



# Technologie chovu ryb v recirkulačním systému dánského typu v podmínkách ČR

*M. Buřič, J. Kouřil*





**FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD**  
JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

# **Technologie chovu ryb v recirkulačním systému dánského typu v podmínkách ČR**

---

*M. Buřič, J. Kouřil*

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

***Příprava a vydání metodických publikací v roce 2011***

*(CZ.1.25/3.1.00/11.00301)*



**EVROPSKÁ UNIE  
EVROPSKÝ RYBÁŘSKÝ FOND  
*„Investice do udržitelného rybolovu“***

**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)*

***Biologické, environmentální a chovatelské aspekty v rybářství***

*(výzkumný záměr MSM6007665809)*

***Environmentálně a hormonálně indukovaná reprodukce, anestézie, raný ontogenetický vývoj  
a odchov vybraných ohrožených a hospodářsky významných druhů ryb***

*(ME10126)*

***Chovatelské a environmentální aspekty akvakultury a hydrocenóz***

*(GA JU 047/2010/Z)*

***Ověření technologie dánského recirkulačního systému pro intenzivní chov pstruha duhového***

*(Pilotní projekt CZ.1.25/3.4.00/09.00532)*

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

*(Pilotní projekt CZ.1.25/3.4.00/10.00317)*



ISBN 978-80-87437-33-9

## OBSAH

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. ÚVOD</b>  | <b>6</b>  |
| <b>1.1. Vznik a popis recirkulačních technologií</b>                            | <b>6</b>  |
| <b>1.2. Možnosti a důvody chovu ryb v recirkulačních systémech v ČR</b>         | <b>6</b>  |
| <b>2. CÍL</b>   | <b>8</b>  |
| <b>3. MÍSTO, KDE SE TECHNOLOGIE OVĚŘOVALA</b>                                   | <b>8</b>  |
| <b>4. POPIS VÝROBNÍHO POSTUPU A VÝSLEDKY</b>                                    | <b>9</b>  |
| <b>4.1. Základní parametry systému</b>  | <b>9</b>  |
| <b>4.2. Technologické zázemí systému</b>  | <b>10</b> |
| 4.2.1. Vzduchotechnika  | 10        |
| 4.2.2. Potřeba čerstvé vody pro systém  | 10        |
| 4.2.3. Pohyb recirkulované vody v systému                                       | 10        |
| <b>4.3. Základní fyzikálně-chemické parametry, jejich sledování a udržování</b> | <b>11</b> |
| 4.3.1. Kyslík a teplota   | 11        |
| 4.3.2. Oxid uhličitý  | 11        |
| 4.3.3. pH   | 12        |
| 4.3.4. Dusík  | 13        |
| 4.3.5. Fosfor   | 16        |
| 4.3.6. Organické zatížení – $BSK_s$ , $CHSK_{Mn}$                               | 17        |
| 4.3.7. Ostatní významné chemicko-fyzikální parametry                            | 18        |
| <b>4.4. Odchovný prostor a odchov ryb</b>                                       | <b>19</b> |
| <b>4.5. Krmení ryb</b>  | <b>20</b> |
| 4.5.1. Krmení   | 20        |
| 4.5.2. Koeficient konverze krmiva   | 21        |
| 4.5.3. Růst   | 22        |
| <b>4.6. Biofiltrace vody a odkalení</b>   | <b>24</b> |
| 4.6.1. Plovoucí biofiltr  | 25        |
| 4.6.2. Ponořený biofiltr  | 25        |
| 4.6.3. Odstraňování kalů a čištění biofiltru                                    | 25        |
| <b>4.7. Technologické postupy a řešení zvyšující efektivitu RAS</b>             | <b>27</b> |
| <b>4.8. Zdravotní rizika v kontrolovaných podmínkách intenzivního chovu</b>     | <b>28</b> |
| <b>4.9. Druhy ryb vhodné pro RAS dánského typu</b>                              | <b>28</b> |
| <b>5. UPLATNĚNÍ TECHNOLOGIE V PRODUKCI PODNIKATELSKÉHO SUBJEKTU</b>             | <b>29</b> |
| <b>6. EKONOMICKÝ PŘÍNOS TECHNOLOGIE PRO PODNIKATELSKÝ SUBJEKT</b>               | <b>30</b> |
| <b>6.1. SWOT analýza použití recirkulačních systémů v ČR</b>                    | <b>32</b> |
| <b>7. SEZNAM LITERATURY</b>   | <b>39</b> |

## 1. ÚVOD

### 1.1. Vznik a popis recirkulačních technologií

Recirkulační technologie již existují v akvakultuře několik desítek let a postupem času mají ve světové akvakultuře stále silnější místo (Helfrich a Libey, 1991; Martins a kol., 2010). Jejich masivní rozvoj nezpůsobila pouze řada technologických vymožeností, které neustále zdokonalují a zefektivňují provoz recirkulačních akvakulturních systémů (RAS), ale zejména stále méně vyhovující podmínky prostředí. Nedostatek vydatných a kvalitních zdrojů přítokové vody, výskyt nemocí ryb a zvýšený výskyt rybožravých predátorů do značné míry zredukoval možnosti chovu ryb v klasických průtočných, klecových systémech či rybnících. Kapacity rybníčních akvakultur a lov ryb z volných vod pak nebyly a stále nejsou schopny uspokojit poptávku po sladkovodních dravých, jeseterovitých i teplomilných rybách, mořských rybách a ostatních vodních organismech (koryši, měkkýši, řasy). S postupem času a s rozvojem akvakultury jako celku však sílil faktor zatížení vodního prostředí, především původem z průtočných či klecových systémů. Významné zatížení vodního prostředí intenzivním chovem ryb vedlo k vývoji technologií, které toto zatížení eliminují. RAS se tak staly významnou alternativou intenzivního chovu ryb v průtočných, klecových a rybníčních akvakulturních systémech (Martins a kol., 2010).

RAS můžeme charakterizovat jako akvakulturní systémy s vysokou produkcí s využitím velmi malé zastavěné plochy, nízkou spotřebou přítokové vody a velmi malým množstvím odpadní vody, která je navíc dále zpracovatelná (možnost navázání dalších technologií včetně např. akvaponií). Celkově jsou RAS málo nebo takřka nezávislé na okolním prostředí, se značnou možností řízení optimalizace podmínek prostředí. Nevýhodou těchto systémů je pak značná investiční nákladnost (Kouřil a kol., 2008) a nutnost vysoce kvalifikované obsluhy.

Vývoj RAS dánského typu pro produkci lososovitých ryb vycházel zejména z potřeby kvalitní vody bez patogenních zárodků (tj. separaci chovu od povrchových volně tekoucích vod), potřeby lepšího využití krmiva a menšího zatížení prostředí odpadní vodou. V současné době jsou v rámci dánského strategického plánu pro akvakulturu pro roky 2007–2013 všechny farmy v Dánsku regulovány (omezení max. množství krmiva pro subjekt a rok) podle množství odpadní vody vypouštěné do recipientu. Díky tomu zde vznikají na místech předchozích průtočných farem nové RAS nebo jsou na ně průtočné farmy částečně či zcela přestavěny (Jokumsen a Svendsen, 2010).

### 1.2. Možnosti a důvody chovu ryb v recirkulačních systémech v ČR

Intenzivní RAS různých typů jsou hojně využívány v celé Evropě, a to nejen pro lososovité ryby (Rasmussen a kol., 2007; D'Orbcastel a kol., 2009a), ale i pro dravé ryby (Policar a kol., 2009; Mélard a kol., 1996; Schulz a kol., 2007), mořské ryby

(Thoman a kol., 2001), koryše (Van Wyk a kol., 1999; Kouba a kol., 2010), měkkýše (Sorgeloos a Persoone, 1972), řasy a rostliny (Rakocy a kol., 2006) či planktonní organismy (Zillioux, 1969). V mnoha případech tyto systémy vyřešily problémy s vysokým výskytem nemocí ryb ve volných vodách (Colt, 1991; Mélard a kol., 1996), s nedostatkem odchovných kapacit k uspokojení poptávky (Colt, 1991; D'Orbcastel a kol., 2009) a hlavně s nedostatkem vhodných vodních zdrojů (Colt, 1991; Kouřil a kol., 2008). Navíc jsou výhodné i z hlediska vlivu na životní prostředí (van Rijn, 1996; D'Orbcastel a kol., 2009b). Šíře využitelnosti těchto systémů a důležitost důvodů, proč vůbec vznikly, hovoří za vše. RAS jsou díky své nezávislosti na okolním prostředí použitelné takřka ve všech klimatických podmínkách. Otevřený RAS dánského typu je sice přímo vystaven podnebí daného regionu, to se však dá řešit zastřešením objektu.

Současné technologické možnosti umožňují chov ryb takřka na zelené louce bez zdroje povrchové vody, dostatečný bývá zdroj z drenáží či vrtů. V ČR je navíc již několik let možná čerpat finance z evropských dotačních titulů, přesto podobné systémy byly realizovány pouze dva. Stále totiž vládne nedůvěra k novým technologiím a nechota riskovat investici. Zásadním prvkem českého rybářství se tak stalo pouze udržování současné produkce za podpory evropských dotací. Vzhledem k vysoké poptávce po kvalitních lososovitých a dravých rybách, které jsou u nás trvale v nedostatku a dováží se ze zahraničí, je to minimálně překvapující. V ČR se tak doposud používají k chovu lososovitých ryb klasické průtočné systémy. Ty vyžadují poměrně bohatý zdroj kvalitní přítokové vody a případné budování nových odchovných zařízení je limitováno zejména tímto faktorem. Kvalitních zdrojů vody pro průtočné systémy je totiž u nás nedostatek (Situační a výhledová zpráva, Ryby, Ministerstvo zemědělství, 2008). Zavedení inovativních recirkulačních systémů s minimální spotřebou vody je tak jednou z mála možností rozvoje tohoto odvětví českého rybářství, zvýšení jeho produkce a efektivity. Tato inovace se zdá být nutná ve smyslu zvyšování konkurenceschopnosti českého rybářství, efektivity využití přírodních zdrojů při nízkém zatížení prostředí a tvorbě kvalitních produktů.

Přínos těchto technologických inovací může být velice dobře ilustrován na dvou trvale nedostatkových druzích v ČR, candáta obecného (*Sander lucioperca*) či pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*). Výstavba jediné farmy s produkcí 100 tun (dle evropských měřítek spíše malá farma) by zvedla produkce těchto druhů skokově o 200 % u candáta (produkce ČR v r. 2007 byla 47 tun – Situační a výhledová zpráva, Ryby, Ministerstvo zemědělství, 2008) a cca o 50 % by se zvedla celková produkce dravých ryb (produkce dravých ryb v ČR v r. 2010 byla 218 tun; Šilhavý, 2011). U lososovitých ryb, kterých se v r. 2010 v ČR vylovilo 738 tun (Šilhavý, 2011), by to bylo navýšení produkce cca o 13,5 %. Obě tyto technologie jsou ověřené a hojně využívané v evropských zemích (Philipsen, 2008; D'Orbcastel a kol., 2009a).

Lososovité ryby jsou z hlediska spotřeby druhým nejvýznamnějším produktem rybářství v ČR. Domácí produkce pstruha je přesto poměrně nízká a zaujímá 3,8 % z celkové produkce (Situační a výhledová zpráva, Ryby, Ministerstvo zemědělství, 2008),

navíc se na trhu dostává do silného konkurenčního tlaku způsobeného dovozem této ryby především ze třetích zemí (např. Turecko a Čína), případně z jiných členských zemí EU, kde již byly v rámci předešlých programovacích období vybudovány vhodné výrobní kapacity (Národní strategický program pro oblast rybnářství na období 2007–2013). Pokud u nás takové kapacity nevzniknou, nikdy nebudeme schopni konkurovat progresivnějším producentům.

## 2. CÍL

Produkční rybnářství v ČR patří mezi stabilní oblasti, a to jak po stránce produkce, tak z hlediska fungování tržních mechanismů (Národní strategický program pro oblast rybnářství na období 2007–2013). Bohužel je zde až příliš zakořeněn tradicionalismus, a proto místo investic pro rozvoj rybnářství a navýšení produkce, nabídky nových produktů a zvýšení konkurenceschopnosti ČR v Evropě sází české rybnářství na udržení tradičních chovů, zejména kapra. Rozvoj rybnářství jako celku ve smyslu trvale udržitelného rozvoje ale předpokládá realizaci výstavby nových intenzivních rybochovných objektů vhodných k chovu nedostatkových a ceněných druhů ryb, například pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*), sivena amerického (*Salvelinus fontinalis*), candáta obecného (*Sander lucioperca*), okouna říčního (*Perca fluviatilis*), sumce velkého (*Silurus glanis*), úhoře říčního (*Anguilla anguilla*).

Cílem této technologie je proto srozumitelně referovat o přínosu nové technologie chovu lososovitých ryb v recirkulačním systému dánského typu, a tím potvrdit její funkčnost a využitelnost v našich zeměpisných podmínkách. Výsledky praktického zhodnocení by měly přispět k porovnání získaných vědeckých poznatků v souvislosti s inovačními technologiemi v akvakultuře, konkrétně k rozvoji moderních intenzivních metod chovu ryb a ukázat novou cestu vývoje pro zvýšení konkurenceschopnosti českého rybnářství v Evropě. Mezi cíle můžeme zahrnout i přehledné a srozumitelné představení technologie českým producentům, pro které je zejména určena. Chov lososovitých (i dravých) ryb se takto může vymanit z vlivu limitovaných přírodních zdrojů a rozvinout se i v místech dříve nemyslitelných pro tento účel.

## 3. MÍSTO, KDE SE TECHNOLOGIE OVĚŘOVALA

Předložená publikace popisuje technologický postup, který byl ověřován v praxi v průběhu let 2008–2011. Tento technologický postup byl sledován a ověřován na objektu firmy Josef Bláhovec Pstruhařství Mlýny, jež vlastní jeden ze dvou recirkulačních systémů dánského typu v ČR. Jako srovnávací (referenční) průtočný systém pro porovnání růstu a kondice ryb byl použit průtočný žlab stejného podniku, který přímo sousedí s RAS. V poloprovozních a provozních podmínkách zde byly sledovány zá-



kladní ukazatele funkčnosti technologie včetně charakterizace chemicko-fyzikálních parametrů vody v průběhu i mimo vegetační sezónu, sledování funkčnosti biofiltru a efektivity jeho čištění, zhodnocení růstu a kondice ryb, hledání vhodného managementu pro stabilizaci podmínek v systému a evaluace dané technologie z hlediska ekonomického.

## 4. POPIS VÝROBNÍHO POSTUPU A VÝSLEDKY

### 4.1. Základní parametry systému

Recirkulační systém dánského typu pro chov lososovitých ryb je založen na minimální spotřebě čerstvé vody, kterou je nutno do systému doplnit pro vyrovnání ztrát odparem a čištěním. Z tohoto důvodu je systém závislý zejména na objemu a kapacitě biofiltru a zároveň na jeho účinném čištění a odkalování jednotlivých nádrží. Systém, na němž probíhalo ověřování technologie (obr. 1.), byl projektován na celkovou roční produkci až 100 tun tržního pstruha duhového. Jednorázová nosná kapacita systému je potom 40 tun ryb.



**Obr. 1.** Celkový pohled na recirkulační systém dánského typu.

Celkový objem systému se blíží 1 000 m<sup>3</sup> vody, přičemž objem pro biofiltraci vody a pro odchov (včetně přítokových a odtokových kanálů) jsou přibližně v poměru 1 : 1. Objem samotných odchovných žlabů potom dosahuje 360 m<sup>3</sup> vody.

---

## 4.2. Technologické zázemí systému

---

### 4.2.1. Vzduchotechnika

---

Pomocí dmychadlových agregátů je v podstatě zajištěno v RAS veškeré technické zázemí, a můžeme je tak nazvat srdcem systému. Vzduch vháněný celkem třemi dmychadly na různá místa v systému zajišťuje základní funkce systému nezbytné pro jeho fungování. Nejsilnější dmychadlo (výkon 11 kW) vhání vzduch pod velkým tlakem do hloubky přibližně tří metrů (hluboký airlift), čímž vzniká převýšení hladiny cca 10 cm, a uvádí tak do pohybu vodu v celém systému (obr. 2). Menší dmychadlový agregát (výkon 5,5 kW) zajišťuje neustálý pohyb pohyblivé části biofiltru a jeho trvalé dostatečné zásobení kyslíkem. Navíc se jeho pomocí provádí proces čištění ponořené části biofiltru. Nejmenší ze tří dmychadel potom slouží jako zdroj vzduchu pro odplyňovací rošt za biofiltrem (obr. 3) a pro jednotlivé airlifty (obr. 4) v odchovných žlabech zajišťující odplynění, saturaci vody kyslíkem a cirkulaci vody v rámci nádrže.

### 4.2.2. Potřeba čerstvé vody pro systém

---

Recirkulační systém tohoto typu a velikosti hospodaří s velmi malým množstvím dopouštěné čerstvé vody. Zdrojem této vody je drenáž umístěná pod objektem RAS, přičemž již třímetrová vzdálenost zářezu od vodoteče by měla být dostatečná proti prostupu choroboplodných zárodků. Odtud se do systému dodává přibližně 3 l.sec<sup>-1</sup> vody, které pokrývají ztráty vody během odkalování a čištění biofiltru a ztráty odparem z vodní hladiny. V závislosti na lokálních podmínkách je možné použít jako hlavní nebo doplňkový zdroj vody i vrt nebo pramen. Použití povrchové vody jako zdroje se nedoporučuje z důvodu velmi pravděpodobného průniku patogenů do systému, popř. změn v kvalitě a vydatnosti zdroje v průběhu roku.

### 4.2.3. Pohyb recirkulované vody v systému

---

Jak je popsáno výše, pohyb vody v systému je zabezpečen vzduchem tlačným pod velkým tlakem (cca 1,5 baru) do přibližně třímetrové hloubky (obr. 2). Ten zabezpečuje celkový průtok přibližně 300 l.sec<sup>-1</sup> pro celý systém. V tomto konkrétním případě to znamená přibližně 30 l.sec<sup>-1</sup> na každou odchovnou nádrž. Průtok v jednotlivých nádržích lze jednoduše regulovat pomocí pohyblivých plastových zástěn na vtoku do každé nádrže. V případě přítoku 30 l.sec<sup>-1</sup> se objem odchovné nádrže obmění za přibližně 20 minut.

---

### **4.3. Základní fyzikálně-chemické parametry, jejich sledování a udržování**

---

#### **4.3.1. Kyslík a teplota**

---

Nasycení vody kyslíkem není v RAS důležité pouze pro chované ryby, ale i pro správnou funkci autotrofních i heterotrofních bakterií na biofiltru. V průběhu ověřování funkčnosti recirkulačního systému v našich podmínkách nebyl zaznamenán problém s nedostatkem rozpuštěného kyslíku ve vodě. Z toho lze vyvodit, že saturace vody kyslíkem pomocí airliftů je dostatečná. Za rizikovou hranici (pro zastavení krmení) nasycení vody kyslíkem pro pstruha duhového lze považovat < 80% nasycení na přítoku a 60% nasycení na odtoku z odchovných žlabů. Je nutné mít na zřeteli rovněž nižší rozpustnost kyslíku ve vodě při vyšších teplotách. Ty mohou v letních měsících překračovat 20–21 °C. Teplotu vody je samozřejmě důležité sledovat i z hlediska nároků chovaných druhů ryb. To znamená, že např. u pstruha obecného nebo sivena amerického (chladnomilnější než pstruh duhový) je třeba omezit krmení při teplotách nad 20 °C. Vzhledem k referenčnímu odchovnému zařízení (přilehlý průtočný žlab) byla v RAS celoročně teplejší voda s mnohem menšími výkyvy během dne (RAS max. 2–3 °C, průtočný žlab max. 5–6,5 °C), což je pro odchovávané ryby příznivější z hlediska lepšího růstu a kondice.

#### **4.3.2. Oxid uhličitý**

---

Produkce oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) při intenzivním chovu ryb je vysoká. V recirkulačním systému je ale nezbytné ho z vody odbourávat (Vinci a kol., 1996; Good a kol., 2010). Jeho zdrojem je kromě dýchání ryb také rozklad organického materiálu heterotrofními bakteriemi a proces nitrifikace, kdy autotrofní bakterie přeměňují amoniak, respektive amonné ionty na dusičnany. V důsledku nadprodukce CO<sub>2</sub> pak dochází k prudkým poklesům pH, které mohou negativně ovlivnit funkci biofiltru i zdravotní stav ryb. Pro potřeby regulace CO<sub>2</sub> se proto používá tzv. odplyňovací rošt a airlifty (obr. 3, obr. 4) v jednotlivých odchovných žlabech. Částečně tuto funkci plní rovněž prostor plovoucího biofiltru, který je neustále probubláván vzduchem.



**Obr. 2.** Hluboký airlift.



**Obr. 3.** Odplyňovací rošt.

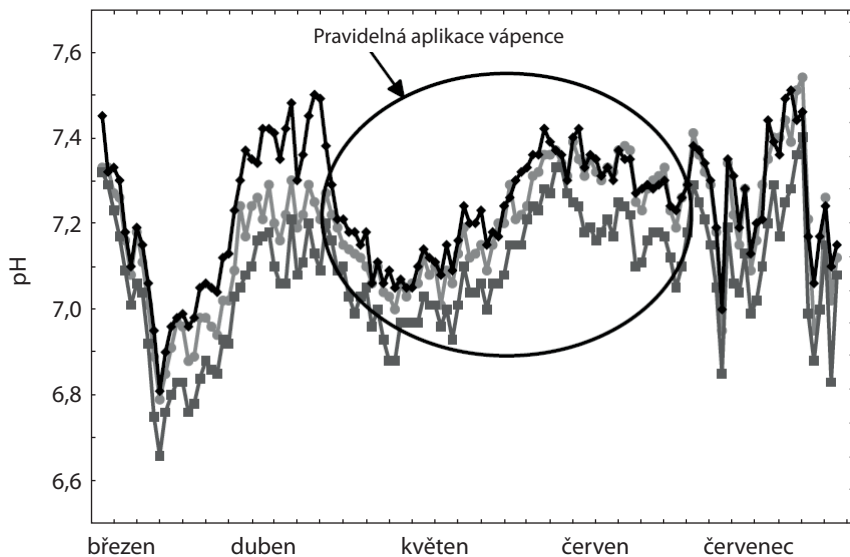


**Obr. 4.** Airlift v odchovném žlabu.

### 4.3.3. pH

Velmi důležitým parametrem v recirkulačním systému a v chovu ryb vůbec je pH. V rámci RAS nepřehlídíme pouze k optimu a limitům pro daný chovaný druh ryby, ale je nutné udržovat pH, které rovněž vyhovuje biofiltru. Optimální hodnoty pro chov ryb se obecně pohybují okolo pH 7, optimální hodnota pro správnou funkci biofiltru se potom udává okolo pH 7,2. V RAS ale v průběhu dne pH významně kolísá. Důvodem je přesycení vody oxidem uhličitým ( $\text{CO}_2$ ) a jeho přeměna na kyselinu uhličitou ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ).  $\text{CO}_2$  intenzivně vylučují ryby a jeho produkce vzrůstá s objemem krmiva, které je rybami zkonsumováno. Zároveň způsobuje větší objem zplodin látkové výměny a pevných exkrementů, které jsou vlivem intenzivní činnosti biofiltru dalším významným zdrojem  $\text{CO}_2$ . Přílišný pokles pH pak negativně ovlivňuje aktivitu biofiltru stejně jako kvalitu odchovného prostředí. Ke zvýšení pH nad 7,5–8, kdy může hrozit vliv vyšších koncentrací toxického volného amoniaku, v normálních podmínkách chovu v RAS nedochází, právě díky trvalému nadbytku  $\text{CO}_2$ . Z výše uvedeného vyplývá nutnost pravidelného sledování pH a jeho účinná regulace a optimalizace. Ta spočívá v dodání dostatečného množství dolomitického vápence ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) nebo jedlé sody ( $\text{NaHCO}_3$ ) (Loyless a Malone, 1997). V průběhu ověřování této technologie byla využita aplikace

dolomitického vápence v množství (obvykle 8–15 kg), které odpovídalo aktuálnímu zatížení systému, tzn. odvozeného od množství aplikovaného krmiva a variability pH (tab. 2). Při kontinuální aplikaci vápence bylo dosaženo optima pro funkci biofiltru a zároveň se podařilo pH stabilizovat. Během ověřování byla sledována perioda bez aplikace vápence – charakteristická značnou variabilitou pH, a perioda s pravidelnou aplikací vápence – stabilizace pH. Průběh hodnot pH v rámci ověření bez aplikace vápence a s pravidelnou aplikací vápence je patrný z obr. 5.



**Obr. 5.** Porovnání variability pH v období bez pravidelné aplikace a s pravidelnou aplikací dolomitického vápence do recirkulačního systému. Černá = měrné místo před biofiltrem, tmavě šedá = měrné místo za biofiltrem, světle šedá = měrné místo na přítoku k rybám.

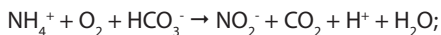
#### 4.3.4. Dusík

Různé formy dusíku a proces jejich přeměny jsou velice důležitou částí chemismu vody v RAS. Dusíkaté látky se do systému dostávají s aplikovaným krmivem, které ryby využívají a dále vylučují jeho nestrávené zbytky a amoniak. Čím větší je tedy krmná dávka, tím vyšší je množství dusíkatých látek, které se účastní koloběhu dusíku v RAS. Vylučovaný amoniak je ve vodním prostředí disociován na amonné ionty ( $\text{NH}_4^+$ ), ve volné toxické formě se začíná výrazněji vyskytovat až při zvýšeném pH vody. Pro lososovité ryby se udává kritický limit obsahu volného amoniaku ( $\text{NH}_3$ )  $0,025 \text{ mg.l}^{-1}$  (Příhoda, 2006). Kdy tohoto limitu dosáhne v závislosti na pH a teplotě vody, uvádí tab. 1.

**Tab. 1.** Hodnoty obsahu amonných iontů ( $\text{NH}_4^+$ ) ve vodě, při kterých dochází v závislosti na teplotě vody (t) a pH k dosažení hranice obsahu volného amoniaku  $0,025 \text{ mg.l}^{-1}$ , která je toxická pro lososovité ryby.

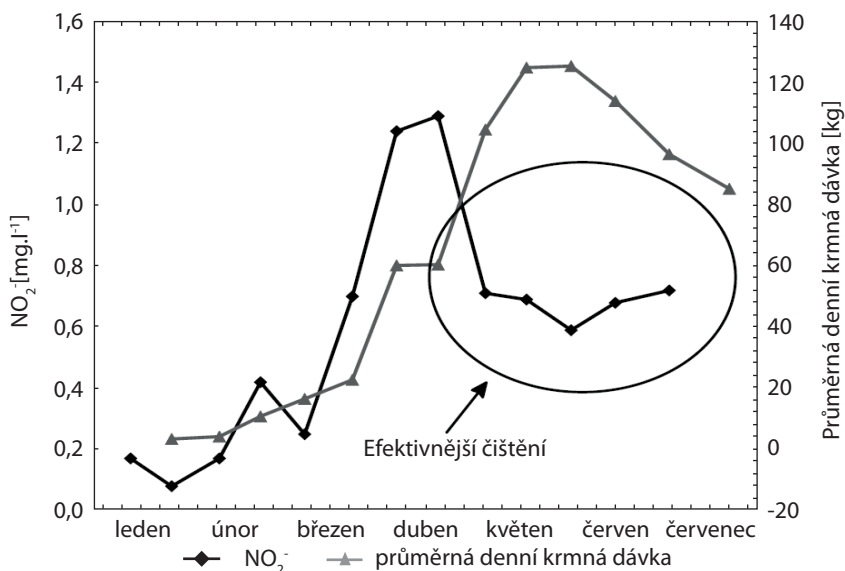
| pH/t | 1 °C | 4 °C | 7 °C | 10 °C | 13 °C | 16 °C | 19 °C | 22 °C | 25 °C |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 6,5  | 87   | 68,4 | 53,7 | 42,4  | 33,7  | 26,9  | 21,5  | 17,3  | 14    |
| 6,6  | 69,8 | 54,4 | 42,6 | 33,7  | 26,7  | 21,3  | 17,1  | 13,8  | 11,1  |
| 6,7  | 55,5 | 43,2 | 33,9 | 26,8  | 21,2  | 17    | 13,6  | 10,9  | 8,83  |
| 6,8  | 44,1 | 34,3 | 26,9 | 21,3  | 16,9  | 13,5  | 10,8  | 8,7   | 7,02  |
| 6,9  | 35   | 27,3 | 21,4 | 16,9  | 13,4  | 10,7  | 8,59  | 6,91  | 5,58  |
| 7    | 27,8 | 21,7 | 17   | 13,4  | 10,7  | 8,51  | 6,83  | 5,5   | 4,44  |
| 7,1  | 22,1 | 17,2 | 13,5 | 10,7  | 8,47  | 6,77  | 5,43  | 4,37  | 3,53  |
| 7,2  | 17,6 | 13,7 | 10,7 | 8,48  | 6,74  | 5,38  | 4,32  | 3,48  | 2,81  |
| 7,3  | 14   | 10,9 | 8,53 | 6,74  | 5,36  | 4,28  | 3,43  | 2,77  | 2,24  |
| 7,4  | 11,1 | 8,64 | 6,78 | 5,36  | 4,26  | 3,4   | 2,73  | 2,2   | 1,78  |
| 7,5  | 8,81 | 6,87 | 5,39 | 4,26  | 3,39  | 2,71  | 2,18  | 1,75  | 1,42  |
| 7,6  | 7,01 | 5,46 | 4,29 | 3,39  | 2,7   | 2,16  | 1,73  | 1,4   | 1,13  |
| 7,7  | 5,57 | 4,34 | 3,41 | 2,7   | 2,15  | 1,72  | 1,38  | 1,12  | 0,91  |
| 7,8  | 4,43 | 3,45 | 2,71 | 2,15  | 1,71  | 1,37  | 1,1   | 0,89  | 0,72  |
| 7,9  | 3,52 | 2,75 | 2,16 | 1,71  | 1,36  | 1,09  | 0,88  | 0,71  | 0,58  |
| 8    | 2,8  | 2,19 | 1,72 | 1,36  | 1,09  | 0,87  | 0,71  | 0,57  | 0,47  |
| 8,1  | 2,23 | 1,74 | 1,37 | 1,09  | 0,87  | 0,7   | 0,57  | 0,46  | 0,38  |
| 8,2  | 1,78 | 1,39 | 1,1  | 0,87  | 0,7   | 0,56  | 0,45  | 0,37  | 0,3   |
| 8,3  | 1,42 | 1,11 | 0,88 | 0,7   | 0,56  | 0,45  | 0,37  | 0,3   | 0,25  |
| 8,4  | 1,13 | 0,89 | 0,7  | 0,56  | 0,45  | 0,36  | 0,3   | 0,24  | 0,2   |
| 8,5  | 0,9  | 0,71 | 0,56 | 0,45  | 0,36  | 0,29  | 0,24  | 0,2   | 0,16  |
| 8,6  | 0,72 | 0,57 | 0,45 | 0,36  | 0,29  | 0,24  | 0,2   | 0,16  | 0,14  |
| 8,7  | 0,58 | 0,46 | 0,36 | 0,29  | 0,24  | 0,19  | 0,16  | 0,13  | 0,11  |
| 8,8  | 0,47 | 0,37 | 0,29 | 0,24  | 0,19  | 0,16  | 0,13  | 0,11  | 0,09  |
| 8,9  | 0,37 | 0,3  | 0,24 | 0,19  | 0,16  | 0,13  | 0,11  | 0,09  | 0,08  |
| 9    | 0,3  | 0,24 | 0,19 | 0,16  | 0,13  | 0,11  | 0,09  | 0,08  | 0,07  |

Přeměna dusíku bakteriálním filmem na plovoucím biofiltru (a částečně i na jiných místech systému) je zásadním procesem pro správný chod systému. Podstatou této přeměny je nitrifikace zprostředkovaná pomocí autotrofních bakterií (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*) a jejím konečným produktem jsou dusičnany ( $\text{NO}_3^-$ ). Tento proces probíhá ve dvou fázích: 1) nitritace – jejím produktem jsou toxické dusitaný ( $\text{NO}_2^-$ ) a 2) nitratice – při které vzniká z dusitanů finální produkt nitrifikace, dusičnany ( $\text{NO}_3^-$ ). Tento proces lze vyjádřit chemickými rovnicemi (Jokumsen a Svendsen, 2010):

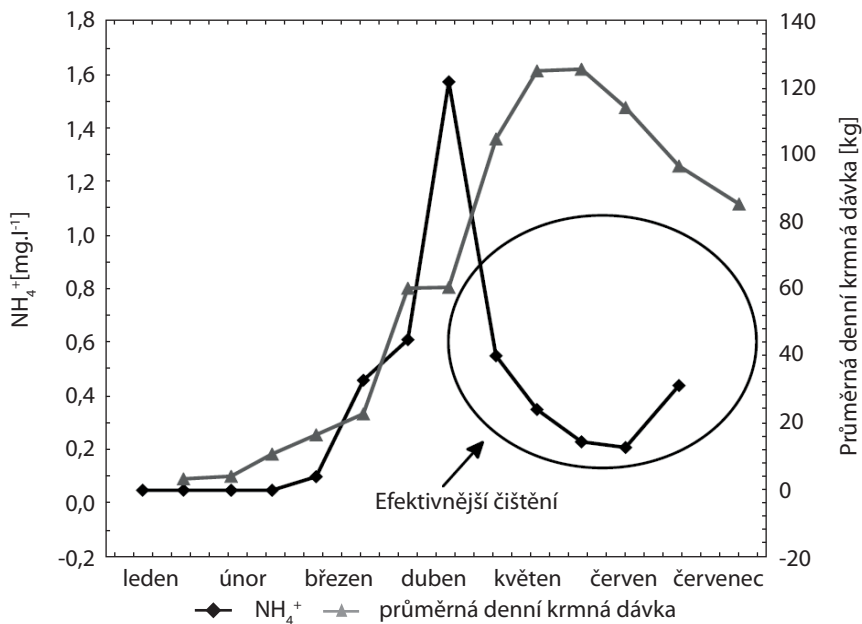


Biofiltrace má za úkol eliminovat metabolity ryb při co možná nejnižší produkci meziproductu nitrifikace, tj. dusitanů. Celý proces nitrifikace je striktně aerobní a v důsledku nedostatečného prokysličení biofiltru, nepříznivého pH nebo nedostatečným čištěním biofiltru hrozí nedokonalá funkce biofiltru (narušení procesu nitrifikace) a kolísání popř. až nahromadění vysoce toxických dusitanů a amonných iontů v systému. Toxické účinky dusitanů lze v kritickém období výrazně snížit aplikací chloridu sodného (NaCl) do systému. Pro kontrolu dobré funkčnosti biofiltru je proto vhodné monitorovat obsah sloučenin dusíku v systému. Ilustrace skokového zlepšení podmínek (snížení obsahu  $\text{NO}_2^-$  a  $\text{NH}_4^+$ ) pomocí aplikace vápence pro regulaci pH a aplikace efektivního čištění biofiltru ilustrují obr. 6. a obr. 7. Hodnoty obsahu dusíkatých látek ve vodě obvyklé v ověřovaném RAS jsou společně s ostatními fyzikálně-chemickými parametry uvedeny v tab. 3.

Důležitou formou dusíku v recirkulačních systémech je rovněž plynný dusík ( $\text{N}_2$ ). V některých případech může docházet k jeho supersaturaci ve vodě systému. To sebou nese nebezpečí výskytu plynových embolií u ryb, zejména mladších stadií – násad. Tento problém lze odstranit zmenšením hloubky ponoření hlubokého airliftu, čímž se sníží tlak, pod kterým je vzduch vháněn do vody.



**Obr. 6.** Vliv aplikace dolomitického vápence a aplikace efektivnějšího čištění na pokles obsahu toxických dusitanů ve vodě recirkulačního systému.



**Obr. 7.** Vliv aplikace dolomitického vápence a aplikace efektivnějšího čištění na pokles obsahu amonických iontů ve vodě recirkulačního systému.

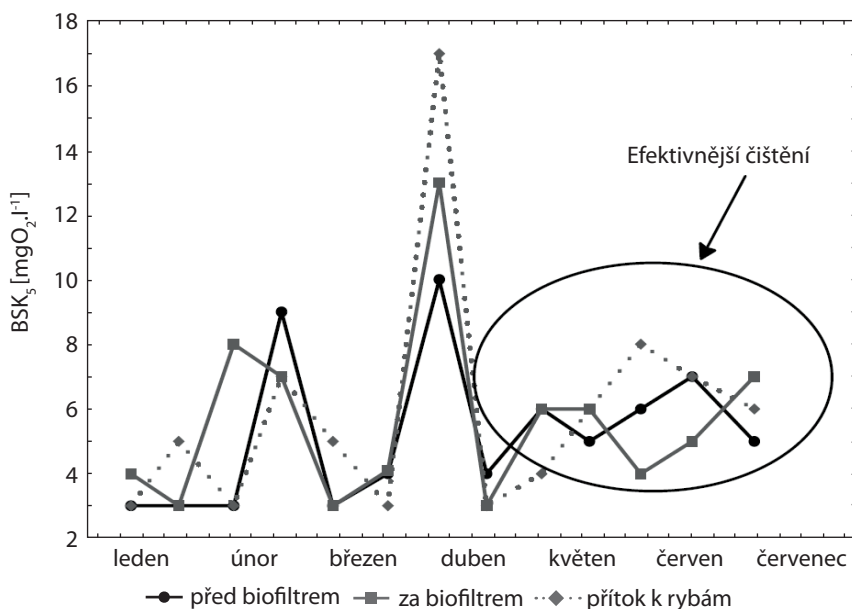
#### 4.3.5. Fosfor

Obsah celkového fosforu a fosforečnanů je přímo závislý na množství aplikovaného krmiva, což bylo potvrzeno i během ověřování technologie. Fosfor se ze systému odstraňuje společně s kalem při pravidelném odkalování a čištění biofiltru. Díky vícenásobnému použití vody v RAS, odčerpávání zahuštěného kalu a jeho odbourávání v sedimentační nádrži (růst rostlin), kam jsou kaly odčerpávány, se redukuje vypouštění fosforu do recipientu o více než 60 % ve srovnání s tradičními průtočnými systémy. K této redukci dochází i u celkového dusíku, a to více než o 35 % ve srovnání s tradičními průtočnými farmami (Jokumsen a Svendsen, 2010). To je z hlediska eutrofizace vod velmi cenná deviza RAS.



#### 4.3.6. Organické zatížení – $BSK_5$ , $CHSK_{Mn}$

Organické znečištění vody, stanovované jako biochemická spotřeba kyslíku ( $BSK_5$ ) a chemická spotřeba kyslíku ( $CHSK_{Mn}$ ), udává míru zatížení prostředí organickými látkami odbouratelnými biologickou oxidací ( $BSK_5$ ), respektive všech organických látek oxidací ( $CHSK_{Mn}$ ). Pro RAS to znamená množství kyslíku spotřebované navíc ke spotřebě kyslíku rybami a bakteriemi biofiltru. Při správném hospodaření na RAS by organické zatížení nemělo být vysoké a nemělo by významným způsobem kolísat. Na obr. 8 je patrné, že při aplikaci efektivnějšího čištění se  $BSK_5$  zřetelně stabilizovala a dále nestoupala, přestože intenzita odchovu nadále rostla. Stejný trend byl zaznamenán rovněž v případě  $CHSK_{Mn}$ . Při použití intenzivního RAS je organické zatížení recipientu v porovnání s tradičními průtočnými systémy nižší o více než 90 % (Jokumsen a Svendsen, 2010).



**Obr. 8.** Aplikace efektivnějšího čištění biofiltru redukovala a stabilizovala  $BSK_5$ , která nadále nestoupala, přestože intenzita odchovu po celou dobu rostla.

### 4.3.7. Ostatní významné chemicko-fyzikální parametry

V RAS se v průběhu odchovu může vyskytovat a měnit mnoho dalších parametrů. Z hlediska důležitosti jejich zjištění v systému můžeme zmínit toxické plyny metan ( $\text{CH}_4$ ) a sirovodík ( $\text{H}_2\text{S}$ ). V případě jejich zjištění máme alarmující známku toho, že systém nezvládáme. Tyto plyny vznikají anaerobní cestou, tzn. že jsme zanedbali čištění biofiltru nebo odkalení a v sedimentu nebo nečištěné části biofiltru probíhají nežádoucí anaerobní procesy. Sirovodík i metan jsou vysoce toxické a i v malých koncentracích mohou ohrozit obsádku. V případě jejich nahromadění v sedimentu je možné je detekovat čichem.

Špatný nebo nedostačující způsob čištění a odkalování vede rovněž k vyššímu zákalu vody (způsobený zejména vysokým množstvím nerozpuštěných látek ve vodě), který může dráždit žaberní aparát chovaných ryb. Naopak efektivní čištění biofiltru a odkalování účinně snižuje obsah nerozpuštěných látek ve vodě a stabilizuje jeho funkci. Zákal se může rovněž objevit při skokovém zvýšení množství aplikovaného krmiva, kdy biofiltr nestačí tak rychle reagovat na nahromaděné množství exkrementů a zplodin metabolismu.

V průběhu ověřování technologie byla rovněž sledována tvrdost vody (obecně charakterizovaná jako koncentrace vápníku a hořčíku) a kyselinová neutralizační kapacita ( $\text{KNK}_{4,5}$ ).  $\text{KNK}_{4,5}$  (optimum 1–2 mmol.l<sup>-1</sup>) je schopnost neutralizovat kyseliny, což je v RAS důležité z hlediska trvalého okyselování prostředí nadprodukcí  $\text{CO}_2$ , potažmo  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Zvýšení této pufráčnické schopnosti vody ke kyselinám bylo docíleno aplikací vápence popř. jedlé sody.

**Tab. 2.** Porovnání variability pH v období bez a s aplikací dolomitického vápence (Levenův test;  $\alpha = 0,05$ ).

| Odběrné místo   | Aplikace vápence | Průměr | Min. | Max. | Rozptyl | Směr. odchylka | Levenův test F | Levenův test p           |
|-----------------|------------------|--------|------|------|---------|----------------|----------------|--------------------------|
| před biofiltrem | ne               | 7,13   | 6,79 | 7,54 | 0,031   | 0,176          | <b>7,98</b>    | <b>0,0056</b>            |
|                 | ano              | 7,21   | 6,95 | 7,47 | 0,016   | 0,128          |                |                          |
| za biofiltrem   | ne               | 7,02   | 6,66 | 7,40 | 0,031   | 0,176          | <b>9,43</b>    | <b>0,0027</b>            |
|                 | ano              | 7,11   | 6,85 | 7,33 | 0,014   | 0,119          |                |                          |
| vstup k rybám   | ne               | 7,20   | 6,81 | 7,50 | 0,032   | 0,180          | <b>14,76</b>   | <b>2.10<sup>-4</sup></b> |
|                 | ano              | 7,24   | 7    | 7,48 | 0,015   | 0,122          |                |                          |

**Tab. 3.** Základní parametry vody v recirkulačním systému v průběhu vegetačního a zimního období s udáním průměrné hodnoty a směrodatné odchylky.

| Sledovaný parametr                                     | Odběrné místo          | Vegetační období |           | Zimní období |           |
|--|------------------------|------------------|-----------|--------------|-----------|
|  |                        | Průměr           | Sm. odch. | Průměr       | Sm. odch. |
| Amonné ionty (mg.l <sup>-1</sup> )                     | <i>před biofiltrem</i> | 0,49             | 0,35      | 0,12         | 0,09      |
|  | <i>za biofiltrem</i>   | 0,44             | 0,36      | 0,09         | 0,07      |
|  | <i>vstup k rybám</i>   | 0,43             | 0,33      | 0,12         | 0,11      |
| Dusitany (mg.l <sup>-1</sup> )                         | <i>před biofiltrem</i> | 0,88             | 0,41      | 0,36         | 0,22      |
|  | <i>za biofiltrem</i>   | 0,87             | 0,41      | 0,36         | 0,22      |
|  | <i>vstup k rybám</i>   | 0,88             | 0,42      | 0,35         | 0,22      |
| Dusičnany (mg.l <sup>-1</sup> )                        | <i>před biofiltrem</i> | 142,07           | 43,3      | 69,05        | 33,49     |
|  | <i>za biofiltrem</i>   | 142,93           | 43,83     | 69,6         | 33,66     |
|  | <i>vstup k rybám</i>   | 142,8            | 43,31     | 69,06        | 33,25     |
| BSK <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> .l <sup>-1</sup> ) | <i>před biofiltrem</i> | 5,23             | 1,89      | 4,14         | 2         |
|  | <i>za biofiltrem</i>   | 4,98             | 2,44      | 4,14         | 1,73      |
|  | <i>vstup k rybám</i>   | 5,31             | 3,33      | 4,55         | 1,29      |
| CHSKMn (mg O <sub>2</sub> .l <sup>-1</sup> )           | <i>před biofiltrem</i> | 12,38            | 2,74      | 6,03         | 2         |
|  | <i>za biofiltrem</i>   | 12,31            | 1,84      | 6,06         | 1,8       |
|  | <i>vstup k rybám</i>   | 12,49            | 2,66      | 6,11         | 1,92      |
| Celkový fosfor (mg.l <sup>-1</sup> )                   | <i>před biofiltrem</i> | 2,35             | 0,69      | 0,9          | 0,39      |
| Fosforečnany (mg.l <sup>-1</sup> )                     | <i>před biofiltrem</i> | 7,21             | 2,12      | 2,85         | 1,23      |
| Nerzpuštěné látky (mg.l <sup>-1</sup> )                | <i>před biofiltrem</i> | 5,27             | 2,96      | 2,45         | 0,52      |
| KNK <sub>4,5</sub> (mmol.l <sup>-1</sup> )             | <i>před biofiltrem</i> | 0,57             | 0,19      | 0,67         | 0,11      |
| Tvrdość (mmol.l <sup>-1</sup> )                        | <i>před biofiltrem</i> | 1,72             | 0,25      | 1,32         | 0,22      |

#### 4.4. Odchovný prostor a odchov ryb

Odchovný prostor je tvořen deseti odchovnými žlaby o objemu 36 m<sup>3</sup>, tzn. že celkový odchovný prostor RAS má objem 360 m<sup>3</sup>. Součástí každého žlabu jsou přítokové a odtokové mříže s možností regulace průtoku a airlift pro odplynění (CO<sub>2</sub>) vody, provzdušnění a pro vytvoření cirkulace vody v rámci odchovné nádrže (obr. 9). Přítokové a odtokové mříže mají rozteč 5 mm, což umožňuje nasazení čtvrtročka až půlročka již od velikosti 3–5 gramů. Odchovný prostor je projektován na okamžitou maximální kapacitu 40 tun, což je biomasa větší než 100 kg na m<sup>3</sup>. V rámci ověřování technologie byla tato odchovná biomasa ověřena u pstruha duhového a sivena amerického, u kterého na konci odchovu činila obsádka žlabu více než 4 tuny. V rámci

ověření funkčnosti technologie byly v systému odchovávány tyto obsádky ryb: pstruh duhový a siven americký (ve velikosti 4–1 500 g) a pstruh duhový all-female populace (5–300 g). V průběhu ověřování technologie a testování postupů bylo dosaženo maximální okamžité biomasy > 21 tun ryb v systému.



**Obr. 9.** Detail odchovného žlabu (vlevo) a airliftu (vpravo).

---

## 4.5. Krmení ryb

---

Jako krmivo je pro recirkulační systémy možné používat klasická krmiva pro lososovité ryby, ale vhodnější je použití kvalitnějšího krmiva s vyšší soudržností, jež předchází zbytečnému vyluhování živin a umožňuje snadnější odkalení zároveň při jeho optimálním využití rybami. Navíc většina významných firem vyrábějících krmiva pro ryby má obvykle dostupná krmiva, jež jsou pro RAS doporučena nebo jsou pro ně přímo vyvinuta. U specializovaných krmiv pro RAS je potom dokonce možné navýšit množství aplikovaného krmiva nad původní plánovanou kapacitu biofiltru, protože tato krmiva jsou svými vlastnostmi k biofiltru šetrnější.

### 4.5.1. Krmení

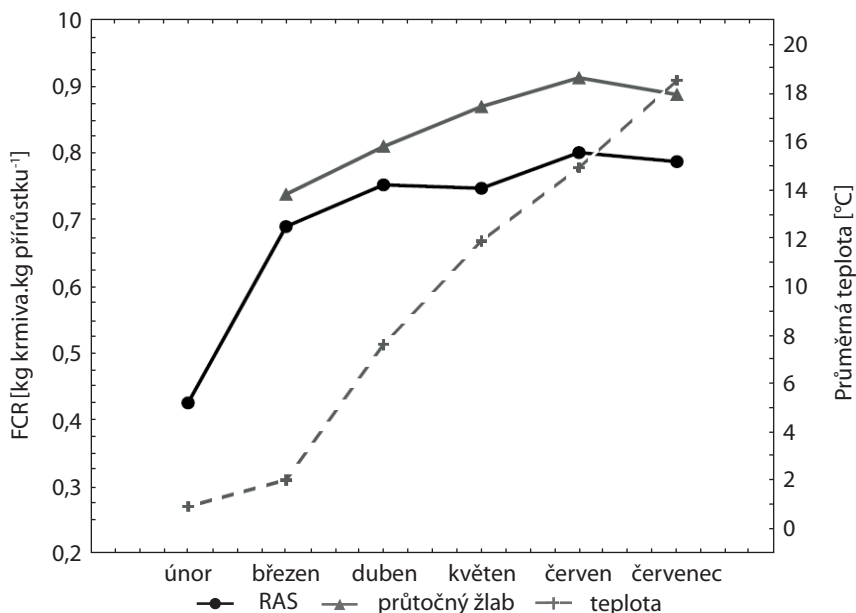
---

Vždy byla stanovena pevná krmná dávka pro odchovávané druhy ryb podle aktuálních podmínek prostředí (zejména teplota vody), věkového, velikostního a druhového složení obsádek. Probíhala pravidelná kontrola spotřebovaného krmiva a případná

úprava krmné dávky. Aplikace krmiva probíhala pomocí dotykových krmítek pro ryby nad 50 g a pro menší ryby pomocí krmítek s hodinovým strojkem. Obecně se nedoporučuje krmení ad libitum, ale dodržování stanovených dávek z důvodu optimálního využití krmiva, a tím dosažení nejvyššího možného krmného koeficientu.

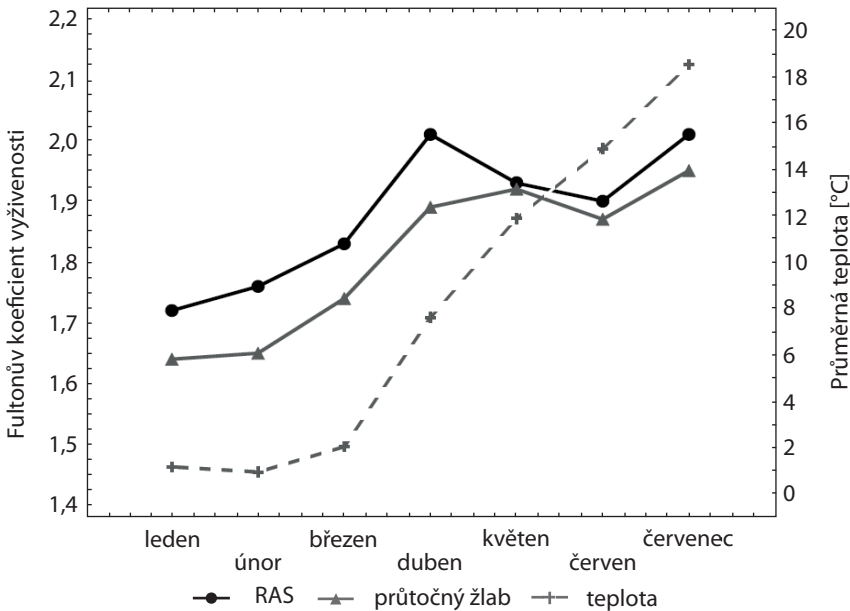
#### 4.5.2. Koeficient konverze krmiva

Důležitým aspektem v chovu ryb a ukazatelem rentability je využití aplikovaného krmiva, uváděné jako koeficient konverze krmiva (FCR; množství krmiva v kg potřebného na 1 kg přírůstku ryb) (Report of the EIFAC/IUNS and ICES working group on standardization of methodology in fish nutrition research, 1980). V tomto směru byly na RAS sledovány velmi dobré výsledky, které byly vždy výrazně lepší než na referenčním průtočném systému (obr. 10.). Na obou porovnávaných systémech byl přitom použit shodný typ krmiva. Extrémně nízkých hodnot FCR (0,43) bylo dosaženo v nejchladnější periodě roku. Naproti tomu ryby chované v průtočném systému během tohoto období krmivo využívaly pouze jako záchovnou dávku a jejich průměrná hmotnost se dokonce nepatrně snížila.



**Obr. 10.** Porovnání koeficientu konverze krmiva (FCR) u ryb chovaných v recirkulačním systému dánskému typu a na referenčním průtočném žlabu s uvedením průměrné teploty vody.

Ryby v chované v RAS byly v porovnání s rybami na referenčním průtočném systému na první pohled mohutnější s opticky větším nasazením hřbetní svaloviny. O tom vypovídá i zjištěný signifikantně vyšší průměrný Fultonův koeficient vyživenosti u ryb z RAS ve srovnání s rybami z obsádky systému průtočného. To může být dáno jinou intenzitou a typem proudění vody v recirkulačním systému a zároveň to může být výsledkem stabilnějších podmínek odchovu v porovnání s podmínkami v průtočném systému, kde rychle se měnící podmínky (teplota, zákal, průtok) nepůsobí pozitivně na kondici ryb. Průběh hodnot Fultonova koeficientu během ověřování technologie je patrný na obr. 11.

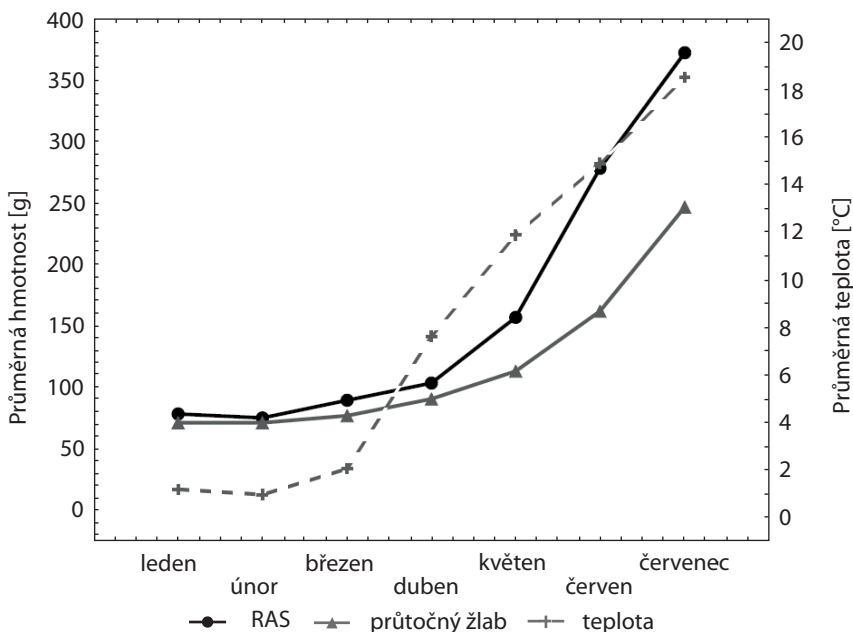


**Obr. 11.** Porovnání Fultonova koeficientu vyživenosti u ryb chovaných v recirkulačním systému dánského typu a na referenčním průtočném žlabu s uvedením průměrné teploty vody.

#### 4.5.3. Růst

Patrně nejdůležitější součástí ověřování technologie chovu ryb v RAS z hlediska zajímavosti pro praktiky produkčního rybářství je analýza růstu sledovaného druhu v průběhu sledovaného období. Výše uvedené skutečnosti o konverzi krmiva a kondici ryb jasně předestírají, že by rozdíly v růstu měly být dobře patrné. Obsádka pstruha duhového nasazená v RAS rostla oproti referenčnímu průtočnému žlabu signifikant-

ně rychleji. Přestože počáteční hmotnost ryb na průtočném systému a na RAS byla přibližně stejná, ryby chované v RAS dosáhly tržní hmotnosti 250 gramů o jeden a půl měsíce dříve, než jedinci odchovávaní v průtočném systému (obr. 12.). Na konci sledování růstu obsádek dosahoval pstruh duhový odchovávaný v RAS v průměru o více než 120 g vyšší hmotnosti. Vzhledem k dosažení cílové tržní hmotnosti a postupnému odlovu sledovaných obsádek sledování růstu dále nepokračovalo. Vzhledem k nastolenému trendu a výborné konverzi krmiva lze předpokládat, že by si ryby odchovávané v RAS tendenci k rychlejšímu růstu zachovaly i v případě delšího odchovu. Možným vysvětlením rychlejšího růstu je vyšší teplota vody a vyšší stabilita podmínek prostředí v RAS a zároveň absence krátkodobých extrémních podmínek v průběhu odchovu typických pro průtočný systém (mechanický zákal po vydatném dešti, povodňové stavy, nedostatek vody v důsledku sucha, kolísání minimálních a maximálních teplot).



**Obr. 12.** Porovnání růstu hmotnosti sledovaných obsádek pstruha duhového v průběhu ověřování technologie chovu ryb v recirkulačním systému dánského typu a na referenčním průtočném žlabu s uvedením průměrné teploty vody.

#### 4.6. Biofiltrace vody a odkalení

Biofiltrace má za úkol eliminovat z vodního prostředí metabolity ryb, tzn. odbourávat amonné ionty při co možná nejnižší produkci meziprojektu nitrifikace – dusitanů (Sastry a kol., 1999). Pro správnou funkci biofiltru je potom nutné udržovat parametry vody pro jeho správnou funkci: pH, kyselinovou neutralizační kapacitu ( $KNK_{4,5}$ ) a obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě. Tyto parametry a jejich vliv na funkci biofiltru jsou již popsány výše. Důležitým faktorem je také stupeň zatížení biofiltru, který by měl být dostatečný pro nárůst aktivního biofilmu bakterií. Zároveň je ale kontraproduktivní přetěžování biofiltru, např. nadměrným množstvím zbytkového nespoteřovaného krmiva. Biofiltr je v období jeho rozběhu anebo po zimním období (nízká aktivita biofiltru) třeba zatěžovat postupným, nikoli skokovým zvyšováním krmných dávek. Například při skokovém navýšení krmné dávky může dojít k rychlému nárůstu koncentrace amonných iontů a dusitanů, protože biomasa biofiltru nestačila tak rychle reagovat a „nárůst“ a se zatížením se vypořádat.

Pro biofiltraci vody a odkalení se v recirkulačním systému dánského typu využívá plovoucí biofiltr, ponořeného biofiltru (obr. 13) a odkalovacích kónusů umístěných na konci každého odchovného žlabu.



**Obr. 13.** Pohled na plovoucí biofiltr rozpohybovaný pomocí vzduchu (vlevo) a pohled na elementy ponořeného biofiltru (vpravo).



### 4.6.1. Plovoucí biofiltr

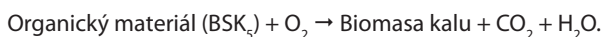
---

Základem funkce biofiltru je nitrifikace pomocí autotrofních bakterií, jak je popsáno v kapitole 4.3.4. „Dusík“. Tento proces zabezpečuje z naprosté většiny bakteriální nárost (biofilm) na elementech plovoucího biofiltru. V menším měřítku probíhá samozřejmě nitrifikace i v ostatních místech systému. Velká plocha elementů (~ 750 m<sup>2</sup> na m<sup>3</sup> elementů) zajišťuje dostatečnou plochu pro růst tenkého bakteriálního filmu, který se neustále obměňuje a roste dle zatížení systému. Plovoucí biofiltr je neustále v pohybu. Jeho pohyb a dostatečné zásobování kyslíkem zajišťuje probublávání vzduchem. Optimální pH pro funkčnost biofiltru je 7,2.

### 4.6.2. Ponořený biofiltr

---

Ponořený biofiltr následuje v systému hned po plovoucím biofiltru a má funkci v zachycení pevných nerozpuštěných látek ve vodě, ale hlavně zajišťuje jejich rozklad. Jeho umístění za plovoucím biofiltrem je nutné pro lepší kyslíkové poměry pro plovoucí biofiltr. V případě opačného pořadí by se snižovala účinnost nitrifikačních bakterií kvůli nedostatečné saturaci vody kyslíkem. Navíc probublávání plovoucího biofiltru okysličuje vodu přicházející na ponořený filtr, což je nutné pro oxidaci organického materiálu, která zde probíhá. Na rozdíl od plovoucího filtru jsou zde rozkladné procesy úkolem heterotrofních bakterií (Leonard a kol., 2000), které mnohdy narůstají na organickém materiálu ve formě silných povlaků a chomáčů. Přesto je tento proces rovněž aerobní a lze ho zjednodušeně vyjádřit rovnicí (Jokumsen a Svendsen, 2010):



Vzhledem k velmi rychlému intenzivnímu prorůstání kalů bakteriemi je nutné potopený biofiltr pravidelně čistit. Pro tento účel jsou v každé sekci biofiltru (celkem je jich osm) tři odkalovací roury a přívod vzduchu pro víření kalu při čištění. V případě nedostatečného čištění může v biofiltru docházet k minimální saturaci kyslíkem a k nežádoucím anaerobním procesům.

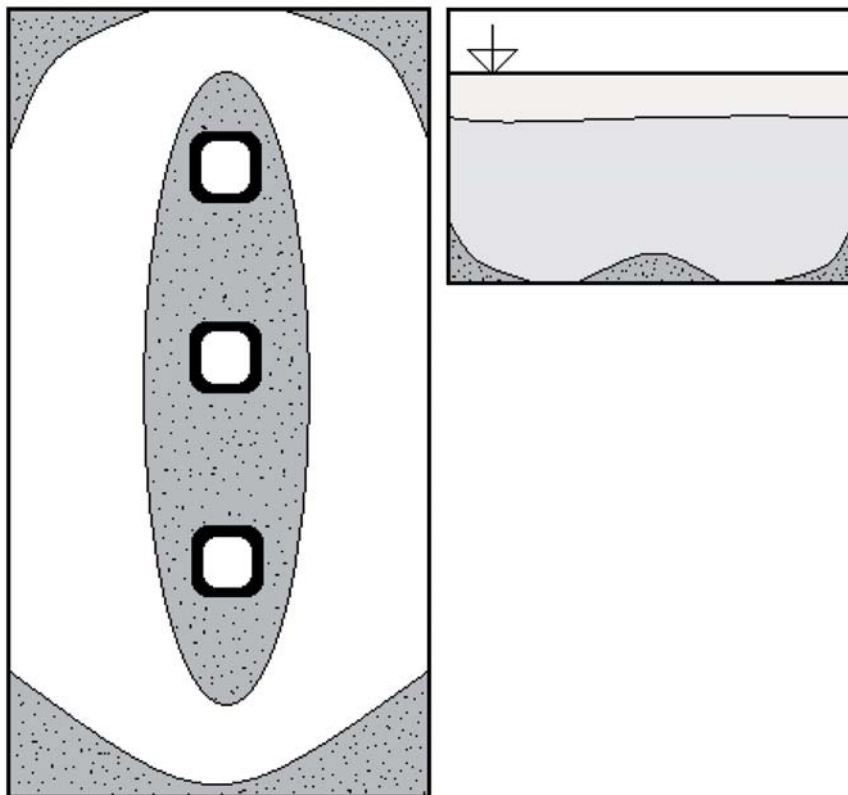
### 4.6.3. Odstraňování kalů a čištění biofiltru

---

Z dříve popsaných skutečností a výsledků vyplývá, že významnou roli v obhospodařování RAS hrají kontrola a prevence, kam spadá i pravidelné odkalování a efektivní čištění biofiltru.

Většina zbytků krmiva a exkrementů sedimentuje již na odtoku z odchovných nádrží hned za odtokovými mřížemi. Za nimi jsou umístěny dvě kónické sedimentační

prohlubně – odkalovací kónusy. Zde se v průběhu dne hromadí kal, který je nutné pravidelně odstraňovat jednoduchým vytažením zátky kónusu a odčerpáním kalu do sedimentační nádrže. Odkalování můžeme provádět podle aktuální intenzity odchovu na každé nádrži, ale dobrým pravidlem je provádět jej každodenně. V případě dlouhé doby mezi odkalením dochází k nahromadění kalů a rozvoji anaerobních procesů, které mohou do systému uvolňovat toxický sirovodík či metan.

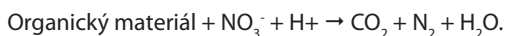


**Obr. 14.** Kritické partie ponořeného biofiltru, ve kterých může docházet ke vzniku „mrtvých koutů“; v pohledu ze shora (vlevo) a v příčném řezu (vpravo).

Nerozpuštěné organické látky, které nebyly odkaleny již pomocí odkalovacích kónusů, se zachycují na elementech ponořeného biofiltru a mezi nimi, kde jejich degradaci zabezpečují heterotrofní bakterie (viz výše). Pro čištění potápivé části biofiltru se používá probublávání vzduchem a odsávání kalů perforovanými rourami do sediment-

tační nádrže. Probubláváním filtru se zvirí usazené nečistoty, rozbijí se prorostlá místa a zároveň se propláchnou jednotlivé elementy biofiltru. Ani tento důmyslný systém však není dokonalý. Náhodně a nahodilě uložení elementů náplně biofiltru totiž vede k jejich natěsnání a „srůstu“ v partiích u dna biofiltru, zejména v rozích, a ke tvorbě tzv. „mrtvých koutů“ (obr. 14). Ty se postupem času mohou zvětšovat a zmenšují tak aktivní plochu a efektivitu biofiltru, vedou ke vzniku anaerobních zón a zhoršují kyslíkové poměry za biofiltrem. V rámci ověřování technologie bylo proto přistoupeno k hodnocení čištění biofiltru při současném rozmíchávání kritických partií ponořeného biofiltru (manuálně nebo dodatečným probubláváním vzduchu), kde je vysoká pravděpodobnost tvorby „mrtvých koutů“. Toto „efektivní čištění“ mělo zásadní vliv na funkci biofiltru a stabilizaci podmínek v systému (obr. 6, 7, 8). V závislosti na intenzitě odchovu (množství aplikovaného krmiva), a tím i zarůstání ponořeného biofiltru, by se měly efektivně čistit 1 až 3 sekce biofiltru denně pro zajištění trvale udržitelného vhodného prostředí pro produkci ryb a zabránění přílišnému kolísání fyzikálně-chemických parametrů v systému, což je z hlediska kontinuity optimální produkce žádoucí.

Odpadní voda (kaly) z RAS není vypouštěna přímo do recipientu, jak je tomu u klasických průtočných systémů, ale je sedimentována v sedimentační nádrži. V této nádrži dochází k sedimentaci a hromadění organického materiálu, partikulovaného fosforu, dusíku a jiných nerozpuštěných látek, konverzi dusitanů na plynný dusík (N<sub>2</sub>) a k využití rozpuštěného dusíku a fosforu rostlinami. Díky rozkladu nahromaděného organického materiálu zde vzniká anaerobní prostředí, které podporuje denitrifikaci, tj. výše zmíněnou přeměnu dusičnanů na plynný dusík během spotřeby organických látek, což je možno zjednodušit v rovnici (Jokumsen a Svendsen, 2010):



Pro co největší efektivnost odbourávání nutrientů je důležitá co nejdelší doba zdržení vody v nádrži. Odtok z této nádrže přepadem je minimální (vzhledem k odparu z hladiny a vegetace, popř. vsaku) a nepřekračuje hodnotu 0,2 l.sec<sup>-1</sup>.

---

#### 4.7. Technologické postupy a řešení zvyšující efektivitu RAS

---

RAS je v současné podobně funkční a efektivní, ale přesto existují možnosti, jak jeho výrobní kapacitu navýšit a odchov ryb ještě zefektivnit. Jedním ze způsobů, jak relativně snadno zvýšit produkci ověřovaného RAS až o 50 %, je obohacení vody kyslíkem buď pouze v teplejším období roku, kdy je množství spotřebovaného krmiva a kyslíku nejvyšší, nebo lépe celoročně.

Velice vhodné řešení pro efektivizaci odchovu v našich zeměpisných podmínkách je zastřešení objektu takovým způsobem, abychom se v zimním období vyhnuli zamrzání hladiny RAS a v létě naopak zabránili nadměrnému prohřívání vody. V Dánsku,

odkud technologický postup pochází, toto opatření není nutné, neboť díky přímořskému klimatu ani k jednomu efektu (tj. zamrznání a přehřívání) obvykle nedochází. Přesto jsou zastřešené RAS používány pro možnost tepelné úpravy vody pro konkrétní potřeby chovaných druhů ryb a pro prodloužení období nejlepšího růstu ryb (Rassmusen a kol., 2007).

---

#### **4.8. Zdravotní rizika v kontrolovaných podmínkách intenzivního chovu**

---

V průběhu odchovu by nemělo docházet ke ztrátám vyšším než 10 %. Nejrizikovějším obdobím v tomto ohledu je nasazení a odchov násad. Pokud jsou to násady, které nejsou z vlastních zdrojů, je vhodné přistoupit nejprve ke karanténě násad před nasazením do RAS, je-li to ovšem možné. Pokud to možné není, je nutné dbát na důvěryhodnost dodavatele a důkladné veterinární vyšetření dodaných ryb. Vzhledem k izolaci RAS od zdrojů povrchové vody je třeba dodržovat zoohygienu, a tak i prostředí prosté patogenních bakterií a virů. To v povrchových vodách není možné (i vzhledem k vysazování ryb do rybářských revírů), což je jednou z největších výhod RAS v porovnání s průtočnými systémy napájenými z vodních toků.

Ke zdravotním rizikům pak patří náhlé změny fyzikálně-chemických parametrů vody, které je proto nutné pravidelně monitorovat a předejít tak problémům dříve, než nastanou. Tato preventivní sledování dovolují včas přizpůsobit výrobní postupy popsané výše (dávkování krmiva, frekvence čištění, aplikace vápence). Jako prevenci pro případné nepozorované negativní změny v aktivitě biofiltru je vhodné pravidelně aplikovat chlorid sodný. V přítomnosti chloridů se totiž výrazně snižuje toxicita dusitanů (Kroupová a kol., 2005) vznikajících ve zvýšené míře při nedokonalém procesu nitrifikace. Chlorid sodný navíc příznivě ovlivňuje zdraví ryb – dodává jim větší odolnost vůči parazitům a likviduje mikroorganismy citlivé na sůl.

Další možností je aplikace postupů pro dezinfekci vody, jako je použití ultrafialového záření (Sharrer a kol., 2005) nebo aplikace ozonu (Davidson a kol., 2011). Při dodržení zoohygienických postupů jsou ale tyto postupy skutečně jen preventivního rázu a nejsou nutné.

Velmi důležitým faktorem je používání kvalitních krmiv a průběžné sledování jejich kvality. Krmivo nesmí být prašné a obsahovat hrudky nebo stopy plísní. Vždy je třeba kontrolovat dobu spotřeby krmiv a podmínky jejich skladování. Případná aplikace krmiva obsahujícího žluklé tuky může mít vysoce negativní vliv na přírůstek a přežití obsádek.

---

#### **4.9. Druhy ryb vhodné pro RAS dánského typu**

---

RAS dánského typu byl prvoplánově vyvinut pro chov pstruha duhového a v současnosti je to nejfrekventovanější druh chovaný v podobných systémech. Technologie dánského RAS je ale vhodná a využívá se i pro ostatní druhy lososovitých ryb, jako

pstruha obecného, sivena amerického, sivena arktického, popř. jejich hybridy. V případě teplotní manipulace jsou tyto systémy vhodné i pro intenzivní odchov okounovitých (okoun říční, candát obecný) a jeseterovitých ryb.

Během období ověřování technologie byli v systému úspěšně odchováváni pstruh duhový a siven americký se srovnatelnými produkčními ukazateli. Během ověřování technologie byla testována rovněž celosamičí populace pstruha duhového, která se vyznačovala velmi rychlým růstem (tržní velikosti 250 gramů dosahovala již ve stáří 10 měsíců).

## 5. UPLATNĚNÍ TECHNOLOGIE V PRODUKCI PODNIKATELSKÉHO SUBJEKTU

Závěrečné zhodnocení technologie chovu lososovitých ryb v recirkulačním systému dánského typu by mělo řešit poměrně velké množství otázek souvisejících s funkcí a použitelností tohoto systému v podmínkách ČR. Stěžejní otázkou však bylo, zda doporučit, nebo nedoporučit českým producentům ryb tuto technologii pro další realizace u nás. Celkově lze zhodnotit, že ověření technologie v klimatických podmínkách ČR bylo úspěšné. Vzhledem k faktu, že produkce lososovitých ryb u nás je limitována nedostatečnými zdroji kvalitní vody, pro tradiční chovy je uplatnění technologie jediným možným rozvojem tohoto sektoru rybnářství v ČR. V lokalitě, kde byla technologie ověřována, by přílehlý vodní tok již neunesl další odchovné zařízení. Přesto zde vyrostl systém zcela nezávislý na vodním toku, který využívá pouze drenážní vodu. Stejně tak může posloužit i vrt. Kapacita systému je potom odvozena od množství vody, které máme k dispozici. Pro testovaný systém postačují jen 3 l.sec<sup>-1</sup> při plánované maximální produkci až 100 tun (té bude pravděpodobně dosaženo v roce 2012). Zjednodušeně řečeno, tento technologický postup znamená, že kdo vlastní dostatečně velký pozemek pro stavbu a je připraven investovat, může začít chovat lososovité ryby nebo i jiné druhy ryb. Tímto můžeme vyjmout jediný limitní faktor v českém rybnářství donekonečna opakovaný ve spojitosti s roční produkcí lososovitých ryb, tj. dostatečný zdroj kvalitní čisté přítokové vody. V podobných a modifikovaných systémech v Evropě a jinde ve světě se v dnešní době běžně chová kromě pstruha např. siven, losos, okoun, candát, úhoř, tilapie aj. (Kouřil a kol., 2008; Policar a kol., 2009; Stejskal a kol., 2010). Další výhodou je přítoková voda prostá patogenních bakterií či virů. To je v dnešní době charakteristické čilým nasazováním ryb do revírů, jde o vysoce důležitý faktor z hlediska zoohygieny.

Hlavními nevýhodami jsou vysoká spotřeba elektrické energie, neznalost nových technologií rybnářskou veřejností a vysoké náklady spojené s výstavbou systému. První ze zmiňovaných nevýhod je bez diskuzí, ale vysoká produktivnost systému tyto náklady kompenzuje. Druhá nevýhoda by měla být dostatečně eliminována díky podobným aplikovaným studiím, jako je tato. Třetí nevýhoda může být vzhledem k existenci evropských dotačních titulů kompenzována na méně než polovinu. Výhodou systému

z celorepublikového hlediska je možnost významně zvýšit produkci ceněných druhů ryb, jako jsou např. právě lososovité ryby, candát, okoun nebo jeseter. V případě plného využití jednoho RAS pro 100 tun, stejně jako systém použitý pro ověření technologie, se celorepubliková produkce lososovitých ryb může zvednout o nezanedbatelných 13 %. Tyto kapacity následně mohou omezit dovoz lososovitých ryb ze zahraničí a nahradit je domácí produkcí.

## 6. EKONOMICKÝ PŘÍNOS TECHNOLOGIE PRO PODNIKATELSKÝ SUBJEKT

V konkrétním případě Pstruhařství Mlýny, na němž byla technologie ověřována, nebylo již možné navýšit produkci tradičním způsobem kvůli nedostatku kvalitní přítokové vody a potenciálnímu negativnímu vlivu další odchovné kapacity na vodní tok. Výstavbou ověřovaného RAS se produkce pstruhařství navýšila na čtyř až pětinasobek původní produkce v roce 2010 a během let 2011 a 2012 by se měla navýšit až na maximální produkci daného systému, tj. 100 tun, což je desetinásobek původní produkce pstruhařství. Navíc testované obsádky v daném systému lépe využívaly krmivo a rostly rychleji nežli v přílehlém tradičním průtočném systému. Tento faktor je vzhledem ke vzrůstajícím cenám krmiv ekonomicky velmi důležitý. Některá důležitá data za poslední sezónu funkce RAS pro sumární a ekonomické zhodnocení technologie chovu lososovitých ryb v recirkulačním systému dánského typu uvádí tab. 4. Ekonomice a finančním tokům v rámci recirkulačních systémů se věnovali např. Rawlinson a Forster (2001) nebo O'Rourke (1996).

Tato technologie má potenciál pro výrazné zvýšení domácí produkce lososovitých druhů ryb, a může tak zároveň omezit jejich dovoz ze zahraničí. Vzhledem k efektivitě technologie je výstavba nových systémů ekonomicky prospěšnější než potenciální výstavba tradičních průtočných farem.

**Tab. 4.** Sumární základní data o provozu v rámci ověřování technologie chovu lososovitých ryb v recirkulačním systému dánského typu v období od 1. 7. 2010 do 30. 6. 2011.

| <b>Sumární údaje za období 7/2010 – 6/2011</b>  |   |   |  |
|---|---|---|--|
| Maximální možná jednorázová biomasa (projektovaná):   | 40 t  | Maximální biomasa během ověřování:  | 21 t   |
| Celkové množství spotřebovaného krmiva:   | 27 t<br>1 080 000 Kč  | Odhad celkového přírůstku (pro FCR 0,8) – cena:   | 33,75 t<br>3 700 000 Kč                          |
| Celkové množství aplikovaného chloridu sodného – cena:  | 4,56 t<br>13 700 Kč   | Celkové množství aplikovaného vápence – cena:   | 4,4 t<br>4 400 Kč                                |
| Celková spotřeba elektrické energie (15 kWh):   | 131 400 kWh<br>459 900 Kč   | Obsluha systému:  | 1–2 osoby  |
| <b>Porovnání s průtočným systémem</b>   |   |   |  |
| Celková spotřeba napájecí vody na recirkulačním systému, zdroj drenáž (3 l.sec <sup>-1</sup> ): | 94 600 m <sup>3</sup>   | Celková spotřeba napájecí vody na sousedním průtočném systému, zdroj řeka (300 l.sec <sup>-1</sup> ): | 9 460 800 m <sup>3</sup>                         |
| Celkové množství odtékající vody do recipientu (max. 0,2 l.sec <sup>-1</sup> ):                 | 6 300 m <sup>3</sup>  | Celkové množství odtékající vody do recipientu (~ 300 l.sec <sup>-1</sup> ):                          | ~ 9 460 800 m <sup>3</sup>                       |
| Maximální projektovaná roční produkce:  | 100 t   | Maximální projektovaná roční produkce – sousední průtočný systém:                                     | 12 t   |
| Stavební a technologické náklady na stavbu dánského systému:                                    | 15 mil Kč<br>(- dotace 5,5 mil. Kč)   | Stavební a technologické náklady na průtočný systém:  | 2,8 mil Kč.                                      |
| Potenciální druhy ryb vhodné pro chov v dánském systému:  | Pstruh duhový<br>Siven americký<br>Pstruh obecný<br>Okoun říční<br>Candát obecný<br>Jeseter | Potenciální druhy ryb vhodné pro chov v průtočném systému:  | Pstruh duhový<br>Siven americký<br>Pstruh obecný |

## 6.1. SWOT analýza použití recirkulačních systémů v ČR

**Tab. 5.** Základní analytické útvary SWOT analýzy a jejich rozbor.

| Silné stránky   | Slabé stránky  |
|---|--|
| <p><b>Produkce</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Know-how – dostupné informace a rozvinuté rybářské školství a výzkum včetně aplikovaného,</li> <li>• čerpání dotačních titulů,</li> <li>• vysoká produktivita a ziskovost,</li> <li>• možnost chovu vysoce žádaných a ceněných druhů ryb,</li> <li>• vysoká kvalita produktů,</li> <li>• zvyšující se poptávka po kvalitních produktech,</li> <li>• podpora zaměstnanosti.</li> </ul> <p><b>Prostředí</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontakt spotřebitele a chovatele, využití chovatelských kapacit k propagaci odvětví a produktů, technologií,</li> <li>• možnost chovu prakticky kdekoli – není limitace zdrojem vody,</li> <li>• minimum odpadních látek do recipientu, zlepšení kvality vod.</li> </ul> <p><b>Rámec činnosti</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chov širokého spektra druhů,</li> <li>• vzdělávání laické i rybářské veřejnosti,</li> <li>• propagace.</li> </ul> | <p><b>Produkce</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Know-how – Nedůvěra producentů k novým technologiím,</li> <li>• nedostatečná poptávka po sladkovodních rybách a výrobcích z nich, včetně nových druhů,</li> <li>• vysoká konkurence mořských ryb,</li> <li>• omezený a nejistý trh pro sladkovodní ryby a výrobky z nich,</li> <li>• vyšší technologické náklady.</li> </ul> <p><b>Prostředí</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Možné omezení lokálními extrémními podnebí.</li> </ul> <p><b>Rámec činnosti</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoké počáteční investice,</li> <li>• schopnost učit se nové postupy.</li> </ul>                               |
| <p><b>Příležitosti</b></p> <p><b>Produkce</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Efektivní čerpání dotačních titulů,</li> <li>• další rozvoj výzkumných kapacit, zvyšování vzdělanosti a povědomí o nových technologiích,</li> <li>• zvyšování povědomí veřejnosti o produktech sladkovodní akvakultury,</li> <li>• růst cen mořských ryb a výrobků z nich,</li> <li>• vysoká potenciální rentabilita chovu nedostatkových druhů ryb.</li> </ul> <p><b>Prostředí</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Důraz na systémy hospodaření s minimem odpadních látek,</li> <li>• změna chování spotřebitelů, zvýšená poptávka po zdravých prospěšných komoditách.</li> </ul> <p><b>Rámec činnosti</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplikace dalších intenzifikačních technologických postupů,</li> <li>• široká škála použitelných druhů ryb,</li> <li>• rozvoj rybářství i v lokalitách bez rybářské tradice.</li> </ul>                                 | <p><b>Ohrožení</b></p> <p><b>Produkce</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Růst nákladů na hospodaření v rybářských hospodářstvích,</li> <li>• nedostatečné vědomosti chovatele před spuštěním nových systémů,</li> <li>• nerovnoměrné rozdělení dotačních prostředků.</li> </ul> <p><b>Prostředí</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vliv rybožravých predátorů,</li> <li>• vlivy extrémních klimatických jevů,</li> <li>• nedostatek schopných zaměstnanců v oboru.</li> </ul> <p><b>Rámec činnosti</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Skeptický přístup rybářské veřejnosti k recirkulačním systémům,</li> <li>• chybné používání nových technologií.</li> </ul> |



## **Silné stránky**

---

### **Know-how – dostupné informace, rozvinuté rybářské školství a výzkum včetně aplikovaného**

Současný stav zahrnující vědomosti a výzkumné aktivity v intenzifikaci chovů širokého spektra druhů ryb v recirkulačních systémech, aplikovaný výzkum v této sféře a spolupráce výzkumných institucí s praxí je velmi cennou devizou. Vědecké a školské subjekty navíc pravidelně pořádají veřejnosti přístupná školení nebo konference s užitečnými informacemi pro producenty.

### **Čerpání dotačních titulů**

Čerpání prostředků z Operačního programu Rybářství poskytuje optimální podmínky pro výstavbu poměrně nákladných recirkulačních systémů, a snižuje tak počáteční vysoké nákladové zatížení. Vhodnější rozdělení dotačních financí a důraz na jejich čerpání zejména pro přímé zvýšení produkce, tj. výstavba nových rybochovných subjektů, by tomu mělo napomoci.

### **Vysoká produktivita a ziskovost**

V kontextu se stále opakovanou nízkou ziskovostí rybářské produkce nabízejí recirkulační systémy zcela opačný pohled. Vzhledem k vysoké efektivitě a intenzitě chovu je možné dosáhnout vysoké ziskovosti při chovu ryb s vyšší realizační cenou na trhu. Jedná se nejen o pstruha duhového, ale i o dravé či jeseterovité ryby.

### **Možnost chovu vysoce žádaných a ceněných druhů ryb**

V recirkulačním systému dánského typu nebo podobných systémech lze úspěšně chovat na trhu dlouhodobě nedostatečně zastoupené druhy ryb. Kromě lososovitých ryb, na něž je tato technologie zaměřena původně, se jedná o jesetera, candáta či okouna. Realizace takových chovů má perspektivu v navýšení a zpestření nabídky na trhu.

### **Vysoká kvalita produktů**

Kvalita produktů z recirkulačních systémů je samozřejmě srovnatelná s produkty získanými klasickými odchovnými metodami.

### **Zvyšující se poptávka po kvalitních produktech**

Zvyšování poptávky po kvalitních produktech v rámci zdravého životního stylu a zvýšení poptávky po domácích produktech je nastupujícím trendem. Projevuje se vyhledáváním kvality, na rozdíl od nízké ceny. Pestrou nabídkou je možné vzrůstající poptávku uspokojit.

### **Podpora zaměstnanosti**

Možnost vybudovat recirkulační systém pro intenzivní chov ryb takřka kdekoli může kromě zvýšení české produkce ryb znamenat nové pracovní příležitosti. Ty by pravděpodobně vznikaly zejména na venkově, což může znamenat snížený odliv práceschopných občanů z venkova do měst. Navíc se jedná o perspektivní a zajímavou práci, která může nabídnout vhodné pracovní místo absolventům specializovaných rybářských oborů. Těch zůstává po absolvování studia v oboru jen zlomek.

### **Kontakt spotřebitele a chovatele, využití chovatelských kapacit k propagaci odvětví a produktů**

Využití zájmu spotřebitele o chov ryb, prezentace předností systému s důrazem na výstupní produkty či technologické postupy. Seznámení spotřebitele s chovem a produkcí zvyšuje důvěru spotřebitele k nabízeným produktům.

### **Možnost chovu prakticky kdekoli – není limitace zdrojem vody**

Jedinou zásadní limitací rozvoje pstruhařství a intenzivního chovu ryb se tradičně udával nedostatečný počet kvalitních zdrojů vody pro napájení rybochovného zařízení. Recirkulační systém je nenáročný na spotřebu vody a jako zdroj bohatě postačuje drenážní voda nebo vrt. Pro produkci 100 tun je naprosto dostačující zdroj vody okolo 3–5 l.sec<sup>-1</sup>. Nové recirkulační systémy tak mohou vyrůstat takřka kdekoli, kde chovatel potřebuje. Vzhledem k tomu je možné pomocí recirkulačních systémů výrazně zvýšit produkci ryb v ČR.

### **Minimum odpadních látek do recipientu, zlepšení kvality vod**

Jediné odpadní látky vypouštěné z RAS se jímají v sedimentační nádrži, kde se kaly usazují a částečně odbourávají. Množství vody vypouštěné do recipientu je pak vzhledem k odparu a vsaku naprosto minimální a přepadová voda je prostá sedimentovaných kalů. Po naplnění sedimentační nádrže je možné kaly použít jako hnojivo pro zemědělskou produkci nebo je dále zpracovávat.

### **Vzdělávání laické i rybářské veřejnosti**

Technologie odchovu ryb v RAS se čím dál tím častěji dostávají do hledáčku vědeckých subjektů ve snaze aplikovat je pro chovy co nejširšího spektra druhů ryb. Pomocí vědeckých prací, rybářských školení a konferencí může dojít k nárůstu realizací podobných systémů v ČR.

### **Propagace**

Recirkulační systém sám o sobě je propagací jeho samotného. Částečné zpřístupnění může být následným vodítkem pro ostatní producenty z hlediska dalších realizací.

## ***Slabé stránky***

---

### **Know-how – Nedůvěra producentů k novým technologiím**

Zažitá nedůvěra tradičních chovatelů k novým chovatelským postupům může do budoucna brzdit rozvoj RAS technologií, zastavit ho ale nemůže. Postupem času se projeví jejich nezbytnost pro rozšíření nabídky a udržení konkurenceschopnosti a rentability rybářství.

### **Nedostatečná poptávka po sladkovodních rybách a výrobcích z nich, včetně nových druhů**

Nedostatečná poptávka může být druhotně vyvolaná jejich dřívější nízkou dostupností. Jejich dostupnost 1× do roka po výloveh a na Vánoce není dostačující. Kontinuální produkci poptávaných druhů v RAS se dá tato slabá stránka produkčního rybníkářství překlenout.

### **Vysoká konkurence mořských ryb**

Trh je v současnosti nasycen mořskými rybami a výrobky z nich a spotřebitelé je upřednostňují. Důvodem je kvalitativně a kvantitativně nedostatečná nabídka produktů ze sladkovodních druhů ryb schopných konkurovat mořským rybám. V rámci rybářství slabá stránka, ale pro RAS technologie potenciální možnost realizace.

### **Omezený a nejistý trh pro sladkovodní ryby a výrobky z nich**

Dlouhodobě nepříznivé podmínky pro tržní uplatnění sladkovodních ryb. Obchodní řetězce nejsou ochotny akceptovat vyšší výkupní ceny. Restaurace a jídelny raději volí méně kvalitní mražené výrobky. Jen pomalu nastupuje trend upřednostnění kvality před cenou.

### **Vyšší technologické náklady**

RAS technologie jsou energeticky náročné a zároveň aplikované krmivo musí splňovat vysoké kvalitativní nároky. I přes postupné zdražování materiálu a energií by však nemělo dojít k přímému ohrožení rentability těchto systémů.

### **Možné omezení lokálními klimatickými extrémy**

Tato slabá stránka je aktuální pro všechna odvětví zemědělské výroby, a kromě preventivních opatření není mechanismus, jak jim předcházet. Mohou výrazně meziročně ovlivnit produkci.

### **Vysoké počáteční investice**

Vysoká počáteční investice je pravděpodobně hlavním faktorem, který odrazuje většinu producentů ryb od realizace nových technologií. Spojení vysokého počátečního zadlužení a dávka nezkušenosti s danou technologií chovu může další realizace v ČR brzdit.

### **Schopnost učit se nové postupy**

Další slabou stránkou analyzovaného prostředí může být nízká schopnost tradičně založených producentů akceptovat nové technologické postupy a učit se jim. V tomto směru je třeba podotknout, že technologie recirkulačních systémů nemají nahradit stávající tradiční chovy, ale navýšit produkci ryb v ČR a zvýšit rentabilitu produkčního rybníkářství.

## ***Příležitosti***

---

### **Efektivní čerpání dotačních titulů**

S pomocí dotačních titulů je možné realizovat nové technologické postupy v chovu ryb s výrazně nižšími počátečními investicemi a dalšími náklady (pořízení dalšího vybavení aj.). Těto příležitosti se zatím v rámci Operačního programu Rybníkářství pro stavbu nových rybníkářských zařízení bohužel využívá jen sporadicky.

### **Další rozvoj výzkumných kapacit, zvyšování vzdělanosti a povědomí o nových technologiích**

Další možná zlepšení, intenzifikace a nové technologické přístupy jsou neustále předmětem výzkumu vědeckých institucí. Jejich výzkumná činnost je cílena do sféry aplikovaného výzkumu v rámci poloprovozních a provozních pokusů. Na odborných školeních se pak odborná i laická veřejnost může seznámit s novými postupy a poznatky z intenzivních chovů.

### **Zvyšování povědomí veřejnosti o produktech sladkovodní akvakultury**

V rámci propagačních kampaní soustředěných na tuzemskou produkci ryb se postupně i sladkovodní ryby a výrobky z nich mohou dostat do povědomí spotřebitelů. Při vhodném rozšíření propagovaných druhů se může poptávka více rozvíjet.

### **Růst cen mořských ryb a výrobků z nich**

Vzhledem k úbytku výlovu mořských ryb může růst i cena mořských ryb a produktů z nich. Tento nárůst může přispět k orientaci spotřebitele na tuzemské produkty. Nicméně nárůst cen mořských ryb může být pouze přechodným efektem. Většinu ceněných mořských ryb totiž lze již chovat v intenzivních slanovodních RAS.

### **Vysoká potenciální rentabilita chovu nedostatkových druhů ryb**

V recirkulačních systémech dánského typu je možné chovat kromě lososovitých ryb také nedostatkové vysoce ceněné druhy, jako je candát, okoun nebo jeseter. Chov těchto druhů může významně navýšit rentabilitu této technologie chovu (vysoká poptávka a vyšší cena).

### **Důraz na systémy hospodařící s minimem odpadních látek**

V rámci intenzivního hospodaření je rovněž kladen důraz na co nejmenší zatížení životního prostředí. Ověřovaná technologie separuje kaly a pouze minimum vody odtéká přepadem do recipientu. Navíc dnes existují i plně bezodtokové RAS pro chov ryb. Separované kaly z těchto systémů se navíc dají dále použít jako hnojivo nebo náplň do bioplynových stanic. Recirkulační systémy tak plně vyhovují myšlence trvale udržitelné produkce šetrné k životnímu prostředí.

### **Změna chování spotřebitelů, zvýšená poptávka po zdraví prospěšných komoditách**

V posledních letech nahrává zvyšování produkce změna chování spotřebitelů. Spotřebitelé jsou schopni akceptovat vyšší cenu za kvalitní produkt i v rámci zdravého životního stylu. Proto místo levnějšího vepřového nebo kuřecího masa volí raději pstruha nebo candáta.

### **Aplikace dalších intenzifikačních technologických postupů**

Pro další zvýšení efektivnosti technologie lze následně aplikovat další doplňkové technologické postupy, jako kyslíkové hospodářství, regulaci teplot, využití triploidních nebo monosexních obsádek. Kombinací těchto technologických přístupů je možné produkci recirkulačního systému až zdvojnásobit.

### **Široká škála použitelných druhů ryb**

Pro technologii chovu v RAS dánského typu jsou kromě lososovitých ryb, pro které byl původně koncipován, vhodné okounovité či jeseterovité ryby. V rámci jedné farmy tak může být spotřebiteli poskytnuto širší spektrum nabídky.

### **Rozvoj rybářství i v lokalitách bez rybářské tradice**

Díky nezávislosti recirkulačních systémů na vydatném zdroji přítokové vody mohou vzniknout i na místech, kde to bylo dříve nemyslitelné – i na místech bez jakékoli rybářské tradice. Zvýší se tak dostupnost rybí suroviny i nabídka pracovních možností v daných regionech.

---

## **Ohrožení**

### **Růst nákladů na hospodaření v rybářských hospodářstvích**

Růst nákladů za materiál a energie se ve výhledu budoucích let pravděpodobně nezastaví. Stejným směrem by měly směřovat i mzdy pracovníků, což vytváří tlak na vyšší ziskovost produkčního rybářství s důrazem na produkty s vyšší přidanou hodnotou.

### **Nedostatečná vědomost chovatele před spuštěním nových systémů**

Ukvapené nastartování produkce recirkulačního systému, špatné metodické postupy a nesprávné používání technologie může vést ke značným komplikacím v dalším chovu.

### **Nerovnoměrné rozdělení dotačních prostředků**

Převážná většina dotačních prostředků z EU by měla sloužit rozvoji rybářství a navyšování produkce. Většina poskytovaných prostředků je ale v současnosti proinvestována do provozních nákladů. Z hlediska perspektivy růstu a konkurenceschopnosti českého rybářství není brán zřetel na vliv dané investice, na nárůst produkce v odvětví a na jeho trvale udržitelný rozvoj.

### **Vliv rybožravých predátorů**

Sílicí negativní vlivy tlaku rybožravých predátorů lze omezit např. instalací ochranných sítí, elektrických ohradníků nebo zastřešením odchovných kapacit. Z hlediska RAS predátoři ovlivňují kromě predace systém i případným přenosem nemocí a působením stresu obsádkám.

### **Vlivy extrémních klimatických jevů**

Extrémní klimatické jevy jsou nejméně předvídatelné a zpravidla se jim nelze efektivně bránit. Jedinou ochranou jsou možná preventivní opatření k omezení možných následků.

### **Nedostatek schopných zaměstnanců v oboru**

Mnoho schopných absolventů rybářských specializovaných oborů odchází z důvodu platových podmínek mimo obor. Jistou hrozbou proto může být nedostatek schopných zaměstnanců ochotných akceptovat novou technologii a postupy s ní spojené.

### **Skeptický přístup rybářské veřejnosti k recirkulačním systémům**

Častý skeptický až negativistický přístup k RAS technologiím může mít značný demotivační prvek na ostatní subjekty. Negativní pohledy na tyto technologie nicméně pramení z neznalosti problematiky, neschopnosti akceptovat jiné postupy a nejsou podloženy výsledky či zkušenostmi s takovouto technologií.

### **Chybné používání nových technologií**

Negativní postoje vůči používání recirkulačních systémů mohou být rovněž znamenány u produkčních rybářů, kteří se pokoušeli technologií v minulosti aplikovat, ale z důvodu chybných metodických postupů a nedostatku informací nebyli úspěšní.

**7. SEZNAM LITERATURY**

- Colt, J., 1991. Aquacultural production systems. *Journal of Animal Science* 69: 4183–4192.
- 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.
- D'Orbcastel, E.R., Blancheton, J.P., Belaud, A., 2009a. Water quality and rainbow trout performance in a Danish Model Farm recirculating system: Comparison with a flow through system. *Aquacultural Engineering* 40: 135–143.
- D'Orbcastel, E.R., Blancheton, J.P., Aubin, J., 2009b. Towards environmentally sustainable aquaculture: Comparison between two trout farming systems using Life Cycle Assessment. *Aquacultural Engineering* 40: 113–119.
- 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.
- Helfrich, L.A., Libey, G., 1991. Fish farming in recirculating aquaculture systems (RAS). Virginia Cooperative Extension Service, USA, 23 pp.
- Jokumsen, A., Svendsen L.M., 2010. Farming of freshwater rainbow trout in Denmark. DTU Aqua, National Institute of Aquatic Resources, Denmark, 48 pp.
- Kouba, A., Carral, J.M., Buřič, M., Mráz, J., Policar, T., Kozák, P., 2010. Artificial incubation of noble crayfish (*Astacus astacus*) eggs in a partial recirculating system using formaldehyde as antifungal treatment. *Aquaculture Research* 41: e618–e623.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V., 2008. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. Edice Metodik (technologická řada) č. 87, VÚRH JU Vodňany, 40 s.
- Kroupová, H., Máchová, J., Svobodová, Z., 2005. Nitrite influence on fish – a review. *Veterinarni Medicina* 50: 461–471.
- O'Rourke, P.D., 1996. The economics of recirculating aquaculture systems. Proceeding of the 1st International Conference on Recirculating Aquaculture, Roanoke, Virginia, USA, pp. 1–19.

- Leonard, N., Blancheton, J.P., Guiraud, J.P., 2000. Populations of heterotrophic bacteria in an experimental recirculating aquaculture system. *Aquacultural Engineering* 22: 109–120.
- 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.
- 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.
- Mélard, C., Kestemont P., Grignard, J.C., 1996. Intensive culture of juvenile and adult Eurasian perch (*P. fluviatilis*): effect of major biotic and abiotic factors on growth. *Journal of Applied Ichthyology* 12: 175–180.
- 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.
- Philipsen, A., 2008. Excellence Fish: production of pikeperch in recirculating system. Percid Fish Culture, From Research to Production. P. Fontaine, P. Kestemont, F. Teletchea a N. Wang (eds.), Namur (Belgium) 23–24 January 2008, p. 67.
- Polícar, T., Stejskal, V., Bláha, M., Alavi, S.M.H., Kouřil, J., 2009. Technologie intenzivního chovu okouna říčního (*Perca fluviatilis* L.) Edice Metodik (Technologická řada), VÚRH JU Vodňany, č. 89, 51 s.
- Příhoda, J., 2006. Chov lososovitých ryb. STYLE, Slovensko, 209 s.
- Rakocy, J.E., Masser, M.P., Losordo, T.M., 2006. Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics – Integrating fish and plant culture. Southern Regional Aquaculture Center publication No. 454, 16 pp.
- 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 pp.
- Report of the EIFAC/IUNS and ICES working group on standardization of methodology in fish nutrition research, 1980. EIFAC Technical Paper – EIFAC/T36



- Sastry, B.N., DeLosReyes Jr., A.A., Rusch, K.A., Malone, R.F., 1999. Nitrification performance of a bobble-washed bed filters for combined solids removal and biological filtration in a recirculating aquaculture system. *Aquacultural Engineering* 19: 105–117.
- Schulz, C., Böhm, M., Wirth, M., Rennert B., 2007. Effect of dietary protein on growth, feed conversion, body composition and survival of pike perch fingerlings (*Sander lucioperca*). *Aquaculture Nutrition* 13: 373–380.
- 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.
- Sorgeloos, P., Persoone, G., 1972. Three simple culture devices for aquatic invertebrates and fish larvae with continuous recirculation of the medium. *Marine Biology* 15: 251–254.
- Stejskal, V., Policar, T., Bláha, M., Křišťan, J., 2010. Produkce tržního okouna říčního (*Perca fluviatilis*) kombinací rybníčního a intenzivního chovu. *Edice Metodik, FROV JU, Ověřená technologie, č. 105, 27 s.*
- Šilhavý, V., 2011. Výsledky českého produkčního rybářství v roce 2010 potěšily: Prodej živých ryb na domácím trhu vzrostl o 419 tun. *Rybníkářství 2011/6: 1–2.*
- Thoman, E.S., Ingall, E.D., Allen Davis, D., Arnold, C.R., 2001. A nitrogen budget for a closed, recirculating mariculture system. *Aquacultural Engineering* 24: 195–211.
- van Rijn, J., 1996. The potential for integrated biological treatment systems in recirculating fish culture – a review. *Aquaculture* 139: 181–201.
- Van Wyk, P., Davis-Hodgkins, M., Laramore, R., Main, K.L., Mountain, J., Scarpa, J., 1999. Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Aquaculture, Harbor Branch Oceanographic Institution, 221 pp.
- Vinci, B.J., Summerfelt, S.T., Timmons, M.B., Watten, B.J., 1996. Carbon dioxide control in intensive aquaculture: Desing tool development. *Proceeding of the 1st International Conference on Recirculating Aquaculture, Roanoke, Virginia, USA, 1–19.*
- Zillioux, E.J., 1969. A continuous recirculating culture system for planctonic copepods. *Marine Biology* 4: 215–218.

**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, Ústav akvakultury  
Husova třída 458/102, 370 05 České Budějovice*

**Ověření a uplatnění technologie 2011, Josef Bláhovec, Žár 25, 384 73 Stachy**

**Adresa autorů**

*Ing. M. Buřič, Ph.D. (buric@frov.jcu.cz), prof. Ing. J. Kouřil, Ph.D. (kouril@frov.jcu.cz)*

*Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod,  
Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Zátíší 728, 389 25 Vodňany*

*V edici Metodik (Technologická řada) vydala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,  
Fakulta rybářství a ochrany vod.*

*Redakce: Zuzana Dvořáková*

*Náklad: 200 ks*

*Vydáno v roce 2011*

*Grafický design a technická realizace: Comunica, a.s.*





EVROPSKÝ RYBÁŘSKÝ FOND  
INVESTICE DO UDRŽITELNÉHO RYBOLOVU

VYDÁNÍ A TISK PUBLIKACE BYLO USKUTEČNĚNO ZA FINANČNÍ  
PODPORY PROJEKTU OP RYBÁŘSTVÍ:  
PŘÍPRAVA A VYDÁNÍ METODICKÝCH PUBLIKACÍ V ROCE 2011

reg. č. CZ.1.25/3.1.00/11.00301



ISBN 978-80-87437-33-9