



Technologie recirkulační líhně pro lososovité ryby

M. Buřič, J. Kouřil







FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD
JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Technologie recirkulační líhně pro lososovité ryby

M. Buřič, J. Kouřil

**VYDÁNÍ PUBLIKACE BYLO USKUTEČNĚNO
ZA FINANČNÍ PODPORY PROJEKTU:**

Inovace prezenčního studia bakalářského studijního oboru Rybářství

(CZ.1.07/2.2.00/15.0076)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**OBSAHOVÁ ČÁST PUBLIKACE BYLA ZPRACOVÁNA ZA FINANČNÍ PODPORY
NÁSLEDUJÍCÍCH PROJEKTŮ:**

Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz – CENAKVA

(CZ.1.05/2.1.00/01.0024)

***Technologie chovu sladkovodních ryb s využitím recirkulačních systémů dánského typu se zaměřením
na metody efektivního řízení prostředí a veterinární péče***

(NAZV QJ1210013)

Využití recirkulační technologie pro inkubaci jiker a odchov hybrida sívena amerického a arktického

(Pilotní projekt CZ.1.25/3.4.00/11.00400)

Využití monosexní obsádky pstruha duhového s cílem zvýšení produkce v intenzivním chovu

(Pilotní projekt CZ.1.25/3.4.00/10.00317)



ISBN 978-80-87437-57-5

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| 1. ÚVOD DO PROBLÉMU | 6 |
| 1.1. Současný stav v České republice | 6 |
| 1.2. Důvody použití technologie recirkulace vody u pstruhových líhní v ČR | 7 |
| 2. CÍL | 7 |
| 3. MÍSTO, KDE SE TECHNOLOGIE OVĚŘOVALA | 8 |
| 4. POPIS TECHNOLOGIE A VÝSLEDKY | 8 |
| 4.1. Základní technologické parametry systému | 9 |
| 4.2. Fyzikální a chemické parametry vody – sledování a udržování | 10 |
| 4.2.1. Kyslík, oxid uhličitý | 10 |
| 4.2.2. Teplota vody a pH | 10 |
| 4.2.3. Dusíkaté látky | 11 |
| 4.2.4. Organické zatížení – BSK_{5r} , $CHSK_{Mn}$ | 12 |
| 4.2.5. Ostatní | 13 |
| 4.3. Nasazení a inkubace jiker | 15 |
| 4.3.1. Transport a nasazení | 15 |
| 4.3.2. Inkubace a líhnutí | 16 |
| 4.4. Rozkrm a odchov plůdku | 17 |
| 4.4.1. Krmení | 18 |
| 4.4.2. Růst | 19 |
| 4.4.3. Koeficient konverze krmiva | 21 |
| 4.5. Odstraňování kalů a biofiltrace | 23 |
| 4.6. Zdravotní rizika v kontrolovaných podmínkách recirkulační líhně | 24 |
| 4.6.1. Zdravotní rizika | 24 |
| 4.6.2. Preventivní a léčebné zásahy v průběhu odchovu | 25 |
| 4.7. Základní zásady provozu recirkulační líhně | 26 |
| 4.8. Technologické postupy s potenciálem zvýšení efektivity systému | 26 |
| 4.9. Druhy ryb testované v průběhu ověřování technologie | 27 |
| 4.10. Závěrečné zhodnocení technologie | 28 |
| 5. EKONOMICKÝ PŘÍNOS VÝROBNÍHO POSTUPU PRO PODNIKATELSKÝ SUBJEKT | 29 |
| 6. UPLATNĚNÍ VÝROBNÍHO POSTUPU VE VÝROBĚ PODNIKATELSKÉHO SUBJEKTU | 30 |
| 7. SEZNAM LITERATURY | 30 |

1. ÚVOD DO PROBLÉMU

1.1. SOUČASNÝ STAV V ČESKÉ REPUBLICE

Lososovité ryby jsou co do objemu produkce třetí nejvýznamnější skupinou ryb v ČR po kaprovi a „býložravých rybách“¹. Oficiální statistiky udávají rozmezí produkce 700–800 tun ročně (Situační a výhledová zpráva RYBY, 2011), ale význam lososovitých ryb (především pstruha duhového a sivena amerického) roste. Jejich podíl v roce 2011 vzrostl na 3,8% celkové produkce ryb v ČR. To samozřejmě odráží i zvyšující se poptávku po této komoditě na českém trhu. Přesto je domácí produkce lososovitých ryb stále nedostatečná a tento nedostatek je kompenzován jejich dovozem, především z Turecka.

Obecně citovaným důvodem pomalého rozvoje produkce lososovitých ryb je nedostatek vhodných podmínek pro rozsáhlé chovy těchto ryb v ČR (Pokorný a kol., 1998; Národní strategický plán pro oblast rybářství na období 2007–2013; Kratochvíl, 2012). V nedávné minulosti však došlo k vývoji vysoce efektivních technologií odchovu nejen lososovitých ryb v uzavřených systémech využívajících recirkulaci vody (Kouřil a kol., 2008a). Tyto systémy jsou schopny, v porovnání s klasickými průtočnými systémy, využívat minimální množství čerstvé přítokové vody (drenáž, vrt, studna) a stávají se tak podstatně méně závislé na zdrojích povrchové vody. To je důležitou devizou recirkulačních technologií z hlediska důsledné zoohygieny chovu (separace od povrchových vod), minimální zátěže prostředí odběrem přítokové vody a minimálního odtoku odpadní vody (Buřič a Kouřil, 2012). Díky tomu získávají intenzivní recirkulační akvakulturní systémy (RAS) ve světové akvakultuře stále významnější místo (Martins a kol., 2010) a jsou uznávány a ověřeny jako ekonomicky (Rawlinson a Foster, 2001) i ekologicky (Martins a kol., 2010) přínosné.

Vzhledem ke stoupající poptávce po kvalitním rybím mase a nástupu nových technologií lze očekávat rozvoj tohoto odvětví rybářství i v ČR, a to i přesto, že hlavní čeští producenti ryb jsou k těmto technologiím dlouhodobě skeptičtí. Díky dotačním programům Evropské unie se navíc podnikům naskytuje příležitost výrazně snížit náklady na vybudování nových intenzivních rybochovných zařízení. V dnešní době již v ČR existují intenzivní RAS a další objekty (zejména pro chov lososovitých ryb) budou realizovány v brzké budoucnosti. Tento očekávaný rozvoj s sebou ovšem nese i jeden velmi důležitý prvek, který nelze při budování nových odchovných kapacit opominout – dostatek kvalitních násadových ryb prostých nemocí a parazitů.

Obecně se dá říci, že pro pstruhařské líhně je v ČR ještě méně přirozených vhodných zdrojů vody než pro chov tržních ryb. Důvodem je potřeba zdroje vody, který bude spl-

¹ Mezi býložravé ryby jsou v rámci hodnocení produkce rybníčního hospodářství v ČR zařazováni amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*), tolstolobik bílý (*Hypophthalmichthys molitrix*) a tolstolobec pestrý (*Aristichthys nobilis*).

ňovat vysoké nároky na kvalitu vody u raných stádií lososovitých ryb a zároveň bude v průběhu roku teplotně ustálený a dostatečně vydatný i v suchých obdobích roku (Pokorný, 1998; Příhoda, 2006). Současně musí být dodržena striktní zoohygiena. Nejvhodnějším řešením je úplná izolace od povrchových vod, a tím i zabezpečení vstupu patogenů do odchovu. Toho lze dosáhnout použitím recirkulační technologie i pro inkubaci jiker a odchov násad s použitím podpovrchové nebo podzemní vody.

1.2. DŮVODY POUŽITÍ TECHNOLOGIE RECIRKULACE VODY U PSTRUHOVÝCH LÍHNÍ V ČR

V případě rozvoje intenzivních RAS pro chov lososovitých ryb, což je v současné době jediná možnost rozvoje tohoto sektoru rybářství, je nutné zabezpečit dostatečné zásobování násadovou rybou v průběhu celého roku. Tato násadová ryba však musí splňovat přísná veterinární a zoohygienická kritéria, neboť nežádoucí kontaminace intenzivního RAS může mít fatální důsledky. Pokud posoudíme podmínky v ČR, dojdeme k závěru, že tradiční chovatelské technologie nejsou příliš vhodné (nedostatek kvalitních zdrojů vody, kontakt s povrchovou vodou, limitace lokálními a sezónními podmínkami prostředí). Z tohoto důvodu je nutné ověřovat a do výroby zavádět vhodné technologie, které vedou k trvale udržitelnému rozvoji tohoto odvětví. RAS tyto hlediska splňují.

2. CÍL

Cílem této technologie je zhodnotit a aplikovat získané vědecké poznatky v souvislosti s inovačními postupy v akvakultuře a obecně i konkrétně ověřit technologický postup inkubace jiker, rozkrmu a odchovu odkrmeného plůdku lososovitých ryb v líhni využívající technologii recirkulace vody. Dílčími cíli ověření technologie jsou popis detailní informace o možnostech použití technologie recirkulace vody v líhních pro lososovité ryby a o efektivitě konkrétních technologických postupů, stejně jako doporučení preventivních provozních zásahů a zjištění minimální dostatečné spotřeby vody pro podobný provoz. Navíc by se tato technologie měla stát návodem pro vyrovnanou kontinuální produkci kvalitního násadového materiálu bez omezení přírodními zdroji vody (inkubaci i odchov lze realizovat pouze na vodovodní, studniční nebo podzemní vodě), což zároveň zamezuje ročnímu kolísání kvality vody a proniknutí patogenů z povrchových vod do odchovu. Konečným cílem níže rozpracované technologie je tak získání dostatečného množství kvalitní, nemocí a parazitů prosté násady lososovitých ryb pro budoucí rozvoj akvakulturních technologií v ČR. Pro ČR, kde je nedostatek vhodných zdrojů kvalitní vody pro rozvoj klasických líhní, je to technologie, kterou je

možno vymanit se z limitace vodními zdroji. Technologie tematicky navazuje na ověřenou technologii „Technologie chovu ryb v recirkulačním systému dánského typu v podmínkách ČR“ vydanou v roce 2012.

3. MÍSTO, KDE SE TECHNOLOGIE OVĚŘOVALA

Předložená publikace popisuje technologický postup, který byl ověřován v rybářské praxi v průběhu let 2009–2012. Tento technologický postup byl sledován a ověřován na objektu firmy Josef Bláhovec Pstruhařství Mlýny, jež vlastní první recirkulační systém dánského typu v ČR a zároveň malou recirkulační líheň pro lososovité ryby. V polo-provozních a provozních podmínkách zde byly sledovány základní ukazatele funkčnosti technologie včetně charakterizace chemicko-fyzikálních parametrů vody v průběhu inkubace jiker, rozkrmu a dalšího odchovu plůdku lososovitých ryb, sledování dostatečnosti filtrace a biofiltrace, stanovení efektivity čištění odchovného systému, zhodnocení růstu a kondice ryb, zhodnocení dostatečného množství čerstvé přítokové vody, hledání vhodného managementu pro stabilizaci podmínek v systému a evaluace dané technologie z ekonomického hlediska.

4. POPIS TECHNOLOGIE A VÝSLEDKY

Byla ověřována technologie inkubace jiker, rozkrmu a odchovu lososovitých ryb v líhni využívající technologii recirkulace vody s minimální spotřebou doplňované čerstvé vody. Tato technologie má být cestou k získání dostatečného množství kvalitních násad pro nově vznikající RAS pro lososovité ryby s garancí bezpečného původu z hlediska výskytu nemocí a parazitů lososovitých ryb.

Systemy tohoto typu využívají sedimentaci nerozpuštěných látek a nitrifikaci amoniaku na biologickém filtru s doplňováním pouze dodatkové vodovodní vody k eliminaci ztrát výparem a odkalováním (Leitritz a Conklin Lewis, 1980; D'Orbcastel a kol., 2009). Vlastní podstata ověřované technologie tkví zejména v opakovaném mnohonásobném využití vody (až cca stonásobném), umožňujícím dosažení vysoké produkce při použití minimálního přítoku čerstvé vody do systému (Rasmussen a kol., 2007; Kouřil a kol., 2008a,b). Technologie recirkulační líhne se používá nejen pro lososovité ryby (Leitritz, 1962; Leitritz a Conklin Lewis, 1980; Jokumsen a Svendsen, 2010), ale i pro jiné druhy – např. tilapie (Head a Watanabe, 1995; Brown, 2011), včetně brakických a mořských ryb (Valenti a Daniels, 2000; Brown, 2011), technologie je použitelná i pro korýše (Valenti a Daniels, 2000).

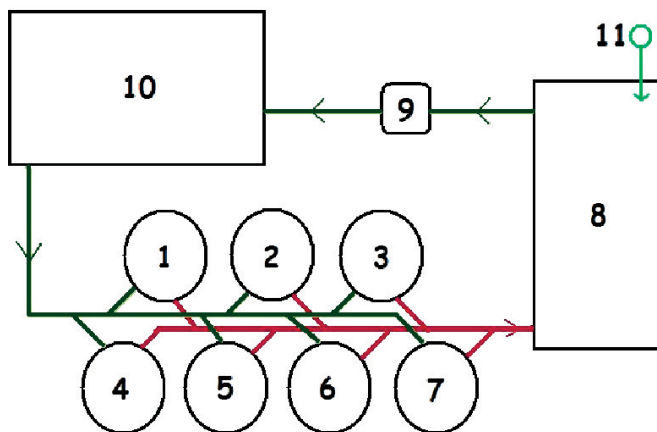
4.1. ZÁKLADNÍ TECHNOLOGICKÉ PARAMETRY SYSTÉMU

Ověřovaný systém byl sestaven tak, aby byl co nejjednodušší a poskytoval tak velice snadnou obsluhu, vysokou intenzitu a efektivitu na velmi malém prostoru, s nízkou spotřebou přítokové vody a s relativně malou pravděpodobností provozní poruchovosti.

Systém recirkulační líhně se skládal ze dvou základních jednotek. Z části pro inkubaci jiker a počáteční rozkrm a z části pro další odchov do velikosti 1,5–2 g. Jednotka pro inkubaci a rozkrm hospodařila s celkovým objemem vody 3,8 m³ a skládala se z 12 líhňářských aparátů typu Rückel-Vacek, osmi rozkrmovacích žlabů a dvou zásobních nádrží. Pohyb vody v systému byl zajištěn pomocí čerpadla. Jednotka pro další odchov plůdku se skládala ze sedmi odchovných kruhových nádrží o objemu 0,7 m³, nádrže pro sedimentaci a biofiltraci a zásobní nádrže. Celkový objem jednotky pro další odchov byl přibližně 10,6 m³. Pohyb vody v systému byl zajištěn pomocí čerpadla. Schematický náčrt systému je na obr. 1.

Přítok čerstvé vody do systému byl zajištěn vodou z vrtané studny. Přítoková voda měla stabilní teplotu v průběhu roku na úrovni 8–9 °C. Přítok čerstvé vody do systému byl upraven tak, aby kontinuálně doplňoval ztráty vody po odkalení a čištění nádrží i ztráty vody výparem. Celková potřeba vody pro oba systémy nepřekračovala 0,05 l.sec⁻¹.

V průběhu ověřování technologie nebylo na systémech použito jiných intenzifikačních technologií (aerace, oxygenace, dezinfekce pomocí UV lamp či ozonu).



Obr. 1. Schematický náčrt recirkulačního systému pro odchov násad lososovitých ryb: 1–7 – odchovné nádrže, 8 – nádrž pro sedimentaci a biofiltraci, 9 – čerpadlo, 10 – zásobní nádrž, 11 – přítok čerstvé vody. Tmavě zeleně je vyznačeno přítokové potrubí, fialově odpadní potrubí.

4.2. FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ PARAMETRY VODY – SLEDOVÁNÍ A UDRŽOVÁNÍ

V průběhu testování technologie byly pravidelně odebírány vzorky vody pro detailní analytický rozbor a byly analyzovány v certifikované Chemické a mikrobiologické laboratoři (Bioanalytika.cz, zkušební laboratoř č. 1012, Píšťovy 820, 53701 Chrudim). Průběžně byly sledovány tyto parametry vody: amonné ionty (NH_4^+), dusitany (NO_2^-), dusičnany (NO_3^-), biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní (BSK_5), chemická spotřeba kyslíku stanovená manganometricky (CHSK_{Mn}), fosfor celkový (P), fosforečnany (PO_4^{3-}), obsah nerozpuštěných látek (NL), pH, kyselinová neutralizační kapacita ($\text{KNK}_{4,5}$) a tvrdost vody. Navíc byl v průběhu ověřování sledován obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě (s přesností 0,1 mg $\text{O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$) pomocí oximetru HI9142 (Hanna Instruments Czech s.r.o.), pH (s přesností na 0,1) pomocí pH metru pHep® HI98107 (Hanna Instruments Czech s.r.o.) a teplota s přesností na 0,1 °C.

4.2.1. Kyslík, oxid uhličitý

Nejdůležitějšími plyny rozpuštěnými ve vodě recirkulačního systému tohoto typu jsou bezesporu kyslík, při intenzivním odchovu intenzivně spotřebovávaný rybami, a oxid uhličitý, který je mj. rybami při dýchání vylučovaný.

Testovaný systém neměl speciální zařízení pro dodatečnou aeraci nebo oxygenaci a ani to nebylo nutné. V průběhu odchovu neklesal obsah kyslíku ve vodě pod hranici 75% nasycení na odtoku z odchovného prostoru, a to ani ve finální fázi odchovu, kdy byla v systému maximální biomasa (> 200 kg). Obsah kyslíku ve vodě v průběhu ověřování technologie tak lze označit za optimální.

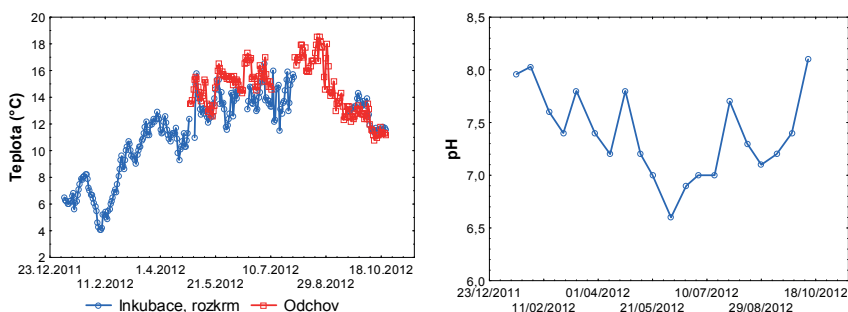
Obsah oxidu uhličitého v systému intenzivně narůstá ve fázích chovu s intenzitou krmení. Zdrojem CO_2 je kromě dýchání ryb rovněž rozklad organického materiálu heterotrofními bakteriemi a proces nitrifikace. Oxid uhličitý se ve vodě rozpouští za vzniku kyseliny uhličitě (H_2CO_3) a při nadměrném výskytu může způsobit okyselování vody v systému. To může mít zásadní vliv na funkci biofiltru i zdravotní stav obsádek (Good a kol., 2010).

4.2.2. Teplota vody a pH

Teplota vody je parametrem určujícím intenzitu krmení ryb, spotřebu kyslíku, intenzitu metabolismu ryb, intenzitu a efektivitu nitrifikace, ovlivňující krmný koeficient, rychlost vývoje jiker a plůdku atd. Z výše uvedeného vyplývá, že teplota vody by se pro perfektní funkci systému měla pohybovat v rozsahu optimálních teplot pro lososovitě

ryby. Důležitým faktorem je i stabilita teploty bez prudkých výkyvů. Na systému, kde se technologie ověřovala, se teplota vody v průběhu roku pohybovala od 4 °C (zimní minimum) do 18 °C (letní maximum). Příklad průběhu teploty vody během kalendářního roku uvádí obr. 2.

pH je parametrem, který může určovat úspěšnost odchovu jako celku, stejně tak jako jednotlivé jeho části, zejména pak zdravotní stav ryb a účinnost nitrifikace. Obecně je optimální udržovat pH okolo hodnoty 7, což je optimum pro ryby i pro bakterie biofiltru (7,2). V průběhu testování se pH vody v systému pohybovalo v rozmezí optimálních hodnot pro odchov lososovitých ryb, se střední hodnotou okolo 7,2 (tab. 1). V případě prvního nárůstu kolísání pH (okyselení nadbytkem CO_2 , potažmo H_2CO_3) je vhodné používat pro meliorační účely dolomitický vápenec (Buřič a Kouřil, 2012) nebo hydrogenuhličitan sodný (Loyless a Malone, 1997). Zvýšení pH nad hodnotu 8 ovlivňuje množství volného toxického amoniaku, k tomu ale zpravidla v podmínkách chovu v RAS díky nadbytku CO_2 nedochází. Příklad průběhu pH vody během kalendářního roku uvádí obr. 2.



Obr. 2. Příklad průběhu hodnot teploty vody (vlevo) a pH (vpravo) během roku při ověřování technologie.

4.2.3. Dusíkaté látky

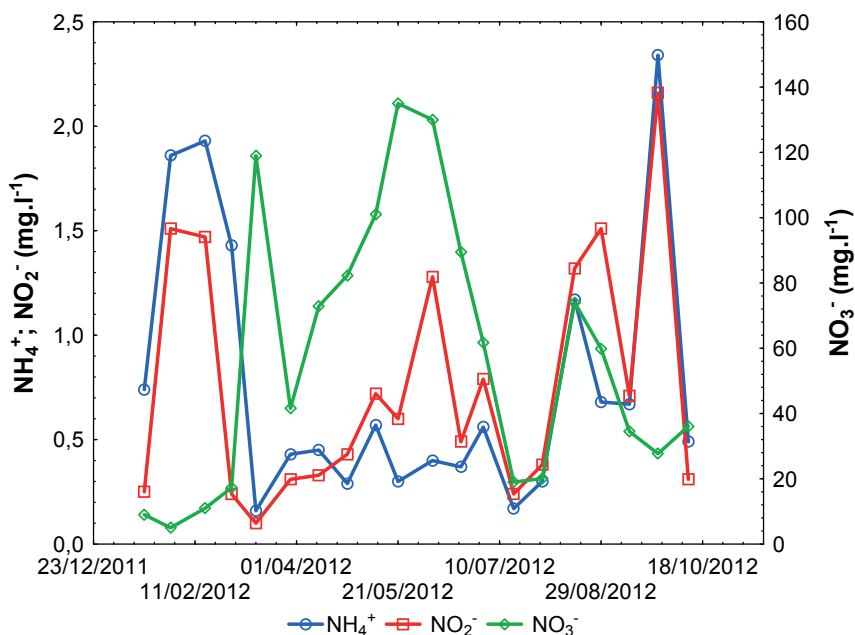
Dusík se ve vodách vyskytuje v několika různých formách a jejich přeměny jsou důležitým ukazatelem fungování recirkulačních systémů (Jokumsen a Svendsen, 2010). Amoniak je produktem metabolismu ryb, který se ve vodě vyskytuje ve dvou formách, jako toxický volný amoniak (NH_3) a amonné ionty (NH_4^+). Jejich poměr je závislý na pH vody, kdy se stoupajícím pH stoupá podíl volného NH_3 . V případě zvýšení pH nad 8 a vysoké intenzity odchovu se již může hodnota volného amoniaku blížít letálním koncentracím pro lososovité ryby (0,025 mg.l^{-1} ; Příhoda, 2006). Tyto okolnosti ale v průběhu ověřování technologie recirkulační líhně nenastaly. Průměrné hodnoty obsahu amonických iontů v průběhu ověřování technologie jsou uvedeny v tab. 1.

Amonné ionty (NH_4^+) jsou procesem nitrifikace za účasti autotrofních nitrifikačních bakterií odbourávány na netoxické dusičnany (NO_3^-). Tento proces z naprosté většiny probíhá na biofiltračním médiu, které poskytuje dostatečnou plochu mikroorganismům pro jejich růst a aktivitu. Nitrifikace je striktně aerobní proces a jeho efektivitu a intenzitu ovlivňuje kromě obsahu kyslíku rovněž teplota vody a pH (Jokumsen a Svendsen, 2010). V případě nepříznivých podmínek pro nitrifikaci (nízká teplota vody, nízké pH, nedostatek kyslíku) hrozí nahromadění amonných iontů a toxických dusitanů (NO_2^-) v systému. Dusitany jsou produktem první fáze nitrifikace (nitritace) a jejich nahromadění může mít fatální důsledky pro obsádky. Pro snížení účinku toxických dusitanů na ryby byl, zejména v kritických obdobích roku (období nízkých teplot a vysoké hustoty obsádky), preventivně aplikován chlorid sodný, neboť přítomnost chloridových iontů výrazně snižuje toxicitu dusitanů.

V průběhu ověřování technologie nebyl zaznamenán úhyn obsádek vyvolaný toxickým působením amoniaku ani dusitanů. Záznam průběhu základních forem dusíku v recirkulační líně je uveden na obr. 3.

4.2.4. Organické zatížení – BSK_5 , CHSK_{Mn}

Organické znečištění vody je výrazně ovlivňováno intenzitou odchovu (množství aplikovaného krmiva, velikost obsádky, teplota vody, růst mikrobiálního filmu nejen na biofiltru). Pro potřeby monitoringu organického zatížení se využívá stanovení biochemické spotřeby kyslíku (BSK_5 – udává míru zatížení prostředí organickými látkami odbouratelnými biologickou oxidací) a chemické spotřeby kyslíku (CHSK_{Mn} – udává míru zatížení prostředí všemi organickými látkami odbouratelnými oxidací). Vodu recirkulační líně je z hlediska organického znečištění možné zařadit do kategorie oligosaprobních až betamezosaprobních vod (Lellák a Kubíček, 1991). Průměrné hodnoty BSK_5 a CHSK_{Mn} zjištěné v průběhu ověřování technologie uvádí tab. 1. Poměr průměrných sledovaných hodnot BSK_5 a CHSK_{Mn} se pohyboval na úrovni $> 0,5$, ve vodě obohašené organické látky tedy jsou dobře biologicky rozložitelné (Pitter, 1999). Příklad průběhu hodnot v průběhu roku udává obr. 4.

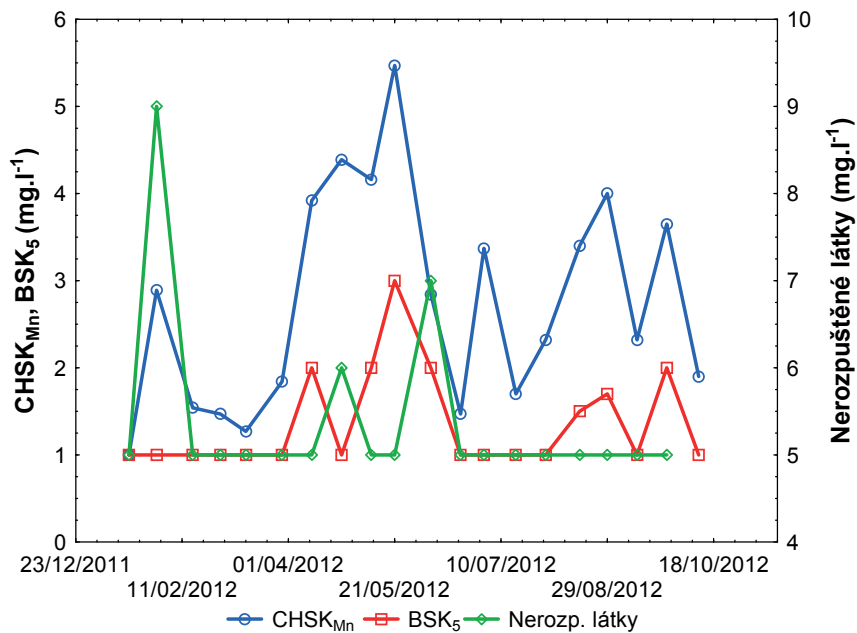


Obr. 3. Příklad průběhu obsahu amonných iontů (NH_4^+), dusitanů (NO_2^-) a dusičnanů (NO_3^-) během ověřování technologie. Na grafu je patrný vysoký obsah amonných iontů a dusitanů v lednu a únoru, vyvolaný teplotami pod 5°C (nízká intenzita nitrifikace) a poměrně vysokou organickou zátěží systému.

4.2.5. Ostatní

K ostatním parametrům vody, které mohou ovlivňovat úspěšnost chovu, můžeme zahrnout obsah nerozpuštěných látek nebo kyselinovou neutralizační kapacitu ($\text{KNK}_{4,5}$). Vzhledem k tomu byly i tyto parametry v recirkulované vodě sledovány a jsou uvedeny v tab. 1. Vysoké množství nerozpuštěných látek může být způsobeno nedokonalým odkalením a čištěním systému. Takové prostředí potom může působit dráždivě zejména na žaberní aparát ryb, což v konečné fázi může vést až k nežádoucímu bakteriálnímu zatížení a následným bakteriózám nebo k zaplísnění žaber (Bebaka a kol., 1997; Příhoda, 2006). Jak je zmíněno výše, v průběhu ověřování technologie byla rovněž sledována $\text{KNK}_{4,5}$ spolu s tvrdostí vody (obecně charakterizovaná jako koncentrace vápníku a hořčíku). Optimální hodnoty $\text{KNK}_{4,5}$ se pohybují v rozmezí 1–2 mmol.l⁻¹. Důležitost tohoto údaje spočívá v tom, že udává schopnost vody neutralizovat kyseliny. To je z důvodu trvalého okyselování prostředí RAS nadprodukcí CO_2 (H_2CO_3) důležitá vlastnost. V případě nízkých hodnot $\text{KNK}_{4,5}$ hrozí kolísání pH a možný negativní vliv

na obsádky a průběh nitrifikace. Pufrční schopnosti vody ke kyselinám lze zvýšit aplikací mikromletého vápence, popř. jedlé sody.



Obr. 4. Příklad průběhu hodnot biochemické spotřeby kyslíku (BSK₅), chemické spotřeby kyslíku (CHSK_{Mn}) a obsahu nerozpuštěných látek během ověřování technologie.

Tab. 1. Sumární tabulka hodnot z analytických rozborů vody získaných za dobu ověřování technologie. Střední hodnoty jsou vyjádřeny pomocí průměru a mediánu, míra variability potom pomocí směrodatné odchylky a horních a dolních kvartilů.

| Sledovaný parametr | Průměr | Sm. odch. | Medián | Dolní kvartil | Horní kvartil |
|--|--------|-----------|--------|---------------|---------------|
| pH | 7,27 | 0,39 | 7,25 | 7,02 | 7,68 |
| amonné ionty (mg.l ⁻¹) | 0,68 | 0,59 | 0,48 | 0,29 | 0,90 |
| dusitany (mg.l ⁻¹) | 0,64 | 0,47 | 0,45 | 0,27 | 1,04 |
| dusičnany (mg.l ⁻¹) | 58,75 | 39,54 | 48,99 | 20,13 | 86,10 |
| BSK ₅ (mg.l ⁻¹) | 1,38 | 0,49 | 1,00 | 1,00 | 1,81 |
| CHSK _{Mn} (mg.l ⁻¹) | 2,68 | 1,14 | 2,39 | 1,58 | 3,34 |
| nerozpuštěné látky (mg.l ⁻¹) | 5,16 | 1,22 | < 5 | < 5 | < 5 |
| chloridy (mg.l ⁻¹) | 92,13 | 36,55 | 88,22 | 38,18 | 119,87 |
| celkový fosfor (mg.l ⁻¹) | 1,08 | 0,87 | 0,70 | 0,41 | 1,24 |
| fosforečnany (mg.l ⁻¹) | 2,72 | 1,97 | 1,95 | 1,02 | 3,36 |
| KNK _{4,5} (mmol.l ⁻¹) | 1,64 | 0,31 | 1,68 | 1,45 | 1,92 |
| tvrdost (mmol.l ⁻¹) | 1,49 | 0,41 | 1,40 | 1,18 | 1,68 |

4.3. NASAZENÍ A INKUBACE JIKER

4.3.1. Transport a nasazení

Pro účel ověření technologie byly využity jikry v očních bodech (obr. 5) dovezené z ověřených chovů statutu EU-Zone 1, tzn. prosté infekčních nemocí: virové hemoragické septikémie (VHS), infekční nekrózy hematopoetických tkání (IHN), infekční nekrózy pankreatu (IPN) a bakteriálního onemocnění ledvin (BKD), případně i dalších dle certifikace jednotlivých farem (líhní). Pro účely ověření technologie byly použity jikry pstruha duhového (celosamičí populace), sivena amerického a hybrida sivena arktického a sivena amerického. Použití jiker ze skutečně ověřených chovů je nutné pro úspěšný odchov násad i tržních ryb. V současné době je možné obdržet jikry pstruha duhového 12 měsíců v roce, a to vždy ve velmi dobré kvalitě – nejen nemocí prosté, ale i se zaručením úspěšnosti kulení, minima vývojových vad plůdku a zároveň kvalitních růstových parametrů. Bohužel takové služby nejsou v rámci ČR zdaleka dostupné.

Jikry jsou do ČR dopravovány letecky v polystyrenových boxech opatřených vložkami pro jikry a chladicí a zvlhčující médium-prokapávající led. Takto dopravené jikry byly po příjezdu do líhně nejprve ponechány ještě několik minut ve vložkách, aby se přizpůsobily okolní teplotě, zkontroloval se jejich stav a případné poškození a poté byly nasazeny na Rückel-Vackovy líhňarské aparáty nastavené na spodní tok.



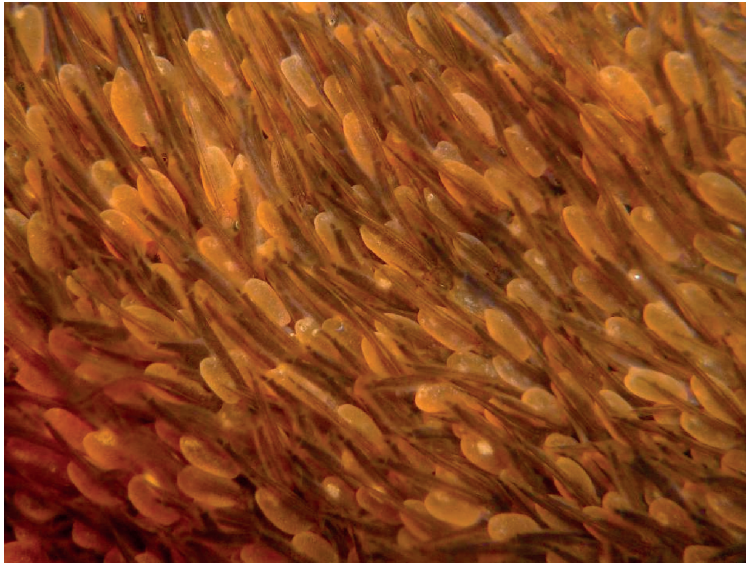
Obr. 5. Jikry v očních bodech (pstruh duhový) připravené k nasazení na inkubační aparát. Foto: M. Buřič.

4.3.2. Inkubace a líhnutí

Jikry inkubované na Rückel-Vackových aparátech byly denně kontrolovány. Uhybnulé kusy byly denně odstraňovány, předešlo se tak jejich případnému zaplísnění a přerůstání plísní na zdravé jikry. Růst a rozvoj plísní je v recirkulační líhni velice rychlý, proto musí být odstraňování uhybnulých či poškozených jiker věnována dostatečná pozornost.

V průběhu kulení byly 1–3x denně odstraňovány jikerné obaly. V této době je patrné poměrně intenzivní pění vody v důsledku kumulace enzymů a bílkovin, nahromaděných při narušování jikerných obalů před a během líhnutí. Během líhnutí je vhodné přesunout aparát na „krouživý tok“ – jikerné slupky se pak soustředí do středu aparátu, čímž se usnadňuje jejich odstraňování.

Váčkový plůdek (obr. 6.) se v inkubačních aparátech ponechává do doby resorpce jedné poloviny až dvou třetin žloutkového váčku. V tomto období se plůdek volně pohyboval při dně aparátu a aktivně reagoval na podněty. Následně bylo přistoupeno k přesazení plůdku na žlaby k rozplavání a k rozkrmu.



Obr. 6. Váčekový plůdek hybrida sivena arktického a sivena amerického v Rückel-Vackově aparátu. Foto: M. Buřič.

4.4. ROZKRM A ODCHOV PLŮDKU

Po přesazení z inkubačních aparátů byla obsádka žlabů denně kontrolována a byli odsáváni uhynulí jedinci a kusy s patrnými tělesnými malformacemi. V období naplnění plynového měchýře a rozplavání plůdku bylo přistoupeno k intenzivnímu rozkrmu. Nadbytek krmiva a exkrementy byly v tomto období odstraňovány 2x denně. Na žlabech byl rozkrmený plůdek držen do velikosti 0,4–0,5 g. Takto velké ryby byly přemístěny k dalšímu odchovu na kruhové nádrže. Fáze rozplavání a rozkrmu plůdku na žlabech zabírá podstatnou část odchovu a její délka se může pohybovat od 1/3 až do 1/2 celkové doby odchovu do finální velikosti 2 gramů (tab. 2).

Přesazení rozkrmeného plůdku na kruhové nádrže bylo počátkem intenzivního odchovu. Ryby intenzivně vyhledávaly a přijímaly krmivo. Na rozdíl od inkubačních aparátů a žlabů se kruhové nádrže nemusely denně odkalovat, kontrolovala se pouze denní mortalita a týdenní přírůstky. Jedná se o nejdelší fázi z celkové doby odchovu (tab. 2).

Pokud bychom měli hodnotit jednotlivé fáze odchovu z hlediska zjištěných ztrát, můžeme počítat s největším objemem ztrát v období rozkrmu, kdy se projevuje vliv případných vývojových vad, efekt neúspěšného naplnění plynového měchýře, kanibalismu atd. Naopak minimálních ztrát bylo opakovaně dosahováno při odchovu na kru-

hových nádržích. Nejlepší výsledky byly pozorovány u obsádek pstruha duhového, siven americký a hybrid sivena arktického a sivena amerického vykazovali vyšší ztráty zejména v období rozkrmu plůdku na žlabech. Podrobné informace o ztrátách v průběhu odchovu jednotlivých druhů jsou uvedeny v tab. 3.

Tab. 2. Doba trvání jednotlivých fází odchovu násad v líhni s využitím recirkulace vody v průběhu jejího ověřování pro jednotlivé druhy ryb: pstruha duhového, sivena amerického a hybrida sivena arktického a sivena amerického. Tabulka udává počet dní jednotlivých fází, jejich podíl na celkové době odchovu násad do hmotnosti dvou gramů a počet realizovaných odchovů pro daný druh (n).

| Fáze odchovu | Pstruh duhový | | | Siven americký | | | Hybrid sivenů | | |
|-----------------------|---------------|------|---|----------------|------|---|---------------|------|---|
| | dní | % | n | dní | % | n | dní | % | n |
| Inkubace na aparátech | 16 | 18,3 | 5 | 33 | 20,1 | 2 | 37 | 23,1 | 1 |
| Rozkrm na žlabech | 33 | 38,5 | 5 | 52 | 34,9 | 2 | 77 | 48,1 | 1 |
| Odchov do 2 g | 37 | 43,2 | 5 | 64 | 43,0 | 2 | 46 | 28,8 | 1 |
| Celkem | 86 | 100 | 5 | 149 | 100 | 2 | 160 | 100 | 1 |

Tab. 3. Shrnutí ztrát v průběhu odchovu v závislosti na fázi odchovu a pro jednotlivé druhy ryb použité v průběhu ověřování technologie, pstruha duhového (Pd), sivena amerického (Si) a hybrida sivena arktického a sivena amerického (Si_{hyb}). Tabulka udává počet realizovaných odchovů pro daný druh (n) a ztráty v jednotlivých fázích odchovu až do dosažení hmotnosti 2 gramů. Data jsou prezentována jako průměr \pm směrodatná odchylka.

| Fáze odchovu | Ztráty v průběhu odchovu (%) | | |
|----------------|------------------------------|----------------|--------------------|
| | Pd (n = 5) | Si (n = 2) | Si_{hyb} (n = 1) |
| Inkubace jiker | 7,1 \pm 2,8 | 6,8 \pm 3,2 | 3,2 |
| Rozkrm | 7,9 \pm 1,7 | 12,8 \pm 3,8 | 36,4* |
| Další odchov | 1,2 \pm 0,6 | 2,9 \pm 0,9 | 3,1 |
| Celkem | 16,3 \pm 3,6 | 22,4 \pm 3,5 | 42,7 |

*Na ztrátách se významným způsobem podílel rozrůst obsádek a následný kanibalismus.

4.4.1. Krmení

Krmivo bylo předkládáno ve všech fázích odchovu v průběhu krmného dne ručně v intervalech 1 (rozkrm plůdku) – 3 hodiny (odchov na kruhových nádržích). Krmné dávky byly vždy regulovány podle aktuální biomasy v nádrži, teploty vody a obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě. Stejně tak bylo přihlíženo k potravnímu chování ryb.

V průběhu rozkrmu bylo krmivo podáváno *in excess* (konkrétně 10–15 % biomasy obsádky) pro co nejintenzivnější stimulaci potravního chování u plůdku. Později byla krmná dávka (KD) snižována na 6–8 % hmotnosti obsádky. V prvních fázích rozkrmu bylo používáno krmivo Inicio Plus (Biomar A/S, Dánsko) o zrnitosti 0,4 mm a postupně se přecházelo na hrubší granule (0,5 mm). V dalším odchovu se v závislosti na teplotě vody a druhu ryby krmivo aplikovalo v množství 2–6 % hmotnosti obsádky, přičemž

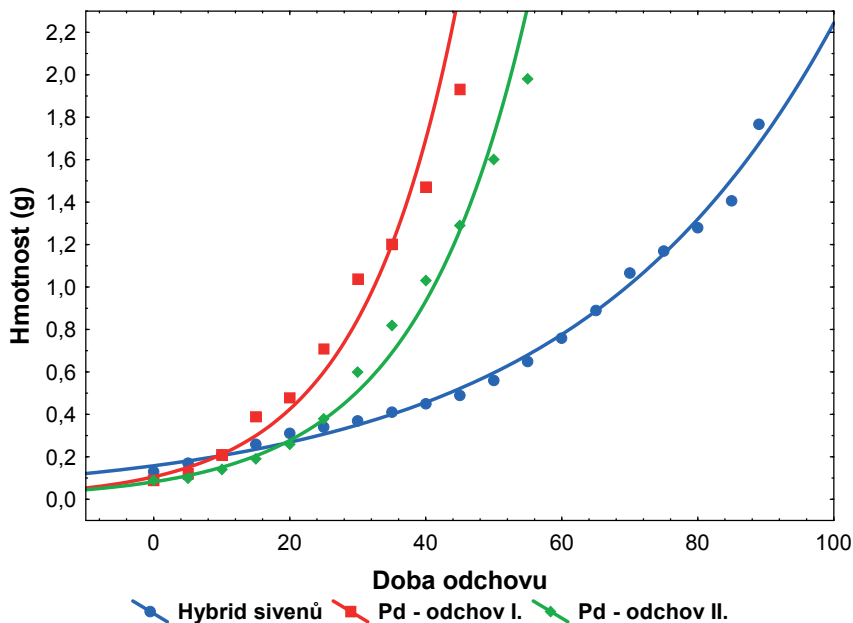
pokles teploty znamenal i snížení KD. V průběhu odchovu na kruhových nádržích bylo používáno krmivo Inicio Plus o zrnitosti 0,8; 1,1 a 1,5 mm. V průběhu ověřování technologie byl patrný rozdíl v intenzitě příjmu potravy mezi pstruhem duhovým a siveny. U pstruha duhového se KD po celou dobu odchovu (kromě rozkrmu) pohybovala na hranici 5–6 % biomasy. U sivena a hybrida sivenů byla situace jiná. Siven totiž projevoval nezáměr o další přidávané krmivo, které následně nevyužité kleslo na dno. Proto se u sivena a hybrida sivenů KD postupně snižovala s rostoucí velikostí ryb až na hranici okolo 3 % aktuální biomasy ryb v systému. Pstruh duhový byl tak schopen během stejného časového úseku přijmout významně větší množství krmiva, což vedlo k jeho rychlejšímu růstu.

V případě vynechání nebo snížení krmné dávky z důvodu kontrolního přelovení ob- sádek bylo patrné agresivní chování jedinců se sklony ke kanibalismu. Z tohoto důvodu je třeba sledovat chování obsádek a stanovovat dostatečnou KD, aby nedocházelo ke zbytečným ztrátám buď přímo kanibalismem, nebo druhotným zaplísněním po poškození ploutví (Abbott a Dill, 1985).

4.4.2. Růst

Pro všechny obsádky sledované v průběhu ověřování technologie byla pravidelně (zpravidla 1x za 2 týdny) prováděna kontrolní přelovení. Z obsádky každé nádrže byl odloven zástupný vzorek obsádky (35 ks) a byla zjištěna individuální hmotnost ryb. Výsledky přelovení sloužily pro stanovení aktuální kusové hmotnosti ryb a dopočtu skutečné aktuální biomasy. Dle zjištěných dat byla případně korigována krmná dávka.

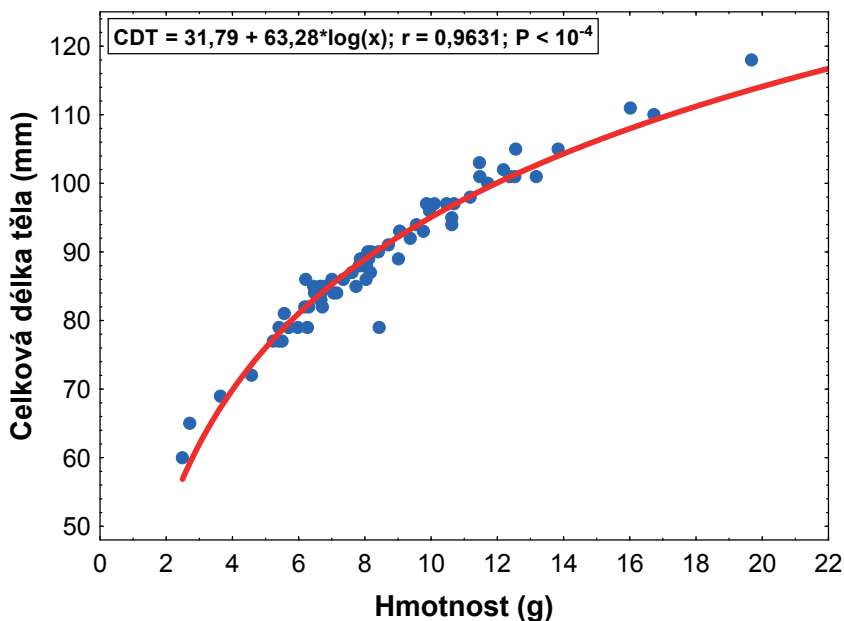
Růst všech sledovaných obsádek byl uspokojivý a u obsádek pstruha duhového dokonce velmi dobrý a rychlý. Obsádky sivena a hybrida sivenů v růstu poněkud zaostávaly. Srovnání růstu hybrida sivenů a dvou obsádek pstruha duhového uvádí obr. 7. Částečně Pro ověření technologie byla stanovena jako finální výsledek násada o hmotnosti 2 gramů, což je velikost vhodná pro přesazení k dalšímu odchovu v RAS dánského typu nebo jiných zařízení. Celková délka ryb v této hmotnosti se pohybovala v rozmezí 5,5–6,5 cm. U sledované obsádky pstruha duhového byla stanovena funkce pro výpočet celkové délky ryb v závislosti na jejich hmotnosti (obr. 8).



Obr. 7. Srovnání tří různých odchovů v průběhu ověřování technologie. Růst obsádek Si_{hyb} a celosamičí populace 1Pd (odchov I. a II.) v období od začátku exogenní výživy po konec odchovu (dosažení hmotnosti 2 g).

Celková doba od nasazení jiker po dosažení finální hmotnosti 2 gramů se u pstruha duhového pohybovala od 70 do 112 dnů. U obsádek sivenů byla doba růstu do velikosti 2 gramů delší, v rozmezí 135–160 dní. Podrobnější informace udává tab. 4. Tento rozdíl byl částečně způsoben nižší teplotou vody při odchovu sivenů i menší ochotou přijímat krmivo. Pro porovnání obsádek hybrida sivena arktického a sivena amerického se pstruhem duhovým (obr. 8) proto byla ještě pro období od počátku exogenní výživy do konce odchovu použita analýza kovariance a jako spojité nezávislé proměnné zde figurovaly délka odchovu ve dnech a teplota vody ve stupních Celsia. Dle výsledků analýzy kovariance byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými odchovy ($F = 5,04$; $P = 0,0117$). Konkrétně obsádka hybrida sivena arktického a sivena amerického by při teoretické stejné teplotě vody (14,16 °C) a stejné době odchovu (34,4 dne) signifikantně zaostávala v růstu za obsádkami pstruha duhového. Vzhledem k statisticky nevýznamným rozdílům koeficientu konverze krmiva (viz níže) je tento rozdíl dán odlišným potravním chováním. Obsádky pstruha duhového byly „žravější“ a byly schopné v průběhu celého odchovu přijímat krmnou dávku na hladině > 5 % biomasy obsádky. U obsádky hybrida sivena amerického a sivena arktického (obr. 9) se ma-

ximální hodnoty krmné dávky pohybovaly na úrovni 4% biomasy, ale pouze v první polovině odchovu.



Obr. 8. Závislost celkové délky těla (CDT) na hmotnosti u pstruha duhového nejlépe vyjadřuje logaritmická funkce.

4.3.3. Koefficient konverze krmiva

Velmi důležitým parametrem v chovu ryb, který do značné míry určuje i jeho rentabilitu, je koeficient konverze krmiva neboli krmný koeficient (*feed conversion ratio* – FCR). FCR udává množství krmiva potřebného na 1 kg přírůstku, tzn. schopnost ryb využívat předkládané krmivo pro růst, a je možné ho vypočítat podle vzorce:

$$FCR = w_k / w_p$$

kde w_k = hmotnost spotřebovaného krmiva (kg) a w_p = dosažený hmotnostní přírůstek (kg) (Report of the EIFAC/IUNS and ICES working group on standardization of methodology in fish nutrition research, 1980).

U všech testovaných obsádek bylo dosaženo vynikajícího FCR, kdy nejnižších hodnot dosahovaly obsádky pstruha duhového. Nicméně v porovnání hodnot dosažených u odchovu pstruha duhového a sivenů nebyly zjištěné rozdíly statisticky významné

($P > 0,05$). Krmný koeficient byl vždy nejnižší na začátku odchovu a se zvyšující se kusovou hmotností se zvyšoval. Dosažené hodnoty pro sledované druhy v průběhu ověřování technologie uvádí tab. 4, z hodnot je patrná vysoká efektivita odchovu.

Tab. 4. Shrnutí jednotlivých nejdůležitějších parametrů odchovu získaných v odchovech pro jednotlivé druhy ryb v průběhu ověřování technologie, pstruha duhového, sivena amerického a hybrida sivena arktického a sivena amerického. Tabulka udává počet realizovaných odchovů pro daný druh (n), počet dní odchovu do dosažení hmotnosti 2 gramů, průměrnou teplotu vody v průběhu odchovů, koeficient konverze krmiva (FCR) a ztráty v období od nasazení jiker na aparáty do dosažení hmotnosti 2 gramů. Data jsou prezentována jako průměr \pm směrodatná odchylka.

| Obsádka | n | Dny odchovu | Teplota (°C) | FCR | Ztráty (%) |
|----------------|---|------------------|----------------|-----------------|----------------|
| Pstruh duhový | 5 | 86,0 \pm 18,5 | 13,0 \pm 1,9 | 0,55 \pm 0,11 | 16,3 \pm 3,6 |
| Siven americký | 2 | 148,5 \pm 15,5 | 11,1 \pm 2,4 | 0,68 \pm 0,15 | 22,4 \pm 3,5 |
| Hybrid sivenů | 1 | 160 | 10,5 \pm 3,4 | 0,64 \pm 0,13 | 42,7 |



Obr. 9. Konečný produkt recirkulační líhně – násada hybrida sivena arktického a amerického pro nasazení k dalšímu odchovu. Foto: M. Aldorf.

4.5. ODSTRAŇOVÁNÍ KALŮ A BIOFILTRACE

Recirkulační systémy jsou obecně založeny na minimální spotřebě vody. Tato je využívána na vyrovnání ztrát odparem a zejména čištěním. Odkalování – čištění recirkulačních systémů, by mělo být co nejefektivnější. Pro správné fungování recirkulační líhně je potřebné zvolit v každé fázi odchovu optimální řešení této otázky v závislosti na intenzitě odchovu, spotřebě vody, je ale třeba brát v úvahu také práci obsluhy líhně. Způsob a frekvence čištění a odkalování se proto mění v průběhu odchovu.

Pro inkubaci jiker a rozkrm plůdku je management čištění jednoduchý, ale časově náročný, a to zejména v průběhu kuliní plůdku. Uhynulé jikry je nutné odstraňovat denně, během líhnutí je pak třeba zohlednit množství jikerných obalů, které se rychle rozkládají. Při největší intenzitě líhnutí se proto aparáty čistí 2x–3x denně.

Při intenzivním rozkrmu je nutné přizpůsobit frekvenci odkalování fázi rozkrmu a konkrétním podmínkám. Obecně ale dostačuje odkalení exkrementů, přebytkového krmiva a uhynulých jedinců 1–2x denně. V průběhu odchovu je rovněž vhodné odsát případný kal ze zásobní nádrže.

V případě odchovu na kruhových nádržích jsme obvykle ušetřeni odkalování odchovných nádrží, protože kal odchází středovým válcem. Nutné je ovšem odsát sedimentů (exkrementy, bakteriální nárosty, zbytky krmiva) ze sedimentační nádrže. Tato praxe probíhá podle intenzity odchovu 1x za dva až tři dny. Součástí sedimentační nádrže je biofiltr. Biofiltrační média jsou různého typu a je na chovateli, jaké použije. Pro účely ověřování technologie byly použity biobloky (EXPO-NET A/S, Dánsko) o povrchu $90 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$. Tyto biobloky byly pravidelně oplachovány společně s odkalováním nádrže. Na biofiltračním médiu se nachází biofilm nitrifikačních bakterií přeměňujících amoniakální dusík na dusičnany. Současně tu však narůstají i heterotrofní bakterie (rozkládají organický materiál), které by při masivním nárůstu výrazně omezily úroveň nitrifikace. Proto je nutné je proplachovat.

Nitrifikace i činnost heterotrofních bakterií jsou aerobní procesy, a proto i na vstupu do sedimentační/biofiltrační nádrže by voda měla být dostatečně nasycena kyslíkem. Biofiltrace zde však funguje jen jako přídatný prvek, protože naprostá většina pozornosti je směřována na důkladné odstraňování exkrementů a zbytků krmiva ze systému.

4.6. ZDRAVOTNÍ RIZIKA V KONTROLOVANÝCH PODMÍNKÁCH RECIRKULAČNÍ LÍHNĚ

4.6.1. Zdravotní rizika

Vzhledem k faktu, že recirkulační líheň má minimální spotřebu vody, je k jejímu napájení možno použít vodu ze studny či vrtu. To je výhodou z hlediska přenosu infekčních chorob, jejichž původci se v těchto zdrojích vody (pomineme-li jejich nenadálou kontaminaci) nevykytují. Proto můžeme obecně tvrdit, že zdravotních rizik je při použití recirkulačních systémů, ve srovnání s líhněmi využívajícími povrchovou vodu, významně méně. Přesto je nutné možná rizika znát a počítat s nimi.

První skupinou jsou zdravotní rizika *vyvolaná podmínkami prostředí*. Ty lze ale svědomitou líhňařskou prací, dodržováním striktní zoohygieny a pravidelnou kontrolou odchovných podmínek eliminovat na minimum. V průběhu ověřování technologie sice nebyl zaznamenán problém vyvolaný podmínkami prostředí, je ale potřeba možné problémy zmínit. Významným faktorem jsou toxické formy dusíku: nedisociovaný volný *amoniak* a meziprodukt nitrifikace, *dusitany*. Amoniak ale nepředstavuje výraznější nebezpečí při hodnotách pH do 8. Jeho naprostá většina je totiž disociována do netoxické formy amonických iontů. Vyšší hodnoty pH v recirkulačních systémech nejsou obvyklé. Nebezpečí výskytu významného množství dusitanů je ovšem jevem častějším. Může nastat narušením procesu nitrifikace např. nedostatkem kyslíku, nízkým pH nebo přetížením biofiltru. Jednoduchou prevencí otrav dusitany je přidání chloridu sodného do vody. Dalším rizikem je příliš vysoké nebo příliš nízké *pH*, ale v případě RAS připadá v úvahu pouze okyselení vody působením nadprodukce CO_2 . Nízké pH může způsobit poškození povrchových buněk kůže a žaber (popř. až nekrózy). Takové poškození může být živnou půdou pro rozvoj plísňových onemocnění a bakterií. Podobně může rozvoj plísní a bakterií podpořit i krátkodobý nedostatek kyslíku spojený s přidružením a poškozením žaber.

Další skupinou jsou *choroby alimentárního původu*, kde je nutné zmínit alespoň dvě onemocnění způsobená nekvalitním krmivem. Prvním je aflatoxikóza, vznikající podáváním i velmi malých dávek aflatoxinů (produkt plísní rodu *Aspergillus*) v krmivu (Příhoda, 2006). Přestože se v dnešní době v krmivářském průmyslu důsledně sleduje kvalita vstupních surovin (ne/přítomnost mykotoxinů), je nutné brát v potaz i možnost výskytu tohoto onemocnění. V současnosti se totiž při výrobě krmiv ve větší míře využívají rostlinné složky (zejména olejniny), které jsou vhodným substrátem pro plísně. Stejně tak je třeba vybírat a používat kvalitní krmiva (plnohodnotná bez žluklých tuků) z důvodu možnosti vzniku ceroidní degenerace jater u obsádek.

Další skupinou jsou *plísňová onemocnění* způsobená plísněmi rodů *Saprolegnia* a *Achlya* (Příhoda, 2006). Tyto plísně sice nenapadají hostitele aktivně, ale využívají

oslabení organismu, případné nekrózy a zranění, na kterých se rozvíjejí. Svým růstem pak negativně ovlivňují i okolní zdravou tkáň. U plůdku lososovitých ryb je závažné zejména napadení žaber (např. po přidušení ryb), které může vést k nemalým ztrátám.

Poslední zde zmiňovanou skupinou jsou *bakteriální onemocnění*. Vzhledem k trvalému vysokému bakteriálnímu zatížení díky nárůstům autotrofních a zejména heterotrofních bakterií na biofiltru je vhodné počítat i s touto možností. I zde ovšem platí, že vstupní branou bakteriálního onemocnění je předchozí poškození odchovných podmínek a odolnosti ryb (Madsen a Dalsgaard, 2008). Například infekce bakteriemi *Flavobacterium psychrophilum* či *Flexibacter columnaris* byly zaznamenány i v recirkulačních líhních, nicméně líhně založené zcela na recirkulované přítokové vodě z vrtů či studny (podzemní voda) jsou jedinou možností eliminace (popř. výrazné redukce) výskytu těchto bakterií (Speare a Arsenault, 1997; Madsen a Dalsgaard, 2008).

Co se týče ostatních závažných virových, bakteriálních a parazitárních onemocnění, je třeba podotknout, že se do recirkulačního systému mohou dostat pouze zoohygienickou chybou chovatele, tzn. kontaminací náčiním, dovozem jiker, prostřednictvím vlhkých rukou z jiného prostředí apod. Podrobný popis nemocí lososovitých ryb je možné najít např. v publikacích Svobodové a kol. (2007) a Příhody (2006).

4.6.2. Preventivní a léčebné zásahy v průběhu odchovu

Pro výše zmíněná zdravotní rizika existuje zásadní pravidlo: prevence je snazší než léčba. To znamená dodržovat zoohygieny a udržovat co možná nejlepší odchovné podmínky prostředí. Mezi nejčastější praxi používanou pro recirkulační systémy včetně líhní patří úprava pH, aplikace chloridu sodného a aerace, popř. oxygenace. Úprava pH znamená udržování optimální hodnot okolo 7,0–7,2 pro správnou funkci biofiltru a pro ryby. Obvykle se pro zvýšení pufrční kapacity vody používá mikromletý vápenc nebo hydrogenuhličitan sodný (Loyless a Malone, 1997; Buřič a Kouřil, 2012).

Pravidelná aplikace chloridu sodného je vhodným preventivním opatřením proti toxickému účinku dusitanů. Ty se mohou ve zvýšené míře objevit v případě nedokonalé nitrifikace, přetížení nebo odumření části biofiltru. Toxicita dusitanů však není rizikem, pokud se ve vodě vyskytují chloridové ionty, které ji významným způsobem snižují (Kroupová a kol., 2005).

V případě poklesu obsahu kyslíku v systému je nutné přidat aeraci nebo oxygenaci vody. Tato potřeba nicméně v průběhu testování technologie nevznikla. Aeraci ale můžeme zlepšit kyslíkové podmínky před biofiltrem pro lepší průběh nitrifikace. Obecně je ale třeba předeslat, že je vhodné mít připravenou i variantu prokysličování vody pro případ nehod nebo pro případy zvýšení biomasy na hranici únosnosti systému.

Při výskytu plísňových onemocnění nebo bakterióz je možné provádět léčebné koupele, ale vždy je třeba dbát na to, aby dezinfekční prostředek kromě patogenů neza-

hubil rovněž mikroflóru biofiltru. Pro koupele se používá široké spektrum přípravků, jako jsou formaldehyd, chloramin T, peroxid vodíku či perkarbonát sodný (Speare a Arsenault, 1997; Příhoda, 2006; Svobodová a kol., 2007). V současnosti se však jako jedna z neúčinnějších variant jeví použití roztoku kyseliny peroctové pro opatření léčebná i preventivní (pro redukci bakteriální zátěže systému) (Zusková a kol., 2011).

V případě vážných bakteriálních infekcí je nutné včas aplikovat antibiotika v podobě medikovaných krmných směsí. Takový postup by měl být konzultován s veterinářem, nicméně, postup nemoci v RAS může být velmi rychlý a s fatálními následky. Včasná diagnóza, rozhodnutí a řešení jsou proto nutné bez velkých prodlev.

4.7. ZÁKLADNÍ ZÁSADY PROVOZU RECIRKULAČNÍ LÍHNĚ

Pro úspěšný chov ryb v recirkulačním systému je zapotřebí dodržovat několik klíčových zásad:

- 1) Pokud nasazujeme jikry nebo plůdek, vždy musí být z ověřeného a důvěryhodného zdroje – z chovů bez infekčních onemocnění.
- 2) Dodržovat striktní zoohygieny – zamezit kontaminaci odchovného systému použitím kontaminovaného nářadí, ochranných pomůcek nebo vody z jiných systémů.
- 3) Důsledná péče o ryby a systém – krmení, odkalování, čištění systému a jiné provozní zásahy musí odpovídat aktuálním potřebám obsádek – vyžaduje neustálou pozornost.
- 4) Sledování obsádek – zejména chování ryb, růst obsádek a využití krmiva z důvodu optimalizace postupů a včasné reakce na změny v odchovném systému nebo změnu ve zdravotním stavu obsádek.
- 5) Pravidelné denní sledování základních fyzikálních a chemických parametrů vody a jejich případná regulace.
- 6) Dlouhodobé sledování kvality vody v odchovném systému (rozbory vody) a zároveň dlouhodobé sledování kvality používaného krmiva.
- 7) Schopnost učit se využívat nové postupy nebo optimalizovat ty stávající.

4.8. TECHNOLOGICKÉ POSTUPY S POTENCIÁLEM ZVÝŠENÍ EFEKTIVITY SYSTÉMU

Přidaná aerace před biofiltačním prostorem může vylepšit kyslíkovou bilanci během biofiltrace a tím ji zefektivnit. Stejně tak může být využito aerace přímo v odchovných nádržích pro okysličení, ale zejména pro odplynění vody (CO₂). Aerace ale sama o sobě nenabízí možnost velkého navýšení produkce RAS.

Potenciál navýšení produkce však nabízí obohacení vody kyslíkem. Sice zvyšuje provozní náklady, ale umožňuje ve stejných odchovných podmínkách zvýšit kapacitu systému až o 50 % a tím intenzifikovat výrobu na jednotky zastavěné plochy a objemu vody. Navíc může zefektivnit biofiltraci vody (Clark, 2003). Oxygenace je tak možností, jak zvýšit produkci na daném objektu a snížit množství vypouštěných nerozpuštěných látek.

Jistou výhodou může nabídnout i ohřev vody v zimním období pro urychlení inkubace a maximální využití růstových schopností obsádek v rozsahu optimální teploty. Benefity takového řešení by ale byly velmi pravděpodobně smazány vyššími náklady.

Další technologické postupy mají spíše charakter preventivní a produkci systému nezvyšují. Pro snížení biologické zátěže odchovného systému (redukce heterotrofních bakterií), ale i pro prevenci a terapii žaberní bakteriózy je často prováděna aplikace ozónu (Bullock a kol., 1997; Davidson a kol., 2011). Podobný účinek, ovšem bez terapeutického efektu má rovněž sterilizace vody s využitím ultrafialového záření (Sharrer a kol., 2005).

Možnost navýšení produkce teoreticky může znamenat i přidání prvku přidavné filtrace. Pokud jsme totiž schopni zbavovat odchovné prostředí kalů efektivněji, existuje prostor pro zvýšení krmných dávek a tím i urychlení odchovného turnusu, tedy navýšení produkce. Při použití obvyklých mikrosítových filtrů ale musíme počítat s vyššími nároky na spotřebu vody a elektrické energie. Jako ideální se pro tyto „malé“ recirkulační systémy jeví využití jednoduchých kořenových čistíren (Chávez-Crocker a Obrique-Contreras, 2011).

Další možností zefektivnění chovu je použití např. rychle rostoucích triploidních obsádek pstruha duhového nebo celosamičích obsádek. V dnešní době je možné využít nabídky jiker v průběhu celého kalendářního roku, což umožňuje efektivně plánovat celoroční produkci na RAS.

4.9. DRUHY RYB TESTOVANÉ V PRŮBĚHU OVĚŘOVÁNÍ TECHNOLOGIE

Pro potřeby ověření technologie byl použit pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*), siven americký (*Salvelinus fontinalis*) a kříženec sivena arktického (*Salvelinus alpinus*) a sivena amerického (*S. fontinalis*). U pstruha duhového se jednalo o celosamičí populaci. Celkem bylo realizováno 8 odchovných turnusů, v průběhu ověřování technologie recirkulační líhně tedy došlo osmkrát k inkubaci jiker, rozkrmu a odchovu násadového materiálu pro další chov.

4.10. ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ TECHNOLOGIE

Technologii recirkulační líhně pro lososovité ryby je možné dle dosažených výsledků označit za vysoce efektivní a perspektivní způsob rozvoje chovu lososovitých ryb v ČR. Pro detailnější srovnání bylo zhodnocení technologie rozděleno do čtyř celků:

1) *Zhodnocení z hlediska spotřeby vody.* Pro optimální funkci systému zcela dostačuje přítok čerstvé vody přibližně 1 l za 1–3 minuty (dle intenzity odchovu), což odpovídá cca $0,006\text{--}0,016\text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ($20\text{--}60\text{ l}\cdot\text{hod}^{-1}$). Příklad čerstvé vody do systému byl přítom upraven tak, aby kontinuálně doplňoval ztráty vody po odkalení a čištění nádrží. Pokud bychom brali absolutní maximum pro oba systémy (inkubační a odchovný) v maximální kapacitě, nedostali bychom se zdaleka na hodnotu $0,05\text{ l}\cdot\text{sec}^{-1}$. Tab. 5 uvádí porovnání spotřeby vody na inkubaci a odchov u klasických průtočných líhňářských systémů (Pokorný a kol., 1998; Příhoda, 2006). Z uvedeného vyplývá, že ověřovaná technologie úsporně hospodará s přírodními zdroji a je na nich mnohem méně závislá než „tradiční“ postupy.

Tab. 5. Porovnání spotřeby vody v líhni pro lososovité ryby při použití klasické průtočné líhně a při využití technologie recirkulace vody. Hodnoty jsou přepočtené dle literatury (Pokorný a kol., 1998; Příhoda, 2006) na obsádku jednoho turnusu recirkulační líhně pro pstruha duhového (Pd).

| Spotřeba vody | Obsádka | Průtočný systém ($\text{l}\cdot\text{sec}^{-1}$) | Recirkulační systém ($\text{l}\cdot\text{sec}^{-1}$) | Uspořená voda za 24 hod (m^3) |
|-----------------------------|---------|--|--|--|
| 80 000 jiker Pd | | 0,13–0,67 | max. 0,05 | 6,9–13,8 |
| 75 000 váčkového plůdku Pd | | 1,25–2,50 | max. 0,05 | 103,7–207,4 |
| 70 000 odkrmeného plůdku Pd | | 2,33–4,66 | max. 0,05 | 197,0–394,0 |

2) *Zhodnocení z hlediska vlivu na životní prostředí.* Klasické průtočné systémy pro chov lososovitých ryb obvykle vypouštějí odpadní vody do nižších partií pramenných vod (horských bystřin, horních toků potoků a řek), částečně proto, že adekvátním kvalitním zdrojem pro produkci jsou právě tyto typy vod z nenarušených oblastí. Vliv na jednotlivé biologické komponenty těchto vodních ekosystémů však může být značný. Sladkovodní akvakultura salmonidů může být významným zdrojem antropogenního znečištění nenarušených vodních ekosystémů (Tello a kol., 2010). Dalším negativem je používání, ať už legální či nelegální, léčebných přípravků, stejně jako zavlečení nepůvodních patogenů. Použití recirkulačních technologií výše zmíněná rizika eliminuje. Systémy tohoto typu produkují malé množství koncentrovanější odpadní vody, která je obvykle jímána do sedimentačních nádrží (Jokumsen a Svendsen, 2010).

3) *Zhodnocení z hlediska efektivity produkce.* Při použití technologie recirkulace vody v líhni pro lososovité ryby můžeme dosáhnout několika produkčních cyklů do roka. Intenzita a efektivita odchovu je přítom velmi vysoká, ať už ji vztahujeme k jednotce spotřebované vody, využitého prostoru nebo spotřebovaného krmiva. Dosažené krmné koeficienty a data o růstu obsádek v průběhu ověřování technologie jsou jasným dokladem funkčnosti a vysoké efektivity technologie.

4) *Zhodnocení z hlediska kvality produkce.* Při dodržení dobrého managementu chovu (viz zásady výše) a striktní zoohygieny je chovatel schopen produkovat kvalitní násadovou rybu prostou nemocí několikrát ročně. Právě možnost vychovat násadovou rybu bez kontaktu s povrchovými vodami je zásadní devizou těchto systémů, zejména pro chovy využívající recirkulační systémy i pro odchov tržních ryb.

5. EKONOMICKÝ PŘÍNOS VÝROBNÍHO POSTUPU PRO PODNIKATELSKÝ SUBJEKT

V konkrétním případě Pstruhařství Mlýny, na němž byla technologie ověřována, je ekonomický přínos možno hodnotit z různých pohledů. Každý nabízí jeden z praktických dopadů použití dané technologie.

První pohled je směřován z hlediska ne/existence líhně pro lososovité ryby na dané lokalitě. Při použití klasických metod by vznik líhně nebyl možný z důvodu nedostatku kvalitní přítokové vody. Konkrétně povrchová voda není pro tyto účely obecně příliš vhodná a kvalita vody i její množství v říčce Spůlce v průběhu roku významně kolísá. Navíc zde v minulosti byly sledovány infekční choroby lososovitých ryb. Z tohoto pohledu je jakákoliv produkce líhně ekonomickým přínosem nad rámec původně uvažovaných přírodních zdrojů na dané lokalitě.

Dalším aspektem je produkce násad pro vlastní chov. Vzhledem k celkovému nedostatku kvalitních násadových lososovitých ryb v ČR je poměrně nákladné nakupovat násady pro vlastní chov tržních ryb. Navíc cena násad bývá často neúměrná kvalitě (horší výživný a špatný zdravotní stav). Z tohoto pohledu je tak k dispozici nástroj, jak zásobit vlastní chov zdravou a kvalitní násadou za nesrovnatelně lepší cenu, bez stresu z dopravy a bez rizika zavlečení parazitů a nemocí. Vlastní produkce násad může výrazně snížit provozní náklady v chovu tržních ryb.

Vlastní produkce násady je rozhodně výhodou, tato je však ještě znásobena, pokud část produkce je možné nabídnout ostatním chovatelům. Z tohoto pohledu je získána násadová ryba pro vlastní potřebu, navíc část nákladů na její odchov je podnik schopen vyrovnat prodejem nadbytku produkce. V konkrétním případě podnikatelského subjektu, na kterém byla technologie ověřována, je možné takto využít až 1/3 produkce recirkulační líhně.

Z výše uvedeného vyplývá, že ověřovaná technologie je vysoce perspektivním prvkem sladkovodní akvakultury a v budoucnu možný řešením rozvoje chovu lososovitých ryb u nás.

6. UPLATNĚNÍ VÝROBNÍHO POSTUPU VE VÝROBĚ PODNIKATELSKÉHO SUBJEKTU

V konkrétním případě podniku, na kterém byla technologie použití recirkulační líhně pro lososovité ryby ověřována, Pstruhařství Mlýny, je tento technologický postup uplatněný pro získání vlastní násadové ryby pro potřeby nasazení recirkulačního systému dánského typu s maximální produkcí až 100 tun tržního pstruha duhového. Dle předchozích zkušeností s chovem ryb v RAS dánského typu se ukázalo jako nutnost používat ryby s garancí původu a prosté nemoci a parazitů ryb. Jedinou cestou, jak toho v ČR docílit, je produkce vlastního násadového materiálu. Kapacita líhně, kde se aplikuje technologie recirkulace vody, je vypočtena tak, aby pokrývala nutnou potřebu násadového materiálu pro maximální produkci, a navíc poskytovala možnost část produkce (dle úspěšnosti odchovu 20–30%) násadových ryb prodat jiným chovatelům.

Tato technologie má obecně značný potenciál dalšího rozvoje v rámci ČR a pokrytí potřeby násad pro nově vznikající odchovné kapacity na našem území. Může tak výrazně podpořit zvýšení domácí produkce lososovitých druhů ryb, a tím snížit jejich dovoz ze zahraničí.

7. SEZNAM LITERATURY

- Abbott, J.C., Dill, L.M., 1985. Patterns of aggressive attack in juvenile steelhead trout (*Salmo gairdneri*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 42: 1702–1706.
- Bebaka, J., Baumgarten, M., Smith, G., 1997. Risk factors for bacterial gill disease in young rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in North America. Preventive Veterinary Medicine 32: 23–34.
- Brown, N., 2011. Halibut aquaculture in North America. In: Daniels, H.V., Watanabe, W.O. (Eds), Practical flatfish culture and stock enhancement. Blackwell Science Ltd., Oxford, UK, pp. 3–29.
- Bullock, G.L., Summerfelt, S.T., Noble, A.C., Weber, A.L., Durant, M.D., Hankins, J.A., 1997. Ozonation of a recirculating rainbow trout culture system I. Effects on bacterial gill disease and heterotrophic bacteria. Aquaculture 158: 43–55.
- Buřič, M., Kouřil, J., 2012. Technologie chovu ryb v recirkulačním systému dánského typu v podmínkách ČR. Edice Metodik (technologická řada). FROV JU, Vodňany, č. 115, 44 s.
- Clark, M.L., 2003. Comparison of water quality, rainbow trout production, and economics in oxygenated and aerated raceways. Master thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, 73 s.
- D'Orbcastel, E.R., Blancheton, J.P., Belaud, A., 2009. Water quality and rainbow trout performance in a Danish Model Farm recirculating system: Comparison with a flow through system. Aquacultural Engineering 40: 135–143.

- Davidson, J., Good, C., Welsh, C., Summerfelt, S., 2011. The effects of ozone and water exchange rates on water quality and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* performance in replicated recirculating systems. *Aquacultural Engineering* 44: 80–96.
- Good, C., Davidson, J., Welsh, C., Snekvik, K., Summerfelt, S., 2010. The effects of carbon dioxide on performance and histopathology of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in water recirculation aquaculture systems. *Aquacultural Engineering* 42: 51–56.
- Head, W.D., Watanabe, W.O., 1995. Economic analysis of a commercial-scale recirculating, brackish water hatchery for Florida red tilapia. *Journal of Applied Aquaculture* 5: 1–23.
- Chávez-Crocker, P., Obreque-Contreras, J., 2011. Bioremediation of aquaculture wastes. *Current Opinion in Biotechnology* 21: 313–317.
- Jokumsen, A., Svendsen L.M., 2010. Farming of freshwater rainbow trout in Denmark. DTU Aqua, National Institute of Aquatic Resources, Denmark, 48 s.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V. 2008a. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. Edice Metodik (technologická řada) VÚRH JU Vodňany, č. 87, 40 s.
- Kouřil, J., Mareš, J., Pokorný, J., Adámek, Z., Randák, T., Kolářová, J., Palíková, V., 2008b. Chov lososovitých ryb, lipana a síhů. VÚRH JU, Vodňany, 141 s.
- Kratochvíl, M., 2012. Produkce ryb loni dosáhla historického maxima. *Rybníkářství*, červen 2012: 2.
- Kroupová, H., Máchová, J., Svobodová, Z., 2005. Dusitany ve vodním prostředí a jejich účinky na ryby – přehled. *Bulletin VÚRH Vodňany* 41 (4): 154–170.
- Leitritz, E., Conklin Lewis, R., 1980. Trout and salmon culture: hatchery methods. California Fish Bulletin number 164, ANR Publications, USA, 197 pp.
- Leitritz, E., 1962. A closed hatchery water-supply system. *The Progressive Fish-Culturist* 24: 91–93.
- Lellák, J., Kubíček, F., 1991. *Hydrobiologie*. UK, Praha, 257 s.
- Loyless J.C., Malone, R.F., 1997. A sodium bicarbonate dosing methodology for pH management in freshwater-recirculating aquaculture systems. *The Progressive Fish-Culturist*, 59: 198–205.
- Madsen, L., Dalsgaard, I., 2008. Water recirculation and good management: potential methods to avoid disease outbreaks with *Flavobacterium psychrophillum*. *Journal of Fish Diseases* 31: 799–810.
- Martins, C.I.M., Eding, E.H., Verdegem, M.C.J., Heinsbroek, L.T.N., Schneider, O., Blancheton, J.P., D'Orbcastel, E.R., Verreth, J.A.J., 2010. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering* 43: 83–93.
- Národní strategický plán pro oblast rybářství na období 2007-2013. Ministerstvo zemědělství České republiky, Schváleno usnesením vlády č. 854/2007 dne 25. července 2007, 49 s.
- Pitter, P., 1999. *Hydrochemie*. VŠCHT Praha, 568 s.
- Pokorný, J., Adámek, Z., Dvořák, J., Šrámek, V., 1998. *Pstruhařství*. Informatorium, Praha, 242 s.
- Příhoda, J., 2006. Chov lososovitých ryb. *STYLE*, Slovenská republika, 209 s.

- Rasmussen, R.S., Larsen, F.H., Jensen, S., 2007. Fin condition and growth among rainbow trout reared at different sizes, densities and feeding frequencies in high-temperature re-circulated water. *Aquaculture International* 15: 97–107.
- Rawlinson, P., Forster, A., 2001. The economics of recirculation aquaculture. *Microbehaviour and Macroresults: Proceedings of the Tenth Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade*. Oregon State University, Corvallis, USA, 14 s.
- Report of the EIFAC/IUNS and ICES working group on standardization of methodology in fish nutrition research, 1980. EIFAC Technical Paper – EIFAC/T36
- Sharrer, M.J., Summerfelt, S.T., Bullock, G.L., Gleason, L.E., Taeuber, J., 2005. Inactivation of bacteria using ultraviolet irradiation in a recirculating salmonid culture system. *Aquacultural Engineering* 33: 135–149.
- Situační a výhledová zpráva RYBY, Listopad 2011, Ministerstvo Zemědělství ČR, 47 s.
- Speare, D.J., Arsenaault, G.J., 1997. Effects of intermittent hydrogen peroxide exposure on growth and columnaris disease prevention of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 2653–2658.
- Svobodová, Z. a kol., 2007. Nemoci sladkovodních a akvarijních ryb. 4. vyd. Informatorium spol. s.r.o., Praha, 264 s.
- Tello, A., Comer, R.A., Telfer, T.C., 2010. How do land-based salmonid farms affect stream ecology? *Environmental Pollution* 158: 1147–1158.
- Valenti, W.C., Daniels, W.H., 2000. Recirculating hatchery systems and management. In: New, M.B., Valenti, W.C. (Eds), *Freshwater prawn culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii**. Blackwell Publishing, Oxford, UK, pp. 69–90.
- Zusková, E., Máchová, J., Velíšek, J., Gela, D., 2011. Možnosti využití kyseliny peroctové v rybářské praxi. *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany*, č. 109, 26 s.



EXTERNÍ ODBORNÝ OPONENT**RNDr. Miroslav Švátora, CSc.***Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta,
katedra zoologie, Albertov 6, 128 43 Praha 2***INTERNÍ ODBORNÝ OPONENT****Ing. Vlastimil Stejskal, Ph.D.***Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum
akvakultury a biodiverzity hydrocenóz a Ústav akvakultury, Husova tř. 458/102, 370 05 České Budějovice***OVĚŘENÍ A UPLATNĚNÍ TECHNOLOGIE 2012****Josef Bláhovec***Žár 25, 384 73 Stachy***ADRESA AUTORSKÉHO KOLEKTIVU****Ing. Miloš Buřič, Ph.D. (buric@frov.jcu.cz)***Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum
akvakultury a biodiverzity hydrocenóz a Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, Zátíší 728/II,
389 25 Vodňany, www.frov.jcu.cz***Prof. Ing. Jan Kouřil, Ph.D. (kouril@frov.jcu.cz)***Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum
akvakultury a biodiverzity hydrocenóz a Ústav akvakultury, Husova tř. 458/102, 370 05 České Budějovice,
www.frov.jcu.cz**V edici Metodik (Technologická řada)**vydala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod,**Redakce: Ing. Antonín Kouba, Ph.D., Zuzana Dvořáková**Jazyková korektura: Mgr. Jana Drengubáková**Náklad: 200 ks, vydáno v roce 2012, 1. vydání**Grafický design a technická realizace: iDigitisk s. r. o.*





FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYDÁNÍ PUBLIKACE BYLO USKUTEČNĚNO
ZA FINANČNÍ PODPORY PROJEKTU:
INOVACE PREZENČNÍHO STUDIA BAKALÁŘSKÉHO STUDIJNÍHO OBORU RYBÁŘSTVÍ
(CZ.1.07/2.2.00/15.0076)



ISBN 978-80-87437-57-5