Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech

Diplomová práce

Vliv managementu krmení na intenzivní chov candáta obecného *(Sander lucioperca)*

Autor: Bc. Václav Kučera

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Tomáš Policar, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: Mgr. Tomáš Pěnka

Studijní program a obor: Rybářství a ochrana vod

Forma studia: Prezenční

Ročník: Druhý

České Budějovice, 2022

Prohlašuji, že svoji diplomovou 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 diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU. 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 odevzdávanému 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

Bc. Václav Kučera

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce doc. Ing. Tomáši Policarovi, Ph.D. za odborné rady a postřehy, přátelskou pomoc při realizaci experimentu a vedení práce. Velký dík patří i mému konzultantovi Mgr. Tomáši Pěnkovi za jeho pomoc při zpracování dat a za cenné rady v průběhu experimentů. Dále bych chtěl poděkovat i paní MVDr. Jitce Kolářové za pomoc s odběry krve a jejím zpracováním. Stejně tak bych rád poděkoval všem kolegům z Laboratoře intenzivní akvakultury za všechnu práci, kterou odvedli v průběhu realizace dvou experimentů, při každodenní obsluze odchovných systémů a při získávání dat na konci testovacích období. Jmenovitě děkuji Bc. Petrovi Dobrovolnému, DiS, Milanu Kraftovi, Ing. Tadeáši Přibylovi, Pavlu Svobodovi. Dále bych rád poděkoval své rodině a svojí přítelkyni Markétě za pomoc s formátováním práce, a především za trpělivost, kterou se mnou měli při psaní této práce.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta rybářství a ochrany vod

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	**Bc. Václav KUČERA**
Osobní číslo:	**V20N002P**
Studijní program:	**N4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor:	**Rybářství a ochrana vod**
Téma práce:	**Vliv managementu krmení na intenzivní chov candáta obecného (Sander lucoperca)**
Zadávající katedra:	**Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický**

Zásady pro vypracování

Candát obecný (Sander lucioperca) patří mezi významné druhy ryb sladkovodní akvakultury a lze předpokládat, že jeho produkce bude v následujících letech postupně a neustále stoupat. Důvodem je jeho obliba mezi konzumenty ryb a sportovními rybáři, a také potřeba produkčních rybářů diverzifikovat jejich produkci a zvyšovat jejich rentabilitu. V současnosti můžeme sledovat nedostatečnou produkci jak tržních, tak i násadových ryb candáta obecného v celé Evropě. V dnešní době je tržní candát z 90-95 % získáván odlovem divokých populací z volných vod. Tato produkce dosahuje objemu 9 000-15 000 tun. Vedle odlovu divokých populací candátů je tento druh chován a produkován také rybniční akvakulturou, která je založena na polykulturních obsádkách ryb. Roční objem této produkce dosahuje 300-1200 tun (3-7 % z celkového množství). Tradičními zeměmi, které využívají produkci candáta v rybnících, jsou: Ukrajina, Česká republika, Maďarsko, Rumunsko, Bulharsko, Slovinsko, Rakousko a Německo. Z důvodu nedostatečné produkce a vysoké poptávky o candáta obecného na trhu v Evropě byl vytvořen poměrně velký tržní a ekonomický potenciál jeho intenzivních a kontinuálních chovů. Díky tomu v průběhu posledních 20 let začaly vznikat v západní a střední Evropě různé farmy zaměřené na intenzivní chov tohoto druhu využívající tzv. Recirkulační Akvakulturní Systémy (RAS). Candát se v takovýchto chovech může efektivně uplatňovat díky svým schopnostem, kterými jsou: rychlý růst, vysoké přežití, dobrý příjem a konverze umělých krmiv a úspěšný chov v kontrolovaných podmínkách. Ovšem efektivita a rentabilita každého takovéhoto chovu je závislá na efektivním využití kapacity chovu, dobré kondici ryb, dobrém managementu krmení a třídění ryb. Náklady na krmení intenzivně chovaných candátů v RAS tvoří 3.-5. nejvýznamnější produkční náklad. Je velice důležité v intenzivním chovu candátů používat jen vysoce kvalitní krmiva, která fyziologicky odpovídají nutričním nárokům odchovávaných candátů. Dále je důležité používat správně stanovené denní krmné dávky, frekvenci a způsob krmení, typ a velikost využívaných pelet umělých krmiv. Správným managementem krmení v intenzivním chovu candátů může snížit mortalitu chovaných ryb o 2-5 %, zvýšit konverzi předkládaných krmiv o 10-15 %, zvýšit růst ryb o 2-7 %, zkrátit interval produkce tržních ryb až o 60 dní a tím významně uspořit část produkčních nákladů. Tím se ještě více zvýší rentabilita a konkurenceschopnost daných chovů. Cílem této diplomové práce bude sledovat vliv použití plovoucího a potápivého umělého krmiva a různé frekvence krmení v průběhu dne (frekvence krmení 12x, 6x a 3x denně) na růst, kondiční stav a přežití, intenzivně odchovávaných juvenilních ryb candáta obecného v RAS včetně jejich konverze živin. Diplomová práce bude realizována v rámci projektu NAZV č. QK110710, projektu MŠMT OP VVV Biodiverzita a projektu smluvního výzkumu MZe, které jsou v současné době řešeny v Laboratoři intenzivní akvakultury na VÚRH Vodňany (FROV JU).

Rozsah pracovní zprávy:	**50 – 70 stran**
Rozsah grafických prací:	**podle potřeby**
Forma zpracování diplomové práce:	**tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Kestemont, P., Henrotte, E., 2015. Chapter 20: Nutritional requirements and feeding of broodstock and early life stages of Eurasian perch and pikeperch. In: Kestemont, P., Dabrowski, K., Summerfelt, R.C, (Eds.): Biology and Culture of Percid Fishes-Principles and Practices. Springer, New York, USA, s.

539-564
Policar, T., Křišťan, J., Blecha, M., Vaniš, J., 2014. Adaptace a chov juvenilních ryb candáta obecného (Sander lucioperca L.) v recirkulačním akvakulturním systému (RAS). Edice metodik (Technologická řada), FROV JU Vodňany 141: 46 s.
Policar T., Křišťan, J., Hampl, J., Blecha, M., Kolářová J., 2018. Provozní manuál sloužící k efektivnímu provozu intenzivní akvakultury využívající RAS. Edice Metodik (Certifikovaná metodika), FROV JU Vodňany, 169: 54 s.
Policar, T., Schaefer, F., Panana, E., Meyer S., Teerlinck S., Toner, D., Żarski, D., 2019. Recent progress in European percid fish culture production technology – Tackling bottlenecks. Aquaculture International, 27: 1151-1174.
Policar, T., Křišťan, J., Malinovskyi, O., Pěnka, T., Kolářová, J., 2021. Optimalizovaná reprodukce a efektivní chov candáta obecného (Sander lucioperca) zajišťující produkci kvalitního násadového materiálu. Edice Metodik (Ověřená technologie), FROV JU Vodňany, 187: 50 s.
Schulz, C., Knaus, U., Wirth, M., Rennert, B., 2005. Effects of varying dietry fatty acid profile on growth performance, fatty acid, body and tissue composition of juvenile pike perch (Sander lucioperca). Aquaculture Nutrition, 11: 403-413.
Schulz, C., Gűnther, S., Wirth, M., et al. 2006. Growth performance and body composition of pike perch (Sander lucioperca) fed varying formulated and natural diets. Aquac. Int., 14: 577-586 .
Schulz, C., Böhm, M., Wirth, M. et al. 2007. Effect of dietary protein on growth, feed conversion, body composition and survival of pike perch fingerlings (Sander lucioperca). Aquaculture Nutrition 13: 373-380.
Steinberg, K., Zimmermann, J., Stiller, K. T., et al 2018b. Elevated nitrate levels affect the energy metabolism of pikeperch (Sander lucioperca) in RAS. Aquaculture 497: 405-413.

Vedoucí diplomové práce:	**doc. Ing. Tomáš Policar, Ph.D.** Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický
Konzultant diplomové práce:	**Mgr. Tomáš Pěnka**
Datum zadání diplomové práce:	**8. ledna 2021**
Termín odevzdání diplomové práce:	**2. května 2022**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD
Zátiší 728/II
389 25 Vodňany

prof. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.
děkan

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

V Českých Budějovicích dne 25. ledna 2021

1. Úvod 9
2. Literární přehled 10
2.1. Význam candáta 10
2.2. Obecná charakteristika candáta obecného 11
2.2.1. Základní popis a zařazení candáta obecného 11
2.2.2. Výskyt 12
2.3. Biologie 13
2.3.1. Potravní nároky a lov 13
2.3.2. Nároky na prostředí 14
2.3.2.1. Teplota 14
2.3.2.2. Kyslík 14
2.3.2.3. Intenzita osvětlení 15
2.3.3. Růst 15
2.3.4. Rozmnožování, poloumělý a umělý výtěr candáta obecného 15
2.4. Recirkulační akvakulturní systém (RAS) 17
2.4.1. Součásti RAS 18
2.5. Krmivo 20
2.5.1. Typy krmných směsí 20
2.5.2. Vývoj krmiv a jejich vliv na intenzivní akvakulturu 21
2.5.3. Způsoby krmení 21
2.5.4. Velikost krmné dávky a frekvence krmení 21
2.5.5. Krmivo pro candáta 22
2.5.6. Systémy využívané ke krmení ryb v RAS 23
2.5.7. Imetronic Self Feeder 23
3. Materiál a metodika experimentu č. 1 25
3.1. Experiment č. 1 – Porovnání vlivu plovoucího a potápivého krmiva na produkční ukazatele v rámci intenzivního chovu candáta obecného v RAS 25

3.1.1. Cíl, místo a čas experimentu....25
3.1.2. RAS a jeho komponenty....25
3.1.3. Kvalita vody v RAS....28
3.1.4. Násadový materiál....29
3.1.5. Nasazení experimentu....30
3.1.6. Aplikace krmiv....30
3.1.7. Průběh experimentu a průběžné měření kvality vody a biometrických parametrů....31
3.1.8. Rozrůstání obsádky....33
3.1.9. Zpracování zjištěných dat a výpočty produkčních ukazatelů....34
3.1.10. Statistické zpracování dat....35
3.2. Experiment č. 2 – Porovnání vlivu frekvence krmení na produkční ukazatele a welfare ryb....36
3.2.1. Cíl, místo a čas experimentu....36
3.2.2. RAS a jeho komponenty....36
3.2.3. Kvalita vody v RAS....39
3.2.4. Materiál....39
3.2.5. Nasazení testu....40
3.2.6. Aplikace krmiv....40
3.2.7. Průběh testu a měření....42
3.2.8. Stanovení stupně poškození ploutví....43
3.2.9. Odběr krve, její zpracování a pitva....45
3.2.10. Rozrůstání obsádky....46
3.2.11. Zpracování zjištěných dat a výpočty produkčních ukazatelů....46
3.2.12. Statistické zpracování dat....47
4. Výsledky....48

4.1. Výsledky Experimentu č.1- Porovnání vlivu plovoucího a potápivého krmiva na produkční ukazatele v rámci intenzivního chovu candáta obecného v RAS 48
4.1.1. Přežití 48
4.1.2. Konverze krmiva (FCR) a specifická rychlost růstu (SGR).....48
4.1.3. Individuální růst a biomasa 48
4.1.4. Velikostní rozrůstání obsádky 50
4.1.5. Shrnutí výsledků 52
4.2. Výsledky experimentu č. 2- Porovnání vlivu frekvence krmení na produkční ukazatele a welfare ryb.....53
4.2.1. Produkční ukazatele 53
4.2.1.1. Přežití.....53
4.2.1.2. Kusová hmotnost (IBW a FBW) a hmotnostní přírůstek (WG) 53
4.2.1.3. Specifická rychlost růstu (SGR) 53
4.2.1.4. Celková délka (TL) 53
4.2.1.5. Konverze krmiva (FCR) 53
4.2.1.6. Fultonův koeficient- kondiční koeficient (CF) 54
4.2.1.7. Shrnutí produkčních ukazatelů 54
4.2.2. Velikostní rozrůstání obsádky 55
4.2.3. Stanovení stupně poškození ploutví.....57
4.2.4. Organosomatické indexy 59
4.2.5. Biochemický rozbor krve 59
5. Diskuse 62
6. Závěr.....67
7. Seznam použité literatury 69
8. Abstrakt 76
9. Abstract.....78

1. Úvod

Candát obecný, (*Sander lucioperca*) je jedním z nejperspektivnějších druhů dravých ryb, které jsou chovány v rámci evropské sladkovodní akvakultury (Müller-Belecke a Zienert, 2008). Ideální nutriční kvalita candátího masa a jeho senzorické vlastnosti (Uysal a Aksoylar, 2005) jsou důvodem vysoké obliby tohoto druhu jak mezi konzumenty ryb (Dil, 2008), tak i sportovními rybáři (Pivnička a Rybář, 2001). V optimálních intenzivních podmínkách (teplota vody 21–23 °C, nasycení vody kyslíkem ze 100 % a při koncentracích celkového amoniaku a dusitanů pod hodnotou 0,5 mg. l^{-1}) roste candát velmi rychle a jeho chov lze realizovat ve zvýšených hustotách (až 80 $kg.m^{-3}$) při aplikaci peletovaného krmiva (Policar a kol., 2021). V současné době je v Evropě nedostatek násadového materiálu adaptovaného na příjem peletovaného krmiva v recirkulačním akvakulturním systému (RAS). Nejčastějším způsobem chovu candáta však v současnosti neustále ve střední Evropě zůstává rybniční chov v rámci polykulturních obsádek ryb (Policar a kol., 2013). Intenzivní chov v RAS nebo chov candáta v kombinaci RAS s rybničním chovem je v současné Evropě neustále v rozvoji. V těchto systémech je možné produkovat všechny věkové kategorie candáta od váčkového plůdku po tržní ryby. Důležitým předpokladem úspěšného odchovu je kromě dalších faktorů především kvalitní, dobře stravitelné krmivo o optimálním živinovém složení, velikosti a charakteru pelet (tj. zda se jedná o krmivo plovoucí, potápivé atd.) pro jednotlivé věkové kategorie a dále též frekvence s jakou je krmivo rybám předkládáno. Kvalitní krmivo může tvořit až 50 % produkčních nákladů a je tedy nutné v tomto směru nadále prohlubovat znalosti a provádět další experimenty zacílené na optimalizaci intenzivního chovu candáta obecného. V rámci této práce jsem provedl dva experimenty. První byl zaměřen na hodnocení vlivu dvou typů krmiv (plovoucí a potápivé) na kondici ryb a produkční ukazatele chovu. Ve druhém experimentu jsem sledoval vliv různé frekvence aplikace krmiva v průběhu dne na produkční ukazatele, velikostní rozrůstání obsádky, poškození ploutví, somatické indexy a biochemické složení krve.

2. Literární přehled

2.1. Význam candáta

Současná roční produkce tržních candátů je kvalitou i kvantitou silně nevyrovnaná (Dil, 2008). Na základě těchto faktů lze předpokládat, že se produkce tohoto druhu v kontrolovaných chovech intenzivní akvakultury v Evropě bude postupně zvyšovat (Policar a kol., 2013). Oproti tomu se produkce ve východní Evropě v posledních desetiletích výrazně snižuje. Zatímco v 70. letech minulého století bylo z východoevropských jezer ročně odloveno přes 40 000 t tržních ryb tohoto druhu (Dil, 2008), za posledních 40–50 let se produkce tohoto odlovu výrazně snížila na méně než polovinu. To je dáno jednak dlouhodobě neudržitelným rybolovem candáta v jezerech, který výrazně snižuje životaschopnost a reprodukovatelnost přirozených populací a jednak špatným rybářským managementem využívaných lokalit (Müller-Belecke a Zienert, 2008). V Evropě je v akvakultuře ročně vyprodukováno 500-1000 tun tržního candáta obecného (Policar a kol., 2014). Česká republika produkuje ročně okolo 50 tun candáta (FAO). Ve Francii, Belgii, Nizozemsku, Dánsku, Německu, Maďarsku, Bulharsku a ČR již několik desítek let můžeme sledovat postupný rozvoj intenzivního chovu candáta obecného v RAS s cílem zvýšit produkci tohoto cenného druhu v Evropě (FAO, 2015). Vysoká obliba candáta obecného mezi konzumenty ryb a sportovními rybáři a jeho snižující se produkce lovem z jezer v Rusku, Estonsku a Kazachstánu, způsobují v současné době nedostatečně zásobený trh tímto s candátím masem především v západní Evropě (Francie, Německo, Rakousko, Dánsko, Belgie a Švýcarsko). Tento fakt způsobil v posledních letech neustále stoupající cenu tržního candáta. Candátí maso se vyznačuje absencí tzv. „Y“ kůstek, nízkým obsahem tuku a vysokým podílem vysoce nenasycených mastných omega 3 kyselin, které příznivě ovlivňují lidské zdraví (Jankowska a kol., 2003). V České republice se cena této exkluzivní ryby pohybuje kolem 280 Kč za 1 kg živé váhy (www.blatenskaryba.cz). Fishmarket dokonce udává maloobchodní cenu 400 Kč za 1 kg živého candáta (www.fishmarket.cz) a tím mnohonásobně převyšuje cenu nejčastěji chované české ryby, kapra obecného (*Cyprinus carpio*). Snížená produkce candáta obecného lovem, obliba candátího masa u konzumentů a nedostatečně zásobený trh v Evropě motivuje chovatele ryb se více věnovat chovu a stabilní produkci tržních ryb tohoto druhu (Policar a kol., 2011). Chov candáta navíc zlepšuje možnosti exportu kapra obecného (Kalenda, 2007).

Vedle tradiční extenzivní produkce candáta obecného v rybnících se v posledních 20 letech především v západní Evropě rozvíjí intenzivní akvakultura tohoto druhu v uzavřených recirkulačních akvakulturních systémech (RAS) (Policar a kol., 2013). Tento způsob chovu oproti rybničnímu chovu využívá produkci domestikovaných populací ryb (Fontaine, 2009), mimosezónní výtěry generačních ryb (Zakes a Szczepkowski, 2004) a krmení ryb pomocí umělých, peletovaných krmných směsí (Wang a kol., 2009). Juvenilní a tržní candáti jsou chováni ve vysokých hustotách (30 až 80 kg ryb na 1 000 litrů vody) (Policar a kol. 2021). RAS zajišťuje optimální podmínky pro růst candáta obecného (teplota vody 23 °C a 100% nasycení vody kyslíkem) (Wang a kol., 2009). Nejčastější velikost tržních candátů se pohybuje mezi 500–1000 g (Kalenda, 2007). Velkou roli hraje i produkce juvenilních ryb pro zarybňování volných vod (Musil a Kouřil, 2012). Candát je vysoce ceněnou rybou i mezi sportovními rybáři (Policar a kol., 2011).

2.2. Obecná charakteristika candáta obecného

2.2.1. Základní popis a zařazení candáta obecného

Candáta obecného popsal roku 1758 Carl Linné (Hanel a Lusk, 2005) jako jeden ze 3 původních druhů candátů vyskytujících se v Evropě. Taxonomicky řadíme candáta obecného do řádu ostnoploutvých (*Perciformes),* čeledi okounovitých (*Percidae*) a rodu candát (*Sander).* Do rodu *Sander* patří i příbuzné druhy candát východní (*Sander volgensis),* candát severoamerický *(Sander vitreus),* candát kanadský (*Sander canadensis),* a velmi vzácný candát mořský (*Sander marinus)* (Stepien a Haponski, 2015). Jedná se o rybu fylogeneticky mladší. Avšak jeho chov byl v Českých zemích započat již v roce 1784 na Třeboňsku. Jeho chovu se věnoval zejména Josef Šusta (Baruš a Oliva, 1995). V extenzivní akvakultuře je využíván především pro potlačení nežádoucích vedlejších druhů drobnějších kaprovitých ryb, které potravně a prostorově konkurují kaprovi obecnému v rybniční polykultuře. Jedná se především o plotici obecnou (*Rutilus rutilus),* perlína ostrobřichého (*Scardinius erythropthalamus),* střevličku východní (*Pseudorasbora parva),* a menší jedince cejna velkého (*Abramis brama)* a cejnka malého (*Abramis bjoerkna).*

Jedná se o dravou rybu s podlouhlým, válcovitým tvarem těla s klínovou, mírně zploštělou hlavou. V tlamě najdeme kromě velkého množství drobných zubů i velmi výrazné, tzv. psí zuby. Přítomnost těchto zubů je jedním z determinačních znaků candáta obecného. Počet tyčinek na žaberním oblouku se pohybuje kolem 13 a může mírně stoupat s věkem ryby (Baruš a Oliva, 1995). Na hlavě najdeme velké oči a ústa, která jsou rozklenuta až za svislici spuštěnou od zadního okraje oka. Tento znak spolu se zuby jsou rozpoznávacími znaky od příbuzného candáta východního (*Sander volgensis)* (Dungel a Řehák, 2005). Barva těla je výrazně proměnlivá od tmavě šedé až téměř černé po olivovou s 8–12 pruhy na bocích. Ploutve jsou světlejší. Hřbetní ploutev je dvojitá. Přední je výrazně trnitá s tvrdými paprsky. Zadní ploutev je tvořena měkkými a větvenými paprsky. Tělo je kryté ktenoidními šupinami, které jsou na dotek drsné (Hanel a Lusk, 2005). Candát dosahuje středního věku a běžně se dožívá 15–20 let. Dosahuje maximální délka 1–1,3m a hmotnosti 13 kg (Hanel, 1997).

Obrázek č. 1: Generační candát ulovený na údolní nádrži Vranov (foto: V. Kučera)

2.2.2. Výskyt

Candát je dravá ryba s lokalitami výskytu v celé Evropě. Západní hranici jeho areálu původního rozšíření tvoří povodí Labe a Dunaje. Přirozeně se vyskytuje i v zakavkazských přítocích Kaspického a Černého moře a Aralského jezera, stejně tak jako v severní části Turecka. Východní hranici jeho rozšíření pak ohraničuje povodí Volhy. Na severu ho můžeme najít v úmoří Baltského moře, a to včetně jižních oblastí Švédska a Finska. Nevyskytuje se přirozeně v úmoří Severního ledového oceánu (Hartman a Regenda, 2016). Od roku 1920 byl postupně introdukován do Francie, Švýcarska, Anglie, Itálie, na Pyrenejský poloostrov a Balkán. V dnešní době se vyskytuje díky umělému vysazování téměř po celé Evropě (Oliva a kol., 1995).

V České republice se jedná o původní rybí druh. V našich podmínkách se s ním můžeme setkat ve všech typech pomaleji tekoucích i stojatých vod povodí řek Labe, Odry i Moravy, jeho rozšíření v Evropě je navíc podporováno i umělým vysazováním různě velkých násad (Hanel a Lusk, 2005). Úspěšně přežívá také v pobřežních brakických vodách. Preferuje hlubší nádrže s tvrdším, kamenito-písečným dnem s dostatkem úkrytů jako jsou kameny a pařezy. Často se s ním můžeme setkat i v mělčích partiích nádrží, a to především za soumraku a rozbřesku, kdy vyráží na lov. Jedná se o stanovištní rybu. Zimu překonává v hloubce, v razantním fyziologickém útlumu (Holčík a Mihálik, 1971).

2.3. Biologie

2.3.1. Potravní nároky a lov

Jedná se o rybu s dvoufázovou denní aktivitou (za soumraku a při rozbřesku). V této době vyhledává potravu, většinou v příbřežních zónách řek a nádrží. V larvální periodě se živí především velmi drobnými vodními korýši (klanonožci a perloočky) a vířníky. Následně přechází na větší zooplankton. Při velikosti 12 mm se začíná projevovat první kanibalismus (Balik a kol., 2006). Jakmile je schopen lovit rybky odpovídající velikosti stává se piscivorním. Velmi často se začíná živit larvami druhů později se vytírajících kaprovitých ryb jako je například lín obecný (*Tinca tinca*) (Dyk, 1956). Jelikož se candát při lovu orientuje především zrakem, vyvinuly se u něj velké oči s tenkou vrstvou irydocytů na jejich vnitřní straně. Tyto buňky obsahují barvivo, které odráží lépe dopadající světlo a tím napomáhá s viděním ve tmě. Je taktéž zodpovědné za světélkování očí candátů. Další adaptací oka na lov v temnotě je i přítomnost vysokého množství velmi jemných světločivných buněk (tyčinek) (Dubský a kol. 2003). Dle autorů Sedlára a Žietňana (1974) spotřebuje candát na přírůstek 1 kg hmotnosti 3,6–6 kg živé potravy, přičemž preferuje potravu o velikosti 10–12 % svojí hmotnosti těla. Candát je rybou s vyvinutým žaludkem a 7 pylorickými přívěsky (Dvořák a kol., 2014). K vývoji žaludku a přívěsků dochází z rovné trávicí trubice tvořené nediferenciovanými buňkami mezi 15. a 30. dnem po vykulení. Po vyvinutí trávicí soustavy napomáhá candátovi k vytvoření trávicích enzymů především příjem živé exogenní potravy (vířníci, nauplia atd.) (Kowalska, 2006).

2.3.2. Nároky na prostředí

2.3.2.1. Teplota

Teplota je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících růstové schopnosti candáta. Candát obecný patří mezi mezotermní rybí druhy, které jsou schopné tolerovat široké rozpětí teplot (Frisk a kol. 2012). Teplotní optimum dospělců candáta obecného se pohybuje v rozpětí mezi 27–30 °C (Wang a kol., 2009). Teplotní optimum se v recirkulačních zařízeních přímo odvíjí od požadovaného krmného režimu a nasycení kyslíkem. Teplotní optima se mění i v rámci ontogenetického vývoje. Pro juvenilní jedince se jako optimální jeví teplota od 24 do 29°C. Ve volné vodě byly pozorovány optimální podmínky v rozpětí teplot od 15 do 25 °C (Jonas a Wahl, 1998). Růstové schopnosti se mohou měnit v závislosti na populaci a typu chovného zařízení. U RAS dánského typu, se setkáme s pozitivní korelací teploty a růstu (Wang a kol., 2009) Podle těchto autorů dojde po zimním období (a nízké průměrné teplotě vody) k ohřátí vody vlivem zlepšujících se povětrnostních podmínek a tím i zlepšení podmínek pro chov a tím k zvýšení příjmu potravy a růstu odchovávaných ryb.

2.3.2.2. Kyslík

Candát, stejně jako ostatní ryby, využívá kyslík rozpuštěný ve vodě. Obsah rozpuštěného kyslíku závisí především na teplotě, intenzitě osvětlení, tlaku vzduchu nad vodní hladinou a množství organických látek ve vodě. V intenzivním chovu je kyslík do vody doplňován uměle. V recirkulačních akvakulturních systémech je nutná častá kontrola hladiny rozpuštěného kyslíku především po nakrmení obsádek s vyšší hustotou ryb. Optimální koncentrace pro candáta obecného se pohybuje v rozmezí 8–10 $mg.l^{-1}$ tj. 80–95 % nasycení při teplotě 21–22 °C. Jako kritická mez se uvádí hodnota 3 $mg.l^{-1}$ tj. 40–44% nasycení při 21–22 °C (Čítek a kol. 1997). Při oxygenaci může vlivem špatného nastavení nebo poruchy dojít i k výraznému přesycení kyslíkem. Jako kritickou mez lze považovat 250–300% nasycení (Svobodová a kol., 2000). Současně lze říci, že mladší stádia jsou náchylnější na přesycení vody kyslíkem než ryby starší a dlouhodobě chované v RAS (Policar, 2014; 2019). K přesycení vody kyslíkem může dojít i během přepravy v PVE pytlích nebo v přepravních bednách. Přesycení vody kyslíkem může vyvolat nekrózu žaber, sekundární zaplísnění a následný masový úhyn ryb.

2.3.2.3. Intenzita osvětlení

U většiny druhů ryb, které se řídí při lovu zrakem, byla zjištěna důležitost světelné fáze dne při jejich odchovu. U candáta se však v průběhu fylogeneze vyvinulo noční vidění, které umožňuje využívat zejména soumračnou či časně ranní nebo noční aktivitu. V RAS se proto přistupuje ke snížení intenzity světla dopadajícího na vodní hladinu za pomocí stínění nádrží či snížení intenzity osvětlení celých odchovných hal na 10–50 luxů. Na toto téma bylo zpracováno několik prací jejichž výsledky se značně liší. Například Beránek a kol., (2005) uvádějí jako optimální světelný režim 18L:6D s intenzitou 10–50 luxů. Luchiari a kol., (2006) provedli experiment s různými vlnovými délkami světla, a zjistili, že vlnová délka 535–603 mm má pozitivní vliv na chov a růst candáta. Starší práce od Zakese (1999) naopak vyzdvihuje světelný režim na úrovni 24L:0D při intenzitě osvětlení 30 luxů.

2.3.3. Růst

Candát nejintenzivněji přijímá potravu při teplotě 15–22 ºC (Dvořák, 2009). V přírodních podmínkách se intenzita růstu snižuje z důvodu přerušení růstu vlivem snížené teploty vody v podzimním, zimním a jarním období, nízké hladiny kyslíku, nedostatku vhodné potravy a predace. Intenzivní chovy vytváří pro růst candáta optimální prostředí s dostatkem vyrovnané potravy a s optimální úrovní teploty vody a obsahem rozpuštěného kyslíku ve vodě. Tyto podmínky umožňují candátovi dosáhnout maximálního růstu, kdy candáti za rok chovu mohou dosáhnout 750–1000 gramů živé hmotnosti (Policar a kol., 2019). V jednom z experimentů, realizovaného v ČR,v podmínkách intenzivního chovu, bylo dosaženo u candáta obecného TL = 200 mm ve stáří 4,5 měsíce (Dvořák, 2009).

2.3.4. Rozmnožování, poloumělý a umělý výtěr candáta obecného

Candát je fytofilní (vytírající se na rostlinstvo) nebo litofilní (vytírající se na kameny či štěrk nebo štěrkovitá hnízda) druh pohlavně dospívající ve 3–5 letech života (mlíčáci zpravidla o tok dříve než jikernačky). Výtěr v přirozených podmínkách probíhá při teplotě 12–16 °C v průběhu dubna a května. Před samotným výtěrem samec hledá a čistí ideální místo pro tření. Většinou se jedná o vegetací porostlá místa nebo kořeny vodních rostlin na pevném podkladu v hloubce 1–3 m. Po samotném výtěru, který je párový, samec hlídá jikry do vylíhnutí larev.

Doba inkubace je od 120 do 150 D° (Lappaleinen a kol., 2003). Relativní plodnost jikernaček se udává 150–200 000 ks jiker.kg^{-1} hmotnosti jikernačky. Jikry jsou velmi malé (kolem 1 mm) a jsou špinavě zelené až žluté (Oliva a Bartuš, 1995). V současné době je většina výtěrů v provozních podmínkách realizována buď uměle nebo polouměle. Poloumělá metoda spočívá ve vysazení páru do nádrží (průtočné vaky či žlaby nebo různé nádrže umístěné v RAS) s připraveným výtěrovým substrátem. Po samotném výtěru je odloven generační pár a inkubace probíhá dále při nízkém průtoku vody až do kulení (Musil a Kouřil, 2006; Policar a kol., 2014; 2016a). Dříve se tento způsob výtěru prováděl bez použití hormonální stimulace, v současnosti jsou ryby často stimulovány k synchronizaci výtěru pomocí injekčního podání exogenních hormonálních přípravků jikernačkám (jako je Supergestran, Ovopel či Chorulon; Kouřil a Hamáčková, 2005). U mlíčáků je stimulace pomocí exogenních hormonů (GnRHa –gonadotropiny uvolňující hormon či HCG – lidský chorionový gonadotropin) zbytečná, jelikož se vytírají poměrně spolehlivě bez jejího použití (Musil a Kouřil, 2006). Avšak Blecha kol. (2016) zjistili, že jestliže se mlíčáci před poloumělým výtěrem hormonálně ošetří přípravkem Chorulon (HCG 500 UI.kg^{-1}), dojde při reprodukci se stejně ošetřenými jikernačkami až k dvojnásobné produkci larev díky vyšší oplozenosti jiker a líhnivosti larev. Jako dalším z velmi důležitých faktorů ovlivňující úspěšnost poloumělého výtěru se ukázala velikosti použitého umělého hnízda. Jejich velikost by měla být úměrná velikosti ryb. Autor Steffens (1996) použil ve svém experimentu hnízda o rozměrech 65 x 65 cm a popisuje je jako ideální pro ryby do velikosti 2500 g. Při výtěru větších ryb je vhodnější zvolit hnízda větších rozměrů, aby kvůli vyššímu množství jiker nedošlo k jejich slepení a následnému zaplísnění (Luczynski a kol., 2007). Případně je možné výtěrovým substrátem pokrýt celou plochu výtěrové nádrže (Policar a kol., 2016a).

Umělý výtěr je nejspolehlivější metodou získání vysokého počtu embryí (Kucharczyk a kol., 2007). Je nutné přistoupit k hormonální stimulaci obou pohlaví. S úspěchem bylo vyzkoušeno několik přípravků podobně jako u poloumělého výtěru (Kouřil a Hamáčková, 2005). Ryby se před výtěrem drží v oddělených skupinách dle pohlaví. Následně při ovulaci dojde k umělému výtěru tzv. suchou metodou s využitím předem odebraného spermatu do imobilizačního roztoku. Po umělém výtěru je umělá inkubace oplozených a odlepkovaných jiker prováděna v Zugských inkubačních lahvích při teplotě 15–18 °C (Musil a Kouřil, 2012). Líhnutí larev probíhá v závislosti na teplotě vody po 6–9 dnech. Velikost čerstvě vylíhlých larev se pohybuje v rozmezí 3,8–5 mm v závislosti na velikosti nakladených jiker.

Obrázek č.2: Juvenilní candát ve věku 7 týdnů chovaný intenzivně v RAS (foto: V. Kučera)

2.4. Recirkulační akvakulturní systém (RAS)

Recirkulační akvakulturní systémy dosahují celosvětově neustále vyššího významu, a také vyššího podílu na produkci sladkovodních i mořských ryb a jiných vodních organismů (Policar a kol., 2015). Vývoj recirkulačních systémů a začátky chovu ryb v RAS je datován do 50. – 60. let minulého století. V tomto období byly první systémy využívány k chovu kaprovitých ryb v Japonsku a na Dálném východě (Warrer–Hensen, 2015). Cílem provozovaných RAS je zajištění spolehlivé funkce všech komponentů, díky kterým je možné v systémech odchovávat vodní živočichy ve vysokých hustotám (na jednotku plochy či objemu) a tím využívat odchovné kapacity systému a dosahovat rentability chovu. Pouze RAS, zajišťují dobrý zdravotní stav, intenzivní růst, kontinuální produkci, vysokou konverzi živin a krmiva a úspěšné reprodukční cykly dosahují rentability chovu (Kouřil, 2013). Dochází též k velké snaze o optimalizaci spotřeby krmiv a maximalizaci využití jejich nutričního potenciálu aplikovaných krmiv k produkci jiných vodních nebo i suchozemských organismů např. zeleniny, žížal, červů nebo bylinek v rámci různých aquaponický či multitrofických systémů (Mráz a kol., 2015). Současně s tím probíhá i snaha o optimalizaci spotřeby elektrické energie a tepla, která je u RAS poměrně vysoká (Timmons a kol., 2012). Před 10 lety dosahovalo množství energie spotřebované na 1 kg ryb 10 kW. V dnešní době se tato hodnota pohybuje

v komerčních chovech na úrovni 1–2 kW.kg^{-1} chovaných ryb. Úspora je stále zvyšována především novými technologickými komponenty (Warren–Hensen, 2015). Navíc je spotřeba energie kompenzována chovem cennějších druhů ryb a vysokou produktivitou práce. Tyto systémy je možné stavět díky jejich částečné nezávislosti na okolním prostředí téměř ve všech klimatických podmínkách (Timmons a kol., 2012). V RAS je voda z velké části znovu využívána po mechanickém a biologickém čištění. Tento proces umožňuje výrazné šetření vodou při chovu vodních organismů (ryby, korýši, měkkýši). Rovněž je zde možná lepší kontrola nad vypouštěním živin do okolního prostředí a tím i eutrofizací (Martins a kol. 2010). Recirkulační akvakulturní systémy poskytují i zlepšenou možnost recyklace živin a zároveň i lepší zoohygienické podmínky chovu a případnou prevenci před chorobami či jejich efektivní zvládnutí při jejich propuknutí v chovu (Summerfalt a kol. 2009; Policar a kol., 2014). Počet druhů ryb a jiných vodních organismů adaptovaných na chov v RAS se za poslední desetiletí rozšířil ze sladkovodních druhů na mořské, a to přes všechny věkové kategorie od tržních jedinců po larvy a násadový materiál. RAS se vyznačuje především chovem ryb ve zhuštěných obsádkách a krmením komplexními peletovanými krmivy zajišťující nízký krmný koeficient a vysokou produktivitu práce (Kouřil, 2013).

2.4.1. Součásti RAS

V současné době je využíváno několik typů recirkulačních systémů. Liší se především konstrukcí a systémem užívání. Samotný recirkulační akvakulturní systém se skládá z velkého množství technických komponentů. Ve všech RAS můžeme najít odchovné nádrže. Ty se liší podle druhu a věkové kategorie chovaných ryb svým tvarem, kubaturou a barvou. Dalším komponentem RAS je mechanická a biologická filtrace. Mechanická filtrace je proces, při němž jsou odstraňovány především nerozpuštěné organické látky, typicky zbytky nestráveného krmiva a výkaly ryb. Jejich odstraňování je realizováno pomocí např. bubnových sítových filtrů, které jsou nejčastěji používané v produkční praxi, sedimentace, nebo flotací či využitím tlakových filtrů nebo vortexů (Kouřil, 2015). Biologická filtrace spočívá v odstraňování rozpuštěných látek dusíkatého metabolismu, kdy první látkou je amoniak. Amoniak je hlavní odpadní produkt dusíkaté látkové výměny u ryb a dochází k jeho přeměně v tzv. biologických filtrech různé konstrukce a technického řešení. Amoniak je v biologickém filtru pomocí nitrifikačních bakterií za přítomnosti kyslíku rozkládán na dusitany a následně dusičnany (Rijn, 2013). Proces nitrifikace můžeme rozdělit na dvě části. Jedná se o nitritaci, kterou zajišťují

bakterie rodu *Nitrosomonas* které oxidují amonné ionty na dusitany. Druhá fáze se nazývá nitratace. Ta je zajištěna bakteriemi rodu *Nitrobacter, Nitrospira* a *Nitrosococcus* a mnoha dalšími, které převádí dusitany na dusičnany. Pro zdárný průběh této reakce je nutná koncentrace kyslíku minimálně 4 mg. l^{-1}.

Tento proces je výrazně ovlivňován především teplotou vody, pH, hladinou rozpuštěného kyslíku, stářím kultury bakterií, zátěží filtru a chemismem vody (Bindzar a kol., 2009). Další součástí může být, zejména u RAS s vyšší kubaturou a minimální denní výměnou vody, i denitrifikační jednotka zajišťující odstraňování dusičnanů z vody. Její princip spočívá v přeměně dusičnanu v plynný dusík za přítomnosti heterotrofních bakterií a organického substrátu (melasy, metylalkoholu) v anoxickém prostředí (Knowles, 1982). Limitujícím faktorem pro průběh denitrifikace není jako u nitrifikace pH (denitrifikační bakterie pracují při pH 6–9), ale spíše malé množství organického substrátu. To značí potřebu přidávání organického substrátu do systému. Přidání organických látek je ale nežádoucí pro fitness ryb a nitrifikačních bakterií. U většiny takovýchto RAS je proto docíleno anoxického prostředí a dostatku organických látek zpětným využitím kalové vody nebo kalu z mechanické filtrace daných systémů (Kouřil a kol., 2008). V tomto kroku dochází k procesu analogickému s respirací s molekulárním kyslíkem, kterého je schopna většina heterotrofních bakterií (Vachta a kol., 2015). Snižování koncentrace dusičnanů je možné i výměnou vody (Kouřil, 2015). Při této praxi platí, že na udržení koncentrace dusičnanů pod 100 mg.l^{-1} je nutné na každý jeden kilogram zkrmeného krmiva (obsahujícího 40–55 % bílkovin) vyměnit 300 litrů vody ze systému. Při vyšší koncentraci dusičnanů ve vodě daného systému dochází k negativní snižování růstu ryb, což je nežádoucí (Policar a kol., 2018 a). Další úprava vody může spočívat v odplynění a tím odstranění oxidu uhličitého, úpravy pH, a navýšení hladiny kyslíku (oxygenace, popř. aerace). Jako další část úpravy kvality vody v RAS ještě slouží dezinfekce vody pomocí ozonu či UV záření a ohřev nebo chlazení vody. Denní výměna vody se pohybuje optimálně od 1–5 % celkové kubatury. Za přítokovou vodu vhodné kvality je považována především voda podzemní nebo srážková. Povrchová voda se vzhledem k přítomnosti živin, patogenů, bakterií nebo kalu nepovažuje za vhodnou pro doplnění do RAS. Cirkulace vody je zabezpečována pomocí klasických oběžných čerpadel (vertikální systémy) nebo pomocí tzv. airliftu (dánské recirkulační akvakulturní systémy většinou venkovního typu) (Kouřil, 2015).

2.5. Krmivo

2.5.1. Typy krmných směsí

V intenzivní akvakultuře se využívají převážně kompletní extrudované suché směsi s vlhkostí 8–10 %. Krmné směsi jsou používány ve formě granulí (pelet) ve velikosti od 1,2 mm až po pelety o průměry 26 mm (kaviárové chovy jeseterů, či tržních nebo generačních lososů) nebo ve formě velikostně třízených částic. Ty jsou využívány především jako startéry. Jsou vyráběna buď jako potápivé, plovoucí, popř. pomalu potápivé. Tvar daného krmiva se liší podle výrobce. Tato krmiva pokrývají svým složením celé spektrum nutričních požadavků chovaných ryb a jsou specifická pro daný druh, věkovou kategorii a podmínky chovu (Mareš a kol.,2015).

V zahraničních chovech se můžeme setkat i s aplikací polovlhkých směsí. Převáží se jako suché směsi a jsou přímo na farmách doplněny o vodu, oleje a případné vitamínové a minerální směsi. Aplikují se ve formě hustých kaší. Tyto kaše jsou denně připravovány a případné přebytky se skladují v chladírně (Mareš a kol., 2015). V posledních letech jsou v intenzivních chovech využívána především plovoucí krmiva, jelikož obsluha má lepší přehled o příjmu krmiva rybami a o případných zbytcích krmiv. Plovoucí krmivo tak umožnuje optimalizovat spotřebu krmiva a vyhnout se nežádoucímu překrmování ryb (Steenfeldt et al., 2010). Zbytky krmiv je nutné rychle ze systému odstraňovat, jelikož významně zhoršují kvalitu vodního prostředí, organicky ho zatěžují, zvyšují zákal vody, snižují obsah rozpuštěného kyslíku a zvyšují obsah rozpuštěného amoniaku ve vodě. Při krmení je nutné sledovat, zda dochází k příjmu potravy. Pokud nedochází ke spotřebovávání krmiva, je třeba rychle odhalit příčinu sníženého apetitu ryb a upravit krmné dávky. Pokud ryby nepřijímají potravu, dochází ke zhoršování kvality vody rozpouštějícím se krmivem a zároveň i k finanční ztrátě. Na druhou stranu je nepřípustné dlouhodobě krmit ryby v intenzivních chovech nízkými dávkami krmení, která vede k zhoršení kondice, fyziologie, welfare, zdravotního stavu a přežívání odchovávaných ryb způsobující sníženou rentabilitu daného chovu (Policar a kol., 2018b). Není vhodné využívat v RAS krmiva s prošlou expirační dobou, plesnivá nebo nevhodně skladovaná. Využívání takovýchto krmiv vede ke opětovně zhoršené kondici ryb, jejich mortalitě a celkově snižuje rentabilitu chovu (Policar a kol., 2018b).

2.5.2. Vývoj krmiv a jejich vliv na intenzivní akvakulturu

V intenzivních chovech je v dnešní době využíváno především průmyslově vyráběných krmiv od několika renomovaných značek. Jedná se především o značky BioMar, Skretting, Coppens a další. Tyto firmy se v dnešní době zabývají nejen výrobou a distribucí krmiv, ale i servisem a distribucí doporučené techniky pro aplikaci vyráběného krmiva a také optimalizací výživy a rozvojem chovu jednotlivých druhů ryb. V souvislosti s tímto procesem došlo k rozvoji poznání v oblasti fyziologie ryb a jejich požadavků na nutriční složení krmiv. To se projevilo především na kvalitě krmiv a tím snížení FCR (hodnota 3,7–4 v 60. letech 20. století, dnes na úrovni 0,8–1,2), zvýšení SGR, intenzity růstu, zlepšením welfare ryb a dietetické a senzorické kvality rybího masa (Mareš a kol., 2015).

2.5.3. Způsoby krmení

Způsob krmení musí být podřízen fyziologii příjmu potravy dané ryby. Candát přirozeně přijímá potravu ve vodním sloupci. Avšak bez problémů je možné candáta v intenzivní akvakultuře naučit přijímat plovoucí krmivo. Proto potom bez problémů přijímá jak pozvolna klesající, tak i plovoucí pelety. Krmivo ležící na dně přijímají pouze výjimečně starší věkové kategorie po předchozím hladovění (Mareš a kol., 2015). Většinou je nutné chov candátů v nádrži intenzivního chovu kombinovat s jinými rybími druhy, které mají stejné nároky na prostředí jako candáti a dokáží nádrže od zbytků krmiv vyčistit. Nejčastěji se takto používají různé druhy jeseterů (Policar, osobní sdělení, 2002)

2.5.4. Velikost krmné dávky a frekvence krmení

Příjem potravy v RAS je podobně jako v jiných chovatelských systémech ovlivněn celou řadou biotických a abiotických faktorů. Patří mezi ně především druh a věková kategorie krmených ryb. Mladší věkové kategorie vyžadují vyšší krmnou dávku (Ca_r – ad libitum, roček 2–3 %) z důvodu vyšší metabolické intenzity. U subadultních nebo adultních ryb se pak denní krmná dávka (DKD), snižuje až na 0,6–0,8 % ($Ca_{2\text{-}g}$). Abiotické faktory ovlivňující příjem potravy jsou především parametry prostředí (teplota vody, koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě, pH, a další fyzikální a chemické parametry vody). Velmi významné jsou ale také parametry proudění vody, intenzita světla a případná manipulace s rybami a práce obsluhy RAS v blízkosti nádrží (Zakeś, 2009).

2.5.5. Krmivo pro candáta

Přesto, že v posledních letech stoupá zájem o chov candáta obecného v recirkulačních systémech, není zatím vyvinuto krmivo určené specificky pro candáta (Policar, osobní sdělení). Proto se využívá krmiv určených pro jiné druhy ryb, které jsou svým složením vhodné pro růst a fyziologii candáta. Jelikož se jedná o dravou percidní rybu, je velmi důležitou složkou krmiva především kvalitní, lehce stravitelné bílkoviny a nízký obsah neoxidovaného tuku. Obsah bílkovin v krmivu se u percidních ryb se pohybuje kolem 40–55 %. Nejvíce bílkovin vyžadují mladší věkové kategorie (larvy a juvenilní ryby 48–55 % oproti starším ročním rybám 44–46 %). Tržní ryba pak vyžaduje krmivo s 40–42 % bílkovin (Nyina–wamwiza a kol., 2005). Obsah tuku by se měl v krmivech pro okounovité ryby pohybovat na úrovni mezi 10–16 %. Obsah sacharidů by neměl překročit 20 % a vláknina by pak měla tvořit obsah do 2 % (Jirásek a kol., 2005).

Obrázek č. 3: Plovoucí pelety Skretting Europa 15 F užívané v experimentech (foto: V. Kučera)

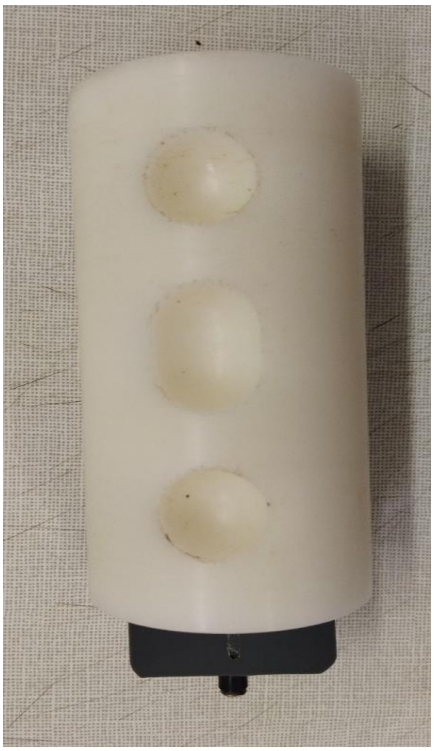
2.5.6. Systémy využívané ke krmení ryb v RAS

Krmení ryb v RAS je možné rozdělit na cyklické nebo kontinuální a s použitím krmítek nebo ručně. Jednou ze základních metod užívaných v intenzivní akvakultuře je ruční krmení. Jeho nespornou výhodou je každodenní (většinou častější) vizuální kontrola ryb při krmení. Je možné sledovat změnu zdravotního stavu, příjem potravy nebo změnu chování indikující počátek problémů se zdravotním stavem nebo kvalitou vody v RAS. Tato metoda je časově a ekonomicky náročná (Mareš a kol., 2015) a byla doplňkově využita v druhém experimentu, při dolaďování přesně aplikovaného množství krmiva. Další možností je využití automatických krmítek. V praxi se velmi běžně využívají pásová krmítka s hodinovým strojkem. Jejich kapacita je 3–5 kg krmiva, které je do vody uvolňováno po dobu 8–12 hodin. Tento systém byl využit i v experimentu č. 1 této práce. Další možnost je využití samokrmítkových systémů. Krmítko je namontováno přes nádrž s rybami a skládá se z trychtýře s hubící (zásobníkem krmiva) s otočným mechanismem pro dávkování krmiva a kloubovou tyčí, visící vertikálně od středu hubice pomocí závěsného kolíku (Kahrs a Osborn, 1973). Jejich nevýhodou je uvolňování krmiva i bez požadavků ryb např. při proplouvání ryb v blízkosti dotykové tyče mechanismu. Jsou využívána především pro lososovité ryby (Mareš a kol., 2015). V chovech se uplatňují i další typy samokrmítek poháněných např. stlačeným vzduchem, rotačním talířem či elektromagnety. Většina chovů většinou kombinuje několik systémů krmení. Při odchovu např. plůdku se často využívá kombinace krmítek s hodinovým strojkem v kombinaci s ručním krmením minimálně 1x denně (Policar a kol., 2014). Tento systém napomáhá i snížení rozdílů v příjmu potravy mezi agresivnějšími rybami, které obsadí místo pod krmítkem a méně agresivními rybami, které se drží v krajích nádrže, což může eliminovat kanibalismus ryb a zvyšovat přežití a welfare odchovávaných ryb (Mareš a kol., 2015).

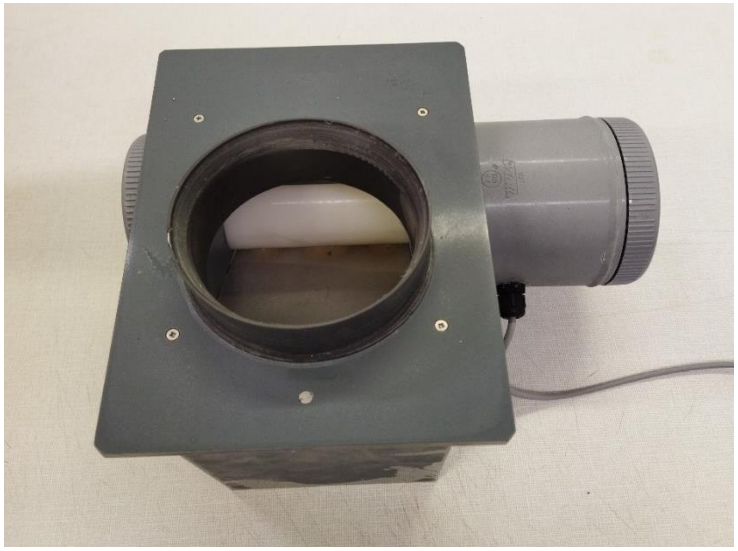
2.5.7. Imetronic Self Feeder

Jedná se o programovatelné krmítko umístěné nad odchovnou nádrž s rybami. Skládá se z otočného mechanismu, zásobníku na krmivo a dávkovacího válcem se třemi otvory (dva otvory na 1g krmiva a jeden otvor na 2 g krmiva, kdy tyto dávky se mohou lišit v závislosti na použitém krmení). Při jednom otočení válce dávkuje do nádrže 1–4 gramy krmiva podle zakrytí jednotlivých otvorů. V našem experimentu bylo na utěsnění užito lepící pásky. Krmítko se následně v softwarovém programu počítače nazvaného jako „POLY“ nastaví tak, aby provedlo určitý počet otáček v daném časovém intervalu. Při potřebě dávkovat např. 12 g 3x denně (tj. 36g krmiva/ den) se nastaví 3 otáčky válce

každých 8 hodin bez utěsnění otvorů ve válci. Toto krmítko bylo v mé práci použito v kombinaci s ručním dokrmením v experimentu č.2.



Obrázek č. 4 a 5: Vlevo: dávkovací válec krmítka se třemi otvory (1g – 2g – 1g), vpravo: přídavné čidlo používané pro spuštění krmítka rybami, tato součástka nebyla v našem testu použita (foto: V. Kučera).



Obrázek č. 6: Pohled shora na krmítko se sundaným zásobníkem na krmivo (foto: V. Kučera).

3. Materiál a metodika experimentu č. 1

3.1. Experiment č. 1 – Porovnání vlivu plovoucího a potápivého krmiva na produkční ukazatele v rámci intenzivního chovu candáta obecného v RAS

3.1.1. Cíl, místo a čas experimentu

V prvním experimentu jsem se snažil porovnat vliv různého charakteru (potápivé, plovoucí) umělého peletovaného krmiva na růstové ukazatele, konverzi krmiva a denní přírůstky biomasy intenzivně odchovávaných ryb v RAS. Experiment byl uskutečněn v Rybochovné a experimentální hale Laboratoře intenzivní akvakultury, Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického ve Vodňanech (VÚRH) nacházející se v areálu Experimentálního rybochovného pracoviště a pokusnictví (ERPP) Fakulty rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (FROV JU) ve dnech od 9.12.2020 do 31.3. 2021. Ve zmíněné hale bylo celkově využito 8 odchovných nádrží na pravém recirkulačním systému, kdy k testování každého krmiva bylo použito čtyř nádrží jako čtyř opakování.

3.1.2. RAS a jeho komponenty

Zmíněný využitý pravý RAS dané haly byl detailně popsán Policarem a kol. (2018b) a skládá se z následujících technologických komponentů.

Odchovné nádrže

Využitý RAS zahrnoval 10 odchovných nádrží šedé barvy a konického tvaru (horní průměr 150 cm, dolní průměr 137 cm, výška 95 cm) o objemu 1500 litrů postavených ve dvou řadách po pěti. Na těchto nádržích byly z důvodu potřeby snížené světelné intenzity pro chov candáta (20–50 luxů) využívány plastové kryty zastiňující cca 70 % plochy nádrže. Přítok vody do nádrže zde byl regulován pomocí kulových ventilů. Vyústění ventilů se nacházelo asi 10–15 cm pod hladinou tak, aby nedocházelo ke ztrátám kyslíků vytěkáním do atmosféry. Odtok z nádrže byl zakryt nerezovou mřížkou zabraňující úniku odchovávaných ryb do odtokového potrubí. Tato mřížka byla vyměnitelná za mřížky různé velikosti otvorů zohledňující možnost odchovávat v nádržích různé velikosti ryb. Odtokové potrubí bylo vedeno pod nádržemi a pod manipulační lávkou (dodané od firmy Agrico s.r.o. Třeboň), která se nacházela mezi

dvěma řadami odchovných nádrží, do mechanického filtru a bylo vybaveno velkým kulovým ventilem umožňujícím odkalení tohoto potrubí mimo mechanický filtr.

Mechanická filtrace

Odtoková voda z odchovných nádrží přitékala samospádem odtokovým potrubím v daném RAS do mechanického bubnového filtru (typ 1FB) od firmy IN–EKO Team, Tišnov. Jeho filtrační plocha byla 0,728m² a maximální průtok 28 800 $l.hod^{-1}$. Tento filtr měl vyměnitelná mikrosíta o velikosti ok od 60 do 200µm. Při zanesení ok síta zachycenými nerozpuštěnými nečistotami byl pomocí automatizovaného oplachu v podobě proudu čisté pitné vody z řádu a rotace bubnu se síty, síto opláchnuto a voda s nečistotami byla vypuštěna do biologického sedimentačního rybníčku. Přefiltrovaná čistá voda protékala přes mechanický filtr samospádem přímo z odchovných nádrží do biologického filtru.

Biologická filtrace

V daném použitém RAS, v němž byl použit na realizaci tohoto experimentu, se využíval biologický filtr s pohyblivým ložem o objemu 14 600 l (5,5 x 1,9 x 1,4 m). Vzduchovací rošt na dně filtru byl připojen na dvě výkonná vzduchová dmychadla El–S–250 s výkonem 300 W značky Secoh s celkovou produkcí 30 000 litrů vzduchu za hodinu. Celkový objem biologického filtru byl ze 40 až 60 % naplněn filtračními bioelementy Random Media BT 10 vyráběných firmou Ratz Ltd. z Německa.

Rozvod vody

V biologickém filtru byla ponořena v děrovaných plastových trubkách, zabraňující nasátí filtračních bioelementů, tři kalová čerpadla dopravující vodu do distribuční nádrže umístěné ve výšce cca 4 metry nad biologickým filtrem. Tato čerpadla společně disponovala výkonem 1800 W a maximálním průtokem 60 000 $l.\ hodinu^{-1}$. Distribuční nádrž byla umístěna nejvýše ze všech součástí RAS. Z této distribuční nádrže potom voda samospádem tekla přes měšovač vody s kyslíkem zpět do odchovných nádrží. Zároveň byla distribuční nádrž vybavena peristaltickým ponorným čidlem, které v součinnosti s GSM bránou kontrolovalo a hlídalo kritické hodnoty hladiny vody v dané nádrži pomocí poklesu tlaku. Toto vybavení při kritických hodnotách hladiny vody v nádrži odesílalo varovné SMS obsluze haly.

Obrázek č. 7 a 8: Vlevo: Nádrže a kontrola stavu obsádky (foto: P. Dobrovolný), Vpravo: Biologický filtr s pohyblivým ložem s trojicí ponořených kalových čerpadel (foto: V. Kučera)

Směšovač vody s kyslíkem

Směšovač vody s kyslíkem zde pracoval těsně před odchovnými nádržemi a voda byla do něj dopravována samospádem z distribuční nádrže. Směšovač pracoval s tlakem 1,5 baru a udržoval nasycení vody kyslíkem na úrovni 100–150 %. Množství čistého kyslíku bylo do směšovače přiváděno nerezovým potrubím, které vedlo kyslík ze zásobní nádrže kyslíku přes kuličkový průtokoměr. Díky tomuto průtokoměru bylo možné regulovat množství dodávaného kyslíku do směšovače vody s kyslíkem.

Sterilizace vody

Sterilizace vody byla ve využitém RAS realizována pomocí ozonizace vody. Ozon byl v experimentální rybochovné hale vyráběn přímo na místě pomocí generátoru ozonu (model OT 10 firmy OZONTECH s.r.o.) s maximálním výkonem 10 g ozonu za hodinu. Ozon byl do vody přiváděn přes regulační ventil, barometr a zpětný ventil do injektoru fungujícího na principu Venturiho trubice. Zbytkový ozon byl odbouráván v pískovém filtru s velmi jemným pískem. Ten zabraňoval potenciálnímu vniknutí zbytkového toxického ozonu do distribuční nádrže a následně do odchovných nádrží. Výrobník

ozonu byl v daném RAS zapínán v závislosti na organickém zatížení vody a podle potřeby sterilizace vody.

Obrázek č. 9 a 10: Vlevo: Biologický filtr s pohyblivým ložem naplněný biologickými medii (foto: V. Kučera) vpravo: Mechanický bubnový filtr (foto: V. Kučera)

3.1.3. Kvalita vody v RAS

Kvalita vody v RAS byla měřena každý den experimentu. Nasycení vody kyslíkem a teplota byla měřena v 7 hodin ráno a v 15 hodin odpoledne pomocí oxymetru Ysi ProSolo ODO. Amoniak a dusitany byly měřeny jednou denně vždy ráno v 7 hodin pomocí kolorimetrické metody. Tato metoda je velmi rychlá, levná, jednoduchá a nenáročná. Její nevýhodou, je ale nutnost likvidace vzorků specializovanou firmou a skutečnost, že osoba provádějící tuto analýzu musí být podle Zákona č. 356/2003 Sb. O chemických látkách a přípravcích odborně způsobilá k manipulaci s toxickými látkami. Jedná se zejména o Nesslerovo činidlo obsahující rtuť. Pomocí kolorimetrické metody jsou stanovovány přibližné koncentrace dusitanů a amoniaku ve vodě z RAS s přesností rozptyl ± 10 %. Pro stanovení amoniaku se odebere z RAS 50 ml vody do průhledné zkumavky. Následně se přidají 2 kapky Seignetovy soli a 1 ml Nesslerova činidla. Vzorek se promíchá a po 10 minutách se zkumavka položí na vodorovnou plochu na již předem připravenou barevnou stupnici. Následně dojde k porovnání zbarvení zkumavky a stupnice. Shodující se barva na stupnici odhalí koncentraci amoniakálního dusíku. Tato koncentrace je následně vynásobena koeficientem 1,29 (stechiometrický koeficient přepočtu amoniakálního dusíku na celkový amoniak), čímž získáme koncentraci

celkového amoniaku. Dle známého vztahu mezi teplotou, pH a procentuálním zastoupení NH_3 pak můžeme dopočítat hodnotu toxického amoniaku.

Pro stanovení dusitanů používáme stejné metody pouze využijeme jiný objem vody (10ml) a využijeme jiná činidla (10 kapek kyseliny sulfanilové, po 5 minutách 10 kapek roztoku NED) a po 10 minutách opět vyhodnotíme zbarvení pomocí odpovídající stupnice. Tím určíme koncentraci dusitanového dusíku. Následný přepočet na dusitany je proveden koeficientem 3,28 (stechiometický přepočet) (Policar a kol., 2018b). pH bylo stanovováno pomocí přenosného pH metru WTW 3310 (WTW, měřící a analytická technika s.r.o., Praha, Česká republika).

Tabulka č. 1: Průměrné parametry kvality vody v průběhu experimentu.

Průměrná hodnota parametru za celé období testu	
Parametr	Průměrná hodnota ± směrodatná odchylka
NH_3 ($mg.l^{-1}$)	0,5 ± 0,25
NO_2 ($mg.l^{-1}$)	0,3 ± 0,16
pH	6,9 ± 0,14
T 7 h (°C)	21,4 ± 0,66
T 15 h (°C)	20,1 ± 0,66
O_2 7 h (%)	127,4 ± 2,37
O_2 15 h (%)	117,0 ± 1,14

3.1.4. Násadový materiál

Násadový candát byl získán z vlastního odchovu využívající kombinaci rybniční a intenzivní akvakultury candáta obecného popsaného a optimalizovaného Policarem a kol. (2013, 2014, 2016a, 2019, 2021). Experimentální ryby candáta obecného byly získány z poloumělých výtěrů, kdy po jejich vylíhnutí byly larvy vysazeny do malých rybníků (do maximální plochy 1,5 hektaru). V rybnících byli odchováváni candáti do stádia rychleného plůdku (cca stáří 7-8 týdnů po vylíhnutí s TL = 40–60 mm). Rychlení candáti byli loveni z rybníků pod jejich hrázemi po sníženém výskytu hrubého zooplanktonu v rybnících. Po výlovu byli candáti transportováni a přeneseni do RAS, kde nejprve proběhla jejich prostorová a potravní adaptace a následný jejich intenzivní odchov v RAS podle Policara a kol. (2013, 2014).

3.1.5. Nasazení experimentu

Test byl nasazen 9. 12. 2020. Do 8 nádrží bylo nasazeno vždy po 1000 ks candáta obecného o průměrné hmotnosti 21,38 ± 7,32 g a proběhla čtrnáctidenní adaptace na daný typ krmiv. Průměrná biomasa nasazovaných ryb byla stanovena na 20,14 kg na nádrž tj. 13,42 $kg.m^{-3}$. Ryby byly rozděleny do dvou experimentálních skupiny se čtyřmi opakováními, kdy každé opakování bylo odchováváno v jedné nádrži. Na počátku experimentu byla u 50 ryb z každé nádrže provedeno biometrické měření, tj. hmotnost (W), celková délka (TL) a délka těla (SL). Biometrické byla prováděna za pomoci digitální váhy značky KERN KB 2400-2N (KERN & Sohn, GnbH, Německo) a měřícího korýtka. Délka těla byla měřena po konec ocasního násadce. Celková délka po konec nejdelší části ocasní ploutve. Ryby byly před biometrikou anestezovány v lázni z hřebíčkového oleje v dávce 0,04 $ml.l^{-1}$ (aplikace 1 ml hřebíčkového oleje do vaničky o objemu 25 litrů).

3.1.6. Aplikace krmiv

Krmivo bylo aplikováno pomocí pásových hodinových krmítek v časovém úseku 16 hodin denně. Jednotlivé krmné dávky byly vždy nastaveny na 1,2 % hmotnosti biomasy za den (DKD = 1,2 %). Jedna testovací skupina byla krmena plovoucím peletovaným krmivem od firmy Skretting (Europa 15 F) o velikosti pelet 3–3,5 mm. Se zvětšující se velikostí ryb byly přidávány stejné pelety, pouze větší velikosti (3,5–5 mm).

Tabulka č. 2: Nutriční složení plovoucího krmiva Skretting Europa 15 F

Velikost granulí (mm)	3–3,5; 3,5–5
Protein (%)	55
Tuky (%)	16
Vláknina (%)	10
Popel (%)	0,7
Fosfor (%)	1,5
Stravitelná energie (MJ/kg)	19,4

Druhá testovací skupina byla krmena potápivým krmivem od firmy BioMar (Effico Sigma) o velikosti pelet 3 mm. Se zvětšující se velikostí ryb byly přidávány stejné pelety pouze s větší velikostí (4,5mm).

Tabulka č. 3: Nutriční složení potápivého krmiva BioMar Effico Sigma

Velikost granulí (mm)	3; 4,5
Protein (%)	55,3
Tuky (%)	16
Vláknina (%)	5,3
Popel (%)	0,6
Fosfor (%)	1
Stravitelná energie (MJ/kg)	21,9

Obrázek č. 11: Oxymetr užívaný na kontrolu kvality vody (foto: V. Kučera)

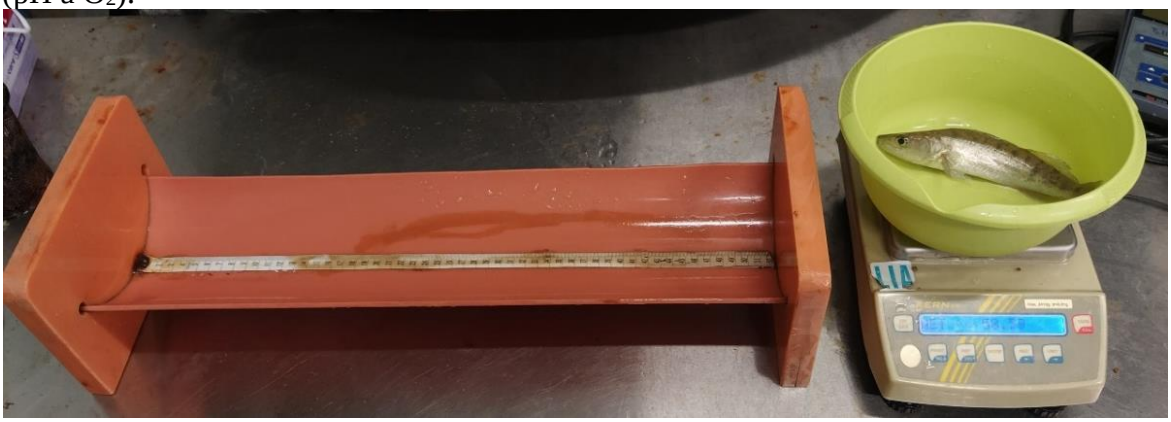
3.1.7. Průběh experimentu a průběžné měření kvality vody a biometrických parametrů

Experimentální skupiny ryb byly nasazeny do rovnoměrně a střídavě rozmístěných nádrží v celém použitém RAS. Experiment probíhal po dobu čtyř dílčích obdobích vždy po 28 dnech, tj. celkem 112 dnů. Na konci každého období byly zjištěny biometrické parametry 50 náhodně vybraných kusů ryb z každé nádrže. Vlastní proces kontrolního přelovení byl následující. Všechny odchovávané ryby byly po částech naloveny do vaniček se vzduchováním a byla zaznamenána celková biomasa všech přeživších odchovávaných ryb v dané nádrži. Tyto ryby byly umístěny „na síť“. Následně bylo náhodně vybráno 50 ks, u nichž byla provedeno detailní biometrické měření. V

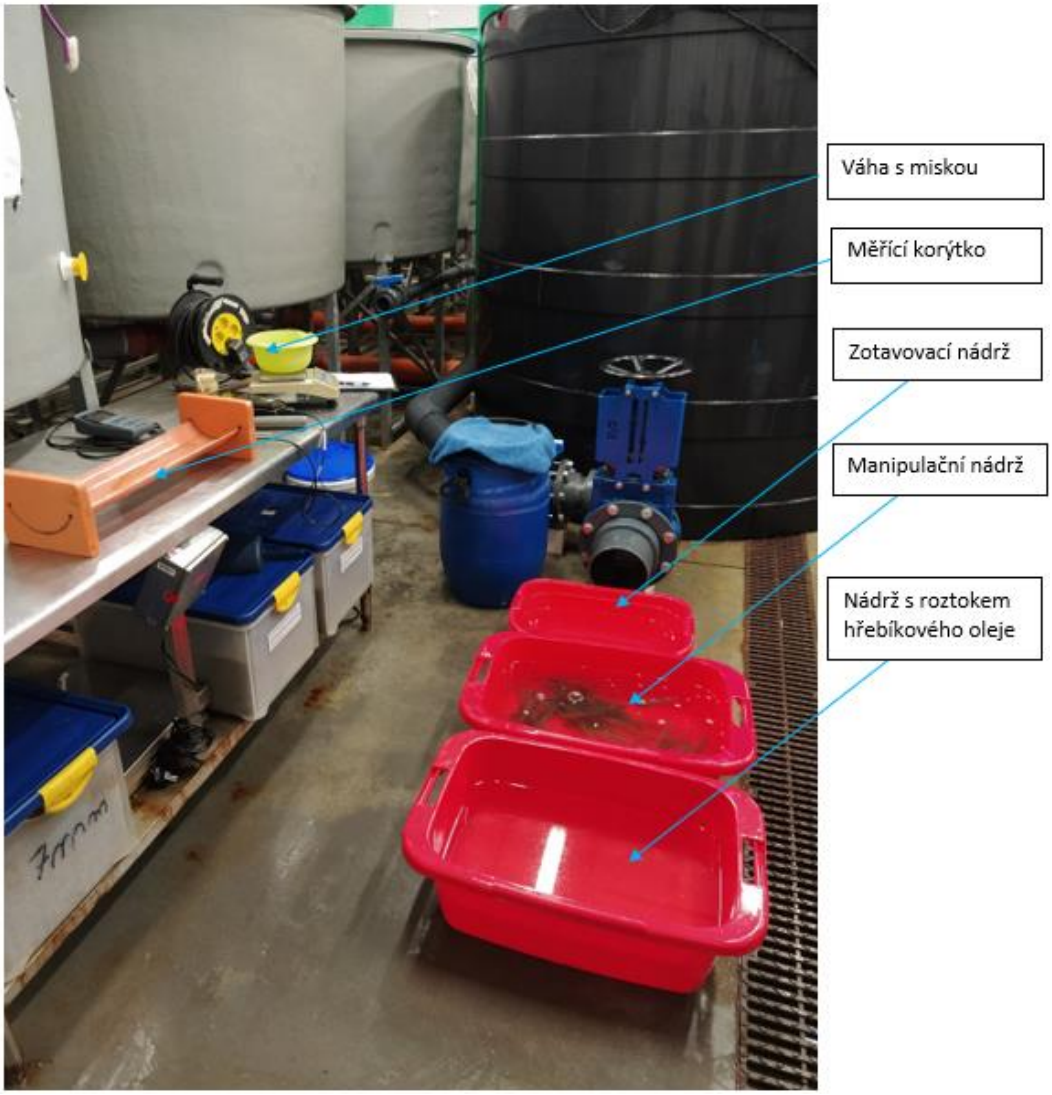
tomto okamžiku proběhlo čištění a propláchnutí dané nádrže bez ryb. Vybrané ryby byly umístěny do manipulační nádrže u biometrického stanoviště a po několika kusech naráz uspávány v roztoku hřebíčkového oleje (stejná dávka jako již byla uvedena). Po zvážení a změření byly ryby přesunuty do zotavovací nádrže, odkud byly po zotavení se z anestezie přemístěny zpět do odchovné nádrže. Zároveň byla dle zjištěné celkové biomasy ryb v nádrži upravena denní krmná dávka. Samotného procesu kontrolního přelovení ryb se účastnili 4 osoby. Jedna osoba na manipulaci s rybami, jedna na měření délky těla a celkové délky, jedna na vážení ryb a jedna na zapisování dat do záznamových archů. Biometrická meření byla prováděna vždy stejnou osobou za pomoci digitální váhy značky KERN KB 2400-2N (KERN & Sohn, GnbH, Německo) a měřícího korýtka. Experiment byl ukončen po čtyřech kontrolních období 31.3.2021.

Průběh činnosti na RAS

Každý den ráno v 7:00 hodin probíhala před odkalením kontrola nespotřebovaného krmiva na dně nádrže. Případné zbytky krmiva byly vyloveny, zváženy a zaznamenány do pracovního deníku. Taktéž byly vyloveny a zaznamenány případné uhynulé ryby. Po odkalení nádrží došlo k naplnění a natažení pásových krmítek (první polovina DKD). Následně byla snížena intenzity osvětlení na minimum (20-50 lux). V těchto podmínkách pak byly ryby ponechány do 15:00 odpoledne, kdy došlo ke kontrolnímu měření parametrů vody (pH a O_2) a opětovné kontrole nespotřebovaného krmiva na dně nádrže a případných úhynů. Vzápětí byla znovu naplněna a natažena pásová krmítka (druhá polovina DKD). Před odchodem denní služby bylo zároveň zhasnuto světlo. V 18:00 došlo k další kontrole parametrů vody večerní kontrolou RAS. (pH a O_2).



Obrázek č. 12: Biometrické měření experimentálních ryb candáta obecného (*Sander lucioperca*) při ukončení kontrolního období (foto: V. Kučera)



Obrázek č. 13: Biometrické stanoviště při ukončení každého kontrolního období v průběhu
realizace experimentu (foto: V. Kučera)

3.1.8. Rozrůstání obsádky

Na počátku a na konci experimentu bylo náhodně vybráno 50 ks ryb z každé nádrže na biometrické šetření. Z těchto dat byl následně vytvořen histogram jednotlivých hmotnostních skupin experimentálních candátů obecných. Ryby v tomto histogramu byly rozděleny do kategorií po 10 g tj. 20-30 g, 30-40 g atd. Tento histogram byl následně využit pro další analýzu.

3.1.9. Zpracování zjištěných dat a výpočty produkčních ukazatelů

Ze zjištěných dat a údajů následně došlo ke stanovení a výpočtu následujících produkčních ukazatelů:

Kumulativní přežití candáta obecného za celý experiment (%) podle (Stejskal a Kouřil, 2006) = $((P_1/100)*(P_2/100)*(P_3/100)*(P_4/100))*100$

Biomasa (g) – součet hmotností všech odchovávaných ryb ve skupině, tj. ve 4 nádržích

Dílčí přežití (%) = ((ryby nasazené – ryby uhynulé) / ryby nasazené) * 100;

Průměrná kusová hmotnost ryb za celý experiment (g) – za jednotlivé období byla vážena individuální kusová hmotnost ryb v (g) u 50 ryb z každé nádrže pro každé období;

Průměrná celková délka ryb za celý experiment (mm) – za jednotlivé období byla měřena individuální celková délka ryb v (mm) u 50 ryb z každé nádrže pro každé období;

FCR-Food Conversion Ratio – **konverze krmiva** podle Stejskala a Kouřila (2006) – vyjadřuje kolik musí ryba přijmout krmiva, aby se její hmotnost zvýšila o 1 kg

$FCR = F / (W_t – W_o)$;

SGR -Specific Growth Rate – **specifická rychlost růstu** podle Stejskala a Kouřila (2006) (specifická rychlost růstu za celý experiment v % tělesné hmotnosti za den)

$SGR= [(\ln W_t – \ln W_0).t^{-1}] *100$;

WG– Weight Gain – **hmotnostní přírůstek** podle Policar a kol. (2014)

Hmotností přírůstek (%) = [(FWB – IWB) / IWB × 100]; FBW- Final body weight (průměrná kusová hmotnost na konci experimentu), IBW- Initial body weight (průměrná kusová hmotnost na začátku experimentu)

Fultonův koeficient – **kondiční koeficient** podle Policar a kol., (2014)

$CF= (W_t/CD^3) *100$

CD– celková délka (mm), W_t – hmotnost biomasy na konci experimentu, W_o– hmotnost biomasy na začátku experimentu, t– počet dní experimentu, F– spotřeba krmiva za dobu experimentu.

3.1.10. Statistické zpracování dat

Na závěr krmného experimentu byla sesbíraná data upravena do elektronické podoby a pro vytvoření grafů byl využit tabulkový software MS Office Excel 365 (Microsoft Corp.). Data byla následně analyzována pomocí analytického softwaru STATISTICA 12 (StatSoft Inc.). Pro analýzu dat byla vybrána jednocestná analýza variance ANOVA. Tukeyho post-hoc test s významností $P <0,05$ byl zvolen pro stanovení rozdílů v biometrických údajích a produkčních ukazatelích obou experimentů. Analýze dat předcházela kontrola homogenity dat s pomocí aplikace Cochran-Bartlettova testu. Naměřené délky těla a celkové délky byly porovnávány pomocí neparametrického testu Kruskal-Wallis.

3.2. Experiment č. 2 – Porovnání vlivu frekvence krmení na produkční ukazatele a welfare ryb

3.2.1. Cíl, místo a čas experimentu

Ve druhém experimentu bylo cílem porovnat vliv frekvence krmení na přežití a růst ryb včetně konverze krmiva, rozrůstání a welfare ryb včetně hodnocení poškození jejich ploutví a biochemického složení krve. V tomto experimentu bylo použito plovoucí krmivo od firmy Skretting (Europa F 15 3–5,5 mm), identické s krmivem užitým v prvním experimentu. Experiment byl uskutečněn v malém experimentálním RAS technologické místnosti č. 1 o objemu vody 4 m^3 Laboratoře intenzivní akvakultury VÚRH v areálu ERPP FROV JU ve Vodňanech, ve dnech 26.1.2021 až 30.3. 2021.

3.2.2. RAS a jeho komponenty

Pro experiment s různými frekvencemi krmení byl využit recirkulační akvakulturní systém vlastní konstrukce postavený pro účely Laboratoře intenzivní akvakultury VÚRH FROV JU v areálu ERPP. Tento systém byl postaven tak, že umožňuje kontrolovat teplotu vody, nasycení vody kyslíkem a světelný režim.

Nádrže

Tento využitý experimentální recirkulační akvakulturní systém zahrnoval 6 odchovných polypropylenových kruhových nádrží o výšce 88,5cm a průměru 62,5cm s pracovním objemem 280 litrů. Nádrže byly kruhového tvaru světle šedé barvy. Přítok vody do nádrže byl regulován pomocí kulových ventilů. Vyústění přítokového potrubí se nacházelo asi 10–15 cm pod hladinou tak, aby nedocházelo ke ztrátám kyslíků do atmosféry. Odtok z nádrže byl zakryt nerezovou mřížkou zabraňující únik ryb do odtokového potrubí. Tato mřížka byla vyměnitelná s možností využít různé velikosti otvorů pro různé velikosti odchovávaných ryb. Odtokové potrubí bylo vedeno podél stěny do mechanického filtru a je vybaveno kulovým ventilem umožňujícím odkalení potrubí mimo mechanický filtr.

Mechanická filtrace

Další součástí daného využitého RAS byl bubnový mechanický filtr německé značky Ratz Ltd. Jednalo se o model BaseDrum 15/60 s maximálním průtokem 15 000 litrů za hodinu. Tento filtr měl vyměnitelná vnitřní síta o různých průměrech ok síta.

Biologická filtrace

Biologická filtrace byla tvořena biologickým filtrem s pohyblivým ložem, který byl umístěný do polypropylenové nádže o rozměrech 85 x 140 x 85 cm (využitelný objem 890 l) s nainstalovaným provzdušňovacím roštem na jeho dně. Tento filtr byl naplněn ze 40–45 % filtračním mediem Random Media BT 10 od firmy Ratz Ltd. Filtrační médium bylo zde míseno s vodou pomocí již zmíněného provzdušňovacího roštu. Tlak vzduch do roštu vyrábělo vzduchové dmychadlo Secoh EL–S 250 W.

Rozvody vody, sterilizace, vzduchování a bezpečnost RAS

Voda z biologického filtru byla čerpána čerpadlem Calpeda C 4/1/A 0,55kw (Calpeda, Montorso VI, Itálie) do předfiltru Nexus 310, který byl umístěný nad biologickým filtrem. Předfiltr Nexus složil k následné distribuci vody do odchovných nádrží. Součástí systému byly ventily přítokového potrubí vedoucí přefiltrovanou vodu do nádrží. Tyto ventily byly nastaveny tak, aby bylo možné udržovat standartní výměnu vody v nádrži (cca 2–2,5x za hodinu). Pro udržení dobré kvality vody a její sterilizaci byl do přítokového potrubí do nádrží zapojen UV zářič EVO 110 Evolution Aqua Ltd. Z důvodu bezpečnosti systému byla do RAS zapojena dvě čidla. Konkrétně se jedná o tlakové a průtokové čidlo napojené na hlavní monitorovací, řídící a informační jednotku daného systému. Ta při havarijním poklesu vody v RAS odeslala SMS odpovědné obsluze systému. Tento RAS byl napuštěn pitnou vodou 14 dní před nasazením ryb do experimentu. V tomto období docházelo k zabíhání biologických filtrů za využití 8 % octa, chloridu amonného a přípravku Bactogel pro podporu kultury nitrifikačních bakterií v daném systému.

Obrázek č. 14: Nádrže a nainstalovaná automatická krmítka (foto: V. Kučera)

Obrázek č. 15 a 16: Vlevo: mechanický filtr BaseDrum (foto: V. Kučera), vpravo: automatické krmítko Imetronic (foto: V. Kučera)

3.2.3. Kvalita vody v RAS

Kvalita vody v daném využitém RAS byla měřena každý den experimentu. Nasycení vody kyslíkem a teplota byla měřena v 7 hodin ráno a v 15 hodin odpoledne pomocí oxymetru Ysi ProSolo ODO. Hodnoty pH byly měřeny pomocí pH metru WTW 3310 (WTW měřící a analytická technika s.r.o., Česká republika). Amoniak a dusitany byly měřeny jednou denně, vždy ráno v 7 hodin pomocí kolorimetrické metody, stejně jako již bylo popsáno v kapitole 3.1.3.

Tabulka č. 4: Průměrné parametry kvality vody průběhu experimentu.

Průměrná hodnota parametru za celé období testu	
Parametr	Průměrná hodnota ± směrodatná odchylka
NH_3 ($mg.l^{-1}$)	0,8 ± 1,12
NO_2 ($mg.l^{-1}$)	1,5 ± 3,22
pH	7,2 ± 0,23
T 7 h (°C)	20,8 ± 0,55 º C
T 15 h (°C)	19,9 ± 0,64º C
O_2 7 h (%)	105,7 ± 5,52 %
O_2 15 h (%)	104,4 ± 5,01 %

3.2.4. Materiál

Násadový candát byl získán z vlastního odchovu využívající kombinaci rybniční a intenzivní akvakultury candáta obecného popsaného a optimalizovaného Policarem a kol. (2013, 2014, 2016a, 2019, 2021). Experimentální ryby candáta obecného byly získány z poloumělých výtěrů, kdy po jejich vylíhnutí byly larvy vysazeny do malých rybníků (do maximální plochy 1,5 hektaru). V rybnících byli odchováváni candáti do stádia rychleného plůdku (cca stáří 7-8 týdnů po vylíhnutí s TL = 40–60 mm). Rychlení candáti byli loveni z rybníků pod jejich hrázemi po sníženém výskytu hrubého zooplanktonu v rybnících. Po výlovu byli candáti transportováni a přeneseni do RAS, kde nejprve proběhla jejich prostorová a potravní adaptace a následný jejich intenzivní odchov v RAS podle Policara a kol. (2013, 2014).

3.2.5. Nasazení testu

Experiment byl nasazen 26. 1. 2021. Do 6 odchovných nádrží bylo nasazeno vždy po 100 ks candáta obecného o průměrné hmotnosti 37,43 ± 11,71g, u kterých po nasazení proběhla čtrnáctidenní adaptace na nový typ krmiva. Průměrná biomasa byla stanovena na 3,74 kg na nádrž tj. 13,35 $kg.m^{-3}$. Ryby byly rozděleny do tří testovacích skupiny se dvěma opakováními (dvě odchovné nádrže). Jednotlivé experimentální skupiny byly rovnoměrně rozmístěny do nádrží po celém systému. Na začátku experimentu byla u všech experimentálních ryb z každé nádrže provedeno biometrické šetření, tj. hmotnost (W), celková délka (TL) a délka těla (SL). Biometrické šetření bylo prováděna za pomoci digitální váhy značky KERN KB 2400-2N (KERN & Sohn, GnbH, Německo) a měřícího korýtka. Ryby byly před šetřením znehybněny v roztoku hřebíčkového oleje v dávce 0,04 ml. l^{-1} (aplikace 1 ml hřebíčkového oleje do vaničky o objemu 25 litrů).

3.2.6. Aplikace krmiv

V tomto experimentu bylo využito plovoucí krmivo od firmy Skretting a to konkrétně krmivo Europa 15 F (3–5,5 mm). DKD byla rozdělena na 3, 6 a 12 dávek v průběhu dne. Krmení bylo realizováno za pomocí speciálních automatických krmítek Imetronic SELF–Feeder. Detailní popis těchto krmítek je uveden v kapitole této práce 2.5.6. Detailní popis experimentální distribuce krmiv v jednotlivých skupinách, potažmo v odchovných nádržích je zobrazen v tabulkách 5, 6, 7 a 8.

Tabulka č. 5: Nastavení aplikace krmiv v 1. období

Experimentální skupina (čísla nádrží ve skupině)	Frekvence krmení	Interval dávkování krmiva	Denní dávka krmítkem na nádrž	Počet otoček válce krmítka	Ruční dokrmení v 10:00	DKD na nádrž
Skupina 1 (N1 a N4)	12x denně	2 hod	27 g	1x	9 g	36 g
Skupina 2 (N2 a N5)	6x denně	4 hod	27 g	2x	9 g	36 g
Skupina 3 (N3 a N6)	3x denně	8 hod	33 g	3x	3 g	36 g

Tabulka č. 6: Nastavení aplikace krmiv ve 2. období

Experimentální skupina (čísla nádrží ve skupině)	Frekvence krmení	Interval dávkování krmiva	Denní dávka krmítkem na nádrž	Počet otoček válce krmítka	Ruční dokrmení v 10:00	DKD na nádrž
Skupina 1 (N1 a N4)	12x denně	2 hod	36 g	1x	12 g	48 g
Skupina 2 (N2 a N5)	6x denně	4 hod	42 g	2x	6 g	48 g
Skupina 3 (N3 a N6)	3x denně	8 hod	45 g	4x	3 g	48 g

Tabulka č. 7: Nastavení aplikace krmiv ve 3. období

Experimentální skupina (čísla nádrží ve skupině)	Frekvence krmení	Interval dávkování krmiva	Denní dávka krmítkem na nádrž	Počet otoček válce krmítka	Ruční dokrmení v 10:00	DKD na nádrž
Skupina 1 (N1 a N4)	12x denně	2 hod	57 g	2x	0 g	57 g
Skupina 2 (N2 a N5)	6x denně	4 hod	57 g	5x	0 g	57 g
Skupina 3 (N3 a N6)	3x denně	8 hod	57 g	5x	0 g	57 g

Tabulka č. 8: Časy aplikace krmiv v jednotlivých experimentálních skupinách

Testovaná skupina (počet dávek za den)	Čas krmení
Skupina 1 (12x)	**10:00**–12:00–14:00–16:00–18:00–20:00–22:00–24:00–02:00–04:00–06:00–08:00
Skupina 2 (6x)	**10:00**–14:00–18:00–22:00–02:00–06:00
Skupina 3 (3x)	**10:00**–18:00–02:00

Ruční dokrmování bylo realizováno z důvodu potřeby vyrovnání rozdílů při dávkování krmení válcem automatického krmítka vždy v 10:00. Jedná se o okamžik, kdy všechny skupiny byly krmeny automatickým krmítkem a zároveň ve vyhovující dobu pro obsluhu daného experimentu.

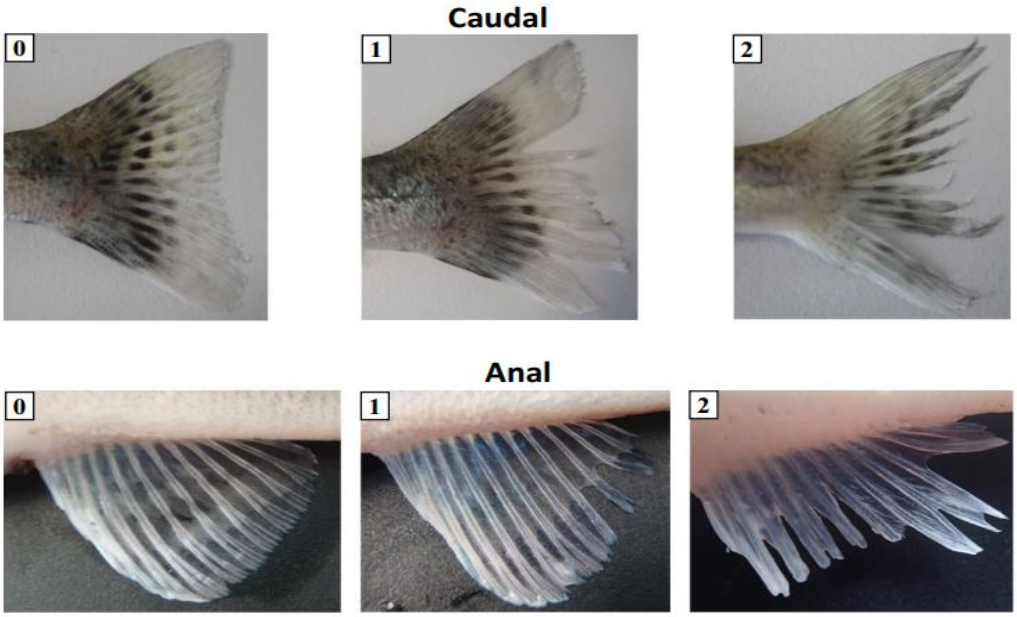
Obrázek č. 17: Hřebíčkový olej s dávkovací stříkačkou (foto: V. Kučera)

3.2.7. Průběh testu a měření

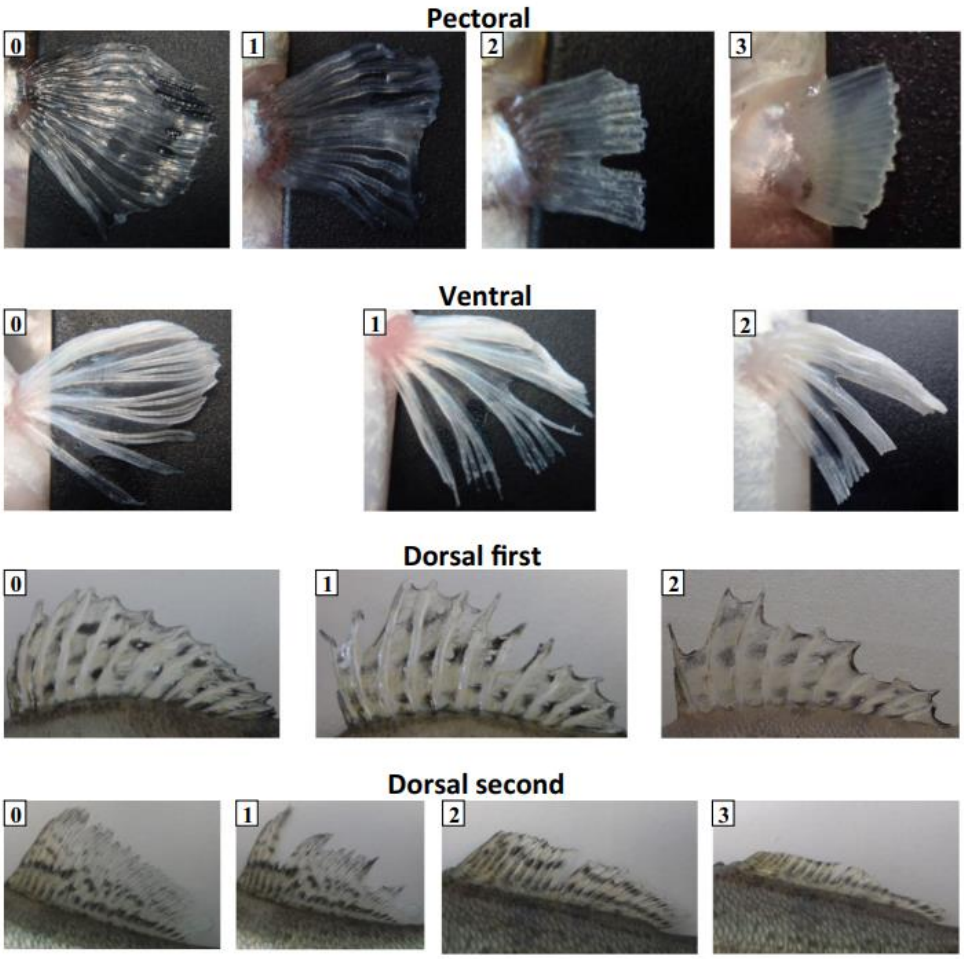
Experiment probíhal v průběhu třech kontrolních období vždy po 21 dnech, tj. celkem 63 dnů. Na konci experimentu bylo provedeno biometrické šetření a vážení všech přeživších a odchovaných ryb v jednotlivých skupinách a nádržích. Biometrické šetření bylo prováděno vždy stejnou osobou za pomoci digitální váhy značky KERN KB 2400-2N (KERN & Sohn, GmbH, Německo) a měřícího korýtka. Ryby byly před biometrikou anestezovány v roztoku hřebíčkového oleje připraveného stejně jako v předchozích částech této práce. Na konci testu bylo vybráno 12 ryb z každé experimentální skupiny, a těmto rybám byla odebrána krev veterinářem, následně byly usmrceny a podrobeny pitvě.

3.2.8. Stanovení stupně poškození ploutví

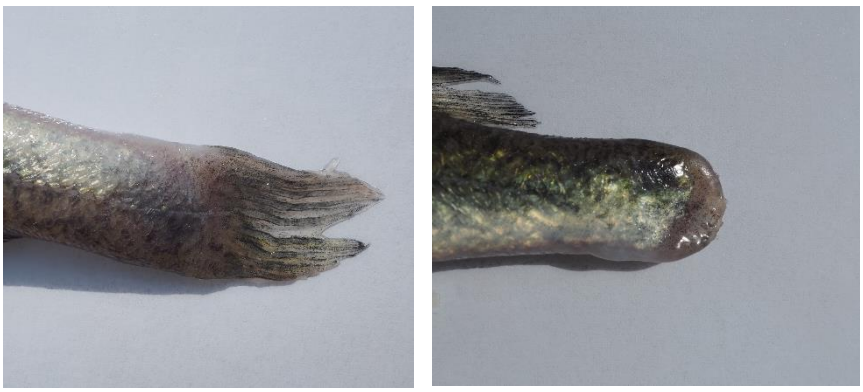
Poškození ploutví bylo stanoveno u 30 ryb z každé nádrže, tj. u 60 ryb z každé skupiny. Stanovení stupně poškození bylo provedeno pomocí porovnání stavu ploutve s obrázky v publikaci od Policara a kol., 2016b) a to v rozsahu uvedeném v této publikaci, tj. kategorie 0-2 (přední hřbetní, ocasní a řitní ploutev) a kategorie 0-3 (prsní a druhá hřbetní ploutev). Při hodnocení stupně poškození ploutví u odchovaných ryb candáta obecného při různé frekvenci aplikace krmiv však bylo objeveno několik jedinců, kteří měli stupeň poškození ploutví daleko vážnější, než bylo publikováno Policarem a kol. (2016b) a stupeň poškození jejich ploutví nebylo možné zařadit ani do jedné kategorie. Těmto rybám zcela chyběla ocasní nebo řitní ploutev. Jelikož bylo možné vyloučit bakteriální rozpad ploutví i skupinové značení „střižením“ přistoupil jsem pro účely této práce k přidání další kategorie poškození. **4-** absolutní poškození ploutve, tj. její absence. Následně jsem rozšířil kategorii poškození ploutví u odchovaných candátů tak, aby u všech ploutví bylo 5 kategorií (0-4). U párových ploutví bylo stanoveno poškození každé ploutve zvlášť. Výsledky byly následně zprůměrovány. Obrázky, podle nichž bylo poškození ploutví stanovováno můžeme vidět níže (obrázky č. 18 a 19).



Obrázek č. 18: Stupně poškození ocasní a řitní ploutve u juvenilních candátů chovaných v různých podmínkách. **0**- minimální nebo nezřetelné poškození (<5 %), **1**- malé poškození (5-30 %), **2**- střední poškození (30-70 %) (Policar a kol. 2016b).



Obrázek č. 19: Stupně poškození párových a hřbetních ploutví u juvenilních candátů chovaných v různých podmínkách. **0**- minimální nebo nezřetelné poškození (<5 %), **1**- malé poškození (5-30 %), **2-** střední poškození (30-70 %), **3 –** rozsáhlé poškození (více něž 70% ploutve) (Policar a kol. 2016b).



Obrázek č. 20 a 21: Vlevo: poškození ocasní ploutve v kategorii 3 – rozsáhlé poškození (více něž 70% ploutve), vpravo: poškození ocasní ploutve v kategorii 4 - absolutní poškození ploutve (foto: V. Kučera)

3.2.9. Odběr krve, její zpracování a pitva

Při ukončení testu bylo podrobeno 36 jedinců odběru krve a následné pitvě. Pro odběr krve bylo vybráno vždy 6 jedinců z každé nádrže tj.12 jedinců z každé skupiny. Tyto vzorky byly následně zpracovány v laboratoři. Krev byla odebrána z ocasních cév (*vena* a *arteria caudalis*) za využití odběrového materiálu ošetřeného protisrážecím přípravkem, tj. vodným roztokem sodné soli heparinu v koncentraci 5 000 m.j. na 1ml (přípravek Heparin Léčiva inj. 1 x 10 ml / 50 KU). Pro získání krevní plazmy byly odebrané vzorky krve neprodleně po odběru odstředěny na odstředivce Mini-Centrifuge Fisherbrand, HSA02213 (Heathrow Scientific®LLC, Illinois, USA) (1–2 minuty při 12 000–16 000 otáčkách za minutu). Krevní plazma byla odebrána z ihned po odstředění mikropipetou za použití jednorázové špičky. Takto získaná krevní plazma byla skladována při teplotě min. –20 °C. Měření biochemických parametrů krve ryb bylo provedeno na přístroji FUJi DRI–CHEM NX 500i (FUJIFILM Europe, GmbH, Dusseldorf, Německo). Jednotlivá stanovení vybraných biochemických parametrů na přístroji FUJi DRI–CHEM NX 500i byla měřena pomocí reagenčních disků (slide) pro vzorkový objem plazmy odpovídající 10 µl.Po odběru krve byly ryby usmrceny a podrobeny pitvě. Po otevření tělní dutiny byly vyjmuty orgány pomocí nůžek a pinzety. Odebrána byla játra, slezina a intraperitoneální tuk. Po osušení byly jednotlivé orgány zváženy pro stanovení somatických indexů pomocí váhy Steinberg Basic SBS-LW-5000/100, Německo.

Obrázek č. 22: Otevření břišní dutiny experimentálního candáta obecného (*Sander luciperca*) před odebráním orgánů (foto: V. Kučera)

Obrázek č. 23: Pitevní souprava, váha na vážení ogránů a záznamy před začátkem pitvy (foto: V. Kučera)

3.2.10. Rozrůstání obsádky

Na počátku a na konci experimentu byly všechny ryby z každé nádrže podrobeny biometrickému šetření. Z těchto dat byl následně vytvořen histogram jednotlivých hmotnostních skupin experimentálních candátů obecných. Ryby v tomto histogramu byly rozděleny do kategorií po 10 g tj. 20-30 g, 30-40 g atd. Tento histogram byl následně využit pro další analýzu.

3.2.11. Zpracování zjištěných dat a výpočty produkčních ukazatelů

Ze zjištěných dat a údajů následně došlo ke stanovení a výpočtu následujících produkčních ukazatelů:

Kumulativní přežití candáta obecného za celý experiment (%) podle (Stejskal a Kouřil, 2006) $= ((P_1/100)*(P_2/100)*(P_3/100)*(P_4/100))*100$

Biomasa (g) – součet hmotností všech odchovávaných ryb ve skupině, tj. v 6 nádržích

Dílčí přežití (%) = ((ryby nasazené – ryby uhynulé) / ryby nasazené) * 100;

Průměrná kusová hmotnost ryb za celý experiment (g) – za jednotlivé období byla vážena individuální kusová hmotnost ryb v (g) u 50 ryb z každé nádrže pro každé období;

Průměrná celková délka ryb za celý experiment (mm) – za jednotlivé období byla měřena individuální celková délka ryb v (mm) u 50 ryb z každé nádrže pro každé období;

FCR-Food Conversion Ratio – **konverze krmiva** podle Stejskala a Kouřila (2006) – vyjadřuje kolik musí ryba přijmout krmiva, aby se její hmotnost zvýšila o 1 kg

$FCR = F / (W_t – W_o)$;

SGR -Specific Growth Rate – **specifická rychlost růstu** podle Stejskala a Kouřila (2006) (specifická rychlost růstu za celý experiment v % tělesné hmotnosti za den)

$SGR= [(\ln W_t – \ln W_0).t^{-1}] *100;$

WG– **Weight Gain** – **hmotnostní přírůstek** podle Policar a kol. (2014)

Hmotností přírůstek (%) = [(FWB – IWB) / IWB × 100];

FBW- Final body weight (průměrná kusová hmotnost na konci experimentu), IBW- Initial body weight (průměrná kusová hmotnost na začátku experimentu)

Fultonův koeficient – **kondiční koeficient** podle Policar a kol., (2014)

$CF= (W_t/CD^3) *100$

CD– celková délka (mm), W_t – hmotnost biomasy na konci experimentu, W_o– hmotnost biomasy na začátku experimentu, t– počet dní experimentu, F– spotřeba krmiva za dobu experimentu.

Somatické indexy- podle Stejskal a kol., (2016)

HSI- hepatosomatický index

HSI = (W_l / W) * 100; W_l = hmotnost jater (g), W = kusová hmotnost ryby

SI-spleen index - index sleziny

SI = (W_s / W) * 100; W_s = hmotnost sleziny (g)

IPF - intraperitoneal fat index- index intraperitoneálního tuku

IPF= (W_{IPF} / W) * 100; W_{IPF}= hmotnost intraperitoneálního tuku (g)

3.2.12. Statistické zpracování dat

Statistické zpracování dat bylo provedeno stejnou metodou jako u experimentu č.1. Popis zpracování dat je zde uveden v kapitole 3.6.10.

4. Výsledky

4.1. Výsledky Experimentu č.1- Porovnání vlivu plovoucího a potápivého krmiva na produkční ukazatele v rámci intenzivního chovu candáta obecného v RAS

4.1.1. Přežití

V průběhu experimentu nedošlo k žádným výrazným úhynům odchovávaných ryb a hodnota přežití se u obou testovacích skupin významně statisticky nelišila. Konkrétně míra přežití byla 92,13 ± 4,79 % u skupiny krmené plovoucím krmivem a 94,45 ± 3,4 % u skupiny krmené potápivým krmivem. P–value bylo 0,5188.

4.1.2. Konverze krmiva (FCR) a specifická rychlost růstu (SGR)

U obou testovacích skupin tak bylo dosaženo velmi příznivých výsledků konverze krmiva i specifické rychlosti růstu. Lepší FCR bylo dosaženo u potápivého krmiva a to konkrétně 0,88 ± 0,02 $kg.kg^{-1}$, oproti FCR 0,93 ± 0,03 $kg.kg^{-1}$ u krmiva plovoucího. I zde bylo dosaženo statisticky významného rozdílu s P– value 0,0364. Totéž platí i pro SGR kde bylo dosaženo hodnot 1,24 ± 0,08 $\%.d^{-1}$ u potápivého krmiva a 1,13 ± 0,03 $\%.d^{-1}$ u krmiva plovoucího. P– value bylo stanoveno na 0,0305.

4.1.3. Individuální růst a biomasa

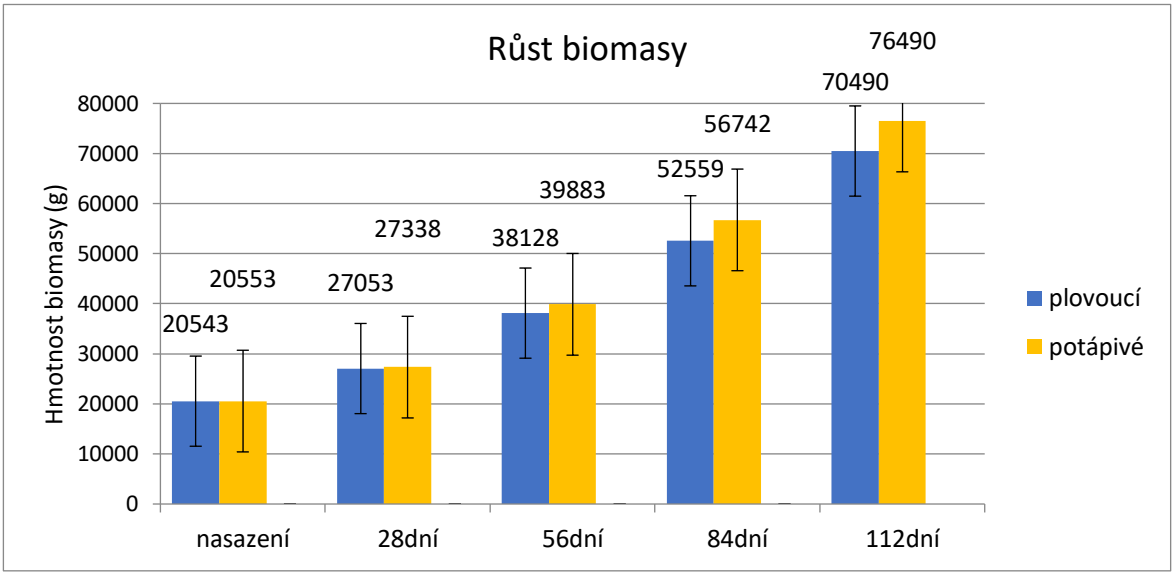
Biomasa

V obou testovacích skupinách došlo během experimentu k výraznému zvýšení průměrné biomasy v nádrži. Rozdíl mezi oběma skupinami se zvyšuje s dobou odchovu, jak můžeme vidět na grafu č.1. Zatímco na počátku odchovu byla průměrná biomasa v nádrži v obou skupinách stejná (20 543 g a 20 553 g), po 8 týdnech odchovu byl pozorován rozdíl 1 755 g a po 16 týdnech rozdíl již 6 000 g. Lepšího výsledku bylo dosaženo ve skupině krmené potápivým krmivem.

Kusová hmotnost

Na začátku experimentu byli nasazeni hmotnostně vyrovnaní experimentální candáti obecní o průměrné kusové hmotnosti 21,38 ± 7,32 g bez statistických rozdílů mezi skupinami. Ve skupině krmené plovoucím krmivem 20,36 ± 5,91g a ve skupině s potápivou dietou 19,93 ± 5,53g. P–value bylo stanoveno na 0,451. Na konci experimentu byl pozorován značný přírůstek kusové tělesné hmotnosti se statisticky

významným rozdílem mezi testovanými skupinami. Průměrná kusová hmotnost na konci experimentu ryb krmených plovoucím krmivem byla 72,12 ± 36,47g, u ryb krmených potápivým krmivem 80,01 ± 40,97g. P–value bylo stanoveno na 0,0431.



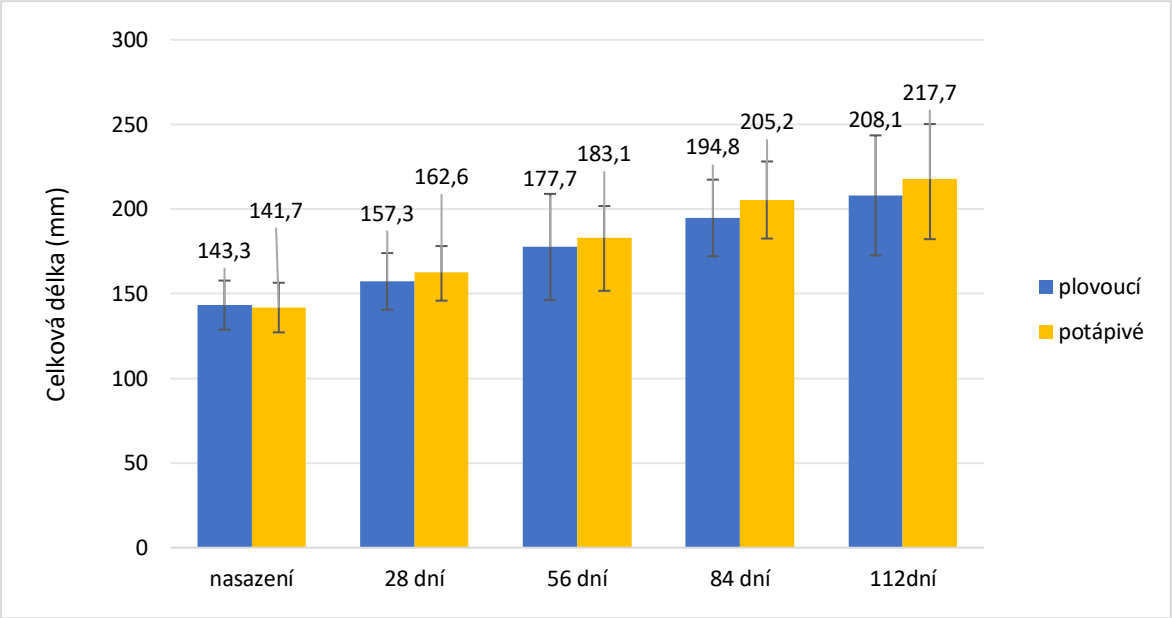
Graf č. 1: Růst průměrné biomasy v testovací skupině za 112 dní odchovu, rozdělený na dílčí období experimentu.

Hmotnostní přírůstek – WG (weight gain)

Ryby v průběhu experimentu výrazně navýšili svou průměrnou kusovou hmotnost. Hmotnostní přírůstek byl 301,8 ± 36,62 % u skupiny ryb krmené potápivým krmivem a 254,69 ± 12,06 % u skupiny krmené plovoucím krmivem. Tato skutečnost pozitivně koreluje s vývojem kusové hmotnosti odchovávaných ryb a přírůstkem jejich biomasy v průběhu tohoto experimentu.

Celková délka – TL (total length)

Rozdílné výsledky byly pozorovány i v celkové délce odchovávaných ryb, opět ve prospěch skupiny krmené potápivým krmivem. Na začátku odchovu byla průměrná celková délka ryb stanovena na 143,3 mm (plovoucí) a 141,7 mm (potápivé) (viz. graf č. 2). Po 8 týdnech odchovu se rozdíl v rámci průměrné délky mezi testovanými skupinami zvětšil na 5,4 mm a po 16 týdnech na 9,6 mm, vždy ve prospěch skupiny krmené potápivým krmivem. Tato skutečnost pozitivně koreluje s vyšším přírůstkem kusové hmotnosti i s vyšším nárůstem biomasy ve skupině krmené potápivým krmivem.



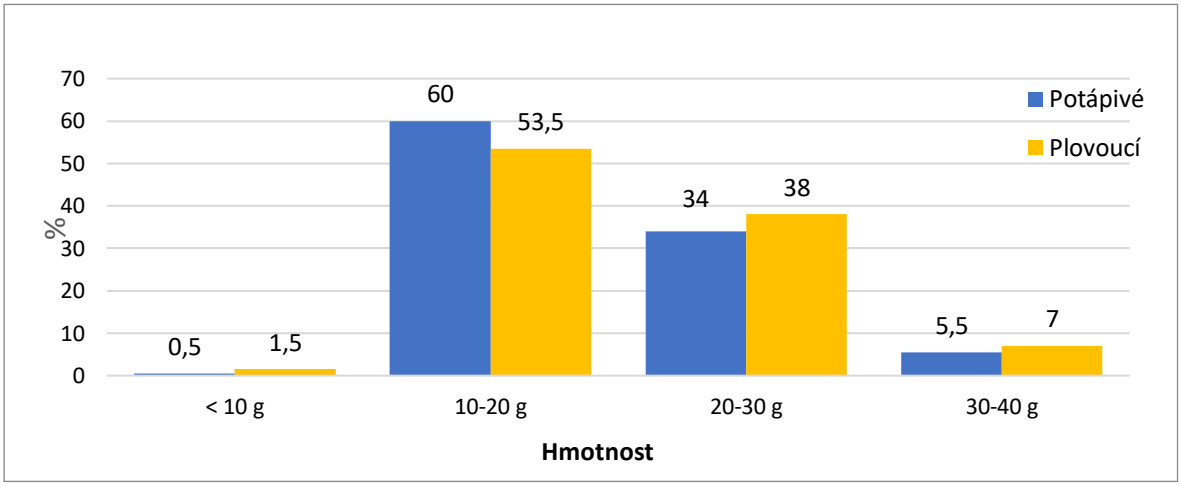
Graf č. 2: Průměrná celková délka experimentálních ryb za 112 dní odchovu, rozdělena po dílčí obdobích experimentu.

4.1.4. Velikostní rozrůstání obsádky

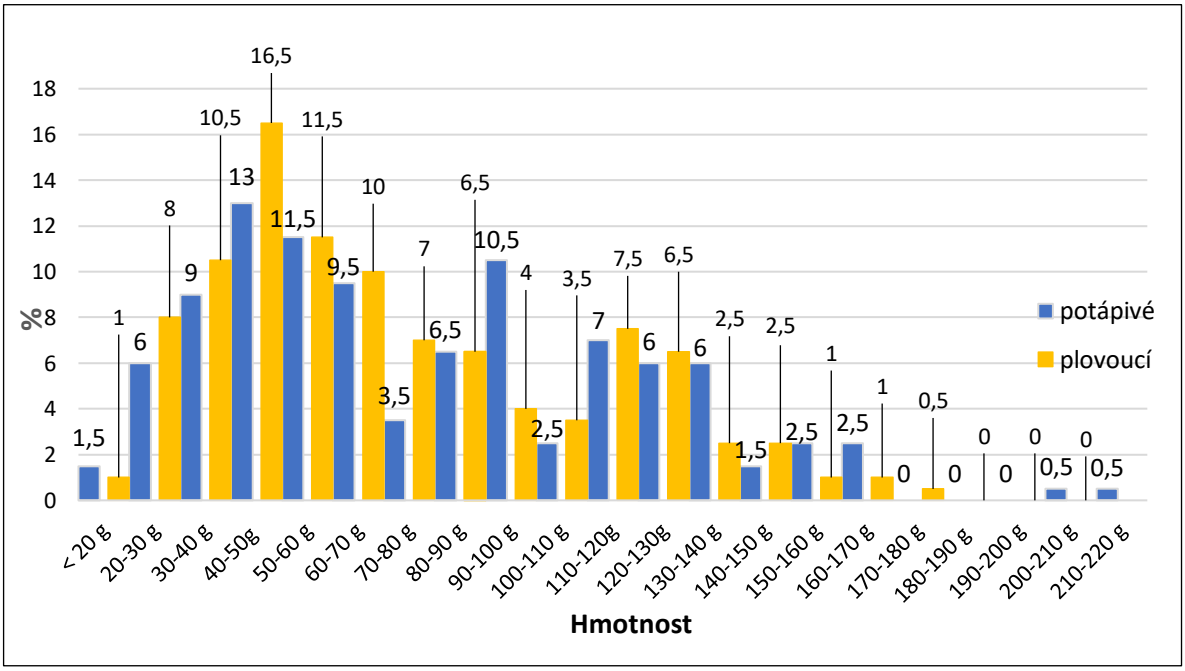
Na začátku experimentu byla nasazena hmotnostně vyrovnaná obsádka se statisticky nevýznamným rozdílem kusové hmotnosti nasazovaných ryb. V grafu č. 3 vidíme na histogramu přítomnost pouze 4 hmotnostních skupin. Navíc majoritní podíl (tedy 94 % (potápivé) a 91,5 % (plovoucí)) všech jedinců se nachází pouze ve dvou kategoriích (10-20 g a 20-30 g). Obsádka je zde velmi vyrovnaná a vhodná pro další odchov v RAS.

Situace na konci experimentu je zcela rozdílná. Oproti grafu č. 3 vidíme na grafu č. 4 téměř pětinásobek počtu hmotnostních skupin. Ve skupině plovoucí vidíme ryby v celkem 17 hmotnostních kategoriích, ve skupině potápivé v 18 hmotnostních kategoriích, od méně než 20 g do 220 g. Pro porovnání znovu uvádím průměrnou kusovou hmotnost na konci období u ryb krmených plovoucím krmivem (72,12 ± 36,47 g,) a u ryb krmených potápivým krmivem (80,01 ± 40,97 g). V grafu také můžeme pozorovat přítomnost 1 % „super jedinců“ atakujících hranici 200 g ve skupině krmené potápivým krmivem a 1,5 % jedinců atakujících 180 g ve skupině krmené plovoucím krmivem. Toto číslo je velmi nízké, nicméně může potenciálně znamenat přítomnost 40 ks 200 g ryb ve skupině potápivé a 60 ks 180 g ryb ve skupině plovoucí. Tyto ryby mohou svojí dravostí a agresivitou ovlivnit produkční ukazatele a způsobovat kusové ztráty na menších jedincích. Tito „super jedinci“ mohou velmi malé jedince ve společné nádrži buďto pozřít nebo poškodit natolik, že následně dojde k jejich úhynu v důsledku sekundární infekce

nebo celkového oslabení organismu. Pokud se zaměříme na hmotnostní kategorie v rozsahu ± 30 g průměrné hmotnosti obou skupin, tj. na kategorie 40-50 g, 50-60 g, 60-70 g, 70-80 g, 80-90 g, 90-100 g a 100-110 g, zjistíme, že souhrnné procentuální zastoupení skupin v těchto kategoriích je v 66 % u plovoucího krmiva a 57 % u krmiva potápivého. Rozdíl 9% tak může znamenat nižší tendenci k rozrůstání se u ryb krmených plovoucím krmivem. Této domněnce nahrává i přítomnost extrémně velkých jedinců (s kusovou hmotností vyšší než 200 g) ve skupině krmené potápivým krmivem.



Graf č. 3: Zastoupení hmotnostních kategorií nasazovaných ryb candáta obecného (*Sander lucioperca*) na začátku experimentu.



Graf č. 4: Zastoupení hmotnostních kategorií odchovaných experimentálních ryb candáta obecného (*Sander lucioperca*) na konci experimentu (16 týdnů odchovu)

Obrázek č. 24: Ukázka rozrůstání se obsádky candáta obecného (*Sander lucioperca*) v nádrži č. 6, krmené potápivým krmivem (foto: V. Kučera).

4.1.5. Shrnutí výsledků

Pro přehlednost shrnuji všechny výsledky uvedené v následující tabulce č. 9. Všechny hodnocené produkční ukazatele vykazují lepší výsledky u skupiny krmené potápivým krmivem. Jedinými výjimkami je zde přežití, u kterého nebylo dosaženo statisticky významného rozdílu a rozrůstání obsádky, které se jeví nižší u skupiny plovoucí. Po posouzení jednotlivých ukazatelů, mohu prohlásit, že bylo dosaženo lepších výsledků ve skupině s potápivým krmivem.

Tabulka č. 9: Shrnutí produkčních ukazatelů a přežití v experimentu č. 1.

	Plovoucí	**Potápivé**	**F–statistics**	**P–value**
IBW (g)	20,36 ± 5,91	19,93 ± 5,53	F(1, 398)= 0.5686	p= 0.4512
FBW (g)	72,12± 36,47 [a]	80,01 ± 40,97 [b]	F(1, 398)= 4.1167	p= 0.0431
WG (%)	254,69 ± 12,06 [a]	301,8 ± 36,62 [b]	F(1, 398)= 3.9987	p= 0.0462
SGR (%.d^{-1})	1,13 ± 0,03 [a]	1,24 ± 0,08 [b]	F(1, 398)= 4.7173	p= 0.03045
TL (mm)	210,21 ± 34,61 [a]	218,46 ± 34,89 [b]	F(1, 398)= 8.0080	p= 0.00489
FCR (g.g^{-1})	0,93 ± 0,03 [a]	0,88 ± 0,02 [b]	F(1, 6) = 7.2021	p= 0.0363
CF	1,16 ± 0,10 [a]	1,09 ± 0,18 [b]	F(1, 398)= 18.1190	p= 0.00003
Survival (%)	92,13 ± 4,79	94,45 ± 3,4	F(1, 6) = 0.4695	p= 0.5187

4.2. Výsledky experimentu č. 2- Porovnání vlivu frekvence krmení na produkční ukazatele a welfare ryb

4.2.1. Produkční ukazatele

4.2.1.1. Přežití

V průběhu experimentu nedošlo k žádným výrazným úhynům odchovávaných ryb a hodnota přežití byla stanovena na 97,5 ± 0,5 % (12x denně), 99,5 ± 0,5 % (6x denně) a 98,0 ± 2 % (3x denně).

4.2.1.2. Kusová hmotnost (IBW a FBW) a hmotnostní přírůstek (WG)

Ryby v průběhu experimentu značně navýšili svou hmotnost. Ve skupině 12x denně ryby navýšili svou průměrnou kusovou hmotnost z 37,48 ± 12,29 g (na 71,38 ± 26,70 g. To znamená hmotností přírůstek na úrovni 91,65 ± 0,74 %. Skupina 6x denně navýšila svou průměrnou kusovou hmotnost z 37,49 ± 11,18 g na 71,20 ± 22,88 g. To znamená hmotnostní přírůste na úrovni 89,92 ± 0,12 %. Skupina 3x denně navýšila svou průměrnou kusovou hmotnost z 37,32 ± 11,64 g na 67,34 ± 24,86 g. To znamená hmotnostní přírůstek 80,54 ± 3,94%. Nebylo zde dosaženo žádného statisticky významného rozdílu mezi skupinami. Nicméně můžeme pozorovat mírně nižší hmotnostní přírůstek u skupiny krmené 3x denně. S touto skutečností pozitivně koreluje i mírně nižší průměrná kusová hmotnost na konci experimentu ve skupině 3x denně.

4.2.1.3. Specifická rychlost růstu (SGR)

V experimentu bylo dosaženo specifické rychlosti růstu na úrovni 1,03 ± 0,01 %. den^{-1} (12x denně), 1,02 ± 0,0 %.den^{-1} (6x denně) a 0,94 ± 0,03 %. den^{-1} (3x denně). Nebylo zde dosaženo statisticky významného rozdílu. Specifická rychlost růstu zde stoupá se zvyšující se frekvencí krmení v průběhu dne.

4.2.1.4. Celková délka (TL)

Celková délka ryb byla při ukončení experimentu stanovena na 206,92 ± 23,41 mm (12x denně), 208,17 ± 20,64 mm (6x denně) a 204,7 ± 22,62 mm (3x denně). Nebylo zde dosaženo statisticky významného rozdílu mezi skupinami.

4.2.1.5. Konverze krmiva (FCR)

Hodnota konverze krmiva v experimentálních podmínkách byla stanovena na 0,99 ± 0,02 kg/kg (12x denně), 0,96 ± 0,02 $kg.kg^{-1}$ (6x denně) a 1,12 ± 0,01 $kg.kg^{-1}$ (3x denně). Nebylo zde dosaženo statisticky významného rozdílu. Hodnota FCR u skupiny

krmené 3x denně je ale jasně vyšší než u obou zbylých skupin. Při hodnocení FCR je tedy skupina 3x denně nejhorší.

4.2.1.6. Fultonův koeficient- kondiční koeficient (CF)

V experimentu bylo dosaženo hodnoty Fultonova koeficientu 1,28 ± 0,24 (12x denně), 1,18 ± 0,15 (6x denně) a 1,19 ± 0,20 (3x denně). Nebylo zde dosaženo statisticky významného rozdílu mezi skupinami. Nicméně vidíme mírně lepší hodnotu Fultonova koeficientu ve skupině krmené 12x denně. To může znamenat lepší kondici ryb krmených častěji v průběhu dne.

4.2.1.7. Shrnutí produkčních ukazatelů

V rámci produkčních ukazatelů má mírně lepší výsledky skupina krmená 12x denně (nejvyšší specifická rychlost růstu, uspokojivá konverze krmiva, nejvyšší hmotnostní přírůstek a nejvyšší Fultonův koeficient). Oproti tomu se jako nejhorší jeví skupina krmená 3x denně (nejnižší specifická rychlost růstu, snížená konverze krmiva a nejnižší hmotnostní přírůstek). Skupina krmená 6x denně je téměř ve všech parametrech velmi mírně slabší než skupina krmená 12x denně.

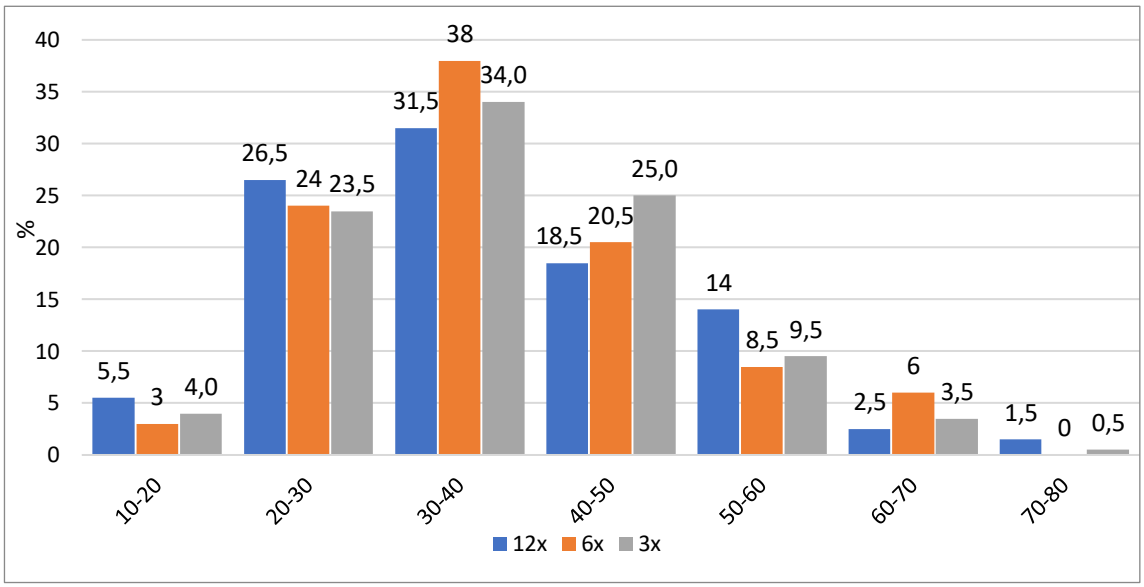
Tabulka č. 10: Souhrn produkčních ukazatelů v experimentu č. 2.

	3x	**6x**	**12x**	**F-statistika**	***P*-value**
IBW (g)	37,32 ± 11,64	37,49 ± 11,18	37,48 ± 12,29	F(2, 597)=0.014	p=0.986
FBW (g)	67,34 ± 24,86	71,20 ± 22,88	71,83 ± 26,70	F(2, 587)=1.895	p=0.151
WG (%)	80,54 ± 3,94	89,92 ± 0,12	91,65 ± 0,74	F(2, 587)=1.462	p=0.232
SGR (%.den^{-1})	0,94 ± 0,03	1,02 ± 0,0	1,03 ± 0,01	F(2, 587)=1.275	p=0.280
TL (mm)	204,7 ± 22,62	208,17 ± 20,64	206,92 ± 23,41	F(2, 587)=1.284	p=0.277
FCR (g.g^{-1})	1,12 ± 0,01	0,96 ± 0,02	0,99 ± 0,02	-	-
CF	1,19 ± 0,20	1,18 ± 0,15	1,28 ± 0,24	F(2, 587)=0.732	p=0.481
Survival (%)	98,0 ± 2	99,5 ± 0,5	97,5 ± 0,5	-	-

Seznam zkratek v tabulce č. 10: IBW- průměrná kusová hmotnost na začátku experimentu, FBW- průměrná kusová hmotnost na konci experimentu, WG- hmotnostní přírůstek, SGR- specifická rychlost růstu, TL – celková délka, FCR- konverze krmiva, CF- Fultonův koeficient/ kondiční koeficient, Survival- míra přežití

4.2.2. Velikostní rozrůstání obsádky

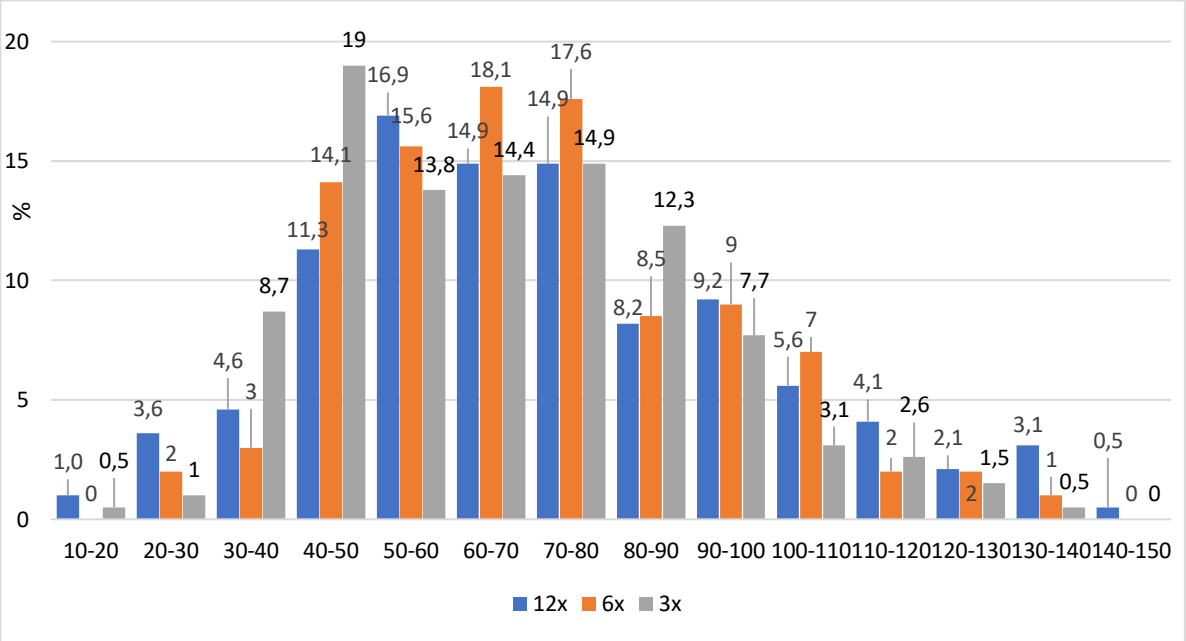
Na začátku experimentu byla nasazena obsádka se statisticky nevýznamným rozdílem kusové hmotnosti nasazovaných ryb. Na grafu č. 5 vidíme na histogramu přítomnost 7 hmotnostních skupin. Ve čtyřech hlavních hmotnostních kategoriích, tj. kategorie 20-30 g, 30-40 g, 40-50 g a 50-60 g, je souhrnné procentuální zastoupení jednotlivých skupin následující: ve skupině krmené 12x denně 90,5%, ve skupině krmené 6x denně 91%, 3x denně 90,5%. Ve dvou nejvyšších hmotnostních kategoriích (60-70 g, 70-80 g) je procentuální zastoupení skupin následující: ve skupině krmené 12x denně 4%, ve skupině krmené 6x denně 6% (ale pouze v kategorii 60-70 g) a ve skupině krmené 3x denně 4%. Rozložení hmotnostních kategorií napříč skupinami je téměř totožné.



Graf č. 5: Procentuální zastoupení hmotnostních kategorií experimentálního juvenilního candáta (*Sander lucioperca*) na začátku experimentu.

Situace na konci experimentu je již při pohledu na graf č.6 zcela rozdílná. Vidíme na histogramu celkem 14 hmotnostních kategorií. Hmotnost odchovaných ryb se tak pohybuje od 10 do 150 g. Souhrnné procentuální zastoupení skupin v hmotnostních kategoriích od 40 do 100g je 75,4% pro skupinu krmenou 12x denně, 82,9% pro skupinu krmenou 6x denně a 82% pro skupinu krmenou 3x denně. Pokud se navíc podíváme na souhrnné procentuální zastoupení v kategoriích od 100 do 150 g tak vidíme následující: 15,4% (12x denně), 12% (6x denně) a 7,7% (3x denně). V souhrnné kategorii od 10 do 40 g je souhrnné procentuální zastoupení skupin následující: 9,2% (12x denně), 12% (6x denně) a 10,2% 3x denně). Z toho můžeme usuzovat, že ryby krmené méně častěji mají

menší tendenci k rozrůstání. Tato hypotéza je navíc podpořena tím, že v kategoriích 130-140 g a 140-150 g jasně převažuje skupina krmená 12x denně. Ve skupině 130-140 g převyšuje procentuálním zastoupením skupinu krmenou 6x denně třikrát a skupinu krmenou 3x denně dokonce šestkrát. Shrnutí je přiloženo v tabulce č. 11.



Graf č. 6: Procentuální zastoupení hmotnostních kategorií experimentálního juvenilního candáta (*Sander lucioperca*) na konci experimentu.

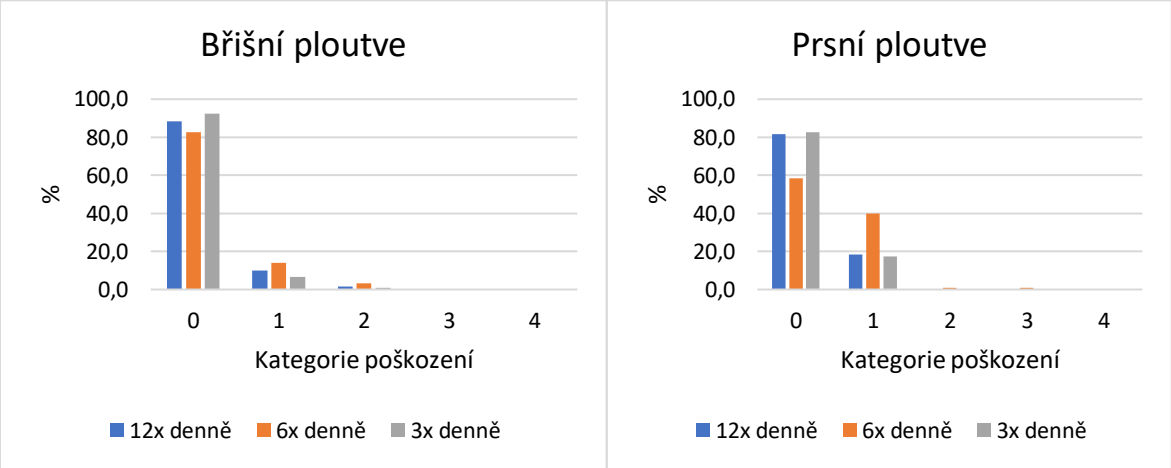
Tabulka č. 11: Shrnutí souhrnného zastoupení skupin v hmotnostních kategoriích na konci experimentu č.2

Experimentální skupina	Souhrnné zastoupení v kategoriích 10–40 g (%)	Souhrnné zastoupení v kategoriích 40–100 g (%)	Souhrnné zastoupení v kategoriích 100–150 g (%)	Zastoupení v kategorii 130-140 g (%)
12x denně	9,2	75,4	15,4	**3,1**
6x denně	12	**82,9**	12	1
3x denně	10,2	**82**	7,7	0,5

Z této tabulky vidíme, že skupina krmená 12x denně je více rozrostlá v těžších hmotnostních kategoriích. Skupina krmená 3x denně je více rozrostlá v lehčích hmotnostních kategoriích. Skupina krmená 6x denně se pohybuje mezi těmito dvěma skupinami. Mohu proto prohlásit, že s rostoucí frekvencí krmení v průběhu dne stoupá tendence obsádky k rozrůstání.

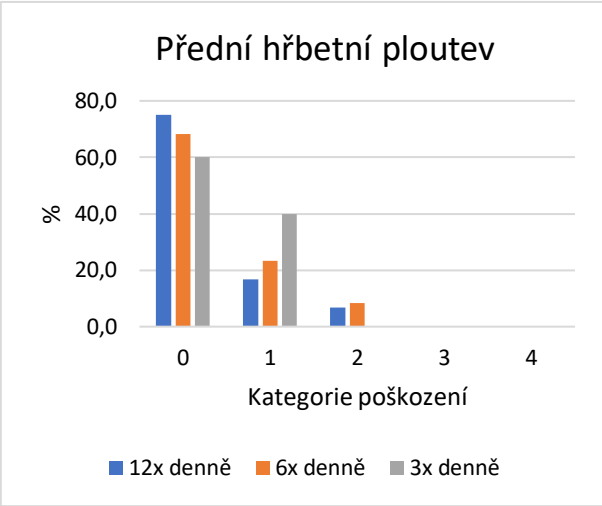
4.2.3. Stanovení stupně poškození ploutví

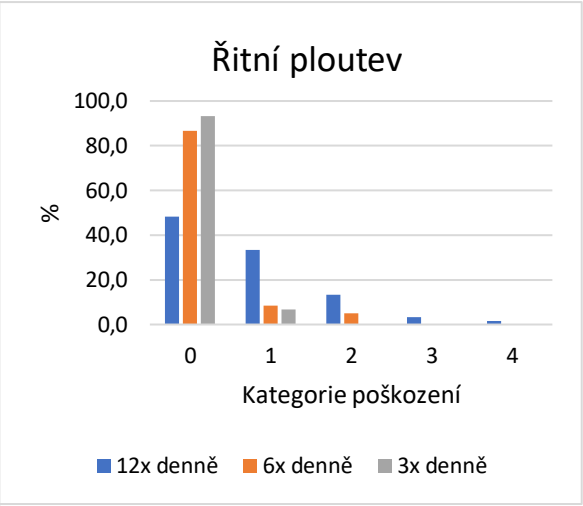
Z grafů č. 7 a 8, vidíme velmi nízké stupně poškození prsních a břišních ploutví ve všech testovaných skupinách. Více než 80 % ryb ve všech testovacích skupinách nevykazuje žádné poškození břišní ploutve. Velmi podobná čísla vidíme i v grafu č. 7. Žádné poškození (kategorie 0) najdeme u 80 % ryb ze skupin krmených 12x a 3x denně. Skupina 6x denně zde má v kategorii 0 nižší procentuální zastoupení na úrovni 58,3 %.



Graf č. 7 a 8: Poškození párových ploutví experimentálních juvenilních candátů.

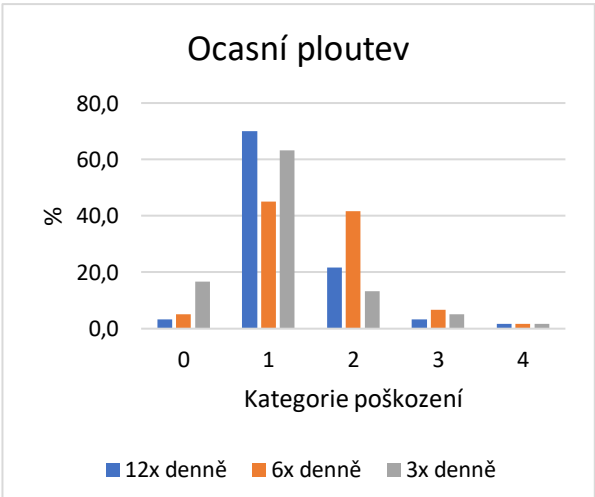
Velmi proměnlivé poškození bylo zjištěno u řitní ploutve. V grafu č. 10 vidíme, že skupiny krmené 6x a 3x denně mají majoritní podíl (86,7 % a 93,3%) v kategorii 0. Oproti tomu skupina krmená 12x denně má v této kategorii pouze 48,3 %. V ostatních kategoriích pak skupina 12x denně jasně převyšuje obě další skupiny. Nejmarkantnější rozdíl vidíme v kategorii 1 (malé poškození (5-30%)) s procentuálním zastoupením skupiny 12x denně 33,3%, 6x denně 8,3 % a 3x denně 6,7% a v kategorii 2 (střední poškození (30-70%)), kde je procentuální zastoupení skupiny 12x denně 13,3%, 6x denně 5% a 3x denně 0%. Jako jediná má skupina 12x denně zastoupení v kategoriích 3 a 4 (3,2 a 1,7 %). Nejvyšší poškození řitní ploutve tedy vykazuje skupina krmená 12x denně. Poškození přední hřbetní ploutve (graf č. 9) je srovnatelné s párovými ploutvemi. Vysoké procentuální zastoupení skupin krmených 12x a 6x denně v kategorii 0 (75 a 68,3%). Skupina krmená 3x denně má zde mírně nižší procentuální zastoupení (60%). Rozdíl mezi skupinami se pak vyrovnává v kategorii 1 tj. 16,7 a 23,3% pro skupiny 12x a 6x denně a 40% pro skupinu 3x denně. V kategoriích 0 a 1 mají všechny skupiny v součtu více než 91%.

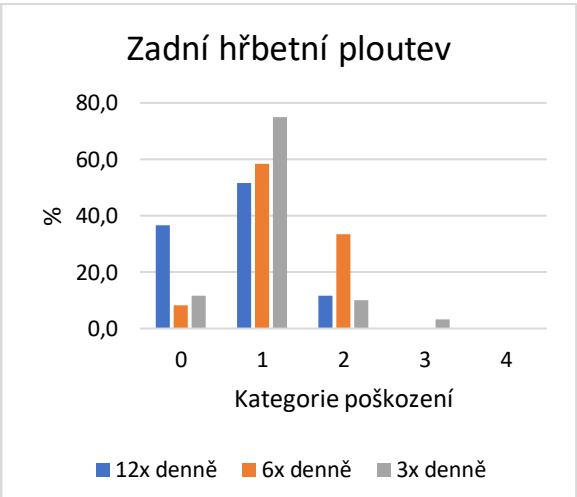




Graf č. 9 a 10: Poškození přední hřbetní ploutve a řitní ploutve experimentálních juvenilních candátů.

Při pohledu na graf č. 10 níže, vidíme že oproti ostatním grafům je zde vysoké procentuální zastoupení v kategorii 2 (12x denně 21,7%, 6x denně 41,7%, 3x denně 13,3%) a kategorie 0 má naopak zastoupení velmi nízké (3,3; 5; a 16,7%). Ocasní ploutev se tedy jeví jako nejvíce poškozená ploutev napříč všemi skupinami. V kategorii 2 vidíme největší zastoupení skupin krmených 12x a 6x denně. V kategoriích 3 a 4 jsou procentuální zastoupení jednotlivých ploutví velmi podobná, v kategorii 4 dokonce identická (1,7 % v každé skupině). Ocasní ploutev se proto jeví jako nejvíce poškozená ve skupinách 12x a 6x denně. Velmi podobné je i poškození zadní hřbetní ploutve patrné z grafu č. 12. I zde vidíme vyšší procentuální zastoupení v kategorii 2, nejvyšší ve skupině 6x denně (33,3%). Na rozdíl od ocasní ploutve je ale poškození v kategoriích 3 a 4 napříč skupinami nulové nebo velmi nízké.





Graf č. 11 a 12: Poškození ocasní a zadní hřbetní ploutve experimentálních juvenilních candátů.

Párové ploutve a ploutev přední hřbetní nevykazují téměř žádné poškození ve všech skupinách. Nejvíce poškozená se jeví ocasní ploutev a ploutev řitní. Obě tyto ploutve jsou nejvíce poškozené ve skupině krmené 12x (ploutve ocasní a řitní) a 6x denně (řitní). Jako třetí nejvíce poškozená ploutev se jeví ploutev zadní hřbetní. Největšího poškození zde dosahuje skupina krmená 6x denně. Souhrnně mohu prohlásit, že největšího poškození dosahují ploutve v kaudální části těla, a to především ve skupinách a vyšší frekvencí krmení. Pravděpodobně dochází k častějšímu se napadání ryb při častějších soubojích o potravu, podávanou v menších dávkách. Napadání se ryb mezi sebou je podle intenzity poškození jednotlivých ploutví častější zezadu, směrem na ocas a ocasní násadec.

4.2.4. Organosomatické indexy

Tabulka č. 12: Organosomatické indexy skupin krmených 12x, 6x a 3x denně.

	12x denně	6x denně	3x denně	F-statistics	P-value
IPF	2,72 ± 0,71	2,71 ± 1,61	2,06 ± 0,81	F(2, 32)=0.5288	p=0.59438
SI	0,11 ± 0,05	0,08 ± 0,06	0,14 ± 0,07	F(2, 32)=2.8721	p=0.07125
HSI	1,32 ± 0,32 [a]	1,47 ± 0,52 [a]	1,81 ± 0,46 [b]	F(2, 32)=4.1917	p=0.02416

Po pitvě reprezentativních ryb z jednotlivých skupin nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi hmotnostním podílem intraperitoneálního tuku (IPF) a ani sleziny (SI) k hmotnosti ryb u jednotlivých experimentálních skupin. Jediný statisticky průkazný rozdíl byl zjištěn u hepatosomatického indexu-HSI (tabulka č. 12). U HSI bylo zjištěno zvětšení jater u skupiny krmené 3x denně. Naopak nejnižší podíl jater k hmotnosti ryb byl sledován u skupin krmených s vyšší frekvencí v rámci jednoho dne.

4.2.5. Biochemický rozbor krve

Všechny následující parametry je možné najít v souhrnné tabulce č. 13 na konci této kapitoly. U triglyceridů byly zjištěny hodnoty 10,27 ± 2,24 mmol.l^{-1} (12x denně), 8,82 ± 1,13 mmol.l^{-1} (6x denně) a 12,69 ± 3,52 mmol.l^{-1} (3 denně). Ačkoliv nebylo dosaženo statisticky průkazného rozdílu, oproti normální hodnotě publikované u candátů v dobré kondici (1,75-4,2 mmol.l^{-1}) vidíme, že koncentrace v mém experimentu jsou 2-6 x zvýšené. Zvýšená hladina triglyceridů v krevní plazmě může značit abnormality v lipidovém mechanismu (Kolářová a Velíšek, 2012). Lipáza v krevní plazmě byla stanovena na 0,85 ± 0,12 μkatl.l^{-1} (12x denně), 0,78 ± 0,31 μkatl.l^{-1} (6x denně) a

0,85 ± 0,25 μkatl.l^{-1} (3x denně). V porovnání s hodnotami publikovanými u ryb v dobré kondici tj. 1-3,98 μkatl.l^{-1} je tato hodnota v normálu. Pokud by došlo k jejímu zvýšení, ryba by trpěla poruchou funkce pankreatu. Nebyl zde zjištěn žádný statisticky významný rozdíl mezi skupinami. Zvýšená hladina byla zjištěna i u amylázy. Naměřené hodnoty v mém experimentu byly následující. 17,81 ± 1,10 μkatl.l^{-1} (12x denně), 16,19 ± 0,96 μkatl.l^{-1} (6x denně) a 16,39 ± 3,68 μkatl.l^{-1} (3x denně). Oproti normální hladině u ryb v dobré kondici (6-9 μkatl.l^{-1}), můžeme pozorovat 1,8-2,9x vyšší hodnoty. Toto zvýšení může znamenat poruchu funkci pankreatu (Kolářová a Velíšek, 2012). Nebyl zde zjištěn žádný statisticky významný rozdíl mezi skupinami. Normální hladina parametru bez statisticky významných rozdílů mezi skupinami byla zjištěna u celkového proteinu (TP). Hladina celkového proteinu se u experimentálních candátů pohybovala od 35,0 g.l^{-1} do 36,91 g.l^{-1}. Koncentrace je stejná jako u ryb v dobré kondici (25-30 g.l^{-1}). Koncentrace albuminů v krevní plazmě se rovněž mezi skupinami statisticky významně nelišila a dosahovala hodnot Od 6,45 g.l^{-1} do 7,64 g.l^{-1}. Tato koncentrace je stejná jako u ryb v dobré kondici (1-8 g.l^{-1}). Hladina globulinů byla stanovena na 29,27 ± 3,54 g.l^{-1} (12x denně), 28,55 ± 2,52 g.l^{-1} (6x denně) a 29,55 ± 0,58 g.l^{-1} (3x denně). Normální hladina u ryb v dobré kondici je 22-44 g.l^{-1}. Tento parametr krve je zcela v normě. Mezi skupinami nebyl nalezen žádný statisticky průkazný rozdíl. Při normální hladině globulinů i albuminů v experimentu lze vyloučit zánětlivé procesy v těle ryb a poruchy jater a ledvin (Kolářová a Velíšek, 2012). Jako další parametr byla stanovena glukóza. Naměřená koncentrace v krevní plazmě byla 16,21 ± 7,85 mmol.l^{-1} (12x denně), 15,65 ± 5,96 mmol.l^{-1} (6x denně) a 10,44 ± 2,85 mmol.l^{-1} (3x denně)**.** Tyto hodnoty jsou zvýšené oproti rybám v dobré kondici, jejichž hladina se pohybuje na úrovni 5-10 mmol.l^{-1} (Kolářová a Velíšek, 2012). Se stoupající frekvencí krmení stoupá i hladina glukózy v plazmě. Zatímco u skupiny krmené 3x denně jsme téměř na horní hranici normální koncentrace, u skupiny krmené 12x denně dosahuje koncentrace téměř dvojnásobku horní hranice normální koncentrace naměřené u ryb v dobré kondici. Zde bylo dosaženo statisticky významného rozdílu mezi skupinou 3x denně a skupinami 6x a 12x denně, jak můžeme vidět v tabulce č. 12. Zvýšení koncentrace glukózy, jakožto stresového faktoru, indikuje zvýšený stres u ryb krmených s vyšší frekvencí v průběhu dne, pravděpodobně v důsledku častějších soubojů o menší dávky krmiva. Koncentrace amoniaku v krevní plazmě byla stanovena na 804,7± 48,79 μmol.l^{-1} (12x denně), 703,73 ± 29,91 μmol.l^{-1} (6x denně) a 596,09 ± 89,85 μmol.l^{-1} (3x denně). Tyto hodnoty jsou při porovnání s normální hladinou amoniaku v krvi u ryb v dobré kondici v normálu. Bylo zde ale dosaženo

statisticky významného rozdílu mezi všemi skupinami. Hladina amoniaku v krvi signalizuje intenzitu probíhajícího metabolismu. Při extrémním zvýšení i probíhající intoxikaci nebo otravu amoniakem. Naměřené hodnoty stoupají se zvyšující se frekvencí krmení a tím i se zvyšující se intenzitou metabolismu při téměř konstantním trávení podávané diety. TCHO (celkový cholesterol) byl naměřen v koncentracích 4,70 ± 0,27 mmol.l^{-1} (12x denně), 4,69 ± 0,14 mmol.l^{-1} (6x denně) a 4,29 ± 0,42 mmol.l^{-1}. Normální hladina TCHOL u ryb v dobré kondici je 1,2-12 mmol.l^{-1}. Tento parametr je zcela v pořádku a nebyly u něj pozorovány žádné statisticky významné rozdíly mezi testovacími skupinami. Případné zvýšení hladiny TCHOL může indikovat poškození jater (Kolářová a Velíšek, 2012).

Při porovnání koncentrace glukózy v plazmě jasně vidíme stupňující se stres se stoupající frekvencí krmení a podobně stoupající hladinu amoniaku v krevní plazmě. Zvýšené hodnoty triglyceridů a albuminů v porovnání s publikovanými hodnotami candátů v dobré kondici, indikují poruchu lipidového metabolismu. Toto zvýšení bylo při statistickém porovnání na stejné úrovni u všech testovaných skupin candátů s různou frekvencí. Přesto lze pozorovat, že skupina s frekvencí krmení 6x denně má v rámci porovnání skupin nejnižší hodnoty triglyceridů a poměrově nejvyšší hodnoty enzymů štěpících lipidy (lipáza a amyláza), lze tedy usoudit, že metabolismus lipidů u těchto ryb probíhá nejlépe.

Tabulka č. 13: Biochemická analýza krve, běžné hladiny parametrů u ryb v dobré kondici podle Kolářová a Velíšek (2012).

běžná hladina parametru u ryb v dobré kondici	**jednotka**	**parametr**	**12x denně**	**6x denně**	**3x denně**
1,75-4,2	mmol.l^{-1}	TRG	10,27 ± 2,24	8,82 ± 1,13	12,69 ± 3,52
Pstruh- 1-3,98	µkat.l^{-1}	LIPA	0,85 ± 0,21	0,78 ± 0,31	0,85 ± 0,25
pstruh- 6,08-8,93	µkat.l^{-1}	AMYL	17,81 ± 1,10	16,19 ± 0,96	16,39 ± 3,68
25-30	g.l^{-1}	TP	36,91 ± 3,54	35,00 ± 2,08	36,27 ± 1,15
1-8	g.l^{-1}	ALB	7,64 ± 0,00	6,45 ± 0,58	6,73 ± 0,58
22-44	g.l^{-1}	GLOB	29,27 ± 3,54	28,55 ± 2,52	29,55 ± 0,58
5-10	**mmol.l^{-1}**	**GLU**	**16,21 ±7,85 ^{b}**	**15,65 ± 5,96 ^{b}**	**10,44 ± 2,85 ^{a}**
330-960	**µmol.l^{-1}**	**NH_3**	**804,7 ± 48,79 ^{c}**	**703,73 ± 29,91 ^{b}**	**596,09 ± 89,85 ^{a}**
kapr: 1,2-12	mmol.l^{-1}	TCHO	4,70 ± 0,27	4,69 ± 0,14	4,29 ± 0,42

Seznam zkratek v tabulce č. 13: TGR-triglyceridy, LIPA-lipáza, AMYL-amyláza, TP-celkový protein, ALB-albuminy, GLOB-globuliny, GLU-glukóza, TCHO-celkový cholesterol

5. Diskuse

Experiment č.1 ukázal lepší výsledky u skupiny ryb krmené potápivým krmivem ve všech vybraných parametrech. V průběhu testu bylo dosaženo SGR na úrovni 1,13 %.den^{-1} (u skupiny ryb krmené plovoucím krmivem) a 1,24 %.den^{-1} (u skupiny ryb krmené potápivým krmivem) při průměrné teplotě 21 °C. Autor Wang a kol. (2009) ve svém testu dosáhl SGR na úrovni 1,6 %.den^{-1}při aplikaci peletovaného krmiva od firmy Coppens (Netteral, Německo), které obsahuje podobné nutriční složení jako krmivo použité v mém testu. Experimentální teplota v jeho experimentu byla 24 °C. A je pravděpodobné, že vyšší hodnota SGR byla dosažena především zvýšenou teplotou. Podobných výsledků dosáhl i autor Schulz a kol. (2005), kdy aplikoval akvaristické krmivo Sera, obohacené rybím olejem při experimentální teplotě 22,6 °C. SGR se v jeho testu pohybovalo od 1,37 do 1,45 %.den^{-1}. Skutečnost, zda je krmivo Sera plovoucí nebo potápivé, není v dané práci uvedeno. Na základě dalšího hledání na webových stránkách výrobce je pravděpodobně uvedeno krmivo Sera jako plovoucí. Zvýšené SGR v experimentu Schulze a kol. (2005) je pravděpodobně způsobené vyšší testovací teplotou a skutečností, že v experimentu byly odchovány ryby s nižší kusovou hmotností (10-30 g). V mém experimentu byly testovány ryby věkově starší a s vyšší kusovou hmotností, u nichž se SGR přirozeně snižovala. Autor Zakeś (2003) dosáhl ve svém experimentu s juvenily candáta obecného o průměrné hmotnosti 25g (IBW) SGR 1,52 ± 0,04 %.den^{-1}, FCR 0,77 kg.kg^{-1} a Fultonova koeficientu 0,82. Ve svém experimentu využil krmiva Nutra (54% protein, 18% tuk, potápivá peleta). Experimentální teplota byla 22,2 °C. V mém experimentu byl dosažen Fultonův koeficient na úrovni 1,16 (skupina krmená plovoucím krmivem) a 1,09 (skupina krmené potápivým krmivem). Můj experiment však trval 12 týdnů, zatímco experiment popsaný v práci autora Zakeśe (2003) pouze 5 týdnů. V další práci autora Zakeśe a kol., (2006) pak najdeme skupinu ryb krmenou kontinuálně v průběhu dne krmivem Nutra (o stejném živinovém složení jako v již výše zmíněné studii stejného autora). Bylo zde po 8 týdnech odchovu dosaženo hmotnosti 38 g, SGR 1,04 %.den^{-1} a FCR 0,81 kg.kg^{-1}. V mém experimentu s plovoucím a potápivým krmivem bylo u odchovávaných ryb s počáteční kusovou hmotností 20 g dosaženo za stejné časové období finální kusové hmotnosti 43,57g, SGR 1,52 %.den^{-1} a FCR 0,9 kg.kg^{-1} u potápivé diety a hmotnosti 41,7g, SGR 1,28 %.den^{-1} a FCR 0,97 kg.kg^{-1} u plovoucí diety. Tento rozdíl může být způsoben odlišnostmi mezi nádržemi, světelném režimu, hustotou obsádky nebo samotnou stravitelností a kvalitou krmiva.

Autoři Molnar a kol., (2006) uvádí ve svém testu FCR na úrovni 1,3-1,1 %.den^{-1}, pro krmivo s podobným složením tomu, které bylo užito v mém experimentu, zároveň však dosáhl ve svém testu FCR 0,8 kg.kg^{-1} s použitím komerčního krmiva pro lososovité ryby s vyšším obsahem tuku (24,2%). Autoři Mattila a Koskela, (2018) provedli experiment s různými velikostmi pelet, kde porovnávali vliv velikosti předkládaných pelet na růst a welfare candátů při počáteční velikosti 150-300 g. Ryby byly v tomto experimentu rozděleny do 6 skupin, každá skupina byl krmena jinak velkou granulí experimentálního krmiva. SGR bylo stanoveno na 1,34-1,37 %.den^{-1} (pelety 5,8; 8 a 9,8mm) v optimálním případě a 0,86 %.den^{-1} v nejhorším případě (14,4mm). Tato skutečnost potvrzuje vhodně zvolenou velikost pelet pro ryby v mém experimentu. FCR je v tomto testu identické jako v mém experimentu tj. 0,88-0,9 kg.kg^{-1}. V experimentu s odlišným procentuálním zastoupením mastných kyselin, dosažených za pomoci příměsi rostlinných olejů, dosáhla autorka Kowalská a kol. (2010) hodnot FCR 0,98-0,88 kg.kg^{-1} (oproti mému FCR 0,9 a 0,8 kg.kg^{-1}). Autoři Rónyai a Csengeri (2009) do svého experimentu o délce 18 týdnů nasadili ryby o průměrné hmotnosti 84 ± 19 g, při průměrné experimentální teplotě 20 a 25 °C. Tyto ryby byly krmeny pomocí krmiva pro pstruhy (Select Skretting, Hendrix Spa, Mozzecane, Itálie) v DKD od 0,8 do 2% v obou experimentálních teplotách. Ve skupině krmené 1,2% DKD při testovací teplotě 20 °C dosáhl autor SGR na úrovni 1,07 ± 0,01 %.den^{-1}. Při DKD na úrovni 1% při stejné teplotě pak SGR 0,95 ± 0,08 %.den^{-1}. Při stejných krmných dávkách, tj. 1,2 a 1%, ale ve vyšší testovací teplotě (25 °C) bylo dosaženo SGR na úrovni 1,24 a 1,03 %.den^{-1}. V experimentu č.1 popsaném v této diplomové práci bylo dosaženo SGR 1,13 a 1,24 %.den^{-1}. Délka mého experimentu byla však v porovnání s experimentem uvedeným výše o 2 týdny kratší a ryby nasazené do mého testu byly menší.

Nejnižší produkční ukazatele (ač ne statisticky významně rozdílné) vykazovala v experimentu č.2. skupina krmená pouze 3x denně. Předchozí experimenty dalších autorů ukazují, že nižší frekvence krmení prospívá především salmonidům (Jobling, 1983a). Jako optimální označili ve své studii autoři Booth a kol. (2008) krmnou frekvenci 1- 4x za den. Tento test byl proveden na lososovitých rybách a pražmanovi zlatém (*Pagrus auratus*). Další experiment byl proveden na sivenu severním (*Salvelinus alpinus*). Navzdory tomu, že je tento druh zástupcem skupiny salmonidů, zde bylo zjištěno zlepšení růstu při zvýšení frekvence předkládání krmiva

(Linnér and Brännäs, 2001). Výsledky těchto studií naznačují, že optimalizaci frekvence podávání krmiv je nutné provádět pro každý druh ryby zvlášť.

Autoři Wang a kol., (2009) ve své práci popisují skutečnost, že se využití krmiva zlepšilo u skupiny krmené 3x denně, a zhoršilo u skupiny krmené 6x denně především díky stoupající teplotě. Autor si tuto skutečnost vysvětluje především zvýšením aktivního plavání při častějších atacích krmiva v průběhu dne a tím vyšší částí energie krmiva spotřebovaného na pohyb, místo intenzivního růstu, jak již dříve formulovali autoři Johansen and Jobling, (1998). Tento fenomén jsem v mém testu nezaznamenal. Naopak skupina krmená 6x denně se jevila jako nejlépe prosperující. Testovací teplota v mém experimentu zaměřeném na testování různé frekvence aplikace krmiva byla však nižší a test probíhal kratší dobu než u autorů Wanga a kol. (2009). Zakeś a kol. (2006) ve svém testu dosáhli ve skupiněkrmené 3x denně FCR 0,83 $kg.kg^{-1}$ a SGR 1,0 $\%.den^{-1}$ u ryb s průměrnou kusovou hmotností na konci experimentu 37,2 g. V tomto experimentu mé diplomové práce ryby krmené 3x denně dosáhly FCR 1,12 $kg.kg^{-1}$ a SGR 0,94 $\%.den^{-1}$ při finální hmotnosti 72 g. Drobný rozdíl je pravděpodobně zapříčiněn odchovem mírně starších juvenilních ryb v tomto experimentu, kdy docházelo k mírnému poklesu intenzity růstu těchto ryb. Jinak jsou výsledky experimentu Zakeśe a kol. (2006) a mého experimentu velmi podobné. Hladina glukózy v krevní plazmě ryb krmených 3x denně (10,44 $mmol.l^{-1}$), se statisticky významně lišila od skupin ryb krmených 6x a 12x denně, u nichž byla naměřena hladina 15,65 a 16,209 $mmol.l^{-1}$ glukózy. Oproti normální hladině glukózy 5-10 $mmol.l^{-1}$ (Kolářová a Velíšek, 2012) byly tyto hodnoty zvýšené. Ve studii od autorů Křišťana a kol., (2012), ve které došlo k porovnání vlivu různých typů anestetik, uvádí v kontrolní skupině candátů o průměrné hmotnosti 71,5 g hladinu glukózy na úrovni 10,56 ± 3,63 $mmol.l^{-1}$. V mém experimentu je možné najít hodnoty glukózy v rozsahu 10-16 $mmol.l^{-1}$. V téže studii najdeme s mým experimentem porovnatelné jak hladiny NH_3, tak globulinů (Křišťan a kol.,2012). Naopak hladinu albuminů Křišťan a kol. (2012) publikovali u ryb candáta obecného v dobré kondici koncentraci 2,88 ± 1,62 $g.l^{-1}$. V mém testu byla koncentrace zjištěných albuminů na úrovni 6,7-7,3 $g.l^{-1}$. Ve studii autora Zakeśe (2019) byla naměřena hodnota albuminů v kontrolní skupině na úrovni 8 $g.l^{-1}$. Tento údaj je velmi blízký hodnotám zjištěným v mém experimentu. Další autoři (Jarmolowicz a kol. 2018) naopak uvádí vyšší koncentraci albuminů (11,9 $g.l^{-1}$) v krevní plazmě odchovaných juvenilních candátů.

Téměř totožná je koncentrace globulinů (29,11 ± 0,59 $g.l^{-1}$ (Zakeś, 2014), 27,7 $g.l^{-1}$ a 25,0 $g.l^{-1}$ (Jarmolowicz a kol., 2018) oproti hladině 29,55 $g.l^{-1}$ až 29,27 $g.l^{-1}$ zjištěné v mém experimentu. Shoduje se zde i hladina celkové proteinu v plazmě, tj. 37,1 $g.l^{-1}$ (Zakeś, 2019), 39,6 $g.l^{-1}$ a 36,5 $g.l^{-1}$ (Jarmolowicz a kol., 2018) oproti hladině celkového proteinu (36,91 $g.l^{-1}$) v mém experimentu. Při porovnání hladin glukózy v krevní plazmě, najdeme v práci autora Zakeśe, (2019) publikovanou hodnotu 710 $mg.l^{-1}$ což odpovídá 3,94 $mmol.l^{-1}$. Tato hodnota je asi 2,5-4x nižší než v našem testu. Naměřená koncentrace v mém testu byla 10,4-16,2 $mmol.l^{-1}$. Odlišnost ve výsledcích může být dána delší dobou hladovění ryb před odběrem krve nebo sníženou hladinou stresu při manipulaci předcházející odběru krve. Ryby v experimentu testující různou frekvenci aplikace peletovaného krmiva byly podrobeny pitvě a následně byly jednotlivé orgány zváženy. HSI zde dosahovalo hodnot 1,32-1,81 % k celkové hmotnosti daných ryb. V práci Kowalské a kol. (2010), kde došlo k porovnání krmiv s odlišným procentuálním zastoupením jednotlivým mastných kyselin za pomocí příměsi rostlinných olejů, bylo dosaženo hodnot HSI 1,18 až 1,26 % k tělesné hmotnosti. U ryb, krmených experimentální dietou, vytvořenou z krmiva NUTRA MP, Nutreco, Francie, doplněné o kvasinky (Jarmolowitz a kol., 2018), byly zjištěny následující parametry HSI: 1,19 % (u kontrolní skupiny) a 1,20 % (u nejnižší koncentrace přidaných kvasinek v krmivu). Tento parametr je velmi blízký hodnotě parametru v mém experimentu testující frekvenci aplikace krmiva. Současně tento autor dosáhl i obdobného FCR (1,13 $kg.kg^{-1}$ v kontrolní skupině a 0,89 $kg.kg^{-1}$ (nejnižší koncentrace kvasinek). Jeho test byl proveden při stejné testovací teplotě jako ten v mé diplomové práci. Ryby nasazené do testu byly ale podstatně menší (průměrná počáteční kusová hmotnost 10 g, průměrná koncová kusová hmotnost 31-37 g). V experimentu od autora Sadok a kol. (2004) s adaptací candáta na salinitu 0,9 psu (practical salinity unit = $g.l^{-1}$), tj. sladké vodě, byl při biochemickém rozboru krve zjištěn obsah amoniaku 490, 83 $\mu mol.l^{-1}$. Tyto ryby byly v průběhu adaptace krmeny živou potravou (krmné ryby) a aklimatizace na vyšší hodnotu salinity byly prováděny v 10 °C. Koncentrace zjištěná v krevní plazmě ryb ze Sadokova experimentu je asi o 100-300 $\mu mol.l^{-1}$ nižší než koncentrace naměřená testu v moji diplomové práci. Rozdíl je pravděpodobně zapříčiněn výrazně nižší testovací teplotou (10 °C (Sadok a kol., 2004), oproti 21 °C (testovací teplota mého experimentu)) a rozdílnou potravou (krmné ryby oproti uměle vyrobeným peletám).

Ve studii zabývající se vlivem značek implantovaných do tělní dutiny publikuje autor Rozynski a kol. (2017) hodnoty amoniaku v plazmě na úrovni 670 a 478 $\mu g.dl^{-1}$ NH_3 což odpovídá 393,4 a 280,6 $\mu mol.l^{-1}$ v kontrolních skupinách bez značek, při odchovné teplotě 22,0 °C za pomoci pelet Aller Performa EX 3GR (AllerAqua, Christiansfeld, Denmark). Tyto hodnoty jsou oproti experimentu provedeném v mojí diplomové práci zhruba poloviční.

Prakticky jsou výsledky v této práci pouze orientační a pro posouzení vlivu krmných frekvencí a typů krmiva je třeba provést další experimenty, s cílem optimalizovat chov mladších věkových stádií candáta obecného v recirkulačním akvakulturním systému.

6. Závěr

Testování různých plovoucích a potápivých krmiv a různé frekvence aplikace krmiva bylo prováděno za účelem optimalizace chovu candáta obecného v intenzivní akvakultuře využívající RAS technologii, jakožto perspektivní ryby pro rozvoj a diverzifikaci sladkovodní akvakultury. Tato práce se zabývá srovnáním dvou typů krmiva – plovoucího a potápivého a porovnáním tří režimů předkládání krmiva. Konkrétně byla těmto skupinám rozdělena stejná krmná dávka do 3, 6 a 12 dávek za den. V prvním experimentu byly ryby krmeny pomocí natahovacích pásových hodinových krmítek v průběhu 16 týdnů experimentu při průměrné teplotě 21 ºC a nasycení kyslíkem 115-130 %. Zde bylo dosaženo statisticky významných rozdílů mezi oběma skupinami. Všechny produkční ukazatele (hmotnostní přírůstek plovoucí - 254,69 ± 12,06 %, potápivé 301,8 ± 36,62 %, FCR plovoucí 0,93 ± 0,03 $kg.kg^{-1}$, potápivé 0,88 ± 0,02 $kg.kg^{-1}$, SGR plovoucí 1,13 ± 0,03 $\%.den^{-1}$, potápivé 1,24 ± 0,08 $\%.den^{-1}$atd.) hovoří ve prospěch potápivého krmiva. U obou testovacích skupin bylo dosaženo uspokojivého přežití na úrovni 92-94 %. Při porovnání rozrůstání obou skupin můžeme prohlásit, že nižší tendenci k rozrůstání má skupina krmená plovoucím krmivem.

Ve druhém experimentu byly experimentální candáti krmeni pomocí automatického krmítka Imetronic Self Feeder v průběhu 9 týdnů. Denní krmná dávka byla rozdělena na 3,6 nebo 12 dávek v průběhu dne. Test probíhal při průměrné teplotě 21 °C a nasycení kyslíkem 99-110 %. V tomto testu jsem se zaměřil na stanovení produkčních ukazatelů, rozrůstání obsádky, poškození ploutví, stanovení somatických indexů a biochemický rozbor krevní plazmy. Produkční ukazatele, ač neukázaly významné statistické rozdíly mezi jednotlivými testovacími skupinami. Nicméně skupina krmená 3x denně dosáhla v porovnání s ostatními skupinami výsledků, z pohledu produkčních ukazatelů, nejhorších. V našich experimentálních podmínkách jsou tyto rozdíly nevýznamné. Pro využití v komerčních chovech však hodnoty mírně snížené konverze krmiva a mírně snížené specifické rychlosti růstu mohou znamenat snížení ekonomické rentability. Poškození ploutví napříč se velmi lišilo v závislosti na jednotlivých ploutvích i mezi skupinami. Při porovnání jednotlivých ploutví vidíme největší poškození na ocasní a řitní ploutvi (většina v kategorii 1 a 2, procentuální zastoupení i v kategoriích 3 a 4.). Naopak ploutve břišní a prsní nevykazují téměř žádné poškození (většinou kategorie 0 a 1).

Při porovnání experimentálních skupin pozorujeme největší poškození u skupin krmených 6x a 12x denně. Při hodnocení somatických indexů experimentálních ryb byl zjištěn statisticky významný rozdíl u HSI (hepatosomatického indexu). Zde vidíme zvýšenou hmotnost jater u ryb ze skupiny krmené 3x denně. SI (index sleziny) a IPF (index intraperitoneálního tuku) nebyl statisticky rozdílný. Při biochemických rozborech krve byly zjištěny zvýšené hodnoty triglyceridů, a amylázy u všech testovacích skupin. Proto můžeme usuzovat na zhoršení průběhu lipidového metabolismu. Nejlepší výsledky vykazovala skupina krmená 6x denně. Zásadní rozdíly byly zjištěny u obsahu amoniaku v krvi. Nejvyšší hladinu vykazovaly ryby krmené nejčastěji. Nejnižší hladina byla zjištěna u ryb krmených 3x denně. Tato skutečnost odpovídá zvýšené intenzitě metabolismu u častěji se krmících ryb. Zároveň se testovací skupina krmená 3x denně od ostatních lišila i nižší hladinou glukózy. To ukazuje na nižší nasycení ryb, nebo na snížení stresu, oproti rybám častěji bojujícím o potravu. Celkově skupina krmená 12x denně dosáhla nejlepších výsledků v oblasti produkčních ukazatelů. Naproti tomu ovšem dopadla jako nejhůře hodnocená při stanovení poškození ploutví, biochemického rozboru krevní plazmy (poškození lipidového metabolismu) a docházelo k jejímu intenzivnímu rozrůstání. Skupina krmená 3x denně vykazovala v testu nejnižší intenzitu růstu. Jako nejlepší se tedy jeví skupina krmená 6x denně. Tato skupina byla zhodnocena jako skupina s nejlépe probíhajícím lipidovým metabolismem. Poškození ploutví v této skupině bylo nižší než u skupiny krmené 12x denně. Totéž platí i pro rozrůstání, které bylo o něco nižší než u skupiny krmené 12x denně, a navíc tato skupina dosáhla poměrně uspokojivých produkčních ukazatelů.

Myslím, že tato práce napomůže optimalizaci chovu násadového materiálu candáta obecného v RAS.

7. Seznam použité literatury

Balik, Ü., Çubuk, H., Karaşahín, B., Özkök, R., Uysal, R., Alp, A., 2006. Food and Feeding Habits of the Pikeperch, (*Sander lucioperca*) (Linnaeus, 1758), Population from Lake Eğirdir (Turkey). Turkish Journal of Zoology, 30, 19-26.

Baruš, V., Oliva, O., 1995. Mihulovci *Petromyzontes* a ryby *Osteichthyes*. Academia, Praha, 698 s.

Bastl, I., 1965. Vek a rast zubáku obyčejného (*Stizostedion lucioperca L.)* z Oravskej údolnej nádrže. Poĺnohospodárstvo, 1(3), 182-194.

Beránek, V., Mareš, J., Prokeš, M., Jirásek, J., Spurný, P., 2005. Odchov larev candáta obecného (*Sander lucioperca*) v kontrolovaných podmínkách. 1.vyd. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Oddělení rybářství a hydrobiologie, 226-227.

Bindzar, J., 2009. Základy úpravy a čištění vod. VŠCHT Praha, 251 s.

Blecha, M., Samarin, A. M., Křišťan, J., Policar, T., 2016. Benefits of hormone treatment of both sexes in semi-artificial reproduction of pikeperch (*Sander lucioperca* L.). Czech Journal of Animal Science, 61, 203–208.

Booth, M. A., Tucker, B. J., Allan, G. L., Fielder, D., 2008. Effect of feeding regime and fish size on weight gain, feed intake and gastric evacuation in juvenile Australian snapper Pagrus auratus. Aquaculture, 282, 104-110.

Čítek, J., Krupauer, V., Kubů, F., 1998. Rybníkářství. vydání 2. Praha Informatorium, 123-126.

Pivnpolicar

Dubský, K., Kouřil, J., Šrámek, V., 2003. Obecné rybářství. Informatorium Praha, 308 s.

Dungel, J., Řehák, Z., 2005. Atlas ryb, obojživelníků a plazů České a Slovenské republiky. Academia, Praha, 181 s.

Dvořák, J., 2009. Odchov ročka candáta obecného (*Sander lucioperca*) v podmínkách intenzivního chovu a možnost jeho kombinace s rybničním chovem. Diplomová práce, Agronomická fakulta MENDELU, 108 s.

Dvořák, P., Pyszko, M., Velíšek, J., Dvořáková Líšková, Z., Andreji, J., 2014. Anatomie a fyziologie ryb. Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 189 s.

Dyk, V., 1956. Potravní základna v pstruhových vodách. Sb. ČSAZV – Živočišná výroba, 29 (12), 985–990.

FAO, (2012). Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service – 8/10/2012 http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquacultureproduction/query/en

Fontaine, P., 2009. Development of European inland fish culture and domestication of new species. Cahiers Agricultures, 18 (2–3), 144–147.

Frisk, M., Skov, P. V., Steffensen, J. F., 2012. Thermal optimum for pikeperch (*Sander lucioperca*) and the use of ventilation frequency as a predictor of metabolic rate. Aquaculture, 324–325, 151–157.

Hanel, L., 1997. Klíč k určování ryb a mihulí. EkoCentrum, Brno, 85 s.

Hanel, L., Lusk, S., 2005. Ryby a mihule České republiky – Rozšíření a ochrana. Český svaz ochránců přírody Vlašim, 341–352.

Hansson, S., Arrhenius, F., Nellbring, S., 1997. Diet and growth of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.) in a Baltic Sea area. Fisheries Research, 31, 163–167.

Hartman, P., Regenda, J., 2016. Praktika v rybníkářství. 2. vydání. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 375 s.

Holčík, J., Mihálek, J., 1971. Sladkovodní ryby. vydání 1. Praha Artia, 133 s.

Jankowska, B., Zakęś, Z., Żmijewski, T., Szczepkowski, M., 2003. Fatty acid profile and meat utility of wild and cultured zander, *Sander lucioperca* (L.). Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, 6, 1.

Jarmołowicz, S., Rożyński, M., Kowalska, A., Zakęś, Z., 2018. Growth in juvenile pikeperch (*Sander lucioperca L.*) stimulated with yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, extract. Aquaculture Research, 49 (2), 614–620.

Jirásek, J., Mareš, J., Zeman, L., 2005. Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro ryby. MZLU v Brně 2005, 70 s.

Jobling M. 1983a. Growth studies with fish – overcoming the problems of size variation. Journal of Fish Biology, 22, 153–157.

Johansen, S. J. S., Jobling, M., 1998. The influence of feeding regime on growth and slaughter traits of cage-reared Atlantic salmon. Aquaculture International, 6, 1–17.

Jonas, J. L., Wahl, D. H., 1998. Relative importance of direct and indirect effects of starvation for young walleyes. Transactions of the American Fisheries Society, 127, 192–205.

Kalenda, V., 2007. Počáteční odchov raných stádií candáta obecného (*Sander lucioperca*) v kontrolních podmínkách s použitím různé strategie krmení. Bakalářská práce, MZLU Brno.

Knowles, R., 1982. Denitrification. Microbiological reviews, 43–70.

belecke

Kouřil, J., 2013. Mají šanci recirkulační systémy v chovu ryb v České republice? In: Urbánek, M. (Eds): Chov ryb a kvalita vody II. Sborník referátů z odborné konference Rybářského sdružení České republiky, České Budějovice 21. – 22. února 2013, 81–88.

Kouřil, J., 2015. Úvod do intenzivního chovu ryb včetně přehledu RAS v České republice. Sborník příspěvků z odborného semináře Potenciál recirkulačních akvakulturních systémů (RAS) pro české produkční rybářství; Vodňany 1.-2. září 2015, 10–20

Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V., 2008. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. Edice Metodik (Certifikovaná metodika), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 85, 40 s.

Kowalska, A., Zakes, Z., Demska-Zakes, K., 2006. The impact of feeding on the results of rearing larval pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), with regard to the development of the digestive tract. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Fisheries, 9, 2.

Kowalska, A., Zakęś, Z., Jankowska, B., Siwicki, A. 2010. Impact of diets with vegetable oils on the growth, histological structure of internal organs, biochemical blood parameters, and proximate composition of pikeperch *Sander lucioperca* (*L*.). Aquaculture, 301(1–4), 69–77.

Kristan, J., Stara, A., Turek, J., Policar, T., Velisek, J., 2012. Comparison of the effects of four anaesthetics on haematological and blood biochemical profiles in pikeperch (*Sander lucioperca* L.). Neuroendocrinology Letters, 33(3), 66-71.

Linnér J., Brännäs E. 2001. Growth in Arctic charr and rainbow trout fed temporally concentrated or spaced daily meals. Aquaculture International, 9, 35–44.

Luczynski, M. J., Kucharczyk, D., Szczerbowski, A., Szkudlarek, M., Mamcarz, A., Gomulka, P., 2007. State of art of pikeperch reproduction – a short review. In: Kucharczyk, D., Kestemont, P., Mamcarz, A. (Eds), Artificial reproduction of pikeperch, 10–16.

Luchiari, A. C., Freire, F. A. D., Koskela, J., Pirhonen, J., 2006. Light intensity preference of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca* L.). Aquaculture Research, 37, 1572–1577.

Lusk, S., Baruš, V., Vostradovský, J., 1992. Ryby našich vod. Praha: Academia, 202-204

Martins, C. I. M., Eding, E. H., Verreth, J. A. J., 2010. The effect of recirculating aquaculture systems on the concentrations of heavy metals in culture water and tissues of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Food Chemistry, 126, 1001–005.

Mattila, J., Koskela, J., 2018. Effect of feed pellet size on production parameters of pike-perch (*Sander lucioperca*). Aquaculture Research, 49 (1), 586–590.

Molnar, T., Szabo, A., Szabo, G., Szabo, C., Hancz, C., 2006. Effect of different dietary fat content and fat type on the growth and body composition of intensively reared pikeperch *Sander lucioperca* (L.). Aquaculture Nutrition, 12, 173–182.

Mráz, J., Dovalil, B., 2015. Akvaponické systémy – intenzivní chov ryb spojený s pěstováním rostlin. In: Velíšek, J., Kouba, A., Dvořáková, Z., (Eds), Potenciál recirkulačních akvakulturních systémů (RAS) pro české produkční rybářství. Sborník příspěvků z odborného semináře, Vodňany 1. – 2. září 2015, 97–105.

Müller-Belecke, A., Zienert, S., 2008. Out-of-season spawning of pike perch (*Sander lucioperca* L.) without the need for hormonal treatments. Aquaculture Research, 39, 1279–1285.

Musil, J., Kouřil, J., 2012. Řízená reprodukce candáta obecného a odchov jeho plůdku v rybnících. Edice Metodik (Technologická řada), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 76, 23 s.

Nyina-wamwiza, L., Xu, X. L., Blanchard, G., Kestemont, P., 2005. Effect of dietary protein, lipid and carbohydrate ratio on growth, feed efficiency and body composition of pikeperch (*Sander lucioperca*) fingerlings. Aquaculture Research, 36 (5), 486-492.

Pivnička, K., Rybář, M., 2001. Long-term trends in sport fishery field from selected reservoirs in the Labe watershed (1958-1998). Czech Journal of Animal Science, 46 (2), 89-94.

Policar, T., Bláha, M., Křišťan, J., Stejskal, V., 2011. Kvalitní a vyrovnaná produkce rychleného plůdku candáta obecného (*Sander lucioperca*) v rybnících. Edice Metodik (Technologická řada), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 110, 46 s.

Policar, T., Blecha, M., Křišťan, J., 2016a. Hromadný poloumělý výtěr candáta obecného (Sander lucioperca L.) s použitím recirkulačního akvakulturního systému (RAS). Edice Metodik (Poloprovoz), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 163, 32 s.

Policar, T., Blecha, M., Křišťan, J., Mráz, J., Velíšek, J., Stará, A., Stejskal, V., Malinovskyi, O., Svačina, P., Samarin. A. M., 2016b. Comparison of production efficiency and quality of differently cultured pikeperch (*Sander luciperca* L.) juveniles as a valuable product for ongrowing culture, Aquaculture International, 24, 1607-1626.

Policar, T., Fuka, T., Blecha, M., 2018a. Nové postupy a technologické komponenty a možnosti jejich využití v akvakultuře. Edice Metodik (Certifikovaná metodika), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 170, 56 s.

Policar, T., Křišťan, J., Blecha, M., Vaniš, J., 2014. Adaptace a chov juvenilních ryb candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) v recirkulačním akvakulturním systému (RAS). Edice metodik

(Technologická řada), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 146, 46 s.

Policar, T., Křišťan, J., Hampl, J., Blecha, M., Kolářová J., 2018b. Provozní manuál sloužící k efektivnímu provozu intenzivní akvakultury využívající RAS. Edice Metodik (Certifikovaná metodika), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 169, 54 s.

Policar, T., Křišťan, J., Malinovskyi, O., Pěnka, T., Kolářová, J., 2021. Optimalizovaná reprodukce a efektivní chov candáta obecného (Sander lucioperca) zajišťující produkci kvalitního násadového materiálu. Edice Metodik (Ověřená technologie), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 187, 66 s.

Policar, T., Malinovskyi, O., Kristan, J., Stejskal, V., Samarin, A. M., 2019. Post-spawning bath treatments to reduce morbidity and mortality of pond-cultured pikeperch (*Sander lucioperca* L.) broodstock. Aquaculture International, 27(4), 1065-1078.

Policar, T., Podhorec, P., Stejskal, V., Kozák, P., Švinger, V., Alavi, S. M. H., 2011. Growth and survival rates, puberty and fecundity in captive common barbel (*Barbus barbus* L.) under controlled conditions. Czech Journal of Animal Science, 56, 433–442.

Policar, T., Stejskal, V., Křišťan, J., Podhorec, P., Švinger, V., Bláha, M., 2013. The effect of fish size and density on the weaning success in pond-cultured pikeperch (*Sander lucioperca* L.) juveniles. Aquaculture International, 21 (4), 869–882.

Rjin, J., 2013. Waste treatment in recirculating aquaculture systems. Aquacultural Engineering, 53, 49–56.

Rónyai, A., Csengeri, I., 2008. Effect of feeding regime and temperature on ongrowing results of pikeperch (*Sander lucioperca* L.). Aquaculture Research, 39 (8), 820-827.

Rożyński, M., Kapusta, A., Demska-Zkolkolakęś, K., Hopko, M., Sikora, A., Zakęś, Z., 2017. The effects of surgically implanted dummy tags on the survival, growth performance, and physiology of pikeperch (*Sander lucioperca*). Fish physiology and biochemistry, 43 (4), 999-1010.

Sadok, S., M'Hetli, M., El Abed, A., Uglow, R. F., 2004. Changes in some nitrogenous compounds in the blood and tissues of freshwater pikeperch (*Sander lucioperca*) during salinity acclimation. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 138 (1), 9–15.

Sedlár, J., 1971. Vek a rást zubáča obyčejného (*Stizostedion lucioperca L.*) z niektorých lokalít južného Slovenska. Poĺnohospodárstvo, 17 (1), 50–60.

Schulz, C., Knaus, U., Wirth, M., Rennert, B., 2005. Effects of varying dietary fatty acid profile on growth performance, fatty acid, body and tissue composition of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*). Aquaculture Nutrition, 11, 403–413.

Steffens, W., Geldhauser, F., Gerstner, P., Hilge, V., 1996. German experiences in the propagation and rearing of fingerling (*Stizostedion lucioperca*). Annales Zoologici Fennici, 33, 627–634.

Stejskal, V., Kouřil, J., 2006. Potravní adaptace plůdku okouna na podmínky intenzivního chovu. Bulletin VÚRH 42/1, 18–24.

Stejskal, V., Kouřil, J., Policar, T., Svobodová, Z. 2016. Splenic lipidosis in intensively cultured perch, *Perca fluviatilis* L. Journal of Fish Diseases, 39, 87–93

Stejskal, V., Matoušek, J., Kouřil, J., 2013. Možnosti chovu jiných než lososovitých druhů ryb v recirkulačních systémech využívajících dánskou technologii. Sborník příspěvků Zkušenosti s chovem ryb v recirkulačním systému dánského typu. 85–90

Stepien, C. A., Haponski, A. E., 2015. Chapter 1: Taxonomy, Distribution, and Evolution of the Percidae In: Kestemont, P., Dabrowski, K., Summerfelt, R. C., (Eds), 2015. Kestemont, P., Dabrowski, K., Summerfelt, R. C, (Eds.): Biology and Culture of Percid Fishes-Principles and Practices. Springer, New York, USA, 3-60 s.

Summerfelt, T., Sharrer, M. J., Tsukuda, S.M., Gearheart, M., 2009. Process requirements for achieving full-flow disinfection of recirculating water using ozonation and UV irradiation. Aquacultural Engineering., 40, 17–27.

Svobodová, Z., Máchová, J., Beklová, M., Cupáková, Š.,Minsk, J., 2000. Ekotoxikologie-Praktická cvičení část II: diagnostika havarijních úhynů ryb a dalších vodních organismů. Vydání 1. Brno, Ediční středisko Veterinární a farmaceutická univerzity Brno, 134 s.

Tamazouzt, L., 2008. The French restocking market for percids. In: Fontaine, P., Kestemont, P., Teletchea, F., Wang, N. (Eds), Proceeding of Percid Fish Culture From Research to Production, Universitaires de Namur, Belgium, 17–18.

dil

Vachta, R., Nusl, P., Smékal, D., Lepič, P., Buřič, M., 2015. Recirkulační systémy. Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie Vodňany, 223 s.

Wang, H. Y., Cook, H. A., Einhouse, D. W., Fielder, D. G., Kayle, K. A., Rudstam, L. G., Höök, T. O., 2009. Maturation schedules in the Great Lakes region: comparison of maturation indices and evaluation of sampling-induced biases. North American Journal of Fisheries Management, 29, 1540–1554.

Wang, N., Xu, X. L., Kestemont, P., 2009. Effect of temperature and feeding frequency on growth performances, feed efficiency and body composition of pikeperch juveniles (*Sander lucioperca*). Aquaculture, 289, 70–73.

Warrer-Hansen, I., 2015. A brief history of RAS. Fish Farmer, 38, 22–25.

Wedekind, H., 2008. German experiences with the intensive culture of pikeperch (*Sander lucioperca* L.). In: Fontaine, P., Kestemont, P., Teletchea, F., Wang, N. (Eds), Percid Fish Culture -From Research to Production, Proceeding of abstracts and short communications of the workshop, Namur, Belgium, 68–70.

Zakeś, Z., 1999. The effect of body size and water temperature on the results of intensive rearing of pikeperch (*Sander lucioperca* L.) fry under controlled conditions. Archives of Polish Fisheries, 7, 187–199.

Zakęś, Z., Kowalska, A., Czerniak, S., Demska-Zakęś, K., 2006. Effect of feeding frequency on growth and size variation in juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.). Czech Journal of Animal Science, 51, 85–91.

Zakęś, Z., Rożyński, M., Demska-Zakęś, K., 2019. Effect of PIT tagging on hematology and plazma composition of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)). Aquaculture International, 27, 971–981.

Zakeś, Z., Szczepkowski, M., 2004. Induction of out-of-season spawning of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.). Aquaculture International, 12, 11–18.

Zakęś, Z., Szkudlarek, M., Woźniak, M., Demska-Zakęś, K., Czerniak, S. 2003. Effects of feeding regimes on growth, within-group weight variability, and chemical composition of the juvenile zander, *Sander lucioperca* (L.), body. Fisheries, 6, 1.

8. Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou intenzivního chovu candáta obecného v RAS a vlivem předkládání různých typů pelet (potápivých a plovoucích), a různými frekvencemi podávání krmiva v průběhu jednoho dne. Celá diplomová práce se tak skládá ze dvou oddělených experimentů. V prvním experimentu byl hodnocen vliv potápivého a plovoucího krmiva na produkční ukazatele a růstové schopnosti a rozrůstání obsádky odchovávaných ryb. Do experimentu bylo celkem nasazeno 8 000 ks juvenilního candáta o průměrné hmotnosti 21,38 g. Tyto ryby byly odchovávány po dobu 16 týdnů při průměrné teplotě 21,37 ± 0,66 °C (7:00) a 20,77 ± 0,55 °C (15:00), průměrném nasycení kyslíkem 127,43 ± 2,37 % (7:00) a 117,03 ± 1,14% (15:00) a při počáteční biomase 13,42 $kg.m^{-3}$. Tyto ryby byly krmeny pomocí pásových krmítek s hodinovým strojkem krmivy Skretting Europa -15 F (plovoucí) a Biomar Effico Sigma (potápivé) o stejném živinovém složení. Po 16 týdnech byly vyhodnoceny produkční ukazatele (FCR, SGR, WG, TL a CF, přežití). Téměř všechny ukazatele vykazovaly statisticky významné rozdíly ve prospěch potápivého krmiva. Rozrůstání obsádky bylo mírně nižší u skupiny krmené plovoucím krmivem. Na začátku experimentu 2, při kterém byly testovány různé frekvence aplikace krmiva, bylo nasazeno 600 ks juvenilního candáta o průměrné hmotnosti 37,49 g. Tyto ryby byly odchovávány po dobu 6 týdnů při průměrné teplotě 21,37 ± 0,66 °C (7:00) a 20,96 ± 0,66 °C (15:00), průměrném nasycení kyslíkem 127,43 ± 2,37 % (7:00) a 117,03 ± 1,14 % (15:00) a při počáteční biomase 13,35 $kg.m^{-3}$. Tyto ryby byly krmeny pomocí automatického krmítka Imetronic Self-Feeder ve 3 různých frekvencích denně (DKD, tj. denní krmná dávka byla rozdělena na 3, 6 nebo 12 dávek za den) krmivem Skretting Europa – 15 F. Po 6 týdnech byly vyhodnoceny produkční ukazatele, rozrůstání skupin, odebrány orgány na stanovení somatických indexů, stanoveno poškození ploutví a odebrána krev na biochemický rozbor. Při analýze produkčních ukazatelů nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly mezi 3 skupinami. Rozrůstání bylo stanoveno jako nejnižší u skupiny krmené 3x a nejvyšší u skupiny krmené 12x denně. Organosomatické indexy ukázaly rozdíl u hepatosomatického indexu (HSI). Nejvyšší hodnotu (a statisticky významně rozdílnou oproti oběma dalším skupinám) vykazovala skupina krmená 3x denně. Při analýze dat z biochemického rozboru krve byly objeveny zvýšené hladiny albuminů a triglyceridů u všech třech testovacích skupin, zejména u skupiny krmené 12x denně. Zároveň byly zjištěny i statisticky významné rozdíly mezi skupinami, u koncentrace amoniaku v plazmě (nejnižší

koncentrace u skupiny krmené 3x denně a nejvyšší u skupiny krmené 12x denně) a hladiny glukózy. U glukózy byla zjištěna nejnižší hladina u skupiny krmené 3x denně. Skupiny krmené 6x a 12x denně vykazovaly velmi podobnou hladinu glukózy. Organosomatické indexy ukázaly rozdíl u hepatosomatického indexu (HSI). Nejvyšší hodnotu (a statisticky významně rozdílnou oproti oběma dalším skupinám) vykazovala skupina krmená 3x denně.

Nejlépe hodnocená byla skupina krmená 6x denně. Ta dosáhla uspokojivých produkčních ukazatelů (vyšších než skupina krmená 3x denně ale mírně nižší než skupina krmené 12x denně), nižší rozrůstání (nižší než u skupiny krmené 12x denně), uspokojivě probíhající lipidový metabolismus (oproti skupině krmené 12x denně s poruchou lipidového metabolismu) a zároveň vykazovala nižší poškození ploutví než skupina krmená 12x denně.

Klíčová slova: candát, RAS, potápivé krmivo, plovoucí krmivo, frekvence krmení, produkční ukazatele, intenzivní akvakultura

9. Abstract

This thesis is aimed on problematics of intensive pikeperch aquaculture and the influence of the feeding by different types of pellets and also different frequencies of feeding during the day. Whole thesis consists of two separate experiments. In the first experiment we tried to evaluate the influence of sinking and floating type of pellets on the growth abilities and production markers of juvenile pikeperch. The first experiment was stocked with 8000 pcs of juvenile pikeperch (average weight 21,38g). These fish were kept in controlled conditions for 16 weeks (average temperature of 21,37 ± 0,66 °C (7:00) and 20,77 ± 0,55 °C (15:00), average dissolved oxygen levels of 127,43 ± 2,37 % (7:00) and 117,03 ± 1,14% (15:00) °C, 120 % and initial biomass of 13,42 kg/m³). These fish were fed by belt feeders two types of pellets (floating Skretting Europa and sinking Biomar Effico Sigma) with the same nutrient composition. After 16 weeks all the production markers (SGR, FCR, WG, TL, CF and survival) were examined. Almost all the parameters showed the statistically significant difference in favor of the sinking pellets. Although growth heterogenity turned out to be lower in the group fed by floating pellets. In the second experiment 600 individuals of juvenile pikeperch with average weight of 37,49 g were stocked in tanks. These fish were kept in controlled conditions for 6 weeks (average temperature of 21,37 ± 0,66 °C (7:00) and 20,96 ± 0,66 °C (15:00), average dissolved oxygen levels of 127,43 ± 2,37 % (7:00) and 117,03 ± 1,14 % (15:00) with initial biomass of 13,35 kg/m³). These fish were fed by automatic feeder Imetronic Self Feeder in 3 different frequencies a day (3,6 or 12 batches). Pellets Skretting Europa- 15F were used in this experiment. After 6 weeks of rearing production markers were examined. Growth heterogenity, somatic indexes, and fin erosion were also examined. Also, blood samples were taken. After data analysis no statistically significant difference was found among the production markers in all three groups. Growth heterogenity was proven to be the lowest in the group fed 3x a day and highest in the group fed 12x a day. Organosomatic indexes showed statistically significant difference of HSI (hepatosomatic index). Highest index was observed in group fed 3x a day. During the analysis of the data from biochemical analysis increased levels of albumins and tryglicerids were observed especially in the group fed 12x a day. Simultaneously, statistically significant differences among the amonia levels (lowest concentration in the group fed 3x a day and highest in group fed 12x a day) and glucose

(lowest concentration in the group fed 3x a day, two other groups had almost the same level of glucose) levels in plasma were found.

As a group with the best results was determined a group fed 6x a day. This group reached satisfying results in production markers (better than group fed 3x a day but slightly worse than group fed 12x a day). Also, lower growth heterogenity than in group fed 12x a day was observed. Group fed 6x a day also displayed the best working lipid metabolism in contrary to the group fed 12x a day which displayed the disorder of the lipid metabolism. Also, the fin erosion was slightly lower than in a group fed 12x a day.

Key words: pikeperch, RAS, sinking pelets, floating pelets, frequency of feeding, production markers, intensive aquaculture