že teplota 17 °C je pravděpodobně limitní teplotou, při které jsou ploštice ještě schopné vývoje. Pilařová (2014) dále uvádí 25 °C jako hraniční horní maximální teplotu pro vývoj časných nymf bodule obecné.

Semiakvatické druhy (např. *M. reticulata*) mohou reagovat na stejné environmentální podmínky jinak než vodní nektonní ploštice. Jejich ekdyse probíhá na hladině na rozdíl od vodních ploštic, které se svlékají pod vodou. I v rámci tohoto experimentu byl

pozorován častý úhyn jedinců právě během ekdyse, či těsně před ní. Naše zjištění nezávislosti mortality znakoplavek na teplotě může znamenat, že znakoplavka obecná není náročným druhem na konkrétní rozptyl teplot a nereaguje tak citlivě, jako mnoho jiných vodních ploštic. Limitujícím faktorem pro její přežití a pravděpodobně i rozšíření je dostupnost potravy. Pokud tedy bude mít znakoplavka dostatečný přísun energie, můžeme usuzovat, že její schopnost přežití bude podstatně větší, než u druhů limitovaných úzkým rozmezím minima a maxima teplot umožňujících vývoj.

Spekulativně můžeme usuzovat i na to, že optimální podmínkou pro vývoj vodních ploštic v přírodních podmínkách jsou oscilující teploty (den, noc, zataženo, slunečno, aj.). Podmínky s konstantní teplotou (které bývají nastavovány v experimentálních chovech hmyzu standardně) jsou pak pro ně nutně suboptimální. Životní strategie znakoplavek je odlišná od životních strategií *M. reticulata* (stálý pobyt na hladině) a *I. cimicoides* (převážně se zdržuje u dna nebo na rostlinách). Znakoplavky se pohybují a vyskytují (nadechování, lov kořisti) po většinu doby své aktivity v prostředí mezi rozhraním voda – vzduch. Je proto možné, že střídání pobytu a pohybu v tomto intersticiálním prostředí a ve vodním sloupci jim v experimentech zajišťovalo jakési „teplotní mikrooscilace“, které suboptimum teplotně konstantních chovů snižovalo.

Celková mortalita jedinců ve všech třech experimentálních teplotách se pohybovala kolem 50 %. Veškeré další výsledky a závěry spojené s vývojem, které zahrnují všechna stádia včetně dospělců je proto nutné posuzovat s ohledem na tuto skutečnost, protože mohou být tyto závěry ovlivněny menším statistickým vzorkem jedinců.

## 5.2 Závislost rozměrů těla a nohou na pohlaví vyvíjejících se jedinců v různých teplotních a potravních režimech chovů

V treatmentu H/full dle výsledků t-testu je patrné, že samice celkově dosahovaly větších rozměrů než samci. Od L4 byl vliv pohlaví na růst zcela prokazatelný a rozměry samic se pak zvětšovaly více než rozměry samců, a to až do stádia imaga. Opačný trend se projevil v treatmentu H/red, kdy rozdíl mezi sledovanými rozměry samců a samic byl zanedbatelný. Lze tedy usuzovat, že v teplotní variantě H se výrazně projevil vliv potravního režimu, který ovlivnil vývoj do takové míry, že při plném krmení umožnil samicím větší růst oproti samcům a v opačném případě (za redukce potravy) bylo toto omezení pro jedince natolik limitující, že vliv pohlaví na velikost těla se nemohl projevit.

Analogický průběh růstu byl zaznamenán u treatmentů M/full a M/red. Silný vliv pohlaví se projevil v M/full od L4, kdy samice vykazovaly opět větší rozměry oproti samcům až do dospělého stádia. Rozdíly byly průkazné, ne však v takové míře jako u H/full. U M/red byly rozdíly v rozměrech samců a samic obdobně jako u H/red minimální, jen u L5 byl rozdíl v růstu signifikantní, ale i tomto případě byl potravní režim pravděpodobně limitujícím faktorem.

Při sledování závislosti růstu rozměrů na pohlaví v nejnižší teplotě (L), v treatmentu L/full nebyl zjištěn jediný průkazný rozdíl sledovaných morfometrických znaků mezi samci a samicemi, na rozdíl od L/red, kdy signifikantní rozdíly rozměrů závislých na pohlaví byly zjištěny již od L1 a rozdíl ve velikosti těla mezi samci a samicemi se v průběhu celého dalšího vývoje zvětšoval. Tento výsledek tedy zpochybňuje nabízející se zobecněný závěr (odvoditelný z výsledků experimentů ve variantách H a M), že nedostatek potravy má negativní vliv na morfometrický sexuální dimorfismus znakoplavek. Můžeme tedy spekulovat, že při nižší teplotě a potravním režimu –full- (krmení denně) se vliv pohlaví na morfometrii *N. glauca* neprojevuje a při nižší teplotě a potravním režimu –red-, se velikostní sexuální dimorfismus projevuje díky jakémusi sexuálně závislému „trade off“, při němž probíhá v nízké teplotě a potravním nedostatku (prostředí, které nedává pozitivní signály pro vývoj v budoucnosti) rychleji růst samic (větší rozměry mohou být výhodou při vnitrodruhové kompetici o potravu)

např. na úkor vývoje vnitřních orgánů (gonády; letové svaly). Stav vývoje gonád a letových svalů v rámci individuálních ontogenezí však nebyl sledován; nemůžeme je tedy srovnat se situací ontogeneze jedinců z přírodních populací (viz Papáček a Soldán, 1987).

### **5.3 Závislost rozměrů těla a nohou na pohlaví vyvíjejících se jedinců v různých teplotních režimech chovů**

Pokud nebudeme brát v potaz vliv potravního režimu a do vyhodnocování výsledků růstu samců a samic zahrneme pouze teplotu, je patrné, že v nejvyšší teplotě (H) se velikostní rozdíly mezi pohlavími více méně objevily až od L4 a rozdíl ve velikosti těla samic oproti samcům se zvětšoval až do AD. Teplota má tedy zcela signifikantní vliv na růst těla. V případě střední teploty (M) byl tento trend prokazatelnější než v případě nejteplejší varianty (H). Samice v L4 a L5 mají zcela průkazně větší rozměry než samci, to platí téměř u všech sledovaných rozměrů. Vliv teploty na sexuálně závislý růst rozměrů mezi L5 a AD je méně průkazný. Při nejnižší teplotě (L) jisté sexuální rozdíly morfometrických znaků zaznamenány byly, ale ve velmi malém počtu a lze je charakterizovat spíše jako marginálně signifikantní.

### **5.4 Závislost rozměrů těla a nohou na pohlaví vyvíjejících se jedinců v různých potravních režimech chovů**

V případě, že pro naše hodnocení sloučíme data ze všech tří teplotně různých variant chovů a zaměříme se pouze na vliv dostupnosti potravy, můžeme konstatovat, že značný vliv pohlaví na rozměry těla samců a samic se projevil jak u varianty -full- tak u varianty -red-, přičemž prokazatelnější vliv byl zjištěn u jedinců krmených denně. Je tedy možné, že teplota a potravní režim ovlivňují velikosti rozměrů vyvíjejících se jedinců obou pohlaví s jinou intenzitou a jiným způsobem, pokud bychom je měřili každý zvlášť, nezávisle na sobě a jinak ve vzájemné interakci, i když statisticky prokazatelný rozdíl (interakce mezi vlivem teploty a potravy na růst) byl zjištěn jen u dvou rozměrů celkově.

## **5.5 Závislost rozměrů těla a nohou na pohlaví vyvíjejících se jedinců**

Při analýze jedinců bez vlivu teploty i potravy, tedy varianta experimentu blížící se měření na přírodních populacích, jelikož u nich není známý vliv ani jednoho z těchto faktorů, byly zjištěny prokazatelné rozdíly mezi samci a samicemi od L4 po AD téměř ve všech měřených rozměrech. Dvořáková (1985) dospěla k podobným výsledkům, při zkoumání morfometrické charakteristiky znakoplavky obecné na přírodních populacích. Zjistila, obdobně jako v těchto výsledcích, že samice vykazují větší velikosti rozměrů, než samci. Zároveň Dvořáková (1985) uvádí, že u L5 se sexuální dimorfismus projevil na velikosti rozměrů také, ale ne v takové míře jako u AD. Na základě našich výsledků u této varianty experimentu byly na rozdíl od výsledků Dvořákové (1985) zjištěny mnohé signifikantně prokazatelnější rozdíly mezi samci a samicemi u L5, než u dospělců (viz tab. XV). K obdobným výsledkům došla i Svobodová (2012), která získávala morfometrické údaje znakoplavky obecné opět z přírodní populace. Uvádí, že samice v naprosté většině případů mají větší rozměry než samci.

## **5.6 Vliv teploty a potravního režimu chovů na růst samců a samic**

Délka i šířka zadečku u samic nebyla ovlivněna ani jedním z environmentálních faktorů, na rozdíl od samců, u kterých se projevil vliv teploty a interakce mezi teplotou a potravou na růst délky zadečku. Teplota také měla u samců vliv na růst šířky zadečku.

Jistou podobnost v růstu můžeme najít u všech třech stehen (přední, střední, zadní) jak u samců, tak u samic. Až na jednu výjimku byl právě růst délky stehna ovlivněn vždy teplotou i dostupností potravy, a to u obou pohlaví. Oproti tomu, rozměry střední holeně a středního chodidlového článku nebyly v průběhu vývoje ovlivněny environmentálními faktory ani u samců ani u samic. U samců růst délky předního chodidlového článku byl ovlivněn dostupností potravy a růst délky zadního chodidlového článku byl ovlivněn teplotou i dostupností potravy, a to na rozdíl od situace u samic, u kterých se vliv teploty ani dostupnosti potravy na růst chodidlových článků neprojevil. Přední a zadní holeně samců rostly signifikantně závisle na obou environmentálních faktorech.

Celkově lze říci, že vliv interakce mezi teplotou a dostupností potravy na růst sledovaných rozměrů byl zaznamenán pouze ve dvou případech, to znamená, že potrava a teplota pravděpodobně neovlivňuje růst prokazatelně v závislosti na sobě. Potravní režim se ukázal jako silný faktor ovlivňující růst. U naprosté většiny případů jedinci chovaní při potravní variantě -full- vykazovali větší rozměry, než jedinci krmení obden (red). Nedostatečný přísun potravy je tedy pro samice i samce znakoplavek limitujícím faktorem v růstu. Zároveň teplota také ovlivňovala růst jedinců. V nejteplejší variantě (H - 25 °C) chovů samci i samice dorůstali do nejmenších velikostí (jednotlivá preimaginální stádia i dospělci) v rámci všech variant pokusu. Lze tedy spekulovat, že vyšší teplota má negativní vliv na růst a konečnou velikost těla znakoplavek.

## **5.7 Vliv teploty a potravního režimu chovů na délku vývoje jednotlivých instarů v jednotlivých treatmentech**

Vliv pohlaví na délku vývoje nebyl signifikantní, jisté odchylky mezi délkami vývoje samic a samců však zaznamenány byly.

Podle předpokladu bylo prokázáno, že na délku vývoje znakoplavek měla zcela zásadní vliv teplota a to jak u samců tak u samic. Nejrychleji se vyvíjeli jedinci žijící ve variantách chovů s nejvyšší teplotou (H - 25 °C) a nejdéle trval vývoj jedincům vyvíjejících se v nejnižší teplotě (L - 19 °C). Závislost celkové délky vývoje na teplotě byla analogická jako délka vývoje jednotlivých instarů, to znamená, že všechny jednotlivé instary se vyvíjely v teplejší variantě chovu vždy rychleji, než nymfy jednotlivých odpovídajících stadií z chladnější varianty chovu.

Dostupnost potravy signifikantně ovlivnila celkovou délku vývoje samic chovaných v nejvyšší teplotě (H), přičemž délka vývoje samic chovaných v potravním režimu s redukovanou potravou byla prokazatelně tímto faktorem silně limitována, tj. vývoj se prodloužil. U samců se taková závislost délky vývoje na potravním režimu neprojevila.



Pokud budeme hodnotit pouze vliv potravního režimu v jednotlivých teplotách na délku vývoje, můžeme konstatovat, že jedinci prospívali lépe a vyvíjeli se rychleji, pokud byli krmeni denně. Tento trend byl prokázán v teplotě H i M. V nejméně chladné variantě experimentu (L) vliv potravního režimu na délku vývoje nebyl prokázán; jedinci se vyvíjeli poměrně stejně dlouho jak ve variantě chovu –full-, tak ve variantě chovu –red-. Obecně však tato závislost prodloužení vývoje jedinců krmených obden byla zjištěna u naprosté většiny jedinců, a to jak pro celkovou délku vývoje, tak pro délku vývoje jednotlivých odpovídajících si instarů.

## 6 ZÁVĚR

Na závěr je podstatné odpovědět na následující výzkumné otázky, které byly formulovány Úvodem:

- 1) Jak ovlivňují environmentální faktory (teplota a dostupnost potravy) růst, vývoj a mortalitu znakoplavky obecné?

V rámci vyhodnocování mortality v jednotlivých experimentálních variantách chovu bylo zjištěno, že přežívání znakoplavek bylo ve vysoké míře závislé především na dostupnosti potravy, méně pak na teplotních podmínkách chovu. Vliv teploty na mortalitu se projevil jen marginálně, což je v nesouladu se závěry prací Paulové (2012) a Pilařové (2014), které zjistily u *Microvelia reticulata* a *Ilyocoris cimicoides* za srovnatelných podmínek s našimi experimenty závislost mortality na teplotě. S přihlédnutím k míře mortality znakoplavek v chovech lze zobecnit, že jedincům „se dařilo“ nejlépe v treatmentu H/full (25 °C, krmení denně), nejhůře pak v treatmentu H/red (25 °C, krmení obden). Dostupnost potravy byla pro vývoj znakoplavky obecně silně ovlivňujícím faktorem, a to především u jedinců chovaných v nevyšší (25 °C) a střední (22 °C) teplotě. Pokud posuzujeme prospívání znakoplavek v jednotlivých variantách chovů pouze v závislosti na dosažené velikosti těla, pak nejlépe prospívali jedinci z treatmentu L/full a M/full (19 °C, 22 °C, krmení denně) a nejmenších velikostí pak dosahovali jedinci z treatmentu H/red (25 °C, krmení obden).

- 2) Mají tyto environmentální faktory odlišný vliv na růst a vývoj samců a samic?

U většiny jedinců vyvíjejících se v různých variantách experimentu byl prokázán signifikantní vliv pohlaví na růst a dosaženou velikost těla znakoplavky obecné, přičemž pokud byl tento velikostní rozdíl prokázán, byl rozměr u samic vždy větší než u samců. Environmentálními faktory byly prokazatelně ovlivněny rozměry samců i samic, růst rozměrů však probíhal variabilně a odlišně v závislosti na působení teploty a na působení dostupnosti potravy i v rámci pohlaví. Z těchto výsledků tedy nelze odvodit jakési zobecňující pravidlo, které by souhrnně popisovalo závislosti růstu rozměrů samců a samic na environmentálních faktorech. Lze však konstatovat, že růst rozměrů samců vykazoval častější závislost na těchto faktorech, než bylo zjištěno

u samic. V treatmentech H/red (25 °C, krmení obden) a M/red (22 °C, krmení obden) nebyla závislost růstu na pohlaví zcela prokazatelná a v treatmentu L/full (19 °C, krmení denně) nebyl vliv růstu na pohlaví prokázán pak ani u jednoho rozměru. V treatmentech H/full, M/full (25 °C, 22 °C, krmení denně) a L/red (19 °C, krmení obden) závislost růstu na pohlaví byla ve větší či menší míře signifikantní. Dostatek potravy měl obecně pozitivní vliv na růst samců i samic.

### 3) Jak ovlivňují tyto environmentální faktory délku vývoje znakoplavky obecné?

Délka vývoje znakoplavky obecné byla v rámci tohoto experimentu silně závislá na teplotě i na potravním režimu. Jedinci chováni ve vyšší teplotě a při dostatku potravy se vyvíjeli rychleji jak v jednotlivých instarech, tak v rámci celkové délky postembryonálního vývoje. Nižší teplota a redukce potravy pak vývoj prodlužovaly. Znakoplavky z treatmentu H/full (25 °C, krmení denně) měly průměrně nejrychlejší vývoj (33 dní) a nejdelší vývoj byl zaznamenán u jedinců z treatmentu L/red (19 °C, krmení obden) (64 dní).

#### **Závěrečná poznámka:**

Pozorování, průběh a výsledky této práce navozují další výzkumné otázky. Např. zajímavé by mohlo být srovnávání morfometrických dat získaných na potomcích téže rodičovské generace a populace znakoplavek z přírodní lokality a z experimentálních chovů, vedených při konstantních teplotách a fotoperiodě. Otázkou rovněž je, jaký vliv má „nepřirozeně“ krátký vývoj jedinců chovaných při nejvyšších teplotách našich experimentů na dosažení jejich pohlavní zralosti a na jejich letuschopnost v dospělosti (viz rovněž DISKUZE).

## 7 SEZNAM LITERATURY

- Aukema B. a Rieger C., 1995: *Catalogue of the Heteroptera of the Palearctic Region, Volume 1: Enicocephalomorpha, Dipsocoromorpha, Nepomorpha, Gerromorpha and Leptopodomorpha*. Netherlands Entomological Society, The Netherlands. 222s.
- Autor neuveden., nedatováno [studijní text online]: Kapitola 15. Hormonální řízení. Lékařská fakulta Masarykovi univerzity. [cit. 28. 2. 2015]. Dostupné z: <http://www.med.muni.cz/~mpesl/traffijam/Prirodu/priro/kap15.pdf>
- Benzie J.A.H., 1989: The immature stages of *Plea frontalis* (Fieber, 1844) (Hemiptera: Pleidae), with redescription of the adult. *Hydrobiologia* 179: 157-171
- Bohoněk K., 1987: *Životní cyklus některé morfometrické charakteristiky populace Corixa punctata Ill. (Heteroptera, Corixidae) v Českobudějovické pánvi*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 71 s.
- Campbell N. A., Reece J. B., 2008: *Biologie*. Computer Press, a.s., 1338 s.
- Cuzin-Roudy J., 1975: Étude de la variabilité et de l'allométrie de taille chez *Notonecta maculata* Fabricius (Insectes, Hétéroptères), par les méthodes classiques et par la méthode des composantes principales. *Archives de Zoologie expérimentale et générale* 116 : 173-227.
- Cuzin-Roudy J., Laval P., 1975: A canonical diskriminant analysis of post-enbryonic development in *Notonecta maculata* Fabricius (Insecta, Heteroptera). *Growth* 39: 251-280
- Ditrich T., Papáček M. 2009: Effective strategy of the overwintering of semiaquatic bugs: overwintering of *Velia caprai* (Heteroptera: Gerromorpha: Veliidae). *Journal of Natural History*, 43(9-10): 529-543.

- Dvořáková L., 1985: *Morfometrická analýza - využití v praktickém cvičení na gymnáziu: aplikace v základním výzkumu*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 100 s.
- Gillott C., 1995: *Entomology*. 2. Ed. New York, Plenum press, 798 s.
- Gullan P. J., Cranston P. S., 2010: *The insects an outline of entomology*, 4. Ed., USA: Wiley- blackwell, 584 s.
- Hausírková Z., 1986: *Životní cyklus a morfometrická charakteristika bodule obecné (Ilyocoris cimicoides) (Heteroptera: Naucoridae)*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 48 s.
- Herk van E., 2006 [fotografie online]: *Notonecta glauca* Linnaeus, 1758. Wikimedia commons. [cit. 7. 4. 2015]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/Notonecta\\_glauca#/media/File:Notonecta\\_glauca01.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Notonecta_glauca#/media/File:Notonecta_glauca01.jpg)
- Hůrka K., Čepická A., 1980: *Rozmnožování a vývoj hmyzu*. 1. vydání, Praha, Státní pedagogické nakladatelství, 224 s.
- Indrová E., 2008: *Vývoj a růst bentické vodní plošnice hlubenky skryté (Aphelocheirus aestivalis) (Fabricius, 1794) (Insecta: Heteroptera: Aphelocheiridae)*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 62 s.
- Jandová L., 2003: *Vývoj a životní cyklus hladinatky Velia caprai (Insecta, Heteroptera, Veliidae) v Novohradských horách*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 80 s. + 14 příloh.
- Keffer S.L. a McPherson J.E., 1988: Descriptions of nymphal instars of *Abedus breviceps* (Hemiptera: Belostomatidae). *The Great Entomologist* 21(4): 169-174.
- Klingenberg CH.P., 1992: Dyars rule and multivariate allometric growth in nine species of waterstrides (Heteroptera: Gerridae). *Journal of Zoology, London* 227: 453-464.

- Klingenberg CH.P. a Spence J.R., 1993: Heterochrony and allometry: Lessons from the water strides genus *Limnopus*. *Evolution* 47(6): 1834-1853.
- Klingenberg CH.P. a Spence J.R., 1997: On the role of body size for life history evolution. *Ecological Entomology* 22: 55-68.
- Klingenberg CH.P. a Zimmermann M., 1992: Static, ontogenetic, and evolutionary allometry: A multivariate comparison in nine species of water strides. *The American Naturalist* 40(4): 601-620.
- Kopelke J.P., 1980: Morphologische Charakteristika der Lareven von *Hydrocyrius columbiae columbiae* Spinola und *Sphaeroderma grassei ghesquierei* Poisson: Studien an afrikanischen Belostomatiden. (Heteroptera, Insecta) IV. *Deutsche entomologische Zeitschrift*, 27( I-III): 1-19
- Kopelke J.P., 1981: Morphologische und biologische Studien an Belostomatiden am Beispiel der mittelamerikanischen Arten *Belostoma ellipticum* and *B. thomasi*. *Entomologische abhandlungen, Staatliches Museum für Tierkunde in Dresden* 44 (4): 59-80
- Korch P.P.III. a McPherson J.E., 1987: Life history and laboratory rearing of *Gerris argenticollis* (Hemiptera: Gerridae) with descriptions of immature stages. *The Great Lakes Entomologist* 20(4): 193-204
- Lellák J., 1972: *Biologie vodních živočichů*. Druhé doplněné vydání, Státní pedagogické nakladatelství, Universita Karlova v Praze. 218 s.
- McPherson J.E. a Packauskas R.J., 1986: Life history and laboratory of *Belostoma lutarium* (Heteroptera: Belostomatidae) with descriptions of immature stages. *Journal of the New York Entomological Society* 94(2): 154-162
- McPherson J.E. a Packauskas R.J., 1987: Life history and laboratory rearing of *Nepa apiculata* (Heteroptera: Nepidae), with descriptions of immature stages. *Annals of the Entomological Society of America* 80: 680-685

- McPherson J.E. a Packauskas R.J. a Korch P.P.III., 1987: Life history and laboratory rearing of *Pelocoris femoratus* (Hemiptera: Naucoridae), with descriptions of immature stages: *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 89(2): 288-295
- Nation J., 2002: *Insect physiology and biochemistry*. Boca Ration: CRC Press. Florida. 485 s.
- Obenberger J., 1952: *Entomologie I*. 1. vydání. Praha: Přírodovědecké vydavatelství. 869 s.
- Obenberger J., 1958: *Entomologie IV*. 1. vydání. Praha: ČSAV. 614 s.
- Ondrová M., 1987: *Varibialita populace a alometrický růst Micronecta minutissima*<sup>1</sup> L. (Heteroptera, Corixidae). Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 73 s.
- Paulová L., 2012: *Vývoj, růst a variabilita jedinců semiakvatické ploštice hladinatky pobřežní (Microvelia reticulata) (Heteroptera: Gerromorpha: Veliidae)*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 93 s.
- Packauskas B.J. a McPherson J.E., 1986: Life history and laboratory rearing of *Ranatra fusca* (Hemiptera: Nepidae) with description of immature stages. *Annals of the Entomological Society of America* 79: 566-571
- Papáček M., 1985: Životní cyklus a vývoj člunovky obecné (*Plea leachi*,<sup>2</sup> McGregor et Kirkaldy, 1899) (Heteroptera, Pleidae) v Českobudějovické pánvi. *Sborník Jihočeského Muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy* 25: 73-85

---

<sup>1</sup> ve skutečnosti jde o druh *Micronecta scholtzi*; Papáček pers comm.

<sup>2</sup> platné synonymum druhu je *Plea minutissima* - viz později Kerzhner; Papáček, pers. comm.

- Papáček M. 1991b: K bionomii znakoplavek (Heteroptera, Notonectidae) jižních a západních Čech. *Sbor. Jihočes. Muz. v Č. Budějovicích, Přír. Vědy*, 31: 23-28.
- Papáček M., 2011: Growth strategie of the water bugs (Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha) in relation to their life cycles. P. 90. In: Murariu D., Adam C., Chisamera, Iorgu e., Popa L.O. a Popa P.P. (Eds): *Annual, Zoological Congress of gregore Antipa Museum, Book of Abstracts*. 23-25 November, Bucharest-Romania. Editora Medialux, Bucarest, Romania. 192 pp. (ISBN 978-606-92462-4-5).
- Papáček M., Soldán T., 1987: Development of the female internal reproductive system of *Notonecta glauca* (Heteroptera, Notonectidae) and the life cycle in South Bohemia. *Acta Entomol. Bohemoslov.*, 84: 161-180.
- Papáček M., Soldán T., 1992: Development of the male internal reproductive system in *Notonecta glauca* (Heteroptera, Notonectidae). In: Bennettová B., Gelbič I. a Soldán T. (Eds.): *Advances in Regulation of Insect Reproduction*. Institute of Entomology, Czech Acad. Sci., s. 199-211.
- Pilařová S., 2014: *Individuální růst a variabilita časných preimaginálních stádií vodní plošnice bodule obecné (Ilyocoris cimicoides) (Heteroptera: Nepomorpha: Naucoridae)*. Magisterská diplomová práce, Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice. 65s.
- Procházková M., 2014: *Platnost Dyarova pravidla pro růst vodních ploštic (Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha)*. Bakalářská práce. Pedagogická fakulta Jihočeské university, České Budějovice. 86 s.
- Romanovský A., 1988: *Obecná biologie*. 2. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. 695 s.
- Štusák in Rozkošný R., 1980: *Klíč vodních larev hmyzu*. 1.vydání. Praha: Academia. 521 s.



- Sedlák E., 2003: *Zoologie bezobratlých*. 2. přepracované vydání. Skriptum. Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity. Brno. 336 s.
- Schuh R. a Slater J., 1995: *True bugs of the world (Hemiptera: Heteroptera): Classification and nature history*. Cornell University Press, The United States of America. 20, 107-129s (336)
- Schull D. R., Steward JR. R.L. a Paulson G.S., 2010: Application of Dyars law to life stages of *Sigara Mathesovi* (Heteroptera: Corixidae). *Entomological News* 21(5): 469-474.
- Simandl M., 2006: *Životní cyklus a růst bruslařky obecné Gerris lacustris (Linné, 1758) (Heteroptera: Gerromorpha: Gerridae)*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 91 s. + 16 s. příloh.
- Sládeček F., 1986: *Rozmnožování a vývoj živočichů*. Praha. Academia. 478 s.
- Spence J. R. a Andersen N. M., 1994: Biology of Water Strides- Interactions between Systematics and Ecology. *Annual Review of Entomology*, 39: 101- 128 s.
- Svobodová K., 2012: *Vliv fixace vodních ploštic (Heteroptera: Nepomorpha) na výsledky studia jejich růstu a variability*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích, 171 s.
- Tříška K., 1989: *Životní cyklus a růstové charakteristiky jedinců 1. a 2. generace klešťanky Cymatia coeloptrata (Fabricius, 1776), (Heteroptera: Corixidae) v Českobudějovické pánvi*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 75 s. + 44 s. příloh.
- Tůma L., 2006: *Životní cyklus a růst klešťanky obecné Sigara falleni (Fieber, 1858) (Heteroptera: Nepomorpha: Corixidae)*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 84 s. + 9 příloh.
- Usinger R., 1956: *Aquatic insects of California with keys to North American genera and California species*. 1st ed. Berkeley. University of California Press. 508 s.

- Varausová E., 2014: *Růst hmyzu skokem: studie založená na morfometrických metadatach vodních ploštic (Heteroptera: Gerromorpha, Nepomorpha)*. Bakalářská práce, Pedagogická fakulta Jihočeské university, České Budějovice. 159 s.
- Vilimovská L., 2012: *Růst a variabilita jedinců vodní ploštiny splešťule blátivé (Nepa cinerea)*. České Budějovice. 124 s. + 7s. příloh.
- Wachmann E., Melber A., Deckert J. 2006: *Wanzen*. Band 1. Die Tierwelt Deutschlands. 77. Teil. Goecke & Avers, Keltern. 263 s.
- Waitzbauer W., 1974: Die Larvalentwicklung einiger aquatischer Wanzenarten (Ins. Heteroptera, Hemiptera) *Naucoris, Ranatra, Notonecta*. *Sitzungsberichte der Oesterreichische Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, Abteilung I*. 182 (5): 77-102.
- Žďárek J., (rok) [online]: Česká a slovenská etologická společnost/společnost, Ústav organické chemie a biochemie AV ČR, Praha. [cit. 28. 2. 2015]. Dostupné z : <http://www.csets.sk/konf00/zdarek.htm>