

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Bakalářská práce

Denní a noční aktivita hlaváče černoústého a vranky obecné

Autor: Zdeněk Polívka

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miloš Buřič, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: MSc. Sara Roje

Studijní program a obor: Zootechnika, Rybářství

Forma studia: Prezenční

Ročník: Třetí

České Budějovice 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě. Zveřejnění probíhá 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 do 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 výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací na Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 18. 5. 2020

Zdeněk Polívka

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Miloši Buřičovi, Ph.D., za odborné vedení při tvorbě písemné části bakalářské práce, pomoci při pokusu, ochotu a aktivní přístup. Dále bych chtěl poděkovat konzultantce MSc. Sara Roje a Ing. Janu Kubcovi za cenné rady a následně bych chtěl poděkovat všem, kteří mi při vytváření této bakalářské práce podali pomocnou ruku.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta rybářství a ochrany vod

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Zdeněk POLÍVKA**
Osobní číslo: **V17B016P**
Studijní program: **B4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Rybářství**
Téma práce: **Denní a noční aktivita hlaváče černoústého a vranky obecné**
Zadávající katedra: **Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický**

Zásady pro vypracování

Tekoucí vody České republiky v nedávné době začal osidlovat ponto-kaspický nepůvodní druh Hlaváč černoústý (*Neogobius melanostomus*, Pallas 1814). Zprvu se jednalo o postup v povodí Dunaje, recentně potom jeho výskyt a šíření i v povodí řeky Labe. V rámci povodí Labe je tedy jeho invaze poměrně čerstvým jevem a přináší řadu otázek. V rámci pravidelných monitoringů se zde (na hlavním toku řeky Labe a přítocích) například společně vyskytuje hlaváč černoústý společně s původní vrankou obecnou (*Cottus gobio*, Linnaeus 1758). Ty vzhledem k jejich preferencím a způsobu života využívají stejnou prostorovou niku, přičemž dochází ke kompetici o základní zdroje – potravu a úkryt. Výsledkem jejich kompetice může být redukce nebo vytlačení jednoho z druhů, kdy se v návaznosti na předchozí výzkum očekává ústup původní vranky. Jedním z faktorů může být mimo jiné i vyšší aktivita hlaváče černoústého, která sice může znamenat větší riziko predace, ale i větší pravděpodobnost úspěchu v boji o potravní zdroje. Tato bakalářská práce by se měla zabývat porovnáním denní a noční aktivity zmíněných dvou druhů v simulovaných průtočných podmínkách s poskytnutým úkrytem a pozitivním stimulem (potravou). Ryby budou sledovány po celých 24 h a výsledný záznam bude analyzován pomocí etologického softwaru i vizuálně. Bude sledována aktivita jednotlivých druhů jak samostatně, tak i ve společné obsádce. Cílem práce je popsat chování testovaných dvou druhů a na základě výsledků odhadnout jejich případný úspěch v mezidruhové kompetici o potravu a úkryt.

Práce bude podpořena projektem InterReg č. 100314623 MoBl-aqua

Rozsah pracovní zprávy: **30-50 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby (do 10 stran)**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

- Brandner, J., Cerwenka, A. F., Schliwen, U. K., & Geist, J. (2018). Invasion strategies in round goby (*Neogobius melanostomus*): Is bigger really better? *PloS one*, 13(1), e0190777.
- Bronnenhuber, J. E., Dufour, B. A., Higgs, D. M., & Heath, D. D. (2011). Dispersal strategies, secondary range expansion and invasion genetics of the nonindigenous round goby, *Neogobius melanostomus*, in Great Lakes tributaries. *Molecular ecology*, 20(9), 1845-1859.
- Buřič, M., Bláha, M., Kouba, A., & Drozd, B. (2015). Upstream expansion of round goby (*Neogobius melanostomus*) – first record in the upper reaches of the Elbe river. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, (416), 32.
- Church, K., Iacarella, J. C., & Ricciardi, A. (2017). Aggressive interactions between two invasive species: the round goby (*Neogobius melanostomus*) and the spinycheek crayfish (*Orconectes limosus*). *Biological invasions*, 19(1), 425-441.
- Dorenbosch, M., Kessel, N. V., Liefveld, W., Schoor, M., Velde, G., & Leuven, R. S. (2017). Application of large wood in regulated riverine habitats facilitates native fishes but not invasive alien round goby (*Neogobius melanostomus*).
- Gilbert, M. J., Barbarich, J. M., Casselman, M., Kasurak, A. V., Higgs, D. M., & Tierney, K. B. (2016). The role of substrate holding in achieving critical swimming speeds: a case study using the invasive round goby (*Neogobius melanostomus*). *Environmental biology of fishes*, 99(10), 793-799.
- Grabowska, J., & Przybylski, M. (2015). Life-history traits of non-native freshwater fish invaders differentiate them from natives in the Central European bioregion. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 25(1), 165-178.

- Gruľa, D., Balážová, M., Copp, G., & Kováč, V. (2012). Age and growth of invasive round goby *Neogobius melanostomus* from middle Danube. *Open Life Sciences*, 7(3), 448-459.
- Janáč, M., Valová, Z., Roche, K., & Jurajda, P. (2016). No effect of round goby *Neogobius melanostomus* colonisation on young-of-the-year fish density or microhabitat use. *Biological Invasions*, 18(8), 2333-2347.
- Júza, T., Blabolil, P., Baran, R., Bartoň, D., Čech, M., Draščík, V., ... & Kubečka, J. (2018). Collapse of the native ruffe (*Gymnocephalus cernua*) population in the Biesbosch lakes (the Netherlands) owing to round goby (*Neogobius melanostomus*) invasion. *Biological Invasions*, 20(6), 1523-1535.
- Kornis, M. S., Mercado-Silva, N., & Vander Zanden, M. J. (2012). Twenty years of invasion: a review of round goby *Neogobius melanostomus* biology, spread and ecological implications. *Journal of Fish Biology*, 80(2), 235-285.
- Lavery, C., Green, K. D., Dick, J. T., Barrios-O'Neill, D., Mensink, P. J., Médoc, V., ... & Britton, J. R. (2017). Assessing the ecological impacts of invasive species based on their functional responses and abundances. *Biological Invasions*, 19(5), 1653-1665.
- Meunier, B., Yavno, S., Ahmed, S., & Corkum, L. D. (2009). First documentation of spawning and nest guarding in the laboratory by the invasive fish, the round goby (*Neogobius melanostomus*). *Journal of Great Lakes Research*, 35(4), 608-612.
- Roche, K., Janáč, M., Šlapanský, L., Mikl, L., Kopeček, L., & Jurajda, P. (2015). A newly established round goby (*Neogobius melanostomus*) population in the upper stretch of the river Elbe. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, (416), 33.
- Veriini, A., Kesler, M., Svirgsden, R., Taal, I., Saks, L., Rohtla, M., ... & Saat, T. (2017). Invasion of round goby to the temperate salmonid streams in the Baltic Sea. *Ichthyological Research*, 64(1), 155-158.
- Young, J. A., Marentette, J. R., Gross, C., McDonald, J. I., Verma, A., Marsh-Rollo, S. E., ... & Balshine, S. (2010). Demography and substrate affinity of the round goby (*Neogobius melanostomus*) in Hamilton Harbour. *Journal of Great Lakes Research*, 36(1), 115-122.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Miloš Buřič, Ph.D.**
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Konzultant bakalářské práce: **MSc. Sara Roje**
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Datum zadání bakalářské práce: **11. ledna 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **4. května 2020**

V Českých Budějovicích dne 25. února 2019




JIHOČESKÁ UNIVERZITA
 V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
 FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD
 Záměstí 728/II
 389 25 Vodňany (2)

prof. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.
 děkan

prof. Ing. Tomáš Randák, Ph.D.
 ředitel

Obsah

1	Úvod	7
2	Literární rešerše	8
2.1	Případ Hlaváč černoústý	8
2.1.1	Charakteristika invaze.....	16
2.1.2	Interakce s původními druhy	17
2.2	Případ vranka obecná	20
2.2.1	Biologie a charakteristika	22
2.3	Faktory ovlivňující úspěch invaze	24
2.4	Hlaváč vs. Vranka	25
2.5	Možný překryv nároků a stanovišť u hlaváče a vranky	26
3	Cíle a hypotézy práce	27
4	Metodika.....	28
4.1	Výsledky	32
5	Diskuse	46
6	Závěr.....	52
7	Seznam použité literatury:	53
7.1	Internetové odkazy	60
7.2	Literární zdroje.....	61
8	Seznam obrázků, tabulek a grafů.....	62
8.1	Seznam obrázků	62
8.2	Seznam tabulek	63
8.3	Seznam grafů.....	63
9	Abstrakt	66
10	Abstract.....	67

1 Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá porovnáním denní a noční aktivity hlaváče černoústého (*Neogobius melanostomus*, Pallas 1814) a vranky obecné (*Cottus gobio*, Linnaeus 1758) v simulovaných průtočných podmínkách s poskytnutím úkrytu a pozitivního stimulu (potravy).

Hlaváč černoústý je drobná, velmi přizpůsobivá bentická ryba. Jeho původním areálem výskytu je Ponto-Kaspická oblast (Roche a kol., 2013). Vyznačuje se značně agresivním chováním a vysokou adaptabilitou, zejména schopností přijímat různorodou potravu a obývat téměř každé vodní prostředí (Lee a Johnson, 2005; Charlebois a kol., 1997).

V tekoucích vodách České republiky v nedávné době začal osidlovat zprvu řeky v povodí Dunaje (L'avrinčiková a kol., 2007), recentně potom byly jeho výskyt a šíření hlášeny i v povodí řeky Labe. V rámci povodí Labe je tedy jeho invaze poměrně čerstvým jevem a přináší řadu otázek, které s sebou velice často přináší nepříznivé dopady nejen na původní obyvatelstvo, ale i na nově osídlený vodní ekosystém.

V rámci pravidelných monitoringů se zde (na hlavním toku řeky Labe a přítocích) například společně na některých lokalitách vyskytuje hlaváč černoústý společně s původní vrankou obecnou. Ty vzhledem k jejich preferencím a způsobu života využívají stejnou prostorovou niku, přičemž dochází ke kompetici o základní zdroje – potravu a úkryt. Výsledkem jejich kompetice může být redukce nebo vytlačení jednoho z druhů, kdy se v návaznosti na předchozí výzkum očekává s ústupem původní vranky. Jedním z faktorů může být mimo jiné i vyšší aktivita hlaváče černoústého, která sice může znamenat větší riziko predace, ale i větší pravděpodobnost úspěchu v boji o potravní zdroje.

Cílem této bakalářské práce je popsat chování testovaných již zmíněných dvou druhů a na základě výsledků objasnit jejich případný úspěch v mezidruhové kompetici o potravu a úkryty.

2 Literární rešerše

2.1 Případ Hlaváč černoústý

Původ a šíření

Hlaváč černoústý (*Neogobius melanostomus* Pallas 1814) pochází z Ponto-Kaspické oblasti, do kterého je zahrnuto Černé, Azovské a Kaspické moře (Roche a kol., 2013; Wolter a Roehr, 2010). Patří k jednomu z nejrozmanitějších rodů ryb. Z původního areálu rozšíření se rozšířil do hlavních evropských říčních systémů, včetně jejich ústí a pobřežních brakických vod. Následně se rozšířil i do Velkých jezer v Severní Americe, kde tvoří husté populace a bohužel tím dokázal ovlivnit i některé původní druhy ryb (Charlebois a kol., 2001; Vanderploeg a kol., 2002; Dopazo a kol., 2008; Brown a kol., 2009). Hlavním způsobem zavlečení tohoto nepůvodního druhu do evropských a severoamerických ekosystémů byl nejspíše transport transoceánskými i vnitrozemskými nákladními loděmi, které mohou daný druh převézt v balastní vodě či uchycený na trupech lodí či člunů. Svým šířením je hrozbou pro podstatné množství sladkovodních i brakických ekosystémů, díky svému vysokému invazivnímu potenciálu, včetně velké rozmnožovací schopnosti, agresivního chování, vysoké potravní aktivity a mnoho dalších faktorů, které ho upřednostňují před původní populací ryb. Další rolí je možnost zavlečení nových parazitů s tímto invazivním druhem. (Hempel a Thiel, 2015; Horkova a Kovac, 2014; Ondračková a kol., 2015; Vanderploeg a kol., 2002). Následující rozšíření v Evropě znázorňuje Obr. č. 1. Jeho velikost je specifická pro různé oblasti. Obecně ve slané vodě se objevují větší a rychleji rostoucí jedinci s ohledem na velké množství potravy a dalších podmiňujících faktorů (Pinchuk a kol. 2003; Grabowska a kol., 2015).

Pronikání do Evropských toků

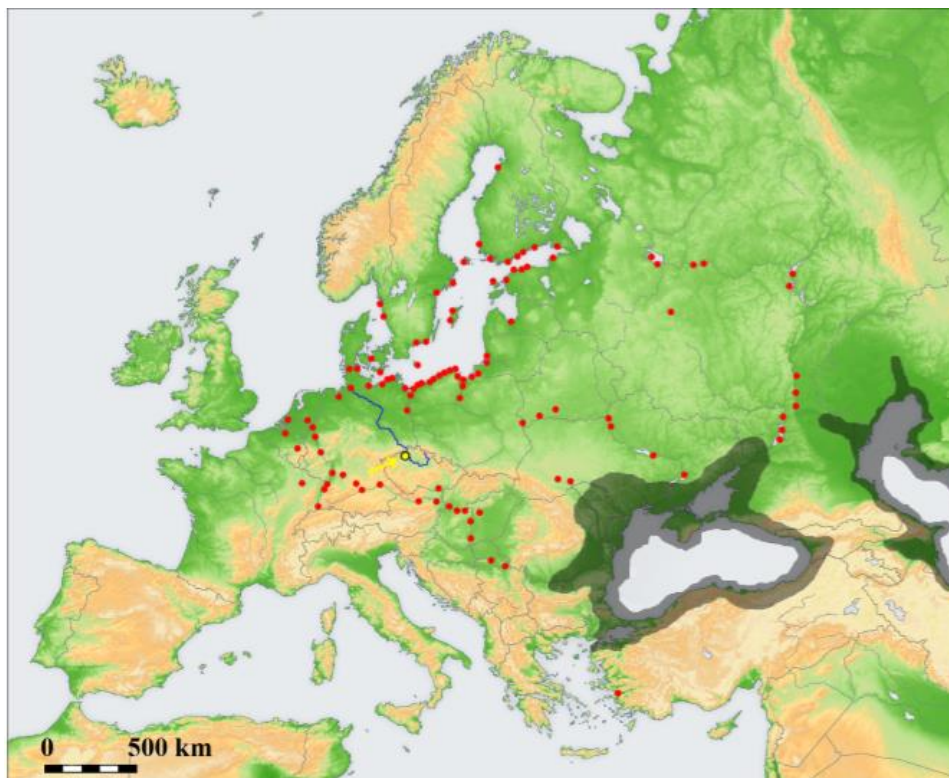
Hlaváč černoústý se v posledních letech exponenciálně rozšířil v Evropských tocích. Šíření v říčních systémech pravděpodobně souvisí s lidskou činností a regulací toků. Původní zavlečení bylo pravděpodobně provedeno prostřednictvím mezinárodní lodní dopravy vypouštěním balastní vody ve velkých přístavech a jeho dalším přirozeným šířením (Wiesner, 2005; Copp a kol., 2005; Young a kol., 2010). Již osidluje hlavní evropské toky jako je Dunaj (Jurajda a kol., 2005; Painter a Seifert, 2006; Wiesner, 2005; Cerwenka a kol., 2018; Paintner, 2006), Rýn (Borcherding a kol., 2011; Kalchhauser a kol., 2013; Van Beek, 2006), Vislu, Dněpr (Grabowska a kol., 2018; Smirnov, 1986), následně pak řeky České republiky jako jsou Morava, Dyje (Roche a kol. 2015), Odra (Grabowska a kol., 2010; Schomaker a Wolter, 2014) a v neposlední řadě řeku Labe (Janáč a kol., 2013; Hampel a Thiel, 2013).

Relativně nová populace se objevila na úseku řeky Labe pod Střekovským zdymadlem, kam byla patrně zavlečena lodní dopravou a odtud se šíří dále po i proti proudu řeky (Buřič a kol., 2015). Jeho minulé ale i další šíření se předpokládá migrací řekou (Hempel a Thiel, 2013), migrací přes kanály spojující Labe a Odru (prostřednictvím systému kanálů řek Sprévy a Havel), které byly také úspěšně invadovány (Grabowska a kol., 2010), přepravou balastní vodou lodí, neúmyslnou přepravou rybáři (použití jako návnadu) či neúmyslné vysazení rybáři nebo akvaristy nebo transportem plůdku nebo jiker jinými organizmy, např. ptáky (Roche a kol., 2015).



Jak již bylo zmíněno hlaváč černoústý je schopen se šířit pomocí nakladených jiker na říční plavidla (Wiesner 2005). Vzhledem k velké úspěšnosti osidlování nepůvodního prostředí a dalšího šíření se očekává, že se tyto druhy budou i nadále šířit prostřednictvím spojovacích kanálů mezi řekami v podstatě v celé Evropě (bij de Vaate a kol. 2002; Verreycken a kol., 2011; Kukuła a kol., 2019; Dorenbosch a kol., 2017).

Nedávné zprávy o výskytech v Evropě popisují hlubší pronikání proti proudu řek, a to jak přirozeně, tak lodní dopravou, popř. jiným způsobem (Grabowska a kol., 2010; Roche a kol., 2013; Buřič a kol. 2015). V případě řeky Labe byl hlaváč ještě před několika lety potvrzen pouze v blízkosti ústí řeky v Hamburku a několik kilometrů proti proudu v Geesthachtu (Hempel a Thiel, 2013). První hlaváč v České části Labe byl náhodně chycen při odběru vzorků zoobentosu v části řeky Labe poblíž Ústí nad Labem (Buřič a kol., 2015). Odtud je očekávána expanze nejen přirozenou migrací, ale také dalším transportem v balastních vodách. Podobné cesty jsou obecně nejjednodušší bránou invazí do vnitrozemských a pobřežních vod kvůli pokračující snaze propojit velké říční systémy kanály umožňujícími lodní dopravu. V Labi takto hlaváči překonali během několika let (2–5 let) vzdálenost stovek kilometrů (asi 500–600 říčních kilometrů) (Buřič a kol., 2015). Jeho další šíření oběma směry bylo potvrzeno monitoringem lokalit po i proti proudu Labe (Buřič, osobní sdělení).



Obrázek 1: Rozšíření hlaváče černoústého v Evropě. Šedě podbarvené plochy – původní areál rozšíření. Červené body a žlutý bod – populace mimo původní areál rozšíření. (upraveno dle Buřič a kol. 2015).

Osídlení Velkých jezer v USA

Hlaváč černoústý (*Neogobius melanostomus*) byl poprvé nalezen v Severní Americe v roce 1990 v řece St. Clair, která spojuje jezera Huron a Erie (Jude a kol. 1992; Phillips a kol., 2003; Krakowiak a kol., 2008). Obecně se má za to, že hlaváč byl do Severní Ameriky přivezen v balastní vodě pocházející z Černého moře, Kaspického moře nebo Gdaňského zálivu (Jude a kol. 1992, Charlebois a kol. 1997; Steingraeber a kol., 1996). Následkem, bylo expanzivní rozšíření po Laurentianských jezerech (Charlebois a kol. 2001). Jeho hojnost v těchto jezerech byla různá v mnoha ohledech, ale k nejextrémnějšímu rozšíření došlo v jezeře Superior díky mnoha přístavům a přítokům (Grigorovich a kol. 2003). Úspěšné uchycení populace nepůvodního druhu závisí mnoha faktorech což platí i pro tento velmi adaptabilní druh. Hlaváč černoústý je tolerantní vůči širokému spektru podmínek prostředí, je flexibilní ve výběru potravy, chování i reprodukci ve srovnání s druhy žijícím v podobném prostředí (Charlebois a kol., 1997; MacInnis a Corkum, 2000; Jude, 2001). Důsledkem invaze byly interakce s původními druhy ryb a následné vytlačení některých druhů např. tammí původní druh vranku Bairdovu (*Cottus bairdii* Girard 1850), (Chotkowski a Marsden, 1999). Důvodem byly pravděpodobně velmi podobné ekologické, potravní a reprodukční požadavky a fakt, že hlaváči konzumují mladé, larvální i dospělé ryby koexistující v podobném prostředí (French a Jude, 2001; Carman a kol., 2006).

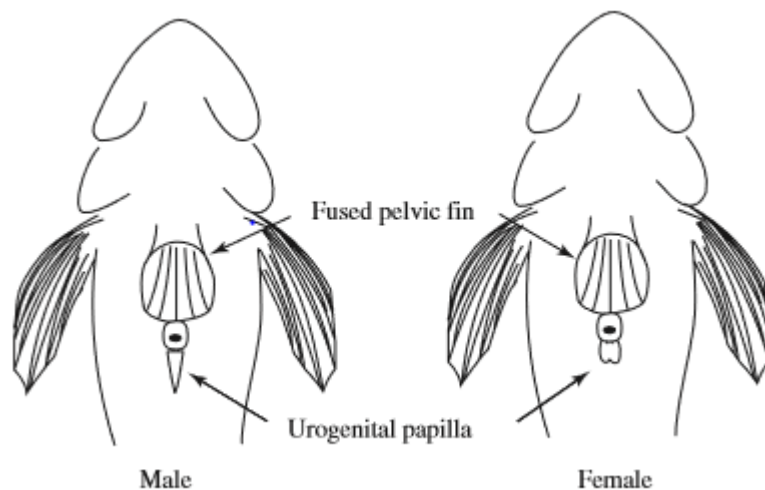
Popis

Hlaváč černoústý má podlouhlé tělo, kulaté v průřezu, s koncovými ústy, silnými rty a mírně vroubkovaným jazykem. Zadní okraj čelistí sahá až pod přední čtvrtinu oka (Kornis a kol., 2012). Barva těla je s šedo-hnědou a žlutozelenou barvou s velkými tmavě hnědými skvrnami po stranách. Hlava je obvykle tmavší než zbytek těla. Ploutve bývají tmavě šedé až na výjimku první hřbetní ploutve, která obsahuje černou kruhovitou skvrnu. V období tření, kdy mlíčáci mají zvětšené tváře a tmavou pigmentaci těla. Obě pohlaví jsou vybavena erektivní močopohlavní papilou, podle které se dají rozlišit i mimo období tření. Papila jikernačky je široká, tupá a připomínající motýlkovitý tvar, kdežto papila mlíčáku je delší se zašpičatělou koncovou částí a mají koncovou štěrbinu viz. Obr. 3 (Baruš, 1995; Crosier a Malloy, 2011).

Hlaváč má dvě hřbetní ploutve, které jsou od sebe jasně oddělené. V první hřbetní ploutvi se nachází typická tmavá skvrna se šedým okrajem, díky které je hlaváč dobře identifikovatelný. První hřbetní ploutev je podepřena 7-8 tvrdými paprsky. Břišní ploutve jsou srostlé do charakteristického ploutevního terčíku/disku, který je také dobrým rozpoznávacím znakem této skupiny ryb. Tělo, část operkula a horní část hlavy je pokryto cykloidními šupinami. Má dva páry zubních destiček (Leslie a kol., 2004).



Obrázek 2: Hlaváč černoústý (foto: autor)



Obrázek 3: Rozpoznání pohlaví u hlaváče černoústého podle tvaru urogenitální papily, vlevo mlíčák, vpravo jikernačka (převzato z Kornis a kol., 2012).

Hlaváči jsou relativně malé ryby, žijící na dně se silnou preferencí pro kamenité úseky s dostatkem štěrbin. Byly ale zaznamenány populace, které žijí na stěrkovém nebo písčitém dně. Zaznamenáni byli i jedinci žijící na bahnitěm dně, kdy se ale jednalo o mladší jedince vytlačené dospělými staršími jedinci díky jejich teritorialitě a hlídání hnízd. Výhodou kamenitého dna je snížení predace. Hlaváč je silně teritoriálním a agresivním druhem zvláště při hlídání hnízd se snůškami jiker – viz níže (Baruš, 1995).

Růst a potrava

Velikost hlaváče závisí především na biotopu, který obývá. Dalším faktorem ovlivňující jeho růst je kompetice s ostatními původními či nepůvodními druhy ryb a dostupnost potravy (Gebauer a kol. 2019; Baxter a kol., 2004). Ve studii Coultera a kol. (2011, 2015) se zmiňují, že v laboratorních podmínkách měl hlaváč krmený slávičkou mnohotvárnou denní váhový přírůstek 0,04 g, ale hlaváč krmený larvami pakomára kouřového zaznamenal denní přírůstek činící 0,13 g. Z této studie lze tedy usoudit, že konzumace mlžů může nahradit rentabilnější, ale vzácnější složky potravy. K otevírání lastur hlaváč používá faryngální zuby nebo je může polykat v celku v závislosti na velikosti měkkýše i hlaváče (Kuhns a Berg, 1999). Preferovaná konzumace měkkýšů byla u hlaváče černoústého zaznamenána ve velikosti 8-11 cm (Weiperth a kol., 2013).

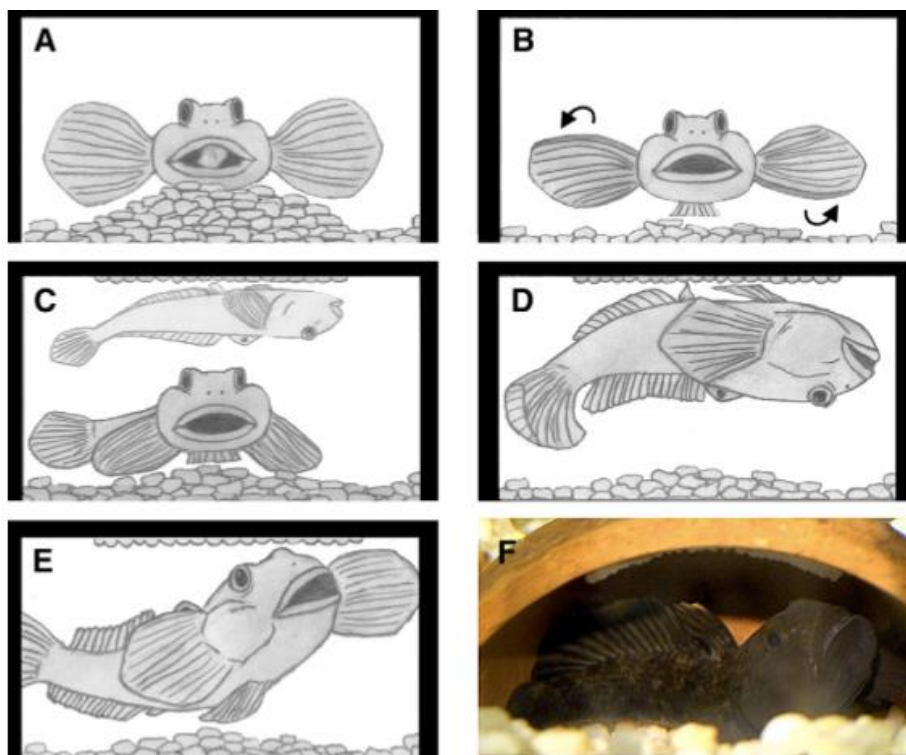
Příjem potravy je především ovlivňován stanovištěm, denní dobou, stářím jedince a velikostí samotného jedince (Skora a Rzeznik, 2001; Skabeikis a kol., 2015). Hlaváč je schopný konzumovat velmi rozmanitou potravu a jeho přizpůsobivost ho činí více konkurenceschopným. Hlaváč přijímá potravu na rozdíl od vranek po celý den. Potravou mladých jedinců hlaváče je mnoho různých taxonů včetně zooplanktonu, bentosu a ryb (bezobratlí živočichové, jikry, dokonce i plůdek) (Skabeikis a kol., 2015; Wiegleb a kol., 2018). V Laurentiánských velkých jezerech a Eurasii jsou jejich základní složkou potravy měkkýši (Ray a Corkum, 1997).

Reprodukce a rodičovská péče

Obecně hlaváč černoústý dospívá a roste velmi rychle. Pohlavní dospělosti většinou dosahují dříve samice, a to ve 2. roce života, zatímco samci až ve 3. roce, ale oblastech nepůvodního výskytu je to dokonce rychleji, kdy samice dospívají již v 1. roce života při délce 43 mm (MacInnis a Curkum 2000). Doba tření je různá s ohledem na geografickou polohu, podmínky na lokalitě a teplotu vody. Výtěr probíhá opakovaně od dubna do konce září při teplotě vody od 9 do 26 °C v intervalech 3–4 týdnů v hloubkách od 0,2 – 1,5 m (Charlebois a kol., 1997). Jikry jsou kladeny v několika dávkách do hnízd obvykle pod kameny a do štěrbin. Samci si hledají a upravují hnízdo na různých místech bez ohledu na substrát, které následně potom střeží. Hnízdo může být mj. tvořeno z kulatin odumřelých stromů, kořenů, nebo uvnitř děr vyhloubených raky. Jediný omezující faktor pro stavbu hnízda je nepohyblivý horní povrch a jediný vstup do hnízda (Miller, 1986; Gilbert a kol., 2016). Samec pečuje o jikry od více samic a zvyšuje tak jednak svůj podíl na potomstvu a zároveň reprodukční úspěšnost druhu (Charlebois a kol., 1997). Při péči o jikry samci nepřijímají potravu, což je pravděpodobně důvodem toho, že po období rozmnožování samci zpravidla brzy hynou (MacInnis a Corkum 2000). Jikry mají světle oranžovou barvu, podlouhlý tvar a zaoblenou základnu se skoseným vrcholem. Jejich velikost je okolo 3,2 mm délky a 2 mm šířky (Charlebois a kol., 1997).

Jikernačky jsou v období námluv do hnízd lákány zvukovými signály a feromony, které mlíčáci vylučují společně s močí. Po vstupu do hnízda začne jikernačka klást jikry na jeho strop, přičemž dělá vlnivé pohyby pro správné uchycení a rozmístění jiker

(Obr. 4). Mlíčák dělá při výtěru podobné pohyby, aby došlo k úplnému oplození. Další jikernačky kladou snůšku na zbylé místo stropu, aby vyplnili celý prostor. Po oplodnění jiker mlíčáci zvednou své prsní a dorsální ploutve ve vstupu do hnízda k zastrašení možných soků (Obr. 4). Nejvyšším stupněm agresivity je pronásledování soka a okamžitý návrat do hnízda. Pokud dojde ke kanibalismu střežených jiker jiným mlíčákem, pak mlíčák, který bránil hnízdo, připluje na jeho okraj a drží u hnízda „smutek“ - odhalí bílé zuby a dásně kontrastní k otevřené černé ústní dutině. Podobné chování bylo zaznamenáno například u mřenky mramorované (*Barbatula barbatula* Linnaeus 1758) (Meunier a kol., 2009).



Obrázek 4: Scheéma reprodukčního chování a ochrany hnízda hlaváče černoústého. A, B – Příprava hnízda, C – Ukládání jiker, D – Oplodnění jiker, E, F – Bránění hnízda (převzato z Meunier a kol., 2009).

Mlíčáci rostou o poznání rychleji než jikernačky, ale při hlídání hnízda nepřijímají potravu, zatím co jikernačky pohybující se okolo hnízda ano. Následkem je možný úhyn mlíčáků. Tato strategie reprodukce je ale velmi účinná a vykazuje velice nízkou mortalitu juvenilních stádií. Díky této strategii se může vylíhnout až 95% snůšky. V hnízdě může být nakladeno až 10000 jiker od 4–6 jikernaček (Charlebois a kol. 1997).

2.1.1 Charakteristika invaze

Hlaváč černoústý je momentálně jedním z nejvíce problematických invazních druhů nejen v Evropě ale i v Severní Americe. Invaze může způsobovat ztrátu biodiverzity a vytlačení některých původních druhů ryb i jiných vodních organismů (Kornis a kol., 2012; Laverty a kol. 2017). Důkazy o těchto efektech zatím v mnoha případech chybí. Hlavním příčinou ovlivnění původních druhů je kromě šíření nemocí i přímá kompetice o potravu a prostor s původními druhy nebo přímá predace hlaváče na různých vývojových stádiích původních druhů. Hlaváč černoústý je navíc ve většině případů agresivnějším a tím i úspěšnějším v souboji o potravní zdroje a úkryty (Hudina a kol., 2014; Savino a kol., 2007; Dubs a kol., 1996; Grabowska a kol., 2016; Church a kol., 2017).

Rychlou expanzi hlaváče černoústého lze připsat vlivu lidské činnosti zejména vytvořením sítě splavných kanálů a tím propojení velkých Evropských řek a čilou lodní dopravou, která spolu s balastní vodou převážela různá vývojová stadia hlaváče na velké vzdálenosti. Odtud se pak dále šířil přirozeně (Roche a kol., 2015; Jurajda a kol., 2005; Van Beek a kol., 2006; Grabowska a kol., 2010). Proto bylo rozšíření hlaváče tak rychlé a intenzivní a mnohem silnější, než by tomu bylo v případě přirozené migrace z místa introdukce.

Hlaváč se tak v posledních dekadách stal jedním z nejinvazivnějších druhů v evropských vnitrozemských vodách, a dokonce i brakických vod. Osídlil již povodí Dunaje, Volhy, Visly, Labe a téměř celou oblast Baltského moře. Očekává se jeho další expanze více do vnitrozemí (Leppäkoski a kol., 2002; Ondračková a kol., 2010; Ondračková a kol., 2005; Roche a kol., 2015; Verliin a kol., 2017).

2.1.2 Interakce s původními druhy

Původním oponentem hlaváče černoústého jsou vzhledem k podobnému způsobu života často původní druhy vranek. Oba druhy, vranka obecná (*Cottus gobio* Linnaeus, 1758) a vranka pruhoploutvá (*Cottus poecilopus* Heckel, 1837), využívají stejnou ekologickou niku jako hlaváč černoústý, a tak mohou přímo soupeřit o veškeré ekologické zdroje. Jako klíčové pro přežití vranky se jeví zejména větší kameny a jiné tvrdé překážky na dně řek, stejně jako u hlaváče, což může vést přímo k snižování počtů vranky v tocích přímou kompeticí v habitatu. Tato hrozba byla ilustrovaná na příkladu invaze hlaváče černoústého v Severoamerických velkých jezerech, kde hlaváč poměrně rychle vytlačil původní vranku Bairdovu. K jejímu vytlačení došlo kvůli znemožnění přirozeného rozmnožování (nedostatek dostupných hnízd) (Dubs a kol., 1996). Podobně rychlý nástup hlaváče a vymizení jiného druhu pozoroval i Van Kessel (2016) v řece Meuse v Holandsku. Laboratorní testy dokazují, že nejvíce ovlivněné jsou invazivními hlaváči malé bentické druhy ryb. Nicméně existuje jiná studie prováděná na březích Dunaje, která ukázala, že evropská vranka je schopná udržovat reprodukce schopnou a poměrně silnou populaci navzdory velmi silně rozšířené populaci invazivního druhu (Janáč a kol. 2018; Bronnenhuber a kol., 2011; Brandner, 2014).

Podobnost mezi hlaváčem a vrankou můžeme najít v preferenci úkrytů, lovu potravy a vybírání prostoru pro životní cyklus. Obě jsou to ryby s noční aktivitou. Na rozdíl od hlaváče černoústého jsou vranky schopné osídlit i malé prudce tekoucí vody, do kterých se hlaváči, běžně žijící ve stojatých nebo pomalu tekoucích vodách, nešíří (Didenko, 2013). V případě koexistence je ale hlaváč černoústý schopen snížit hojnost, omezit rozšíření, či dokonce způsobit vymizení celé původní populace (Janssen a Jude, 2001). Hlaváč také rychleji roste a dospívá a tím tvoří hustší populaci s větším množstvím jednotlivých věkových skupin a vy tváří tak větší tlak na prostředí. Oproti původním druhům je ale zároveň adaptivnější na nové potravní zdroje (Grul'a a kol., 2012; Hempel a Thiel 2015).

Přímé interakce agresivní

Agresivní chování je důležitým faktorem úspěchu hlaváčů oproti původním bentickým druhům. Ve sladkých vodách s více invazivními druhy se často vyskytuje jev, při kterém invazní druhy mají na sebe minimální nebo slabě působící negativní účinky, zatímco vykazují silné negativní účinky na původní populace ryb (Preston a kol., 2012; Johnsona kol., 2009). Hlaváči mohou agresivním chováním vytlačit původní skupiny ryb z míst vhodných pro příjem potravy a ke tření (Dubs a Corkum, 1996; Bauer a kol., 2007; Cooper a kol., 2007; Savino a kol., 2007; Bergstrom a Mensinger, 2009). Po získání úkrytu a tím pádem i místa k reprodukci se pak stávají ještě silnějším soupeřem (Church a kol. 2017). Úspěšná konkurence hlaváče černoústého o potravní zdroje a stanoviště (Janssen a Jude, 2001) se podílela na úbytku populací původních druhů jako candátek temný (*Etheostoma nigrum* Rafinesque 1820) (Lauer a kol., 2004), vranka Bairdova (Dubs a Corkum, 1996; French a Jude, 2001) či percina různopruhá (*Percina caprodes* Rafinesque, 1818) (Balshine a kol., 2005). Ze studie Kakarenka a kol. (2013) v experimentálních podmínkách hlaváč černoústý vykazoval větší agresivitu než konkrétně vranka obecná. K potlačení a následnému poklesu přirozené populace původních druhů vlivem hlaváče černoústého ale dochází zejména kvůli kombinaci agresivního chování, vysoké plodnosti, rychlého dospívání a vyšší konkurenceschopnosti o dostupné zdroje a adaptabilitě na zdroje jiné (Jude a DeBoe, 1996; Charlebois a kol., 1997). Hlaváč černoústý zároveň vyazuje větší agresivitu a průbojnost o potravní zdroje a úkryty než například invazivní druhy raků (Church a kol., 2017; Hudina a kol., 2014). Dalo by se tedy říci, že hlaváč černoústý si díky své vysoké agresivitě lépe ubrání svůj úkryt před predátory i jinými soky a tím je zvýhodněn před ostatními bentickými druhy ryb, popřípadě i korýši. Tato výhoda mu zajišťuje místo k reprodukci a shánění potravy. Proto je tak úspěšný v osidlování mnoha různých vodních toků i stojatých vod (Hudina a kol., 2014; Church a kol., 2017; Církev a kol., 2017; Peake a kol., 2004).

Kompetice o potravu a prostředí

Jak hlaváč černoústý, tak vranka obecná jsou relativně malé, stanovištní, bentické ryby, které se obvykle spojují s kamenitým dnem. Oba dva druhy se vyznačují agresivním a teritoriálním chováním (Smirnov, 1986; Charlebois a kol., 1997; Pinchuk a kol., 2003), díky kterému se staví do pozice konkurentů, jde-li o potravní nebo stanovištní zdroje. Je pravděpodobné, že hlaváč během příjmu potravy vytlačí vranku, což může mít za následek její nízkou efektivitu vyhledání potravy (Kakarenko a kol., 2013).

Krmná aktivita obou druhů se překrývá. Přesto, že vranka by měla vykazovat největší aktivitu ve tmě (Andreasson, 1969) a hlaváč za světla, bylo zaznamenáno, že je schopen přijímat potravu i za tmy (Grabowska a Grabowski, 2005). V experimentálních podmínkách bylo zjištěno, že hlaváči navštěvují krmné místo dříve než vranky, a proto mají větší pravděpodobnost dostatku potravních zdrojů, což může mít negativní vliv na původní druhy vranek (Kakarenko a kol., 2013). Hlaváči mají i lépe přizpůsobené smyslové systémy umožňující lepší a rychlejší detekci a zachycení potravy – lépe vyvinutý systém postranních linií lepší než ten, kterým je opatřena vranka (Jude a kol., 1995).

Agresivní projevy mají daleko větší energetické zatížení a mohou mít nepříznivé účinky na kondici jedince, nicméně zároveň vede k získání výhodnějších zdrojů. Pro hlaváče může být nevýhodná hlavně nadměrná agresivita v rámci druhu (Peake a McGregor, 2004). Jak vranka, tak hlaváč se zdržují spíše v kamenitých proudných úsecích toku jen s tím rozdílem, že vranka vyhledává silnější proud než hlaváč.

2.2 Případ vranka obecná

Popis

Vranka má klínovité tělo bez šupin, se širokou zploštělou hlavou (Obr. 5). Široká ústa koncového postavení, vysoko položené oči. Na skřelích má silný zahnutý trn. Žeberní štěrbinu je úzká, žaberní lem dělený a spojuje se na spodu hlavy v takzvaném můstku. Postranní čára probíhá středem boků podél celého těla až k základně ocasní ploutve. Má dvě oddělené hřbetní ploutve, v první z nich je 5-9 tvrdých paprsků. Prsní ploutve jsou velké, vějířovité a mají silné spodní paprsky. Břišní ploutve jsou posunuty na hrdlo a jejich konce nedosahují k řitnímu otvoru. Ocasní ploutev zaoblená (Adámek a kol., 2013). Plynový měchýř chybí. Samci mají zvětšenou močopohlavní papilu. Délka těla obvykle nepřesahuje 10-15 cm, maximální velikost se uvádí do 18 cm. Maximální dosažená hmotnost je do 80 g. Vranka má příznačné krycí zbarvení, které je činní na dně méně nápadnou a je schopna se barvou dokonale přizpůsobit podkladu (Šimek a Rys, 1989; Čihař a Malý, 1978).

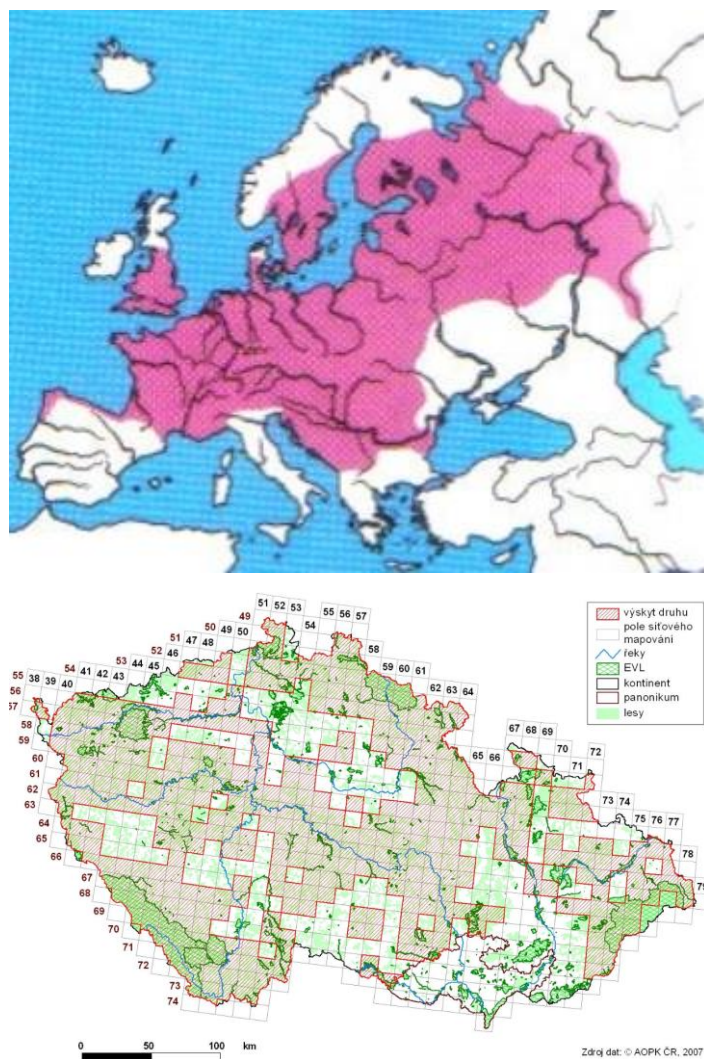


Obrázek 5: Vranka obecná (autor – Lubomír Hlásek)

Původ a rozšíření

Vranka obecná se vyskytuje v řekách, potocích a ojediněle i rybnících. Preferuje toky s tvrdým kamenitým dnem a vykazuje preferenci hlavně pro mělké, tekoucí a chladnější vody, kde tráví většinu času pod kameny. Často se projevují agresivně jedna vůči druhé a soupeří o úkryty. V porovnání s hlaváčem se vranka vyskytuje v mělčích prokysličených, prudčeji tekoucí vodách pstruhového pásma, ale i pobřežní zóny

alpských jezer do výšky 2200 m s písčitým nebo štěrkovitým dnem. Její hojné rozšíření je znázorněno níže (Obr.6) a zahrnuje západní, střední a východní Evropu a dále pak důkladnější zaměření na Českou republiku a lokality v kterých se nachází (Morris a kol., 1955; Mills a kol., 1983; Lusk a kol., 1983).



Obrázek 6: Výskyt vranky obecné v Evropě (nahore) a v České republice (dole) (převzato z https://cs.wikipedia.org/wiki/Vranka_obecná a <http://www.biomonitoring.cz/druhy.php?druhID=33>, AOPK ČR, 2007).

2.2.1 Biologie a charakteristika

Vranka se přes den se skrývá mezi kameny, ve štěrku a pod kořeny. V případě nebezpečí vyplašená vranka vyrazí z úkrytu a po několika úhybných manévrech se snaží ukrýt. Na lov vyplouvá se soumrakem a v noci. Také z tohoto důvodu dochází ke kompetici mezi hlaváčem a vrankou (úkryty a potrava). Absence plynového měchýře neumožňuje vrance plynulý pohyb ve vodní prostředí ale pohyb pomocí poskoků. Vranka se dožívá asi 8 let života (Adámek a kol., 2013).

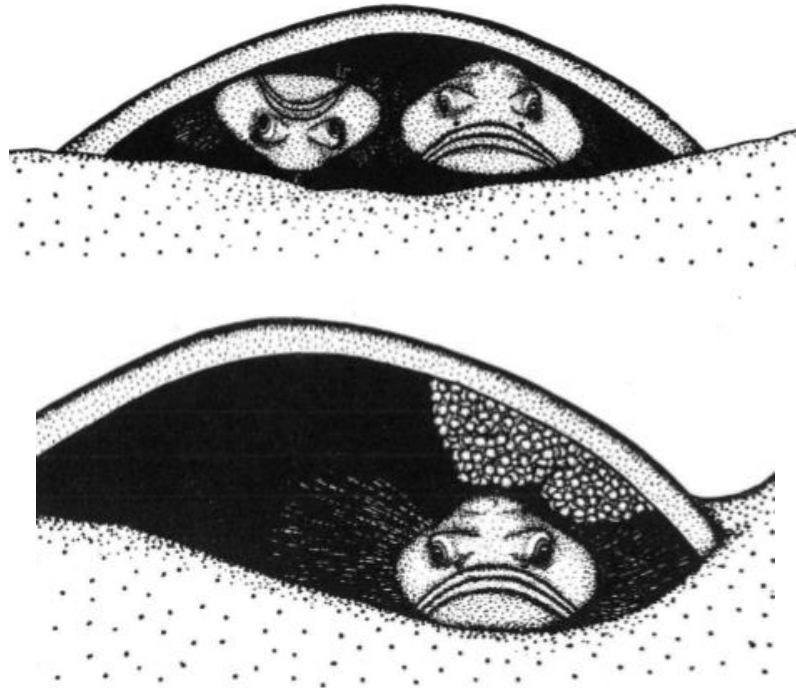
Potrava

Vranka obecná patří mezi bentické druhy ryb, a proto převážnou část její potravy tvoří bentické organismy. Zejména larvy hmyzu jako jsou chrostíci, jepice, muchničky, brouci, dále např. beruška vodní (*Asellus aquaticus* Linnaeus, 1758), blešivec potoční (*Gammarus fossarum* Koch in Panzer 1835; Welton a kol., 1983), plži či máloštětinatci, ale nepohrdne ani příležitostným požíváním jiker a potěru ryb (Terofal, 1997). Podrobnější analýza složení konzumovaných organismů vrankou, ukazuje značnou roční potravní variabilitu (Mann a Orr, 1969). V chladnějším období roku (říjen-březen) tvoří převážnou část potravy korýši, jako blešivci nebo beruška vodní. Během letních měsíců převažují larvy vodního hmyzu. (Morris, 1965; Mann a Orr, 1969). Vranky pronásledují a požívají pouze pohyblivá zvířata, což naznačuje, že se jedná o vizuálního predátora, i když jeho hlavní období potravní aktivity je během soumraku a za úsvitu (Smyly 1957).

Reprodukce a rodičovská péče

Tření u vranky obecné probíhá od února do května. Na začátku reprodukčního období rozšiřuje mlíčák prostor svého hnízda tak, aby přizpůsobil vstup i prostor k příchodu jikernačky. Do 20-30 hodin po vstupu do hnízda jikernačka klade snůšku lepkavých oranžových jiker (průměr 1,5 - 2,0 mm), obvykle na strop hnízda (Smyly 1957). Počet jiker se pohybuje od 80 do 1300 kusů, přičemž průměrná snůška činí 500 ks (Terofal, 1997). V hnízdě jednoho samce se může nacházet několik snůšek vajec v různých stádiích vývoje a postupně pokládaných různými jikernačkami. Mlíčák střeží hnízdo (Obr. 7), dokud se jikry nevylíhnou. Inkubační doba je závislá na teplotě, ale trvá

přibližně čtyři týdny při 10 °C (Mills a Mann, 1983). Vranka plní také významnou roli potravy pro ryby pstruhového a lipanového pásma. Také je významným bio indikačním faktorem pro neznečištěné prokysličené vody (Čihař a Malý, 1978).



Obrázek 7: Mlíčák s jikernačkou při kladení jiker na strop hnízda (nahore). Mlíčák hlídající snůšky jiker v hnízdě (dole) (převzato Morris, 1955).

2.3 Faktory ovlivňující úspěch invaze

Jedním z nejdůležitějších faktorů určujících výsledek úspěch invazních druhů jsou abiotické faktory a ve vodním prostředí lze mezi ně zařadit salinitu, hydrodynamiku, teplotu (včetně lokálních extrémů) a typ substrátu na dně. Tyto podmínky mohou určovat pravděpodobnost nahrazení jednoho původního druhu nepůvodním. Z hlediska hlaváče černoústého můžeme konstatovat, že snáší poměrně širokou škálu podmínek prostředí, kterému je schopen se přizpůsobit. To činí základ jeho úspěchu. Je schopen obývat de facto prostředí se slanou, sladkou i brakickou vodou. Toleruje i široké rozmezí teploty vody (-1 až do 28,9 °C) s preferencí teploty kolem 26 °C (Lee a Johnson, 2005). Tímto se dá následně vysvětlit úspěch hlaváče napříč velkými jezery v USA. Nejrozšířenější a největší zastoupení má v jezeře Erie, které je nejteplejší z jezer a nejmenší zastoupení má v nejhladnějším jezeře Superior. Dalším faktorem jeho úspěchu je tolerance špatných kyslíkových podmínek. Letální hodnoty rozpuštěného kyslíku ve vodě pro něj jsou od 0,4 do 1,3 mg/l (Charlebois a kol., 1997).

Dalším faktorem úspěšného osidlování nepůvodního prostoru hlaváčem černoústým je plastické přizpůsobení se různým druhům potravy, typickým pro dané vodní prostředí. Touto řečnickou nevybíravostí je velmi silným soupeřem v kompetici o potravní zdroje pro původní druhy ryb a ostatní vodní organismy. Také jeho denní aktivita, silná agrese a příjem potravy po celý den, oproti vrankám, které přijímají potravu v nočních hodinách. Dalším neméně důležitým faktorem je dlouho trvající reprodukční období a pro hlaváče typická reprodukční strategie. Hlídní hnízda mlíčákem a následná rodičovská péče o jikry a potomstvo a s tím spojená vysoká plodnost a nízká mortalita jiker i vykuleného plůdku (Charlebois a kol., 1997; Brandner a kol., 2018).

2.4 Hlaváč vs. Vranka

Při porovnání hlaváče a vranky můžeme nalézt mnoho podobností, ale také rozdílností, které podle mého názoru upřednostňují hlaváče v konkurenci s vrankou ve všech ohledech. Ač na první pohled jsou to velmi podobné druhy ryb. Důležitým rozpoznávacím znakem hlaváče je nápadná černá skvrna v zadní části první hřbetní ploutve a srůst břišních ploutví v ploutevní terčík. V postranní čáře se u hlaváče nachází mnohem více neuromastů, a proto jsou vnímavější při hledání potravy. Následné vlastnosti, díky kterým hlaváč lépe prosperuje jsem shrnul v několika málo bodech:

- Větší agresivita
- Široké spektrum potravy
- Větší snůšky jiker
- Delší reprodukční období
- Rychlý růst
- Schopen přečkat kyslíkové deficity
- Zvýšená tolerance k salinitě vody
- Tolerance k teplotě vody
- Velmi přizpůsobivý z hlediska vodního prostředí
- Snášenlivost k různým substrátům (s preferencí kamenitých úseků)

2.5 Možný překryv nároků a stanovišť u hlaváče a vranky

Od počátku devadesátých let se v Evropě rychle rozšiřovalo pět druhů gobiidů z Ponto – Kaspické oblasti, které postupovaly až k Černému moři a postupem času se dostalo i do řeky Dunaj (Roche a kol., 2013). Tyto druhy se dnes nacházejí v mnoha významných evropských povodích, jako je řeka Rýn či Baltské moře (Roche a kol., 2013; Kotta a kol., 2016; Gruduls a kol., 2018). První expanze byla zaznamenána u hlavačky poloměsíčitě (*Proterorhinus semilunaris* Heckel 1837), ovšem v současnosti se jeví jako nejproblematictější hlaváč černoústý. Již brzy po prvním výskytu v Severoamerických Velkých jezerech byl zdokumentován populační kolaps v populaci vranky Bairdovy (Janssen a Jude, 2001; Lauer a kol., 2004), zatímco podobně strmý úpadek byl pozorován po kolonizaci řeky Meuse v Nizozemsku v populaci vranky britské (*Cottus perifretum* Freyhof, Kottelat a Persat 2005) (van Kessel a kol. 2016; Jůza a kol., 2018). Proto jsou vranky považovány za hlavní kandidáty reflektující dopady invazí hlaváčovitých do evropských řek a zároveň brány jako jedny z nejzranitelnějších druhů ryb vůči invazím gobiidů (Verreycken, 2013; Gebauer a kol., 2019). Přesto bylo popsáno ve studii (Janáč a kol., 2018), že při osmiletém monitorování nebyl zaznamenán žádný negativní dopad na početnost vranek na lokalitě osídlené hlaváčem černoústým. Populace zůstala stabilní a v podobném množství jako invazivních gobiidů. Nezaznamenáním výrazného poklesu populace se tedy částečně vyvrací hypotézy o škodlivém vlivu na původní populace ryb. Ovšem může to být pouze případ v regionálním měřítku a ovlivněný specifickými podmínkami, které např. hlaváčům z nějakého důvodu nevyhovovaly zejména, když si uvědomíme, jakou agresivitou se projevuje hlaváč černoústý v experimentálních podmínkách (Dubs a Corkum, 1996; Bergstrom a Mensinger, 2009; van Kessel a kol., 2011; Kakareko a kol., 2013).

Studie Janáče a kol. (2018) je tedy velmi cenným a důležitým důkazem, že vranka obecná je schopna udržovala relativně silnou rozmnožující se populaci, která je po celou dobu existence ovlivňována invazivními druhy gobiidů. Celkově to naznačuje, že dopady invazních hlaváčů mohou být specifické pro daný region a že jejich výskyt v říčním systému nemusí automaticky znamenat okamžité dopady na původní rybí osídlení (Kornis a kol., 2013).

3 Cíle a hypotézy práce

Není známo, jak se hlaváč černoústý a vranka obecná projevují v různých podmínkách ilustrovaných pomalu tekoucími hlubokými úseky Labe a také rychleji tekoucími mělčími částmi a přítoky Labe, kde byly oba druhy v průběhu monitoringů na České i Německé straně sledovány společně. O jejich chování v závislosti na dostupnosti úkrytů a intenzitě proudění je známo velmi málo. Tyto faktory mohou být zásadními pro jejich koexistenci ve sladkých vodách a také pro zachování vranky jako druhu. Většina laboratorních studií se zabývá pouze koexistencí ve statických podmínkách kromě studie Jermacze a kol. (2015), kde byl hlaváč schopen vystrnadit vranku z jejího úkrytu v proudném úseku při rychlosti proudu do 30 cm/s. Tato práce je zaměřena na porovnání denní a noční aktivity hlaváče černoústého a vranky obecné v podmínkách experimentálního simulátoru průtočných podmínek. Práce by měla být základem pro navazující výzkum interakcí těchto dvou druhů v podobném systému a podobných podmínkách.

Hypotézy:

- 1/ Hlaváč černoústý bude aktivnější v průběhu dne i noci než vranka obecná, u které se předpokládá častější využití úkrytu.
- 2/ Hlaváč černoústý bude adaptabilnější na experimentální podmínky prostředí než vranka obecná.
- 3/ Hlaváč černoústý bude v experimentálních podmínkách více potravně aktivní.

4 Metodika

Experimentální organismy

Pro experimentální práci byly použity ryby odlovené v jejich přirozeném prostředí. Hlaváč černoústý byl odloven pomocí elektrického agregátu v úseku Labe nedaleko Děčína (Dolní Žleb) a odvezen na experimentální pracoviště ve Vodňanech. Zde byly ryby nasazeny do vnitřních žlabů s průtokem vody pro aklimatizaci na laboratorní podmínky. Vranka obecná byla odlovena na lokalitě v Jihočeském kraji a převezena na totéž místo. Umístění ryb bylo ošetřeno proti jejich úniku a nebylo v přímém kontaktu (nebylo vypouštěno) s povrchovými vodami. Po experimentu byli hlaváči usmrceni a zamrazeni, vranky byly šetrně vráceny zpět na lokalitu.

Experimentální systém a podmínky

Pro pokus byly připraveny tři samostatné systémy žlaby s uměle vytvořeným proudem. Každý systém se skládal ze zásobní nádrže, čerpadla a experimentálního žlabu. V systému bylo možné upravovat průtok vody experimentálním žlabem (délka 2 m, šířka 0,15 m, hloubka vody max. 0,1 m) až na úroveň 40 l za sekundu, který byl opatřen zábranou proti úniku ryb.

V každém žlabu byly uloženy dva betonové bloky. První blok měl tvar krychle o délce stěny 8 cm a byl umístěn v horní části žlabu hned za přítokem. Tento blok sloužil k vytvoření turbulentního proudění na začátku nádrže a zároveň pro uchycení potravy, která měla ryby stimulovat k aktivitě v nádrži. Na tento blok bylo umístěno navlečením na rybářský vlasec celkem 15 larev masačky obecné, tak aby je nestrhnul proud vody. Ryba pro jejich konzumaci musela na místě aktivně kořist strhnout z vlasce. Druhý betonový blok byl umístěn přibližně v polovině nádrže a byl tvořen polovinou dlažební kostky zámkové dlažby (délka 16 cm, šířka 8 cm), poskytující úkryt (výška 4 cm, délka 10 cm, šířka 8 cm) v dutině pod blokem a klidovou zónu za blokem. Znázornění žlabu spolu s umístěním bloků je ilustrováno na Obr. 8.

Po spuštění čerpadel byla provedena série měření průtoků v jednotlivých částech žlabu, která jsou znázorněna na Obr. 9. Průměrné naměřené průtoky v jednotlivých částech žlabu jsou uvedeny v Tab. 1. Světelný režim byl nastavený na 12 hodin světla a

12 hodin tmy, tedy přibližně stejný režim, jaký byl v přirozených podmínkách v období experimentu (od 22.5. do 8.6.).

Před nasazením ryb se spustil nahrávací kamerový systém, který umožňoval nahrávání denní i noční aktivity ryb (infračervené kamery). Do experimentálních nádrží se nasazovali jedinci přibližně stejných velikostí vždy jeden kus do každého žlabu. Pro zamezení rozdílnosti podmínek v různých žlabech se nasazovaly ryby střídavě, tak aby oba druhy měly stejné zastoupení v jednotlivých žlabech. Ryby byly ve žlabech nahrávány dohromady 28 hodin. Po 28 hodinách byly ryby vyloveny důkladně změřeny (celková délka těla a standardní délka těla v mm) a zváženy na elektronických vahách s přesností na 0,1 g. Po ukončení pokusu byl zároveň spočítán počet zbylých larev na vlasci.

Analýza záznamů

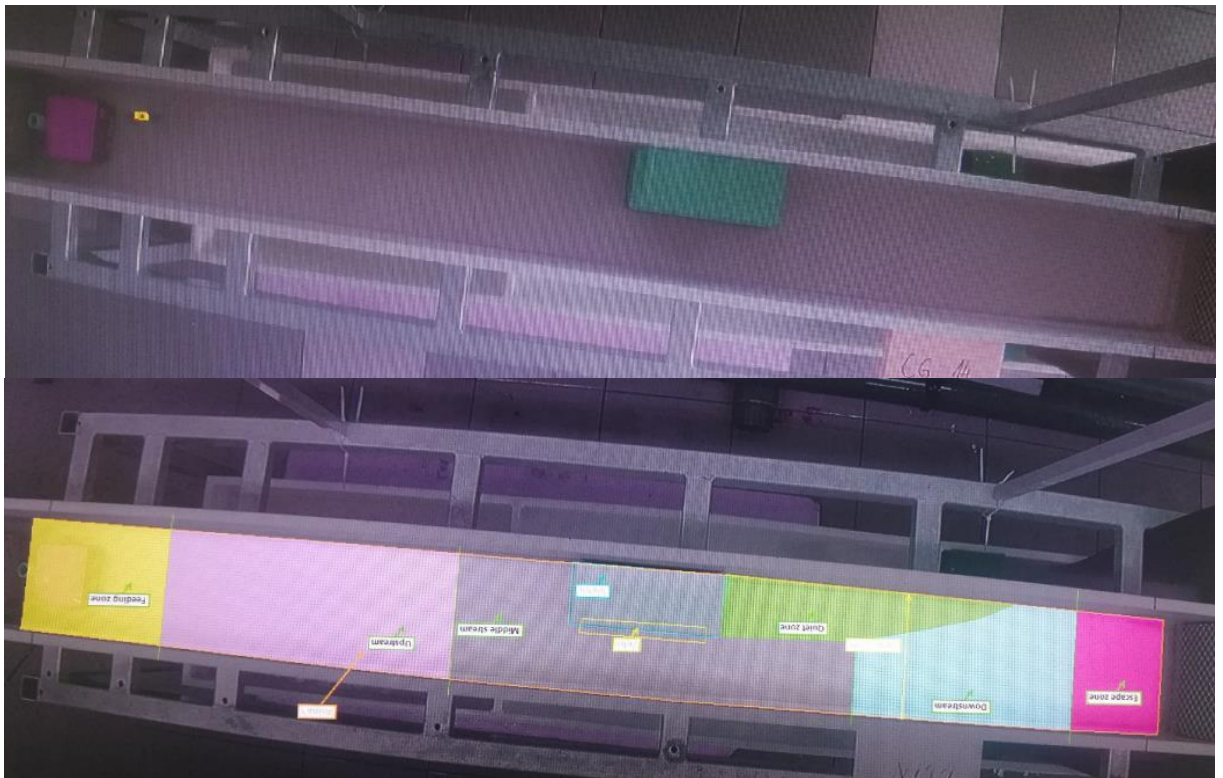
Jak bylo napsáno výše, nasazené ryby byly nahrávány celkem 28 hodin hlavně kvůli tomu, aby se ve výsledcích eliminoval co nejvíce vliv stresové reakce ryb a jejich aklimatizace na podmínky pokusu. Ryby byly nasazeny vždy v 10 hodin prvního dne a vyloveny ve 14 hodin následujícího dne. Celkovou dobu můžeme rozdělit celkem na 5 časových úseků:

- 1/ úsek sledující stresovou reakci po nasazení ryb – doba trvání 4 hodiny (10:00-14:00),
- 2/ úsek sledující aklimatizaci za světla – doba trvání 4 hodiny (14:00-18:00),
- 3/ úsek sledující aklimatizaci za tmy – doba trvání 4 hodiny (18:00-22:00),
- 4/ úsek sledující aklimatizované jedince za tmy – doba trvání 8 hodin (22:00-06:00),
- 5/ úsek sledující aklimatizované jedince za světla – doba trvání 8 hodin (06:00-14:00).

Nahrávky byly následně stažené do počítače k vyhodnocení pomocí programu EthoVision[®]XT. Při nastavení analýzy nahrávek, nedříve musel být nastaven prostor žlabu, který jsme rozdělili na 7 základních zón. Poté probíhalo nastavení zaměření ryb (Obr. 8), tak aby vyhodnocující program byl schopen zaměřit rybu v každé části žlabu a následně pak vyhodnotit, v které části se pohybovala a jaký čas se na daném místě zdržela. Vyhodnocovány byly tyto parametry: aktivita, uražená vzdálenost, doba strávená

v jednotlivých zónách ve žlabu, doba strávená v úkrytu, rychlost sledovaných ryb a preferované oblasti kde se ryby nejčastěji pohybovaly. Po několikadenní práci s nastavením experimentu v programu software automaticky vyhodnotil výše zmíněné parametry.

Statistické vyhodnocení probíhalo v programu Statistica 13.0. Velikost druhů a rychlost proudu na jednotlivých místech ve žlabech byly porovnány pomocí *t*-testu. Množství zkonsumované potravy mezi druhy byla porovnána Mann and Whitney testem. Pro porovnání rozdílů ve sledovaných parametrech mezi druhy byl použitý Mann and Whitney test. Pro porovnání rozdílů mezi jednotlivými časovými úseky v rámci druhu byla použita Friedmanova ANOVA. Provedené testy byly provedeny na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.



Obrázek 8: Nahoře snímek obrazovky v průběhu analýzy videa s patrnou označenou (žlutá oblast s červeným bodem uprostřed) vrankou obecnou v levém horním rohu nádrže programem EthoVision[®]XT. Dole znázornění 7 základních zón v nádrži a vstupem do úkrytu při nastavení podmínek analýzy v programu EthoVision[®]XT. Žlutá – krmná zóna, béžová – horní část žlabu, modře ohraničená šedá – úkryt, šedá – střední proudná část žlabu, zelená – tišina za úkrytem, modrá – dolní část žlabu, růžová – úniková zóna.

Přítok	P	A1	B1	C1	Úkryt		F1	G1	H1
		A2	B2	C2	D1	E1	F2	G2	H2
		A3	B3	C3			F3	G3	H3

Obrázek 9: Schématický náčrtek žlabu s vyznačením přítoku, umístění úkrytu a míst měření rychlosti proudu v nádrži (A1 – H3).

Tabulka 1: Naměřené hodnoty rychlosti proudění ve třech experimentálních žlabech měřených na místech vyznačených ve schématickém náčrtesu (A1 – H3). Uvedeny jsou průměrné hodnoty \pm směrodatná odchylka.

Žlab	Naměřené hodnoty rychlosti proudění ve třech experimentálních žlabech na místech A1 – H3.															
1	A1	0,82± 0,06	B1	0,33± 0,07	C1	0,30± 0,06	---	---	---	---	F1	0,03± 0,03	G1	0,13± 0,04	H1	0,11± 0,04
	A2	0,10± 0,03	B2	0,30± 0,05	C2	0,30± 0,07	---	---	---	---	F2	0,28± 0,09	G2	0,34± 0,03	H2	0,38± 0,03
	A3	0,80± 0,05	B3	0,22± 0,05	C3	0,23± 0,04	D1	0,54± 0,03	E1	0,57± 0,04	F3	0,50± 0,03	G3	0,43± 0,04	H3	0,35± 0,06
2	A1	0,88± 0,04	B1	0,39± 0,04	C1	0,30± 0,07	---	---	---	---	F1	0,03± 0,03	G1	0,12± 0,05	H1	0,19± 0,04
	A2	0,16± 0,05	B2	0,26± 0,03	C2	0,31± 0,02	---	---	---	---	F2	0,40± 0,1	G2	0,38± 0,07	H2	0,35± 0,06
	A3	0,78± 0,06	B3	0,36± 0,07	C3	0,29± 0,05	D1	0,57± 0,03	E1	0,60± 0,03	F3	0,56± 0,03	G3	0,40± 0,02	H3	0,33± 0,03
3	A1	0,87± 0,5	B1	0,36± 0,05	C1	0,31± 0,03	---	---	---	---	F1	0,01± 0,01	G1	0,14± 0,04	H1	0,18± 0,04
	A2	0,06± 0,03	B2	0,32± 0,03	C2	0,34± 0,04	---	---	---	---	F2	0,36± 0,1	G2	0,37± 0,04	H2	0,36± 0,03
	A3	0,82± 0,05	B3	0,27± 0,07	C3	0,23± 0,05	D1	0,53± 0,04	E1	0,57± 0,02	F3	0,56± 0,02	G3	0,42± 0,06	H3	0,32± 0,04

4.1 Výsledky

Celkem bylo nasazeno a sledováno 15 vraneček obecných a 15 hlaváčů černoústých jejichž délku a hmotnost uvádí Tab. 2. Jejich velikost ani hmotnost se statisticky významně nelišily. Množství sežraných larev masařky během experimentu se rovněž nelišil mezi vrankou obecnou a hlaváčem černoústým.

Tab. 3 uvádí souhrn uražené vzdálenosti a aktivity hlaváče černoústého a vranky obecné nehledě na různé sledované časové periody. V Tab. 4 a Tab. 5 je uveden přehled průměrných hodnot času stráveného v jednotlivých sledovaných částech experimentální nádrže v průběhu jednotlivých časových period.

Výsledky ukazují jen minimální rozdíly v preferenci jednotlivých různých částí nádrží, jak je patrné zejména při porovnání celkového času sledování, tj. za 28 hodin (Graf č. 1). Při rozdělení dat na jednotlivé časové periody jsou patrné odchylky využití prostoru mezi vrankou obecnou a hlaváčem černoústým, ale většinou ne statisticky významné (Grafy č. 2–3 a Tab. 4. a 5.).

Tabulka 2: Průměrná celková délka těla (CDT), standardní délka těla (SDT) a hmotnost (Hm.) vranky obecné a hlaváče černoústého požitých v experimentu. Zároveň je uvedený průměrný počet sežraných larev v průběhu pokusu. Uvedeny jsou průměrné hodnoty \pm směrodatná odchylka.

Druh ryby	CDT	SDT	Hm.	Sežraných larev
Vranka obecná	93,5 \pm 12,9	78,0 \pm 12,1	7,8 \pm 3,8	10,26 \pm 4,9
Hlaváč černoústý	86,7 \pm 11,1	72,3 \pm 9,1	8,3 \pm 5,6	10,33 \pm 4,8

Tabulka 3: Aktivita a celková uražená vzdálenost u hlaváče černoústého a vranky obecné bez ohledu na časovou periodu sledování.

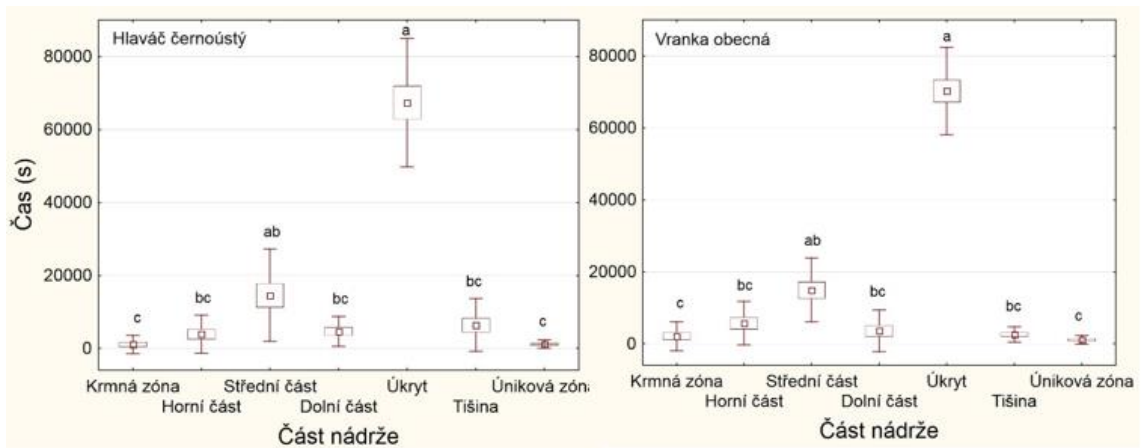
Sledované parametry	Hlaváč černoústý		Vranka obecná	
	Průměr	Sm.odch.	Průměr	Sm.odch.
Vzdálenost (cm)	2303,82	2836,783	2262,38	2504,097
Mimo úkryt (%)	33,08	32,173	31,61	31,597
Pohyb (s)	2780,14	3789,093	2134,24	2917,020
Bez pohybu (s)	4025,30	4795,382	4141,26	5347,972
Bez pohybu mimo úkryt (%)	48,10	28,087	51,46	27,898
Aktivita po celý čas (%)	12,94	15,404	10,30	11,678

Tabulka 4: Průměrný čas strávený hlaváčem černoústým a vrankou obecnou v různých částech nádrží v různých časových periodách od nasazení ryb.

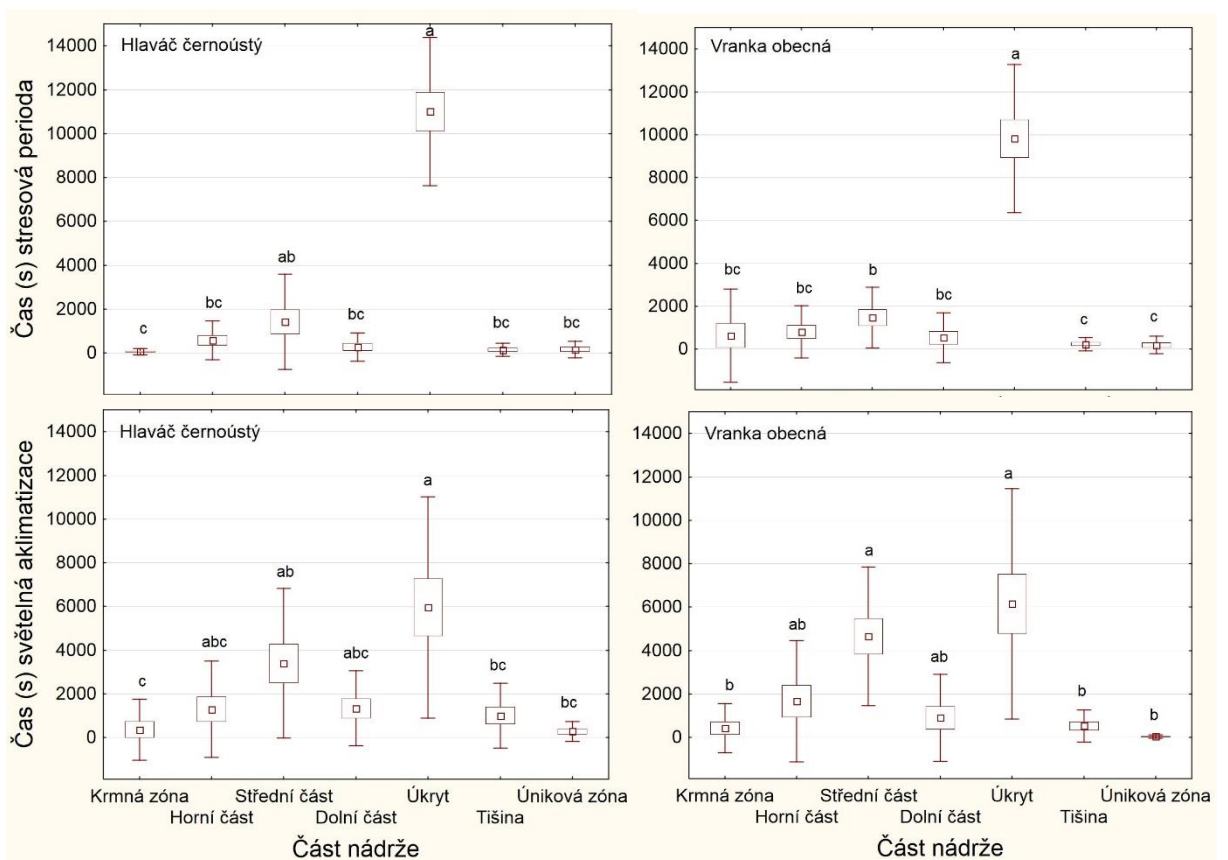
Časová perioda	Část nádrže	Hlaváč černoústý – čas (s)			Vranka obecná – čas (s)		
		n	Průměr	Sm.odch.	n	Průměr	Sm.odch.
Stresová perioda	Úkryt	15	11008,5	3380,0	15	9815,2	3458,1
	Krmná zóna	15	63,8	145,1	15	636,1	2173,4
	Úniková zóna	15	169,9	381,5	15	189,0	412,9
	Tišina	15	151,6	299,2	15	238,4	310,4
Světelná aklimatizace	Úkryt	15	5960,0	5057,1	15	6157,5	5296,6
	Krmná zóna	15	371,1	1392,8	15	431,3	1132,7
	Úniková zóna	15	289,5	453,3	15	42,4	68,6
	Tišina	15	1009,5	1483,7	15	532,3	744,9
Temnostní aklimatizace	Úkryt	15	8526,1	5640,6	15	7248,2	5396,0
	Krmná zóna	15	196,5	700,1	15	255,9	802,7
	Úniková zóna	15	210,7	503,5	15	107,6	202,1
	Tišina	15	1039,0	1937,4	15	1026,7	1420,2
Noční experiment	Úkryt	15	17508,2	11168,0	15	23747,5	7503,1
	Krmná zóna	15	44,8	88,1	15	192,7	357,1
	Úniková zóna	15	430,5	637,2	15	215,0	313,6
	Tišina	15	3344,9	4621,2	15	569,4	1279,0
Denní experiment	Úkryt	15	24336,3	6148,4	15	23248,0	6559,8
	Krmná zóna	15	364,8	884,8	15	552,4	1328,5
	Úniková zóna	15	91,7	123,6	15	567,0	1006,0
	Tišina	15	819,7	1946,6	15	219,8	313,7

Tabulka 5: Průměrný čas strávený hlaváčem černoústým a vrankou obecnou v různých částech nádrží v různých časových periodách od nasazení ryb.

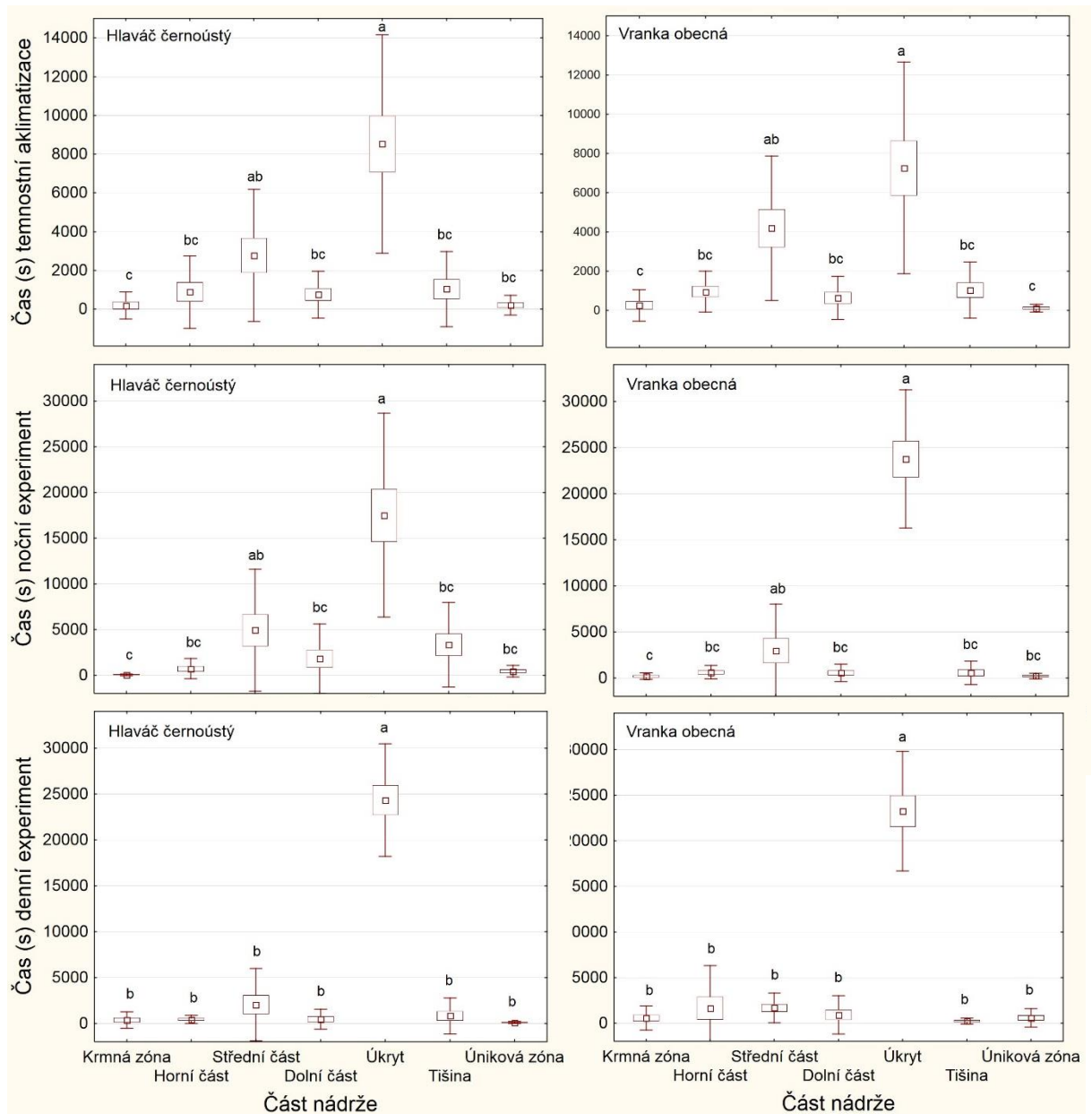
Časová perioda	Část nádrže	Hlaváč černoústý – čas (s)			Vranka obecná – čas (s)		
		n	Průměr	Sm.odch.	n	Průměr	Sm.odch.
Stresová perioda	Dolní část	15	278,0	635,4	15	531,9	1157,0
	Střední část	15	1423,2	2171,5	15	1469,1	1418,2
	Horní část	15	585,0	884,0	15	800,3	1222,8
Světelná aklimatizace	Dolní část	15	1343,7	1708,9	15	909,4	2003,5
	Střední část	15	3404,3	3424,4	15	4658,9	3191,3
	Horní část	15	1301,9	2205,8	15	1668,3	2795,7
Temnostní aklimatizace	Dolní část	15	758,0	1205,1	15	634,9	1098,3
	Střední část	15	2778,4	3403,2	15	4180,1	3678,9
	Horní část	15	891,4	1871,6	15	946,6	1041,5
Noční experiment	Dolní část	15	1817,9	3786,4	15	560,8	944,1
	Střední část	15	4938,3	6670,9	15	2967,0	5053,6
	Horní část	15	715,3	1096,9	15	620,2	729,3
Denní experiment	Dolní část	15	459,0	1074,1	15	902,4	2098,4
	Střední část	15	2024,7	3941,9	15	1668,5	1621,7
	Horní část	15	425,5	457,8	15	1642,1	4684,6



Graf 1: Prostorová preference (čas strávený v jednotlivých částech nádrže) hlaváče černoústého a vranky obecné během 28hodinového sledování. Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy.



Graf 2: Prostorová preference (čas strávený v jednotlivých částech nádrže) hlaváče černoústého a vranky obecné během stresové periody (nahore) a světelné aklimatizace (dole). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy.



Graf 3: Prostorová preference (čas strávený v jednotlivých částech nádrže) hlaváče černoústého a vranky obecné během temnostní aklimatizace (nahore), nočního experimentu (uprostřed) a denního experimentu (dole). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy.

Při porovnání sledovaných parametrů v jednotlivých časových periodách bylo statisticky významných rozdílů mezi druhy velmi málo, zejména kvůli velké variabilitě dat. Rozdíly mezi hlaváčem černoústým a vrankou obecnou byly statisticky významné v průběhu stresové periody, kdy hlaváč byl při pobytu mimo úkryt statisticky významně

pohybově aktivnější než vranka (Graf č. 15). Zároveň v průběhu světelné aklimatizace byl hlaváč černoústý statisticky významně déle v únikové části experimentální nádrže – tj. v její nejspodnější části u odtoku (Graf č. 16). V průběhu noční části experimentu se pak hlaváč černoústý v porovnání s vrankou statisticky významně déle zdržoval v tišině – místě s nejmenší rychlostí proudu v nádrži (Graf č. 17). Ostatní parametry se při porovnání druhů mezi sebou nelišili a lišil se jen průběh a intenzita změn v parametrech v jednotlivých časových periodách, jak ukazují Grafy č. 4–14.

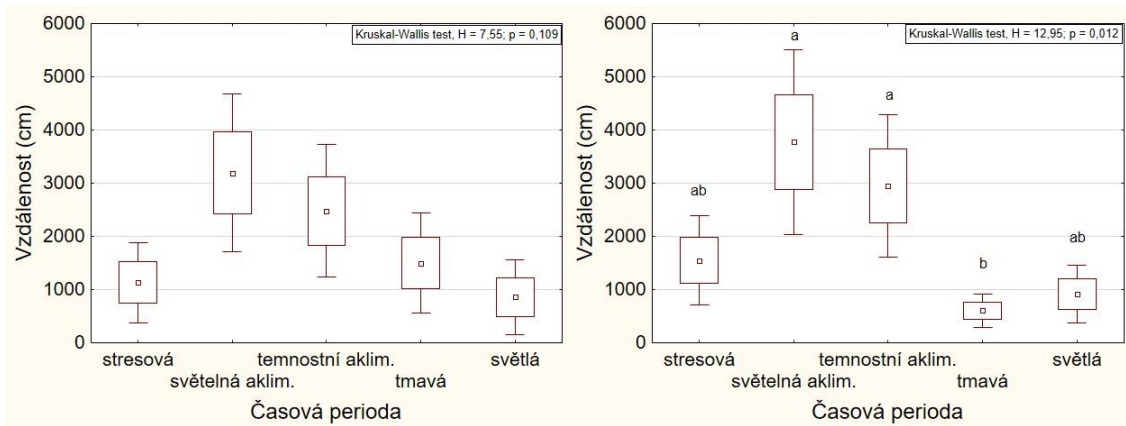
Obecně je u obou druhů zjevný stresový faktor po nasazení, postupné rozplavání, monitorování prostředí a potom u hlaváče plynulý pokles pohyblivosti, jak za světla, tak za tmy. Ale u vranky je patrný skokový pokles pohyblivosti po aklimatizačních periodách (Graf č. 4.). Podobný trend u hlaváče i u vranky je i ve využití úkrytu opět s tím, že vranka má ostřejší navýšení pobytu v úkrytu po aklimatizační fázi (Graf č. 5). V krmné zóně oba dva druhy strávili přibližně stejný časový úsek až na stresovou část, ve které zde vranka převýšila svým stráveným časem hlaváče (Graf č. 6). V krmné zóně se pohybovala rychlost proudu vody od 0,71-0,96 (m/s). Zdržování se vranky v nejvíce proudném úseku nádrže, lze vysvětlit jako možný pokus o únik proti proudu vody. Čas strávený v únikové zóně hlaváčem má plynulý nástup a pokles s výjimkou světelné části, při které je z grafu viditelné rapidní zmenšení časového úseku. U vranky je nejkratším časovým úsekem světelná aklimatizace (Graf č. 7). Z Grafu č. 8 je viditelná vyšší oblíby tišších úseků u hlaváče než u vranky ve všech částech pokusu. V tišině se pohybovala rychlost proudu v F1 části od 0-0,08 a v části G1 0,01-0,21 (m/s).

V horní, prostřední a spodní části nádrže se hlaváč zdržoval delší časový úsek při světelné aklimatizaci, temnostní aklimatizaci a tmě. Naopak tuto část obýval kratší dobu než vranka při stresu a světle (Grafy č. 9-11). Ve středové části nádrže hlaváč černoústý strávil podobné časové úseky ve světelné aklimatizaci, temnostní aklimatizaci a tmavé části pokusu. Vzhledem k tomu, že hlaváč je přizpůsobivým druhem, tak je zaznamenán plynulý nárůst a pokles časových úseků v jednotlivých fázích, zatím co u vranky byly zaznamenány větší výkyvy v přechodu ze stresové části na světelnou aklimatizaci a strmý pokles z temnostní aklimatizace do tmavé a světelné části pokusu.

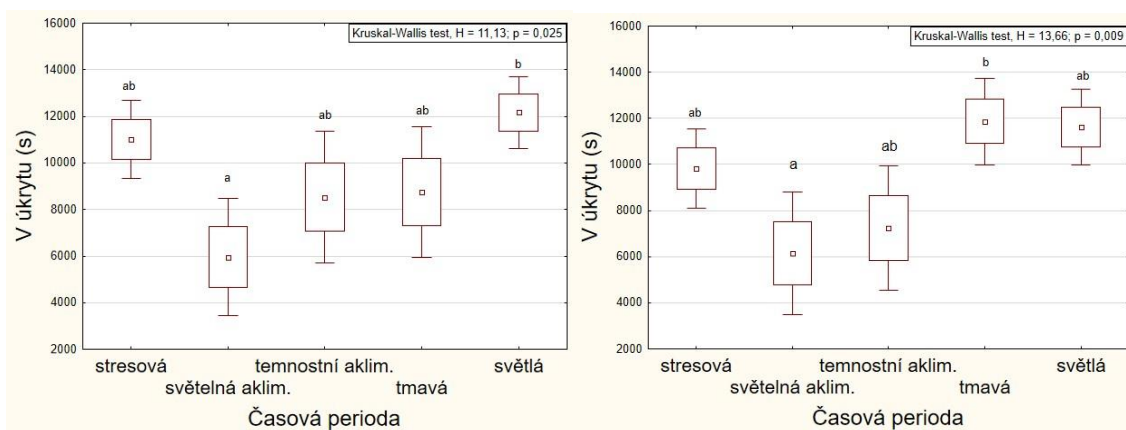
V případě doby strávené mimo úkryt (Graf č. 12) je u hlaváče vidět rozdíl ve světelné a temnostní aklimatizaci, kdy se pohyboval hlaváč mimo úkryt více ve světelné aklimatizaci s procentuálním podílem okolo 54 % a v temnostní fázi byl jeho pohyb mimo

úkryt poměrně menší s podílem okolo 22 %. U vranky nastala poměrně stejná situace, kdy vranka ve světelné aklimatizaci strávila o trochu větší procentuální podíl než hlaváč a to cca 58 % a v temnostní aklimatizaci nastal ještě větší pokles než u hlaváče, a to v průměru na cca 15 %. Při porovnání ostatních časových period je zřejmé, že v temné a světelné fázi má hlaváč podobné procentuální zastoupení, ale u vranky je znatelný mírný pokles z temné na světelnou fázi. Ve stresové periodě má procentuální podíl vranka cca 27 % a hlaváč cca 19 %.

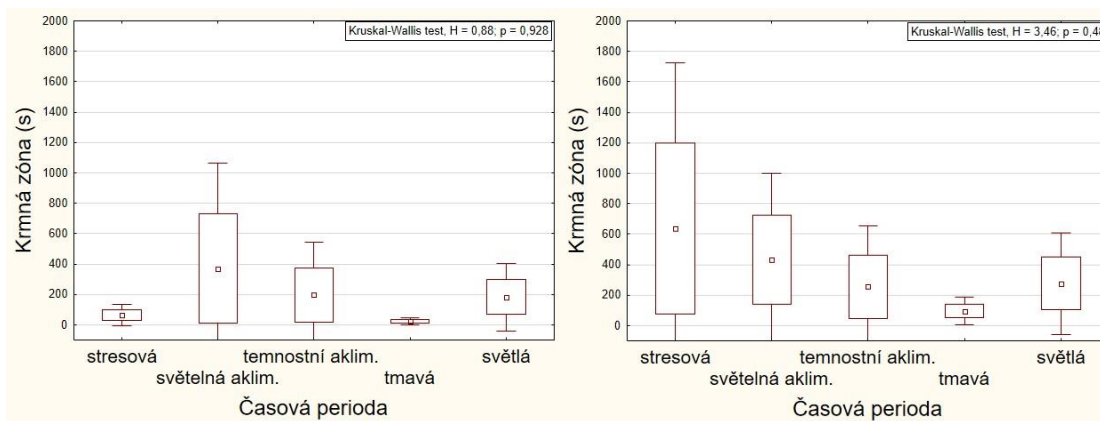
Ne vždy byly ryby v případě pohybu mimo úkryt pohybově aktivní. U hlaváče to bylo v počáteční stresové fázi cca 55 % času stráveného mimo úkryt, pak nastal mírný pokles při přechodu do světelné aklimatizace na procentuální podíl zhruba 35 %. Při přechodu ze světelné do temnostní aklimatizační periody je nárůst na 48 %, následně mírný pokles v temné periodě na cca 45 % a nárůst do světlé periody na cca 55 %. Vranka zaznamenala plynulý nárůst aktivity mimo úkryt od stresové do temnostní aklimatizační periody v přibližném procentuálním rozmezí od 35 % do 47 %. Následně nastal mírný pokles při přechodu z temnostní aklimatizace na tmavou periodu z cca 47 % na 45 % a následný nárůst aktivity ve světelné periodě na cca 55 % (Graf č. 13). Aktivita ryb počítaná z celkového času pokusu (ne z doby pobytu mimo úkryt) naznačilo snížený pohyb v průběhu temnostní aklimatizace a je zde také patrné, že hlaváč byl oproti vrance více aktivní. U vranky byl zaznamenán velký procentuální pokles mezi světelnou a temnostní aklimatizací, kdy nastal rozdíl mezi periodami cca 12 %.



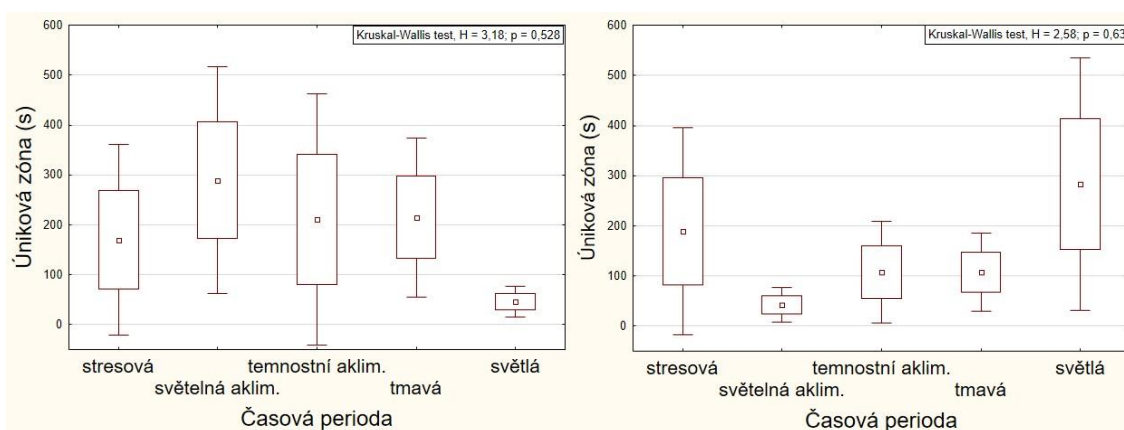
Graf 4: Uražené vzdálenosti v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy.



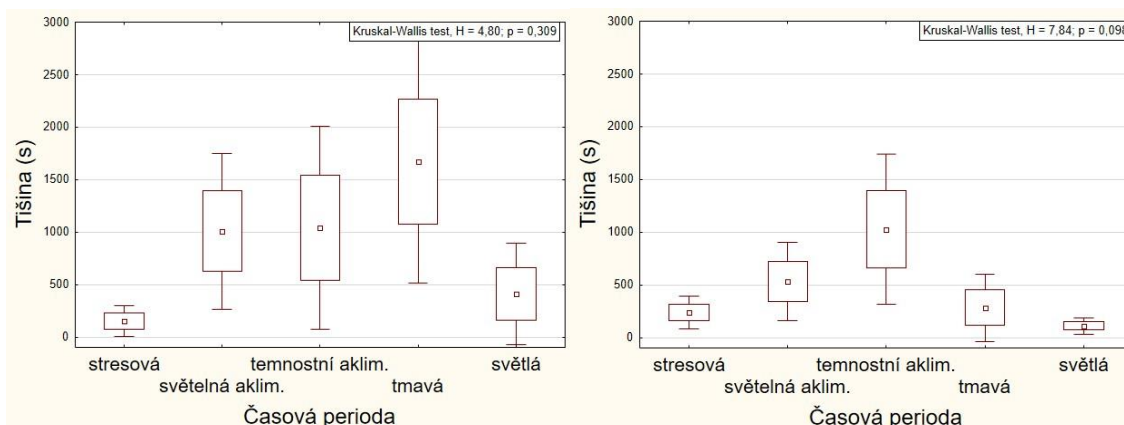
Graf 5: Čas strávený v úkrytu v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy.



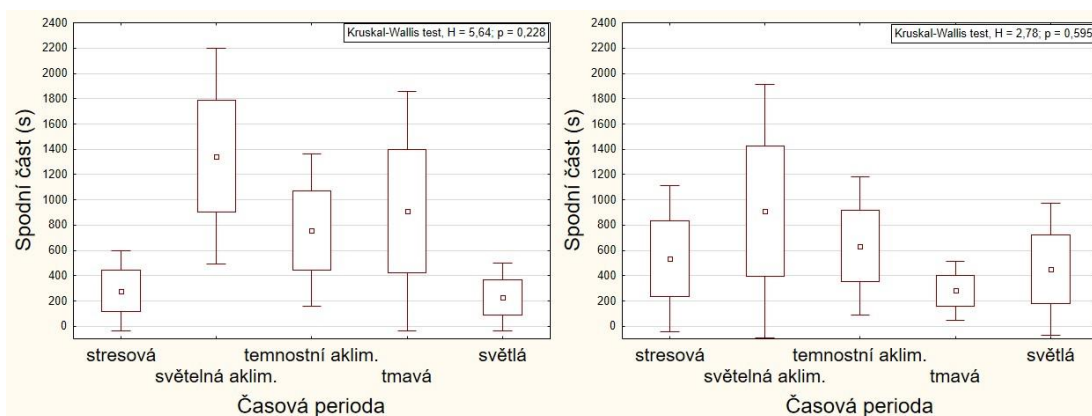
Graf 6: Čas strávený v krmné zóně v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). V rámci sledování nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.



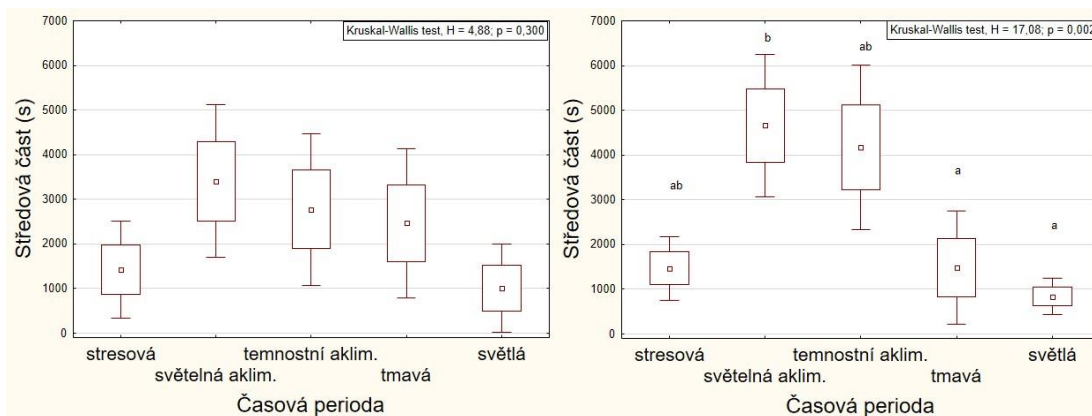
Graf 7: Čas strávený v koncové (únikové) zóně v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). V rámci sledování nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.



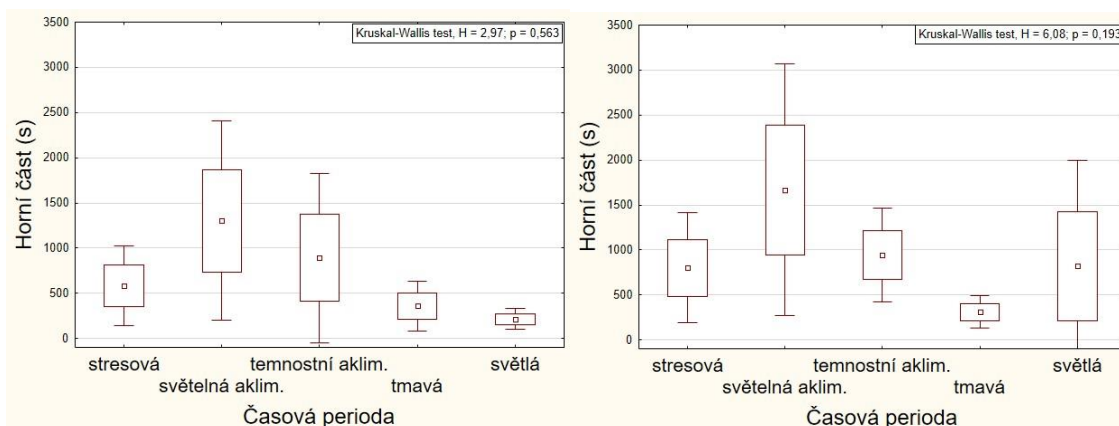
Graf 8: Čas strávený v tíšině v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). V rámci sledování nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.



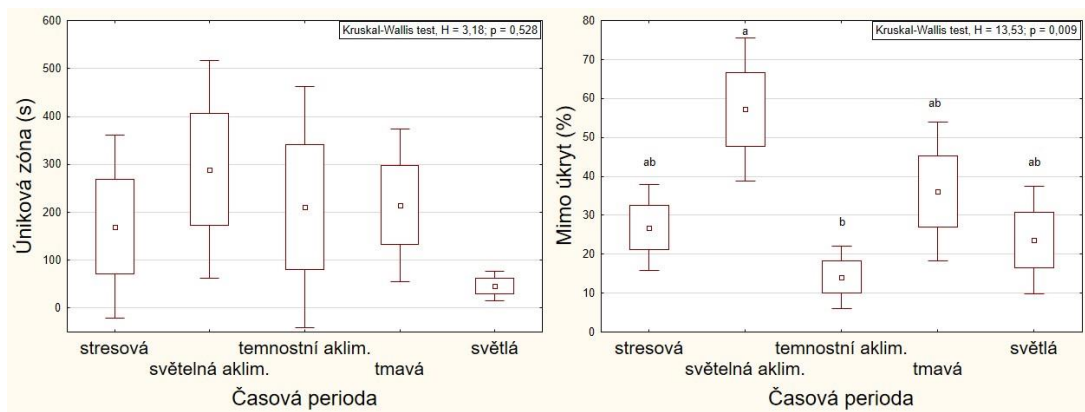
Graf 9: Čas strávený ve spodní části arény v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). V rámci sledování nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.



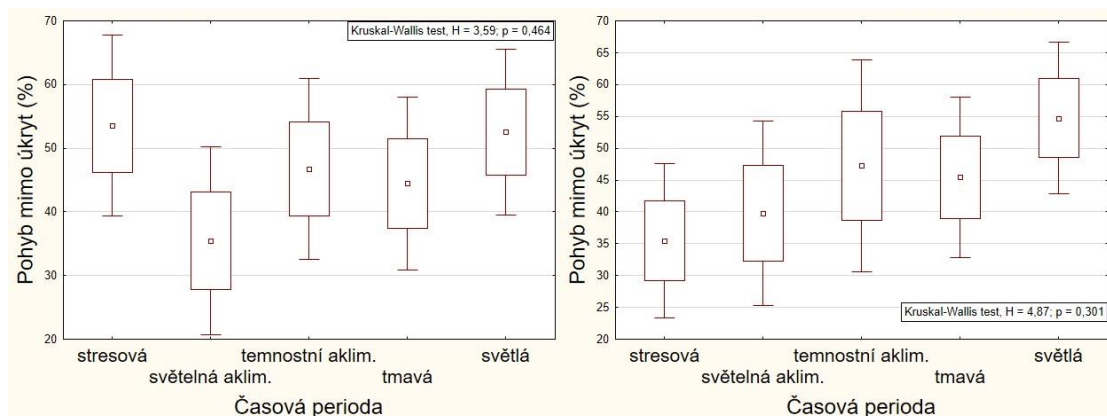
Graf 10: as strávený ve sřredov asti v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlavě černoústého (vlevo) a vranky obecn (vpravo). Graf udává průměr (sřredov bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové usecky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy.



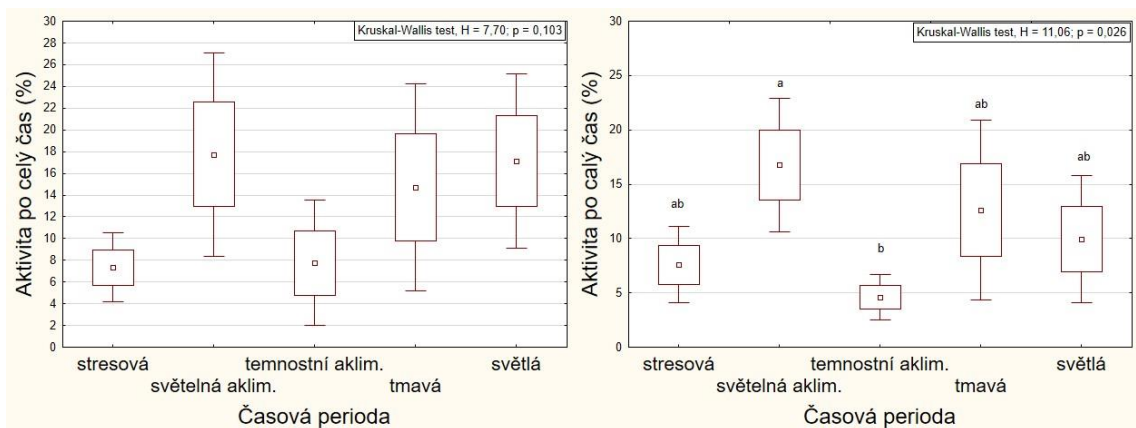
Graf 11: as strávený v horní asti arény v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlavě černoústého (vlevo) a vranky obecn (vpravo). Graf udává průměr (sřredov bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové usecky). V rámci sledování nebyly zjiřteny statisticky vznamn rozdíly.



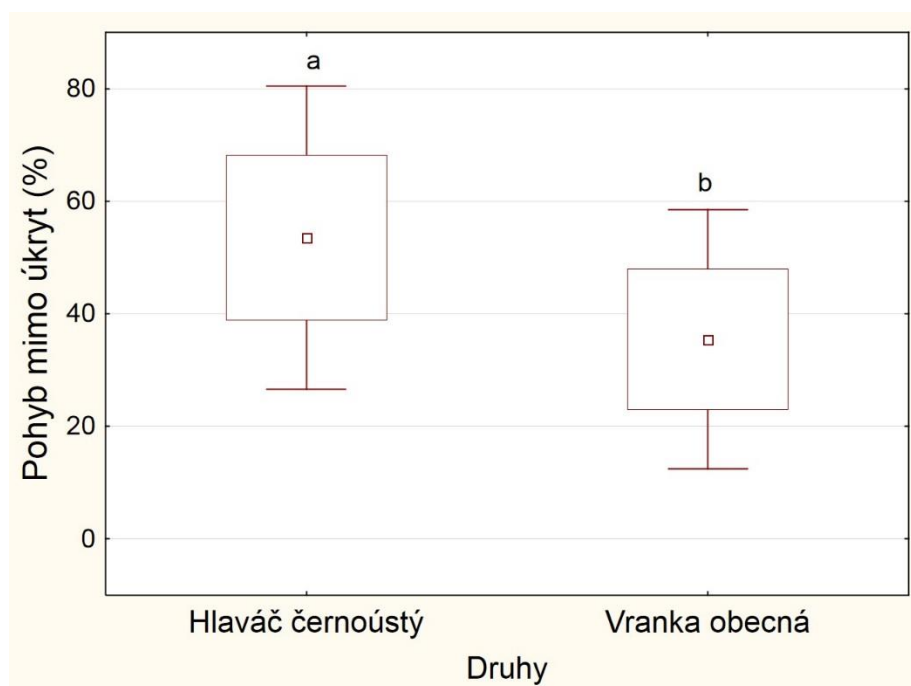
Graf 12: Doba strávená mimo úkryt v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy.



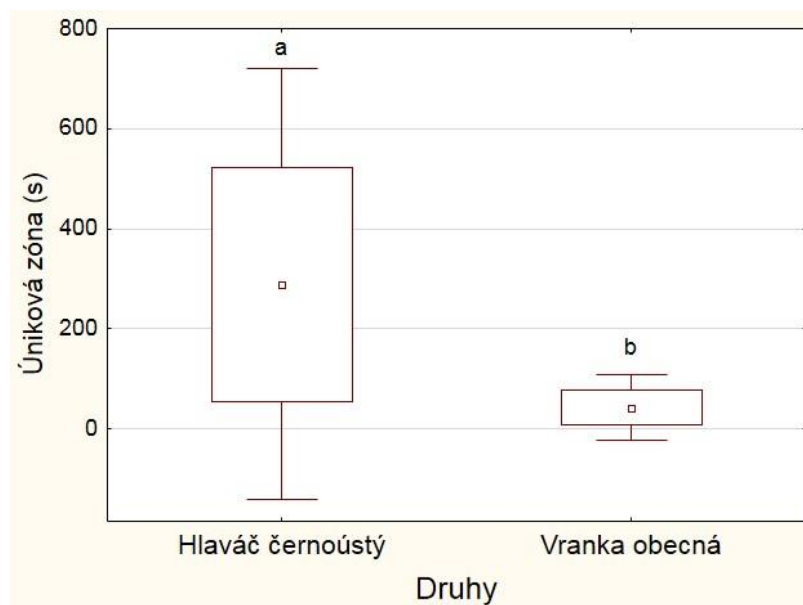
Graf 13: Tento graf znázorňuje procentuální podíl pohyblivosti mimo úkryt v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). V rámci sledování nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.



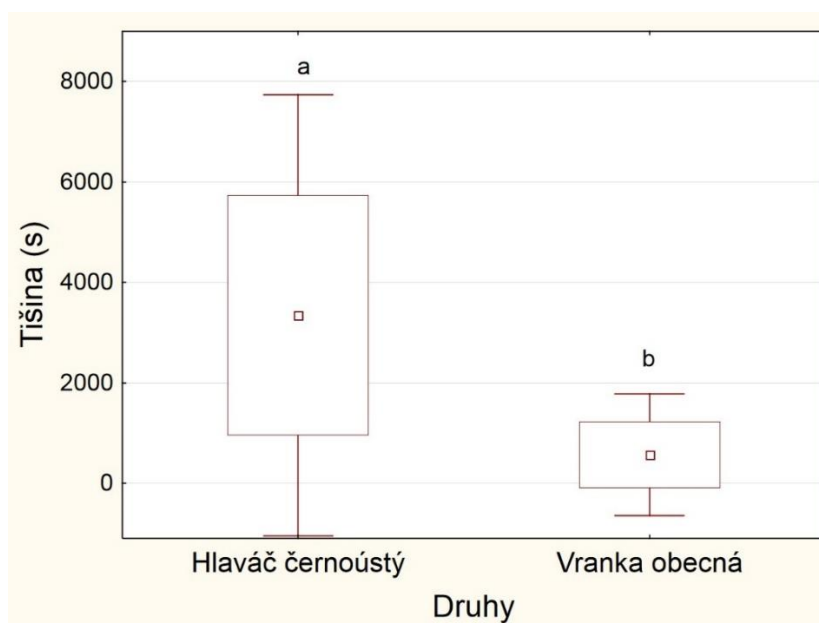
Graf 14: Průměrná aktivita v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy.



Graf 15: Aktivita hlaváče černoústého a vranky obecné v % času stráveného mimoúkryt v průběhu stresové periody. Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy.



Graf 16: Čas strávený hlaváčem černoústým a vrankou obecnou v únikové zóně experimentální nádrže v průběhu světelné aklimatizace. V těchto tišších úsecích se zdržoval déle hlaváč než vranka. Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy.



Graf 17: Čas strávený hlaváčem černoústým a vrankou obecnou v tišíně (místo s nejpomalejším prouděním v experimentální nádrži) v průběhu noční části experimentu. Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy.

5 Diskuse

Hlaváč černoústý se v nedávné době pomocí lidské činnosti a regulace toků (mezinárodní lodní doprava) a následným přirozeným šířením rozšířil po značné části Evropského kontinentu (Copp a kol., 2005). Osidluje hlavní evropské toky jako je Dunaj, Rýn, Vislu, Dněpr, následně pak řeky České republiky jako jsou Morava, Dyje, Odra a v neposlední řadě řeku Labe (Borcherding a kol., 2011; Grabowska a kol., 2010; Jurajda a kol., 2005; Janáč a kol., 2013; Roche a kol. 2015). Zprávy o výskytu v Evropě popisují další pronikání proti proudu řek, a to jak přirozeně, tak lodní dopravou popř. jiným způsobem (Roche a kol., 2013; Buřič a kol. 2015).

Kromě evropských veletoků se hlaváč šíří i v Severoamerických Velkých jezerech, kde pravděpodobně zavinil kolaps populace vranky Bairdovy (Lauer a kol., 2004). Podobný pokles populace byl sledován i u vranky britské po kolonizaci řeky Meuse v Nizozemsku (van Kessel a kol. 2016). Proto jsou vranky považovány za hlavní kandidáty reflektující dopady invazí hlaváčovitých ryb do evropských řek a zároveň jako jedny z nejzranitelnějších druhů ryb vůči jejich invazi (Verreycken, 2013). Přesto některé lokality, kde hlaváč černoústý a vranka obecná žijí dlouhodobě pohromadě výše popsané dopady nevykazují. Populace zůstala stabilní a v podobném množství jako u invazivních hlaváčovitých ryb (Janáč a kol., 2018). Tím se tedy částečně vyvrací hypotézy o škodlivém vlivu na původní populace ryb. Může to být ale pouze regionální případ ovlivněný specifickými podmínkami. Přesto je studie Janáče a kol. (2018) je tedy velmi cenným a důležitým důkazem, že vranka obecná je schopna udržovala relativně silnou populacischopnou koexistovat s hlčaváčovitými rybami. Zároveň to znamená, že dopady invazních hlaváčů mohou být specifické pro daný region, a že jejich výskyt nemusí automaticky znamenat okamžité dopady na původní rybí osídlení (Kornis a kol., 2013).

O chování hlaváče černoústého a vranky obecné v závislosti na dostupnosti úkrytů a intenzitě proudění je známo velmi málo. Tyto faktory mohou být zásadními pro jejich koexistenci ve sladkých vodách a také pro zachování vranky jako druhu. Tato práce byla proto zaměřena na porovnání využití prostoru a denní a noční aktivity hlaváče černoústého a vranky obecné v podmínkách experimentálního simulátoru průtočných podmínek

Z výše uvedených výsledků je zřejmé, že v rámci laboratorního sledování ve stejných podmínkách se mezi sebou tyto dva druhy příliš nelišily až na několik málo rozdílů, které byly zaznamenány v grafech výše. Pro tento experiment bylo nasazeno a sledováno 15 vranek obecných a 15 hlaváčů černoústých jejichž délku a hmotnost uvádí Tab. 2. Větší množství ryb nebylo použito, ze dvou důvodů. Tím prvním jsou sezónní změny v chování s nástupem rozmnožování, protože sledování jedné skupiny ryb (nasazeny vždy 3 systémy najednou) zabralo vždy dva dny (28 hodin sledování a příprava systémů na další skupinu). Druhým důvodem je malé množství vranek dostupných pro pokus (aby v případě nečekaného úhynu nebyla poškozena zdrojová lokalita). Velikost ani hmotnost ryb se mezi druhy statisticky významně nelišily. Během pokusu reagovaly i podobně na předloženou potravu umístěnou v přední části žlabu, kdy množství sežraných larev masařky během experimentu se rovněž nelišil mezi vrankou obecnou a hlaváčem černoústým.

Když se zaměříme na srovnání výsledků v časových periodách, bylo statisticky významných rozdílů mezi druhy velmi málo, samozřejmě i kvůli velké variabilitě dat. Oba druhy ale vykazovaly podobné charakteristické znaky chování a preferencí. U obou druhů je zjevný stresový faktor po nasazení, postupné rozplavání, monitorování prostředí a potom byl zaznamenán u hlaváče černoústého, na rozdíl od vranky obecné, plynulý pokles pohyblivosti, jak za světla, tak za tmy. Pravděpodobně díky zklidnění po prozkoumání nového prostředí. Rozdíly mezi hlaváčem černoústým a vrankou obecnou byly statisticky významné v průběhu stresové periody, kdy hlaváč byl při pobytu mimo úkryt statisticky významně pohybově aktivnější než vranka (Graf č. 15). Tzn., pokud opustil úkryt, tak pro aktivní prozkoumání nádrže více než vranka, která delší čas strávila mimo úkryt neaktivní. Zároveň v průběhu světelné aklimatizace byl hlaváč černoústý statisticky významně déle v únikové části experimentální nádrže – tj. v její nejspodnější části u odtoku (Graf č. 16). Dá se předpokládat, že daní jedinci by, pokud by mohli, pravděpodobně cestovali po proudu.

V horní, prostřední a spodní části nádrže se hlaváč zdržoval delší časový úsek při světelné aklimatizaci, temnostní aklimatizaci a tmě. Naopak tuto část obýval kratší dobu než vranka při stresu a světle (Grafy č. 9-11). Ve středové části nádrže hlaváč černoústý strávil podobné časové úseky ve světelné aklimatizaci, temnostní aklimatizaci a tmavé části pokusu. Rozdíl je především vidět ve světelné a temnostní aklimatizaci, kdy se

pohyboval mimo úkryt více než vranka obecná. Teoreticky by vranka měla vykazovat největší aktivitu ve tmě (Andreasson, 1969) a hlaváč za světla, ale dříve již bylo zaznamenáno, že je hlaváč schopen být aktivní i za tmy (Grabowska a Grabowski, 2005). Nejspíše díky tomu, že hlaváč černoústý je velmi přizpůsobivým druhem, v mnoha pohledech můžeme souhlasit s tím, že snáší poměrně širokou škálu podmínek prostředí, kterému je schopen se přizpůsobit, a to může být základ jeho úspěchu. Je schopen obývat prakticky prostředí se slanou, sladkou i brakickou vodou. Toleruje i široké rozmezí teploty vody (Lee a Johnson, 2005). Proto je ve výsledcích zaznamenán plynulý nárůst a pokles časových úseků v jednotlivých fázích, zatím co u vranky byly zaznamenány větší výkyvy v přechodu ze stresové části na světelnou aklimatizaci a strmý pokles z temnostní aklimatizace do tmavé a světelné části pokusu. Při porovnání ostatních časových period je zřejmé, že v temné a světelné fázi má hlaváč podobné procentuální zastoupení, ale u vranky je znatelný mírný pokles z temné na světelnou fázi, což je v souladu s větší aktivitou vranky za tmy (Andreasson, 1969).

U obou druhů byl zjevný stresový faktor po nasazení, postupné rozplavání, monitorování prostředí a potom je u hlaváče plynulý pokles pohyblivosti, jak za světla, tak za tmy. Zdá se tedy, že dlouhá doba sledování zahrnující z velké části aklimatizaci na experimentální podmínky, byla zvolena správně. Proto tento druh aklimatizace bude pravděpodobně nutný i v případných dalších experimentech, aby se chování ryb v nádržích stabilizovalo. Ve stresové periodě byla vranka obecná mimo úkryt cca 27 % případů a hlaváč černoústý cca v 19 %. Nejvíce času při vystavení stresu strávil hlaváč v koncové zóně arény, z čehož se dá odvodit úmysl hlaváče uniknout po proudu, zatím co u vranky se setkáváme s opačnou únikovou strategií, a to uniknutí proti proudu, když usoudíme, jak dlouhý čas strávila v nejproudějším úseku arény, kde proudění dosahovalo rychlosti 0,71-0,96 m.s⁻¹. Prouděné úseky v tomto pokusu obývala více vranka, které je to bližší z hlediska původního prostředí, které se nachází v mělčích prokysličených, prudčeji tekoucích vodách pstruhového pásma (Morris a kol., 1955; Mills a kol., 1983). Na rozdíl od hlaváče černoústého jsou vranky schopné osídlit i malé prudce tekoucí vody, do kterých se hlaváči, na základě nám známých zdrojů aktivně nešíří. Hlaváč černoústý, jak také napovídá jeho původ, vyhledával spíše stojaté nebo pomalu tekoucí vody, jak znázorňují i naše výsledky. Hlaváči vyhledávají spíše hlubší pomaleji proudící úseky (Didenko, 2013), tak jako využívali klidnější úseky arény – v tomto případě ve spodní části za úkrytem. Ve výsledcích je patrné že se jednalo o část

arény F1 a G1 ve které bylo rozmezí proudu od 0 do 0,21 m.s⁻¹. Proudové části se nacházeli ve středu arény a v krmné zóně. Ve středu arény byl proud o síle 0,53-0,60 m.s⁻¹ a v nejproudějším úseku arény, jak již bylo zmíněno, tedy v krmné zóně, dosahoval proud 0,71-0,96 m.s⁻¹. Vzhledem k tomu, že úbytek nabídnuté potravy (konzumace) byl stejný jak u vranky, tak u hlaváče, můžeme říci, že se oba druhy dokáží přizpůsobit i prudce tekoucí vodě.

Rozdíl u sledovaných druhů také nastává při aklimatizaci na světelné režimy, a to defacto opačným způsobem. Pokud jde o vranku tak si déle zvyká na přechod ze světla do tmy a u hlaváče jde o pravý opak a to, že delší přizpůsobení bylo při přechodu ze tmy na světlo. Z uvedených výsledků také vyplývá, že vranka oproti hlaváči nemá během noci, tak vysokou pohybovou aktivitu. To vyplývá z výsledků z procentuálního zastoupení aktivity obou druhů po celý čas nasazení ryb do arén, kdy během celého pokusu bylo drobné snížení pohybu v průběhu temnostní aklimatizace, ale také bylo patrné, že se hlaváč pohyboval oproti vrance o trochu více. Z hlediska příjmu potravy naše výsledky byly velmi podobné u obou druhů, jak v časové periodě, tak i ve spotřebě larev, kde rozdíly byly jen velmi malé. Aktivita obou druhů se obecně překrývá přesto, že by vranka měla vykazovat největší aktivitu ve tmě (Andreasson, 1969) a hlaváč za světla (Grabowska a Grabowski, 2005). Ovšem by se dalo říci, že hlaváč díky jeho větší pohyblivosti, aktivitě a silné agresi je schopný přijímat potravu po celý den (Grabowska a Grabowski, 2005), oproti vrankám, když jejich hlavním obdobím pro příjem potravy je během soumraku a za úsvitu (Smyly 1957).

Pokud se jedná o dobu strávenou mimo úkryt (Graf č. 12) je u hlaváče vidět rozdíl ve světelné a temnostní aklimatizaci, kdy se hlaváč pohyboval mimo úkryt více ve světelné aklimatizaci s procentuálním podílem okolo 54 % a v temnostní fázi byl jeho pohyb mimo úkryt poměrně menší s podílem okolo 22 %. Pro hlaváče je typická denní aktivita spojená s příjmem potravy po celý den, oproti vrankám, které často přijímají potravu v nočních hodinách (Charlebois a kol., 1997). U vranky nastala poměrně stejná situace, kdy vranka ve světelné aklimatizaci strávila o trochu větší procentuální podíl času než hlaváč a to cca 58 % a v temnostní aklimatizaci nastal ještě větší pokles než u hlaváče, a to v průměru na cca 15 %. Při porovnání ostatních časových period je zřejmé, že v temné a světelné fázi má hlaváč podobné procentuální zastoupení, ale u vranky je znatelný mírný

pokles z temné na světelnou fázi. Ve stresové periodě má procentuální podíl vranka cca 27 % a hlaváč cca 19 %.

Ne vždy byly ryby v případě pohybu mimo úkryt pohybově aktivní. U hlaváče to bylo v počáteční stresové fázi cca 55 % času stráveného mimo úkryt, pak nastal mírný pokles při přechodu do světelné aklimatizace na procentuální podíl zhruba 35 %. Při přechodu ze světelné do temnostní aklimatizační periody je nárůst na 48 %, následně mírný pokles v temné periodě na cca 45 % a nárůst do světelné periody na cca 55 %. Vranka zaznamenala plynulý nárůst aktivity mimo úkryt od stresové do temnostní aklimatizační periody v přibližném procentuálním rozmezí od 35 % do 47 %. Následně nastal mírný pokles při přechodu z temnostní aklimatizace na tmavou periodu z cca 47 % na 45 % a následný nárůst aktivity ve světelné periodě na cca 55 % (Graf č. 13). Aktivita ryb počítaná z celkového času pokusu (ne z doby pobytu mimo úkryt) naznačilo snížený pohyb v průběhu temnostní aklimatizace a je zde také patrné, že hlaváč byl oproti vrance více aktivní. U vranky byl zaznamenán velký procentuální pokles mezi světelnou a temnostní aklimatizací, kdy nastal rozdíl mezi periodami cca 12 %.

Vzhledem k velkým rozdílům v průběhu stresové a obou aklimatizačních period oproti relativně stabilním datům získaným v posledních dvou periodách, můžeme říci, že je vhodné před sledováním těchto dvou druhů provádět takto dlouhou aklimatizaci na experimentální podmínky. Tak či onak oba druhy si byly v reakcích na prostředí a v jeho využívání velmi podobné jen s některými výjimkami. Dá se říci, že tedy mají podobné chování a preference v daném prostředí. Níže jsou připojeny odpovědi na stanovené hypotézy.

Hypotézy:

1/ Hlaváč černoústý bude aktivnější v průběhu dne i noci než vranka obecná, u které se předpokládá častější využití úkrytu.

V rámci dvou sledovaných druhů nebyl sledován velký rozdíl ve využití úkrytů ani v aktivitě. Hlaváč černoústý byl mírně aktivnější než vranka, ale větší rozdíly, než mezi druhy byly sledovány mezi jednotlivými časovými úseky sledování.

2/ Hlaváč černoústý bude adaptabilnější na experimentální podmínky prostředí než vranka obecná.

Vzhledem k plynulejším změnám u hlaváče černoústého během jednotlivých časových period, lze soudit na to, že byl skutečně adaptabilnější s ohledem na pravděpodobně nižší míru stresu – nevýrazné výkyvy chování na rozdíl od vranky obecné.

3/ Hlaváč černoústý bude v experimentálních podmínkách více potravně aktivní.
Hlaváč černoústý i vranka obecná by téměř stejně aktivní v příjmu potravy, takže tato hypotéza pravdivá nebyla.

6 Závěr

Bakalářská práce měla za cíl posoudit chování denní a noční aktivity hlaváče černoústého (*Neogobius melanostomus*) a vranky obecné (*Cottus gobio*) v simulovaných průtočných podmínkách. Ryby byly sledovány celkem 28 h a výsledné záznamy byly analyzovány pomocí etologického softwaru i vizuálně. Byla sledována aktivita jednotlivých druhů samostatně, tak i potravní aktivity. Na základě výsledků můžeme objasnit, že v mezidruhové kompetici nebyli až tak výrazné rozdíly mezi studovanými druhy. Významější rozdíly nastali v průběhu stresové periody, kdy hlaváč černoústý byl aktivnější než vranka obecná a strávil poměrně dlouhý časový úsek v únikové zóně. V noci se zdržoval spíše v klidnějších úsecích nádrže. Dalším rozdíl nastal při stresovém faktoru po nasazení ryb do nádrží, kdy byl zaznamenán plynulý pokles pohybové aktivity u hlaváče černoústého a skokový pokles pohybové aktivity u vranky obecné po aklimatizační periodě. Naše výsledky také potvrdili preferenci rychle a pomalu tekoucích úseků v nádrži s tím, že hlaváč preferuje klidnější úseky a vrance naopak vyhovují spíše ty proudnější. Při světelné, temnostní aklimatizaci a tmě se hlaváč černoústý nejvíce zdržoval v horní, střední a spodní části nádrže. Pohybem mimo úkryt při světelné aklimatizaci se potvrdilo, že hlaváč je velmi aktivní druh po celý den, který se pohyboval v nádrži více nežli vranka obecná s mírnými poklesy mezi světelnou a temnostní aklimatizací. Nejméně pohybu mimo úkryt vykazoval hlaváč při stresové fázi v únikové části po nasazení do nádrže. Dále je schopný rychle se přizpůsobovat nastaveným podmínkám, na které reaguje lépe než vranka v přechodu na temnostní aklimatizaci. Ve spotřebě potravy nebyly zaznamenány rozdíly, přesto že zdroj potravy byl v nejprudnější části nádrže. Oba druhy se dokázaly vyrovnat s rychlostí proudu nad $0,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Byla potvrzena nutnost dlouhé aklimatizace ryb na pokusné podmínky do stabilizace jejich chování.

7 Seznam použité literatury:

- Andreasson, S. (1969). Locomotory activity patterns of *Cottus poecilopus* Heckel and *C. gobio* L. (Pisces). *Oikos*, 78-94.
- Balshine, S., Verma, A., Chant, V., & Theysmeyer, T. (2005). Competitive interactions between round gobies and logperch. *Journal of Great Lakes Research*, 31(1), 68-77.
- Bauer, C.R., Bobeldyk, A.M., & Lamberti, G.A. (2007). Predicting habitat use and trophic interactions of Eurasian ruffe, round gobies, and zebra mussels in nearshore areas of the Great Lakes. *Biological Invasions*, 9(6), 667-678.
- Baxter, C.V., Fausch, K.D., Murakami, M., & Chapman, P.L. (2004). Fish invasion restructures stream and forest food webs by interrupting reciprocal prey subsidies. *Ecology*, 85(10), 2656-2663.
- Bergstrom, M.A., & Mensinger, A.F. (2009). Interspecific resource competition between the invasive round goby and three native species: logperch, slimy sculpin, and spoonhead sculpin. *Transactions of the American Fisheries Society* 138(5): 1009-1017.
- Bij de Vaate, A., Jazdzewski, K., Ketelaars, H.A., Gollasch, S., & Van der Velde, G. (2002). Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59(7), 1159-1174.
- Borcherding, J., Staas, S., Krüger, S., Ondračková, M., Šlapanský, L., & Jurajda, P. (2011). Non-native Gobiid species in the lower River Rhine (Germany): recent range extensions and densities. *Journal of Applied Ichthyology*, 27(1), 153-155.
- Brandner, J., Cerwenka, A.F., Schliewen, U.K., & Geist, J. (2018). Invasion strategies in round goby (*Neogobius melanostomus*): Is bigger really better? *PloS one*, 13(1), e0190777.
- Brandner, J. A. (2014). *Ecology of the invasive neogobiids Neogobius melanostomus and Ponticola kessleri in the upper Danube River* (Doctoral dissertation, Technische Universität München).
- Bronnenhuber, J.E., Dufour, B.A., Higgs, D.M., & Heath, D.D. (2011). Dispersal strategies, secondary range expansion and invasion genetics of the nonindigenous round goby, *Neogobius melanostomus*, in Great Lakes tributaries. *Molecular Ecology*, 20(9), 1845-1859.
- Brown, J.E., Stepien, C.A. (2009). Invasion genetics of the Eurasian round goby in North America: tracing sources and spread patterns. *Molecular Ecology* 18(1): 64-79.
- Buřič, M., Bláha, M., Kouba, A., & Drozd, B. (2015). Upstream expansion of round goby (*Neogobius melanostomus*) first record in the upper reaches of the Elbe river. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, (416), 32.
- Carman, S. M., Janssen, J., Jude, D. J., & Berg, M. B. (2006). Diel interactions between prey behaviour and feeding in an invasive fish, the round goby, in a North American river. *Freshwater Biology*, 51(4), 742-755.
- Cerwenka, A., Brandner, J., Schliewen, U., & Geist, J. (2018). Population trends of invasive alien gobies in the upper Danube River: 10 years after first detection of the globally invasive round goby (*Neogobius melanostomus*). *Aquatic Invasions*, 13(4), 525-535.

- Cooper, M. J., Ruetz III, C. R., Uzarski, D. G., & Shafer, B. M. (2009). Habitat use and diet of the round goby (*Neogobius melanostomus*) in coastal areas of Lake Michigan and Lake Huron. *Journal of Freshwater Ecology*, 24(3), 477-488.
- Copp, G.H., Kováč, V., Zweimüller, I., Dias, A., Nascimento, M., & Balážová, M. (2008). Preliminary study of dietary interactions between invading Ponto-Caspian gobies and some native fish species in the River Danube near Bratislava (Slovakia). *Aquatic Invasions*, 3(2), 193-200.
- Coulter, D.P., Murry, B.A., & Uzarski, D.G. (2015). Relationships between habitat characteristics and round goby abundance in Lakes Michigan and Huron. *Journal of Great Lakes Research*, 41(3), 890-897.
- Coulter, D. P., Murry, B. A., Webster, W. C., & Uzarski, D. G. (2011). Effects of dreissenid mussels, chironomids, fishes, and zooplankton on growth of round goby in experimental aquaria. *Journal of Freshwater Ecology*, 26(2), 155-162.
- Czugała, A., & Woźniczka, A. (2010). The River Odra estuary—another Baltic Sea area colonized by the round goby *Neogobius melanostomus* Pallas, 1811. *Aquatic Invasions*, 5(1), 61-65.
- Didenko, A.V. (2013). Gobiids of the Dniprodzerzhynsk Reservoir (Dnieper River, Ukraine): distribution and habitat preferences. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 43(4) 257-266.
- Dopazo, S. N., Corkum, L. D., & Mandrak, N. E. (2008). Fish assemblages and environmental variables associated with gobiids in nearshore areas of the lower Great Lakes. *Journal of Great Lakes Research*, 34(3), 450-460.
- Dorenbosch, M., Kessel, N. V., Liefveld, W., Schoor, M., Velde, G., & Leuven, R. S. (2017). Application of large wood in regulated riverine habitats facilitates native fishes but not invasive alien round goby (*Neogobius melanostomus*). 12(3), 405–413
- Dubs, D.O.L., Corkum, L.D. (1996). Behavioral interactions between round gobies (*Neogobius melanostomus*) and mottled sculpins (*Cottus bairdi*). *Journal of Great Lakes Research* 22(4): 838-844.
- French III, J. R., & Jude, D. J. (2001). Diets and diet overlap of nonindigenous gobies and small benthic native fishes co-inhabiting the St. Clair River, Michigan. *Journal of Great Lakes Research*, 27(3), 300-311.
- Freyhof, J., Kottelat, M., & Nolte, A. (2005). Taxonomic diversity of European *Cottus* with description of eight new species (Teleostei: Cottidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 16(2), 107.
- Gebauer, R., Veselý, L., Vanina, T., Buřič, M., Kouba, A., & Drozd, B. (2019). Prediction of ecological impact of two alien gobiids in habitat structures of differing complexity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 76(11), 1954-1961.
- Gehring, MaryM., Kerry L. Bubb, K. L., & Steven Henikoff, S. (2009). "Extensive demethylation of repetitive elements during seed development underlies gene imprinting." *Science* 324.5933 (2009): 1447-1451.
- Gilbert, M. J., Barbarich, J. M., Casselman, M., Kasurak, A. V., Higgs, D. M., & Tierney, K. B. (2016). The role of substrate holding in achieving critical swimming speeds: a case study using the invasive round goby (*Neogobius melanostomus*). *Environmental biology of fishes*, 99(10), 793-799.

- Girard, C. F. "A monograph of the freshwater *Cottus* of North America." *Proceedings of the American Association for the Advancement of Science* Vol. 2. 1850.
- Grabowska, J., & Przybylski, M. (2015). Life-history traits of non-native freshwater fish invaders differentiate them from natives in the Central European bioregion. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 25(1), 165-178.
- Grabowska, J., & Grabowski, M. (2005). Diel-feeding activity in early summer of racer goby *Neogobius gymnotrachelus* (Gobiidae): a new invader in the Baltic basin." *Journal of Applied Ichthyology* 21(4): 282-286.
- Grabowska, J., Kakareko, T., Błońska, D., Przybylski, M., Kobak, J., & Copp, G. H. (2016). Interspecific competition for a shelter between non-native racer goby and native European bullhead under experimental conditions—Effects of season, fish size and light conditions. *Limnologica*, 56, 30-38.
- Grabowska, J., Pietraszewski, D., & Ondračková, M. (2008). Tubenose goby *Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814) has joined three other Ponto-Caspian gobies in the Vistula River (Poland). *Aquatic Invasions* 3(2): 261-265.
- Grabowska, J., Kotusz, J., & Witkowski, A. (2010). Alien invasive fish species in Polish waters: an overview. *Journal of Vertebrate Biology*, 59(1), 73-85.
- Grigorovich, I. A., Therriault, T. W., & MacIsaac, H. J. (2003). History of aquatic invertebrate invasions in the Caspian Sea. In *Marine bioinvasions: Patterns, processes and perspectives* (pp. 103-115). Springer, Dordrecht.
- Gruduls, A., Balina, K., Ivanovs, K., & Romagnoli, F. (2018). Low temperature BMP tests using fish waste from invasive Round goby of the Baltic Sea. *Agronomy Research*, 16, 2.
- Gruľa, D., Balážová, M., Copp, G., & Kováč, V. (2012). Age and growth of invasive round goby *Neogobius melanostomus* from middle Danube. *Open Life Sciences*, 7(3), 448-459.
- Hempel, M., & Thiel, R. (2015). Effects of salinity on survival, daily food intake and growth of juvenile round goby *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) from a brackish water system. *Journal of Applied Ichthyology* 31.2: 370-374.
- Hempel, M., & Thiel, R. (2013). First records of the round goby *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) in the Elbe River, Germany. *Bioinvasions Records* 2(4): 291-95.
- Hôrková, K., & Kováč, V. (2014). Different life-histories of native and invasive *Neogobius melanostomus* and the possible role of phenotypic plasticity in the species' invasion success. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 412: 01.
- Hudina, S., Galić, N., Roessink, I., & Hock, K. (2011). Competitive interactions between co-occurring invaders: identifying asymmetries between two invasive crayfish species. *Biological Invasions*, 13(8), 1791-1803.
- Hudina, S., Hock, K., & Žganec, K. (2014). The role of aggression in range expansion and biological invasions. *Current Zoology*, 60(3), 401-409.
- Charlebois, P. M., Corkum, L. D., Jude, D. J., & Knight, C. (2001). The round goby (*Neogobius melanostomus*) invasion: current research and future needs. *Journal of Great Lakes Research*, 27(3), 263-266.

- Charlebois, P. M., Marsden, J. E., Goettel, R. G., Wolfe, R. K., Jude, D. J., & Rudnicka, S. (1997). The round goby. *Neogobius melanostomus*, *Illinois-Indiana Sea Grant*, 1-76.
- Chotkowski, M. A., & Marsden, J. E. (1999). Round goby and mottled sculpin predation on lake trout eggs and fry: field predictions from laboratory experiments. *Journal of Great Lakes Research*, 25(1), 26-35.
- Church, K., Iacarella, J. C., & Ricciardi, A. (2017). Aggressive interactions between two invasive species: the round goby (*Neogobius melanostomus*) and the spinycheek crayfish (*Orconectes limosus*). *Biological Invasions*, 19(1), 425-441.
- Janáč, M., Valová, Z., Roche, K., & Jurajda, P. (2016). No effect of round goby *Neogobius melanostomus* colonisation on young-of-the-year fish density or microhabitat use. *Biological Invasions*, 18(8), 2333-2347.
- Janáč, M., Šlapanský, L., Valová, Z., & Jurajda, P. (2013). Downstream drift of round goby (*Neogobius melanostomus*) and tubenose goby (*Proterorhinus semilunaris*) in their non-native area. *Ecology of Freshwater Fish*, 22(3), 430-438.
- Janáč, M., Roche, K., Šlapanský, L., Polačik, M., & Jurajda, P. (2018). Long-term monitoring of native bullhead and invasive gobiids in the Danubian rip-rap zone. *Hydrobiologia*, 807(1), 263-275.
- Janssen, J., & Jude, D.J. (2001). Recruitment failure of mottled sculpin *Cottus bairdi* in Calumet Harbor, southern Lake Michigan, induced by the newly introduced round goby *Neogobius melanostomus*. *Journal of Great Lakes Research*, 27(3), 319-328.
- Jermacz, Ł., Dzierżyńska, A., Kakareko, T., Poznańska, M., & Kobak, J. (2015). The art of choice: predation risk changes interspecific competition between freshwater amphipods. *Behavioral ecology*, 26(2), 656-664.
- Jude, D. J., & DeBoe, S. F. (1996). Possible impact of gobies and other introduced species on habitat restoration efforts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(S1), 136-141.
- Jude, D. J., Reider, R. H., & Smith, G. R. (1992). Establishment of *Gobiidae* in the Great Lakes basin. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49(2), 416-421.
- Jurajda, P., Černý, J., Polačik, M., Valová, Z., Janáč, M., Blažek, R., & Ondračková, M. (2005). The recent distribution and abundance of non-native *Neogobius* fishes in the Slovak section of the River Danube. *Journal of Applied Ichthyology*, 21(4), 319-323.
- Jůza, T., Blabolil, P., Baran, R., Bartoň, D., Čech, M., Draštík, V., & Kubečka, J. (2018). Collapse of the native ruffe (*Gymnocephalus cernua*) population in the Biesbosch lakes (the Netherlands) owing to round goby (*Neogobius melanostomus*) invasion. *Biological Invasions*, 20(6), 1523-1535.
- Kakareko, T., Kobak, J., Grabowska, J., Jermacz, Ł., Przybylski, M., Poznańska, M., & Copp, G. H. (2013). Competitive interactions for food resources between invasive racer goby *Babka gymnotrachelus* and native European bullhead *Cottus gobio*. *Biological Invasions*, 15(11), 2519-2530.
- Kalchhauser, I., Mutzner, P., & Burkhardt-Holm, P. (2013). Arrival of round goby *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) and bighead goby *Ponticola kessleri* (Günther, 1861) in the High Rhine (Switzerland). *BioInvasions Records*, 2.

- Kessel, N. V., Dorenbosch, M., Kranenbarg, J., van der Velde, G., & Leuven, R. S. E. W. (2016). Invasive Ponto-Caspian gobies rapidly reduce the abundance of protected native bullhead. *Aquatic Invasions*, 11, 1-10
- Kornis, M. S., Mercado-Silva, N., & Vander Zanden, M.J. (2012). Twenty years of invasion: a review of round goby *Neogobius melanostomus* biology, spread and ecological implications. *Journal of fish biology* 80.2: 235-285.
- Kornis, M. S., Sharma, S., & Jake Vander Zanden, M. (2013). Invasion success and impact of an invasive fish, round goby, in Great Lakes tributaries. *Diversity and distributions*, 19(2), 184-198.
- Kotta, J., Nurkse, K., Puntila, R., & Ojaveer, H. (2016). Shipping and natural environmental conditions determine the distribution of the invasive non-indigenous round goby *Neogobius melanostomus* in a regional sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 169, 15-24.
- Kottelat, M., & Persat, H. (2005). The genus *Gobio* in France, with redescription of *G. gobio* and description of two new species (Teleostei: Cyprinidae). *Cybium*, 29(3), 211-234.
- Krakowiak, P. J., & Pennuto, C. M. (2008). Fish and macroinvertebrate communities in tributary streams of eastern Lake Erie with and without round gobies (*Neogobius melanostomus*, Pallas 1814). *Journal of Great Lakes Research*, 34(4), 675-689.
- Kuhns, L. A., & Berg, M. B. (1999). Benthic invertebrate community responses to round goby (*Neogobius melanostomus*) and zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) invasion in southern Lake Michigan. *Journal of Great Lakes Research*, 25(4), 910-917.
- Kukuła, K., Ortyl, B., & Bylak, A. (2019). Habitat selection patterns of a species at the edge—case study of the native racer goby population in Central Europe. *Scientific Reports*, 9(1), 1-11.
- Lauer, T. E., Allen, P. J., & McComish, T. S. (2004). Changes in mottled sculpin and johnny darter trawl catches after the appearance of round gobies in the Indiana waters of Lake Michigan. *Transactions of the American Fisheries Society*, 133(1), 185-189.
- Laverty, C., Green, K. D., Dick, J. T., Barrios-O'Neill, D., Mensink, P. J., Médoc, V., & Britton, J. R. (2017). Assessing the ecological impacts of invasive species based on their functional responses and abundances. *Biological invasions*, 19(5), 1653-1665.
- L'avrinčíková, M., & V. Kováč. "Invasive round goby *Neogobius melanostomus* from the Danube mature at small size." *Journal of Applied Ichthyology* 23.3 (2007): 276-278.
- Lee, V. A., & Johnson, T. B. (2005). Development of a bioenergetics model for the round goby (*Neogobius melanostomus*). *Journal of Great Lakes Research*, 31(2), 125-134.
- Leppäkoski, E. (2002). Harmful non-native species in the Baltic Sea—an ignored problem. In *Baltic Coastal Ecosystems* (pp. 253-275). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Leslie, J.K., & Timmins, C.A. (2004). Description of age-0 round goby, *Neogobius melanostomus* Pallas (Gobiidae), and ecotone utilisation in St. Clair Lowland Waters, Ontario. *The Canadian Field-Naturalist*, 118(3), 318-325.
- MacInnis, A. J., & Corkum, L. D. (2000). Fecundity and reproductive season of the round goby *Neogobius melanostomus* in the upper Detroit River. *Transactions of the American Fisheries Society*, 129(1), 136-144.

- Mann, R.H.K., & Orr, D.R.O. (1969). A preliminary study of the feeding relationships of fish in a hard-water and a soft-water stream in southern England. *Journal of Fish Biology* 1.1: 31-44.
- Meunier, B., Yavno, S., Ahmed, S., & Corkum, L. D. (2009). First documentation of spawning and nest guarding in the laboratory by the invasive fish, the round goby (*Neogobius melanostomus*). *Journal of Great Lakes Research*, 35(4), 608-612.
- Miller, P. J. (1990). The endurance of endemism: the Mediterranean freshwater gobies and their prospects for survival. *Journal of Fish Biology* 37: 145-156.
- Mills, C.A., & Mann, R.H.K. (1983). "The bullhead *Cottus gobio*, a versatile and successful fish.": 76-88.
- Morris, D. (1955). The reproductive behaviour of the river bullhead (*Cottus gobio* L.), with special reference to the fanning activity. *Behaviour*, 7(1), 1-32.
- Nikolic, V., P. Zimonovic, & Znidarsic, T.K. (2007). "First record in Europe of a nematode parasite in amur sleeper *Perccottus glenii* Dybowski." *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* 27(1): 36.
- Ondračková, M., Dávidová, M., Pečínková, M., Blažek, R., Gelnar, M., Valová, Z. & Jurajda, P. (2005). Metazoan parasites of *Neogobius* fishes in the Slovak section of the River Danube. *Journal of Applied Ichthyology*, 21(4), 345-349.
- Ondračková, M., Francová, K., Dávidová, M., Polačik, M., & Jurajda, P. (2010). Condition status and parasite infection of *Neogobius kessleri* and *N. melanostomus* (Gobiidae) in their native and non-native area of distribution of the Danube River. *Ecological research*, 25(4), 857-866.
- Ondračková, M., Valová, Z., Hudcová, I., Michálková, V., Šimková, A., Borcharding, J., & Jurajda, P. (2015). Temporal effects on host-parasite associations in four naturalized goby species living in sympatry. *Hydrobiologia*, 746(1), 233-243.
- Paintner, S. & Seifert, K. (2006). First record of the round goby, *Neogobius melanostomus* (Gobiidae), in the German Danube. *Lauterbornia* 58: 101-107.
- Peake, T. M., & Mcgregor, P. K. (2004). Information and aggression in fishes. *Animal Learning & Behavior*, 32(1), 114-121.
- Phillips, E. C., Washek, M. E., Hertel, A. W., & Niebel, B. M. (2003). The round goby (*Neogobius melanostomus*) in Pennsylvania tributary streams of Lake Erie. *Journal of Great Lakes Research*, 29(1), 34-40.
- Pinchuk, V. I., Vasileva, E. D., Vasil'ev, V. P., & Miller, P. J. (2003). *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814). *The freshwater fishes of Europe*, 8(1), 293-345.
- Preston, D. L., Henderson, J. S., & Johnson, P. T. (2012). Community ecology of invasions: direct and indirect effects of multiple invasive species on aquatic communities. *Ecology*, 93(6), 1254-1261.
- Reyjol, Y., Brodeur, P., Mailhot, Y., Mingelbier, M., & Dumont, P. (2010). Do native predators feed on non-native prey? The case of round goby in a fluvial piscivorous fish assemblage. *Journal of Great Lakes Research*, 36(4), 618-624.

- Roche, K.F., Janáč, M., & Jurajda, P. (2013) "A review of Gobiid expansion along the Danube-Rhine corridor—geopolitical change as a driver for invasion." *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 411: 01.
- Roche, K., Janáč, M., Šlapanský, L., Mikl, L., Kopeček, L., & Jurajda, P. (2015). A newly established round goby (*Neogobius melanostomus*) population in the upper stretch of the river Elbe. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, (416), 33.
- Savino, J. F., Riley, S. C., & Holuszko, M. J. (2007). Activity, aggression, and habitat use of ruffe (*Gymnocephalus cernuus*) and round goby (*Apollonia melanostoma*) under laboratory conditions. *Journal of Great Lakes Research*, 33(2), 326-334.
- Schomaker, C., & Wolter, C. (2014). First record of the round goby *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) in the lower River Oder, Germany. *BioInvasions Records*, 3(3), 185-188.
- Skabeikis, A., & Lesutienė, J. (2015). Feeding activity and diet composition of round goby (*Neogobius melanostomus*, Pallas 1814) in the coastal waters of SE Baltic Sea. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 44(4), 508-519.
- Skora, K. E., & Rzeznik, J. (2001). Observations on diet composition of *Neogobius melanostomus* Pallas 1811 (*Gobiidae*, *Pisces*) in the Gulf of Gdansk (Baltic Sea). *Journal of Great Lakes Research*, 27(3), 290-299.
- Smyly, W. J. P. "The life-history of the bullhead or miller's thumb (*Cottus gobio* L.)." *Proceedings of the Zoological Society of London*. Vol. 128. No. 3. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 1957.
- Steingraeber, M., Runstrom, A., & Thiel, P. (1996). *Round goby (Neogobius melanostomus) distribution in the Illinois Waterway System of metropolitan Chicago*. US Fish and Wildlife Service, La Crosse Fishery Resources Office.
- Tierney, K. B., Kasurak, A. V., Zielinski, B. S., & Higgs, D. M. (2011). Swimming performance and invasion potential of the round goby. *Environmental biology of fishes*, 92(4), 491-502.
- Tummers, J. S., & Lucas, M. C. (2019). T4. 2.2. Role of barriers in managing aquatic invasive species. *Amber International*, 5-20
- van Beek, G. C. (2006). The round goby *Neogobius melanostomus* first recorded in the Netherlands. *Aquatic Invasions*, 1(1), 42-43.
- Vanderploeg, H. A., Nalepa, T. F., Jude, D. J., Mills, E. L., Holeck, K. T., Liebig, J. R., & Ojaveer, H. (2002). Dispersal and emerging ecological impacts of Ponto-Caspian species in the Laurentian Great Lakes. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 59(7), 1209-1228.
- Verliin, A., Kesler, M., Svirgsden, R., Taal, I., Saks, L., Rohtla, M., & Saat, T. (2017). Invasion of round goby to the temperate salmonid streams in the Baltic Sea. *Ichthyological Research*, 64(1), 155-158.
- Verreycken, H., Breine, J. J., Snoeks, J., & Belpaire, C. (2011). First record of the Round goby, *Neogobius melanostomus* (Actinopterygii: Perciformes: Gobiidae) in Belgium. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 41(2).

- Verreycken, H. (2013). Risk analysis of the round goby, *Neogobius melanostomus*, risk analysis report of non-native organisms in Belgium. *Research Institute for Nature and Forest*, 44(1), 1-25
- Weiperth, A., Staszny, Á., & Ferincz, Á. (2013). Idegenhonos halfajok megjelenése és terjedése a Duna magyarországi szakaszán-Történeti áttekintés= Occurrence and spread of nonnative fish species in the Hungarian section of River Danube–A historical review. *Pisces Hungarici*, 7, 103-112.
- Welton, J. S., & Mills, C.A. (1983). Food and habitat partitioning in two small benthic fishes, *Noemacheilus barbatulus* (L.) and *Cottus gobio* L. *ARCHIV FUER HYDROBIOLOGIE*, 434-454
- Welton, J. S., Mill, C. A., & Pygott, J. R. (1991). The effect of interaction between the stone loach *Noemacheilus barbatulus* (L.) and the bullhead *Cottus gobio* (L.) on prey and habitat selection. *Hydrobiologia*, 220(1), 1-7.
- Wiegleb, J., Kotterba, P., Hammer, C., & Oesterwind, D. (2018). Predation of the round goby (*Neogobius melanostomus* Pallas, 1814) on Atlantic herring eggs in the Western Baltic Sea. *Marine Biology Research*, 14(9-10), 989-1003.
- Wiesner, C. (2005). New records of non-indigenous gobies (*Neogobius spp.*) in the Austrian Danube. *Journal of Applied Ichthyology* 21.4 (2005): 324-327.
- Wolter, C., & F. Röhr. "Distribution history of non-native freshwater fish species in Germany: how invasive are they?" *Journal of Applied Ichthyology* 26 (2010): 19-27.
- Young, J. A., Marentette, J. R., Gross, C., McDonald, J. I., Verma, A., Marsh-Rollo, S. E., & Balshine, S. (2010). Demography and substrate affinity of the round goby (*Neogobius melanostomus*) in Hamilton Harbour. *Journal of Great Lakes Research*, 36(1), 115-122.

7.1 Internetové odkazy

- Crosier, D. & Malloy, D; 2011. ANS – Task Force. Dedicated to the prevention and control of aquatic nuisance species. Dostupné na WWW: <https://www.anstaskforce.gov/spoc/round_goby.php> 11.1.2020
- Biomonitoring, 2007. *Oficiální webové stránky věnované monitoringu*. AOPK ČR, Dostupné na WWW: <<http://www.biomonitoring.cz/druhy.php?druhID=33>> 18. 1. 2020
- Wikipedie, 2019. Dostupné na WWW: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Vranka_obecná> 18. 1. 2020

7.2 Literární zdroje

- Adámek, Z., Dubský, K., Jarolímková, B., Just, T., Kolářová, J., Lusk, S., Navrátil, S., Nusl, P., Svobodová, Z., Šíma, A., Štípek, J., Vančura, Z., Vrána, K. 2013. Příručka pro rybářského hospodáře. Český rybářský svaz Praha, s. 113-114.
- Lusk S., Baruš, V., Vostradovský J., 1983. Ryby v našich vodách. Academia Praha, s. 184
- Šimek Z. a Rys J., 1989. Ryby z blízka. Albatros Praha, s. 35-37.
- Čihař J. a Malý J., 1978. Sladkovodní ryby., Státní zemědělské nakladatelství Praha, s. 164.
- Baruš V. a Oliva O., Černý, K., Gajdůšek, J., Hensel, K., Holčík, J., Kálal, L., Krupauer, V., Kux, Z., Lábosvářský, J., Lom, J., Lusk, S., Moravec, F., Peňáz, M., Pivnička, K., Prokeš, M., Ráb, P., Špinar, Z., Švátora, M., Vostradovský, J., 1995. Mihulovci a ryby 2., Academia Praha, s. 429-436

8 Seznam obrázků, tabulek a grafů

8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1: Rozšíření hlaváče černoústého v Evropě. Šedě podbarvené plochy – původní areál rozšíření. Červené body a žlutý bod – populace mimo původní areál rozšíření. (upraveno dle Buřič a kol. 2015).	10
Obrázek 2: Hlaváč černoústý (foto: autor)	12
Obrázek 3: Rozpoznání pohlaví u hlaváče černoústého podle tvaru urogenitální papily, vlevo mlíčák, vpravo jikernačka (převzato z Kornis a kol., 2012).	13
Obrázek 4: Scheéma reprodukčního chování a ochrany hnízda hlaváče černoústého. A, B – Příprava hnízda, C – Ukládání jiker, D – Oplození jiker, E, F – Bránění hnízda (převzato z Meunier a kol., 2009).	15
Obrázek 5: Vranka obecná (autor – Lubomír Hlásek).....	20
Obrázek 6: Výskyt vranky obecné v Evropě (nahore) a v České republice (dole) (převzato z https://cs.wikipedia.org/wiki/Vranka_obecná a http://www.biomonitoring.cz/druhy.php?druhID=33 , AOPK ČR, 2007).	21
Obrázek 7: Mlíčák s jikernačkou při kladení jiker na strop hnízda (nahore). Mlíčák hlídající snůšky jiker v hnízdě (dole) (převzato Morris, 1955).	23
Obrázek 8: Nahore snímek obrazovky v průběhu analýzy videa s patrnou označenou (žlutá oblast s červeným bodem uprostřed) vrankou obecnou v levém horním rohu nádrže programem EthoVision®XT. Dole znázornění 7 základních zón v nádrži a vstupem do úkrytu při nastavení podmínek analýzy v programu EthoVision®XT. Žlutá – krmná zóna, béžová – horní část žlabu, modře ohraničená šedá – úkryt, šedá – střední proudná část žlabu, zelená – tišina za úkrytem, modrá – dolní část žlabu, růžová – úniková zóna.	30
Obrázek 9: Schématický náčrt žlabu s vyznačením přítoku, umístění úkrytu a míst měření rychlosti proudu v nádrži (A1 – H3).	31

8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1: Naměřené hodnoty rychlosti proudění ve třech experimentálních žlabech měřených na místech vyznačených ve schematicém nákresu (A1 – H3). Uvedeny jsou průměrné hodnoty \pm směrodatná odchylka.	31
Tabulka 2: Průměrná celková délka těla (CDT), standardní délka těla (SDT) a hmotnost (Hm.) vranky obecné a hlaváče černoústého požitých v experimentu. Zároveň je uvedený průměrný počet sežraných larev v průběhu pokusu. Uvedeny jsou průměrné hodnoty \pm směrodatná odchylka.	32
Tabulka 3: Aktivita a celková uražená vzdálenost u hlaváče černoústého a vranky obecné bez ohledu na časovou periodu sledování.	33
Tabulka 4: Průměrný čas strávený hlaváčem černoústým a vrankou obecnou v různých částech nádrží v různých časových periodách od nasazení ryb.	33
Tabulka 5: Průměrný čas strávený hlaváčem černoústým a vrankou obecnou v různých částech nádrží v různých časových periodách od nasazení ryb.	34

8.3 Seznam grafů

Graf 1: Prostorová preference (čas strávený v jednotlivých částech nádrže) hlaváče černoústého a vranky obecné během 28hodinového sledování. Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy.	35
Graf 2: Prostorová preference (čas strávený v jednotlivých částech nádrže) hlaváče černoústého a vranky obecné během stresové periody (nahore) a světelné aklimatizace (dole). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy.	35
Graf 3: Prostorová preference (čas strávený v jednotlivých částech nádrže) hlaváče černoústého a vranky obecné během temnostní aklimatizace (nahore), nočního experimentu (uprostřed) a denního experimentu (dole). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy.	36
Graf 4: Uražené vzdálenosti v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy.	39

- Graf 5:** Čas strávený v úkrytu v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy..... 39
- Graf 6:** Čas strávený v krmné zóně v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). V rámci sledování nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly..... 40
- Graf 7:** Čas strávený v koncové (únikové) zóně v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). V rámci sledování nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly. 40
- Graf 8:** Čas strávený v tišíně v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). V rámci sledování nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly. 41
- Graf 9:** Čas strávený ve spodní části arény v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). V rámci sledování nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly. 41
- Graf 10:** Čas strávený ve středové části v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy. 42
- Graf 11:** Čas strávený v horní části arény v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). V rámci sledování nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly..... 42
- Graf 12:** Doba strávená mimo úkryt v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy. 43
- Graf 13:** Tento graf znázorňuje procentuální podíl pohyblivosti mimo úkryt v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). V rámci sledování nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly. 43

Graf 14: Průměrná aktivita v průběhu sledovaných period v rámci 28 h experimentů u hlaváče černoústého (vlevo) a vranky obecné (vpravo). Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy.....	44
Graf 15: Aktivita hlaváče černoústého a vranky obecné v % času stráveného mimoúkryt v průběhu stresové periody. Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy.	44
Graf 16: Čas strávený hlaváčem černoústým a vrankou obecnou v únikové zóně experimentální nádrže v průběhu světelné aklimatizace. V těchto tišších úsecích se zdržoval déle hlaváč než vranka. Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy.	45
Graf 17: Čas strávený hlaváčem černoústým a vrankou obecnou v tišině (místo s nejpomalejším prouděním v experimentální nádrži) v průběhu noční části experimentu. Graf udává průměr (středový bod), standardní chybu průměru (box) a směrodatnou odchylku (chybové úsečky). Statistické rozdíly jsou označeny různými písmeny nad grafy.	45

9 Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá porovnáním denní a noční aktivity hlaváče černoústého (*Neogobius melanostomus*, Pallas 1814) a vranky obecné (*Cottus gobio*, Linnaeus 1758) v simulovaných průtočných podmínkách s poskytnutím úkrytu a pozitivního stimulu (potravy). Pro tento experiment bylo nasazeno a sledováno 15 vraneček obecných a 15 hlaváčů černoústých ve 3 současně sledovaných samostatně připravených systémech s uměle vytvořeným proudem. Každý systém se skládal ze zásobní nádrže, čerpadla a experimentálního žlabu. V systému bylo možné upravovat průtok vody experimentálním žlabem (délka 2 m, šířka 0,15 m, hloubka vody max. 0,1 m) až na úroveň 40 l za sekundu a byl opatřen zábranou proti úniku ryb. Světelný režim byl nastavený na 12 hodin světla a 12 hodin tmy, tedy přibližně stejný režim, jaký byl v přirozených podmínkách v období experimentu (od 22.5. do 8.6.). Ryby byly sledovány kamerovým systémem po dobu 28 hodin a výsledné záznamy byly analyzovány pomocí programu EthoVision[®]XT i vizuálně. Byla sledována aktivita a prostorové preference jednotlivých druhů. Na základě výsledků můžeme říci, že nebyly zaznamenány výrazné rozdíly mezi studovanými druhy. Hlavními získanými rozdíly z výsledků experimentu byly stresové výkyvy po nasazení, aktivita a preference prostředí. V průběhu stresové periody, byl hlaváč černoústý aktivnější než vranka obecná a strávil poměrně dlouhý časový úsek v únikové zóně. Další rozdíl nastal při stresovém faktoru po nasazení ryb do nádrží, kdy byl zaznamenán plynulý pokles pohybové aktivity u hlaváče černoústého a skokový pokles pohybové aktivity u vranky obecné po aklimatizační periodě. Naše výsledky také potvrdili preferenci rychle a pomalu tekoucí vody s tím, že hlaváč černoústý preferuje klidnější úseky (zejména se potvrdilo v nočních hodinách), zatímco u vranky to bylo naopak v proudnější části nádrže. Pohybem mimo úkryt při světelné aklimatizaci se potvrdilo, že hlaváč je velmi aktivní druh po celý den, který se pohyboval v nádrži více nežli vranka obecná s mírnými poklesy mezi světelnou a temnostní aklimatizací. Ve využití potravních zdrojů nebyl zaznamenán velký rozdíl, což ukazuje, že oba druhy jsou schopny se vyrovnat s prouděním nad 0,7 m.s⁻¹. Z výsledků je rovněž viditelné, že ryby vyžadují pro stabilizaci chování dlouhou aklimatizační dobu.

Klíčová slova: Invazivní, nepůvodní druh, kompetice, hlaváč černoústý, vranka obecná

10 Abstract

This Bachelor thesis is about comparison of the day and night activity of the round goby and the European bullhead under controlled conditions with shelter and positive stimuli (food) provided. 15 European bullheads and 15 round gobies were observed for this experiment – in three separated artificial systems with a simulated water flow. Each system consisted of storage tank, pumps and experimental channel. In the experimental channel (length 2 m, width 0.15 m, water depth max. 0.1 m) was possible to change the water flow up to 40 l per second and was equipped with a barrier to prevent fish to escape. The light regime was set for 12 hours of day light and 12 hours of dark. That was similar to natural ambient light regime in natural conditions during experimental work (from 22.5. to 8.6.2019). Fish were observed for 28 hours and obtained video-recordings were analysed by program EthoVision[®]XT and visually. Activity and spatial preferences of above-mentioned species were monitored. In accordance to our results we can conclude that there are not big differences between studied species. The main differences were stress induced behavioural fluctuations after deployment, reflected by different activity and environmental preferences. During the stress period, the round goby was more active than the European bullhead and spent a longer time in the escape zone. The next difference occurred with the stress after putting fish into the tanks. There was seen steady decline of activity in the round goby and the step-like decline of activity in the European bullhead after acclimatization period. Our results also confirmed preferences of the round goby rather for slow running water areas while in the European bullhead the opposite pattern i.e. prefer faster running water. Round Goby was more active outside of the shelter during the light acclimatization. Round goby moved more frequently with only slight decreases between light and dark acclimatization compared to European bullhead. There was not big difference in the food acquisition, which reflects that both species are able to cope with high water velocities exceeding $0.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Our results also evidently provided information that fish need for behavioural stabilization relatively long acclimatization period.

Key words: Invasive, non – native species, competition, round goby, European bullhead