

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství ochrany vod

Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Bakalářská práce

**Vliv hustoty obsádek sumečka afrického (*Clarias gariepinus*) na
efektivitu jeho intenzivního chovu v recirkulačním akvakulturním
systému**

Autor: Kamil Trnka

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Křišťan, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: doc. Ing. Tomáš Polícar, Ph.D.

Studijní program a obor: Zootechnika, Rybářství

Forma studia: Prezenční

Ročník: 3.

České Budějovice, 2021

Prohlášení:

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma “Vliv hustoty obsádek sumečka afrického (*Clarias gariepinus*) na efektivitu jeho intenzivního chovu v recirkulačním akvakulturním systému“ jsem vypracoval samostatně za použití pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu 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 Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, 2021

Podpis:

Poděkování:

Rád bych tímto poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Křišťanovi, Ph.D. a konzultantovi doc. Ing. Tomáši Polícarovi, Ph.D. za ochotu, odbornou pomoc, poskytnuté rady a zpracování dat při vypracování mé bakalářské práce. Dále také děkuji pracovníkům firmy Tilapia s.r.o. a majiteli Ing. Janu Horovi za možnost využití recirkulačního akvakulturního systému, za cenné rady a odbornou pomoc při tvorbě této bakalářské práce.

Na tomto místě bych velmi rád poděkoval i své rodině.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta rybnářství a ochrany vod

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Kamil TRNKA
Osobní číslo: V17B024P
Studijní program: B4103 Zootechnika
Studijní obor: Rybnářství
Téma práce: Vliv hustoty obsádek sumečka afrického (*Clarias gariepinus*) na efektivitu jeho intenzivního chovu v recirkulačním akvakulturním systému
Zadávací katedra: Výzkumný ústav rybnářský a hydrobiologický

Zásady pro vypracování

V posledních pěti až deseti letech se po celém území České republiky začínají rozrůstat bioplynové elektrárny s množstvím tzv. „odpadního tepla“. To dává příležitost k vybudování recirkulačního akvakulturního systému bez nákladů především v zimním období na ohřev vody a elektrickou energii. Pro tyto RAS systémy se stále hledají optimální druhy ryb a optimalizuje se jejich odchov.

Sumeček africký je velmi odolný a adaptabilní druh, který je díky pomocnému dýchacímu ústrojí schopen trvale obývat vody s velmi nízkou hladinou kyslíku. Současným hlavním problémem v intenzivním chovu tržních ryb sumečka afrického je, že v podstatě není stanovena či zjištěna optimální hustota obsádek pro optimální růst a konverzi krmiva do tržní velikosti odchovávaných ryb. V odborné literatuře se uvádí dokonce rozmezí 100-400 kg.m⁻³. Při takto vysokých hustotách se v určité fázi odchovu růst pravděpodobně zpomalí nebo až úplně zastaví a nebude optimálně využita konverze krmiva a celková ekonomika chovu se bude rapidně snižovat. Z těchto důvodů je realizace této práce vysoce žádoucí pro stávající a budoucí RAS farmy po celé České republice.

Cílem bakalářské práce bude porovnat mezi sebou čtyři zvolené hustoty ryb. V jednotlivých skupinách budou sledovány následující parametry chovu, které budou mezi jednotlivými skupinami vzájemně matematicky a statisticky porovnány: mortalita, přežití, kanibalismus, růst ryb (v podobě SGR, TL, W), konverze živin (v podobě FCR), kondice a zdravotní stav odchovávaných ryb (v podobě FC).

Rozsah pracovní zprávy: 30-50 stran
Rozsah grafických prací: dle potřeby
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam doporučené literatury:

- Adamek, J., 1994. Production and rearing of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Komunikaty Rybackie* 1, 11-13.
- Almazan-Rueda, P., Schrama, J. W., Verreth, J.A.J. 2004. Behavioural responses under different feeding methods and light regimes of the African catfish (*Clarias gariepinus*) juveniles. *Aquaculture* 231, 347-359.
- Avnimelech, Y., Verdegem, M.C.J., Kurup, M., Keshavanath, P., 2008. Sustainable land-based aquaculture: rational utilization of water, land and feed resources. *Mediterranean Aquaculture Journal* 1, 45-55.
- Kouřil, J., Drozd, B., Prokešová, M., Stejskal, V., 2013. Intenzivní chov keříčkovce jihoafrického – sumečka afrického (*Clarias gariepinus*). *FFPW USB Vodňany, Edice metodik* 138, 60 s.
- Policar, T., Křišťan, J., Hampl, J., Blecha, M., Kolářová, J., 2018a. Provozní manuál sloužící k efektivnímu provozu intenzivní akvakultury využívající RAS. *Edice Metodik (Certifikovaná metodika), FROV JU Vodňany, č. 169*, 45 s.
- Policar, T., Fuka, T., Blecha, M., 2018b. Nové postupy a technologické komponenty a možnosti jejich využití v akvakultuře. *Edice Metodik (Certifikovaná*

metodika). FROV JU Vodňany, č. 170, 42 s.

Regenda, J., 2014. Chov doplňkových (vedlejších) druhů ryb. V: Hartman, P., Regenda, J. (Eds), Praktika v rybníkářství, FROV JU: 181 – 356.

Vachta, R., Nusl, P., Smékal, D., Lepič, P., a Buřič, M., 2015. Recirkulační systémy v chovech ryb. 2. vyd. Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie, Vodňany, 223 s.

Viveen, W. J. A. R., Richter, C. J. J., Van Oordt, P. G. W. J., Janssen, J. A. L., Huisman, E. A., 1986. Practical manual for the culture of the African catfish (*Clarias gariepinus*). The Netherlands Ministry for Development Cooperation. Section for Research and Technology, Hague, 128 p.

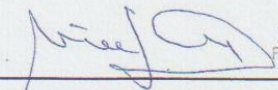
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kříšťan, Ph.D.**
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Konzultant bakalářské práce: **doc. Ing. Tomáš Polícar, Ph.D.**
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

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

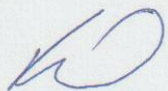
Termín odevzdání bakalářské práce: **4. května 2020**

V Českých Budějovicích dne 25. února 2019

u. z. 
prof. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD
Záměstí 715/II
389 25 Vodňany

(2)


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

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Literární přehled	9
2.1. Sumeček africký (<i>Clarias gariepinus</i>).....	9
2.1.1. Taxonomické zařazení	9
2.1.2. Výskyt	9
2.1.3. Morfologie druhu	10
2.1.4. Potrava	12
2.1.5. Introdukce	13
2.1.6. Rozmnožování v přírodě	13
2.1.7. Umělé rozmnožování	14
2.1.8. Kvalita masa a výtěžnost	16
2.1.9. Světová produkce.....	17
2.2. Odchov věkových stadií	17
2.2.1. Odchov raných stadií plůdku.....	17
2.2.2. Odchov plůdku a násady	19
2.2.3. Chov starších věkových kategorií	20
2.3. Recirkulační akvakulturní systém (RAS) pro sumečka afrického	21
2.3.1. Odchov sumečka afrického v recirkulačním akvakulturním systému (RAS)	22
2.3.2. Kvalita vody v RAS	23
2.3.3. Krmivo	23
2.3.4. Faktory růstu a konverze krmiva.....	23
3. METODIKA	24
3.1. Experimentální ryby.....	24
3.2. Příprava odchovných RAS.....	24
3.3. Zahájení prvního z pokusů s různými hustotami ryb bez každoměsíčního snížení hustoty ryb na původní biomasu.....	24
3.4. Druhý pokus s použitím různých hustot obsádek, sledující vliv odlišných stálých počátečních hustot ryb na jejich růst a další hodnoty chovu při každoměsíčním snižování biomasy ryb na původní hodnoty	25
3.5. Třetí pokus s tříděnými a netříděnými rybami	25
3.6. Zahájení a průběh jednotlivých experimentů.....	25
3.7. Hodnocené parametry.....	27
3.8. Měření a vážení experimentálních ryb	27

3.8.1.	Koeficient konverze krmiva (FCR)	27
3.8.2.	Přežití ryb (P)	27
3.8.3.	Specifická rychlost růstu (SGR).....	28
3.8.4.	Přírůstek za každé kontrolní období na 1 m ³	28
3.8.5.	Fultonův koeficient (FK)	28
3.8.6.	Statistické hodnocení a výsledky	28
4.	Výsledky	29
4.1.	První pokus s použitím různých hodnot ryb, bez snižování hustoty ryb na původní biomasu	29
4.1.1.	Průběh průměrné kusové hmotnosti těla a celkové délky těla sumečka afrického s vazbou na odlišnou neredukovanou hustotu ryb.....	29
4.1.2.	Různá neredukovaná hustota ryb a její porovnání hmotnostních přírůstků na 1 m ³ 30	
4.1.3.	Fultonův koeficient u sumečka afrického odchovávaného v RAS bez snižované hustoty ryb	31
4.1.4.	Specifická rychlost růstu (SGR) po pětíměsíčním odchovu v závislosti na odlišné stálé hustotě ryb.....	31
4.1.5.	Konverze krmiva u odchovávaných sumečků afrických v RAS po pětíměsíčním odchovu v závislosti na odlišných stálých hustotách ryb.....	32
4.1.6.	Kumulativní přežití odchovávaných sumečků afrických v RAS po pětíměsíčním odchovu v závislosti na odlišné stálé hustotě ryb.....	32
4.1.7.	Závěr prvního pokusu s použitím různých hodnot ryb, bez snižování hustoty ryb na původní biomasu.....	32
4.2.	Druhý pokus s použitím různých hustot obsádek s každoměsíčním snižováním množství ryb na původní hustotu.....	32
4.2.1.	Průběh průměrné kusové hmotnosti těla a celkové délky těla sumečka afrického s vazbou na odlišnou hustotu s každoměsíčním snižováním na původní hustotu ryb.....	33
4.2.2.	Porovnání přírůstků na 1 m ³ ryb u jednotlivých zkoumaných hustot ryb po dobu trvání druhého pokusu, kdy hustoty ryb byly snižovány na původní biomasu	34
4.2.3.	Fultonův koeficient u sumečka afrického odchovávaného v RAS v závislosti na odlišných hustotách s každoměsíčním snižováním ryb na původní biomasu.....	35
4.2.4.	Specifická rychlost růstu (SGR) po pětíměsíčním odchovu v závislosti na odlišné hustotě ryb s každoměsíčním snižováním na původní nasazenou hustotu ryb	35
4.2.5.	Konverze krmiva u odchovávaných sumečků afrických v RAS po pětíměsíčním odchovu v závislosti na odlišných hustotách ryb s každoměsíčním snižováním na původní hustotu.....	36

4.2.6.	Kumulativní přežití odchovávaných sumečků afrických v RAS po pětíměsíčním odchovu v závislosti na odlišné hustotě ryb s každoměsíčním snížením na původní nasazenou hustotu.....	36
4.2.7.	Závěr druhého pokusu s použitím různých hustot obsádek s každoměsíčním snižováním množství ryb na původní hustotu.	37
4.3.	Třetí pokus s tříděnými a netříděnými rybami se zvolenou optimální hustotou obsádky sumečka afrického (180 kg.m^{-3})	37
4.3.1.	Průběh průměrné kusové hmotnosti těla a celkové délky těla sumečka afrického u tříděných a netříděných ryb při optimální hustotě obsádky ryb (180 kg.m^{-3})	37
4.3.2.	Porovnání přírůstku tříděných a netříděných ryb při optimální hustotě obsádky ryb (180 kg.m^{-3}).....	39
4.3.3.	Specifická rychlost růstu (SGR), Fultonův koeficient (FK), konverze krmiva (FCR) po pětíměsíčním odchovu s tříděnými a netříděnými rybami s hustotou ryb 180 kg.m^{-3}	40
4.3.4.	Kumulativní přežití odchovávaných ryb sumečka afrického po pětíměsíčním odchovu s tříděnými a netříděnými rybami s hustotou ryb 180 kg.m^{-3}	40
5.	Diskuze.....	42
6.	Závěr	47
7.	Seznam tabulek.....	49
8.	Přehled použité literatury.....	50
9.	Seznam obrázků a grafů	54
10.	Přílohy	56

1. Úvod

Sumeček africký (*Clarias gariepinus*) je v posledních pěti až deseti letech velice známou konzumní rybou, díky rozrůstajícím se bioplynovým elektrárnám na území České republiky (Kouřil a kol., 2013). Elektrárny produkují velké množství “odpadního tepla“ sloužícího k ohřevu vody. Také díky tomu, vznikají v České republice recirkulační akvakulturní systémy (RAS), využívající odpadní teplo především v zimních měsících a zdroj elektrické energie z bioplynových elektráren, kvůli velice nízkým nákladům za tyto zdroje energie.

Pro recirkulační systémy je důležité použít optimální druhy ryb. Sumec africký (*Clarias gariepinus*) patří mezi velice efektivní a odolnou rybu pro chov v RAS. Tento druh ryby jsme schopni chovat ve vysokých obsádkách s ne až tak vysokou kvalitou vody. Výhodou sumečka afrického je jeho pomocné dýchací ústrojí, pomocí kterého je schopen přežívat ve vodách s nízkým obsahem rozpuštěného kyslíku. Proto jsme v RAS schopni produkovat vysoké množství tržních ryb s kvalitním zdrojem masa, které je velice chutné a vysoké kvality. Dalším přínosem pro chovatele je jeho brzká pohlavní zralost (možnost samice se vytříit několikrát za sezónu), dále i rychlý růst, odolnost vůči parazitům a nemocem (Kouřil a kol., 2013).

Jednou z nevýhod odchovu sumečka afrického je teplota vody (25 - 30°C), kterou potřebuje pro své přežití. Dalším problémem tohoto intenzivního chovu sumečka afrického je, že nejsou stanoveny žádné optimální hustoty obsádek pro optimální růst a konverzi krmiva do tržní velikosti chovaných ryb. V literatuře se uvádí rozmezí mezi 100 - 400 kg.m⁻³ (Kouřil a kol., 2013). Při hodně vysokých hustotách může dojít v určité fázi odchovu ke zpomalení nebo zastavení růstu ryb, nevyužití správné konverze krmiva a především ke zhoršení ekonomické stránky chovu (Kouřil a kol., 2013).

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit ideální množství ryb v nádrži pro jejich optimální růst a informovat stávající a budoucí farmy s RAS po celé České republice. Byly využity a porovnávány čtyři různé hustoty obsádek. Každý měsíc se sledovaly veškeré hodnoty a parametry chovu mezi různými obsádkami v nádrži, které byly statisticky a matematicky zhodnoceny a porovnány. Mezi tyto statistické hodnoty patřily: přežití, růst ryb (v podobě SGR, TL, W), konverze živin (v podobě FCR).

2. Literární přehled

2.1. Sumeček africký (*Clarias gariepinus*)

2.1.1. Taxonomické zařazení

Tab. 1: Taxonomické zařazení sumečka afrického (*Clarias gariepinus*) (Baruš a Oliva, 1995).

Říše	živočišné (<i>Animalia</i>)
Kmen	strunatci (<i>Chordata</i>)
Podkmen	obratlovci (<i>Vertebrata</i>)
Třída	paprskoploutví (<i>Actinopterygii</i>)
Řád	sumci (<i>Siluriformes</i>)
Čeleď	keříčkovcovití (<i>Clariidae</i>)
Rod	keříčkovec (<i>Clarias</i>)
Binomické jméno	sumeček africký (<i>Clarias gariepinus</i>)

Sumeček africký (*clarias gariepinus*) patří mezi jednu rybu ze 100 druhů, které spadají do čeledi *Clariidae* (keříčkovití), přísluší do řádu sumců (*Siluriformes*) a třídy paprskoploutví (*Actinopterygii*) (Hanel a Novák, 2004).

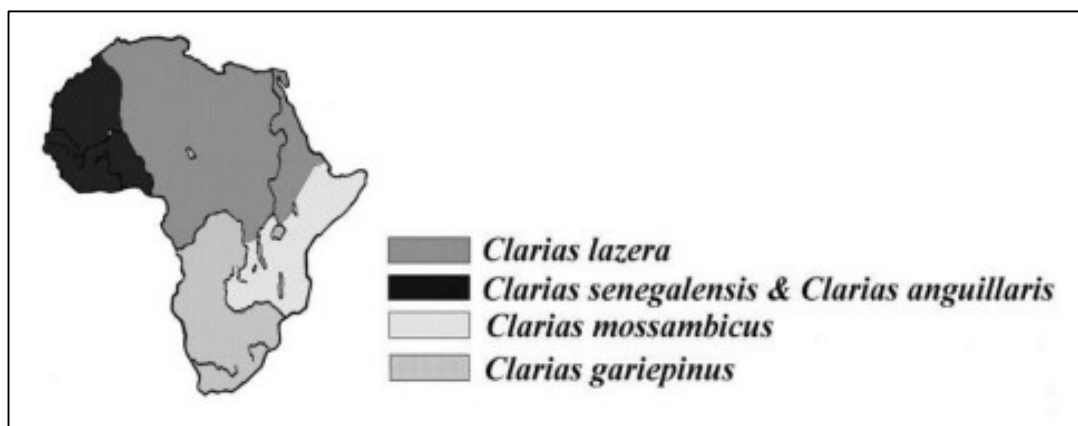
Díky jeho různorodému rozšíření dostala tato ryba mnoho odlišných latinských názvů. I na našem území má tento druh několik rozmanitých názvů – např. keříčkovec červenolemý (Hanel, 1997), klarias africký (Kůrka a kol., 2000), sumčík africký (Pokorný a kol., 2004; Hamáčková a kol., 2007) a dnes nejčastěji používaný název sumeček africký (Adámek, 1994; Hamáčková a kol., 2007).

2.1.2. Výskyt

Sumeček africký se vyskytuje na území celé Afriky, zde dostali díky velkému rozšíření po celém území mnoho rozlišných latinských názvů, jako je např. *Clarias mossambicus* – na východním území Afriky, *Clarias lazera* – severní a střední teritorium, *Clarias senegaensis* – na západě Afriky a *Clarias gariepinus* – jižní Afrika.

Mezi další velice významný areál patří například Asie, kde se mnohdy vyskytuje v blízkosti Středozemního moře. Sumeček africký obývá Izrael, Sýrii, Palestinu a na jih Asie (Kůrka a kol., 2000). Pomezí rozšíření sumečka afrického je jižní Turecko (Viveen a kol., 1986). Jeho přítomnost můžeme zaznamenat i ve volné přírodě v USA (de Graaf a Janssen, 1996). U nás v České republice se tato ryba vyskytuje pouze v umělých chovech, jelikož by nepřežila naše klimatické podmínky v chladných měsících roku. Letální teplota vody pro tento druh je při poklesu pod 15 °C (Adámek, 1994).

Sumeček africký je velice dobře schopný se přizpůsobit rozmanitým přírodním podmínkám. Přežívá různou kvalitu sladkých tropických (Viveen a kol., 1986) a subtropických (Appelbaum a Kamler, 2000) stojatých, ale i mírně tekoucích vod. Ideální teplota pro jeho život by se měla pohybovat okolo 25 °C. (Hecht a kol., 1988). Sumeček zvládá přežít i v zakaleném vodním prostředí, mělkých vodních plochách, dostačující pro jeho život jsou i hluboká teplá jezera s čistější vodou (J. Kouřil a kol., 2013).



Obr. č. 1: Geografická distribuce sumečka afrického (podle De Graaf a Janssen, 1996).

2.1.3. Morfologie druhu

Tělo sumečka afrického má torpédovitý a protáhlý tvar (Hamáčková a kol., 2007). Jeho hlava je dorzoventrálně zploštělá, se silnou kostěnou strukturou a příčnými ústy (Kouřil a kol., 2013). Celé tělo je pokryto kůží, šupiny chybí (Viveen a kol., 1986).

V jeho původních místech výskytu může dosáhnout až 140 cm délky těla a hmotnosti okolo 60 kg, nejčastěji v hlubokých a zakalených řekách (Hecht a kol., 1988), ale průměrná velikost těla v přírodních podmínkách se pohybuje do 70 cm (Hamáčková a kol., 2007).

Barva těla je tmavě šedá až olivová, břišní část má barvu bílou. Můžeme pozorovat i ryby se světlými nebo tmavými fleky na těle nebo jedince se zcela světle zbarveným tělem (Kouřil a kol., 2013).

Ústa sumečka afrického nesou 4 páry dlouhých vousků. Na každé čelisti se vyskytují 4 vousky, krajní jsou delší než vousky vnitřní (Kůrka a kol., 2000). Vousky

slouží především jako receptor při vyhledávání potravy (Viveen a kol., 1986). Ústa jsou široká, proto je *clarias gariepinus* schopen vyhledávat velké spektrum potravy od zooplanktonu, bezobratlé až po drobné ryby. Sumeček je aktivní převážně ve večerních a nočních hodinách. V ústech má velké množství malých zoubků, které mu pomáhají pevně uchopit kořist, roztrhávat ji nebo je schopen kořist pozřít v celku. Největší kořist, kterou je schopen pozřít, určuje obvod jeho otevřených úst (Viveen a kol., 1986).

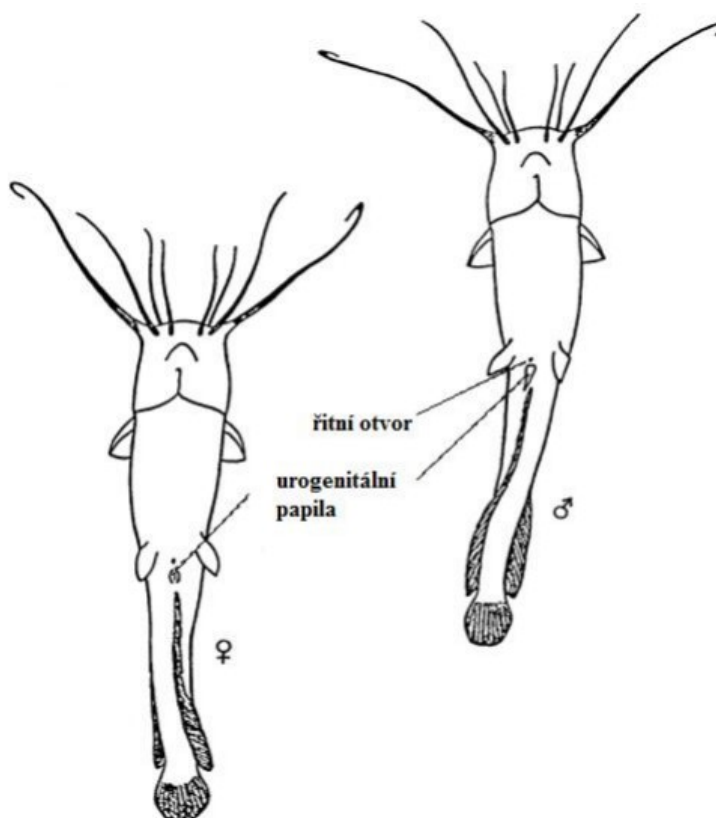
Tělo sumečka afrického nese párové a nepárové ploutve. Mezi párové ploutve řadíme prsní (pektorální) a břišní (ventrální) ploutve, mezi nepárové ploutve řadíme ploutve řitní (anální), ocasní (kaudální) a hřbetní (dorsální). Anální a dorsální ploutev jsou spojené a tvoří tzv. ploutevní lem. Prsní ploutve nesou trn, který vznikl přeměnou prvního paprsku. Prsní ploutve slouží v první řadě k pohybu a ochraně (Kůrka a kol., 2000). První paprsky prsních ploutví jsou tvrdé a z vnitřní strany ozubené. Hřbetní ploutev zasahuje až k ocasní části a nese 68-79 měkkých paprsků (Hamáčková a kol., 2007).

Ryby čeledi *Clariidae* dýchají, jako většina ryb pomocí žaberního aparátu, ale často jsou známy především díky jejich přídavnému dýchání v podobě tzv. labyrintního orgánu (Viveen a kol., 1986). Tento orgán můžeme vidět v horní oblasti dutiny žaberní za žábry a je chráněn pomocí dozadu zasahujících lebečních kostí (Hamáčková a kol., 2007), připevněný na druhém a čtvrtém žaberním oblouku (Kůrka a kol., 2000). Labyrintní orgán zahrnuje keříčkovité výrůstky sliznice žaberní dutiny nad žaberními oblouky, který mu umožňuje přijímat kyslík z atmosféry (Baruš a Oliva, 1995). Keříčkovitý orgán je pro tento druh velice důležitou součástí těla, pomocí které dokáže přežít ve velice složitém vodním prostředí s nízkým až téměř nulovým obsahem kyslíku. *Clarias gariepinus* je schopný se adaptovat na období sucha, kdy voda ze zaplaveného území se zcela ztrácí a zůstává pouze v nejhlubších místech (Kůrka a kol., 2000). Díky tomuto orgánu zvládá přežít i pár hodin mimo vodní prostředí (Viveen a kol., 1986). Proto je často používán v intenzivním chovu ve vysokých obsádkách (Hamáčková a kol., 2007). Keříčkovitý orgán se začíná objevovat v prvních třech až čtyřech týdnech od doby příjmu vnější potravy. Do této doby je plůdek odkázán na dýchání pomocí žaber (Hamáčková a kol., 2007).

U tohoto druhu můžeme pozorovat znatelný pohlavní dimorfismus (Hamáčková a kol., 2007). Pohlavní dimorfismus rozeznáváme podle pohlavního urogenitálního otvoru, umístěném v papile za řitním otvorem (Viveen a kol., 1986). Samičí papila má hvězdicovitý tvar a ve fázi před výtěrem mají jikernačky jasně zvětšenou břišní část. Samčí pohlavní papila je delšího kuželovitého tvaru (Hamáčková a kol., 2007).



Obr. č. 2: Stavba žaberního aparátu (podle De Graaf a Janssen, 1996).



Obr. č. 3: Pohlavní dimorfismus sumečka afrického (podle De Graaf a Janssen, 1996).

2.1.4. Potrava

Clarias gariepinus patří mezi všežravce (Micha, 1973), v přírodních podmínkách pak nejčastěji mezi dravce. Nejčastější potravou jsou bezobratlí živočichové a jejich stádia vývoje, obojživelníci a v dospělosti hlavně menší ryby (Hamáčková a kol., 2007).

Díky krátkému a rozšířenému jícnu může přijímat i větší kořist až do poloviny velikosti vlastního těla. K vyhledávání kořisti využívá dlouhé vousy (hmatové receptory) a také čich (Hecht a kol., 1988).

2.1.5. Introdukce

Jedním z velice známých míst, kde se rozvoj chovu nejvíce rozšířil, bylo Holandsko (Hogendoorn a kol., 1983). Postupem času se chov sumečka afrického stával čím dál více známý a rozšířil se i do jiných evropských zemí, jako například Maďarsko, Německo, ale i Polsko a do dalších zemí světa (Kouřil a kol., 2013). Do České republiky byl přivezen až v roce 1989 (Pokorný a kol., 2004).

Hlavním důvodem pro jeho chov v RAS jsou jeho výhody pro přežití ve zhoršených podmínkách vodního prostředí, jako je například adaptace na nízké koncentrace kyslíku ve vodě (možnost absorpce atmosférického kyslíku), vysoká hustota obsádky, růstové schopnosti a brzká pohlavní zralost, odolnost vůči nemocem a parazitům a velice kvalitní maso s dobrými dietetickými vlastnostmi (nízký obsah tuků 3,5 % a vysoký obsah bílkovin 18 %), absence "Y" kůstek a chutné maso (Hamáčková a kol., 2007).

Chov sumečka ve venkovních prostorech není v našem mírném klimatickém pásmu vhodný, kvůli nízkým teplotám vody v chladných obdobích. Chov je možný pouze v teplých měsících roku, ale celoroční chov je vyloučen.

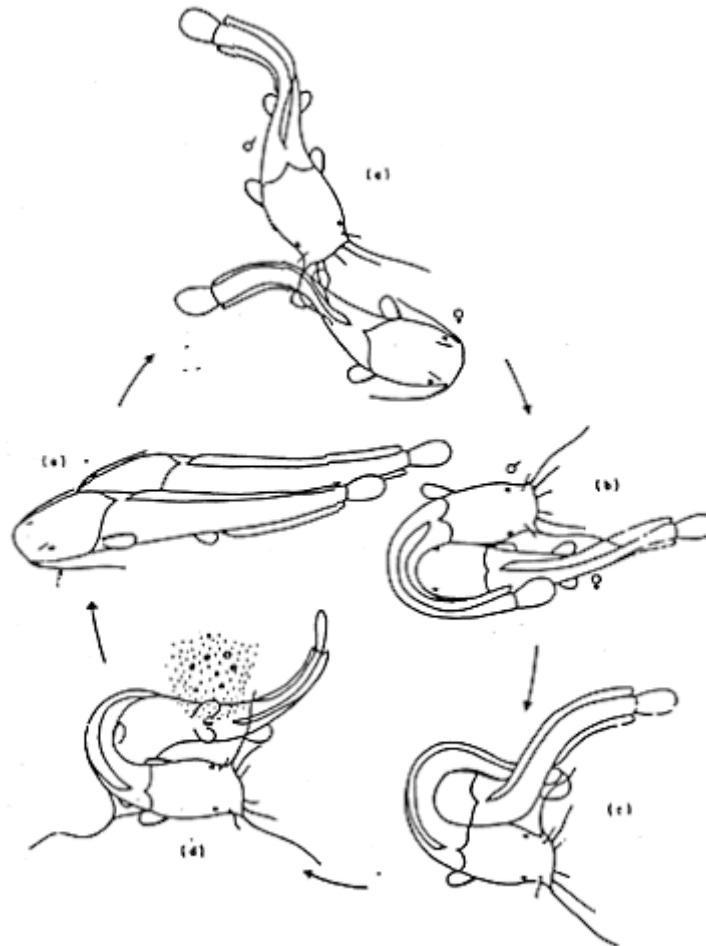
Nejčastěji používaný chov u nás je chov sumečka v uzavřených průtočných nebo uzavřených systémech s teplotou vody nad 20 °C nebo v letních měsících je možné provádět chov ve venkovních nádržích a v zimě ryby přemístit do uzavřených prostor s vyhovující teplotou vody (Adámek a Sukop, 1995). Sumeček je velice vhodnou rybou pro chov v RAS (Hamáčková a kol., 2007).

2.1.6. Rozmnožování v přírodě

Pohlavní dospělost začíná ve dvou až třech letech. V přirozených afrických podmínkách začíná etapa rozmnožování obdobím dešťů, změnou teploty vody a fotoperiody, kdy generační ryby táhnou do mělkých zarostlých míst, přítoků s hloubkou okolo 10 cm, kde se vytírají na rostliny, jedná se tedy o fytofilní druh ryb (Hamáčková a kol., 2007). Začátek výtěru je ovlivněn stoupající hladinou vody a záplavami (Viveen a kol., 1986).

Celému výtěru předchází tzv. námluvy, kdy samci svádějí agresivní souboje, poté se třou se samicemi v párech. Do tření se zapojují velká hejna generačních samců a samic, které se vytírají na rostliny v nočním období (Hamáčková a kol., 2007). Jikernačka uvolňuje a klade jikry ve více dávkách i několik hodin. Mlícák oplozuje vajíčka uvolněním spermatu nad jikrami. Samice ocasem rozptyluje jikry ocasem do větší plochy a ty se přilepují na okolní vegetaci. Po vylíhnutí z jiker, ke kterému dochází po 1 - 2 dnech, se potomstvo zdržuje několik měsíců po vylíhnutí v mělkých, travnatých vodách a s příchodem období sucha migruje po proudu do hlubších oblastí řek nebo jezer (Kouřil a kol., 2013). Péče o jikry a o potomstvo nebyla registrována, a tak ryby po vytření migrují zpět do hlubších lokalit (Viveen a kol., 1986).

Samičky sumečka afrického jsou velice známé díky rychlému vývoji nových dávek jiker a jsou schopné po několika týdnech dalšího výtěru, proto může dojít k několika výtěrům během sezóny, podpořené dešťovými srážkami, nebo přítokem vody z výše položených oblastí.



Obr. č. 4: Námluvy samce a samice sumečka afrického (podle De Graaf a Janssen, 1996)

2.1.7. Umělé rozmnožování

Obrovskou výhodou tohoto výtěru je, že samice dosahují pohlavní dospělosti už ve věku šesti až sedmi měsíců, ale nejlepších hodnoty z hlediska umělého výtěru a odchovu plůdku je nicméně docíleno při stáří jikernaček od 2 do 3 let. Pohlavní dospělost mlíčáků je až od věku 1,5 – 2 let (Hamáčková a kol., 2007).

Generační samce a samice můžeme odchovávat ve společné nádrži při teplotě vody od 23 do 25 °C. Při chovu ryb v rybnících, které se v České republice neprovádějí, dochází k několika výtěrům po několik měsíců v roce, stejně jako v přirozených podmínkách (Hamáčková a kol., 2007).

Pokud se zaměříme na chov v RAS, tak ryby můžeme vytírat po celý rok díky tomu, že nedochází k ústupu gonád. Umělý výtěr ryb z RAS se tedy provádí za pomoci hormonální stimulace. Nejčastěji používaná hormonální stimulace je kapří hypofýza

nebo uměle vytvořené hormonální přípravky s GnRH = hormon uvolňující gonadotropiny např. Ovopel (Kouřil a kol., 2013). Hypofýza se podává injekčně do svaloviny nebo do břišní dutiny ve formě suspenze (rozpuštěná hypofýza ve fyziologickém roztoku) v dávce 2 - 3 mg.kg⁻¹. Pokud využijeme hypofýzu při teplotě vody 25 °C, dojde k výtěru za přibližně 11 hodin, teplota vody výrazně ovlivňuje čas, za který je výtěr uskutečněn (Hamáčková a kol., 2007). Při použití syntetických hormonálních přípravků (Ovopel), který se aplikuje intramuskulárně nebo intraperitoneálně v dávce 10 - 40 µg.kg⁻¹, tzn. 1 peleta na 1 kg jikernačky, dochází k výtěru za 13 hodin při teplotě 25 °C (Kouřil a kol., 2013).

Po použití hormonální stimulace je potřeba jikernačky chovat odděleně v zakrytých nádržích, protože se u nich projevuje silná agrese a snaha vyskočit z nádrže. Mlíčáky můžeme přechovávat ve společné nádrži (Kouřil a kol., 2013).

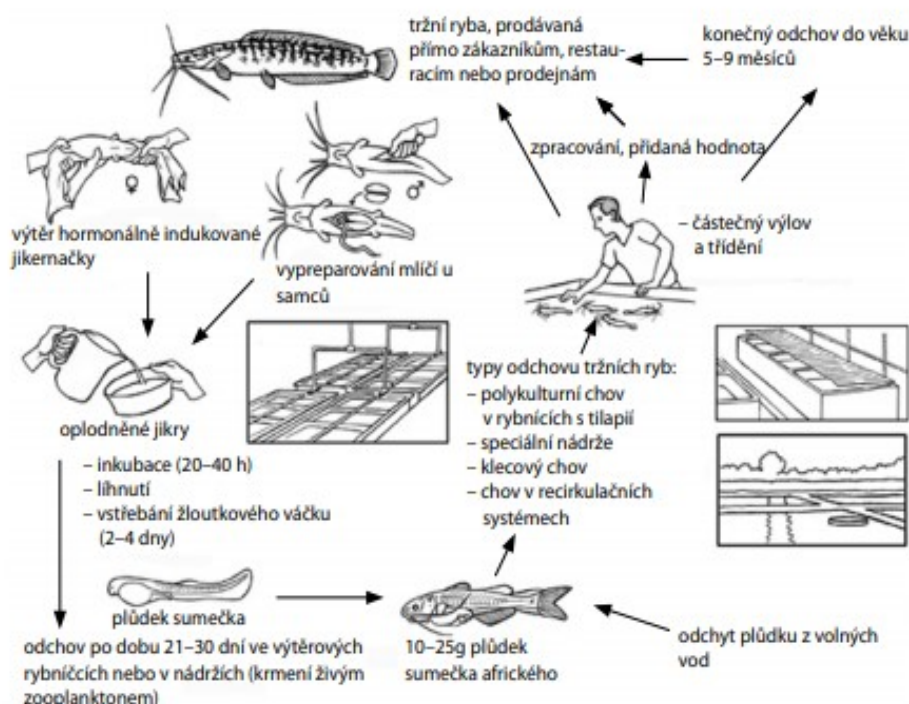
Než dojde k hormonální injikaci, tak ryby cca 1 - 2 dny ponecháme bez krmení a držíme teplotu vody na 25 - 27 °C. Před vlastním výtěrem, je důležité ryby anestetizovat pomocí hřebíčkového oleje (0,04 - 0,05 ml hřebíčkového oleje na litr vody). Před začátkem výtěru vysušíme jikernačkám břišní část těla a ploutve. Jikernačky mají vysokou plodnost a jejich výtěr není až tak složitý. Jikry vytíráme do suchých nádob po 200 - 300 g, které následně oplodníme spermatem mlíčáků. Jikry inkubujeme v Zugských lahvích s ideální teplotou vody 25 - 27 °C, s průtokem vody 1 - 3 l.min⁻¹ a s pravidelnou kontrolou jiker (Hamáčková a kol., 2007). Relativní pracovní plodnost (množství jiker na kg hmotnosti samice) se pohybuje od 100 - 150 tisíc jiker (Adámek, 2001). Relativní hmotnost jiker se pohybuje od 10 - 20 % hmotnosti jikernačky před výtěrem. Barva jiker je žlutozelená až hnědozelená a jeden kilogram jiker obsahuje cca 700 tisíc kusů jiker (Kouřil a kol., 2013).

Mlíčí se získává zabitím mlíčáků a vypreparováním gonád. Zralé mlíčí má bílou až světle krémovou barvu. Samčí gonády se lehce vysuší papírovou utěrkou a rozstříhají se na kousky a promáčkají přes suché síto nebo tkaninu na jikry v miskách. Jikry a mlíčí se následně promíchají, poté se přidá voda a znovu se vše promíchá. Po dalších 2 - 5 minutách se oplozené jikry propláchnou vodou a přemístí do nádrží tak, aby se rozprostřely a přilepily na potopené síto, kde se jikry inkubují, nebo jikry můžeme inkubovat v tzv. Zugských lahvích. Při tomto způsobu je jikry nutné odlepkovat. K odlepkování se nejčastěji používá suspenze jílu, nebo tanin (v koncentraci 0,7 - 0,1 g.l⁻¹), který se rozpustí v teplé vodě. Odlepkování je založeno na dvou krátkodobých koupelích, vždy na 20 vteřin. Mezi a po koupeli se vždy jikry promyjí dostatečným množstvím vody a až poté se nalijí do inkubačních lahví a nastaví se ideální průtok vody (Kouřil a kol., 2013; Hamáčková a kol., 2007).

Sumeček africký nemá až tak vysokou oplozenost jiker, ta se pohybuje pouze okolo 55 %. Přežití oplozených jiker se pohybuje do 90 %. Zelenohnědé jikry jsou oplozené a jikry s bílou barvou jsou většinou neoplozené, tyto jikry musí být odstraňovány, aby se zdravé chránily před plísněmi. K líhnutí jiker dojde při teplotě vody 26 °C za přibližně 25 hodin. Veškeré zbytky jiker, poškozené a mrtvé larvy je důležité z nádrže odstranit. Vylíhlé larvy sumečka mají délku okolo 5 - 7 mm a váží 1,2 - 3,0 mg. Vylíhlé larvy pár dní po vylíhnutí hledají úkryt a tmavá místa v nádrži. Proto se často nádrže zastíňují v okolí přítoku (Viveen a kol., 1986). Zatemnění nádrže je velkou výhodou v době

přechodu na exogenní výživu, které se projeví vyšším přežitím plůdku než u nádrží, které nebyly zastíněny (Britz a Pienaar, 1992). Dalším důležitým faktorem je zajistit larvám dostatečné množství rozpuštěného kyslíku ve vodě, tak aby nekleslo pod 50 %. Těmito faktory zlepšíme celkové přežití až od 90 % (Hamáčková a kol., 2007).

Absorpce žloutkového váčku trvá přibližně tři dny po vykulení a larva má v této době okolo 3 mg, tím že absorbuje vodu, začne aktivně plavat a vyhledávat úkryty a potravu (Viveen a kol., 1986; Hamáčková a kol., 2007).



Obr. č. 5: Produkční cyklus sumečka afrického (podle Viveen a kol., 1986; Kouřil a kol., 2013).

2.1.8. Kvalita masa a výtěžnost

Sumeček africký je velice známou rybou pro jeho kvalitní maso (svalovinu) načervenalé barvy s nízkým obsahem tuků, vysokým množstvím bílkovin a výbornými chuťovými vlastnostmi bez „Y“ kůstek (Hamáčková a kol., 2007). Podle Osibona a kol. (2009) se složení masa sumečka z oblasti Nigerie skládá z 18,8 % bílkovin, 9,3 % tuku a 1,2 % popelovin.

Ryba se zpracovává na velké množství způsobů: celá usmrčená ryba, ryba kuchaň (bez vnitřností), opracovaný trup (bez hlavy, ploutví a vnitřností), podkovy (opracovaný trup a příčně řezaný na cca 30 mm) a filety (s kůží, nebo bez kůže) (Fourie, 2006).

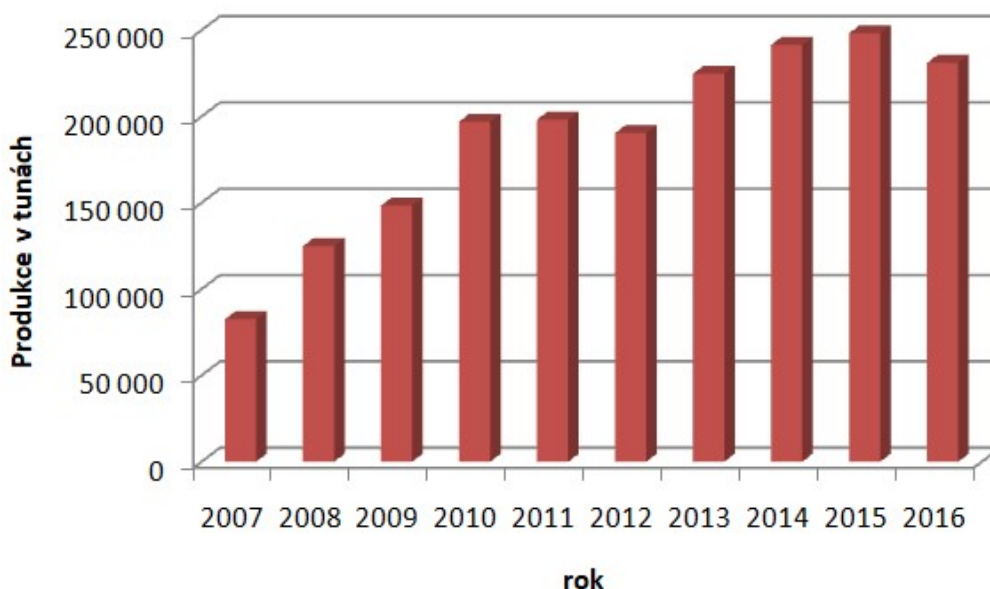
Výtěžnost sumečka je okolo 91 – 92 %. Vykuchaň ryba bez hlavy má výtěžnost okolo 67 %, filet s kůží 48 % a filet stažený (bez kůže) 43 %. Se zvyšující se kusovou hmotností pozorujeme vyšší výtěžnost (Adámek, 1994).

2.1.9. Světová produkce

V Africe je sumeček africký hned po tlamounu nilském druhým nejdůležitějším rybím druhem chovaným intenzivní akvakulturou. Jedná se o jeden z hlavních produktů národního hospodářství v Nigerii, Keni, Kamerunu, Mali a Jihoafrické republice. Nejčastěji se zde sumeček chová v rybničním chovu v jednoletém až dvouletém produkčním cyklu. Jen ojediněle můžeme v Africe sledovat chov tohoto druhu v klecích (Hecht a kol., 1988).

Mezi jedny z hlavních producentů sumečka afrického patří např. Nigérie, Maďarsko, Sýrie, Mali, Keňa a Jihoafrická republika. V Evropě se chov této ryby začal rozvíjet počátkem 90. let minulého století. Produkce byla založena především na tvorbě násadového materiálu, tržních ryb a pohybovala se od 5 – 200 t sumečka za rok (Kouřil a kol., 2013).

Dle statistik FAO (Food and Agriculture Organization) jsou dnešními největšími producenty Nigerie, Holandsko, Maďarsko, Jižní Afrika a další. Světová produkce se pohybuje okolo 200 000 tun ročně (FAO Fishery Statistics, 2018).



Obr. č. 6: Celosvětová roční produkce (tis. tun za rok) tržního sumečka afrického z akvakultury od roku 2007 do roku 2016 (Dauda, 2018 – statistiky FAO).

2.2. Odchov věkových stádií

2.2.1. Odchov raných stádií plůdku

K odchovu plůdků používáme ideálně nádrže s objemem vody od několika stovek litrů do 1 m³. Nejlepší je použít mělké kruhové nádrže s odtokem vody umístěným v prostředku nádrže. Je možnost použít i nádrže obdélníkového tvaru, a to s přítokem na jedné z kratších stran nádrže a s odtokem na protilehlé kratší straně (Hamáčková a kol., 2007).

Díky krouživému průtoku vody v kruhovitých nádržích dochází k soustředění exkrementů a zbytků krmiv do středu nádrže, tedy jejich odtoku z nádrže. U nádrží s obdélníkovým tvarem, k tomuto jevu nedochází a nádrže trpí na velké množství nečistot a zhoršují kvalitu vody (Hamáčková a kol., 2007).

Průtok vody v nádrži je seřízen dle množství rozpuštěného kyslíku ve vodě. Průtok by měl být nastaven tak, aby nedocházelo k odnášení plůdku k odtokové části nádrže a ten mohl v klidu přijímat potravu bez jakýchkoli problémů i ze dna nádrže. Pokud je průtok vody silnější, dochází ke zpomalení růstu ryb. Dokonalý průtok vody lze pozorovat na odtokové vodě, která by měla obsahovat nasycení kyslíkem kolem 45 %, což souhlasí přibližně s celkovou výměnou vody v nádrži za 2 - 3 h (Hamáčková a kol., 2007).

Od zahájení příjmu potravy dýchá plůdek žábami (první 3 - 4 týdny odchovu) a dochází k vývoji pomocného dýchacího aparátu "labyrintu". V tomto období musíme udržovat teplotu vody shodně s teplotou vody nad hladinou. Pokud je teplota prostředí nad hladinou nižší, dochází k úhynům plůdku. Po této fázi vývoje ryby mohou dýchat jak pomocí žaber, tak pomocí labyrintu. Teplotu vody udržujeme od 25 - 26 °C. Ryby v tomto období vývoje dosahují přibližně 0,4 - 0,6 mg a nejčastěji se krmí v nočním období, díky receptorům na koncích vousků, zrak proto není u sumečků využíván. Po 3 - 4 týdnech začínají ryby přijímat potravu i přes den. Při odchovu je také rybám poskytnout zastínění nádrže, aby nedošlo k jejich zbytečnému shlukování a vyšší spotřebě kyslíku (Hamáčková a kol., 2007).

Na začátku většinou vysadíme do nádrže kolem 100 - 200 ks.l⁻¹. V prvním týdnu může být až 300 ks.l⁻¹. Začátkem druhého týdne musíme plůdek rozčlenit na poloviční hustotu obsádky, protože plůdek vyčerpává větší množství rozpuštěného kyslíku z vody a tím se snižuje růst a zhoršuje se kvalita prostředí, což má za následek objevující se bakteriální onemocnění (Hamáčková a kol., 2007).

První týden odchovu krmíme plůdek alespoň 5krát denně. Za nejpříjemnější potravu v prvním až druhém týdnu jsou považovány nauplia žábbronožky solné *Artemia salina*, vzhledem k jejich nutričním hodnotám a z důvodu snížení zdravotních problémů, protože není možné prostřednictvím žábbronožek přenášet bakteriální onemocnění či parazity a tím poškodit plůdek. Jedná se o značně hodnotné krmivo, které v sušině obsahuje 54% N látek, 10,6 % sacharidů a 14,3 % tuků. Vajíčka žábbronožky a jejich líhnutí se provádí ve slané vodě (15 - 20 g kuchyňské soli na 1 litr vody) a to vše při optimální teplotě vody 28 - 29 °C a pH vody 7,5 - 8,5 (pomocí sody). Nauplia se líhnou po 20 - 30 hodinách jejich inkubace a jsou schopné po jejich přemístění ze slané do sladké vody přižít 2 hodiny. Vylíhlá nauplia dosahují rozměrů od 0,2 - 0,4 mm a 1 g suchých vajíček obsahuje asi 250 tis. kusů artemií (Hamáčková a kol., 2007).

Plůdek sumečka je možné také krmit za pomoci mraženého nebo velikostně vyhovujícího živého planktonu, který je získáván odlovem z rybníků. Velikost zooplanktonu se s velikostí ryb zvyšuje, ale hlavně díky zvyšující se velikosti ústního otvoru sumečka. S využitím tohoto způsobu krmení může docházet k zavlečení různých parazitů, tím se vyvarujeme použitím mraženého zooplanktonu, ale zpomalíme tím rychlost růstu ryb (Hamáčková a kol., 2007).

V dnešní době jsou velice populární tzv. startérová krmiva pro odchov raných stadií ryb. Pro sumečka jsou často používána krmiva pro lososovité nebo kaprovité druhy ryb. Krmivo musí zahrnovat více než 50 % N látek a množství tuků musí být menší než 14 %. Přejít na větší velikost startéru musí probíhat tak, že do dávky krmiva postupně zahrnujeme i větší velikost startéru, který postupně přesahuje množství jemnějšího startéru. Při přechodu plůdku na větší části krmiva dochází ke zlepšení v chovu ryb, patří sem např. zlepšení kvality vody, čistější voda, menší množství kalu na dně nádrže a méně nárůstů na stěnách nádrže. Nejlepší jsou krmiva s nízkým rozpadem ve vodě. Po prvních 2 - 3 dnech je velice efektivní použít metodu „co-feeding“, která je založena na spojování živé potravy se startérovým krmivem (Hamáčková a kol., 2007).

Raný plůdek krmíme *ad libitum*. A to tak, že denní dávka krmiva je taková, aby ryby mohly trvale přijímat potravu a jejich trávicí trakt byl nepřetržitě naplněn. Důležité je, aby bylo co největší množství krmiva zkonsumováno a neusazovalo se na dně nádrže (Hamáčková a kol., 2007).

Pokud odkrmujeme za pomoci zooplanktonu, krmíme po celém žlabu v dostatečném množství asi 3 - 6krát denně. Krmíme tak, aby ryby mohly konzumovat krmivo i v nočních hodinách. Při krmení živým zooplanktonem nasadíme vhodné mřížky, aby větší nezkonsumovaný zooplankton mohl odcházet a nezacpaly se mřížky na odtoku, a tím nedošlo k odplavení plůdku z odchovných nádrží (Hamáčková a kol., 2007).

Interval krmení v prvních dnech je přibližně po 1 – 2 hodinách a ve 2. až 3. týdnu krmíme každé 2 – 3 hodiny. Sumeček většinu krmné dávky dokáže zkonsumovat v noci. Výhodou je použití automatických krmítek s časovačem, ale i tak se doporučuje alespoň jednou denně krmit ručně v celém prostoru nádrže mimo oblast krmítka (Hamáčková a kol., 2007).

Kanibalismus je u tohoto druhu ryb velice známý a pozorujeme ho už během prvních dnů odchovu. Výši kanibalismu ovlivníme prostřednictvím dodávání krmiva. Při pravidelném krmení kvalitní potravou dokážeme kanibalismus snížit. Kvalita krmiva je jednou z velice důležitých složek odchovu sumečka. Použití nekvalitních krmiv a malého množství krmiva způsobuje nestejný růst ryb. Při pozorování většího počtu jedinců se provádí třídění obsádky. Plůdek má v tomto období hmotnost těla od 200 do 500 mg a třídění je pro něj citlivá, ale velice důležitá část chovu (Hamáčková a kol., 2007).

2.2.2. Odchov plůdku a násady

Odchov plůdku od hmotnosti 0,2 - 0,5 g do 10 – 15 g závisí na kvalitě produkce a množství nádrží. Před vysazením do nádrží je důležité velikostně rozdílné ryby roztrždit alespoň do dvou skupin s podobnou hmotností do oddělených nádrží. Asi 30 % ryb po odchovu trvajícím tři týdny mají hmotnost 2x větší než ryby ostatní, tyto ryby patří mezi nejlepší násadový materiál do dalších chovů (Hamáčková a kol., 2007).

Hustota obsádky se vypočítává podle množství bazénů, které máme k dispozici; doby odchovu bez třídění ryb; cyklu produkce, především podle konečné hmotnosti ryb, do které chceme ryby chovat (Hamáčková a kol., 2007).

Denní krmná dávka závisí na kusové hmotnosti ryb a na teplotě vody. Plůdek o hmotnosti 1 - 10 g by neměl dostávat denní dávku krmiva větší než 6 – 7 % hmotnosti ryb; plůdek 10 - 25 g pak 6 - 6,5 g biomasy; pro 25 - 50 g ryby 5 – 6 % biomasy. Pro krmení ryb do 10 - 15 g hmotnosti je přijatelné využít pásový dopravník a u ryb s větší hmotností můžeme použít samokrmítka s návnadovou tyčí. Ruční krmení je hlavně časově náročnější. Pokud zvolíme tuto metodu, musíme naplánovat krmnou dávku tak, aby poslední krmení ryby dostávaly ve 21 – 22 h a frekvenci krmení udržovat po 2 až 4 hodinách (Hamáčková a kol., 2007).

V průběhu krmení kontrolujeme, jak se ryby chovají a také sledujeme množství nezkonsumovaného krmiva. Při zastavení příjmu potravy je nutná výměna vody v nádrži a odborné vyšetření veterinářem. Pokud budeme sledovat v chovu vyhublé ryby, změnímme druh krmiva (Hamáčková a kol., 2007).

Velký vliv na růst ryb má také hustota obsádky. V případě, že chceme získat za krátkou dobu těžší násadu, zvolíme nižší hustotu ryb v nádržích. Dalším důležitým faktorem je třídění ryb a tím snížení hodnot kanibalismu. Proto je důležité třídit ryby až do hmotnosti 20 - 30 g a to každé dva až tři týdny. Pokud třídění není možné, musíme počítat s vysokým kanibalismem a velikostně nevyrovnanými rybami. Čištění bazénů probíhá při třídění (Hamáčková a kol., 2007).

Pokud chováme ryby v RAS, tak průtok vody regulujeme dle kvality vodního prostředí. Pokud biologický filtr funguje správně, postačí výměna vody v nádrži 3 - 4krát za hodinu. Za každý den by se mělo v systému vyměnit alespoň 10 - 15 % objemu vody z celého systému (Hamáčková a kol., 2007).

V případě, že na počátku máme plůdek o hmotnosti 10 - 15 g, při hustotě obsádky 2 - 2,5 ks.l⁻¹ získáme po 65 dnech ryby o průměrné hmotnosti 120 -150 g. Z nádrže o objemu vody 2,5 m³ je možné vyprodukovat asi 520 - 700 kg ryb. Ztráty jsou 2 - 10 % (Hamáčková a kol., 2007).

V případě počáteční kusové hmotnosti 20 - 23 g, lze z nádrže s objemem vody 2,5 m³ jsme schopni za 65 dní vyprodukovat 1200 – 1250 kg ryb s průměrnou kusovou hmotností 165 - 190 g. Ztráty jsou okolo 10 – 15 % (Hamáčková a kol., 2007).

Při odchovu ryb s hmotností 130 – 200 g není nutné třídění, tzn., že nasadíme ryby do bazénů za cílem získání tržních ryb nebo můžeme ryby přelovit. Nejčastěji používáme nádrže s objemem vody 3 – 5 m³ (Hamáčková a kol., 2007).

Za vyhovujících klimatických podmínek můžeme ryby přesadit do venkovních nádrží, rybníků či sádek, nejčastěji od června až do srpna. Jedná se o velice prosperující metodu, která nám ušetří ekonomické náklady (Hamáčková a kol., 2007). Je zde riziko poklesu teplot pod 15 - 16 °C, které jsou pro sumečka letální (Adámek a Sukop, 1995).

2.2.3. Chov starších věkových kategorií

Při této poslední etapě chovu se snažíme získat ryby s průměrnou kusovou hmotností 800 g a více. V místech vysoké poptávky o sumečka afrického mluvíme i o rybách s hmotností přes 1200 g (Hora, vlastní sdělení). Tento chov provádíme ve větších nádržích s objemem větším jak 10 m³ a hloubkou alespoň 1 - 1,5 m. Hustota obsádky záleží na plánované tržní velikosti a době odběru ryb. Většinou se ale provádí

chov v hustotě 0,8 - 4,5 ks.l⁻¹, vše také závisí na kvalitě a správné funkci biologické filtrace (Hamáčková a kol., 2007).

Tržní sumeček se krmí extrudovanými nebo granulovanými krmnými směsmi, krmný koeficient se pohybuje od 0,9 do 1,2. Se zvyšováním průměrné hmotnosti ryb se denní dávka krmiva snižuje a to zhruba od 3 do 2 % jejich hmotnosti. Pokud je to možné, větší ryby krmíme ručně, protože za použití automatického krmení ryby rostou nerovnoměrně. Ruční krmení provádíme v intervalu 2 - 3 h a v noci podáváme větší množství krmiva. Pravidlem je, že jako první přijímají potravu ryby většího vzrůstu než ryby menší a dochází k nerovnoměrnému rozrůstání, nesprávné využití krmiva, zhoršení nákladů na krmivo a také se projeví zvýšený kanibalismus. Pokud chceme získat dobré hodnoty za použití automatického krmítka, aplikujeme na 10 - 15 m² vodní hladiny jedno krmítko. Při krmení sledujeme chování ryb. Pokud jsme schopni teplotu vody udržet mezi 25 - 27 °C a průtok vody zajistí výměnu vody v celé nádrži 2 - 3krát za den, dostaneme velmi vysokou rychlost růstu. Výhodou u starších věkových kategorií je, že se zde nevyskytují onemocnění (Hamáčková a kol., 2007).

Důležitou součástí chovu je sledování chemického stavu vody tzn. pH vody, koncentrace amoniaku a dusitanů. Klíčové je udržovat hodnotu pH od 6 do 7,5. Amoniakální dusík (TAN=total ammonium nitrogen) může dosahovat hodnot až do 30 - 40 mg.l⁻¹, množství toxického rozpuštěného nedisociovaného amoniaku může dosahovat 0,5 mg.l⁻¹ (se zvyšujícím se pH se zvyšuje množství toxického amoniaku). Při vysoké koncentraci dusitanů dochází u ryb k problému s dýcháním (změna hemoglobinu ryb na methemoglobin), tolerance u sumečka afrického je až 4 - 5 mg dusitanů. U tržních ryb koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě není až tak důležitá jako u mladších stadií. Starší ryby vydrží i koncentrace pod 0,5 mg O₂.l⁻¹ (Hamáčková a kol., 2007).

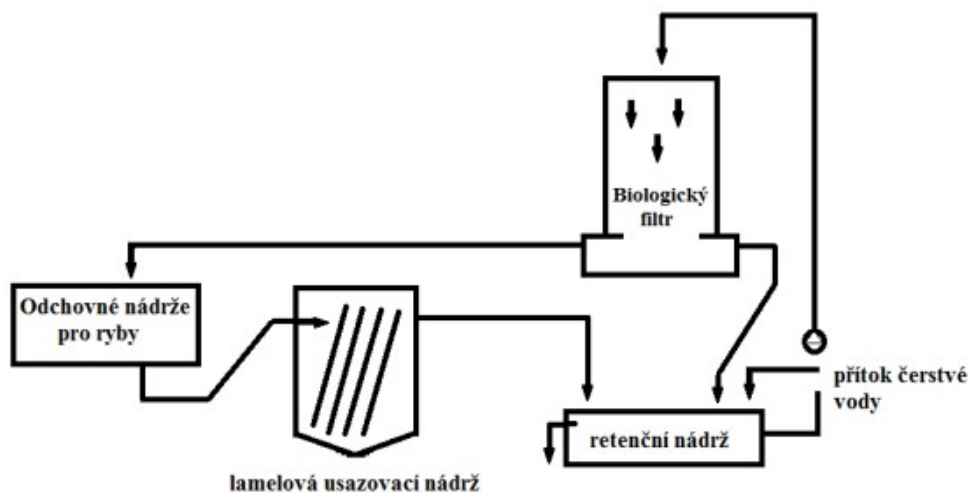
2.3. Recirkulační akvakulturní systém (RAS) pro sumečka afrického

Sumeček patří mezi jednu z ryb, která je vhodná k chovu v RAS ve vysokých hustotách (Hamáčková a kol., 2007). Chov ryb intenzivní metodou v RAS je v dnešní době jedna z nejvyspělejších metod chovu, která probíhá v průtočných systémech a rybničních chovech (Kouřil a kol., 2008). Hlavní výhodou je to, že jsme schopni kontrolovat veškeré podmínky chovu, jako je teplota, chemismus vody a kontrolované předkládání krmiva. Intenzivní chov ryb se vyznačuje vysokou produkcí ryb, nízkou spotřebou vody a nezávislostí na vnějším prostředí, nezabírají velké plochy a nepotřebují velké objemy vody. Jedná se o systémy, které mají částečný nebo uzavřený oběh vody. Jednou z výhod je doplňování malého množství vody, kterou je možné získat z podzemní vody nebo z vodovodu. U těchto druhů vody nehrozí přenos onemocnění. Pokud nemáme jeden z těchto zdrojů je potřeba vodu předčistit nebo využít desinfekci (ozonizace, UV záření). Do nádrží se doplňuje přibližně okolo 0,1 % až do 10 % vody za den z celkového objemu nádrží RAS (Kouřil a kol., 2008).

Součástí RAS je také sedimentace a mechanická filtrace, ve které jsou odstraňovány exkrementy a zbytky krmiv. Za pomoci biologických nitrifikačních filtrů

dochází biologickou (ne chemickou) cestou k oxidaci amoniaku (koncový produkt metabolismu bílkovin). Proces nitrifikace přemění amonné ionty na dusitany a ty jsou potom přeměněny na dusičnany, které jsou pro ryby téměř neškodné. Funkční složkou biologického filtru jsou rozkladné bakterie žijící na filtru nebo jsou suspendované ve vodním prostředí. Patří sem druhy: *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospina* a *Nitrospira*, které odstraní amoniakální dusík z vodního prostředí. Dusičnany se poté mohou přeměňovat za pomoci procesu denitrifikace až na molekulární dusík, který se uvolňuje do atmosféry. Provzdušňováním a oxygenací odstraňujeme produkt látkové přeměny oxid uhličitý. Těmito procesy doplňujeme kyslík do vodního prostředí. Obě fáze nitrifikace probíhají v aerobním prostředí. K oxidaci 1 g amoniakálního dusíku potřebujeme 4,57 g O₂ a 7,14 g CaCO₃. Spotřebovaný kyslík do vody vracíme za pomoci aerace (provzdušňování) nebo oxigenace (plynný kyslík). Proces nitrifikace ovlivňuje řada faktorů, např. teplota vody, množství rozpuštěného kyslíku ve vodě, pH, počet nitrifikačních bakterií (Russo a Thurson, 1997). Spotřebou uhličitanu vápenatého se snižuje pH vody, které vracíme do normálu za pomoci přidávání hydrogenuhličitanu sodného, ale tato metoda je krátkodobá (Kouřil a kol., 2008). Podle Langa a kol. (2011) se aplikuje do vodního prostředí mikromletý vápenec.

Při chovu v RAS využíváme extrudované krmné směsi, proto do RAS volíme pouze ryby nebo jiné vodní organismy, které mají dobrou prodejní cenu. Patří sem např. lososovité ryby, jeseter, candát, okoun, sumeček, sumec nebo okrasné ryby. RAS můžeme také využívat k různému testování např. kvalitě krmiv (Kouřil a kol., 2008).



Obr. č. 7: Schéma recirkulačního akvakulturního systému (RAS) (podle Hamáčková a kol., 2007).

2.3.1. Odchov sumečka afrického v recirkulačním akvakulturním systému (RAS)

Chov sumečka afrického se stává čím dál populárnější. Jedná se o velmi odolný druh, který je schopen přežít ve vodním prostředí s nízkou hladinou rozpuštěného kyslíku, a to i ve velkých hustotách (Kouřil a kol., 2013). Ideální teplota pro jeho

správný růst je 26 - 32 °C (Brizt a Hecht, 1987). Sumeček je schopný přežít i ve vodách se zvýšenou salinitou vody. Ideální pH vody by mělo mít hodnoty mezi 6,5 - 8,0. Mortalitu můžeme pozorovat u hodnot přesahujících pH 11, nebo pokud pH klesne pod 4 (Kouřil a kol., 2013). Podle Adámka (1994) je schopen sumeček přežít krátkodobý pokles teploty pod 12 °C, ale při dlouhodobém snížení teploty pod 15 °C dochází k zaplísnění a úhynu. Horní letální teplotou je teplota nad 40 °C, tedy snese i vysoké teploty vody (Kouřil a kol., 2013).

2.3.2. Kvalita vody v RAS

Sumeček africký není náročnou rybou pro chov v RAS, pouze požaduje vyšší teplotu, která by se měla pohybovat od 27 do 30 °C. Při poklesu teplot pod tyto hodnoty má tato změna dopad na snížení rychlosti růstu. Obsah kyslíku ve vodním prostředí by neměl klesnout pod 1 mg.l⁻¹, aby nedocházelo k možnosti výskytu různých onemocnění. Ideální hodnota kyslíku ve vodě je od 1 do 3 mg.l⁻¹. Hodnota pH vody by se měla pohybovat od 6,5 do 8 a smrtelná hodnota pH je pod 4 a nad 11. Sumeček zvládá přežít i silně organicky zatížené prostředí s hodnotou NH₃ do 0,05 mg.l⁻¹. Pro dusitany je hraniční hodnota 0,25 mg.l⁻¹ a pro dusičnany 250 mg.l⁻¹ (Hamáčková a kol., 2007).

2.3.3. Krmivo

Střevo sumečka afrického je jednoduché, poměrně krátké a tenkostěnné, proto potřebuje potravu s vysokým obsahem bílkovin. Příjem krmiva a růst u sumečka afrického je silně ovlivněn teplotou vody (Kouřil a kol., 2013). Podle Hecht a kol. (1988) byla dle krmných pokusů stanovena ideální hodnota růstu a konverze krmiva při použití diety obsahující 38 - 42 % hrubého proteinu a 8 - 12 %. Dle De Graaf a Janssen (1996) je ideální hodnota proteinu 35 - 42 % a stravitelná energie je 12 kJ.g⁻¹.

S pozdějšími pokusy byly zjištěny nové ideální hodnoty, které udávají pro plůdek a generační ryby doporučené množství 35 - 40 % stravitelných proteinů a 12 - 16 kJ.g⁻¹ stravitelné energie. Pro krmení tržních ryb je doporučený obsah stravitelných proteinů 30 - 35 % a 10 - 14 kJ.g⁻¹ stravitelné energie. Obsah vápníku (Ca) a fosforu (P) v krmivu pro generační ryby a plůdek je 0,8 - 1,5 % Ca a 0,6 - 1,0 % P. U tržních ryb jsou tyto hodnoty 0,5 - 1,8 % Ca a 0,5 - 1 % P. (De Graaf a Janssen, 1996).

2.3.4. Faktory růstu a konverze krmiva

Výše teploty vody významně ovlivňuje růst ryb a správnou konverzi krmiva u sumečka afrického. Podle Hoogendorna a kol. (1983) byly zjištěny nejvyšší krmné dávky při 27 - 29 °C. Při testu byl použit sumeček africký o různé individuální hmotnosti od 1 do 200 g při teplotách od 21 do 33 °C a krmivo (komerční krmivo pro pstruha) obsahovalo 50 % proteinů. Dalším důležitým faktorem je fotoperioda, kdy ryby dosahují většího růstu při tmě než ryby chované při větším osvětlení nebo při střídání intervalu 12 h světla a 12 hodin tmy (Morenike a kol., 2008).

3. METODIKA

3.1. Experimentální ryby

Do recirkulačního akvakulturního systému firmy Tilapia s.r.o. byly nasazeny juvenilní ryby sumečka afrického (*Clarias gariepinus*), které pocházely z chovu této farmy. Celá tato práce se sestavovala ze tří experimentů. Cílem těchto pokusů bylo optimalizovat obsádky sumečka afrického a zvýšit celkovou produkci tržních ryb.

3.2. Příprava odchovných RAS

První část pokusu probíhala u bioplynové stanice rybí farmy Tilapia s.r.o., kde bylo připraveno 12 odchovných nádrží (objem vody jedné nádrže 1750 litrů). Součástí tohoto RAS byl mechanický filtr o minimálním průtoku vody 15 000 litrů za hodinu a biologický filtr s pohyblivým ložem a filtračním médiem o objemu vody 20 000 litrů za hodinu, zařízením ke směšování kyslíku a přítokovým a odtokovým potrubím.

Tato příprava zahrnovala celkovou kontrolu, vyčištění a dezinfekci veškerého technického vybavení RAS. Následovalo napuštění celého systému z důvodu správného rozběhnutí celého systému, především kvůli naběhnutí biologické filtrace a stabilizace prostředí pro samotný pokus. Důležitá byla také kontrola a případná oprava veškerých netěsností systému nebo oprava dalších technických problémů.

Ke každé nádrži byly umístěny automatická krmítka. Došlo k naplánování jednotlivých procesů, podle kterých se postupovalo. V neposlední řadě bylo důležité proškolení obsluhy a její informování o veškerých technologiích a metodách pokusu.

3.3. Zahájení prvního z pokusů s různými hustotami ryb bez každoměsíčního snížení hustoty ryb na původní biomasu

První pokus započal v červenci a doba jeho trvání byla 5 měsíců. Pokus zkoumal vliv různých hustot ryb na jejich růst, přežití a konverzi krmiva. Cílem bylo dosáhnout optimální hustoty ryb v systému, u kterých nedocházelo ke každoměsíčnímu snížení hustoty ryb na původní biomasu. Pro pokus byly použity vyříděné ryby o jednotné velikosti a hmotnosti. Celková délka těla (TL) se pohybovala v rozmezí 367 ± 57 mm a celková hmotnost (W) byla v rozmezí 382 ± 166 g. Byly využity 4 různé hustoty ryb, kdy každá hustota měla tři kontrolní opakování. První skupina ryb byla o biomase 30 kg.m^{-3} , druhá 60 kg.m^{-3} , třetí 90 kg.m^{-3} a čtvrtá skupina měla biomasu 120 kg.m^{-3} .

Koncem každého měsíce byly ryby z jednotlivých nádrží sloveny, kontrolovaly a zapisovaly se hodnoty růstu (TL a W), přírůstek biomasy v každé z nádrží o různé hustotě ryb. Po pětiměsíčním období se dále hodnotilo a zaznamenávalo přežití ryb, specifická rychlost růstu (SGR), přežití ryb, konverze krmiva (FCR), kondice ryb pomocí Fultonova koeficientu (FK). Veškeré získané informace byly zapisovány a koncem pokusu vyhodnoceny.

Koncem tohoto pokusu došlo k odstavení a vyčištění systému a jeho připravení na další pokus. Veškeré ryby z prvního pokusu byly uchovány v jedné odchovné nádrži a po měsíci vráceny zpět do produkčního cyklu firmy Tilapia s.r.o..

3.4. Druhý pokus s použitím různých hustot obsádek, sledující vliv odlišných stálých počátečních hustot ryb na jejich růst a další hodnoty chovu při každoměsíčním snižování biomasy ryb na původní hodnoty

Po ukončení prvního pokusu a přesunu ryb byl RAS odstaven na dobu jednoho týdne. Při této týdenní odstavce byl RAS vyčištěn a vydezinfikován za pomoci kyseliny peroctové, jedna denní dávka činila 3 ml.m^{-3} . Celý systém byl znovu zprovozněn a napuštěn za 14 dní a mohlo se přistoupit k dalšímu pokusu, který trval rovněž 5 měsíců. K tomuto pokusu se použily odlišné stálé počáteční hustoty ryb a cílem tohoto pokusu bylo zjistit optimální a maximální stálou hustotu odchovávaných ryb, která byla koncem každého měsíce snižována na počáteční hodnotu. Pro pokus byly použity vytríděné ryby o jednotné velikosti a hmotnosti. Celková délka těla (TL) se pohybovala v rozmezí $310 \pm 27 \text{ mm}$ a celková hmotnost (W) byla v rozmezí $230 \pm 57 \text{ g}$. Byly využity 4 různé hustoty ryb, kdy každá hustota měla tři kontrolní opakování. První skupina ryb měla 90 kg.m^{-3} , druhá 120 kg.m^{-3} , třetí 150 kg.m^{-3} a čtvrtá skupina měla 180 kg.m^{-3} .

Koncem každého měsíce stejně jako u předchozího pokusu byly ryby z jednotlivých nádrží sloveny, kontrolovaly a zapisovaly se hodnoty růstu (TL a W), přírůstek biomasy v každé z nádrží o různé hustotě ryb. Opět po pětíměsíčním období se hodnotilo a zaznamenávalo přežití ryb, specifická rychlost růstu (SGR), přežití ryb, konverze krmiva (FCR), kondice ryb pomocí Fultonova koeficientu (FK) a také kvalita rybí svaloviny. Veškeré získané informace byly zapisovány, na konci pokusu vyhodnoceny.

3.5. Třetí pokus s tříděnými a netříděnými rybami

Doba trvání třetího pokusu byla také pět měsíců, jako u předešlých pokusů. Tento pokus byl uskutečněn při optimální hustotě biomasy odchovávaných ryb. Biomasa ryb byla 180 kg.m^{-3} a cílem bylo sledovat rychlost růstu ryb, přežití, kondici a konverzi živin u obou skupin (vytríděných a nevytríděných) ryb. Obě tyto skupiny měly 3 kontrolní opakování. Celková délka těla (TL) vytríděných ryb se pohybovala v rozmezí $305 \pm 27 \text{ mm}$ a celková hmotnost (W) vytríděných ryb byla v rozmezí $315 \pm 35 \text{ g}$. Celková délka těla (TL) nevytríděných ryb se pohybovala v rozmezí $310 \pm 55 \text{ mm}$ a celková hmotnost (W) nevytríděných ryb byla v rozmezí $317 \pm 58 \text{ g}$. Každý měsíc se kontrolovaly a zapisovaly hodnoty růstu ryb (TL, W a přírůstek biomasy). Tříděné ryby byly vždy po každé kontrole vytríděny a netříděné ryby pokračovaly v pokusu bez jakéhokoli třídění, ale vždy biomasa obou skupin ryb byla snížena na počáteční hodnotu biomasy 180 kg.m^{-3} . Na úplném konci pokusu byly vypočítány, vyhodnoceny a porovnány dané produkční ukazatele, jako je specifická rychlost růstu SGR ($\%.\text{d}^{-1}$), konverze krmiva FCR (kg.kg^{-1}), kondice FK. Výsledkem tohoto pokusu bylo vyhodnotit, zda má třídění ryb vliv na růst ryb a na další produkční parametry.

3.6. Zahájení a průběh jednotlivých experimentů

Dané pětíměsíční experimenty probíhaly v RAS a byly a trvaly tedy 5krát 30 dnů. Na konci každého měsíce se kontrolovaly a zaznamenávaly veškeré parametry jako je např. celková délka, hmotnost, biomasa ryb v nádrži a v neposlední řadě přežití.

Každý den došlo v 7:00 ráno a 15:00 odpoledne k měření rozpuštěného kyslíku ve vodě a teplota vody. K získání těchto hodnot byl použit přístroj Oximetr 3205 od českého výrobce WTW s.r.o. Bylo důležité tyto hodnoty každý den dvakrát kontrolovat, aby se zachovaly ideální a požadované hodnoty, tedy teplota vody by se měla pohybovat okolo 27 °C a nasycení kyslíkem by mělo být okolo 30 - 60 %.

Hodnoty pH, NH₄, NO₂⁻ byly pozorovány jednou za den z každé nádrže pomocí pH metru od českého výrobce WTW s.r.o. a za pomoci tzv. absorpční spektrofotometrie. Důležité bylo snažit se tyto hodnoty držet ve všech nádržích v normálu. Optimální hodnoty pH by měly být v rozmezí od 6,5 do 7, hodnoty NH₄⁺ by neměly být vyšší než 1 mg.l⁻¹, hodnoty NO₂⁻ by zase neměly být vyšší než 0,5 mg.l⁻¹. V případě, že byly zaznamenány snižující se hodnoty pH v nádržích, situace byla řešena pomocí jedlé sody. Pokud došlo ke zvýšení hodnot NH₄⁺ a NO₂⁻, vyměnilo se potřebné množství vody v systému (cca 5 – 10 %). Jelikož celý pokus probíhal ve stejné hale, podmínky osvětlení byly pro všechny skupiny ryb rovnocenné. Světelný režim byl nastaven na 12 hodin světla a to od 7:00 do 19:00 a na 12 hodin tmy. Intenzita světla dopadajícího na hladinu nádrží byla 75 luxů.

Při kontrole všech nádrží v 7:00 a 15:00 byly odstraňovány všechny uhynulé ryby, které byly následně zváženy a zapisovány. Každý den se nádrže odkalovaly od zbytků krmiva a výkalů ryb. Na konci každého měsíce, kdy byly ryby vyloveny, zváženy a změřeny, se ze stěn a dna nádrží odstranily silným tlakem vody nárosty.

Krmení ryb probíhalo za světla od 7:30 do 18:30. Veškeré krmení probíhalo pomocí automatických krmítek (na 5 kg krmiva). Denní dávka krmiva byla 2 % z dané biomasy ryb. Krmivo se začalo podávat rybám vždy půl hodiny po osvětlení haly a krmné dávky byly předkládány každou půl hodinu až do 18:30. Hodnoty spotřeby krmiva se každý den zaznamenávaly, aby se mohl zjistit celkový koeficient konverze krmiva. Používané krmivo byly extrudované pelety od firmy Skretting (Stavanger, Norsko), velikost pelet byla 2; 3; 4,5 a 7 mm.

Tab. 2: Krmiva firmy Skretting využita během pokusu. Výživové hodnoty deklarované výrobcem (skretting.com).

Složení (%)	ME-3 Meerval Top	ME-4,5 Meerval Top	EUROPA 15 F
Granulace	3 mm	4,5 mm	5 mm
Bílkoviny	46	42	44
Tuk	11	13	14
Vápník	2,5	2	2,1
Popeloviny	10,5	9	10,5

Vláknina	1,4	1,9	1,2
Fosfor	1,6	1,3	1,6
Sodík	0,4	0,2	0,2
Vitaminy (m. j./kg)			
Vitamin A	5 000	10 000	10 000
Vitamin D3	750	750	150
Stravitelná energie (MJ/kg)			
	17,8	18	18,4

3.7. Hodnocené parametry

Na začátku každého pokusu a na konci každého měsíce byly pravidelně stanoveny a hodnoceny následující produkční ukazatele u 33 kusů ryb na základě biometrických údajů.

Vždy byly kontrolovány a evidovány tyto parametry: celková délka těla (TL), standardní délka těla (SL) a hmotnost ryby (W). Důležité bylo také spočítat přežívající ryby a dopočítat množství uhynulých ryb od původního množství nasazovaného na začátku každého měsíce. Dále se také evidovalo spotřebované krmivo a tím se stanovila konverze krmiva (FCR).

3.8. Měření a vážení experimentálních ryb

Před veškerým měřením a vážením ryb bylo vždy využito anestetikum, aby se s rybami zacházelo co nejšetrněji a nedocházelo tak k jejich poškození. Jako anestetikum byl použit hřebíčkový olej. Jeho dávka byla 0,33 ml na 10 litrů vody. K měření celkové a standardní délky těla se používaly klasická měřidla využívaná k biometrickým měřením ryb. Veškeré měření probíhalo s přesností na 1 mm.

K vážení hmotnosti těla odchovávaných ryb bylo využito digitálních vah Mettler AE 200 a české firmy Mettler Toledo s.r.o. Veškeré navážené hodnoty byly váženy s přesností na 0,01 g. Dávkování krmiva bylo vysazeno během a jeden den před a po kontrolních přeloveních ryb.

3.8.1. Koeficient konverze krmiva (FCR)

- $(FCR \text{ v } \text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}) = \text{CKD} / (\text{KB} - \text{PB})$

CKD je celková krmná dávka za jednotlivé období (kg) a prokazuje množství předloženého krmiva. KB je konečná celková biomasa ryb v nádrži (kg) a PB demonstruje počáteční biomasu ryb v nádrži (kg).

3.8.2. Přežití ryb (P)

- $(P \text{ v } \%) = (PPR/PNR) \times 100$

PNR vyjadřuje počet nasazených ryb (ks) a PPR je počet přeživších ryb (ks).

3.8.3. Specifická rychlost růstu (SGR)

- $(SGR \text{ v } \%.d^{-1}) = \ln(W_k) - \ln(W_p) / t * 100$

Kde t znázorňuje počet dní v daném období, W_k je průměrná hmotnost nasazených ryb a W_p je konečná průměrná hmotnost slovených ryb na konci období.

3.8.4. Přírůstek za každé kontrolní období na 1 m³

- $B_2 - B_1$

B_2 je konečná biomasa, která je na konci období a B_1 je počáteční biomasa, která je na začátku daného období.

3.8.5. Fultonův koeficient (FK)

- $FK = (W / TL^3) * 100$

W znázorňuje průměrnou kusovou hmotnost a TL je celková délka těla odchovávaných ryb.

Abychom mohli zjistit uvedené ukazatele, bylo nutné na začátku pokusu určit počáteční hodnotu (W_1) a na konci odchovného období určit průměrnou hmotnost (W_2) a celkovou délku (TL_1 a TL_2) ryb. Ke zjištění průměrné hodnoty celkové délky a hmotnosti odchovávaných ryb bylo potřeba odlovit 33 kusů ryb z jednotlivých nádrží a ryby změřit a zvážit.

3.8.6. Statistické hodnocení a výsledky

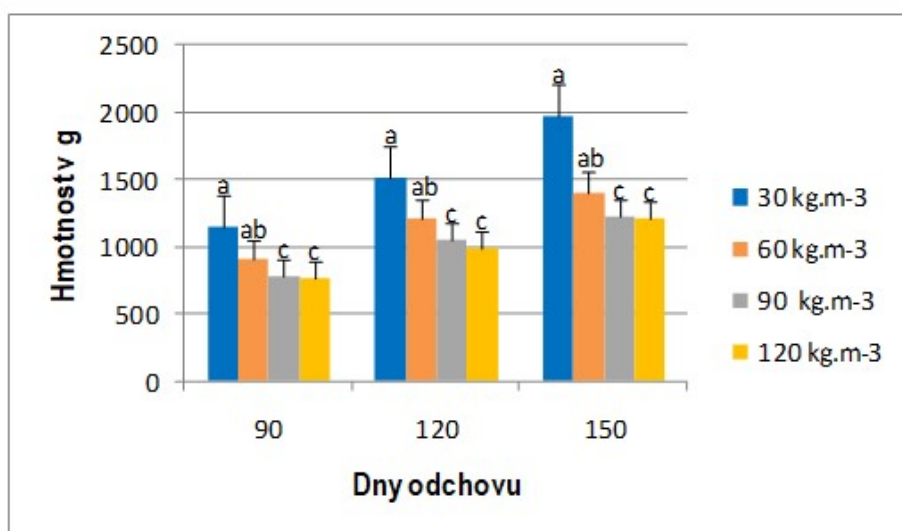
Veškeré výsledky zkoumání produkčních a kondičních hodnot u sumečka afrického, kvalita rybí svaloviny, parametry kvality vody jsou uvedeny jako průměr \pm směrodatná odchylka. Statistické hodnoty a výsledky bylo vytvořeno v programu Statistica 12 (StatSoft Inc., USA) a Microsoft Excel. Pro porovnání produkčních a kondičních hodnot, kvality vody a kvality rybí svaloviny jednotlivých skupin byla použita analýza rozptylu – ANOVA, Fisherův LSD test. Pro proměnu procentuálních dat byla použita arcsinová transformace. Veškeré testy byly provedeny na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

4. Výsledky

4.1. První pokus s použitím různých hodnot ryb, bez snižování hustoty ryb na původní biomasu

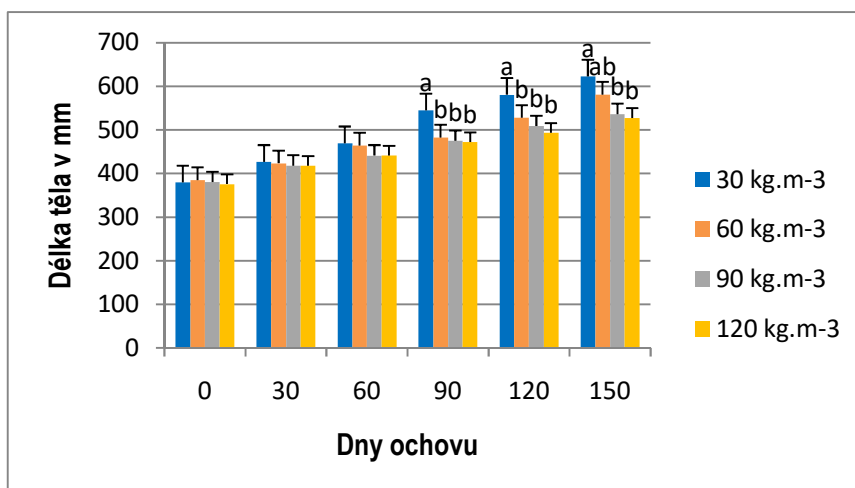
4.1.1. Průběh průměrné kusové hmotnosti těla a celkové délky těla sumečka afrického s vazbou na odlišnou neredukovanou hustotu ryb

Z uvedeného Grafu č. 1 můžeme pozorovat průběh kusové průměrné hmotnosti těla sumečka afrického v závislosti na odlišné hustotě ryb. Z grafu můžeme vypočítat statistické rozdíly od 90. dne chovu v různých skupinách ryb. Na konci pokusu, tedy po 150denním odchovu měli sumečci nejvyšší průměrnou kusovou hmotnost (W) 1972 ± 464 gramů u hustoty obsádky 30 kg.m^{-3} . U biomasy 120 kg.m^{-3} byly naopak zjištěny nejnižší průměrné kusové hmotnosti (W) 1207 ± 507 gramů. Výsledkem tedy je, že hustota obsádky sumečka afrického od 90. dne u biomasy ryb 60 kg.m^{-3} respektive od 90 kg.m^{-3} velmi záporně ovlivňuje průměrnou dosaženou hmotnost odchovávaných sumečků.



Graf č. 1: Průběh průměrné kusové hmotnosti těla W (v g) sumečka afrického odchovávaného v RAS v závislosti na odlišné hustotě ryb za 150 dní odchovu.

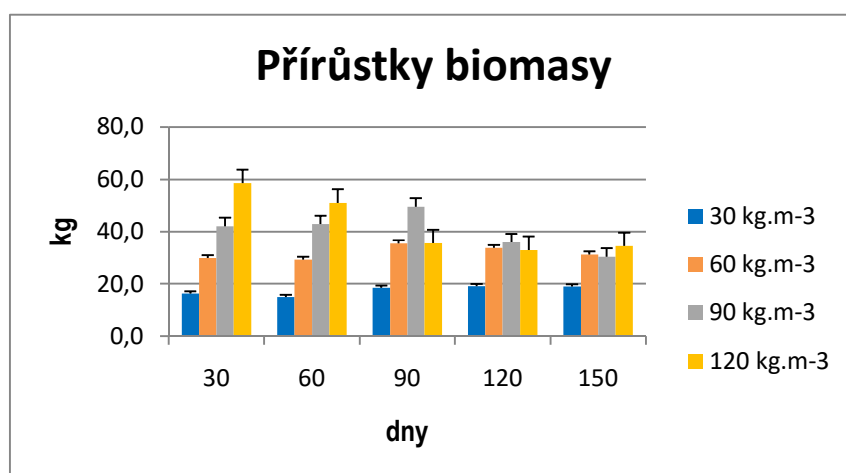
Z Grafu č. 2 můžeme vyčíst průběh průměrné celkové délky těla (TL) odchovávaných sumečků afrických v průběhu celého pokusu. I zde, u průměrné celkové délky můžeme pozorovat negativní vliv na celkovou průměrnou délku těla (TL), stejně jako u hmotnosti těla. Na konci pokusu v hustotě 30 kg.m^{-3} byla u sumečků naměřena nejvyšší celková délka těla (TL) 623 ± 50 mm a nejnižší celková délka těla (TL) 536 ± 65 mm u nasazované hustoty 90 kg.m^{-3} a u hustoty 120 kg.m^{-3} byla naměřena nejnižší celková délka (TL) 526 ± 72 mm. Znovu tedy lze potvrdit, že vyšší hustoty od 60 potažmo 90 kg.m^{-3} negativně ovlivňují růst sumečka.



Graf č. 2: Průběh průměrné celkové délky těla TL (v mm) u sumečka afrického odchovávaného v RAS v závislosti na různé hustotě v průběhu pětíměsíčního odchovu.

4.1.2. Různá neredukovaná hustota ryb a její porovnání hmotnostních přírůstků na 1 m³

Z Grafu č. 3 můžeme vypočítat průměrné přírůstky za dobu trvání pokusu, tedy pět měsíců. Na konci a v průběhu trvání celého pokusu byly pozorovány rozdíly přírůstků v jednotlivých skupinách odchovávaného sumečka afrického. První skupina s hustotou 30 kg.m⁻³ měla přírůstek téměř rovnoměrný, každý měsíc cca 18 ± 2 kg na 1 m³ a druhá skupina s hustotou 60 kg.m⁻³ měla výsledky podobné a přírůstek byl také po dobu pokusu rovnoměrný, cca 32 ± 3 kg na 1 m³. U třetí skupiny byl průměrný přírůstek rovnoměrný, cca 45 ± 4 kg, ale po devadesáti dnech jsme mohli sledovat snížení přírůstku na 33 ± 4 kg. U skupiny s hustotou obsádky 90 kg.m⁻³ po devadesáti dnech byla průměrná hustota ryb 225 – 260 kg.m⁻³. Poslední skupina s hustotou 120 kg.m⁻³ dosáhla rovnoměrného a optimálního přírůstku 55 ± 5 kg do druhého měsíce odchovu, potom celkový přírůstek klesl až na 34 ± 5 kg. Hustota ryb v nádrži se u této skupiny od 60. dne do konce pokusu pohybovala přibližně od 230 – 333 kg.m⁻³.



Graf č. 3: Průměrné přírůstky jednotlivých skupin různých hustot sumečka afrického na 1 m³ po dobu pěti měsíců po každém kontrolním přelovení.

Tab. 3: Absolutní narůstající přírůstky na 1 m³ jednotlivých zkoumaných hustot sumečka afrického bez snižování hustoty po dobu pěti měsíců odchovu.

Dny	30 kg.m ⁻³	60 kg.m ⁻³	90 kg.m ⁻³	120 kg.m ⁻³
30	46 ± 2	90 ± 2	132 ± 3	179 ± 9
60	61 ± 2	119 ± 2	175 ± 3	230 ± 5
90	80 ± 2	155 ± 3	225 ± 8	265 ± 7
120	99 ± 6	188 ± 6	260 ± 4	298 ± 13
150	118 ± 7	219 ± 6	291 ± 6	333 ± 10

4.1.3. Fultonův koeficient u sumečka afrického odchovávaného v RAS bez snižované hustoty ryb

Průměrná hodnota Fultonova koeficientu (FK) na konci odchovu sumečka afrického byla 0,79 – 0,89, znamenala tedy vyhovující kondiční stav obsádek. U všech odchovávaných skupin sumečka afrického nebyl Fultonův koeficient (FK) očividně statisticky rozdílný, tzn., že rozdílné hustoty ryb neměly dopad na kondici odchovávaných sumečků afrických v RAS.

Tab. 4: Hodnoty Fultonova koeficientu (FK) po pětíměsíčním odchovu sumečka afrického v RAS.

Pokusná skupina ryb	Fultonův koeficient (FK)
30 kg.m ⁻³	0,82 ± 0,05
60 kg.m ⁻³	0,89 ± 0,06
90 kg.m ⁻³	0,79 ± 0,04
120 kg.m ⁻³	0,83 ± 0,05

4.1.4. Specifická rychlost růstu (SGR) po pětíměsíčním odchovu v závislosti na odlišné stálé hustotě ryb

Vyšší hodnotu SGR byla sledována u skupiny s hustotou obsádky sumečka afrického 30 kg.m⁻³. Hodnota SGR u této první skupiny byla 1,06 ± 0,12 %.d⁻¹. U druhé skupiny ryb s hustotou ryb 90 kg.m⁻³ byla sledována nižší hodnota SGR 0,71 ± 0,16 %.d⁻¹, podobně tomu bylo u třetí skupiny s obsádkou sumečka afrického 120 kg.m⁻³, kdy se SGR pohybovalo v rozmezí 0,69 ± 0,15 %.d⁻¹ za pětíměsíční pokus.

Tab. 5: Hodnoty specifické rychlosti růstu (SGR) po pětíměsíčním odchovu sumečka afrického v RAS v odlišných stálých hustotách.

Pokusná skupina ryb	Specifická rychlost růstu SGR (%.d ⁻¹)
30 kg.m ⁻³	1,06 ± 0,12 ^a
60 kg.m ⁻³	0,85 ± 0,11 ^a
90 kg.m ⁻³	0,71 ± 0,16 ^a
120 kg.m ⁻³	0,69 ± 0,15 ^a

4.1.5. Konverze krmiva u odchovávaných sumečků afrických v RAS po pětíměsíčním odchovu v závislosti na odlišných stálých hustotách ryb

Při odchovu sumečka afrického můžeme pozorovat vyšší hodnoty koeficientu konverze krmiva (FCR). Nejpravděpodobněji byly tyto hodnoty ovlivněny plašením ryb v nádržích při jejich přelovení, použitím anestetik, vážením a měřením ryb, a tím došlo ke způsobení vyššího stresu. Hodnoty koeficientu konverze krmiva (FCR) byly stejné podobné u prvních dvou skupin s hustotou obsádky 30 a 60 kg.m⁻³ a odlišovaly se od zbylých skupin s hustotou obsádky 90 a 120 kg.m⁻³ a s podobnými hodnotami FCR (Tab. 6). První dvě skupiny (30 a 60 kg.m⁻³) měly hodnoty FCR 1,18 – 1,22 kg.kg⁻¹ a zbylé dvě skupiny (90 a 120 kg.m⁻³) měly hodnoty FCR 1,82 – 1,87 kg.kg⁻¹.

Tab. 6: Výsledky koeficientu konverze krmiva (FCR) po pětíměsíčním odchovu sumečka afrického v RAS v odlišných stálých hustotách.

Pokusná skupina	Koeficient konverze krmiva FCR (kg.kg ⁻¹)
30 kg.m ⁻³	1,18 ± 0,07 ^a
60 kg.m ⁻³	1,22 ± 0,33 ^a
90 kg.m ⁻³	1,82 ± 0,15 ^b
120 kg.m ⁻³	1,87 ± 0,18 ^b

4.1.6. Kumulativní přežití odchovávaných sumečků afrických v RAS po pětíměsíčním odchovu v závislosti na odlišné stálé hustotě ryb

Po uskutečnění prvního pokusu bylo zjištěno kumulativní přežití sumečka afrického od 84 ± 2 % u skupiny ryb s hustotou obsádky 120 kg.m⁻³ a u skupiny ryb 60 kg.m⁻³ bylo kumulativní přežití 91 ± 4 %. U veškerých skupin ryb nebyly sledovány rozdíly ve statistických hodnotách přežívání ryb.

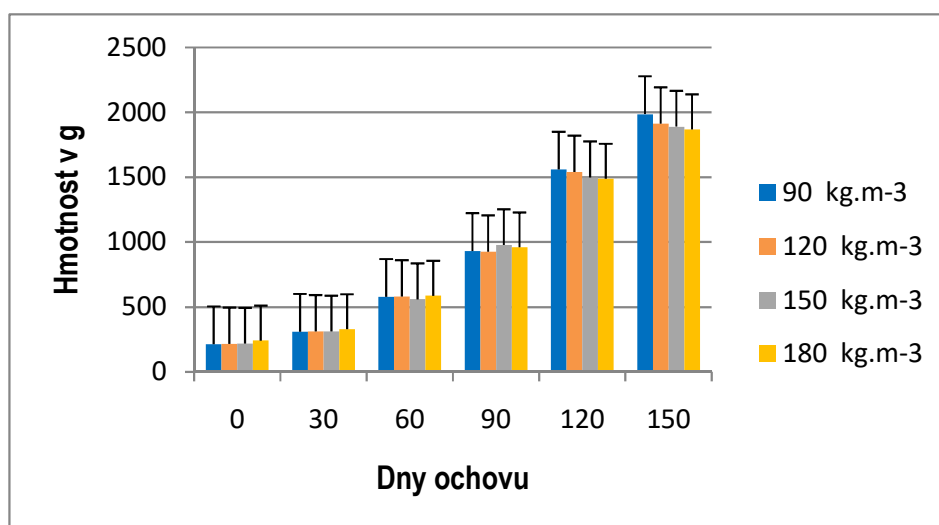
4.1.7. Závěr prvního pokusu s použitím různých hodnot ryb, bez snižování hustoty ryb na původní biomasu

Výsledkem této části pokusu bylo, že hustoty sumečka afrického vyšší než 225 – 230 kg.m⁻³ mají negativní vliv na jeho průměrný přírůstek na 1 m³, kdy docházelo k jeho rapidnímu snižování. Mohli jsme zaznamenat i zhoršenou konverzi krmiva, a to v podobě vyššího FCR u obou skupin s vyššími hustotami obsádky sumečka afrického, které byly nejpravděpodobněji způsobeny vysokými hustotami ryb na konci chovu. Z tohoto můžeme usoudit, že přibližná nejlepší hustota ryb v nádrži by měla být 180 kg.m⁻³, aby byly veškeré výsledky chovu efektivní s vysokou rentabilitou chovu. Tato optimální hustota obsádky v nádrži má za následek nejvyšší možný hmotnostní přírůstek ryb na objem vody v nádrži, v neposlední řadě umožňuje i určitou potenciální kapacitu chovu.

4.2. Druhý pokus s použitím různých hustot obsádek s každoměsíčním snižováním množství ryb na původní hustotu

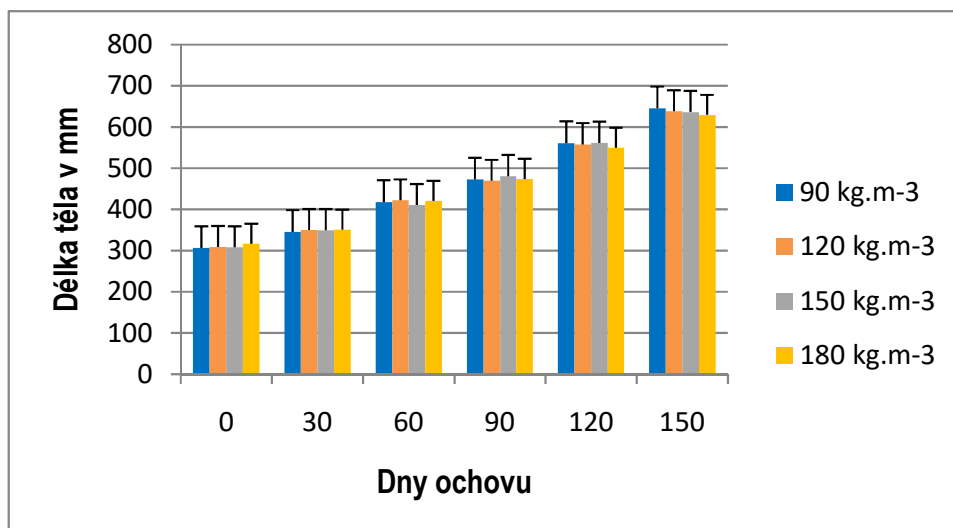
4.2.1. Průběh průměrné kusové hmotnosti těla a celkové délky těla sumečka afrického s vazbou na odlišnou hustotu s každoměsíčním snižováním na původní hustotu ryb

Z grafu č. 4 můžeme vypočítat průběh průměrné kusové hmotnosti těla (W) sumečka s vazbou na odlišnou hustotu s každoměsíčním snižováním na původní hustotu ryb. Z daného grafu lze vyčíst, že zde nejsou viditelné statistické rozdíly u jednotlivých skupin ryb s různými hustotami obsádky. Po pětíměsíčním odchovu jsme u skupiny ryb s obsádkou 180 kg.m^{-3} navážili nejvyšší průměrnou kusovou hmotnost $1870 \pm 347 \text{ g}$ a u skupiny ryb s hustotou obsádky 90 kg.m^{-3} jsme navážili nejvyšší průměrnou kusovou hmotnost $1985 \pm 453 \text{ g}$.



Graf č. 4: Průběh průměrné kusové hmotnosti těla W (g) u sumečka afrického chovaného v RAS s vazbou na odlišnou hustotu s každoměsíčním snižováním na původní hustotu ryb. Nebyly sledovány statistické rozdíly hodnot.

Z grafu č. 5 můžeme vyčíst průběh průměrné celkové délky těla ryb sumečka afrického v průběhu celého pokusu. Podobně jako u průměrné kusové hmotnosti těla (W) nebyly zaznamenány žádné statistické rozdíly u celkové délky těla (TL). Po pětíměsíčním odchovu jsme u skupiny ryb s hustotou obsádky 180 kg.m^{-3} naměřili nejnižší průměrnou délku těla $629 \pm 63 \text{ mm}$ a u skupiny ryb s hustotou obsádky 90 kg.m^{-3} jsme naměřili nejvyšší průměrnou délku těla $645 \pm 49 \text{ mm}$.

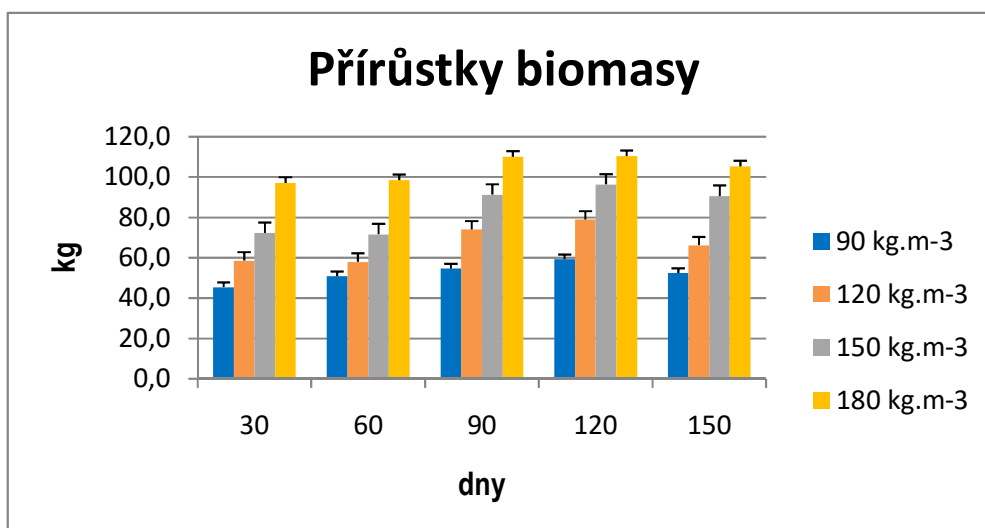


Graf č. 5: Průběh průměrné kusové délky těla TL (mm) u ryb sumečka afrického odchovávaného v RAS s vazbou na odlišné hustotě obsádky s každoměsíčním snižováním ryb na původní hustotu po dobu pěti měsíců. Nebyly sledovány statistické rozdíly hodnot.

4.2.2. Porovnání přírůstků na 1 m³ ryb u jednotlivých zkoumaných hustot ryb po dobu trvání druhého pokusu, kdy hustoty ryb byly snižovány na původní biomasu

Z uvedeného grafu č. 6 můžeme vypočítat průběh průměrného přírůstku od začátku druhého měsíce chovu až do konce pokusu, který trval pět měsíců. Každá skupina ryb a její hodnoty přírůstku nebyly statisticky odlišné. U skupiny ryb s hustotou 90 kg.m⁻³ byl stálý průměrný přírůstek 53 ± 4 kg.m⁻³. V porovnání s prvním pokusem je měsíční přírůstek z druhého pokusu o 9 kg.m⁻³ vyšší. U skupiny ryb s hustotou 120 kg.m⁻³ byl stálý průměrný přírůstek 67 ± 4 kg.m⁻³. Zde také můžeme pozorovat rozdíly oproti prvnímu pokusu, kdy měsíční přírůstek druhého pokusu je přibližně o 12 kg.m⁻³ vyšší. Tento prokazatelně lepší růst je s nejvyšší pravděpodobností způsoben právě každoměsíčním snižováním hustot na původní hustotu obsádky.

U skupiny ryb s hustotou obsádky 150 kg.m⁻³ byl stálý měsíční přírůstek 84 ± 11 kg.m⁻³. Skupina ryb s hustotou obsádky 180 kg.m⁻³ docílila nejvyššího přírůstku 109 ± 4 kg.m⁻³. Tyto hodnoty znovu dokazují, že jednou z nejlepších hustot pro správný růst je hustota obsádky ryb 180 kg.m⁻³. K dosažení efektivního a rentabilního chovu je žádoucí používat tuto hustotu ryb sumečka afrického, ale každoměsíční snižování, přelovování a vážení je pro ryby relativně náročné a nepraktické.



Graf č. 6: Porovnání přírůstků jednotlivých skupin s různými hustotami sumečků afrických po dobu pětíměsíčního pokusu u odlišných hustot obsádek s každoměsíčním snižováním na původní hustotu ze začátku pokusu. Přírůstky v jednotlivých skupinách nebyly statisticky

4.2.3. Fultonův koeficient u sumečka afrického odchovávaného v RAS v závislosti na odlišných hustotách s každoměsíčním snižováním ryb na původní biomasu

Průměrná hodnota Fultonova koeficientu (FK) byla 0,73 – 0,75, mezi danými skupinami s hustotou obsádky ryb 90 – 180 kg.m⁻³. Hodnota u těchto skupin byla relativně identická.

Fultonův koeficient byl u tohoto druhého pokusu nižší než u pokusu prvního, kdy hodnota FK byla 0,79 – 0,89. U všech odchovávaných skupin sumečka afrického nebyl Fultonův koeficient (FK) očividně statisticky rozdílný, tzn., že rozdílné hustoty ryb neměly dopad na kondici odchovávaných sumečků afrických v RAS.

Tab. 7: Hodnoty Fultonova koeficientu (FK) po pětíměsíčním odchovu sumečka afrického v RAS v hustotách od 90 do 180 kg.m⁻³ s každoměsíčním snižováním ryb na původní hustotu. Mezi skupinami ryb nebyly sledovány statistické odlišnosti.

Pokusná skupina ryb	Fultonův koeficient (FK)
90 kg.m ⁻³	0,74 ± 0,03
120 kg.m ⁻³	0,74 ± 0,03
150 kg.m ⁻³	0,73 ± 0,02
180 kg.m ⁻³	0,75 ± 0,02

4.2.4. Specifická rychlost růstu (SGR) po pětíměsíčním odchovu v závislosti na odlišné hustotě ryb s každoměsíčním snižováním na původní nasazenou hustotu ryb

Hodnoty specifické rychlosti růstu SGR u tohoto druhého pokusu byly 1,36 – 1,48 %·d⁻¹. V porovnání s prvním pokusem byla odhalena vyšší hodnota specifické rychlosti růstu. Pozitivním vlivem na tuto vyšší hodnotu bylo znovu každoměsíční snižování ryb na hustotu, která byla na začátku pokusu.

Tab. 8: Hodnoty specifické rychlosti růstu (SGR) po pětíměsíčním odchovu sumečka afrického v RAS v odlišných hustotách ryb s každoměsíčním snižováním na původní hustotu. Výsledné hodnoty jednotlivých skupin nebyly statisticky různorodé.

Pokusná skupina ryb	Specifická rychlost růstu SGR (%.d⁻¹)
90 kg.m ⁻³	1,48 ± 0,15
120 kg.m ⁻³	1,45 ± 0,14
150 kg.m ⁻³	1,44 ± 0,18
180 kg.m ⁻³	1,36 ± 0,12

4.2.5. Konverze krmiva u odchovávaných sumečků afrických v RAS po pětíměsíčním odchovu v závislosti na odlišných hustotách ryb s každoměsíčním snižováním na původní hustotu

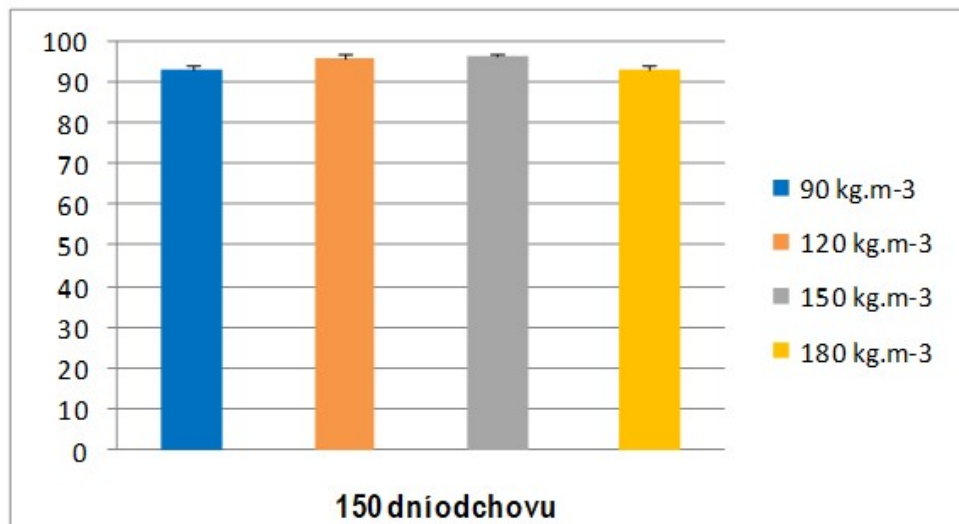
Výsledné hodnoty koeficientu konverze živin FCR byly u všech odchovávaných skupin nižší než u prvního pokusu, kde nedocházelo ke snižování hustot ryb na původní hustotu obsádky. Snižované hodnoty konverze krmiva FCR byly nejpravděpodobněji způsobeny každoměsíční redukcí sumečků afrických na původní hustotu obsádky. Výsledné hodnoty nebyly mezi jednotlivými skupinami statisticky různorodé. Tzn., že pro obsádky ryb s hustotou 90 – 180 kg.m⁻³ nebyly pozorovány žádné negativní vlivy na správnou konverzi krmiva FCR.

Tab. 9: Výsledky koeficientu konverze krmiva (FCR) po pětíměsíčním odchovu sumečka afrického v RAS v odlišných hustotách ryb s každoměsíčním snižováním na původní biomasu.

Pokusná skupina	Koeficient konverze krmiva FCR (kg.kg⁻¹)
90 kg.m ⁻³	0,86 ± 0,18
120 kg.m ⁻³	0,65 ± 0,13
150 kg.m ⁻³	0,73 ± 0,11
180 kg.m ⁻³	0,72 ± 0,07

4.2.6. Kumulativní přežití odchovávaných sumečků afrických v RAS po pětíměsíčním odchovu v závislosti na odlišné hustotě ryb s každoměsíčním snížením na původní nasazenou hustotu

Po provedení druhého pokusu, který trval pět měsíců, bylo zjištěno kumulativní přežití sumečka afrického. U skupiny ryb s hustotou 90 kg.m⁻³ to byla hodnota 93 ± 5 %, u hustoty 150 kg.m⁻³ 96 ± 2 % kg.m⁻³. U jednotlivých hustot nebyly pozorovány žádné statistické rozlišení v přežívání ryb. Oproti prvnímu pokusu byla přežití u tohoto druhého pokusu vyšší. Znovu byl potvrzen kladný účinek, kdy dochází ke snižování hustoty ryb na původní hustotu obsádky.



Graf č. 7: Kumulativní přežití sumečka afrického na konci druhého pokusu v závislosti na odlišné hustotě ryb s jejich každoměsíčním snížením ryb na původní hustotu.

4.2.7. Závěr druhého pokusu s použitím různých hustot obsádek s každoměsíčním snižováním množství ryb na původní hustotu.

Výsledkem druhého pokusu bylo, že obsádky ryb s nižší hustotou kolem 90 – 180 kg.m⁻³ jsou schopné dosáhnout lepších hodnot růstu, přírůstků biomasy, celkově lépe přežívají a mají lepší využití konverze krmiva (nižší FCR). Veškeré tyto výhody mají celkově lepší dopad na rentabilitu chovu a v neposlední řadě na ekonomickou stránku podniku. Nicméně se musíme zamyslet nad ideálním využitím kapacity celého produkčního chovu, což ovlivňuje ekonomickou stránku tohoto způsobu produkce ryb.

Dá se usoudit, že nejlepší pro chov větších ryb okolo 2 kg v RAS bude zvolena vyšší obsádka ryb s hustotou nad 180 kg.m⁻³, tyto ryby by byly krmeny určitou zachovnou dávkou krmiva a budou používány k odběru ke zpracování nebo k okamžitému prodeji.

Menší ryby by byly naopak chovány v nižších hustotách ryb do 180 kg.m⁻³, aby byly zlepšeny veškeré parametry růstu a zvyšovala se jejich biomasa.

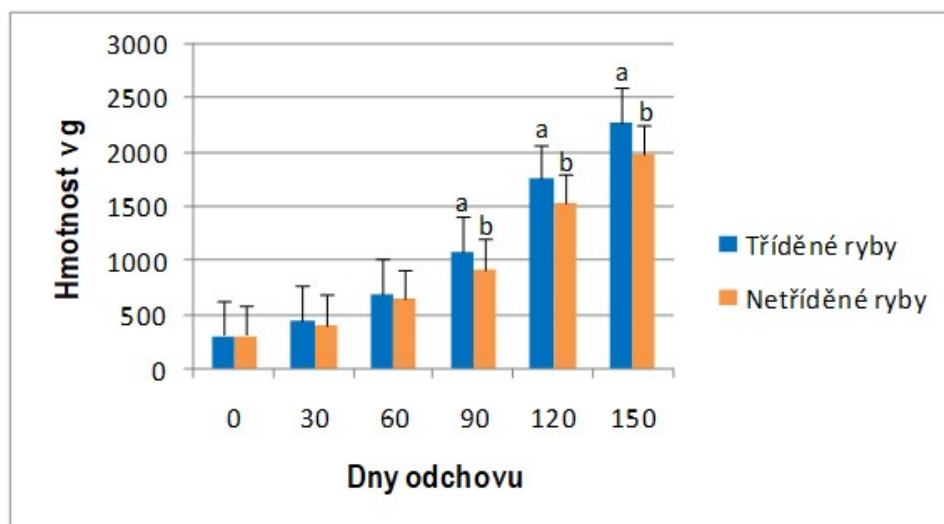
Veškeré výsledky a stanovené hodnoty poukázaly, že při nižších hustotách ryb okolo 90 – 120 kg.m⁻³ byly zaznamenány lepší výsledky než u skupin ryb s vyšší hustotou obsádky, např. 180 kg.m⁻³.

4.3. Třetí pokus s tříděnými a netříděnými rybami se zvolenou optimální hustotou obsádky sumečka afrického (180 kg.m⁻³)

K tomuto pokusu byla použita hustota ryb sumečka afrického 180 kg.m⁻³. Posuzovaly a porovnávaly se veškeré produkční ukazatele mezi tříděnými a netříděnými rybami. Koncem každého měsíce se hustota obsádky ryb snižovala na původní hodnotu 180 kg.m⁻³.

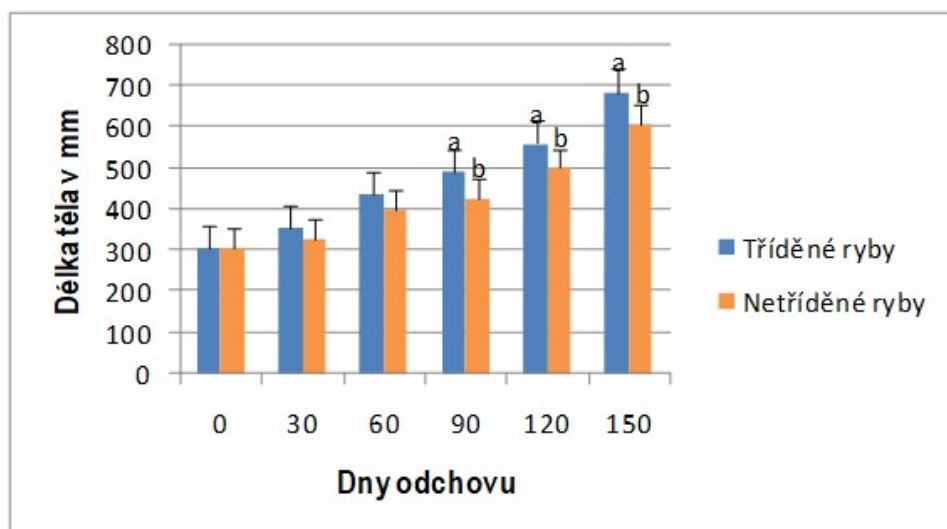
4.3.1. Průběh průměrné kusové hmotnosti těla a celkové délky těla sumečka afrického u tříděných a netříděných ryb při optimální hustotě obsádky ryb (180 kg.m⁻³)

Z Grafu č. 8 můžeme vypočítat průměrné kusové hmotnosti těla (W) sumečka afrického při chovu tříděných a netříděných ryb. Tříděné ryby měly od 60. dne vyšší průměrnou hmotnost než ryby netříděné. Tento jev je způsoben tím, že při netřídění ryb dochází u některých ryb ke zpomalení růstu díky vytlačování menších ryb rybami většími, které menším rybám snižují možnost získání potravy při krmení ryb. U tříděných ryb byla průměrná kusová hmotnost ryb po pětíměsíčním odchovu 2286 ± 243 g a u netříděných ryb po pětíměsíčním odchovu 1993 ± 473 g. Tyto hodnoty nebyly statisticky průkazné.



Graf č. 8: Průběh průměrné kusové hmotnosti těla W (g) sumečka afrického odchovávaného v RAS při hustotě ryb 180 kg.m⁻³ v závislosti na třídění či netřídění ryb. Tyto hodnoty nebyly statisticky různorodé.

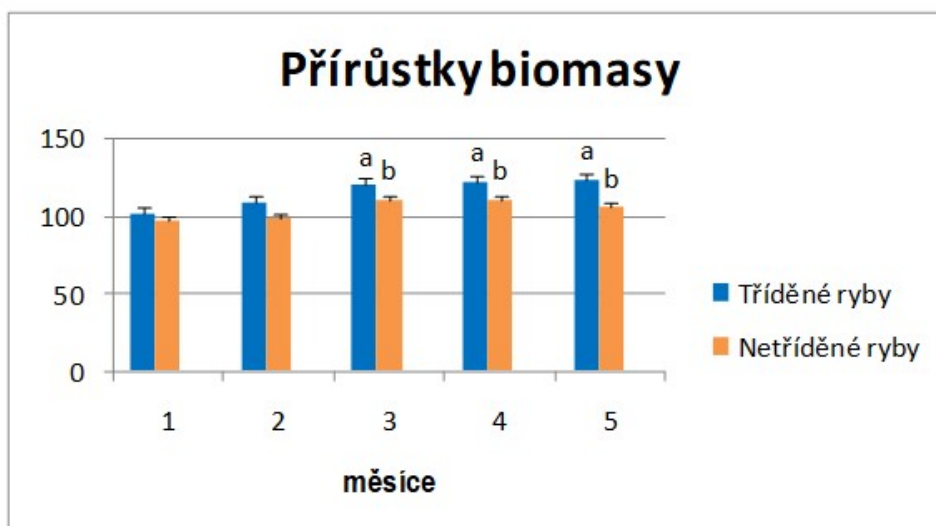
Graf č. 9 znázorňuje průběh průměrné celkové délky sumečka afrického odchovávaného v RAS za dobu trvání pokusu. Stejně jako u hmotnosti odchovávaných ryb i zde můžeme sledovat statistické rozdíly. Po pětíměsíčním pokusu byla naměřena největší celková délka ryb (TL) 686 ± 48 mm u tříděných ryb a u ryb netříděných 609 ± 105 mm.



Graf č. 9: Průběh průměrné kusové celkové délky těla TL (mm) sumečka afrického odchovávaného v RAS při hustotě ryb 180 kg.m⁻³ v závislosti na třídění či netřídění ryb. Statistické hodnoty nebyly různorodé.

4.3.2. Porovnání přírůstku tříděných a netříděných ryb při optimální hustotě obsádky ryb (180 kg.m⁻³)

V Grafu č. 10 můžeme vyzorovat srovnání průběhu průměrného přírůstku na 1 m⁻³ po pětíměsíčním pokusu u tříděných a netříděných ryb. Po pětíměsíčním období byl průměrný přírůstek 115 ± 4 kg.m⁻³ u tříděných ryb a u netříděných ryb byl průměrný přírůstek 104 ± 7 kg.m⁻³. Jak už bylo zmíněno u průměrné hmotnosti těla netříděných ryb, že dochází při netřídění ryb u některých ryb ke zpomalení růstu díky vytlačování menších ryb rybami většími, které menším rybám snižují možnost získání potravy při krmení ryb. Velikostí rozdíl se dělí přibližně do tří kategorií ryb. Nejpravděpodobněji ryby, které stagnovaly v růstu a nedostávaly se k potravě, představovaly přibližně 5 – 10 % ryb na konci pokusu. Přibližně 90 – 80 % ryb bylo velikostně podobných, jak při třídění a 5 – 10 % obsádky zahrnovalo ryby, které byly přerostlé oproti ostatním.



Graf č. 10: Porovnání přírůstků u tříděných a netříděných ryb sumečka afrického v průběhu pětíměsíčního pokusu při hustotě ryb 180 kg.m⁻³.

4.3.3. Specifická rychlost růstu (SGR), Fultonův koeficient (FK), konverze krmiva (FCR) po pětíměsíčním odchovu s tříděnými a netříděnými rybami s hustotou ryb 180 kg.m⁻³

Hodnoty specifické rychlosti růstu SGR třetího pokusu byly $1,38 \pm 0,11 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$ u tříděných ryb a u netříděných ryb výsledné hodnoty dosahovaly $1,22 \pm 0,16 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$. Tříděné ryby měly rychlejší rychlost růstu než ryby netříděné, což nebylo statisticky průkazné.

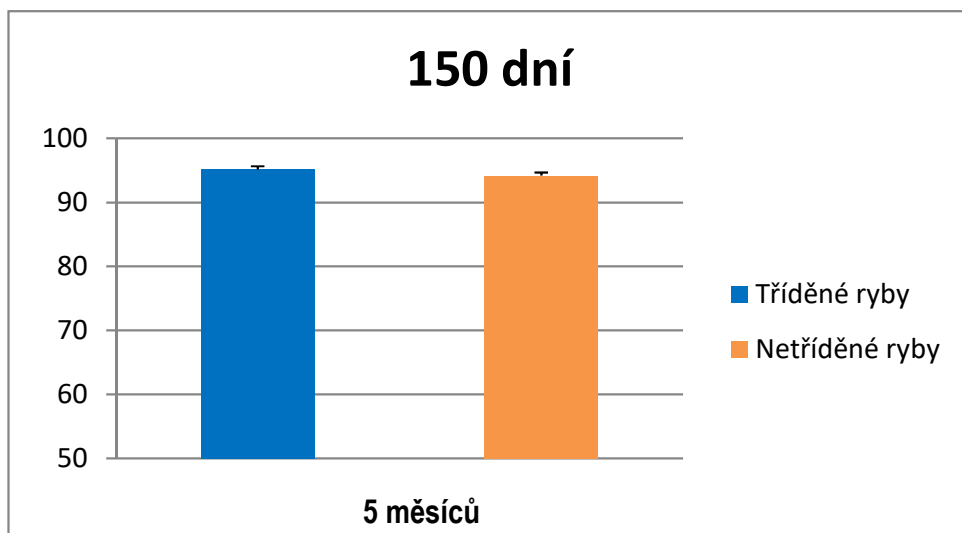
Průměrná hodnota Fultonova koeficientu byla $0,75 \pm 0,02$ u ryb tříděných a u ryb netříděných to byla hodnota $0,73 \pm 0,04$. I zde nebyly prokázány žádné statistické rozdíly.

Výsledné hodnoty poukazují nato, že třídění ryb nemá vliv na kondiční stav odchovávaných ryb v RAS.

Výsledná hodnota konverze krmiva po pětíměsíčním odchovu byla u tříděných ryb vyšší ($0,86 \pm 0,14$) než u ryb netříděných, kdy konverze krmiva dosahovala nižších hodnot ($0,84 \pm 0,17$).

4.3.4. Kumulativní přežití odchovávaných ryb sumečka afrického po pětíměsíčním odchovu s tříděnými a netříděnými rybami s hustotou ryb 180 kg.m⁻³

Po pětíměsíčním odchovu ryb byly vyhodnoceny hodnoty kumulativního přežití sumečka afrického, které se u obou skupin téměř shodovalo. Po celou dobu pokusu nebyly nalezeny žádné statistické odlišnosti v jednotlivých skupinách. Výsledky poukazují na to, že pokud bude sumečkovi africkému dodáváno optimální množství krmiva, tak nedochází k žádnému kanibalismu mezi rybami větších a menších velikostí.



Graf č. 11: Kumulativní přežití sumečka afrického po pětíměsíčním odchovu v RAS při hustotě obsádky ryb 180 kg.m⁻³ v závislosti na třídění či netřídění ryb.

5. Diskuze

Experiment této práce byl založen především na určení ideální hustoty obsádky sumečka afrického v recirkulačním akvakulturním systému RAS. U systémů RAS můžeme sledovat jejich výhodu v chovu ryb za pomoci intenzivní akvakultury, kde jsou ryby chovány ve zhuštěných obsádkách. Systémy RAS se začínají čím dál více rozvíjet, především kvůli lepšímu využití vody v krajině, také dbají na její kvalitu a celkovou spotřebu.

V našem pokusu jsme se zabývali růstem ryb, správnou konverzí krmiva (FCR), specifickou rychlostí růstu (SGR), přežitím ryb v odlišných obsádkách s různou hustotou obsádky ryb. Hamáčková a kol. (2007) uvádí, že správná hustota obsádky záleží především na plánované konečné hmotnosti ryb, množství bazénů, ve kterém budeme ryby chovat, délce chovu ryb, zda budeme ryby třídit nebo ne a také na cyklu produkce.

V průběhu našich pokusů byly zaznamenávány hodnoty teploty vody a její kvalita. Hamáčková a kol. (2007) udává, že doporučená optimální teplota pro chov sumečka je přibližně 25 – 27 °C. Těchto optimálních hodnot jsme se v našem experimentu drželi a nedocházelo k jejich výkyvům. Kouřil a Kujal (2009) popisují, že teplota vody je jedním z velice důležitých parametrů pro správnou aktivitu, růst, rozmnožování ryb a v neposlední řadě pro správný příjem potravy a její využití. Degani a kol. 1989 udává ve své studii, že nejlepších výsledků chovu sumečka je dosahováno při teplotě vody 27 °C.

V našem pokusu bylo použito krmivo od firmy Skretting (Stavanger, Norsko) ve tvaru pelet. Krmivo obsahovalo přibližně 11 – 14 % tuku a okolo 45 % bílkovin. Pruszyński (2003) udává, že krmení sumečka afrického krmivem s obsahem bílkovin 40 % a s obsahem tuku 12 % vykazuje vysoké hodnoty SGR a příznivé hodnoty FCR za minimálního vyloučení amoniakálního dusíku rybami, což je pro RAS přínosem. Teplota vody je pro sumečka velice důležitým faktorem při jeho chovu a v případě krmiva se stoupající teplotou stoupá u sumečka nárok na vyšší množství proteinů a tuků v krmivu (Henken a kol., 1986). Krmivem se také zabývali Degani a kol. (1989), využívali krmiva s různým obsahem proteinů, použité při teplotách vody 23 – 27 °C. Výsledkem byla narůstající hodnota SGR se stoupající teplotou vody a obsahem proteinů. Hogendoorn (1983) poukazuje na to, že sumeček africký je rybou s jednoduchým, tenkostěnným a poměrně krátkým střevem, proto se jedná o rybu závislou na obsahu proteinu v krmivu. V jeho experimentech zjistil nejlepší rychlost růstu a konverzi krmiva u krmiv, které obsahovaly 38 % až 42 % hrubého proteinu.

Po dobu našeho pokusu nebyly zaznamenány vysoké změny v hodnotě rozpuštěného kyslíku ve vodě. Hamáčková a kol. (2007) poukazuje na možnost sumečka dýchat atmosférický kyslík, proto je možné, že v odchovných nádržích klesne krátkodobě obsah kyslíku až pod 1 mg.l⁻¹.

V našem prvním pokusu s použitím různých hustot ryb, bez snižování hustoty ryb na původní biomasu bylo použito 12 nádrží o celkovém objemu 1750 l. V prvním pokusu jsme nasadili ryby o průměrné kusové hmotnosti 382 ± 166 g ve čtyřech hustotách biomasy na dobu pěti měsíců. Nasazené hustoty ryb byly 30, 60, 90 a 120 kg.m⁻³. U biomasy 30 kg.m⁻³ byla konečná hodnota průměrné hmotnosti těla 1970 ± 464

g a průměrná délka těla 623 ± 50 mm. Nejnižší celková kusová hmotnost (1207 ± 507 g) a nejnižší průměrná kusová délka těla (526 ± 72 mm) byla naměřena u biomasy 120 kg.m^{-3} . Toto vyhodnocení ukázalo, že od třetího měsíce chovu sumečka, hustota nad 60 kg.m^{-3} potažmo od 90 kg.m^{-3} negativně ovlivňuje jeho správný růst. Konstantní přírůstek ryb se u biomasy 30 kg.m^{-3} pohyboval okolo $18 \pm 2 \text{ kg.m}^{-3}$, u 60 kg.m^{-3} byl konstantní přírůstek $32 \pm 3 \text{ kg.m}^{-3}$, u 90 kg.m^{-3} $45 \pm 4 \text{ kg.m}^{-3}$ a to pouze do třetího měsíce chovu, pak klesl na $33 \pm 4 \text{ kg.m}^{-3}$ a u ryb s hustotou obsádky 120 kg.m^{-3} byl konstantní přírůstek $55 \pm 5 \text{ kg.m}^{-3}$ do konce druhého měsíce a poté stejně jako u obsádky 90 kg.m^{-3} klesl přírůstek na $34 \pm 5 \text{ kg.m}^{-3}$, od druhého měsíce do třetího měsíce byla hustota obsádky ryb $230 - 333 \text{ kg.m}^{-3}$. Mota a kol. (2015) v jeho experimentu udává, že ryba z počáteční průměrné hmotnosti těla $270,6 \text{ g/ks}$ dosáhla po 39 dnech odchovu hmotnosti 280 g/ks . V jeho pokusu použil 20 ryb na $0,06 \text{ m}^{-3}$.

Z tohoto pokusu a jeho výsledku můžeme usoudit, že od hustoty ryb $225 - 230 \text{ kg.m}^{-3}$ se výrazným způsobem snižoval hmotnostní přírůstek na 1 m^3 pravděpodobně díky vysokým hustotám, ve kterých byly ryby chovány. Z tohoto našeho pokusu tedy můžeme usoudit, že ideální hustota ryb pro chov je od 180 do 230 kg.m^{-3} . Například Ven de Nieuwegiessen a kol. (2008) uvádí, že v chovech v Holandsku je v konečných fázích chovu sumeček africký chován v hustotách až 500 kg.m^{-3} . Hamáčková a kol. (2007) zase doporučuje chovat sumečka v hustotě $250 - 450 \text{ kg.m}^{-3}$. Van de Nieuwegiessen a kol. (2008) zkoumal rychlost růstu sumečka afrického v různých hustotách.

Celý pokus se sestavoval ze dvou částí. V první části chovu byly použity juvenilní ryby s průměrnou hmotností těla od $102,1 \text{ g}$ do $288,6 \text{ g}$ a v druhé části tohoto pokusu, šlo o odchov sumečka afrického do tržní velikosti od $1044,6$ do $1455,4 \text{ g}$. Výsledkem tohoto pokusu bylo, že nejlepších hodnot FCR ($0,71$) a SGR ($2,28$) dosáhl v první části pokusu při hustotách obsádky sumečka 165 kg.m^{-3} . Například Mota a kol. (2015) dosáhl v jeho experimentu, který trval 39 dní odchovu vyšší hodnoty FCR u sumečka afrického $0,97$ v RAS. V jeho experimentu porovnával sumečka afrického a tlamouna nilského (*Oreochromis niloticus*), kdy hodnota FCR u tlamouna byla $9,28$. V nižších hustotách byly zaznamenány ne až tak dobré výsledky a především zvýšená agresivita ryb. V druhé části chovu, kde šlo o odchov sumečka do tržní velikosti, pak bylo dosahováno nejlepších hodnot FCR ($0,81$) a SGR ($1,27$) při hustotě obsádky ryb 97 kg.m^{-3} , ale také zaznamenal vyšší agresivitu ryb v nádrži. Poměrně dobré výsledky byly zjištěny i při nejvyšší zkoumané hustotě, která byla na konci pokusu 486 kg.m^{-3} . Hodnota FCR byla $0,83$ a hodnota SGR byla $1,23$, kde agresivita zaznamenána nebyla. Výsledkem těchto pokusů bylo, že sumeček africký je velice vhodnou rybou pro intenzivní akvakulturu, díky jeho dobrým schopnostem přežívat v silně zhuštěných obsádkách ryb.

V našem druhém pokusu s použitím různých hustot obsádek, sledující vliv odlišných stálých počátečních hustot ryb na jejich růst a další hodnoty chovu při každoměsíčním snižování biomasy ryb, byly použity ryby s průměrnou počáteční hmotností $230 \pm 57 \text{ g}$. V tomto druhém pokusu jsme použili nádrže s hustotami ryb 90 , 120 , 150 a 180 kg.m^{-3} . Nejvyšší průměrnou kusovou hmotnost jsme zaznamenali po pětíměsíčním odchovu u poslední skupiny ryb s hustotou obsádky 180 kg.m^{-3} , tato průměrná kusová hmotnost byla $1870 \pm 347 \text{ g}$. Také ryby z hustoty obsádky 90 kg.m^{-3}

dosahovaly nejvyšší průměrné hmotnosti 1985 ± 453 g. Celkové přírůstky ryb nebyly statisticky odlišné. Například u hustoty 90 kg.m^{-3} byl přírůstek $53 \pm 4 \text{ kg.m}^{-3}$, u hustoty 120 byl tento přírůstek $67 \pm 4 \text{ kg.m}^{-3}$, u hustoty 150 kg.m^{-3} celkový přírůstek ryb byl $84 \pm 11 \text{ kg.m}^{-3}$ a nejvyšší celkový přírůstek $109 \pm 4 \text{ kg.m}^{-3}$ byl zaznamenán u poslední skupiny s obsádkou ryb 180 kg.m^{-3} . Z tohoto experimentu můžeme prokázat, že když budeme ryby chovat v nižších hustotách obsádky a to $90 - 180 \text{ kg.m}^{-3}$, dosáhneme lepších výsledných hodnot růstu, přírůstku, přežití ryb a lepšího využití krmiva. Oproti naší optimální hustotě $180 - 230 \text{ kg.m}^{-3}$. Kouřil a kol. (2013) udává, že lze chovat sumečka v RAS až v hustotách $300 - 400 \text{ kg.m}^{-3}$. Adámek (1994) dodává doporučenou hustotu sumečka afrického chovaného v rybnících v letním období, kdy by měla být použita hustota biomasy 2 ks.m^{-2} . Podle Nieuweigiessen a kol. (2005) v produkčních chovech tržního sumečka afrického v RAS (Nizozemí) je dosahováno konečných hodnot hustoty obsádky až okolo 500 kg.m^{-3} .

V případě našeho třetího pokusu s tříděnými a netříděnými rybami se zvolenou optimální hustotou obsádky sumečka afrického, kde jako optimální hustotu obsádky sumečka afrického jsme zvolili hustotu biomasy 180 kg.m^{-3} . Obsádky ryb v nádržích se každoměsíčně snižovaly na původní hustotu 180 kg.m^{-3} nasazenou na začátku pokusu. V tomto pokusu jsme zaznamenali zvýšený růst tříděných ryb oproti rybám netříděným od druhého měsíce chovu. Tento jev byl způsoben vytlačováním menších jedinců v obsádce většími rybami, kdy se menší ryby nedostávali k dostatečnému množství potravy. Po pětíměsíčním odchovu byla průměrná kusová hmotnost tříděných ryb 2286 ± 243 g, tedy vyšší oproti průměrné kusové hmotnosti ryb netříděných, které dosahovaly průměrné kusové hmotnosti 1993 ± 473 g. Průměrný přírůstek tříděných ryb po pětíměsíčním odchovu se pohyboval okolo $115 \pm 4 \text{ kg}$ na 1 m^3 oproti netříděným rybám s průměrným přírůstkem $104 \pm 7 \text{ kg}$ na 1 m^3 . Hamáčková a kol. (2007) uvádí, že třídění ryb je jednou z nejdůležitějších součástí intenzivního chovu ryb v RAS. V případě, že budeme chtít dosáhnout kvalitních výsledků chovu, je důležité ryby třídit alespoň do dosažení hmotnosti $20 - 30$ g, aby nedocházelo ke kanibalismu. Celý proces třídění by se měl opakovat každé dva až tři týdny. Velké hustoty obsádek sumečka afrického mají podle Kaisera a kol. (1995) pozitivní vliv na snížení agresivity sumečka, a tím i celkově na kanibalismus v intenzivním akvakulturním chovu.

Fultonův koeficient (FK) u prvního našeho pokusu s použitím různých hodnot ryb, bez snižování hustoty ryb na původní biomasu se po pětíměsíčním odchovu pohyboval na úrovni $0,79 - 0,89$ a znamenal tedy dobrý kondiční stav odchovávaných ryb. U druhého pokusu s použitím různých hustot obsádek s každoměsíčním snižováním množství ryb na původní hustotu byly hodnoty stejně jako u předchozího pokusu prakticky totožné (FK = $0,73 - 0,75$). Výsledné hodnoty byly oproti prvnímu pokusu nižší a vyjadřují tedy správný kondiční stav ryb. U třetího pokusu s tříděnými a netříděnými rybami se zvolenou optimální hustotou obsádky sumečka afrického (180 kg.m^{-3}) se hodnoty Fultonova koeficientu pohybovaly okolo $0,75 \pm 0,02$ u ryb tříděných a $0,73 \pm 0,04$ u ryb netříděných. Z vyhodnocených výsledků všech pokusů bylo usouzeno, že rozdílná hustota ryb a netřídění ryb nemá vliv na správný kondiční stav odchovávaných ryb v RAS. Florence a Harrison (2012) udávají, že sumeček africký odchovávaný ve snížených hustotách obsádky dosahuje příznivějších hodnot FCR.

Jamaboand a Keremah (2009) stvrzují toto tvrzení svým experimentem, kdy použili plůdek sumečka afrického s přibližnou hmotností 0,6 g, který byl nasazen do nádrží s objemem vody 55 l s obsádkou 5 ks, 10 ks a 15 ks. Nejlepší výslednou hodnotu FCR (2,45) měly ryby z první skupiny, kde bylo nasazeno 5 ks ryb na 55 l. Na rozdíl od tohoto výsledku měla další nasazená skupina s obsádkou 15 ks ryb na 55 l horší výsledek FCR (2,84) s vyšší mortalitou. Degani a kol. (1989) zjistili, že sumeček chovaný ve vyšších hustotách vykazuje pozitivnější hodnoty FCR. V experimentu potvrzuje, že ryby chované v teplotě vody 23 °C dosahují hodnoty FCR 2,5 a ryby chované při vyšší teplotě 25 °C dokazují snížení hodnoty FCR až o 46 % a to na hodnotu FCR 1,36 a při teplotě vody dokonce až o 63 % na hodnotu FCR 0,93.

Specifická rychlost růstu (SGR) prvního pokusu po pětíměsíčním odchovu sumečka v závislosti na odlišné stálé hustotě ryb byla vyzkoumána výrazně vyšší hodnota SGR, hodnoty se pohybovaly okolo $1,06 \pm 0,12 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$ u skupiny ryb s obsádkou $30 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ oproti hustotám s vyššími hustotami. U druhého pokusu specifická rychlost růstu (SGR) po pětíměsíčním odchovu v závislosti na odlišné hustotě ryb s každoměsíčním snižováním na původní nasazenou hustotu ryb byla hodnota SGR od 1,36 do $1,48 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$, tzn. vyšší specifickou rychlost růstu oproti prvnímu pokusu. Tento výsledek znamená, že snižování hustoty na původní biomasu má na chov ryb v RAS pozitivní vliv. Autor Čtrnáct (2012) v jeho experimentu uvádí, že ryby dosahovaly nejvyšší SGR ($2,28 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$). U třetího pokusu po pětíměsíčním odchovu s tříděnými a netříděnými rybami s hustotou ryb $180 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ byly vyhodnoceny hodnoty SGR $1,38 \pm 0,11 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$ u tříděných ryb a $1,22 \pm 0,16 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$ u netříděných ryb. Tento výsledek znamenal vyšší SGR u tříděných ryb. Florence a Harrison (2012) udávají, že sumeček africký odchovávaný ve snížených hustotách obsádky dosahuje příznivějších hodnot SGR. Jak už u výše zmíněného pokusu Florence a Harrisona (2012) i hustota obsádky ovlivňuje i hodnoty SGR, u obsádky plůdku sumečka afrického 5 ks na 55 l byla hodnota SGR 0,058 a mortalitou jen 8,8 %. Oproti tomu druhá skupina s obsádkou 15 ks ryb na 55 l byla hodnota SGR 0,036 a mortalita už 18,9 %. Henken a kol., (1986) zase potvrzuje, že zvýšení teploty vody na optimální hodnoty (27°C) má pozitivní dopad na SGR a správný metabolismus ryb. Nyina-Wamwiza a kol. (2007) udává ve svém experimentu nejvyšší dosaženou SGR $3,47 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$.

Naše výsledky konverze krmiva (FCR) prvního pokusu u odchovávaných sumečků afrických v RAS po pětíměsíčním odchovu v závislosti na odlišných stálých hustotách ryb byly, že jsme zjistili vyšší koeficient konverze krmiva, což bylo nejpravděpodobněji zapříčiněno zvýšeným stresem a plašením odchovávaných ryb při kontrolních přelovení. Naše zjištěné hodnoty FCR ($1,18 - 1,22 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$) u skupin ryb s obsádkou 30 a $60 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ a u skupin ryb s obsádkou 90 a $120 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ se lišily. Tyto rozdílnosti byly způsobeny vysokými hustotami ryb v obsádkách 90 a $120 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ke konci odchovu, to znamenalo sníženou využitelnost krmiva. U druhého pokusu odchovu sumečka afrického v RAS v závislosti na odlišných hustotách ryb s každoměsíčním snižováním na původní hustotu byla konverze krmiva u všech testovaných skupin nižší než u prvního pokusu. Tento jev byl způsoben každoměsíčním snižováním ryb na původní hustotu obsádky, která byla nasazena na začátku pokusu. U Třetího pokusu po pětíměsíčním odchovu sumečka s tříděnými a netříděnými rybami s hustotou ryb 180

kg.m⁻³ bylo vyhodnoceno, že konverze krmiva u tříděných ryb ($0,68 \pm 0,14$) byla vyšší než u ryb netříděných ($0,84 \pm 0,17$). Dále Conceição (1998) uvádí, že díky dlouhodobému snížení koncentrace kyslíku pod $1 \text{ mg.l}^{-1} \text{ O}_2$ mají za následek pokles hodnot SGR a nárůst hodnot FCR.

Kumulativní přežití prvního pokusu u odchovávaných sumečků afrických v RAS po pětíměsíčním odchovu v závislosti na odlišných stálých hustotách ryb byly sledovány hodnoty od $84 \pm 2 \%$ u skupiny ryb s hustotou 120 kg.m^{-3} do $91 \pm 4 \%$ u hustoty obsádky 60 kg.m^{-3} . U druhého pokusu odchovu sumečka afrického v RAS v závislosti na odlišných hustotách ryb s každoměsíčním snižováním na původní hustotu se pohybovaly hodnoty kumulativního přežití od $93 \pm 5 \%$ u skupiny ryb s obsádkou 90 kg.m^{-3} do $96 \pm 2 \%$ u ryb s hustotou obsádky 150 kg.m^{-3} . U obou pokusů nebyly prokázány žádné statistické rozdíly v přežívání ryb. U našeho druhého pokusu jsme sledovali lepší hodnoty přežití než u pokusu prvního, tento pozitivní stav způsobilo snižování ryb na původní biomasu. U třetího z pokusů po pětíměsíčním odchovu sumečka s tříděnými a netříděnými rybami s hustotou ryb 180 kg.m^{-3} bylo kumulativní přežití téměř stejné. Pouze usuzujeme, že při správném podávání kvalitních krmiv nedochází ke kanibalismu mezi malými a velkými rybami.

6. Závěr

Hlavním cílem tohoto pokusu bylo posoudit a zoptimalizovat schopnosti intenzivního chovu sumečka afrického v provozních podmínkách recirkulačního akvakulturního systému (RAS), který je schopen využívat odpadní teplo z bioplynové stanice pro ohřev vody. Jedním z nejdůležitějších záměrů bylo optimalizovat chov tohoto druhu ryb v RAS až do tržní velikosti se snahou správného využití nákladů na jeho produkci a zvýšit rentabilitu chovu sumečka afrického. Celý tento experiment se sestavoval ze tří pokusů.

V prvním pokusu se využily k testování čtyři odlišné hustoty obsádek, byly využity hustoty ryb 30; 60; 90 a 120 kg.m⁻³ bez jakéhokoli snižování obsádky na původní hodnoty. Celý tento pokus trval 5 měsíců.

Z výsledků prvního pokusu jsme mohli usoudit, že finální hodnota obsádky ryb u počáteční hodnoty 120 kg.m⁻³ dosahovala hodnot přibližně 330 kg.m⁻³. Z těchto výsledných hodnot můžeme dojít k závěru, že sumečka afrického můžeme chovat i ve větších hustotách obsádky než 330 kg.m⁻³, jak udává většina zdrojů vědecké literatury. Veškeré výsledky poukazují také na to, že k optimálnímu růstu ryb s vysokým přírůstkem a dobrým využitím krmiva dosáhneme při hustotách ryb 180 – 230 kg.m⁻³. Pokud dojde k překročení hustoty obsádky nad 230 kg.m⁻³ se hodnoty růstu, přírůstku a konverze krmiva dostávají do negativních hodnot. Díky těmto negativním hodnotám se i zvyšují celkové náklady na chov, protože se zvyšuje konverze krmiva. Jako optimální hodnota hustoty obsádky je tedy doporučeno množství ryb od 180 do 250 kg.m⁻³.

V druhém pokusu se mezi sebou porovnávaly čtyři odlišné hustoty ryb. První skupina s 90 kg.m⁻³, druhá se 120 kg.m⁻³, třetí se 150 kg.m⁻³ a čtvrtá se 180 kg.m⁻³, kdy koncem každého měsíce se snižovala hustota ryb na původní množství ze začátku pokusu.

Ze stránky produkčních hodnot nebyly mezi jednotlivými skupinami nalezeny rozdíly. Ve srovnání s prvním pokusem dosáhl lepších produkčních ukazatelů druhý pokus, protože zde docházelo k redukci ryb na původní nasazenou hustotu. S ohledem na specifickou hodnotu růstu a konverzi krmiva byly dosaženy vyšší hodnoty u obou parametrů. U skupiny ryb s obsádkou 120 kg.m⁻³ byla hodnota SGR u prvního pokusu 0,69 %.d⁻¹ a u druhého pokusu 1,45 %.d⁻¹. Hodnota konverze krmiva byla 1,87 kg.kg⁻¹ u prvního pokusu a u druhého pokusu hodnota dosahovala 0,72 kg.kg⁻¹.

V třetím pokusu byl hodnocen vliv třídění a netřídění obsádek ryb při jejich odchovu v RAS na růst a další produkční parametry. Výsledné hodnoty třetího pokusu vykazují, že specifická rychlost růstu (SGR) tříděných ryb je vyšší než u ryb netříděných, tak byly zaznamenány i vyšší hodnoty přírůstku a konverze krmiva. Třídění a netřídění ryb nemělo žádný vliv na přežití a tedy ani na hodnoty kanibalismu, které nebyly zaznamenány. U netříděných ryb bylo zaznamenáno zvýšené rozrůstání obsádky, kdy některé ryby rostou velmi pomalu nebo prakticky vůbec. Byly sledovány ryby, které rostou optimálně, ale bylo zde i pár ryb, které dosáhly tržní velikosti za krátké období a škodí v chovu tím, že zabírají kapacitu chovu a konzumují větší množství krmiva. Z těchto důvodů bylo doporučeno třídít ryby při pětíměsíčním

intenzivním odchovu alespoň 1 – 2 krát. Při optimálním třídění ryb je možné dosáhnout vyšší rychlosti růstu, ale i vyšší konverze krmiva.

Všechny tyto výsledky by měly napomoci dalšímu úspěšnému intenzivnímu odchovu sumečka afrického v RAS, především tržních ryb a jejich využití ke zpracování. Zlepšit rychlost růstu, přežití a dosáhnout správné konverze krmiva a docílit tak lepších chovatelských výsledků, správně využít a snížit náklady chovu a následně pak lépe pokrýt poptávku na trhu rybami vyprodukovanými z RAS.

7. Seznam tabulek

Tab. 1: Taxonomické zařazení sumečka afrického (<i>Clarias gariepinus</i>) (Baruš a Oliva, 1995).....	9
Tab. 2: Krmiva firmy Skretting využita během pokusu. Výživové hodnoty deklarované výrobcem (scretting.com).	26
Tab. 3: Absolutní narůstající přírůstky na 1 m ³ jednotlivých zkoumaných hustot sumečka afrického bez snižování hustoty po dobu pěti měsíců odchovu.	31
Tab. 4: Hodnoty Fultonova koeficientu (FK) po pětíměsíčním odchovu sumečka afrického v RAS.....	31
Tab. 5: Hodnoty specifické rychlosti růstu (SGR) po pětíměsíčním odchovu sumečka afrického v RAS v odlišných stálých hustotách.....	31
Tab. 6: Výsledky koeficientu konverze krmiva (FCR) po pětíměsíčním odchovu sumečka afrického v RAS v odlišných stálých hustotách.....	32
Tab. 7: Hodnoty Fultonova koeficientu (FK) po pětíměsíčním odchovu sumečka afrického v RAS v hustotách od 90 do 180 kg.m ⁻³ s každoměsíčním snižováním ryb na původní hustotu. Mezi skupinami ryb nebyly sledovány statistické odlišnosti.	35
Tab. 8: Hodnoty specifické rychlosti růstu (SGR) po pětíměsíčním odchovu sumečka afrického v RAS v odlišných hustotách ryb s každoměsíčním snižováním na původní hustotu. Výsledné hodnoty jednotlivých skupin nebyly statisticky různorodé.....	36
Tab. 9: Výsledky koeficientu konverze krmiva (FCR) po pětíměsíčním odchovu sumečka afrického v RAS v odlišných hustotách ryb s každoměsíčním snižováním na původní biomasu.	36

8. Přehled použité literatury

- Adámek, J. (2001): Sum afrykanski – Technologia chowu. Instytut Rybactwa Srodladowego, Olsztyn, 50s.
- Adámek, Z. (1994): Letní chov tilapie a sumečka afrického v rybnících. JU v ČB VÚRH ve Vodňanech, Edice metodik č. 43, 12 s.
- Adámek, Z., Sukop, I. (1995): Summer outdoor culture of African catfish (*Clarias gariepinus*) and tilapias (*Oreochromis niloticus* and *O. aureus*). Aquatic Living Resources, 8: 445-448.
- Appelbaum, S., Kamler, E. (2000): Survival, growth, metabolism and behaviour of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) early stages under different light conditions. Aquaculture, 22: 269-287.
- Babiker, M. M. (1979): Respiratory behaviour, oxygen consumption and relative dependence on aerial respiration in the African lungfish (*Protopterus annectens*, Owen) and an air-breathing teleost (*Clarias lazera*, C.), Hydrobiologia, (65), 177-187.
- Baruš, V., Oliva, O. (eds) (1995): Mihulovci a ryby (2). Academia. Praha, 698 s.
- Britz, P.J., Hecht, T., 1987. Temperature preferences and optimum temperature for growth of African sharp-tooth catfish (*Clarias gariepinus*) larvae and post-larvae. Aquaculture 63: 205-214.
- Britz, P. J., Pienaar, A. G. (1992): Laboratory experiments on the effects of light and cover on the behaviour and growth of African catfish, *Clarias gariepinus* (*Pisces Clariidae*). Journal of Zoology, 227: 43-62.
- Conceição, L. E. C., Dersjant-Li, Y., Verreth, J. A. J., 1998. Cost of growth in larval and juvenile African catfish (*Clarias gariepinus*) in relation to growth rate, food intake and oxygen consumption. Aquaculture, 161, 95-106.
- Čtrnáct, P., 2012. Testování produkční účinnosti speciálních krmiv pro sumce u tržního keříčkovce červenolemého (*Clarias gariepinus*) v recirkulačním systému. České Budějovice, 2012. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod (v tisku).
- Degani, G., Ben-Zvi, Y., Levanon, D., 1989. The effect of different protein levels and temperatures on feed utilization, growth and body composition of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). Aquaculture, 76, 293-301
- De Graaf, G., Janssen, J. (1996): Handbook on the artificial reproduction and pond rearing of the African catfish *Clarias gariepinus* in sub-Saharan Africa. Nefisco foundation. Amsterdam. Holandsko. FAO. Fisheries Technical Paper č. 362 Rome, M - 44, 109 s.
- Dubský, K., Kouřil, J., Šrámek, V. (2003): Obecné rybářství. Informatorium. Praha. 308 s.
- Fourite, J. J., 2006. A practical investigation into catfish (*Clarias gariepinus*) fading in the Vaalharts irrigation scheme. Bloemfontein, 2006. Diplomová práce. Department of Zoology and Entomology, Faculty of Natural and Agricultural Sciences, University of the Free State, 112 s.

- Hamáčková, J., Kouřil, J., Masár, J., Turanský, R. (2007): Technologie chovu keříčkovce jihoafrického – sumečka afrického (*Clarias gariepinus*). JU v ČB VÚRH ve Vodňanech, Edice metodik č. 22, 19 s.
- Hanel, L. (1997). Klíč k určování ryb a mihulí. 1. Vydání, EkoCentrum Brno, 85 s.
- Hanel, L., Novák, J., (2004): České názvy živočichů V. Ryby a rybovití obratlovci (*Pisces*) 4: Paprskoploutví (*Actinopterygii*) – Kostnatí (*Neopterygii*) – Trnobříši (*Characiformes*) – Nahohřbetí (*Gymnotiformes*). Národní muzeum (zoologické oddělení), Praha, 172 s.
- Hecht, T., Uys, W. and ritz, P. J., 1988. The culture of sharptootht catfish, *Clarias gariepinus* in Southern Africa. South Africa National Scientific Programmes, Report No. 153, 133 pp.
- Henken,A. M., Machiels. M. A. M., Dekker, W. Hogendoorn, H., 1986. The effect of dietary protein and energy content on growth rate and feed utilization of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture*, 58, 55-74.
- Hogendoorn, H., Jansen, J. A. J., Koops, W. J., Mechiels, M. A. M., van Ewijk, P. H., ven Hees, J. P., 1983. Growth and production of the african catfish, *Clarias lazareta* (C. & V.): II. Effects of body weight, temperature and feeding level in intesive tank culture. *Aquaculture* 34: 265-285.
- Jamabo, N. A., Keremah, R. I., 2009. Effects of Stocking Density on the Growth and Survival of the Fingerlings of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Journal of Fisheries International*, 4, 55-57.
- Kaiser, H., Weyl, O., Hecht, T., 1995. Observations on agonistic behaviour of *Clarias gariepinus* larvae and juveniles under different densities and feeding frequencies in a controlled environment. *Journal of Applied Ichthyology*, 11, 25-26.
- Kamler, E. (2002): Ontogeny of yolk-feeding fish: an ecological perspective. *Fish Biology and Fisheries*, 12: 79-103.
- Kolářová, J., Zusková, E. Steinbach, Ch., Velíšek, J., 2017. Praktické návody k provádění léčebných postupů u vybraných parazitárních onemocnění ryb. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č 166, 53 s.
- Kouřil, J., Drozd, B., Prokešová, M., Stejskal, V., 2013. Intenzivní chov keříčkovce jihoafrického – sumečka afrického (*Clarias Gariepinus*). Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 138, 6 -19.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V., 2008. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. Vodňany: Edice metodik VÚRH Vodňany č. 85, 3 -36.
- Kouřil, J., Podhorec, P. Švinger, V., 2009: Hormonálně indukovaná umělá reprodukce ryb. Sborník referátů konference s mezinárodní účastí, Brno 2. a 3. Prosince2009, 185s.
- Kouřil, J., Podhorec, P., Stejskal, V., Policar, T., Kříšťan, J., Drozd, B., 2011. Optimalizace metod hormonálně indukované ovulace při řízené reprodukci vybraných hospodářsky významných teplomilných druhů ryb. Vodňany: Edice metodik FROV JU Vodňany, č. 120, 10., 15.

- Kůrka, R., Prokeš, M., Baruš, V. (2000): Biometrical characteristics of *Clarias gariepinus*, aquaculture reared in the Czech Republic. In: Mikešová, J. (ed): Sborník referátů ze IV. České ichtyologické konference, JU v ČB VÚRH ve Vodňanech, Vodňany, s. 131-135.
- Lang, Š., Kopp, R., Brabec, T., Vítek, T., Mareš, J., 2011. Optimalizace hydrochemických parametrů v recirkulačním systému pro chov ryb: I. Stabilizace kyselinové neutralizační kapacity a snížení toxicity dusitanů v recirkulačním systému dánského typu. Brno: Technologie R02, Mendelova univerzita v Brně, č. R02, 13.
- Lapkin, V. V., Svirskij, A. M., Golovanov, V. K. (1981): Vozrastnaja dinamika izbirajemych i letalnych temperatur ryb. Zoologicheskii Zhurnal, 60 (12): 1792-1801.
- Micha, J. C. (1973): Etude des populations piscicoles de l'Ubangui et tentative de selection et d'adaptation de quelques especes a l'etang de pisciculture, Centre Technique Forestiere Tropical, Nogent sur Marne, 100.
- Morenike, A. A., Comfort, A. A., Ademola, B. A., 2008. Feed utilization, growth and survival of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) fingerlings cultured under different photoperiods. Aquaculture, 283, 64-67.
- Nelson, J. S. (2006): Fishes of the world. 4. vydání, John Wiley & Sons, New York, USA, 601 s.
- Nyina-Wamwiza, L., Wathélet, B., Richir, J., Rollin, X., Kestemont, P., 2010. Partial or total replacement of fish by local agricultural products in diet of juvenile African catfish (*Clarias gariepinus*): growth performance, feed efficiency and digestibility. Aquaculture nutrition, 16, 237-247.
- Osibona, A. O., Kusemiju, K., Akande, G. R., 2009. Fatty acid composition and amino acid profile of two freshwater species, African catfish (*Clarias gariepinus*) and tilapia (*Tilapia zillii*). African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development 9: 608-621.
- Pitter, P., 1999: Hydrochemie. Vydavatelství VŠCHT, Praha.
- Pruszyński, T. 2003. Effects of feeding on ammonium excretion and growth of the African catfish (*Clarias gariepinus*) fry. Czech Journal of animal science, 48, 106-112.
- Pokorný, J., Adámek, Z., Dvořák, J., Šrámek, V. (1998): Pstruhařství, Informatorium, Praha.
- Pokorný, J., Lucký, Z., Lusk, S., Pohunek, M., Jurák, M., Štědranský, E., Prášil, O. (2004): Velký encyklopedický rybářský slovník. Fraus, Plzeň, 649 s.
- Russo, R. C., Thurson, R. V., 1997. The acute toxicity of nitrite to fishes. In: Tubb, R. A., (ed). Recent Advances in Fish Toxicity. US Environmental Protection Agency, Corvallis, Oregon. 97330, 118-131.
- Timonns, M. B., Ebeling, J. M., Wheaton, F. W., Summerfelt, S. T., Vinci, B. J. (2005): Recirculating aquaculture systems, Cayuga Aqua Ventures, USA.
- Van de Nieuwegiessen P. G., Schram J. W., Verreth, J. A. J. (2005): Welfare aspects of African catfish (*Clarias gariepinus*) in aquaculture, Wageningen universiteit, Wageningen.

Vasco C. Mota, Peter Limbu, Catarina I.M. Martins, Ep H. Eding, Johan A.J. Verreth, 2015. The effect of nearly closed RAS on the feed intake and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), African catfish (*Clarias gariepinus*) and European eel (*Anguilla anguilla*), *Aquacultural Engineering*, 68, 1-5.

Viveen, W. J. A. R., Richter, C. J. J., Van Oordt, P. G. W. J., Janssen, J. A. L., Huisman, E. A. (1986): Practical manual for the culture of the African catfish (*Clarias gariepinus*). The Netherlands Ministry for Development Cooperation. Section for Research and Technology. Hague, Holandsko, 128 s.

Wieser, W. (1991): Physiological energetics and ecophysiology. In: Winfield, I. J. Nelson, J. S. (eds.). *Cyprinid Fishes: Systematics, Biology and exploitation*. Fish and Fisheries Series. 3. Chapman & Hall, Londýn, Velká Británie. s. 426-455.

Internetové zdroje:

FAO Fishery Statistics. 2018 - <http://www.fao.org/> (De Graaf, 1994, The Artificial Reproduction and Pond Rearing of the African Catfish, FAO)

Dostupné na WWW: <http://www.fao.org/3/ac578e/AC578E00.htm>

FAO Fishery Statistics - Celosvětová roční produkce (tis. tun za rok) tržního sumečka afrického z akvakultury od roku 2007 do roku 2016 (Dauda, 2018)

Dostupné na WWW: https://www.researchgate.net/figure/Global-aquaculture-production-of-Clarias-gariepinus-Source-FAO-6_fig3_322628308

9. Seznam obrázků a grafů

Obr. č. 1: Geografická distribuce sumečka afrického (podle De Graaf a Janssen, 1996).	10
Obr. č. 2: Stavba žaberního aparátu (podle De Graaf a Janssen, 1996).	12
Obr. č. 3: Pohlavní dimorfismus sumečka afrického (podle De Graaf a Janssen, 1996)...	12
Obr. č. 4: Námluvy samce a samice sumečka afrického (podle De Graaf a Janssen, 1996)	14
Obr. č. 5: Produkční cyklus sumečka afrického (podle Viveen a kol., 1986; Kouřil a kol., 2013).....	16
Obr. č. 6: Celosvětová roční produkce (tis. tun za rok) tržního sumečka afrického z akvakultury od roku 2007 do roku 2016 (Dauda, 2018 – statistiky FAO).	17
Obr. č. 7: Schéma recirkulačního akvakulturního systému (RAS) (podle Hamáčková a kol., 2007).....	22
Obr. č. 8: Sumeček africký (<i>Clarias gariepinus</i>).....	56
Obr. č. 9: Kontrolní přelovení sumečka afrického v průběhu pokusu.	57
Obr. č. 10: Bioplynová stanice firmy Tilapia s.r.o.	57
Obr. č. 11: Automatické krmítko využívané k celodennímu krmení sumečka afrického při intenzivním chovu v RAS.	58
Obr. č. 12: Odchovná nádrž pro tržní ryby sumečka afrického.	58
Obr. č. 13: Třídění ryb u tříděných skupin sumečka afrického před začátkem třetího pokusu.	59
Obr. č. 14: Automatická třídička pro ryby menších velikostí.	59
Obr. č. 15: Odstranění nečistot a silných nárostů z nádrže pomocí silného tlaku vody...	60
Obr. č. 16: Krmivo značky Skretting (Stavanger, Norsko) použité k odkrmu sumečka afrického.....	60
Obr. č. 17: Anestezie ryb v hřebíčkovém oleji před zahájením biometrického měření. ..	61
Obr. č. 18: Sumeček africký v tržní velikosti.	61
Obr. č. 19: Patrný rozdíl ve velikosti ryb sumečka afrického u skupiny netříděných ryb.	62
Graf č. 1: Průběh průměrné kusové hmotnosti těla W (v g) sumečka afrického odchovávaného v RAS v závislosti na odlišné hustotě ryb za 150 dní odchovu.....	29
Graf č. 2: Průběh průměrné celkové délky těla TL (v mm) u sumečka afrického odchovávaného v RAS v závislosti na různé hustotě v průběhu pětíměsíčního odchovu.....	30
Graf č. 3: Průměrné přírůstky jednotlivých skupin různých hustot sumečka afrického na 1 m ³ po dobu pěti měsíců po každém kontrolním přelovení.	30
Graf č. 4: Průběh průměrné kusové hmotnosti těla W (g) u sumečka afrického chovaného v RAS s vazbou na odlišnou hustotu s každoměsíčním snižováním na původní hustotu ryb. Nebyly sledovány statistické rozdíly hodnot.	33
Graf č. 5: Průběh průměrné kusové délky těla TL (mm) u ryb sumečka afrického odchovávaného v RAS s vazbou na odlišné hustotě obsádky s každoměsíčním snižováním ryb na původní hustotu po dobu pěti měsíců. Nebyly sledovány statistické rozdíly hodnot.	34
Graf č. 6: Porovnání přírůstků jednotlivých skupin s různými hustotami sumečků afrických po dobu pětíměsíčního pokusu u odlišných hustot obsádek s	

každoměsíčním snižováním na původní hustotu ze začátku pokusu. Přírůstky v jednotlivých skupinách nebyly statisticky	35
Graf č. 7: Kumulativní přežití sumečka afrického na konci druhého pokusu v závislosti na odlišné hustotě ryb s jejich každoměsíčním snížením ryb na původní hustotu.....	37
Graf č. 8: Průběh průměrné kusové hmotnosti těla W (g) sumečka afrického odchovávaného v RAS při hustotě ryb 180 kg.m-3 v závislosti na třídění či netřídění ryb. Tyto hodnoty nebyly statisticky různorodé.....	38
Graf č. 9: Průběh průměrné kusové celkové délky těla TL (mm) sumečka afrického odchovávaného v RAS při hustotě ryb 180 kg.m-3 v závislosti na třídění či netřídění ryb. Statistické hodnoty nebyly různorodé.	39
Graf č. 10: Porovnání přírůstků u tříděných a netříděných ryb sumečka afrického v průběhu pětíměsíčního pokusu při hustotě ryb 180 kg.m-3.....	40
Graf č. 11: Kumulativní přežití sumečka afrického po pětíměsíčním odchovu v RAS při hustotě obsádky ryb 180 kg.m-3 v závislosti na třídění či netřídění ryb.....	41

10. Přílohy



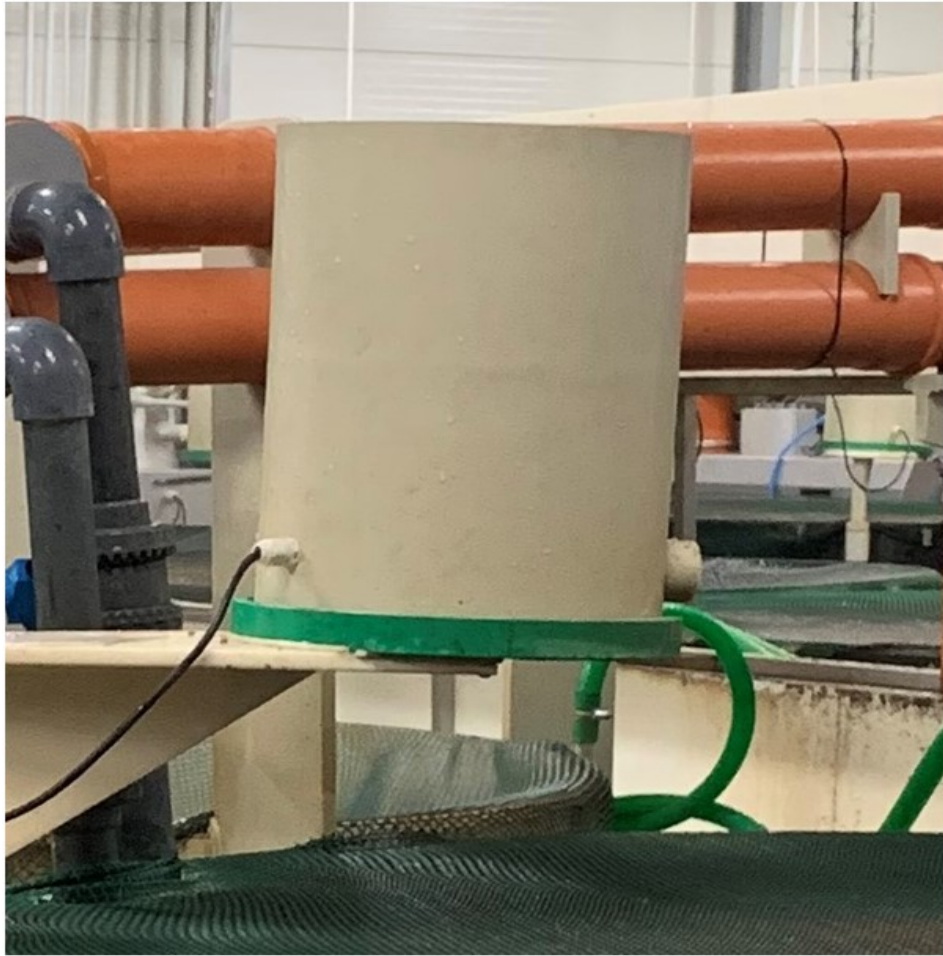
Obr. č. 8: Sumeček africký (*Clarias gariepinus*).



Obr. č. 9: Kontrolní přelovení sumečka afrického v průběhu pokusu.



Obr. č. 10: Bioplynová stanice firmy Tilapia s.r.o.



Obr. č. 11: Automatické krmítko využívané k celodennímu krmení sumečka afrického při intenzivním chovu v RAS.



Obr. č. 12: Odchovná nádrž pro tržní ryby sumečka afrického.



Obr. č. 13: Třídění ryb u tříděných skupin sumečka afrického před začátkem třetího pokusu.



Obr. č. 14: Automatická třídíčka pro ryby menších velikostí.



Obr. č. 15: Odstranění nečistot a silných nárostů z nádrže pomocí silného tlaku vody.



Obr. č. 16: Krmivo značky Skretting (Stavanger, Norsko) použité k odkrmu sumečka afrického.



Obr. č. 17: Anestezie ryb v hřebíčkovém oleji před zahájením biometrického měření.



Obr. č. 18: Sumeček africký v tržní velikosti.



Obr. č. 19: Patrný rozdíl ve velikosti ryb sumečka afrického u skupiny netříděných ryb.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou chovu sumečka afrického (*Clarias gariepinus*) v recirkulačním akvakulturním systému RAS využívající odpadní teplo z bioplynové stanice. Bylo hodnoceno SGR, FCR, FC přežití a celkový zdravotní stav ryb. Při prvním pokusu byl sumeček nasazen v různých hustotách obsádky (30, 60, 90, 120 kg.m⁻³) bez snižování obsádky na původní hustotu. Do nádrží recirkulačního systému se stejnou kvalitou vody byly použity juvenilní ryby sumečka afrického. Výsledkem prvního pokusu bylo, že sumeček africký má nejlepší růstové vlastnosti do maximální hustoty 230 kg.m⁻³. Při druhém pokusu byly nasazeny ryby ve čtyřech různých hustotách obsádky (90, 120, 150 a 180 kg.m⁻³), které byly každý měsíc snižovány na původní biomasu. Výsledkem pokusu byla vyšší specifická rychlost růstu a nižší konverze krmiva. Mezi jednotlivými hustotami nebyly zaznamenány v růstových parametrech signifikantní rozdíly. Třetí pokus byl založen na třídění a netřídění ryb. Netřídění ryb mělo negativní vliv na rozrůstání obsádky. Pár jedinců bylo větší velikosti (tržní ryby) než ostatní jedinci a na druhou stranu pár jedinců zaostávalo v růstu. Rovněž růstové parametry vykazovaly lepší hodnoty u tříděných ryb. U všech pokusů bylo zjištěno, že optimální hustota obsádky pro správný růst, správnou konverzi krmiva v RAS je okolo 180-230 kg.m⁻³.

Klíčová slova: *Clariidae; Siluriformes*; sumeček africký; hustota obsádky; RAS;

Abstract

This study is a dressing the breeding process of the african catfish kept in RAS recycling waste heat from the biogas plant. The weight, SGR, FCR, FC, survival rate and were evaluated. During the first test different breeding densities were established (30, 60, 90, 120 kg.m⁻³) and fishes were kept in the tanks without lowering the the density to the original. Into the tanks with the same quality of the water, we introduced juveniles of the african catfish. Results of the first test showed that the best growth of the african catfish is achieved in the breeding density up to 230 kg.m⁻³. In the second experiment, the different breeding densities were established (90, 120, 150 a 180 kg.m⁻³). These densities were periodically lowered to the starting density each Month. In this test we achieved higher SGR and lower FCR. There were no significant differences among the density's groups. Third test was based on the presence of the sorting of the fish in tanks. While not sorting negative influence has appeared. In the non-sorted group, we found couple of marked-sized fish and couple of bellow average fish. Also, the growth parameters showed better results in the sorted group. All experiments showed that the best breeding density is from 180 up to 230 kg.m⁻³.

Keywords: *Clariidae; Siluriformes*; african catfish; breeding density; RAS