Mendelova univerzita v Brně

Agronomická fakulta

„Zkušenosti s chovem ryb v recirkulačním systému dánského typu“

Sborník příspěvků

Brno 12. 12. 2013

Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství

rybarstvi.eu

Editoři: doc .Dr. Ing. Jan Mareš
Ing. Štěpán Lang

Workshop „Zkušenosti s chovem ryb v recirkulačním systému dánského typu“ je jedním z výstupů výzkumného projektu MZe ČR NAZV QI91C001 „Optimalizace podmínek intenzivního chovu lososovitých ryb v podmínkách České republiky s využitím dánské technologie se zaměřením na kvalitu produkovaných ryb“.
Sborník byl vydán za finanční podpory projektů NAZV QI91C001 a QJ2120013.

Mendelova univerzita v Brně
ISBN 978-80-7375-919-3

Intenzivní metody chovu ryb se staly součástí technologie jejich chovu po celém světě. S ohledem na nedostatek kvalitní vody i požadavek na minimalizaci zátěže prostředí z těchto chovů, dochází k rozšiřování recirkulačních systémů různého typu. Jedním z nich je i systém využívající airliftů, zajišťujících pohyb vody a výměnu plynů, který jsme si zvykli označovat jako „systém dánského typu“. Workshop je pořádaný pro prezentaci dosavadních zkušeností s využíváním tohoto systému v České republice a předání zkušeností získaných v posledních letech zejména v rámci řešení projektů NAZV QI91C001 „Optimalizace podmínek intenzivního chovu lososovitých ryb v podmínkách České republiky s využitím dánské technologie se zaměřením na kvalitu produkovaných ryb“, navazujícího QJ1210013 „Technologie chovu sladkovodních ryb s využitím recirkulačních systémů dánského typu se zaměřením na metody efektivního řízení prostředí a veterinární péče“ a projektů dalších. Workshop zaměřený na uvedené téma je zároveň jeden z prvních realizovaných v ČR.

za organizační tým

Doc. Dr. Ing. Jan Mareš – koordinátor projektů NAZV

Obsah

RECIRKULAČNÍ SYSTÉMY „DÁNSKÉHO TYPU“ – SYSTÉM A KONSTRUKCE
Mareš, J., Kopp, R., Lang, Š. 6

RECIRKULAČNÍ AKVAKULTURNÍ SYSTÉMY
Kouřil, J. 14

PRODUKCE LOSOSOVITÝCH RYB V RECIRKULAČNÍM SYSTÉMU DÁNSKÉHO TYPU.
Mareš, J., Kopp, R., Brabec, T., Lang, Š., 20

PĚTILETÝ PROVOZ RECIRKULAČNÍHO SYSTÉMU FIRMY BIOFISH S.R.O. V PRAVÍKOVĚ
Pfau, R. 29

PROVOZ RECIRKULAČNÍHO SYSTÉMU DÁNSKÉHO TYPU V PODMÍNKÁCH ČR: MOŽNOSTI, VÝHODY, OMEZENÍ.
Buřič, M., Bláhovec, J., Kouřil, J. 36

FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ PARAMETRY V RECIRKULAČNÍM SYSTÉMU DÁNSKÉHO TYPU V PRAVÍKOVĚ.
Kopp, R., Lang, Š., Brabec, T., Mareš, J. 44

BIOFILTRY V RECIRKULAČNÍCH SYSTÉMECH
Lang, Š., Teplý, M., Brabec, T., Kopp, R., Mareš, J. 52

GENETICKÁ IDENTIFIKACE U NÁS CHOVANÝCH SIVENŮ
Mendel, J. 59

A CO JEŠTĚ VÍME O CHOVANÝCH RYBÁCH?
Halačka, K, Vítek, T., Mareš, J. 63

KVALITA MASA LOSOSOVITÝCH RYB Z RECIRKULAČNÍHO SYSTÉMU DÁNSKÉHO TYPU.
Jarošová, A. 68

VÝSKYT ONEMOCNĚNÍ LOSOSOVITÝCH RYB V RECIRKULAČNÍM SYSTÉMU DÁNSKÉHO TYPU
Palíková, M., Čížek, A., Navrátil, S., Mareš, J. 79

MOŽNOSTI CHOVU JINÝCH NEŽ LOSOSOVITÝCH DRUHŮ RYB V RECIRKULAČNÍCH SYSTÉMECH VYUŽÍVAJÍCÍCH DÁNSKOU TECHNOLOGII
Stejskal, V., Matoušek, J., Kouřil, J. 85

RECIRKULAČNÍ SYSTÉMY „DÁNSKÉHO TYPU“ – SYSTÉM A KONSTRUKCE

Mareš, J., Kopp, R., Lang, Š.
Mendelova univerzita v Brně, Oddělení rybářství a hydrobiologie,
Zemědělská 1, 613 00 Brno

Celosvětová produkce ryb v akvakulturních systémech tvoří v současnosti přibližně třetinu zdrojů ryb. Vedle různých technologií využívajících rybniční podmínky se zvyšuje podíl ryb produkovaných v intenzivních chovech a technických akvakulturách. Mezi takové patří recirkulační systémy, využívané již několik desítek let. Nezávislost na celoročním zdroji kvalitní vody, optimalizace podmínek, minimalizace dopadu intenzivního chovu na životní prostředí, snížení rizika přenosu nemocí a zrát způsobených predátory, to jsou jejich východy. Investiční náročnost a požadavky kladené na úroveň personálu, spolu s často vysokou energetickou náročností, jsou naopak nevýhodou. To jsou nejčastěji uváděné informace.

Jedním z typů recirkulačních systémů je RAS pro chov lososovitých ryb vyvinutý v Dánsku. Jeho vývoj vycházel z legislativního omezení množství využívané vody a postihujícího vypouštění vody odpadní a z potřeby kvalitní vody pro chov ryb. V současnosti jsou dánské farmy omezeny množstvím krmiva, které mohou ročně využít, a to podle množství odpadní vody vypouštěné do recipientu. Principem těchto horizontálních recirkulačních systémů jsou airlifty, prostřednictvím nichž je vháněno do vody velké množství vzduchu, zajišťující pohyb vody a výměnu plynů, pohyb elementů v plovoucí části biofitru. Dmychadly hnaný vzduch je potrubím rozváděn do několika typů airliftů rozmístěných v systému. Základem pohybu vody je hluboký airlift, umístěný v hloubce přes 4 metry, zajištující pohyb vody v systému, tedy od biofiltru do chovných nádrží a zpět do filtru. Pohyb vody v chovných žlabech zajišťuje nízkotlaký airlift, umístěný ve žlabu naproti přítoku. Ten způsobuje cirkulaci vody odpovídající výměně vody ve žlabu 5 - 10 krát za hodinu. Další perforované potrubí přivádí vzduch do plovoucího biofitru. Za ponořeným biofitrem umístěný rošt zajišťuje odplynění vody po průchodu filtrací. Vzduch vháněný do potrubí s většími otvory v ponořené části biofiltru zajišťuje podle potřeby jeho čištění.

Obecně patří tento systém do tzv. horizontálních recirkulačních systémů, charakterizovaných nízkým výškovým rozdílem hladiny v jednotlivých sekcích systému. Je založen na minimální potřebě přitékající čerstvé vody. Tu je nutno do systému dodávat pouze pro vyrovnání ztrát odparem a čištěním. Předpokladem fungujícího systému je dostatečný objem a kapacita biofitru, vhodná péče o biofitr a odkalování jednotlivých žlabů. Obecně platí, že pokud správně funguje biofitr, nejsou v těchto systémech problémy s produkcí a zdravotním stavem ryb.

V současnosti jsou v České republice v provozu dva recirkulační systémy dánského typu, a to Pstruhařství Mlýny firmy Josef Bláhovec ve Vacově (Vacov-Žár, u obce Stachy) a systém v Pravíkově (nedaleko Kamenice nad Lipou) firmy BioFish s.r.o. Další systém je vybudován ve Žďáru nad Sázavou (Kinský Žďár a.s.). Nízkotlaké difuzéry v chovných nádržích využívá celá řada dalších farem.

Obrázek recirkulačního systému Pstruhařství Mlýny (Žár) a v Pravíkově.

Pstruhařství Mlýny se nachází na místě původního mlýna, na kterém hospodaří rodina Bláhovců již od roku 1850. Okolo roku 1935 se zde začala plánovat realizace pstruží líhně a odchovu pstruhů v zemních rybních. Do začátku 2. světové války se ale stihla realizovat pouze líheň, která byla v provozu od r. 1938 do konce 70. let. Inkuboval se zde zejména pstruh obecný, ale i siven americký a lipan podhorní. Současné Pstruhařství Mlýny bylo založeno r. 1999. V roce 2002 byl vystavěn nový průtočný náhon s max. produkcí 11 tun ryb ročně. Od r. 2005 si firma sama zpracovává ryby ve vlastní certifikované zpracovně ryb. V r. 2006 se začala výstavba recirkulačního systému dánského typu, který v letech 2007-2008 postupně nabíhal do provozu. Od r. 2008 si Pstruhařství Mlýny začíná odchovávat vlastní násadový materiál v pstruží líhni. Kompletní výstavba a úpravy recirkulační líhně byly ukončeny v r. 2012. Během r. 2009 bylo pstruhařství dvakrát zasaženo téměř likvidačními povodněmi. V r. 2013 bylo provedeno zastřešení recirkulačního systému dánského typu. Farma je lokalizována v nadmořské výšce přibližně 650 m.

Recirkulační systém v Žáru byl projektován na roční produkci přibližně 100 tun pstruha duhového, s jednorázovou kapacitou 40 tun. Celkový objem systému je přibližně 1000 m^3 vody. Objem chovných žlabů (v počtu 10) a rozvodných žlabů tvoří přibližně 50 % objemu. Zbytek připadá na biofitr. Produkční objem žlabů je 360 m^3. Do systému je třemi dmychadly na různá místa vháněn vzduch. Pohyb vody zajišťuje nejvýkonnější dmychadlo s výkonem 11 kW, které vhání vzduch do hlubokého airliftu, umístěného v hloubce přibližně 3 m. Tím vzniká převýšení hladiny o přibližně 10 cm, dostatečné pro pohyb vody v celém systému. Celkový průtok systémem je přibližně 300$l.s^{-1}$. Lze tak počítat s přítokem do chovných žlabů na úrovni 30 $l.s^{-1}$. Přítok do nádrží je jednoduše regulován velikostí vtokového okna, prostřednictvím pohyblivých plastových hradítek. Uvedený přítok zajistí výměnu vody ve žlabu přibližně 3krát za hodinu. Další dmychadlo (5,5 kW) dodává vzduch do plovoucí sekce biofiltru. Tím je zajištěn pohyb jednotlivých elementů i saturace biofitru kyslíkem. S jeho pomocí je prováděno čištění jednotlivých komor ponořeného biofitru. Třetí dmychalo je určeno pro dodávku vzduchu do odplyňovacího roštu, navazujícího na ponořený biofitr, a do jednotlivých airliftů umístěných v chovných žlabech. Ty zajišťují odplynění vody, dotaci vody kyslíkem a cirkulaci vody ve žlabu.

Zdrojem vody pro systém v Žáru je drenáž, resp. drenážní jímka umístěná pod objektem RAS, zachycující průsak vody z přibližně 3 m vzdáleného řečiště říčky Spůlky. Drenáž zajišťuje přítok přibližně 3 $l.s^{-1}$. Toto množství pokrývá ztráty vody při čištění biofitru, odkalování nádrží a odparem. V současné době produkční recirkulaci doplňuje líheň s odchovným systémem a celý objekt je zastřešen.

Chovné zařízení v Pravíkově, patřící firmě BioFish s.r.o., je lokalizováno nedaleko Pelhřimova na Českomoravské vrchovině v nadmořské výšce 600 m n. m. Vlastní objekt recirkulačního systému je téměř identický se systémem vybudovaným v Žáru. Určen je pro produkci lososovitých ryb do tržní (tabulové) velikosti (pstruh duhový, siven americký). Schéma systému je uvedeno v dalších příspěvcích.

Objekt je vybudován na základě projektu s využitím prvků dánské technologie a s použitím rovněž 3 nízkotlakých difuzérů, zajišťujících pohyb vody v systému, dotaci vody kyslíkem a pohyb plovoucí náplně v biologickém filtru. Doplňkově je jejich výkon využit pro odkalování pevné části biofiltru a výlov ryb z chovných žlabů. Celý systém má objem přibližně 1.000 m^3 a funguje na principu opakovaného využití vody s kontinuálním přítokem do systému (částečná recirkulace). V závislosti na množství připouštěné vody je možná výměna vody 1x za 36 h. Chovná část je tvořena 12 paralelně řazenými žlaby o délce 11 m a šířce 2m. Výška vodního sloupce je 1,6 m. Každý žlab má objem přibližně 35 m^3. Každý žlab je vybaven vlastním difuzérem a dvojicí sedimentačních kuželů. Ty jsou oddělené od chovaných ryb mříží. Každý difuzér je vybaven regulačním ventilem, umožňujícím upravit množství přiváděného vzduchu. Žlaby jsou vybaveny otvorem pro slovování. Zahrazením odtokového okna a otevřením uvedeného otvoru je možné celou obsádku žlabu vypustit přímo na třídičku nebo do přepravní bedny. Další část, přibližně jednu polovinu objemu RAS, tvoří biofiltr. Ten je tvořen sekcí s plovoucí náplní, na kterou navazuje část s náplní ponořenou (8 komor). Čerpání vody z filtru a její rozvod do jednotlivých chovných žlabů je zajištěn hlubokým airliftem, umístěným v hloubce přibližně 4,0 m. Umístění v této hloubce je však na hranici způsobující přesycení vody dusíkem (N_2).

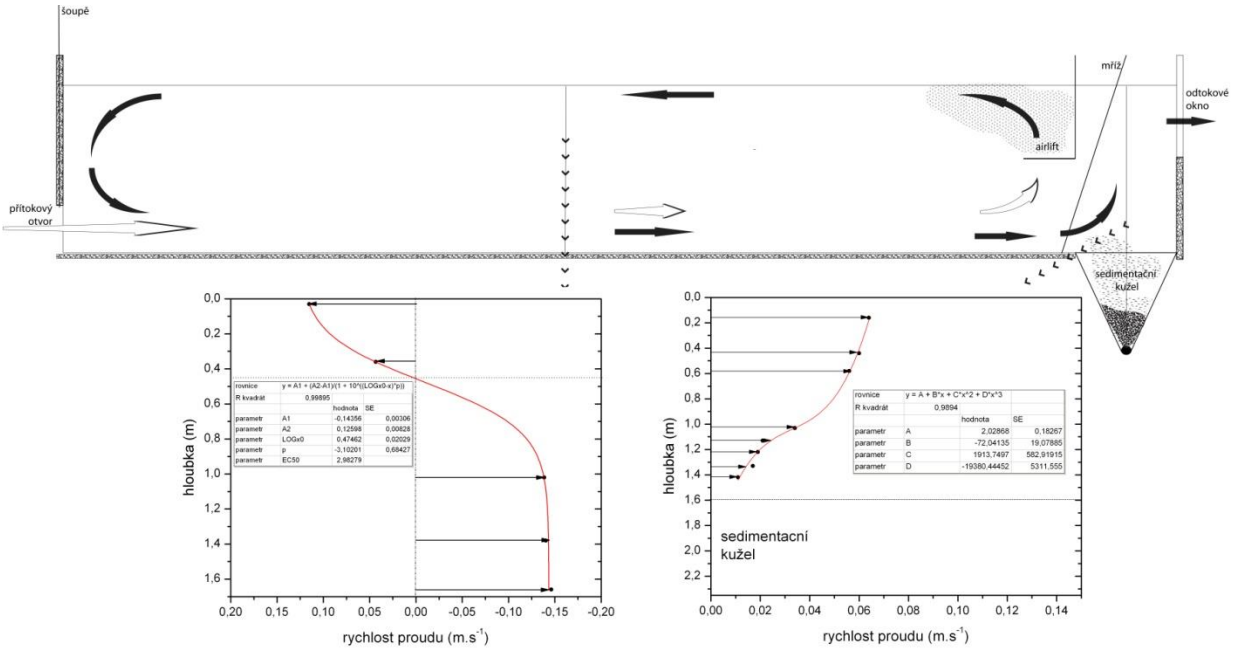
Výměna vody v jednotlivých chovných nádržích je regulována velikostí nápustného otvoru. Proud vody v těchto nádržích je tvořen jednak proudem přitékající vody a dále výkonem roštu z perforovaného potrubí (nízkotlakého airliftu) umístěného na opačné straně žlabu (tedy proti přítoku), do kterého je přiváděn vzduch z jednoho z dmychadel. Přívod vzduchu je regulován a vytváří protiproud. Umístění roštu s přívodem vzduchu 80 cm pod hladinou nádrže způsobuje efekt vzduchové pumpy (airlift), kdy proud vody je směřován pomocí pevné desky umístěné za roštěm. Proud vody protékající žlabem těsně nade dnem odplavuje sedimenty, které se usazují v sedimentačních kuželech na konci chovných nádrží za vzduchovacím roštem.

Zdrojem vody pro uvedený chovný systém je alternativně podzemní voda z vrtu nebo potok přitékající ze zalesněného okolí. Zdroje vody mají diferencovanou hydrochemickou charakteristiku. Nejvýznamnější rozdíl je v jejich vydatnosti, teplotě a tvrdosti.

Systém byl vybudován a uveden do provozu v polovině roku 2009. Po optimalizaci jednotlivých kroků technologického cyklu a zaběhnutí systému se

produkce tržních ryb v celém chovném systému očekává na úrovni 30 - 50 tun ročně. Maximální produkce by podle projektu mohla dosáhnout při optimálních podmínkách až 100-120 tun tržních ryb ročně.

Schéma pohybu vody a rychlosti proudu v chovném žlabu (dle Vítek a kol. 2011)



Jiným systémem je využití recirkulace s dvěma průtočnými souběžnými kanály (raceways). Na konci kanálů je za sedimentačními kužely či žlaby (případně mikrosítovými filtry) umístěn biofiltr, do kterého přichází voda z jednoho z kanálů a po průtoku a vyčištění je hnána do kanálu druhého. Každý z kanálů je rozdělen na několik sekcí, oddělených mřížemi, se sedimentačními kužely (žlaby) a navazujícím mělkým airliftem. Hloubka žlabů je 1 – 1,5 m. (Obrázky z Dánska, Hallundbaek). Jednodušší systém s jednou sekcí v každém žlabu je využíván pro produkci násadového materiálu (Dánsko, Hallundbaek). Obdobně je, bohužel zatím bez biofitru (jeho konstrukce a efekt je v současnosti testována), využíván pro produkci násadového materiálu na farmě v Pravíkově.

Obrázek systému pro odchov násadového materiálu (vlevo) a produkčních kanálů (Dánsko, Hallundbaek)

Airlift a biologický filtr uvedeného systému (Dánsko, Hallundbaek).

Systém pro produkci násadového materiálu (Pravíkov).

Další možností je využití tohoto principu v kruhových nádržích o hloubce několika metrů, kdy ve středu nádrže je umístěn airlift, vytvářející proud vody. Čištění je realizováno v biofitru společném pro několik těchto nádrží s předsazeným mikrosítovým filtrem (obrázek Dánsko).

Kruhové nádrže využívající airliftu (Dánsko)

Prvky z recirkulačního systému dánského typu, tedy nízkotlaký airlift, případně v kombinaci se sedimentačními kužely, jsou využívány v řadě farem při modernizaci jejich technologií. Standardně je využíván nízkotlaký airlift se stěnou vybudovanou z různých materiálů. Toto vylepšení nevyžaduje stavební úpravy chovných nádrží a násobně zvyšuje jejich produkční kapacitu. Lze se s nimi setkat v běžných nádržích

či betonových žlabech (např. Velká Losenice či Pravíkov). Airlift je zpravidla umístěn naproti přítoku před výpustní zařízení. Efekt je vytvoření protiproudu, zlepšení pohybu vody v celém prostoru nádrže a obsahu plynů ve vodě.

Vložený airlift se stěnou v běžných nádržích (Velká Losenice)

Náročnější úprava je rozdělení obdélníkové nádrže přepážkou na dvě části, když vložený airlift vytvoří „kruhový“ pohyb vody kolem přepážky. Ta je v jednom místě přerušena česlovou stěnou, za kterou jsou umístěny sedimentační kužele. V tomto případě není součástí biofitr (např. Dánsko, Pravíkov). Obdobný efekt má propojení dvou kanálů vybudovaných vedle sebe. Přídavný airlift je možné umístit i podélně do odchovného kanálu (Dánsko).

Nádrže s dělící stěnou a sedimentačními kužely (Dánsko 1-3, Pravíkov vpravo dole)

Umístění podélných airliftů do nádrží (Dánsko).

S využití popsané principu se můžeme setkat i pro odchovu ryb v plastových nádržích různé velikosti (např. Vackův chov pstruhů Nedošín).

Použití airliftu pro dosažení pohybu vody, její odplynění a saturace kyslíkem lze tedy využít v různých variantách.

Poděkování
Příspěvek vznikl za finanční podpory Národní agentury pro zemědělský výzkum, projektu QI91C001 „Optimalizace podmínek intenzivního chovu lososovitých ryb v podmínkách České republiky s využitím dánské technologie se zaměřením na kvalitu produkovaných ryb“.

Autor použitých fotografií: doc. J. Mareš

Doporučená literatura

BUŘIČ, M., KOUŘIL, J. (2011): Technologie chovu ryb v recirkulačním systému dánského typu v podmínkách ČR. Edice Metodik (technologická řada) č. 115, VÚRH JU Vodňany, 42 p.

JOKUMSEN, A., SVENDSEN, L. M. (2010): Farming of freshwater rainbow trout in Dermark. DTU Aqua Report no. 219-2010, 47 s.

KOUŘIL, J., HAMÁČKOVÁ, J., STEJSKAL, V. (2008). Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. Edice Metodik (technologická řada) č. 87, VÚRH JU Vodňany, 40 p.

KOUŘIL, J., MAREŠ, J., POKORNÝ, J., ADÁMEK, Z., RANDÁK T., KOLÁŘOVÁ, J., PALÍKOVÁ, M. (2008). Chov lososovitých druhů ryb, lipana a síhů. Vyd. 1. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, 2008, 141 s. ISBN 978-80-85887-80-8.

VÍTEK, T., KOPP, R., LANG, Š., BRABEC, T., MAREŠ, J. (2011): Technická řešení a možnosti efektivní regulace průtokových poměrů v zařízeních pro intenzivní chov ryb dánského typu. Certifikovaná metodika R01/15VD46246/2011-16230, Mendelova univerzita v Brně, Brno, 20 s.

Doc. Dr. Ing. Jan Mareš, doc. Ing. Radovan Kopp, Ph.D., Ing. Štěpán Lang
mares@mendelu.cz, fcela@seznam.cz, stepanlang@gmail.com
Oddělení rybářství a hydrobiologie, Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00
rybarstvi.eu

RECIRKULAČNÍ AKVAKULTURNÍ SYSTÉMY

Kouřil, J.
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Ústav akvakultury, České Budějovice

Recirkulační akvakulturní systémy (dále RAS) jsou charakteristické vysokou produkcí z jednotky plochy, výrazně nízkými požadavky na vydatnost zdroje přítokové vody, omezenou produkcí vypouštěného znečištění (potenciálně bez produkce znečistění) a výlučnou závislostí chovaných ryb na plnohodnotné výživě při použití kompletních krmných směsí vzhledem k absenci přirozené potravy. RAS jsou zpravidla vysoce sofistikovaná zařízení (voda řízeně cirkuluje mezi jednotkou tvořenou odchovnými nádržemi pro ryby a jednotkou zabezpečující její čištění a úpravu). Intenzivně krmené ryby spotřebovávají dýcháním kyslík a do vody vylučují nestrávené zbytky krmiv (exkrementy) a produkty výměny látkové (amoniak a oxid uhličitý), v případě nevhodné krmné techniky apod., může být voda po průtoku odchovnými nádržemi znečištěna i zbytky nezkonzumovaných krmiv. V zásadě lze RAS rozdělit na část určenou pro vlastni odchov ryb a část, kde probíhá čištění a úprava vody.

Existuje cela rada technických řešení RAS. Mohou být konstruované, jako horizontální systémy (jednou z variant jsou dánské RAS). Tyto systémy se vyznačuji jen malým rozdílem úrovně hladiny vody v jednotlivých technologických částech, což klade na jedné straně menší energetické požadavky na čerpání vody, ale současné umožňuje použití jen ponořených biologických nitrifikačních filtru. Současně komplikuje či znemožňuje odstavení jednotlivých částí systému z provozu a použití zásobní vody. Na rozdíl od toho vertikální systémy se vyznačuji několika provozními hladinami vody (s většími rozdíly mezi nimi) a s tím souvisejícími zpravidla vyššími energetickými požadavky na čerpání vody, ale na druhé straně tyto systémy umožňuji zakomponování nejen ponořených, ale i skrápěných filtrů, včetně využiti retence vody.

K vlastnímu chovu ryb, který na rozdíl od extenzivního chovu v rybnících, probíhá při hustotě obsádek o několik řádů vyšší, jsou využívány různě velké nádrže (od desítek litrů u experimentálních, za po desítky, případně stovky kubických metrů, určených pro tržní ryby). Rovněž tvar nádrží je značně variabilní (půdorys ve tvaru kruhu, víceúhelníku, čtverce či obdélníku, s různou hloubkou a s případně různě tvarovaným profilem dna a umístěním přítoku a odtoku, ovlivňujícím jejich hydrauliku). Materiál, z něhož jsou nádrže zhotoveny, je bud beton, nebo laminát, různé plasty, ale často i vody odolná textilie, jen výjimečné kov (nerezová ocel).

Z pohledu použité technologie odstraňování produktů metabolismu chovaných ryb, možno je rozdělit podle několika hledisek. Jednak, podle způsobu řešení separace nerozpuštěných látek (zejména exkrementu ryb), dále podle způsobu odstraňovaní nežádoucích nerozpuštěných látek. Oddělovat významný podíl nerozpuštěných látek z vody, lze sedimentaci a jejich samostatným odtokem, již

přímo v odchovných nádržích (příkladem jsou u podélných nádrží, jednak dánsky systém RAS, jednak jeho modifikace podle Stejskala v malých nádržích, ale i dvojitý odtok u nádrží s kruhovým půdorysem). Významně k tomu může přispívat i fyzikální úprava granulí (s nižší rozpadavosti, i po průchodu trávicím traktem ryb). Zcela revolučním přístupem je použiti speciálně upraveného krmiva, granulí s přídavkem korku, které nesedimentuji na dně, nýbrž plovou na hladině a je možno je jiným, snazším způsobem, odstranit z vodního prostředí po odtoku z odchovných nádrží, na rozdíl od doposud, mimo výše uvedených metod, pomoci sedimentace, vířivé separace, nebo (doposud nejčastěji) s využitím rotačních válcových filtrů, případně dalších způsobů, či jejich kombinaci. Tyto způsoby doplňuje flotace, pomoci níž lze z vodního prostředí eliminovat velikostně nejmenší částice, které se vyznačuji současně velmi pomalou sedimentací, a jsou obtížné odstranitelné mechanickými filtry.

Zcela zásadní součásti RAS jsou biologické filtry. Jsou určeny k přeměně ve vodě rozpuštěného amoniaku pomocí přítomných nitrifikačních bakterii na dusičnany, resp. jejich současným částečným vázáním v bakteriální biomase (včetně jejich odfiltrováni či sedimentace, dalšího zahuštění a odstraněním ze systému). Další možnou následnou fází biologické filtrace je denitrifikace, při níž se ve vodě rozpuštěný amoniak, resp. dusičnany přeměňují na plynný dusík, unikající do atmosféry. Existuji i další možné metody odstraňovaní rozpuštěných produktů metabolismu ryb, které jsou založené na principu hydroponie, využívající zpravidla vyšších suchozemských rostlin (salát, rajčata, bazalku a celou radu dalších, případně i vyšších bahenních či vodních rostlin nebo řas).

Úprava vody zahrnuje odplynění (snížení obsahu ve vodě rozpuštěného kysličníku uhličitého), úpravu pH, zvýšení obsahu ve vodě rozpuštěného kyslíku (pomocí aerace či oxigenace), případně též desinfekci vody (pomocí ozonizace nebo UV záření) a úpravu teploty vody. Jen výjimečně se jedná o chlazení systému, ve většině případů je potřeba zabezpečovat (buď trvale, v našich podmínkách spíše jen sezónně) ohřev vody. K tomu lze využít široké škály možných zdrojů (ohřevu s využitím plynných, kapalných nebo tuhých paliv či elektrické energie, tepelných čerpadel, solárních systémů, bioplynových stanic, chladící vody z průmyslových podniků a energetiky, termální vodu aj.) resp. jejich různých kombinací.

Cirkulace vody je v RAS zabezpečována čerpáním pomocí klasických oběžných čerpadel (u vertikálních systémů) nebo tzv. airliftů (u většiny horizontálních systémů). Přítok vody do systému se pohybuje v řádu procent z celkového aktuálního průtoku v systému (u špičkových systémů i méně). Slouží k doplňování odparu, náhradě technologických ztrát vody (odkalení chovných nádrží, sedimentačních zařízení, mechanických a biologických filtrů aj.) a je využíván k nařeďování obsahu dusičnanů (pokud není součástí systému denitrifikace). Je nutné, aby zdroj vody byl spolehlivý především z hygienického hlediska. Nejvhodnějším zdrojem je podzemní voda, případně voda dešťová. Experimentální a malé chovatelské systémy někdy využívají i vodu z vodovodní sítě. Použití povrchové vody je nevhodné (zejména kvůli proměnlivé kvalitě a riziku zaneseni původců onemocněni).

RAS lze využívat k chovu širokého spektra druhů ryb, a to jak v rámci uzavřeného obratu (počínaje chovem generačních ryb, jejich řízenou reprodukcí, inkubací jiker, odchovem plůdku a konče chovem ryb do tržní velikosti), nebo využitím jen v některých ročních obdobích (např. zimní odchov násad kapra), či jen částí odchovného cyklu (počáteční odchov plůdku teplomilných ryb, např. býložravých, případně kapra, či naopak odchov tržního candáta, v návaznosti na předchozí odchov jeho plůdku s využitím přirozené potravy v rybnících). Mezi druhy ryb, využitelné k chovu v RAS, lze zahrnout jak ryby studenomilné, tak ryby teplomilné. Z hlediska jejich původu, jak druhy ryby původní, tak druhy nepůvodní (případně i nové druhy, u nás doposud ani nechované). Mezi studenomilnými je na prvním místě pstruh duhový, dále siven americký, další druhy sivenů a jejich hybridi, síhové, příp. další druhy lososovitých ryb. Na pomezí mezi studenomilnými a teplomilnými druhy ryb jsou jeseterovité ryby. Z teplomilných druhů jsou z našich původních druhů doposud nejvýznamnější sumec a úhoř, postupně se před ně ale dostávají candát a okoun, v omezeném rozsahu lze mezi ně zařadit i kapra a produkci násadového materiálu některých reofilních druhu ryb (zejména parmy), z nepůvodních druhů sumečka afrického (keříčkovce červenolemého) a různé druhy a hybridy tilapií. Tímto výčtem ovšem není seznam druhu uzavřen, v úvahu připadají další, zejména nepůvodní tropické druhy ryb, včetně druhů mořských (např. barramundi).

V poslední době se konstrukce recirkulačních systémů orientuje několika směry. S cílem snížení energetických vstupů pro provoz recirkulačních systémů, jsou konstruována kompaktní horizontálně umístěná zařízení s malými rozdíly hladin v jednotlivých součástech celého systému, umožňující minimalizovat požadavky na čerpání vody klasickými vodními čerpadly a jejich náhradu tzv. airlifty (s použitím buď tlakového vzduchu, nebo kyslíku). Tím je současně řešena i potřeba oxigenace vodního prostředí (saturace potřeby kyslíku rybami i biologickými nitrifikačními filtry). Nejdůležitější jsou pokroky v metodách denitrifikace (umožňující přeměnu dusičnanů na inertní plynný dusík). Řešeny jsou i možnosti využití organických kalů k produkci bioplynu. Vývoj se zaměřuje i tzv. akvaponii, neboli využití znečištěné vody z chovu ryb k intenzivní produkci hydroponickým způsobem kultivovaných makrofyt (např. rajče, okurka, bazalka aj.) při současné eliminaci ve vodě rozpuštěného amoniaku a dalších biogenů, včetně získání doplňkové tržní produkce. K podobným účelům bylo testováno i použití i mikrofyt (řasy). Jsou řešeny i možnosti začlenění detrivorních organismů (např. beruška vodní) přeměňujících zbytky pevného odpadu z mechanických filtrů či sedimentačních zařízení. V neposlední řadě lze s použitím pevného odpadu počítat jako s donátorem uhlíku pro potřeby procesu denitrifikace, který je špičkových moderních systémů jejich nedílnou součástí. Do budoucna, lze vkládat naděje i do netradičních metod čištění vody, zejména při použití nanomateriálů. Legislativní opatření v některých západoevropských zemích stimulují rozvoj RAS v intenzivním chovu lososovitých a jiných druhů ryb s cílem zásadně omezit produkci znečištění povrchových vod. Několik špičkových firem na světě nabízí kompletní technologické celky, nebo jednotlivé komponenty pro chov lososovitých i celé řady jiných druhů ryb. Technologické celky dodávané na klíč se

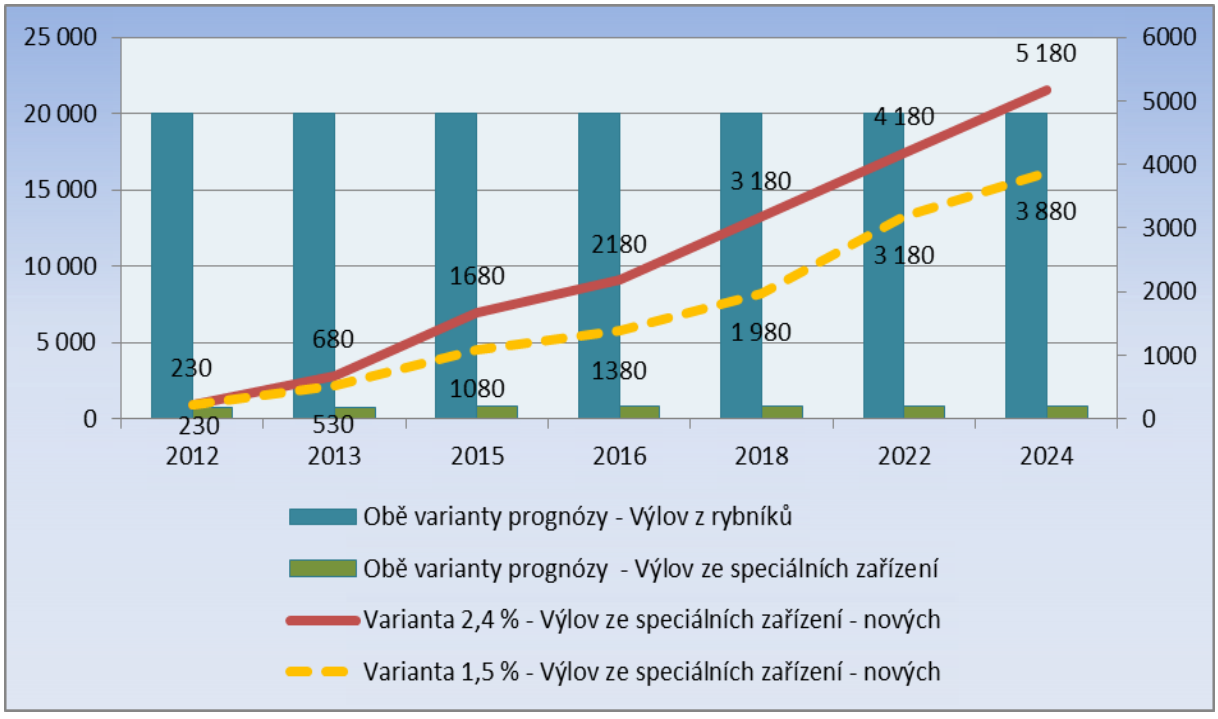
vyznačují nízkými provozními náklady, malou zastavěnou plochou a kompletní mineralizací biologicky odbouratelných látek. Vývoj v souvislosti s recirkulačními technologiemi existuje i u krmiv. Již několik let jsou některými firmami produkována krmiva vyznačující se vyšší soudržností granulí, znesnadňující jejich rozpadavost i po průchodu trávicím traktem a umožňující lepší separaci. V současnosti probíhá v Německu patentové řízení na krmivo obsahující jako aditivum korek, jež způsobuje, že vzniklé exkrementy plavou a mohou být jednodušším způsobem separovány z vodního prostředí.

K masivnímu rozvoji RAS, zejména v posledním desetiletí, dochází, nejen vzhledem k technickému pokroku, ale z celé řady dalších faktorů. Jedním z nich jsou ekologické požadavky, související s nepříznivým vlivem intenzivní akvakultury (zejména farem s průtočným režimem vody) na kvalitu vody, ale požadavky na vyšší hygienické zabezpečení chovů, nedostatkem kvalitních vodních zdrojů přítokové vody a rozšiřujícím se vlivem rybích predátorů. V neposlední řadě lze mezi důvody rozšiřování RAS zařadit lepší možnost rozšiřování druhové pestrosti produkce ryb a omezení klimatických vlivů na produkci násadového materiálu. RAS se tak staly významnou alternativou intenzivního chovu ryb v průtočných a rybničních akvakulturních systémech. RAS mohou významně přispět k naplnění klíčového požadavku obchodních řetězců, zajistit rovnoměrnější celoroční dodávky tržních ryb v požadovaném sortimentu. Nezastupitelné místo mají RAS v akvakulturním výzkumu nejrůznějšího zaměření. Široce je recirkulačních technologií využíváno i v chovu okrasných druhů ryb a ve výstavních akváriích, včetně mořských. RAS jsou díky své nezávislosti na okolním prostředí použitelné takřka ve všech klimatických podmínkách.

Naopak nevýhodou těchto systémů je značná investiční nákladnost, technická komplikovanost, vysoké požadavky na kvalifikaci a spolehlivost personálu, spolehlivost dodávky elektrické energie a v některých případech vyšší provozní náklady, související s energetickou náročností, což bývá kompenzováno chovem cennějších (dražších) druhů ryb a vyšší produktivitou práce. Nejvýznamnější rozvoj a využití recirkulačních akvakulturních systémů je v USA, Izraeli, Holandsku a Dánsku.

Že trend v rozvoji chovu ryb s využitím RAS je postaven na široké bázi a provozován a rozšiřován v řadě zemi světa, dokazuji nejrůznější mezinárodni akce, jak vědeckého, tak vysloveně aplikovaného charakteru, určené pro chovatele a projektanty. V USA jsou ve dvouletých cyklech pořádaný specializované mezinárodni konference zaměřené výlučně na RAS (v r. 2014 se bude konat 10. ročník), každoročně jsou péčí Evropské či Světové akvakulturní společnosti (EAS a WAS) a dalšími institucemi, různá skoleni, zaměřena na využití RAS (např. v Praze při AQUA 2012, další podobna školení proběhla v letošním roce ve Španělsku a v Dánsku). Poněkud skromnější je prozatím výčet národních akci uvedeného zaměřeni, VÚRH JU pořádal v r. 2008 první školení tohoto druhu, další bude na konci roku 2014. Specializovanou akci, zaměřenou na zkušenosti s dánskými RAS, je právě pořádaný seminář v Brně. Mimo toho, je problematika RAS, již několik let přednášena i na VŠ akvakulturního zaměření (FROV JU, Mendelova univerzita).

Budoucí možnosti využití RAS v ČR jsou jak pro produkci studenomilných druhů, tzn. násadových i tržních lososovitých ryb (pstruha duhového, sivena amerického, hybrida sivenů, případně i pstruha obecného) a síhů, tak celé řady dalších druhů ryb. Mezi ně patří jeseterovití, dravé druhy ryb, zejména candát, dále sumec velký a okoun říční, ale i tropické druhy ryb – sumeček africký a tilapie. Pro naše podmínky lze za druhy s největším možným potenciálem pro intenzivní chov v RAS považovat vedle lososovitých druhů ryb, zejména candáta a sumečka afrického. I přes dosavadní poněkud nesmělý rozvoj RAS v ČR lze po zkušenostech s jejich provozem, s přihlédnutím k intenzivnímu rozvoji těchto technologií v sousedních a dalších blízkých evropských zemích (Německo, Polsko, Maďarsko, ale zejména Dánsko a Holandsko, ale též Švýcarsko, Rakousko, Francie aj.) vyslovit předpoklad, že bude další výstavba těchto objektů se zaměřením na různé druhy ryb intenzivněji pokračovat a RAS se budou výrazněji podílet na rozšíření akvakulturní produkce v ČR, včetně rozšíření početnosti produkovaných druhů ryb. Ke zmírnění vysoké investiční náročnosti při výstavbě RAS může v současnosti významně přispět současná dotační politika v sektoru rybářství. Pokud české produkční rybářství bude tento progresivní trend v akvakultuře ignorovat a nevyužije poskytovaných dotačních podpor, ani možnosti vhodného skloubení akvakulturní produkce se stávajícími a nově vznikajícími kapacitami bioplynových stanic, případně dalších zdrojů tepla, zhorší tím i svoji konkurenceschopnost. S postupným zvyšováním podílu RAS na celkové akvakulturní produkci (při současné stagnaci rybniční produkce) počítá i Strategie akvakultury v rámci nového programovacího období 2012 – 2024, zpracovaná v r. 2012 firmou IREAS pro MZe (obr. 1).



Obr. 1. Dvě varianty předpokládaného výlovu ryb ze speciálních zařízeni (intenzivních chovů, zejména RAS) v období let 2012-2024.

Obecně lze podpořit zavádění RAS v České republice následujícími důvody:

- rozšíření druhového spektra tržních ryb a nabídky nedostatkových druhů ryb,
- vyrovnanou produkci tržních ryb v průběhu roku,
- úplné nebo výrazné omezení vlivu predátorů na ryby chované v RAS,
- minimální požadavky na přítok vody (vodní zdroje),
- minimální produkce znečištění,
- minimální požadavky na zastavěnou plochu, včetně případné možnosti využití stávajících, nevyužívaných zemědělských staveb, zejména pro živočišnou výrobu,
- nízké riziko výskytu chorob,
- neutrální vliv na stávající rybníkářství,
- zvýšení podílu potravin z české produkce na domácím trhu,
- možnost kombinace s bioplynovými stanicemi nebo jinými zdroji tepla,
- předpoklad snížení stávajících cen importovaných krmiv, vzhledem k celkovému zvýšeni spotřeby kompletních krmných směsí pro ryby v České republice,
- možnost využití dostatku kvalifikovaných českých pracovníků v akvakultuře.

Poděkovaní
Práce byla podpořena projekty CENAKVA reg. č. CZ.1.05/2.1.00/01.0024 a NAZV QJ1210013.

Prof. Ing. Jan Kouřil, Ph.D.
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Ústav akvakultury,
České Budějovice,
e-mail: kouril@frov.jcu.cz

PRODUKCE LOSOSOVITÝCH RYB V RECIRKULAČNÍM SYSTÉMU DÁNSKÉHO TYPU.

Mareš, J., Kopp, R., Brabec, T., Lang, Š.,
Mendelova univerzita v Brně, Oddělení rybářství a hydrobiologie,
Zemědělská 1, 613 00 Brno

Produkce lososovitých ryb v České republice pokrývá pouze část jejich spotřeby na našem trhu. Je v opačném poměru ve srovnání s produkcí rybniční, kde téměř polovinu exportujeme. I když vezmeme v úvahu spotřebu lososa, stále ještě významné množství zejména pstruha duhového dovážíme. Tím se otevírá prostor pro rozvoj produkce lososovitých ryb v ČR. A to produkce realizovatelné v čerstvém stavu přímo od producenta a standardní kvality.

Diskutovanou otázkou je dostupné množství vhodných zdrojů vody pro intenzivní chov lososovitých ryb v našich klimatických podmínkách, zvyšující se důraz na minimalizaci zatížení prostředí těmito chovy a zdravotní aspekty chovu. Jako jedna z alternativ se jeví využívání recirkulačních systémů. Konkrétně recirkulačních systémů dánského typu. Intenzita chovu a hustota obsádky průtočných systémů chovu lososovitých ryb vychází vždy z množství a kvality přitékající vody. V systémech recirkulačních lze zajistit optimální podmínky úpravou recirkulující vody. Vysoká hustota ryb je podmínkou dobrého příjmu a využití potravy. Z pohledu ekonomiky chovu je u investičně a provozně náročných recirkulačních systémů vysoká obsádka nutností. Stanovení optimální výše obsádky v intenzivním chovu se zohledněním možných aspektů ovlivňujících výši produkce a vhodně zvolená krmná strategie. Ty jsou rozhodující podmínkou příznivé ekonomiky i kvality produkovaných ryb.

Produkce plůdku a násadového materiálu

Při odchovu plůdku pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss)* a sivena amerického (*Salvelinus fontinalis)* se nasazuje do odchovných nádrží, zpravidla žlabů nebo bazénů s nízkým vodním sloupcem, 80 až 100 tis. ks váčkového plůdku na 1 m^{-3} objemu vody. Tento počet je postupně v průběhu odchovu snižován a to tak, že v druhém týdnu odchovu se jeho počet pohybuje na úrovni 40 – 50 tis. ks a ve třetím týdnu pak 20 – 30 tis. ks na 1 m^{-3} (Pokorný a kol., 2003; Kouřil a kol., 2008b). Podmínkou úspěšného odchovu je dostatečný přítok kvalitní vody s dostatečným božstvím rozpuštěného kyslíku. Jeho množství by nemělo v průběhu odchovu klesat pod 6 $mg.l^{-1}$, a to na odtoku z nádrží. Nedostatek kyslíku (hypoxie), byť jen mírný, působí jako významný stresor a při dlouhodobém pobytu ovlivňuje nejen úroveň přežití a intenzitu růstu v průběhu odchovu plůdku, ale i produkční parametry v následné fázi chovu. Proto je potřeba jeho koncentraci udržovat s použitím aerace (vzduchování) nebo oxigenace (využití kyslíku). Voda v nádržích se má vyměnit několikrát za hodinu s ohledem na její kvalitu, přičemž nedostatek kyslíku v přítokové vodě nelze nahradit trvale zvýšeným přítokem. Příliš vysoká rychlost proudu zvyšuje

energetické nároky na udržení polohy. Proto by u plůdku do 1 g neměl překračovat rychlost proudění 0,5 – 1 $cm.s^{-1}$ (Kouřil a kol., 2008b).

Ošetřování plůdku je zaměřeno na kontrolu jeho chování a zdravotní stav, kontrolu kvality vody, udržování čistoty odchovných nádrží, kontrolu růstu a koupele plůdku. Krmení s použitím vhodné starterové směsi se provádí několikrát denně, případně s použitím automatických krmítek, v dávkách odpovídajících údajům výrobce, teplotě vody a velikosti plůdku.

Za 6 – 8 týdnů odchovu je získáván plůdek o délce 3 až 5 cm a hmotnosti 0,8 – 1,2 g. Ten je následně přesazován do větších nádrží pro odchov násadových ryb (ročků). Úroveň přežití je v průběhu této fáze různá, ale zpravidla dosahuje průměrně 85 %.

Na některých farmách je k odchovu plůdku pstruha duhového využíván recirkulační systém. Ten umožňuje úpravu teploty vody pro optimální růst ryb, udržení optimální kvality vody, eliminaci patogenů a lepší využití růstového potenciálu ryb. Odchov plůdku trvá, na rozdíl od výše uvedených údajů, u jeho specializovaných producentů přibližně 500 denních stupňů (tj. přibližně 10 týdnů při 7°C). Na konci této fáze dosahuje plůdek hmotnosti přibližně 5 g (Jokumsen a Svedsen, 2010). V podmínkách ČR realizovali inkubaci jiker a odchov plůdku lososovitých ryb s využitím recirkulace na objektu firmy Josef Bláhovec Pstruhařství Mlýny (Buřič a Kouřil, 2012).

Při standardním následném odchovu odkrmeného plůdku do kategorie roček (případně čtvrtroček nebo půlroček), což odpovídá velikosti optimálně 40 – 50 (150 g). Tato velikost je dosahována v běžných podmínkách ve věku 8 – 12 měsíců. V podmínkách intenzivního chovu jsou zpravidla využívány žlaby a nádrže různého tvaru, případně nádrže kruhové. Žlaby a nádrže by měly mít poměr šířky k délce 1:4 až 1:7 při objemu 3 až 8 tis. litrů. U pstruha duhového se hustota obsádky na počátku pohybuje mezi 2 a 4 tisíci kusy na 1 m^{-3}. V příznivých podmínkách lze dosáhnout produkce až 50 $kg.m^{-3}$ na konci odchovu (Kouřil a kol., 2008b). Při použití přídavné aerace nebo oxigenace lze obsádku zvýšit až na 120 $kg.m^{-3}$ s přežitím kolem 80 až 90%. Skutečná velikosti obsádky závisí především na množství a kvalitě vody.

V zahraničí v návaznosti na produkci odkrmeného plůdku o hmotnosti kolem 5 g je odchován u specializovaných producentů v průběhu 2 – 3 měsíců násadový materiál dosahující hmotnosti okolo 50g. To dopovídá v naší terminologii přibližně kategorii roček. Tyto ryby jsou nabízeny od specializovaných producentů plůdku a ročků chovatelům zaměřeným na produkci tržních ryb (Jokumsen a Svedsen, 2010). Taková specializace v našich podmínkách je spíše výjimkou.

Produkce ryb do tržní hmotnosti.

Rozvoj chovu lososovitých ryb u nás je datován do 60. let minulého století. V tomto období byly budovány velké pstruhařské farmy s betonovými žlaby obdélníkového tvaru několik desítek metrů dlouhé, tzv. italského typu. Žlaby jsou zpravidla rozděleny mřížemi na několik oddělených sekcí. V případě dostatečného přítoku čisté, chladné a kyslíkaté vody lze dosáhnout vysoké produkce. Při délce žlabů 60 – 100 m se pohybuje jejich objem v rozmezí 120 – 800 m^3. Při obsádce

půlročka nebo ročka v počtu 100 – 200 ks.m^{-2} o kusové hmotnosti kolem 50g, se roční produkce pohybovala na úrovni 25 – 60 kg.m^{-3}. Optimální výměna vody je 2 – 4 x za hodinu a přítok 1,7 l.s^{-1} na 100 kg ryb s obsahem kyslíku 9 – 12 mg.l^{-1} (na odtoku minimálně 6 mg.l^{-1}). Pokud jsou nádrže rozděleny na několik sekcí, obsádky se snižují vždy o 25 – 30 % oproti sekci předchozí. Jinou variantou je řazení kratších žlabů paralelně vedle sebe. Modernější metodou je výstavba plastových nádrží umístěných často nad terénem, s rozvody kyslíku a automatickými krmítky (Kouřil a kol., 2008b). Produkce ryb v těchto farmách je celoročně vázána na dostatečný přítok kvalitní vody, případná její recirkulace byla využita na některých farmách pouze nouzově v období nedostatku vody.

Se snahou o snížení závislosti na zdroji kvalitní vody a zároveň se snížením dopadu zatížení z intenzivních systémů chovu, dochází celosvětově k rozšíření recirkulačních systémů chovu ryb včetně ryb lososovitých. Jejich princip přehledově uvádí např. Kouřil a kol. (2008a). Jednou z variant recirkulačních systémů pro chov lososovitých ryb, je využití recirkulace tzv. dánského typu. Podrobný popis technického řešení tohoto modelu recirkulačního sytému, konkrétně využívaný firmou BioFish s.r.o., uvádí Vítek a kol. (2011), možnosti optimalizace vybraných hydrochemických parametrů v uvedeném systému pak Lang a kol. (2011).

Jedná se o systémy s nízkým nárokem na energetické vstupy (1,9 – 2,3 kWh na kg produkce dle Lareau et al. 2004). V odchovných žlabech je využívána rychlá cirkulace vody ekvivalentní výměně vody ve žlabu 5-10 krát za hodinu, voda je však recirkulována a doplňována pouze minimálně (1,0 – 1,5%). Nespornou výhodou jsou minimální nároky na výměnu vody. Potřeba vody, která se pohybuje kolem 10 m^3 na kg použité krmné směsi, představuje stokrát menší množství, než je tomu u klasických průtočných systémů (Blancheton et al. 2007). Nároky na kvalitu vody v systému jsou vzhledem k vysoké koncentraci ryb značné. Rovněž je potřeba sledovat zdravotní stav chovaných ryb. Jakákoliv infekce se může velmi rychle rozšířit a vyvolat hromadný úhyn ryb a tím velké hospodářské ztráty. K dosažení uspokojivých výsledků chovu je potřeba pro krmení využívat nejkvalitnější krmné směsi, které jsou však patřičně účinné pouze při zabezpečení optimálních podmínek z hlediska kvality vody a zdraví ryb. Všechny tyto faktory kladou vysoké nároky na odbornost obsluhy systému, jakýkoliv nevhodný zásah se výrazně projeví na ekonomickém výsledku.

Optimální produkční výsledky jsou v RAS dánského typu dosahovány při hustotě obsádky převyšující 100 kg. Tyto výsledky byly dosaženy při porovnání různé intenzity chovu u dvou systémů, a to od 57 do 98-108 kg.m^{-3} (d´Orbcastel a kol., 2009). Retardace produkce u průtočných systémů nastává při hustotě 85 kg.m^{-3}, což může být způsobeno dlouhodobému pobytu ryb v prostředí s vysokým obsahem CO_2 (18 mg.l^{-3}). Problém s přesycením vody oxidem uhličitým by měly řešit právě difuséry umístěné za ponořenou částí biofiltru a v jednotlivých chovných žlabech.

V chovných systémech dánského typu je v současnosti produkován pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss).* Dále jsou využívání triploidní jedinci nebo rychle rostoucí samičí populace. Tito jedinci jsou získáváni v podobě násadového materiálu zpravidla od zahraničních dodavatelů nebo v podobě jiker v očních bodech. Druhým

chovaným druhem je siven. V jeho případě jde zpravidla o sivena amerického (*Salvelinus fontinalis*), případně o hybrida sivena amerického se sivenem alpským (*S. alpinus*). Tato kombinace je využívána pro odstranění problému zvýšeného povrchového poškození u pohlavně dospívajících mlíčáků sivena amerického často před dosažením tržní hmotnosti.

V průběhu řešení projektu jsme během několik let testovali různou hustotu obsádky lososovitých ryb v podmínkách recirkulačního systému firmy BioFish s.r.o. v Pravíkově. Při testování různé koncentrace ryb byly sledovány produkční parametry, kvalita prostředí i vliv hustoty obsádky na kvalitu finálního produktu, tedy nutriční a senzorické parametry rybího masa. Souběžně byl posuzován vliv použitého krmiva na produkční a další sledované parametry. Pro nasazování systému byly použity ryby různého původu. Důvodem byly dvě skutečnosti. První z nich vycházela z naší chovatelské praxe, tedy absence specializovaných producentů násadového materiálu a tedy omezené dostupnosti ryb jednotného původu a velikosti v počtech potřebných pro nasazení recirkulačního systému. A dále byla snaha ověřit vliv původu nasazovaných ryb na sledované ukazatele.

Ryby jsou nasazovány do systému zpravidla několikrát v průběhu roku v návaznosti na prodej ryb v tržní hmotnosti. Ten je v ČR realizován průběžně opakovaným tříděním ryb v chovných žlabech a prodejem ryb dosahujících tržní hmotnosti. Většina ryb je prodávána v menších objemech. V našich podmínkách není běžný systém, kdy chovatel vyskladňuje jednorázově až 50 % své produkční kapacity. Tomu odpovídá i systém nasazování ryb. Pro takovou formu prodeje u nás není vytvořena obchodní ani produkční struktura.

Při produkci tržních ryb jsou chovné žlaby recirkulačního systému dánského typu zpravidla nasazovány rybami o kusové hmotnosti 20 – 70 g. Početnost obsádky při nasazení se pohybuje v rozpětí od 8 tis. až do 18 tis. ks na žlab, což odpovídá hustotě 235 až 530 $ks.m^{-3}$. Hmotnost nasazovaných ryb na jednotku chovného prostoru činí zpravidla 10 – 35 $kg.m^{-3}$. Tyto hodnoty vycházejí z přibližného objemu chovného žlabu na úrovni 34 m^3.

V teplotně optimální části roku z násadového materiálu uvedené hmotnosti jsou v průběhu 5 – 6 měsíců odchovávány ryby do tržní hmotnosti. Při průměrné hmotnosti ryb na úrovni kolem 250 g, při dosažené úrovni přežití v rozpětí 92 - 97 %, lze počítat s obsádkou ryb v hmotnosti 1,9 – 4,3 t na žlab. To odpovídá obsádce 56 – 125 $kg.m^{-3}$ a přírůstku 45 – 100 $kg.m^{-3}$. V tomto množství ryb je potřeba velmi pečlivě sledovat dynamiku obsahu rozpuštěného kyslíku v průběhu dne. Zejména před krmením ryb a 2 – 3 hodiny po nakrmení. Pro optimální využití krmiva je nezbytné zabezpečit jeho množství ve vodě odtékající ze žlabů na úrovni přes 70 %. Při poklesu k hranici 60 % je potřeba redukovat výši krmné dávky nebo dotovat systém kyslíkem. Pro zefektivnění chovu a zlepšení kyslíkových poměrů je tedy vhodné vybavit systém zařízením pro aplikaci kyslíku a udržovat jeho koncentraci na optimální výši. Zároveň je potřeba zohlednit zatížení celého systému a stav biofiltrů. V ČR zatím vybudované systémy jsou počítány na celkové jednorázové zatížení přibližně 40 - 50 t.

Hmotnost ryb v chovném žlabu v závislosti na jejich počtu a kusové hmotnosti

Počet ryb	20 g		60 g		250 g		300 g	
	kg	$kg.m^{-3}$	kg	$kg.m^{-3}$	kg	$kg.m^{-3}$	kg	$kg.m^{-3}$
6 000	120	3,5	450	13,2	1500	44	1800	53
7 000	140	4,1	525	15,4	1750	51	2100	62
8 000	160	4,7	600	17,6	2000	59	2400	71
9 000	180	5,3	675	19,9	2250	66	2700	79
10 000	200	5,9	750	22,1	2500	74	3000	88
11 000	220	6,5	825	24,3	2750	81	3300	97
12 000	240	7,1	900	26,5	3000	88	3600	106
13 000	260	7,6	975	28,7	3250	96	3900	115
14 000	280	8,2	1050	30,9	3500	103	4200	124
15 000	300	8,8	1125	33,1	3750	110	4500	132
16 000	320	9,4	1200	35,3	4000	118	4800	141
17 000	340	10,0	1275	37,5	4250	125	5100	150
18 000	360	10,6	1350	39,7	4500	132	5400	159

Rychlost růstu chovaných ryb je závislá především na teplotě vody v systému a intenzitě krmení. Odchylka v teplotě vody mimo teplotní optimum chovaného rybího druhu, ať už směrem nahoru či dolu, negativně ovlivňuje příjem a využití krmiva. Tyto systémy se běžně staví jako systémy otevřené, teplota vody závisí na nadmořské výšce a zdroji vody. Recirkulace budované ve vyšší nadmořské výšce (v ČR 600 – 650 m n.m.) mají výhodu v letním období, kdy voda významně nepřesahuje optimální teplotu pro chov ryb. V zimním období však zpravidla zamrzají a nelze počítat s přírůstkem. V takovém případě je vhodné uvažovat o zastřešení systému, aby byla udržena teplota vody na úrovni vhodné pro příjem a využití krmiva. V zahraničí se lze u nově budovaných moderních systémů setkat s jejich umístěním v budově. Jiná alternativa je možnost zvýšeného přítoku do systému vody s vyšší teplotou, např. podzemní zdroje. V letním období lze teplotu vody snížit o 1 – 2°C vhodným zakrytím systému, např. maskovacími sítěmi. Obecně však platí, že jednodušší je vodu ohřát než ochladit. Nicméně při dostatku kyslíku ve vodě a příznivých hodnotách ostatních parametrů (NH_3, NO_2, pH atd.), dobře krmivo přijímá pstruh duhový i při teplotě 21 - 22°C. To však neplatí pro sivena, ten naopak lépe přijímá potravu při teplotách nižších a to i teplotě kolem 2°C.

V průběhu několika let jsme testovali různou hustotu obsádky u pstruha duhového i sivena amerického, případně hybrida sivena. Obsádky se pohybovaly v rozpětí 8 – 18 tis. ks. Nejvyšší produkce bylo dosaženo při hustotě obsádky 15 – 18 tis. na žlab, což odpovídá počtu 470 – 530 $ks.m^{-3}$. Při těchto počtech ryb bylo dosaženo produkce kolem 4 t ze žlabu, tedy na úrovni přes 100 $kg.m^{-3}$.

Dalším významným faktorem ovlivňujícím ekonomiku chovu je konverze použitého krmiva. V recirkulačních systémech jsou využívány krmné směsi s vysokou nutriční hodnotou a vysokou stravitelností. Při výše uvedených koncentracích ryb byla dosažena hodnota krmného koeficientu na úrovni 0,9 – 1,6. Hodnota krmného

koeficientu byla ovlivněna několika faktory. Prvním z nich je výše ztrát, protože hodnota krmného koeficientu byla vypočítána jako spotřeba krmiva na přírůstek ryb, tedy rozdíl hmotnosti nasazených a vylovených ryb, původem ryb a volbou krmné směsi.

Ve sledovaném systému byly několikrát zjištěny úhyny ryb po jejich vysazení, a to v průběhu 1 – 2 týdnů na úrovni 5 – 10 % (výjimečně i vyšší). Průběh úhynu byl ovlivněn teplotou vody. Obdobné zkušenosti jsou i z jiných farem. Předpokládá se, že jde o úhyny spojené s přesycením vody plyny. Zkušenostem s těmito úhyny je věnována pozornost v dalších příspěvcích.

Způsob nasazení a intenzita krmení ryb v recirkulačním systému musí vždy respektovat činnost (funkční stav) biofitru. Je nezbytné sledovat obsah amoniakálního dusíku a dusitanů ve vodním prostředí (Lang a kol., 2011).

Otevřené recirkulační zařízení je obdobně jako klasický systém vystaveno tlaku rybožravých predátorů. Proti některým z nich (nejčastěji vydra říční) pomáhá do určité úrovně oplocení areálu. Omezení dopadu ptačích predátorů, kdy se nejčastěji jedná o volavky, je doporučeno „zasíťování“ celého systému.

Vliv hustoty obsádky na kvalitu produkovaných ryb.

Vedle produkčních parametrů byla vždy hodnocena i nutriční úroveň produkovaných ryb. Jednalo se o stanovení výtěžnosti, chemické složení svaloviny a vybrané senzorické parametry. Výtěžnost byla stanovována jako podíl hmotnosti ryby bez vnitřností k hmotnosti ryby. Z chemických parametrů byl stanoven obsah sušiny svaloviny, obsah proteinů a tuku. V senzorické laboratoři byla stanovena intenzita vůně, její příjemnost, textura v ústech, šťavnatost, intenzita chuti a její příjemnost. Výsledky vycházejí z hodnocení provedených v průběhu tří let. Porovnáván byl vliv hustoty obsádek, použitého krmiva i původu ryb. Dílčí rozdíly v hodnotě senzorických parametrů v jednotlivých testech neměly jednoznačně shodný trend ovlivnění jednotlivých deskriptorů. Senzorickým parametrům produkovaných ryb je věnován samostatný příspěvek.

Rozpětí hodnot sledovaných parametrů nutriční hodnoty u obou chovaných druhů lososovitých ryb

Sledovaný parametr	Pstruh duhový	Siven americký
Průměrná kusová hmotnost (g)	240 – 270	220 – 270
Výtěžnost (%)	85 – 87	82 – 83
Obsah sušiny (%)	30 – 31	32 – 34
Obsah tuku (% čerstvé hmoty)	12 – 13	12 – 15
Obsah bílkovin (% čerstvé hm.)	16 – 17	16 – 18
Intenzita vůně	73 – 78	70 – 77
Příjemnost vůně	72 – 79	74 – 76
Textura v ústech	72 – 75	66 – 71
Šťavnatost	55 – 65	61 – 63
Intenzita chuti	70 – 76	74 – 77
Příjemnost chuti	60 – 63	72 – 77

rozpětí senzorických deskriptorů 0 – 100, přičemž hodnota 100 je nejlepší.

Použitá krmiva

V průběhu testování byl ověřován produkční efekt několika druhů krmiv. S ohledem na původ systému (Dánsko) i metodickou podporu firmy Biomar při budování těchto systémů, byla testována krmiva od tohoto výrobce. Používaná krmiva byla vyvinuta a doporučena výrobcem pro recirkulační systémy. A to zejména s ohledem na jejich stravitelnost a kompaktnost výkalů, zlepšující jejich sedimentaci a snižující intenzitu ukládání sedimentů v systému, zejména v ponořeném biofitru. Intenzita krmení vycházela z doporučení výrobce s ohledem na teplotu vody a rychlost růstu ryb. Výše uvedených hodnot krmných koeficientů bylo dosaženo při použití krmných směsí s obsahem dusíkatých látek (proteinů) převyšující hranici 40 %. Pro menší velikostní kategorie (přibližně do 50 g), bylo využíváno krmivo ve velikosti 0,5 – 1,9 mm s obsahem 58 % proteinů a 15 % tuku (zrnitost 0,5 mm) až po 48 % proteinů a 22 % tuku (1,9 mm). V průběhu výkrmu tržních ryb lze pro příznivější konverzi doporučit krmiva s obsahem 42 – 43 % proteinů a 27 - 31 % tuku s obsahem energie kolem 20 $MJ.kg^{-1}$. Po zkušenostech, získaných za řady let provádění krmných testů, doporučujeme na konkrétním zařízení ověřit produkční účinnost několika vhodných (vybraných) druhů krmiv. Pro finální výběr pak zohlednit nejen cenu krmiva, ale zejména vztah ceny krmiva a hodnoty vyprodukovaných ryb, včetně jejich výtěžnosti a nutriční úrovně. Konverze krmiva je významně ovlivněna použitou technikou krmení, tedy pravidelností a způsobem aplikace krmiva. Volba ručního nebo automatického krmení je záležitostí každého chovatele.

Zatím nedořešenou otázkou v recirkulačních systémech zůstává využití strategie „finishing feeding“. Právě s ohledem na stravitelnost, množství a strukturu výkalů využívaných krmiv.

Původ chovaných lososovitých ryb.

U pstruha duhového zatím nemáme k dispozici výsledky z našich recirkulačních systémů o vlivu původu na dosažené produkční ukazatele. V chovu sivena amerického jsme zjišťovali rozdíly v produkčních i dalších ukazatelích v závislosti na původu ryb nebo při použití hybridů sivena amerického a sivena alpského. Na základě předběžných výsledků lze konstatovat, že u hybridů obou druhů sivena dochází ke snížení výskytu povrchových defektů. Ty jsou spojeny u sivena amerického se vzájemným poškozováním ryb, zejména mlíčáků (po dosažení pohlavní dospělosti a snížením ochranného efektu produkované slizu ve vazbě na zvýšenou produkci testosteronu). Dochází k bakteriálnímu poškození kůže zejména v oblasti ocasního násadce a hřbetu a hřbetní ploutví s následným zaplísněním. To vyřazuje produkované ryby z tržní realizace. Otázkou zatím zůstává vnímavost sivenů různého původu na stresové faktory a další onemocnění.

S mezidruhovou hybridizací spojené omezení vývoje pohlavních produktů dává předpoklad vyšší intenzity růstu, lepší využití aplikovaného krmiva a zvýšení výtěžnosti při zpracování. Určitým rizikem je využití produkovaných hybridů při zarybňování rybářských revírů.

Ekonomika provozu recirkulačních systémů je rozhodujícím způsobem ovlivněna výší produkce. Systémy vybudované v České republice využívající

kombinaci hlubokého airliftu a nízkotlakých difuzérů jsou závislé na kontinuálním provozu dmychadel zajišťujících jejich funkci. Standardní příkon do systémů je 15 – 20 kWh. To odpovídá ročnímu odběru 132 – 175 tis. kWh. Při vývoji těchto systémů byly předpokládané potřebě elektrické energie v rozpětí 1,9 – 2,3 kWh na kg vyprodukovaných ryb (Lareau et al. 2004) sníženy na průměrnou hodnotu 1,7 kWh (Jokumsen a Svedsen, 2010). Podle názoru současných majitelů a uživatelů recirkulačních systému dánského typu, se vyrovnané nebo příznivé ekonomické ukazatele dají předpokládat při roční produkci převyšující 60 t ryb, lépe 100 t tržních ryb. To dopovídá potřebě 2,33, resp. 1,40 kWh na produkci 1 kg ryb. Významnou roli v ekonomice chovu hraje i cena dodávané elektrické energie, resp. její sazba.

Poděkování

Příspěvek vznikl za finanční podpory Národní agentury pro zemědělský výzkum, projektu QI91C001 „Optimalizace podmínek intenzivního chovu lososovitých ryb v podmínkách České republiky s využitím dánské technologie se zaměřením na kvalitu produkovaných ryb“.

Použitá literatura

Blancheton, J.P., Piedrahita, R., Eding, E.H., Roque d’Orbcastel, E., Lemarie, G., Bergheim, A., Fivelstad, S., 2007. Intensification of landbased aquaculture production in single pass and reuse systems. In: Aquaculture Engineering and Environment, (Chapter 2).

Buřič, M., Kouřil, J., 2011: Technologie chovu ryb v recirkulačním systému dánského typu v podmínkách ČR. Edice Metodik (technologická řada), FROV JU, Vodňany, č. 115, 44 s

Buřič, M., Kouřil, J., 2012: Technologie recirkulační líhně pro lososovité ryby. Edice Metodik (technologická řada), FROV JU, Vodňany, č. 136, 34 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.

Jokumsen, A., Svendsen, L. M., 2010: Farming of freshwater rainbow trout in Dermark. DTU Aqua Report no. 219-2010, 47 s.

Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V., 2008a: Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. č. 85. Vodňany.

Kouřil, J., Mareš, J., Pokorný, J., Adámek, Z., Ryndák, T., Kolářová, J., Palíková, M., 2008b: Chov lososovitých ryb, lipana a síhů, JU v Českých Budějovicích, 1. Vydání, Vodňany, 141 s.

Lang, Š., Kopp, R., Brabec, T., Vítek, T., Mareš, J. 2011: Optimalizace hydrochemických parametrů v recirkulačním systému pro chov ryb: I. Stabilizace kyselinové neutralizační kapacity a snížení toxicity dusitanů v recirkulačním systému dánského typu. Ověřená technologie, Mendelova univerzita v Brně, 25 s.

Lareau, S., Champagne, R., Gilbert, E., Vandenberg, G., 2004: Rapport sur les missions d'evaluation de la technologie danoise pour l'elevage en eau douce des salmonides.

Pokorný, J., Adámek, Z., Šrámek, V., Dvořák, J., 2003: Pstruhařství. 3. přepracované vydání, Informatorium, Praha, 281 s.

Vítek, T., Kopp, R., Lang, Š., Brabec, T., Mareš, J., 2011: Technická řešení a možnosti efektivní regulace průtokových poměrů v zařízeních pro intenzivní chov ryb dánského typu. Uplatněná certifikovaná metodika, Č. R01/15VD46246/2011-16230/Nmet — Certifikovaná metodika ze dne 20.12.2011, Mendelova univerzita v Brně, 20 s.

http://www.biomar.com/

http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/operacni-program-rybarstvi-na-obdobi/opatreni-osy-iii/

Doc. Dr. Ing. Jan Mareš, doc. Ing. Radovan Kopp, Ph.D., Ing. Tomáš Brabec, Ph.D., Ing. Štěpán Lang
mares@mendelu.cz, fcela@seznam.cz, brabto@seznam.cz, stepanlang@gmail.com
Oddělení rybářství a hydrobiologie, Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00
rybarstvi.eu

PĚTILETÝ PROVOZ RECIRKULAČNÍHO SYSTÉMU FIRMY BIOFISH S.R.O. V PRAVÍKOVĚ

Pfau, R.
BioFish s.r.o., Horní Paseka

Historie:

Firma BioFish začala výstavbu provozu v Pravíkově na podzim roku 2006. V první fázi bylo postaveno 7 chovných zařízení pod hrází rybníka.

Při stavbě dvou chovných zařízení (320 m^3) byla použita modifikace dánských prvků (dělící stěna, 4 ks odkalovacích kuželů a airlift o rozměrech 2 x 6 m poháněj ící vodu v odchovně kolem středové stěny). Tři chovné žlaby byly postaveny jako průtočné a další dva průtočné žlaby jsou částečně stavebně rozděleny na 3 od sebe oddělitelné části bez možnosti jednotlivé části odděleně vypustit. Tato část chovného zařízení byla dostavěna a uvedena do provozu v polovině roku 2007. V roce 2009 byly třetí až sedmá odchovna opatřeny nízkotlakými difuzory, čímž bylo dosaženo zefektivnění čištění odchovny a zvýšení produkční kapacity odchoven o 30 %. Spotřeba vody těmito chovnými zařízeními i při zvýšení kapacity klesla na polovinu.

V roce 2008 začala výstavba recirkulačního systému s 12 chovnými žlaby, jednokomorovým plovoucím a osmikomorovém ponořeným biofiltrem. Každý chovný žlab má objem 34 m^3. Systém mohl v té době být napájen třemi zdroji vody: lesní potok (hlavní zdroj), vrt a průsaková jímka (vedlejší zdroje). Stavba systému byla dokončena v červnu 2009, kdy začalo i první testování s chovem ryb a záběh biofiltru.

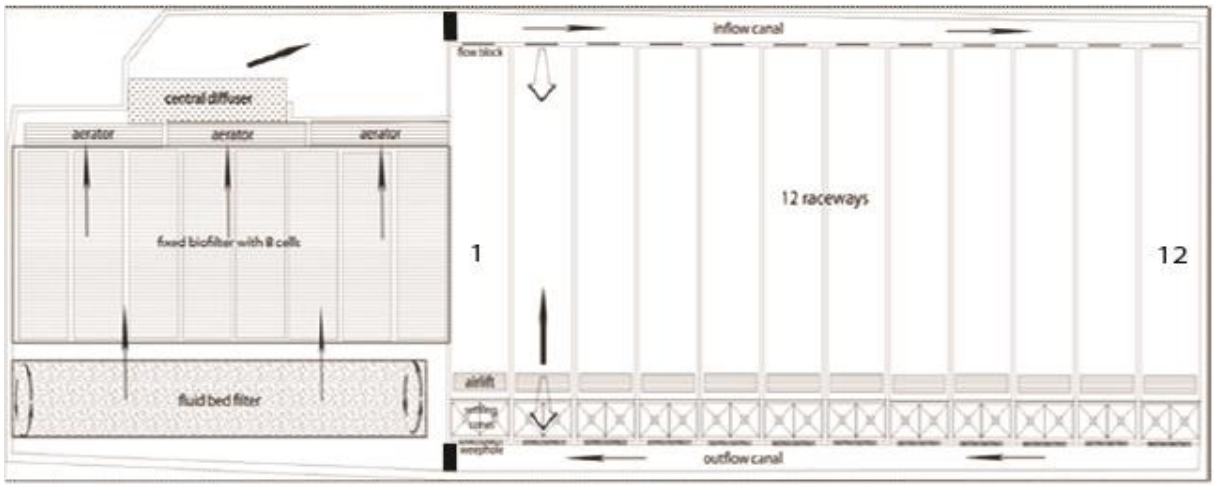
Počátky záběhu recirkulačního systému:

Před samotným vysazením bylo 2 x provedeno napuštění a vypuštění celého systému a byla provedena zkouška funkčnosti recirkulace a omytí nových betonových částí.

Po třetím napuštění byly dva chovné žlaby nasazeny obsádkou pstruha duhového (2x 2000 ks). Biofiltr nebyl nijak naočkován. Třetí den po nasazení nastala vlna enormního úhynu ryb, která pátý den ustala, a další týden byl úhyn ryb minimální. V následujících 14 dnech se úhyn ryb postupně zvyšoval. Při analýze vody byl zjištěn obsah dusitanového dusíku ($N\text{-}NO_2^-$) na úrovni 0,5 $mg.l^{-1}$. Voda z lesního potoka, kterou byl systém napájen, neobsahovala téměř žádné chloridy (asi

1,5 $mg.l^{-1}$). Podle výsledků hydrochemických analýz, chování ryb a zjištěných příznaků šlo s velkou pravděpodobností o problém s methemoglonémií. Problém s toxicitou dusitanů byl vyřešen přídavkem soli (NaCl) do systému a udržováním chloridového čísla ($Cl^-/N\text{-}NO_2^-$) nad úrovní 15. Následně byly do systému dosazovány další ryby. Po asi 6 týdnech naběhla i druhá fáze nitrifikace (nitratace) a problémy s dusitany ustaly.

Schéma recirkulačního systému vybudovaného v areálu firmy nedaleko obce Pravíkov.



Denní provoz na recirkulačním systému:

Zajištění provozu systému musí provádět člověk znalý problematiky intenzivních chovů ryb a důvěrně seznámený se systémem samotným. Denně jsou prováděny následující činnosti:

1) Měření kyslíku: Obsluha měří kyslík standardně 1 x denně a to na odtoku z odchovny do biofiltru. Nasycení vody kyslíkem by po nakrmení ryb nemělo na odtoku z chovných žlabů klesat pod 70 %.

V extrémních případech – vysoké denní teploty, koupele ryb, atd. je nutné měřit obsah kyslíku dle potřeby několikrát denně. Na základě těchto měření obsluha zvolí další postup – zvýšení průtoku, snížení krmné dávky apod.

O veškerých denních pracích a zjištěných parametrech (měření kyslíku, pH, krmení a jiné manipulaci s rybami) jsou vedeny pravidelné denní záznamy.

2) Odkalování sedimentačních kuželů: provádí se 1 x denně. Nejvhodnější je odkalovat exkrementy 2 – 3 hodiny po ranním nakrmení ryb, kdy ryby vyloučí největší podíl exkrementů za celý den (asi 70 %). Odkalování se provádí zvednutím gumové koule s pískem ze dna kuželu. Usazené nečistoty se podtlakem vysají do odpadního potrubí a odtečou do odpadní jímky. Odpadní jímku je nutné před odkalováním vyčerpat! Pokud je jímka plná, k odkalení nedojde a exkrementy jsou pouze zvířeny plynem nahromaděným pod koulí.

3) Krmení ryb: na počátku provozu bylo krmeno pomocí dotykových samokrmítek. Krmení samokrmítky bylo v provozu nahrazeno krmením ručním pro lepší kontakt s rybou.

V současné době se krmí 2 – 3 x denně. Krmivo je rozprostřeno po celé ploše odchovny a je rybami beze zbytku přijato. Na základě hmotnosti obsádky ryb, teploty vody a kyslíkových poměrů je pro každý žlab počítána denní krmná dávka (DKD). DKD je denně pro každý žlab zaznamenána do sešitu spolu s teplotou, obsahem kyslíku a úhynem ryb.

4) Čištění biofiltru: Obsluha čistí pouze ponořený biofiltr. Na našem recirkulačním systému je osmi komorový filtr. Každý den se čistí 2 komory. Při čištění je dlužemi zahrazen přítok do čištěné komory biofiltru. Do difuseru umístěného pod sítem, na kterém jsou umístněny filtrační elementy, je puštěn vzduch. Vzduch elementy rozvíří a uvolní nečistoty. Poté jsou vyjmuty 3 středové trubky (přes trubku je nasunuta další trubka s otvory, aby nedocházelo k odplavení elementů) a dochází k odplavení nečistot do kalové jímky.

V průběhu odkalení dále probubláme hadicí tzv. hluchá místa, kde nedochází k dokonalému zvíření filtračních elementů a to okolo stěn, v rozích komory a ve středové části mezi odkalovacími trubkami.

Jednu komoru čistíme dle potřeby, dokud neodteče všechen usazený kal. Po vyčištění zavřeme odkalovací trubky, zastavíme vzduch a odstraníme dluže z přítoku aby vyčištěnou komorou mohla protékat voda.

5) Další opatření:

- obsluha pravidelně ve 14 denních intervalech čistí všechny přítokové a odtokové mříže v recirkulaci.

- obsluha pravidelně v měsíčních intervalech odsává usazeniny ze systému a to čerpadlem do kalové jímky. K usazování nečistot dochází nejvíce před a za plovoucím biofiltrem.

Výlov ryb při třídění a nakládce:

Před manipulací ryby nekrmíme zpravidla 24 – 48 hodin.

Ryby v odchovně můžeme zatáhnout vatkou, nebo přibližovací mříží a to vždy směrem od přítoku k odtokové mříži. Zde si můžeme pomoci difuzorem a ryba se nám nepřidusí. Ryby vydáváme ručně keserem na třídičku. Vytříděné ryby padají do žlabu, odkud jsou váženy a nakládány. Malé ryby jdou porubím zpět do odchovny. Tržní hmotnost ryb jdoucích z našeho systému byla doposavad v rozmezí 0,25 – 0,33 kg/ks, a to jak u sivenů, tak u pstruha duhového. Příklad: U sivena amerického nasazeného koncem září o kusové hmotnosti 0,01 kg lovíme při obsádce 8000 ks počátkem května (7 měsíců) ryby 0,25 kg. Při obsádce 15000 ks dosáhne ryba hmotnosti 0,25 kg v měsíci červenci - srpnu.

Negativní aspekty ovlivňující chov a provoz:

1) Extrémní počasí – jedná se zejména o klimatické extrémy v průběhu roku.

Jde o zimní období – dlouhodobé silné mrazy. Při dlouhodobých silných mrazech je pro zvýšení teploty vody možno použít záložní zdroj vody (vrt) o teplotě 8,5 °C a vydatnosti 2 $l.s^{-1}$, tím lze udržet teplotu vody kolem 1 °C. Minimální teplota vzduchu naměřená v Pravíkově za posledních 5 let byla -27 °C.

V letním období – dlouhé období tropických teplot. Používáme zastření 2/3 plochy recirkulace maskovací sítí a dále využijeme záložní zdroj vody z vrtu. Tímto opatřením dosáhneme snížení teploty vody o 2 – 4 °C oproti situaci bez aplikace těchto opatření. Maximální teplota naměřená v systému za 5 let jeho provozu byla 20,5 °C, Tato situace trvala pouze jeden den, poté teplota klesla pod 20 °C. Teplota vzduchu v tomto období byla až 36 °C ve stínu.

Krytí systému maskovací sítí

2) Velké výkyvy teplot

Toto nastává při prudkých změnách počasí, jde zejména o prudká ochlazení a následný vzestup teplot v rozmezí několika dnů. Příklad – v roce 2013 na přelomu měsíců června a července došlo k ochlazení vody o 6 C za 3 dny a za dalších 7 dnů k ohřátí na původních 18,5 C. Takovéto extrémy značně ovlivňují růst ryb a hlavně jejich zdravotní stav. Tyto změny nelze na odkryté venkovní farmě ovlivnit.

3) Onemocnění ryb

Nejčastějšími onemocněními v recirkulačním systému jsou bakteriální onemocnění způsobené bakteriemi Aeromonas. Aeromonas hydrofyla a Aeromonas salmonicida postihující zejména siveny americké.

Vzhledem k nutnosti léčby je potřeba zvolit správná antibiotika dle zkoušky citlivosti v laboratoři. Jelikož kultivace trvá několik dnů, je občas potřeba ihned začít s léčbou. V takovém případě se dá použít některé z odzkoušených antibiotik dle příznaků onemocnění a zkušeností z minulých let.

Antibiotika vyzkoušená na recirkulačním systému:

CTC - v současné době je oxytetracyklin málo využitelný, neboť mnoho kmenů bakterií je vůči němu rezistentních. Pro použití v recirkulaci není vhodný, neboť s takřka 100% jistotou docílíme usmrcení bakterií v biofiltru.

ST – (Sulfonamidin + tribrisen) - je vhodnější do recirkulačních systémů. Jde již o medikované krmivo od společnosti BioMar. Po prokázání vysoké citlivosti bývá účinný při použití 1% DKD po dobu 10 dnů na furunkulozu. Při opakovaném použití však dochází u bakterií k rychlému vytvoření rezistence.

Enrogal (účinná látka enrofloxacin) – jde o tekutý přípravek. Aplikace je nástřikem potřebného množství na granule. Po zaschnutí je možné zkrmovat. Částečně omezuje funkci biofiltru, ale biofiltr byl prozatím po každé léčbě funkční. Tímto antibiotikem lze ryby předávkovat. Předávkování má za následek úhyn ryb.

FF – fluorfenykol - jde o tekutý přípravek (olejovitá suspenze). Aplikace je nástřikem potřebného množství na granule (toto je velmi pracné). Po zaschnutí je možné zkrmovat. Částečně omezuje funkci biofiltru, ale biofiltr byl prozatím po každé léčbě funkční.

4) Úhyny ryb po vysazení

- příčina tohoto jevu nám zatím není známá.

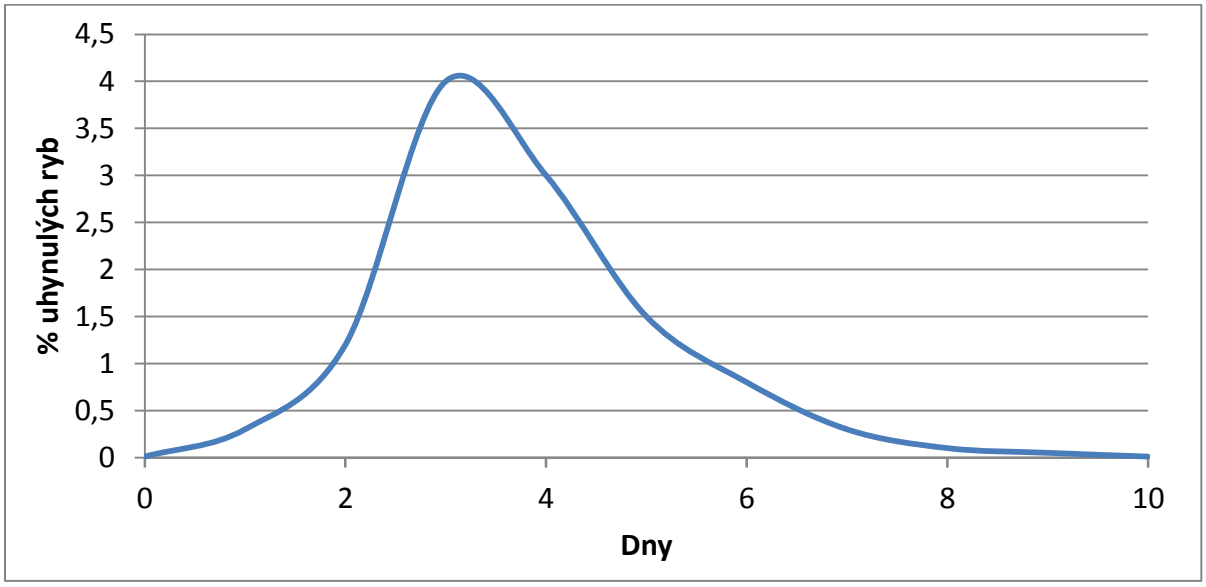
Předpokládané aspekty jsou:

– obsah dusíku (N_2) ve vodě, obsah plynů

- stres ze změny prostředí

Tento úhyn byl pozorován u pstruha duhového, kříženec sivena amerického se sivenem alpským a u pstruha obecného. U sivena amerického nebyl zaznamenán.

Průběh úhynů ryb po nasazení.



Průběh úhynu v číslech:

1. den po vysazení – 0
2. den několik kusů
3. a 4. den (dohromady až 10% obsádky)
5. den a dále prudký pokles úhynu a stabilizace do 7 dnů

Projevy a chování ryb: Dochází k únikovému reflexu ryb. Ryby mají trhavé pohyby, točí se okolo své osy. Toto může trvat i několik minut. Poté ryba strne v křeči a padá ke dnu. V průběhu těchto dnů ryba normálně přijímá potravu a je rozprostřena po celé ploše odchovného žlabu.

Tento fenomén nebyl nikdy zaznamenán při vysazení ryb do recirkulačního systému v období říjen až duben!

5) Predátoři. V lokalitě Pravíkov se vyskytují tito predátoři: volavky, vydry a kormoráni.

Vydra – vzhledem ke svislým stěnám recirkulačního systému, kde je voda min. 30 cm pod vrchní betonovou hranou, jsme nezaznamenali vniknutí vydry do odchovny.

Kormorán – v lokalitě je vidět několik jedinců. Kormorání nebyli nikdy spatřeni v objektu sádek, lze předpokládat, že jsou plašeni hučícími dmychadly.

Volavka – volavky mohou napáchat největší škody, ve zdejší lokalitě přilétá i 25 ks v podvečerních a brzkých ranních hodinách. Bez použití sítí by docházelo ke značným škodám na rybí obsádce. Zasíťováním odchoven byl problém rybožravých ptáků vyřešen. Pro eliminaci volavek nestačí pouze zasíťování žlabů shora (částečné), musí být zasíťovány i boky (viz obrázky).

Druhy ryb chované v recirkulačním systému a jejich vlastnosti

druh	výhody	nevýhody
Pstruh duhový	Lépe odolává bakteriálním nemocem – zejména furunkulóze	- nepřirůstá v období s teplotou vody pod 5C
Siven americký	Roste při teplotě od 3 C	- náchylný na onemocnění - zaplísňování v období výtěru
Kříženec sivena amerického a sivena alpského	Nezaplísňuje, je odolnější vůči onemocnění, roste i při teplotě okolo 3C	- v některých případech úhyn po nasazení
Pstruh potoční		- velké rozrůstání, náchylný k onemocněním – není vhodný

Částečně zasíťovaný systém

Zasíťovaný systém

Poděkování
Optimalizace chovu a realizace prezentovaných pozorování byla podpořena z projektu NAZV QI91C001.

Roman Pfau,
BioFish s.r.o, Horní Paseka 40
584 01 Ledeč nad Sázavou
biofish@seznam.cz

PROVOZ RECIRKULAČNÍHO SYSTÉMU DÁNSKÉHO TYPU V PODMÍNKÁCH ČR: MOŽNOSTI, VÝHODY, OMEZENÍ.

Buřič, M. [1,2], Bláhovec, J. [2], Kouřil, J. [3]

[1]*Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, Zátiší 728/II, 389 25 Vodňany*
[2]*Pstruhařství Mlýny, Vacov-Žár 25, 38473 Stachy*
[3]*Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Ústav akvakultury, Husova tř. 458/12, 370 05 České Budějovice*

Úvodem

V současnosti prochází rybářství celosvětově velkými změnami. Zásadní změnou je přechod od lovu (zdecimovaná loviště) k akvakultuře. Vzhledem k posilujícím faktorům jako jsou znečištění, přenos nemocí, důraz na udržení rovnováhy akvakultury k životnímu prostředí apod. se stále více skloňuje a samozřejmě i realizuje použití intenzivních recirkulačních akvakulturních systémů (RAS). Posiluje se tak vliv vnitrozemské akvakultury, která je nyní bouřlivě se rozvíjejícím prvkem všude na světě. Zásadními cíli tohoto rozvoje jsou intenzifikace výroby, eliminace provozních nákladů, minimum čerstvé vody pro odchovné systémy, minimalizace množství odpadní vody z RAS, nebo využití odpadních kalů tzn. získat co největší produkci (zisk) na jednotku plochy, při co nejnižších nákladech a v souladu se životním prostředím. To jsou zásadní pilíře trvalé udržitelnosti takových chovů.

Recirkulační systémy pro lososovité ryby byly ve velké míře realizovány v Dánsku, kde postupně nahradily původní tradiční průtočné farmy. Důvodem tak masivního rozvoje byla zejména vládní směrnice určující a kontrolující množství odpadních vod a jejich složení, stejně jako množství odebírané povrchové vody pro účely chovu ryb. RAS pro lososovité ryby tohoto typu se posléze rozšířil do jiných evropských států, včetně ČR, obecně jako RAS „dánského typu“. S odstupem času je ovšem nutné podotknout, že touha využití nových efektivních technologií jejich pouhým transportem z místa jejich původu na jiné lokality byla nerozvážným krokem. Technologie totiž byla transportována víceméně sama o sobě bez potřebného know-how (slepý transfer). Poskytovatel technologie navíc neměl zkušenost s odlišným podnebím na cílové lokalitě, popř. se spokojil s přítomností nové lokality v podobném podnebném pásu. Z těchto příčin vyvstalo několik funkčních problémů v průběhu testování a provozu RAS. Přestože byla technologie po několikaletém monitoringu potvrzena jako funkční a dovolovala na omezeném prostoru poměrně solidní produkci, provozní postupy se často musely přizpůsobovat lokálním podmínkám (množství zdrojové vody, dlouhé zimní období, možnost přehřívání v létě, nedostatek kvalitní násadové ryby v ČR). Tyto a další faktory (přenos chorob

z povrchových vod, rybožraví predátoři, potřeba intenzifikace) následně vyvolali potřebu tento systém zastřešit a funkčně zefektivnit.

Případová studie - Pstruhařství Mlýny

První RAS dánského typu v ČR byl realizován v Jihočeském kraji nedaleko Vimperka jako rozšíření produkční kapacity Pstruhařství Mlýny. RAS tvoří deset odchovných nádrží (á 36 m^3), nátokový a odtokový kanál, plovoucí biofiltr, ponořený biofiltr, nízkotlaké airlifty pro odplynění vody a hluboký vysokotlaký airlift zajišťující pohyb vody v systému. Celkový objem RAS je ~990 m^3 a přítok čerstvé vody do systému je na úrovni 3 – 4 $l.sec^{-1}$. Maximální okamžitá biomasa systému byla projektována na 40 tun, s celkovou roční produkcí 100 tun (2,5 odchovného cyklu ročně). V podstatě hned v začátcích provozu zde začal pravidelný monitoring odchovného prostředí (přehled vybraných dat uvádí Tab. 1.). Následně zde proběhlo několik testovacích odchovů, ať již šlo o srovnání růstových schopností ryb v RAS a v sousedním průtočném systému, testování celosamičí obsádky pstruha duhového nebo odchov jeseterovitých ryb. Mimo jiné bylo v průběhu sledování testováno efektivní použití dolomitického vápence ke stabilizaci pH v systému a aplikace chloridu sodného jako prevence následků subletálních nebo letálních koncentrací dusitanových iontů.

Od počátku fungování systému byl řešen problém nadměrného nasycení vody dusíkem, což mělo za následek úhyn násadových ryb menších velikostí z důvodu plynové embolie. Příčinou tohoto stavu bylo umístění hlubokého airliftu, pohánějícího vodu v systému, který byl umístěn příliš hluboko. Vzduch tlačený pod velkým tlakem do vody pak způsoboval přesycení jinak ve vodě velmi těžko rozpustným volným dusíkem (N_2). Přesycení dusíkem se ale dá provozně řešit buď umístěním hlubokého airliftu do menší hloubky nebo účinným odplyněním před vstupem vody do odchovných nádrží.

Dalším poměrně zásadním problémem řešeným v začátcích byla periodicita a efektivita čištění biofiltru pro zajištění jeho funkčnosti a efektivity, zejména z hlediska prevence „mrtvých míst“ ponořeného biofiltru. Ty se tvoří zejména v rozích jednotlivých sekcí. Při pravidelné kontrole (která je u RAS samozřejmostí) lze jejich výskytu předcházet přídavným mícháním těchto partií v průběhu čištění sekce biofiltru, buďto mechanicky nebo pneumaticky.

Důležitým předpokladem pro optimální funkci biofiltru je udržování vhodného pH. Optimální pro správnou funkci biofiltru je pH 7,2. Při intenzivním odchovu a zároveň při intenzivní funkci biofiltru je ale produkováno velké množství oxidu uhličitého, který má za následek (resp. z něj vznikající kyselina uhličitá) permanentní okyselování systému. Pro úpravu pH se dá použít buď jedlé sody, nebo dolomitického vápence. Ideálním stavem je udržovat pufrační schopnost vody, kyselinovou neutralizační kapacitu ($KNK_{4,5}$) na úrovni 1 – 2 $mmol.l^{-1}$. Vysoké hodnoty pH nejsou v intenzivních podmínkách RAS obvyklé.

Tab. 1.: Analyzované parametry v rámci odběrů vzorků vody v letech 2009-2012 na dvou odběrných místech – před biofiltrem (PB), za biofiltrem (ZB).

Parametr	Odběrné místo	Průměr ± Směr. odchylka	Medián	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH	*PB*	6.96 ± 0.44	6.94	6.72	7.30
	ZB	6.91 ± 0.43	6.85	6.63	7.21
Amonné ionty (mg.l^{-1})	*PB*	0.41 ± 0.53	0.30	0.14	0.46
	ZB	0.37 ± 0.49	0.24	0.12	0.44
Dusitany (mg.l^{-1})	*PB*	0.62 ± 0.60	0.49	0.20	0.73
	ZB	0.62 ± 0.62	0.52	0.20	0.71
Dusičnany (mg.l^{-1})	*PB*	97.70 ± 49.69	96.20	48.00	139.00
	ZB	99.09 ± 50.38	97.40	48.90	138.50
BSK_5 (mg O_2.l^{-1})	*PB*	5.18 ± 3.14	4.65	3.00	7.00
	ZB	5.11 ± 3.44	4.05	3.00	7.00
$CHSK_{Mn}$ (mg O_2.l^{-1})	*PB*	9.34 ± 4.57	9.12	5.00	13.90
	ZB	9.22 ± 4.71	8.23	4.80	13.28
Nerozpuštěné látky (mg.l^{-1})	*PB*	4.68 ± 2.84	5.00	2.00	6.00
$KNK_{4,5}$ (mmol.l^{-1})	*PB*	1.03 ± 0.41	1.10	0.61	1.30

Poměrně rizikovým faktorem fungování všech RAS je vysoký obsah dusitanů, zejména při poklesu aktivity biofiltru, popř. zásahu vedoucímu k nechtěné redukci bakteriálního nárostu na biofiltru (nešetrné použití koupelí ryb apod.). Typickým obdobím se zvýšeným výskytem vysokých koncentrací dusitanů je jarní oteplování, kdy biofiltr nestíhá svou kapacitou zvyšující se intenzitě krmení a následně naopak při podzimním ochlazování systému. Obecně lze říci, že se jedná o přechodná období při teplotě vody 5 – 12°C. Jako prevence očekávaných, ale i nečekaných zvýšených koncentrací NO_2^-, je proto vhodné kontinuálně aplikovat chlorid sodný, který výrazně snižuje toxicitu dusitanů.

Jak vyplývá z předchozího odstavce, hlavním limitujícím faktorem RAS dánského typu v podmínkách ČR je teplota. Významným způsobem ovlivňuje funkci biofiltru a tím množství krmiva, které můžeme rybám krmit. Nízká teplota vody zároveň snižuje aktivitu a potravní aktivitu ryb. Obecně lze ale říci, že krmná dávka je ovlivněna nejdříve poklesem aktivity biofiltru, kdy je vhodné omezit krmení dříve, než své potravní chování omezují sami ryby. Zimní provoz RAS dánského typu v podmínkách ČR (4 – 5 měsíců) je potom zcela neefektivním obdobím s minimálním krmením a problematickou obsluhou systému (zamrzání hladiny, namrzání technologických prvků). Naopak v letních měsících se mohou krátkodobě (1 – 3 týdny) vyskytovat extrémně vysoké teploty vody (22 – 23 °C), které mohou v lepším

případě vést k zastavení krmení (pstruh duhový) nebo až k dopadům na zdravotní stav ryb či zvýšený úhyn (siven americký). Ve výsledku je to téměř půlroční neefektivní provoz. Otázka je nasnadě. Proč v Dánsku, odkud technologie byla doporučena, tento problém neznají? Jednoduše je zde jiné – přímořské – klima (viz. Tab. 2.), v podstatě prosté extrémních hodnot, a to hodnot zimních (minimum ~ 0°C) i letních (maxima ~ 20 – 23°C).

Tab. 2.: Porovnání průměrných měsíčních teplot v Jihočeském kraji (CZ) a v Dánsku (DK) v průběhu roku 2011.

2011	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	2011
CZ	-1.6	-2.2	3.2	9.7	12.6	16.2	15.7	17.3	13.9	7	1.9	1.8	8.0
DK	0.4	0.2	3.6	11.1	12.7	16.8	17.8	17.2	14.9	10.2	7.3	4.7	9.7

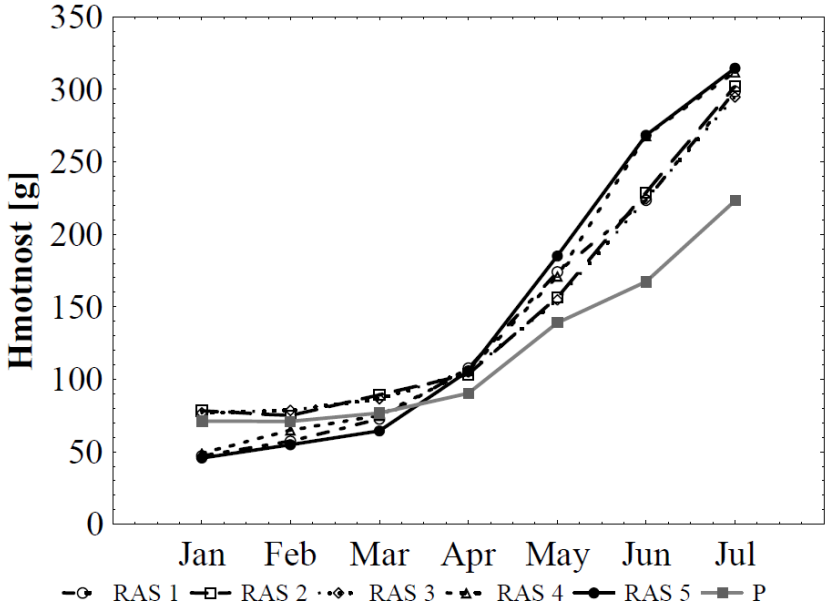
Během provozu RAS proběhlo na Pstruhařství Mlýny několik detailně sledovaných odchovů, pro zjištění efektivity odchovu. V první řadě se sledovalo zda-li nabízí RAS dánského typu lepší podmínky k chovu než sousední průtočný náhon. Pro testování byla použita obsádka 8 – 9 měsíců starých jedinců sivena amerického, u kterých byl v měsíčních intervalech zjišťován přírůstek délky a hmotnosti. Podrobné informace o průběhu a výsledcích uvádí Tab. 3. a Obr. 1. Z výsledků je patrné, že ryby v RAS rostly významně rychleji a zároveň s významně lepším využitím předkládaného krmiva (krmný koeficient, KK). Rovněž Fultonův index vyživenosti, jakožto indikátor kondice ryb, byl významně lepší u ryb odchovávaných v RAS (Tab. 4.). Rychlejší růst mohl být způsoben odlišnou rychlostí a typem proudění v odchovných nádržích RAS dánského typu, ale zároveň svou roli významně hraje větší stabilita odchovného prostředí (v průběhu dne i jednotlivých období odchovu) a stabilně vyšší teplota vody v RAS (Obr. 2.).

Následující rok byl sledován rovněž růst pstruha duhového (celosamičí populace) v podmínkách RAS. Data z jednotlivých přelovení obsádek jsou uvedeny v Tab. 5. Sledované obsádky vykazovaly velmi rychlý růst, při krmném koeficientu 0,84. Tržní velikosti (250 g) dosáhly testované obsádky ve stáří 10 měsíců.

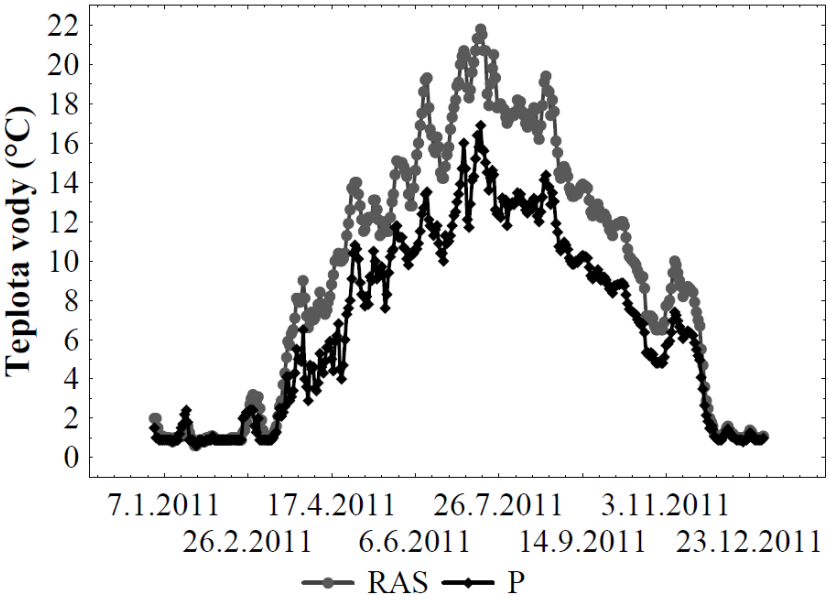
Tab. 3.: Data získaná periodickým přeměřováním testovaných obsádek v recirkulačním systému dánského typu (RAS1 – RAS5) a obsádky sousedního průtočného náhonu (P). V tabulce jsou uvedeny údaje o standardní délce těla (SD, mm), hmotnosti (W, g), krmném koeficientu (KK) a ztrátách (%). Data jsou uvedena jako průměr ± směrodatná odchylka. Odlišné alfabetické indexy v jednotlivých sloupcích detekují statisticky významné rozdíly na úrovni α = 0.05 (ANOVA, post-hoc Tukey test).

	Leden		Únor		Březen		Duben	
Nádrž	**SD (mm)**	**W (g)**	**SD (mm)**	**W (g)**	**SD (mm)**	**W (g)**	**SD (mm)**	**W (g)**
RAS 1	138.7±17.94	47.1±16.17^{c}	145.3±13.91	57.1±16.30^{d}	155.3±11.62	72.6±17.56^{b}	173.5±17.10	107.5±32.08^{a}
RAS 2	164.7 ± 14.7	78.3±23.47^{a}	164.4±12.26	75.1±16.64^{a}	170.5±18.42	89.2±29.77^{a}	181.6±17.99	103.5±29.94^{a}
RAS 3	162.1±14.49	76.9±20.99^{a}	165.4±16.14	78.7±23.43^{a}	169.8±15.96	86.7±26.06^{a}	183.1±16.87	104.9±29.87^{a}
RAS 4	141.9±11.50	48.9±11.98^{c}	151.4±13.47	65.0±17.98^{c}	156.8±16.55	75.1±23.94^{b}	174.3±11.11	105.7±21.81^{a}
RAS 5	136.3±11.04	45.7±10.87^{c}	143.9±12.46	54.9±14.95^{d}	149.2±10.7	64.4±14.96^{c}	171.5±11.39	105.7±20.39^{a}
P	161.7±13.26	71.1±18.73^{b}	161.2±14.49	71.0±21.37^{b}	162.3±14.98	76.7±23.74^{b}	170.5±16.97	90.3±24.12^{b}

	Květen		Červen		Červenec			
Nádrž	**SD (mm)**	**W (g)**	**SD (mm)**	**W (g)**	**SD (mm)**	**W (g)**	**KK**	**Ztráty**
RAS 1	200.7±21.03	173.9±45.74^{ab}	229.6±25.12	223.6±66.53^{b}	255.9±33.64	298.5±74.11^{b}	0,750±0,128^{a}	< 5%
RAS 2	210.2±17.14	156.6±39.17^{c}	228.5±16.04	228.8±45.78^{b}	257.1±26.17	302.0±65.99^{b}	0,747±0,121^{a}	< 5%
RAS 3	209.4±16.99	154.8±37.44^{c}	231.2±21.26	224.4±65.25^{b}	256.8±32.01	294.7±75.44^{b}	0,752±0,093^{a}	< 5%
RAS 4	201.4±21.14	171.1±52.39^{b}	248.2±24.56	267.9±75.65^{a}	266.3±29.87	311.9±77.22^{a}	0,731±0,136^{a}	< 5%
RAS 5	206.9±18.29	185.0±46.55^{a}	242.7±19.32	268.4±53.45^{a}	265.7±30.67	314.5±59.18^{a}	0,729±0,146^{a}	< 5%
P	196.1±28.95	138.9±55.19^{d}	217.6±30.14	167.3±49.37^{c}	239.9±41.20	223.1±64.17^{c}	0,853±0,067^{b}	< 5%



Obr. 1.: Růst hmotnosti (g) sledovaných obsádek v recirkulačním systému dánského typu (RAS1 – RAS5) a v sousedním průtočném náhonu (P).



Obr. 2.: Porovnání průběhu teplot vody v recirkulačním systému dánského typu (RAS) a v sousedním průtočném náhonu (P) v průběhu roku 2011.

Table 4.: Fultonův koeficient vyživenosti (F_K) dosažený v obsádkách v recirkulačním systému dánského typu (RAS) a v sousedním průtočném náhonu (P). Data jsou uvedena jako průměr ± směrodatná odchylka. Odlišné alfabetické indexy v jednotlivých sloupcích detekují statisticky významné rozdíly na úrovni α = 0.05 (ANCOVA, post-hoc Tukey test, standardní délka těla byla použita jako kovariáta).

	Fulton's condition coefficient						
	Jan	**Feb**	**Mar**	**Apr**	**May**	**Jun**	**Jul**
RAS	1.72±0.13^{a}	1.76±0.12^{a}	1.83±0.15^{a}	2.01±0,17^{a}	1.93±0.16^{a}	1.90±0.07^{a}	2.01±0.01^{a}
P	1.64±0.12^{b}	1.65±0.13^{b}	1.74±0.14^{b}	1.89±0.16^{b}	1.84±0.13^{b}	1.82±0.12^{b}	1.86±0.15^{b}

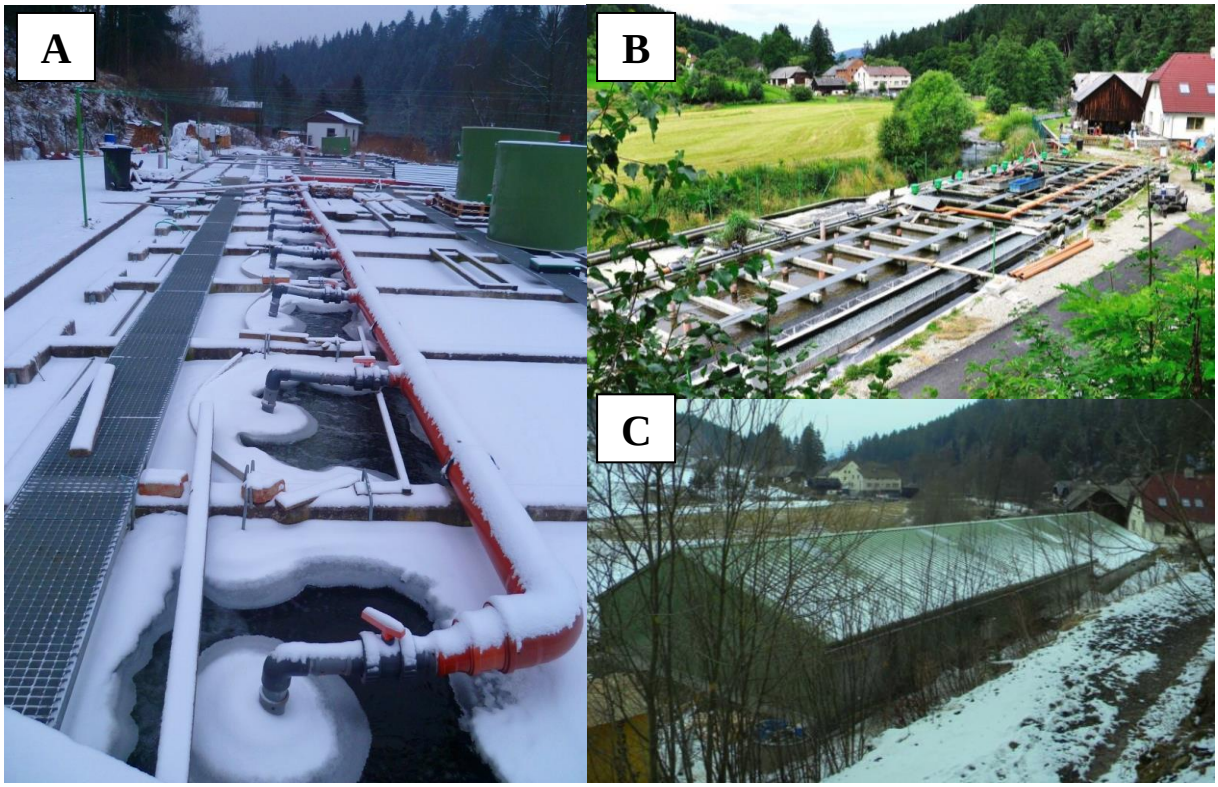
Tab. 5.: Data získaná periodickým přeměřováním obsádek celosamičí populace pstruha duhového v recirkulačním systému dánského typu (RAS1 a RAS2). V tabulce jsou uvedeny údaje o standardní délce těla (SD, mm) a hmotnosti (W, g). Data jsou uvedena jako průměr ± směrodatná odchylka.

	Březen		Duben		Květen		Červen	
Nádrž	**SD (mm)**	**W (g)**	**SD (mm)**	**W (g)**	**SD (mm)**	**W (g)**	**SD (mm)**	**W (g)**
RAS 1	59.9±5.29	3.4±0.80	74.8±4.29	6.8±1.20	102.1±7.12	18.9±4.02	130.1±14.8	42.4±13.78
RAS 2	59.2±5.13	3.4±0.78	72.7±5.13	6.4±1.42	99.9±7.01	17.5±3.39	134.5±11.47	45.5±11.58
	Červenec		**Srpen**		**Září**		**Říjen**	
Tank	**SD (mm)**	**W (g)**	**SD (mm)**	**W (g)**	**SD (mm)**	**W (g)**	**SD (mm)**	**W (g)**
RAS 1	169.4±13.0	99.2±25.4	202.1±16.3	163.2±28.9	232.2±19.77	248.7±33.0	259.9±24.2	348.9±36.1
RAS 2	166.1±13.6	95.0±25.7	199.7±15.8	159.7±26.9	229.7±18.49	241.1±29.1	254.6±21.7	337.8±34.6

Kromě lososovitých ryb byl v RAS dánského typu na Pstruhařství Mlýny úspěšně otestován chov jeseterovitých ryb (jeseter sibiřský, jeseter malý, jeseter ruský), nicméně dlouhý produkční cyklus (2,5 – 3 roky do tržní velikosti 1,5 kg) omezuje využití tohoto ceněného doplňkového druhu ve větší míře. Dlouhý produkční cyklus je samozřejmě způsoben půlročním obdobím nízkých teplot (pod 10°C), kdy sledované jeseterovité ryby přijímají krmivo v omezené míře.

Z výše uvedených dat vyplývá, že RAS dánského typu je v podmínkách ČR využitelný. Přináší viditelné benefity jako rychlý růst obsádek, stabilnější byť omezeně řiditelné prostředí, ale zejména možnost chovu ryb na místech kde to z různých důvodů dosud nebylo možné (zejména nedostatek zdrojové vody). Další devizou je dosahovaná produkce na plochu a samozřejmě menší množství odpadní vody s možností použití separovaného kalu pro různé účely. Celkově je ale ve stávajícím stavu využit potenciál této technologie na méně než 50%. Navíc některé konstrukční a technologické prvky jsou již překonané, popř. existují energeticky úspornější varianty. Pakliže bychom měli zohlednit rychlý rozvoj recirkulačních systémů jako celku, můžeme konstatovat, že v dnešní době je tento typ RAS již zastaralý.

To ovšem neznamená, že neexistuje možnost jak využít potenciál tohoto systému i v ČR. Jednou z podmínek je teplotní stabilizace, což v našich podmínkách znamená zastřešit RAS, čímž můžeme dosáhnout celoročního chovatelského výsledku. Další podmínkou je vlastní chov násadových ryb prostých patogenů a parazitů a samozřejmě důsledná zoohygiena celého chovu. S cílem využití plného potenciálu RAS dánského typu, již byla provedena na Pstruhařství Mlýny částečná modernizace systému a jeho zastřešení (Obr. 3.).



Obr. 3.: Recirkulační systém dánského typu na Pstruhařství Mlýny: A – Pohled na zamrzlý systém (foto M. Buřič); B – Celkový pohled na recirkulační systém v průběhu vegetačního období (foto J. Kašpar); C – Pohled na realizované zastřešení recirkulačního systému dánského typu (foto M. Buřič).

Poděkování

Výsledky byly získány za podpory projektu CENAKVA (CENAKVA CZ.1.05/2.1.00/01.0024) a CENAKVA II LO1205 za finanční podpory MŠMT ČR v rámci programu NPU I“ a projektem Národní agentury pro zemědělský výzkum QJ1210013.

Ing. Miloš Buřič, Ph.D., Josef Bláhovec
Josef Bláhovec Pstruhařství Mlýny
Vacov-Žár 25, 384 73 Stachy
e-mail: blahovec@pstruharstvi.cz
poradenstvi@pstruharstvi.cz
web: www.pstruharstvi.cz

FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ PARAMETRY V RECIRKULAČNÍM SYSTÉMU DÁNSKÉHO TYPU V PRAVÍKOVĚ.

Kopp, R., Lang, Š., Brabec, T., Mareš, J.
Mendelova univerzita v Brně, Oddělení rybářství a hydrobiologie, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Úvod

Celosvětová produkce ryb pro intenzivně narůstající lidskou populaci dlouhodobě meziročně roste. Zvýšená potřeba je saturována především akvakulturním chovem, který se podílí na celkové produkci ryb pro lidský konzum z více než 45% (FAO, 2011). Snaha o vyšší efektivitu produkce a minimalizaci vstupů vede k dynamickému rozvoji zejména v oblasti intenzivních chovů ryb, které jsou v řadě případů založeny na recirkulaci vody.

Jednou z variant jsou tzv. polouzavřené recirkulační systémy. Z evropských zemí byly vyvinuty především v Dánsku po přijetí legislativních opatření zpoplatňujících odběr vody a tvrdě postihujících vypouštění odpadních vod do recipientu. Jedná se o systémy s nízkým nárokem na energetické vstupy (1,9 – 2,3 kWh na kg produkce dle Lareau a kol. 2004). Jsou založeny na principu airliftů, které zajišťují cirkulaci vody a výměnu plynů (Mozes a kol. 2002). V odchovných žlabech je využívána rychlá cirkulace vody ekvivalentní výměně vody ve žlabu 5-10 krát za hodinu, voda je však recirkulována a doplňována pouze minimálně (5%). Jedná se tedy o velmi intenzivní způsob chovu ryb s velmi vysokou koncentrací chovaných ryb až na úrovni 60 $kg.m^{-3}$, proto bývá často diskutováno zachování welfare ryb (Ellis a kol. 2002). Nespornou výhodou jsou minimální nároky na výměnu vody. Potřeba vody, která se pohybuje kolem 10 m^3 na kg použité krmné směsi, představuje stokrát menší množství, než je tomu u klasických průtočných systémů (MacMillan, 1992, Blancheton a kol. 2007). Nároky na kvalitu vody v systému jsou vzhledem k vysoké koncentraci ryb značné. Pro chov ryb v recirkulačních systémech je třeba dodržet parametry znázorněné v tabulce 1. Nevhodné parametry působí jako chronické stresory, subakutní koncentrace, snížení nespecifické rezistence zhoršení využití potravy a růstu. V intenzivních chovech je asi tím nejdůležitějším tzv. sociální stres z vysoké koncentrace ryb na daný objem vody (overcrowding stress) a chemický stres z vysoké koncentrace metabolitů ve vodě a/nebo nedostatečné koncentrace kyslíku ve vodním prostředí. Vedle udržení vhodných podmínek prostředí je základním předpokladem úspěšného chovu ryb v intenzivních podmínkách dobrý zdravotní stav ryb. Jakákoliv infekce se může velmi rychle rozšířit a vyvolat hromadný úhyn ryb a tím velké hospodářské ztráty. Dalším předpokladem pro dosažení ekonomicky uspokojivých výsledků chovu je potřeba pro krmení využívat nejkvalitnější krmné směsi, které jsou však patřičně účinné pouze při zabezpečení optimálních podmínek z hlediska kvality vody a zdraví ryb. Všechny tyto faktory kladou vysoké nároky na odbornost obsluhy systému, jakýkoliv nevhodný zásah se velmi rychle a výrazně

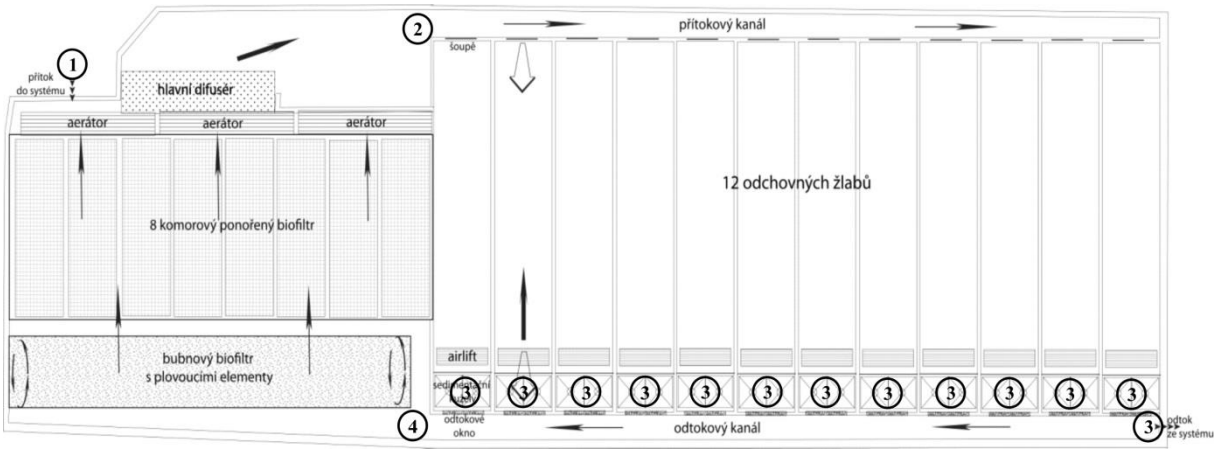
projeví na ekonomickém výsledku. Recirkulační systémy nejsou stabilními ekosystémy a jsou citlivé a závislé na provedených zásazích.

Tabulka č. 1: Doporučené hodnoty hydrochemických parametrů pro chov ryb v recirkulačních systémech Dánského typu (Bregnballe, 2010, upraveno)

Parametr	Značka	Jednotka	Rozpětí hodnot	Nevhodné hodnoty
Teplota		°C	Dle druhu	
Nasycení vody O_2		%	70 - 250	< 40 a > 250
Nasycení vody N_2		%	80 - 100	> 101
Amonné ionty	NH_4^+	$mg.l^{-1}$	0 - 2,5 (dle pH)	> 2,5
Volný amoniak	NH_3	$mg.l^{-1}$	< 0,01	> 0,025
Dusitany	NO_2^-	$mg.l^{-1}$	0 - 0,5	> 0,5
Dusičnany	NO_3^-	$mg.l^{-1}$	10 - 200	> 300
pH			6,5 - 7,5	< 6,2 a > 8,0
Alkalita	KNK		1 - 5	< 1
Chemická spotřeba kyslíku	$CHSK_{Cr}$	$mg.l^{-1}$	25 - 100	
Biologické spotřeba kyslíku	BSK_5	$mg.l^{-1}$	5 - 20	> 20
Vápník	Ca_2^+	$mg.l^{-1}$	5 - 50	

Recirkulační systémy jsou ve světě využívány k chovu mořských (Davis a Lock, 1997, Blancheton, 2000) i sladkovodních okrasných ryb (Buckling a kol. 1993). Systémy dánského modelu jsou ovšem vhodné zejména k produkčnímu chovu lososovitých ryb (Summerfelt a kol. 2004a). V samotném Dánsku je více než 10% produkce lososovitých ryb realizováno právě v těchto recirkulačních systémech, využívány jsou i ve Francii (d'Orbcastel a kol. 2009), Izraeli, nebo v Severní Americe (Summerfelt a kol. 2004b). V ČR jsou v současnosti v provozu dvě zařízení využívající dánský model k produkci lososovitých ryb, a to rybí farmy v Žáru (Pstruhařství Mlýny) a Pravíkově (firma BioFish) Obr. č. 1, další jsou ve fázi výstavby (Rybářství Kinský Žďár nad Sázavou, s.r.o) nebo přípravy projektu. Při neustále vzrůstajících nákladech na krmiva, rostoucích cenách energií a zpřísňujících se normách pro využívání zdrojů vody v podmínkách ČR představují tyto systémy jedno z mála možných řešení pro zachování konkurenceschopnosti v produkčním rybářství. S ohledem na uvedené skutečnosti i finanční podporu z OP Rybářství lze očekávat další rozšiřování této technologie.

Obrázek č. 1: Schéma recirkulačního zařízení v Pravíkově s vyznačením odběrových míst. 1- přítok, 2- přítok na žlaby, 3- systém, 4- odtok na biofiltr (Vítek a kol. 2011)



Fyzikálně-chemické parametry

Recirkulační systémy pro intenzivní chov ryb jsou vzhledem k vysoké hustotě ryb v relativně malém množství vody velice náročné na udržení vhodných podmínek prostředí. Provedené zásahy v systému se můžou velice rychle projevit změnou fyzikálně-chemických parametrů a ohrozit obsádku ryb. Doporučené hodnoty hydrochemických parametrů pro chov ryb v recirkulačních systémech Dánského typu jsou uvedeny v tabulce č. 1, naměřené hodnoty z recirkulačního zařízení v Pravíkově jsou uvedeny v tabulce č. 2. Za nejdůležitější lze považovat hodnotu rozpuštěného kyslíku, pH vody společně s kyselinovou neutralizační kapacitou, obsah amonných iontů a dusitanů.

Výkon centrálního difuséru společně s difuséry v jednotlivých žlabech zaručuje dostatečné nasycení vody rozpuštěným kyslíkem. Dostatečný obsah kyslíku ve vodě je pro intenzivní chov ryb v recirkulačních zařízeních naprosto zásadním parametrem. V zařízeních určených pro chov lososovitých ryb je optimální, pokud obsah kyslíku neklesá pod 70 %. Vzhledem k vysoké hustotě rybí obsádky je nutné měřit nasycení vody kyslíkem na odtoku ze žlabu, a to zejména po nakrmení. Naše pozorování z Pravíkova ukazují, že v případě vysokých obsádek ryb (70-80 kg. m^{-3}) klesá nasycení vody kyslíkem na odtoku ze žlabu po nakrmení ojediněle i pod hranici 40 %. Tento pokles je však krátkodobého charakteru a obsah rozpuštěného kyslíku se díky nepřetržitému provozu difusérů postupně zvyšuje. Dotace jednotlivých žlabů na kyslík bohatou vodu je vysoká, nepřetržitý provoz hlavního difuséru zabezpečuje v přítokové vodě do žlabů obsah kyslíku, jen výjimečně klesající pod 90% nasycení.

Náhlé výkyvy pH negativně ovlivňují homeostázi ryb. A to nejen raných stádií, ale i juvenilních a adultních jedinců. Za stabilitu pH ve vodním prostředí odpovídá především hydrogenuhličitanový komplex (CO_2 – HCO_3^- – CO_3^{2-}). KNK je hodnota definující kolik silné kyseliny je schopen pojmout 1 litr vody, než se skokově změní pH. Hodnota KNK tak nepřímo informuje o množství vápníku a hořčíku rozpuštěném ve vodě. Platí, že pokud je hodnota KNK do 2 $mmol.l^{-1}$, reakce vody kolísá. Pokud je

Tabulka č. 2: Hodnoty vybraných fyzikálně-chemických ukazatelů (průměr ± SD, min. až max.) v recirkulačním odchovném zařízení v Pravíkově (2009-2013).

	přítok	systém	přítok na žlaby	odtok na biofiltr
teplota	10,6 ± 4,9	12,5 ± 5,8	11,6 ± 6,2	11,7 ± 6,2
(°C)	2,5 až 18,0	1,5 až 20,1	0,8 až 20,0	0,7 až 20,1
Vodivost	14,6 ± 4,4	18,4 ± 5,0	18,3± 5,0	18,3± 5,1
($mS.m^{-1}$)	4,8 až 9,8	7,2 až 30,5	7,4 až 30,2	7,2 až 31,2
kyslík	71,1 ± 20,8	80,2 ± 9,2	93,2 ± 4,3	82,7 ± 8,6
(%)	14,8 až 98,0	37,5 až 99,7	82,3 až 103,6	56,3 až 100,1
pH	6,70 ± 0,40	6,86 ± 0,36	6,88 ± 0,41	6,91 ± 0,45
	5,74 až 8,13	5,66 až 8,23	5,70 až 8,15	5,65 až 8,45
$N\text{-}NH_4$	0,02 ± 0,08	0,28 ± 0,23	0,21 ± 0,21	0,26 ± 0,24
($mg.l^{-1}$)	0 až 0,91	0 až 1,35	0 až 1,21	0 až 1,27
$N\text{-}NO_2$	0,008 ± 0,012	0,092 ± 0,112	0,090 ± 0,112	0,090 ± 0,111
($mg.l^{-1}$)	0 až 0,110	0 až 0,690	0 až 0,654	0,002 až 0,644
$P\text{-}PO_4$	0,04 ± 0,04	0,25 ± 0,16	0,29 ± 0,21	0,33 ± 0,28
($mg.l^{-1}$)	0 až 0,29	0,01 až 1,10	0,01 až 1,01	0 až 1,95
$N\text{-}NO_3$	3,8 ± 2,6	6,3 ± 3,7	7,8 ± 4,7	8,0 ± 4,7
($mg.l^{-1}$)	0 až 14,5	0 až 21,1	0 až 20,0	0 až 20,4
N_T	2,7 ± 1,7	6,1 ± 1,9	7,0 ± 3,2	7,1 ± 3,1
($mg.l^{-1}$)	0,8 až 6,7	0,7 až 12,5	2,3 až 16,5	2,6 až 15,0
P_T	0,06 ± 0,03	0,36 ± 0,19	0,36 ± 0,18	0,36 ± 0,18
($mg.l^{-1}$)	0,02 až 0,14	0,04 až 1,23	0,10 až 1,07	0,04 až 1,07
$CHSK_{Cr}$	14,7 ± 6,9	24,1 ± 11,1	22,9 ± 11,4	23,6 ± 11,4
($mg.l^{-1}$)	3,0 až 30,6	7,0 až 74,5	7,0 až 61,5	7,2 až 51,9
$CHSK_{Mn}$	8,9 ± 4,9	10,7 ± 3,5	9,8 ± 3,7	10,0 ± 3,7
($mg.l^{-1}$)	0,9 až 20,4	5,9 až 22,8	3,6 až 20,4	4,1 až 21,2
SO_4	15,6 ± 5,5	17,8 ± 4,4	16,0 ± 4,8	15,6 ± 4,1
($mg.l^{-1}$)	4 až 25	11 až 25	11 až 25	11 až 24
Fe	0,31 ± 0,19	0,23 ± 0,15	0,18 ± 0,12	0,18 ± 0,12
($mg.l^{-1}$)	0,03 až 0,75	0,04 až 0,46	0,04 až 0,46	0,03 až 0,46
KNK	0,55 ± 0,14	0,43 ± 0,10	0,38 ± 0,14	0,41 ± 0,14
($mg.l^{-1}$)	0,32 až 0,95	0,20 až 0,60	0,19 až 0,76	0,16 až 0,80
Ca^{2+}	10,1 ± 3,1	11,3 ± 3,2	10,5 ± 3,8	11,3 ± 3,7
($mg.l^{-1}$)	5,6 až 15,1	7,6 až 17,4	6,7 až 20,0	6,7 až 20,0
Cl^-	11,0 ± 6,6	12,3 ± 5,6	14,8 ± 9,0	15,5 ± 8,8
($mg.l^{-1}$)	3,0 až 28,0	3,0 až 24,8	3,0 až 43,0	3,0 až 43,7
TOC	13,7 ± 6,1	14,5 ± 5,0	14,9 ± 5,8	13,6 ± 4,9
($mg.l^{-1}$)	5,9 až 28,7	6,6 až 22,0	6,2 až 28,5	4,1 až 21,1
Na^+	10,5 ± 3,5	9,7 ± 3,5	13,9 ± 3,9	12,2 ± 4,1
($mg.l^{-1}$)	3,0 až 16,5	5,0 až 17,0	7,0 až 20,0	6,0 až 19,0
K^+	2,7 ± 0,4	3,0 ± 0,3	2,9 ± 0,7	2,9 ± 0,6
($mg.l^{-1}$)	2,0 až 3,5	2,5 až 3,6	1,6 až 3,8	1,7 až 3,8
Mg^{2+}	5,9 ± 1,2	6,5 ± 1,3	5,6 ± 1,4	5,9 ± 1,1
($mg.l^{-1}$)	3,8 až 7,7	4,7 až 8,7	3,4 až 7,6	3,6 až 7,0
BSK_5	2,67± 2,22	3,90 ± 1,57	4,11 ± 3,41	4,20 ± 3,25
($mg.l^{-1}$)	0,85 až 6,89	1,98 až 6,42	0,33 až 12,60	0,49 až 12,26

KNK 2 – 5 mmol.l^{-1}, pH je relativně stabilní, v případě překročení hodnoty 5 mmol.l^{-1} se již téměř nemění.

Bregnballe (2010) doporučuje udržovat v systému KNK na úrovni 1 až 5 mmol.l^{-1} se zdůvodněním, že při KNK nižším než 1 mmol.l^{-1} je pH v systému nestabilní. To potvrzují i námi zjištěné výsledky z recirkulačního zařízení v Pravíkově. Zároveň jsme zjistili, že při pH nižším v průměru o hodnotu 0,6 byla účinnost biofiltru o 4% nižší.

Vzhledem k využívaným zdrojům vody a jejímu množství dodávanému do systému je ovlivnění pH vody v systému přítokem minimální. Díky intenzitě chovu ryb je pH vody v systému výrazně ovlivněno hlavně výkyvy v intenzitě metabolismu ryb, a to zejména po nakrmení. Biofiltr je díky metabolismu aerobních nitrifikačních bakterií, poměrně významným zdrojem kyseliny uhličité, která snižuje pH vody v systému. Na rozdíl od změn v intenzitě metabolismu ryb ale není příčinou jeho prudkých výkyvů. K ovlivnění reakce vody v systému pro zajištění správného pH je v praxi používáno několik způsobů. Jednou z velice rychlých, ale poměrně drahých a na techniku náročných metod, je využití automatického dávkování uhličitanu sodného (Na_2CO_3) (Kouřil a kol. 2008). Tato metoda umožňuje rychlé ovlivnění pH, ale nezajišťuje dlouhodobější stabilitu hydrogenuhličitanového údržného komplexu. Další metodou je vkládání košů s vápencovým štěrkem, nebo zbytky z ulit mořských plžů a lastur mlžů. Toto je metoda poměrně jednoduchá, ale použitelné suroviny (lastury) nejsou celoročně běžně k dostupné. Jednou z nejjednodušších metod ovlivnění KNK v systému a tím i stabilizace hodnoty pH je dávkování mikromletého vápence. Pomineme-li příměsi ve vápenci obsažené (cca 5 %, hlavně $MgCO_3$), je molární hmotnost uhličitanu vápenatého 100 g.mol^{-1}. Potřebujeme-li tedy mít v systému KNK rovno 2 mmol.l^{-1} museli bychom do litru čisté vody (KNK = 0 mmol.$^{-1}$) přidat 0,2 g uhličitanu vápenatého. Mikromletý vápenec by měl být do systému pokud možno dávkován postupně během celého dne pomocí automatického zařízení např. vápnícího mlýnku. Přítoková voda na rybí farmě v Pravíkově je na obsah vápenatých iontů poměrně chudá a ke stabilizaci hodnoty pH je vápník v podobě mletého vápence dávkován za využití krmítka s hodinovým strojkem.

Amoniakální dusík se vyskytuje téměř ve všech typech vod. Je primárním produktem rozkladu organických dusíkatých látek živočišného i rostlinného původu. Amoniakální dusík ve formě amonných solí je pro ryby neškodný i v množství několika desítek mg.l^{-1}, plynný amoniak je pro ryby však značně toxický, hranice toxicity je pro plůdek pstruha duhového již 0,006 - 0,010 mg·l^{-1} (Svobodová a kol. 1986). V intenzivních chovech lososovitých ryb, kdy se téměř výhradně ke krmení ryb používají kompletní krmné směsi s vysokým obsahem proteinu je předpoklad vyšších hodnot amoniakálního dusíku ve vodě a k zabránění toxickému vlivu amoniaku musí být v systémech udržována nižší hodnota pH a dobře fungující biofiltr. Naše zkušenosti z rybí farmy v Pravíkově ukazují, že dobře pracující biofiltr odbourává amoniak v dostatečné míře bez ohledu na roční období (Lang a kol. 2010). Rovněž vliv hustoty obsádky v jednotlivých žlabech se neprojevil ani v jednom případě na signifikantním nárůstu hodnot amoniakálního dusíku. Největší nebezpečí tak hrozí v období neúplného zaběhnutí biofiltru, což bývá nejčastěji, mimo situace těsně po

zahájení provozu, způsobeno léčebným zásahem v recirkulačním systému a zabitím bakteriálního oživení filtru.

Dusitany zpravidla doprovázejí ve vodě dusičnany a formy amoniakálního dusíku. Vzhledem ke své chemické a biochemické nestálosti se obvykle vyskytují ve velmi malých a často jen stopových koncentracích. Zvýšené koncentrace dusitanů (řádově desetiny, ale i jednotky $mg.l^{-1}$ $N\text{-}NO_2^-$) se mohou vyskytovat v recirkulačních systémech pro intenzívní chov hospodářských i okrasných ryb (Svobodová et al., 2005; Dvořák, 2004). Zvýšené koncentrace dusitanů se v recirkulačních systémech vyskytují zejména bezprostředně po zahájení provozu, nebo v důsledku nerovnováh v procesu nitrifikace (Kamstra a kol., 1996; Avnimelech a kol., 1986). Proces nitrifikace je v recirkulačních systémech využíván v biofiltrech k biologickému odbourání amoniaku, hlavního produktu dusíkatého metabolismu ryb (Wood, 1993). Během nitrifikace dochází k biologické oxidaci amoniakálního dusíku na dusitany a následně na dusičnany, které jsou pro ryby téměř neškodné (LC_{50} se u $N\text{-}NO_3^-$ pohybuje v řádech stovek $mg.l^{-1}$). Pokud je druhá fáze nitrifikace pomalá (nedostatečný rozvoj nitratačních bakterií, nebo jejich odumření v důsledku léčebného zásahu), dochází v systému k hromadění dusitanů, které bývá příčinou onemocnění ryb a někdy i příčinou jejich hromadného úhynu (Svobodová a kol., 2005). Mezi faktory ovlivňující nitrifikaci patří pH, teplota, koncentrace O_2, počet nitrifikačních bakterií nebo látky nitrifikaci inhibující, jako methylenová modř, antibiotika a některé organické látky (anilín, dodecylamin, p-nitrobenzaldehyd) (Russo a Thurson, 1991).

V chovech ryb se z toho důvodu doporučuje sledovat vzájemný poměr mezi $Cl^-/N\text{-}NO_2^-$ tzv. chloridové číslo. V chovech lososovitých ryb by tento poměr neměl klesnout pod 17 a u ostatních ryb pod 8 (EFIAC, 1984; Svobodová a kol. 1986). Podle doporučení EFIAC (1984) a námi naměřených hodnot obsahu $N\text{-}NO_2^-$ v systémech v Pravíkově (0 – 0,69 $mg.l^{-1}$) doporučujeme chovatelům udržovat v systému koncentraci chloridů na úrovni minimálně 15 $mg.l^{-1}$. Tato koncentrace by měla bezpečně předejít výrazným problémům s dusitany v recirkulačních systémech pro lososovité ryby až do koncentrace téměř 0,5 $mg.l^{-1}$ $N\text{-}NO_2^-$, nebo přinejmenším prodloužit dobu potřebnou k úpravě obsahu chloridů v odchovném prostředí v případě zjištění problému bez podstatných ztrát.

Další sledované parametry uvedené v tabulce č. 2 se pohybují v intervalu bezpečných hodnot pro chov lososovitých ryb. Vyšší hodnoty některých parametrů, především fosforu, se ale mohou z hlediska jejich eutrofizačního potenciálu stát do budoucna problematickými. Zvyšující se tlak společnosti na zvyšování kvality povrchových vod a snižování jejich znečišťování vede k důkladnější kontrole potencionálních znečišťovatelů a zpřísňování standardů imisních a emisních ukazatelů. Již při stavbě zařízení k intenzivnímu chovu ryb je nutno uvažovat o způsobu čištění odtékajících vod tak, aby splňovaly limity dané platnou legislativou. Dánský model odchovného recirkulačního systému, který je v ČR v současnosti budován, byl v Dánsku vyvinut právě na základě výrazného zpřísnění limitů znečištění vod.

Poděkování
Příspěvek vznikl za finanční podpory Národní agentury pro zemědělský výzkum, projektu QI91C001 „Optimalizace podmínek intenzivního chovu lososovitých ryb v podmínkách České republiky s využitím dánské technologie se zaměřením na kvalitu produkovaných ryb“.

Seznam použité literatury

AVNIMELECH, Y., WEBER, B., HEPHER, B, MILSTEIN, A., ZORN, M. (1986): Studies in circulated fish ponds: organic matter recycling and nitrogen transformation. *Aquaculture and Fisheries Management* 17, 231 – 242.

BLANCHETON, J.P. (2000): Developments in recirculation systems for Mediterranean fish species. *Aquacultural Engineering,* **22**, 17-31.

BLANCHETON, J.P., PIEDRAHITA, R., EDING, E.H., ROQUE D'ORBCASTEL, E., LEMARIE, G., BERGHEIM, A., FIVELSTAD, S. (2007): Intensification of landbased aquaculture production in single pass and reuse systems. In: *Aquaculture Engineering and Environment*, (Chapter 2).

BREGNBALLE, J. (2010): A guide to recirculation aquaculture. Eurofish, Copenhagen, Denmark, 66pp.

BUCKLING, R.A., BAIRD, C.D., WATSON, C.A., CHAPMAN, F.A. (1993): Energy use of recycling water aquaculture systems for ornamental fish production. In: Circular 1095. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, FL, 5 s.

DAVIS, J.T., LOCK, J.T. (1997): Culture of largemouth bass fingerlings. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC), Aqua KE Gov Doc, Technical Publication 201, 4 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.

DVOŘÁK, P. (2004): Vybraná specifika onemocnění akvarijních ryb. Bulletin VÚRH Vodňany 40, 101 – 108.

EFIAC (European Inland Fisheries Advisory Commission) (1984): Water quality criteria for European freshwater fish: Report on nitrite and freshwater fish. EFIAC Technical Paper 46, 19.

ELLIS, T., NORTH, B., SCOTT, A.P., BROMAGE, N.R., PORTER, M., GADD, D. (2002): The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *Journal of Fish Biology,* 61, 493-531

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2011): The State of World Fisheries and Aquaculture 2010. FAO, Rome, Italy. 197 pp.

KAMSTRA, A., SPAN, J. A., VAN WEERD, J. H. (1996): The acute toxicity and sublethal effects of nitrites on growth and feed utilization of European eel, *Anquilla anquilla,* (L). Aquaculture Research 27, 903 – 911.

KOUŘIL, J., HAMÁČKOVÁ, J., STEJSKAL, V. (2008): Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. Edice metodik, VÚRH Vodňany, JU v Českých Budějovicích

LANG, Š., KOPP, R., ZIKOVÁ, A., VÍTEK, T., MAREŠ, J. (2010): Diurnální změny vybraných hydrochemických parametrů na recirkulačním systému dánského typu při různých teplotách vody. *Bulletin Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického Vodňany.* 46, 4: 23-32

LAREAU, S., CHAMPAGNE, R., GILBERT, E., VANDENBERG, G. (2004): Rapport sur les missions d'evaluation de la technologie danoise pour l'elevage en eau douce des salmonides.
MacMILLAN, R. (1992): Economic implications of water quality management for a commercial trout farm. In: Blake, J., Donald, J., Magette, W. (Eds.), National Livestock, Poultry, and Aquaculture Waste Management. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, 185–190.
MOZES, N., ESHCHAR, M., CONIJESKI, D., FEDIUK, M., ASHKENAZY, A., MILANEZ, F. (2002): Marine water recirculating systems in Israel-performance, production cost analysis and rationale for desert conditions. In: Rakestraw, T., Douglas, L., Flick, G. (Eds.), Proceeding of the Fourth International Conference on Recirculating Aquaculture, Roanoke, VA, USA, July 18–21, 2002, 404–413
RUSSO, R. C., THURSON, R. V. (1991): Toxicity of amonia, nitrite and nitrate to fishes. In: Brune, D. E., Tomasso, J. R., (eds.). Aquaculture and Water Quality. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, 58 – 89.
SUMMERFELT, S.T., DAVIDSON, J.W., WALDROP, T.B., TSUKUDA, S.M., BEBAK-WILLIAMS, J. (2004a): A partial-reuse system for coldwater aquaculture. *Aquacultural Engineering,* **31**, 157-181.
SUMMERFELT,S.T., WILTON, G., ROBERTS, D., RIMMER, T., FONKALSRUD, K., (2004b): Developments in recirculating systems for Arctic char culture in North America. *Aquacultural Engineering,* **30**, 31-71.
SVOBODOVÁ, Z., PRAVDA, D., PALAČKOVÁ, J. (1986): Jednotné metody hematologického vyšetřování ryb. Edice metodik VÚRH ve Vodňanech, Vodňany, 36 p.
SVOBODOVÁ, Z., MÁHCOVÁ, J., POLESZCZUK, G., HŮDA, J., HAMÁČKOVÁ, J., KROUPOVÁ, H. (2005): Nitrite poisoning of fish in aquaculture facilities with water-recirculating systém: three case studies. *Acta veterinaria Brno* 74, 129 – 137.
VÍTEK, T., KOPP, R., LANG, Š., BRABEC, T., MAREŠ, J. (2011): Technická řešení a možnosti efektivní regulace průtokových poměrů v zařízeních pro intenzivní chov ryb dánského typu. Certifikovaná metodika R01/15VD46246/2011-16230, Mendelova univerzita v Brně, Brno, 20 s.
WOOD, C. M. (1993): Ammonia and urea metabolism and excretion. In: Ewans, D. H. (Ed) Physiology of Fishes. CRC Press Boca Raton, 379 – 425.

Doc. Ing. Radovan Kopp, Ph.D., Ing. Štěpán Lang, Ing. Tomáš Brabec, Ph.D., doc. Dr. Ing. Jan Mareš
fcela@seznam.cz, stepanlang@gmail.com, brabto@seznam.cz, mares@mendelu.cz,
Oddělení rybářství a hydrobiologie, Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00
rybarstvi.eu

BIOFILTRY V RECIRKULAČNÍCH SYSTÉMECH

Lang, Š., Teplý, M., Brabec, T., Kopp, R., Mareš, J.
Mendelova univerzita v Brně, Oddělení rybářství a hydrobiologie,
Zemědělská 1, 613 00 Brno

Úvod

Jelikož je ze strany ochrany přírody a krajiny ve světě, ale i u nás, stále větší tlak na omezování vypouštění odpadních látek do přírody, jsou pro produkci ryb stále více využívány systémy, které toto omezují a navíc využívají vodu opakovaně. Opětovné využití vody pro chov ryb snižuje spotřebu vody pro chovné zařízení až 100x. To s sebou přináší i nutnost využití čištění vody od odpadních látek rybího metabolismu. Výkaly ryb chovaných v těchto intenzivních systémech jsou díky používání stále kvalitnějších krmiv poměrně tuhé a konzistentní. Tyto pevné částice jsou se 60 – 80% účinností sedimentovány a odpouštěny ze systému při spotřebě minimálního množství vody. Zbylé částice jsou pro sedimentaci příliš malé a lehké a odtékají z odchovného zařízení s vodou, nebo se rozpustí. Nerozpuštěné částice následně sedimentují v některé z následujících částí moderního recirkulačního systému, v biologickém filtru, odkud jsou následně během čištění odkaleny. Tím se plynule dostáváme k problematice ostatních produktů rybího metabolismu, a to k látkám rozpuštěným ve vodě. Zplodiny metabolismu vylučované přes žaberní epitel do vodního prostředí tvoří převážně amoniak a oxid uhličitý (CO_2). CO_2 se ve vodě rozpouští na slabou kyselinu uhličitou a při běžných koncentracích není pro ryby toxický. Amoniak vylučovaný přes žaberní aparát do vodního prostředí na základě koncentračního spádu pro ryby toxický je. U ryb tvoří až 96 % zplodin metabolismu dusíkatých látek. Většina volného amoniaku (NH_3) se po přechodu do vodního prostředí přemění na netoxické amonné ionty (NH_4^+). Množství toxického amoniaku ve vodě je následně závislé na reakci (pH) a teplotě vody. Čím je pH a teplota vody vyšší, tím je ve vodě vyšší poměr obsahu toxického amoniaku k amonným iontům (viz tab. 1).

Funkce biofiltru

Problém koncentrace amonných iontů je ve většině recirkulačních systémů řešen jejich přeměnou na dusičnany. Toho je docíleno využitím bakterií, které pomocí procesu nitrifikace přeměňují amonné ionty nejprve na dusitany (NO_2^- - nitritace) a poté dusitany na dusičnany (NO_3^- - nitratace). Dusitany jsou pro ryby vysoce toxické (reakcí s hemoglobinem vytvářejí methemoglobin, který nepřenáší kyslík ani CO_2). Do krve se dostávají přes tzv. chloridové buňky žaber. Letální koncentrace dusitanů se u ryb pohybuje v rozmezí desetin miligramů až desítek miligramů v litru vody (0,3 – 300 mg/l, Svobodová a kol. 2008) a je ovlivněna řadou faktorů. Toxicita dusitanů je přímo závislá na koncentraci chloridů ve vodě. Chloridy jsou při aktivním transportu žaberním epitelem antagonistou dusitanům (chloridové buňky jsou „obsazeny“ chloridy a tím je ztíženo vstřebávání dusitanů), proto je toxicita dusitanů přímo závislá na hodnotě chloridového čísla neboli poměru obsahu chloridů

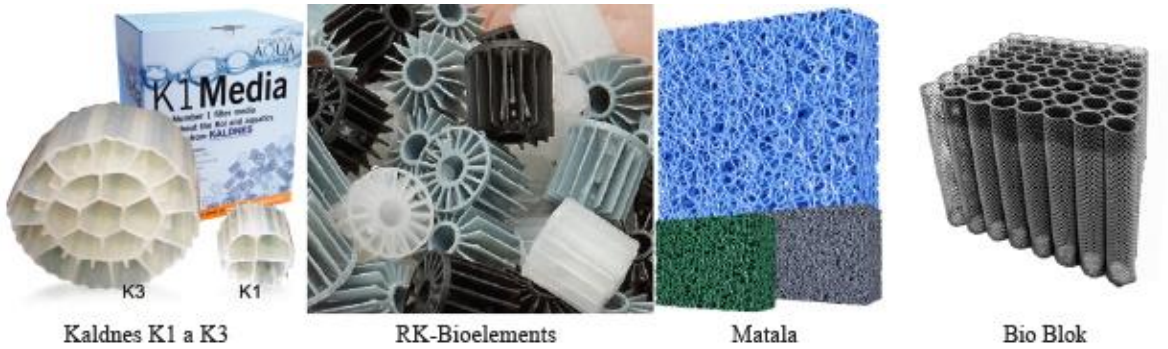
k dusitanovému dusíku ($Cl^-/N\text{-}NO_2^-$). Hodnota chloridového čísla by neměla klesat pod 17, lépe 24. V případě zvyšující se koncentrace dusitanů ve vodě je vhodné zvýšit koncentraci chloridů alespoň na 100 mg/l. Pro zvýšení se používá kuchyňská sůl. Přídavkem 100 g soli na m^3vody dojde ke zvýšení obsahu chloridů přibližně o 60 mg/l. Dusičnany jsou pro většinu ryb relativně netoxické. Letální koncentrace dusičnanů se u ryb pohybuje v řádech stovek $mg.l^{-1}$ (>250) a u bakterií ještě výše.

Filtrační materiály

Pro správnou funkci biologického filtru je nezbytné, aby filtrační materiál měl co možná největší povrch, při zachování průtoku vody a aby se voda ve filtru zdržela dostatečnou dobu na to, aby bakterie byly z vody schopné přijmout amoniak a dusitany a přeměnit je na dusičnany. Toho je v dnešní době docilováno převážně použitím různě tvarovaných plastových výlisků nebo odlitků, které výše zmíněné parametry splňují. Zároveň je nezbytné, aby byl materiál výlisků inertní a neuvolňoval do vody žádné škodlivé látky. To by mohlo negativně ovlivnit nejen chované ryby, ale hlavně vznik nárostů bakterií nezbytných pro funkci biofiltru. Dokud by se tyto látky nevyplavily, nedošlo by k oživení biofiltru a nastartování jeho funkce.

Jedny z nejčastěji používaných biofiltračních materiálů jsou Kaldnes (AnoxKaldnes - Norsko), RK Bioelements, (RK-Plast- Dánsko), Bioblok (Expo-Net – Dánsko), Matala (Matala WaterTech - Taiwan), zobrazené na obrázku 1. a další. Tyto materiály mají povrch od 100 – 200 m^2/m^3 (Bio Blok), 150 – 460 m^2/m^3 (Matala) do 750 m^2/m^3 (Kaldnes a RK Bioelements). Existují i materiály keramické, s násobně větším poměrem k objemu, ale ty rychle zarůstají bakteriemi a následně fungují jen na povrchu a navíc se mezi jednotky těchto materiálů nevejde dostatek vody a tím je zdržení vody ve filtru jimi vybaveném minimální. Nehledě na jejich hmotnost a nesnadnost jejich čištění. Každý z biofiltračních materiálů je vhodný pro různé aplikace (typy biofiltrů) a má své výhody i nevýhody pro dané aplikace.

Obrázek 1. Filtrační média.



Péče o biofiltr

Po výběru vhodného filtračního matriálu je nezbytné se o biofiltr pečlivě starat! Pokud v recirkulaci správně funguje biofiltr a nezaneseme si do systému původce nemoci, není jakýkoliv důvod, proč by měl být problém se zdravotním stavem.

Správná funkce biologického filtru je ovlivňována mnoha různými faktory. Tak jako jsou ryby citlivé na fyzikálně chemické parametry prostředí, bakteriální film biologického filtru je k některým zásahům a změnám prostředí ještě citlivější. Optimální fyzikálně chemické podmínky pro správnou funkci biofiltru a jejich vlivy na biofiltr shrnuje tabulka č. 2.

Při použití antibiotik v recirkulačním systému je potřeba brát v úvahu, že účinná látka (antibiotikum) bude mít efekt i na mikroorganizmy v biofiltru. Na antibiotika, změny a zásahy do prostředí jsou nejcitlivější bakterie druhé fáze nitrifikace, nitratace. To většinou má za následek jejich přednostní odumření nebo omezení jejich metabolismu. Odumření, nebo omezení aktivity, nitratačních bakterií vede ke hromadění toxických dusitanů v systému a následné otravě ryb dusitany. Tomu se dá předejít udržováním vyššího obsahu chloridů v systému (viz chloridové číslo).

Nárůst bakteriální biomasy a usazování jemných částic nesedimentovaných v sedimentačních kuželech, vyvolává nutnost čištění biofiltru. Způsob a frekvence čištění biofiltru je závislá na jeho konstrukci. Biofiltry s plovoucí náplní, která je neustále v pohybu, jsou relativně bezúdržbové. Filtrační média se neustále pohybují a přebytečný bakteriální nárost je z nich průběžně odstraňován při jejich vzájemných nárazech. Případné čištění tohoto typu filtru je většinou řešeno zvýšením průtoku vzduchu filtrem a tím zvýšením četnosti a intenzity kontaktů filtračních médií mezi sebou navzájem. Nejen při procesu čištění, ale i při běžném provozu z filtru odchází s vodou jemný kal, který je nutno odstranit. Toho je docíleno buď prostou sedimentací, nebo zařazením další filtrační jednotky, která kal odfiltruje. To je případ většiny dánských technologií, kde za plovoucím jedno nebo vícekomorovým biofiltrem (komory plovoucích biofiltrů bývají řazeny sériově) následují filtrační jednotky s ponořenými elementy, kde jemné kaly sedimentují. Jednotky ponořeného biofiltru jsou řazeny paralelně, aby mohly být cyklicky čištěny při zachování průtoku a funkce biologické filtrace. Pro čištění biofiltru je nejvhodnější čtyřdenní interval a na každý den čištění připadají dvě jednotky (8 jednotek celkem). Čištění je prováděno intenzivním provzdušňováním za současného odsávání vody s nečistotami do odpadní jímky. Rozhýbání filtračních elementů není vždy dokonalé, proto je vhodné nepohybující se elementy (např. v rozích) rozhýbat buď mechanicky, nebo vzduchem z přídavného zdroje (většinou se jedná o trubku napojená na hadici, aby byla mobilní a dosáhla do všech jednotek biofiltru). V daném čase se čistí vždy jedna jednotka. Přítok do čištěné jednotky je zahrazen a voda pro průplach filtračních médií je přisávána odtokem z filtru. Pro čištění jednotek ponořeného biofiltru je využíván vzduch, který běžně pohání plovoucí část biofiltru, proto plovoucí biofiltr během této doby funguje minimálně a je potřeba tuto dobu zbytečně neprotahovat. Čištění dvou jednotek denně umožňuje provedení, dle potřeby, totální desinfekce jedné jednotky tak, aby druhá zůstala plně funkční. Biologické filtry jsou proto záměrně „předimenzovány," aby mohly ostatní jednotky biofiltru výkon jednotky desinfikované zastat, než dojde k jejímu opětovnému náběhu do plné funkce. Pro udržení hygieny v systému na přijatelné úrovni je nutno jednotky ponořeného biofiltru periodicky (dle potřeby) totálně vyčistit a desinfikovat. Desinfekce každé jednotky by měla

proběhnout přibližně každý osmý cyklus. Desinfekce je většinou prováděna větším množstvím kyseliny peroctové (PerAqua, PerSteril, apod.). Běžně se používá asi 10 l na jednu aplikaci. Kyselina se vlije do filtrační jednotky pomocí trubky odtokem při současném odsávání vody s nečistotami do odpadní jímky. Tento způsob aplikace minimalizuje riziko úniku kyseliny do systému a otrávení ryb. Jako silné oxidační činidlo kyselina peroctová rozloží veškerou jemnou organickou hmotu usazenou pod ložem s filtračními médii. Odstranění jemného sedimentu zabrání vytvoření anoxických podmínek v usazenině a následné denitrifikaci, která způsobuje přesycení vody molekulárním dusíkem (N_2) a tím problémy se zdravotním stavem ryb. Kyselina je z jednotky vyplavena do odpadní jímky za cca 10 – 30 minut.

Během čištění ponořeného biofiltru dojde k převrstvení filtračních elementů a je vhodné jejich vrstvu upravit, aby nevznikala místa s minimální vrstvou elementů. Těmito místy by protekla většina vody (cesta nejmenšího odporu) a kapacita filtrační jednotky by nebyla využita.

Intenzita zarůstání biofiltru heterotrofními bakteriemi je závislá na dotaci organických látek do biofiltru a přímo ovlivňuje nutnost čištění biofiltru. Heterotrofní bakterie zarůstají ponořený biofiltr až do téměř absolutního ucpání. Ucpání filtrační jednotky minimalizuje průtok vody jednotkou, omezí přísun kyslíku aerobním nitrifikačním bakteriím nejen ucpáním, ale i přerostením. Tím dojde k omezení intenzity jejich metabolismu a účinnosti biologické filtrace. Přerostení nitrifikačních bakterií heterotrofními je dáno rychlostí jejich růstu. Heterotrofní bakterie jsou schopny svou biomasu denně znásobit až 4,7x, nitrifikační bakterie pouze 0,76x (nitritační) respektive 0,65x (nitratační). Poměr přísunu organických látek (C/N) do biofiltru vyšší než 4 způsobuje omezení nitrifikace. $CHSK_{Cr}$ na přítoku do biofiltru by mělo být co nejnižší, ale nemělo by klesat pod 2 mg/l (viz tab. 2).

Po náhodném úhynu (únik desinfekce, antibiotik, apod.), nebo úmyslné desinfekci celého biofiltru (systému) je důležité docílit co nejrychleji jeho opětovného náběhu do plné funkce. V opačném případě systém nemůžeme plně využít a díky jeho provozním nákladům negativně ovlivňuje ekonomiku provozu. Přirozený náběh nitrifikace, neovlivněný inokulací (bioaugmentací) trvá od 4 – 6 týdnů do 2 měsíců v závislosti převážně na teplotě vody. Pokud chceme tento proces urychlit, existuje na trhu několik různých produktů, které jsou pro tento účel určeny. Tyto produkty se pohybují v různých cenových relacích a otázkou je jejich složení a účinnost, kterou zatím nemáme u většiny přípravků ověřenu. Z prvotních testů vyplývá, že při teplotách kolem 18 – 20 °C je při použití některých přípravků možno dobu náběhu biofiltru do plné nitrifikace zkrátit na 14 dní. Srovnání těchto přípravků bude ověřováno na začátku roku 2014. Pokud nepoužijeme bioaugmentaci (naočkování) a chceme systém co nejintenzivněji využívat od opětovného napuštění, nebo si nemůžeme po nehodě dovolit příliš snížit intenzitu odchovu, musíme počítat s velkou spotřebou chloridů v období do náběhu biofiltru (viz chloridové číslo). Během této doby je nezbytné pravidelně denně kontrolovat obsah dusitanů v recirkulaci. Jedna analýza dusitanů, nebo chloridů stojí (v nákladech na chemikálie) kolem 8 Kč. Problémem je pořizovací cena Spektrofotometrů, která se pohybuje od 27 000 (přenosné, terénní) do stovek tisíc Kč (laboratorní).

Kapacita biofiltru

Pokud se chystáme postavit recirkulační zařízení, musí být součástí projektu i výpočet kapacity biologické filtrace. Kapacita biologické filtrace musí být počítána tak, aby biofiltr přeměnil veškerý amoniak vyprodukovaný rybami při maximálním zatížení a využití systému i v případě omezení jeho funkce (např. léčebným zákrokem, havárií, apod.) Z důvodu možných komplikací je vhodné vypočtenou potřebnou kapacitu biofiltru vynásobit minimálně 1,5x. Pro příklad: recirkulační akvakulturní systém (RAS) Dánského typu v Pravíkově je dimenzován na produkci 120 t ryb ročně. Při krmném koeficientu (FCR) kvalitní krmné směsi (KS) 0,9 by tam mělo být ročně zkrmeno 108 t krmiva. To je průměrně necelých 300 kg krmiva denně. Pro odbourání amoniaku vyprodukovaného z jednoho kilogramu krmiva vneseného do systému je při teplotě 20 °C potřeba 40 – 45 m^2 plochy filtračních materiálů. Při každém poklesu teploty o 5 °C klesá účinnost biologické filtrace (nitrifikace) o 25 % a naopak. Optimální teplota pro chov lososovitých ryb, pro které je tento systém primárně určen, je kolem 15 °C. To po přepočtu odpovídá potřebě 50 – 56,25 m^2 na kg krmiva. V plovoucím i ponořeném biofiltru je dohromady celkem 60 m^3 RK-Bioelements s povrchem 750 m^2/m^3. To odpovídá povrchu filtračních médií 45 000 m^2. To odpovídá, při maximálním možném nasazení systému a ideální teplotě, schopnosti biofiltru odbourat amoniak vyprodukovaný rybami při přísunu 800 – 900 kg krmiva denně. Počítáme li s průměrným množstvím krmiva podávaným rybám denně 300 kg, je biofiltr v Pravíkově předimenzován 2,66 – 3x.

Poděkování
Příspěvek vznikl díky podpoře projektů NAZV QI91C001 a QJ2120013.

Tabulka 1: Procentuální obsah volného amoniaku (NH_3) z celkového obsahu amonných iontů ve vodě jako funkce pH a teploty.

Teplota	pH								
[°C]	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
0	0,00827	0,0261	0,0826	0,261	0,82	2,55	7,64	20,7	45,3
1	0,00899	0,0284	0,0898	0,284	0,89	2,77	8,25	22,1	47,3
2	0,00977	0,0309	0,0977	0,308	0,97	3,00	8,90	23,6	49,4
3	0,0106	0,0336	0,106	0,335	1,05	3,25	9,60	25,1	51,5
4	0,0115	0,0364	0,115	0,363	1,14	3,52	10,3	26,7	53,5
5	0,0125	0,0395	0,125	0,394	1,23	3,80	11,1	28,3	55,6
6	0,0136	0,0429	0,136	0,427	1,34	4,11	11,9	30,0	57,6
7	0,0147	0,0464	0,147	0,462	1,45	4,44	12,8	31,7	59,5
8	0,0159	0,0503	0,159	0,501	1,57	4,79	13,7	33,5	61,4
9	0,0172	0,0544	0,172	0,542	1,69	5,16	14,7	35,3	63,3
10	0,0186	0,0589	0,186	0,586	1,83	5,56	15,7	37,1	65,1
11	0,0201	0,0637	0,201	0,633	1,97	5,99	16,8	38,9	66,6
12	0,0218	0,0688	0,217	0,684	2,13	6,44	17,9	40,8	68,5
13	0,0235	0,0743	0,235	0,728	2,30	6,92	19,0	42,6	70,3
14	0,0254	0,0802	0,253	0,796	2,48	7,43	20,2	44,5	71,7
15	0,0274	0,0865	0,273	0,859	2,67	7,97	21,5	46,4	73,3
16	0,0295	0,0933	0,294	0,925	2,87	8,54	22,8	48,3	74,7
17	0,0318	0,101	0,317	0,998	3,08	9,15	24,1	50,2	76,1
18	0,0343	0,108	0,342	1,07	3,31	9,78	25,5	52,0	77,4
19	0,0366	0,117	0,368	1,15	3,56	10,5	27,0	53,9	78,7
20	0,0397	0,125	0,396	1,24	3,82	11,2	28,4	55,7	79,9
21	0,0427	0,135	0,425	1,33	4,10	11,9	29,9	57,5	81,0
22	0,0459	0,145	0,457	1,43	4,39	12,7	31,5	59,2	82,1
23	0,0493	0,156	0,491	1,54	4,70	13,5	33,0	60,9	83,2
24	0,0430	0,167	0,527	1,65	5,03	14,4	34,6	62,8	84,1
25	0,0569	0,180	0,566	1,77	5,38	15,3	36,3	64,3	85,1
26	0,0610	0,193	0,607	1,89	3,75	16,2	37,9	65,9	85,9
27	0,0654	0,207	0,651	2,03	6,15	17,2	39,0	67,4	86,8
28	0,0701	0,221	0,697	2,17	6,56	18,2	41,2	68,9	87,5
29	0,0762	0,237	0,747	2,32	7,00	19,2	42,9	70,4	88,3
30	0,0805	0,254	0,799	2,46	7,46	20,3	44,6	71,8	89,0

Hodnoty pH pod 6 nejsou uvedeny, protože při reakci vody pod touto hodnotou je koncentrace volného amoniaku ve vodě zanedbatelná. Teploty přes 20 °C jsou uvedeny pro případy teplovodních recirkulací.

Tabulka 2: Fyzikálně-chemické parametry ovlivňující funkci biofiltru.

Parametr	Optimum	Nevhodné	Efekt
Kyslík (O_2)	≥5 mg/l	<3,4 mg/l	obsah O2 pod 3,4 mg/l minimalizuje nitrifikaci; nad 5 mg/l zlepšuje poměr mezi nitrifikačními a heterotrofními bakteriemi.
pH	>7,5; <10	<6,5, kolísání; >10	pH pod 6,5 výrazně snižuje funkci nitrifikačních bakterií, kolísání pH 1. viz <6,5 a snižuje u ryb příjem potravy až o 2/3; pH ≥10 omezuje nitrifikaci
$N\text{-}NH_4^+$	>0,01 mg/l	<0,01 mg/l	<0,01 mg/l bakterie "hladoví" = odumírají a převládají heterotrofní
$N\text{-}NO_2^-$	>0,001 mg/l	<0,001mg/l	<0,001 viz $N\text{-}NH_4^+$
$N\text{-}NO_3^-$	0,00 - 100 mg/l	>250 mg/l	>250mg/l zpomaluje nitrifikaci
KNK (Alkalita)	>2,00 mmol/l	<2,00 mmol/l	<2,00 mmol/l - kolísání pH - viz. pH
Teplota	>10 °C	<0 °C	s klesající teplotou klesá i aktivita enzymů . . .
$CHSK_{Cr}$	2 - 50 mg/l	<1; >100 mg/l	>100 mg/l omezuje nitrifikaci (převážně nárůstem heterotrofních bakterií). <1 mg/l – i nitrifikační bakterie potřebují trochu uhlíku.

Zdroje dat:
http://www.anoxkaldnes.com/
http://www.rkbioelements.dk/
http://www.expo-net.dk/
http://www.matala.com.tw/
Svobodová, Z. a kol., 2008: Veterinární toxikologie v klinické praxi. Profi Press, Praha, 256 s.
Park, J.J., Byun, I.G., Yu, J.C., Park, S.R., Ju, D.J., Hur, S.H., Park, T.J., 2008, Analysis of nitrifying bacterial communities in aerobic biofilm reactors with different DO conditions using molecular techniques., Water Science and Technology 57 (12), pp. 1889-1899.

Adresa autorů:

Ing. Štěpán Lang, Bc. Martin Teplý, Ing. Tomáš Brabec, PhD.,
Doc. Ing. Radovan Kopp, Ph.D., Doc. Dr. Ing. Jan Mareš
Mendelova univerzita v Brně
Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství
Zemědělská 1, 61300 Brno
Tel.: +420 608 660 529
E-mail: stepanlang@gmail.com, martinteply1@seznam.cz, brabto@seznam.cz, fcela@seznam.cz, mares@mendelu.cz
rybarstvi.eu

GENETICKÁ IDENTIFIKACE U NÁS CHOVANÝCH SIVENŮ

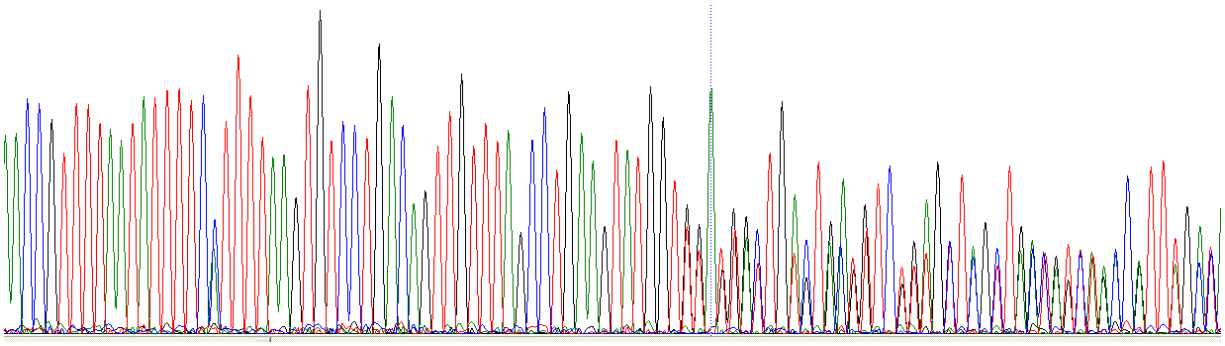
Mendel, J.,
Ústav biologie obratlovců Akademie věd ČR, v.v.i.
Květná 8, 603 65 Brno

Primárním areálem výskytu sivena amerického (*Salvelinus fontinalis*; Mitchill, 1814) je považován severovýchod USA a jihovýchodní část Kanady. Postupně byl introdukován do mnoha dalších zemí Severní a Jižní Ameriky. Znám je aklimatizační úspěch např. v Argentině a Chile. Rovněž byl úspěšně vysazován v Asii a Africe, např. v Japonsku, Indii, Keni a JARu, atd. V Evropě se siven americký objevuje poprvé v roce 1869 jako dovoz do Velké Británie a úspěšně se pak rozšířil do mnoha evropských zemí: Rakouska, Německa, Dánska, Francie a dalších zemí. U nás se objevuje v 80. letech 19. stol. a v našich podmínkách se udržuje díky vysazování jedinců pocházejících z umělých chovů. Chov sivena amerického má u nás tedy více jak stoletou tradici a díky jednotlivým rybářským organizacím je vysazován na různých místech ČR. V podmínkách intenzivních chovů jsou chováni jedinci pocházející z vlastních zdrojů jednotlivých chovatelů a dále nakupovaní jako násadový materiál od dalších chovatelů v ČR a okolních zemí. V posledních letech se do ČR dostávají prostřednictví nákupu zpravidla jiker v očních bodech další skupiny ryb různého původu.

V intenzivních chovech se rovněž cíleně objevují i kříženci sivena amerického se sivenem arktickým (*S. alpinus*; Linnaeus, 1758), u kterého byla popsána celá řada forem a poddruhů. Jde o nejseverněji rozšířenou sladkovodní rybu žijící cirkumpolárně v Asii, Severní Americe a Evropě. V minulosti byl siven arktický rovněž objektem četných aklimatizačních pokusů na našem území, ovšem bez valného úspěchu.

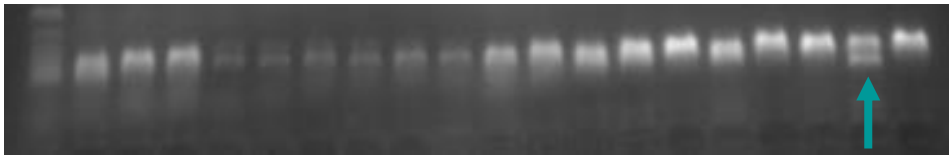
Cílem probíhající studie je mimo jiné snaha odkrýt a poznat současný charakter české populace sivena amerického a jeho křížence v intenzivním chovu. Aplikací vhodných molekulárních metod vyhodnotit míru genetické diverzity chovaných sivenů a pokusit se najít významnou korelaci poznaných haplotypů k produkčním parametrům. A současně vytvořit certifikovanou metodiku pro ověření „čistoty“ druhu a příslušnosti k předem selektovaným zdrojům reprodukčního materiálu.

Analyzovali jsme vzorky sivenů z recirkulačního systému v Pravíkově (BioFish s.r.o). Siveni chovaní v tomto zařízení pocházejí převážně ze tří zdrojů, od tří chovatelů. Celkem jsme již otestovali 199 jedinců, z toho „čistých“ sivenů amerických 133 a kříženců 54. Pro porovnání jsme rovněž otestovali 12 sivenů arktických od dánského dodavatele. Komparativní sekvenační analýzou mitochondriální DNA (mtDNA) a jaderné DNA (nDNA) jsme zmapovali rozsah haplotypové diverzity sivenů ve zdrojových vzorcích. Popsali jsme jednotlivé haplotypové varianty a v případě složitého jaderného vzoru jsme molekulárním klonováním rozfázovali heterozygotní vzory u kříženců (obr. 1).



Obr. 1: Elektroferogram heterozygotního jedince (kříženec).

Optimalizovali jsme jednoduchou metodu elektroforetických vzorů pro snadnou a rychlou identifikaci kříženců v chovech (obr. 2).



Obr. 2: Zobrazení heterozygota (mezidruhového kříženec) na agarozovém gelu.

Ze získaných výsledků je zřejmá poměrně veliká haplotypová pestrost druhu *S. fontinalis* v chovném zařízení. Dokážeme bezpečně rozlišit 5 jeho variant (SFA, SFB, SFA/B, FD1 a FD2). Odlišný výsledek ukázala analýza druhého druhu *S. alpinus*, který se projevil jako monomorfní a objevuje se pouze v jediné haplotypové variantě. Podstatně větší vnitrodruhová variabilita sivena amerického v porovnání se sivenem arktickým přináší i velkou genetickou variabilitu heterozygotních vzorů v kříženců. Jejich vzájemnou kombinací rozlišujeme čtyři varianty diploidních kříženců (H1_I, H1_II, H2A, H2B) a jednu triploidní variantu (H3_3n). Početní zastoupení jednotlivých skupin uvádí Tab.1.

Tab. 1: Zjištěná diverzita sivenů a početní zastoupení jednotlivých skupin v chovech. Přiřazení analyzovaných jedinců roku 2013 do haplotypové skupiny či heterozygotního typu není úplné, poslední sběry se ještě vyhodnocují.

Druh/haplotyp	SFA	SFB	SFA/B	FD1	FD2
S. fontinalis	48	4	22	7	2
Heterozygotní typ	H1_I	H1_II	H2A	H2B	H3_3n
Kříženec	2	2	20	13	1

MtDNA analýzou mezidruhových heterozygotů jsme potvrdili sivena amerického jako maternálního partnera při křížení, ovšem s téměř nulovou variabilitou.

Je téměř jisté, že jsme již zmapovali aktuální diverzitu chovaných sivenů v Pravíkově, neboť nové varianty se již neobjevují. Je zřejmé, že haplotypové skupiny nevykazují v chovu obdobně početná zastoupení, ale v případě sivena amerického je nejpočetnějším haplotypem SFA (48 jedinců) a SFA/B (22 jedinců). V případě kříženců pak heterozygotní typ H2A (20 jedinců) a H2B (13 jedinců). Byl zachycen i jeden kříženec 3n. Genotypizace vzorků 2013 stále pokračují.

V současné době probíhá asociační fáze studie, kdy k selektovaným signifikantním parametrům (růst, stanovení lysozymu, stanovení NO_2 a NO_3, úhyn, atd.) jsou přiřazovány jednotlivé skupiny haplotypů a hledají se vzájemné korelace.

Výsledky studie otevírají mnoho otázek a hledání odpovědí na ně může být předmětem dalšího zkoumání. Např. čím je způsobena zvýšená genetická diverzita *S. fontinalis*? Jedná se o přirozenou vnitrodruhovou variabilitu či o násadový materiál různého geografického původu, anebo jde o historický vliv jiného druhu? Odpověď na tuto otázku můžeme nalézt při testování vzorků z přirozeného nativního areálu výskytu z oblasti Severní Ameriky, anebo také při komparativní sekvenační analýze geografického původu jednotlivým generačních hejn.

Jiný směr bádání může představovat podrobnější analýza druhého partnera v křížení sivena arktického. Jeho vliv, resp. vliv různých jeho forem na produkční parametry nebyl dosud dostatečně prozkoumán. Literatura např. uvádí, že litorální společenstva jsou citlivější na pokles kyslíku než společenstva z profundální zóny! Dále dle autorů Power et al. (2009) litorální formy konzumují vodní hmyz a profundální jsou převážně piscivorní se sklonem ke kanibalismu. Tedy existence různých jeho forem (litorální, profundální, atd.) a popisovaná charakteristika přímo vybízí k dalšímu bádání.

Závěr

Zvolené genetické markery spolehlivě rozlišují jednotlivé druhy a současně umožňují jednoznačně prokázat existenci kříženců v chovech. Zjištěná haplotypová pestrost je příslibem pro nalezení signifikantní korelace konkrétního genotypu a určitého žádoucího parametru, což by mohlo v důsledku pro intenzivní chov sivenů přinést přidanou hodnotu v podobě lepšího produkčního efektu (snížení rizika onemocnění, lepší růstové parametry, odolnost vůči stresu, atd.).

Rozšiřující informace na toto téma lze nalézt v článcích autorů:

1) Wilson AJ, Gíslason D, Skúlason S, Snorrason S, Adams CE, Alexander G, Danzmann RG & Ferguson MM (2004). Population genetic structure of Arctic Charr, Salvelinus alpinus from northwest Europe on large and small spatial scales. Molecular Ecology 13, 1129-1142.
2) Power M, Power G, Reist JD & Bajno R (2009). Ecological and genetic differentiation among the Arctic charr of Lake Aigneau, Northern Québec. Ecology of Freshwater Fish 18, 445-460.
3) Woods PJ, Young D, Skúlason S, Snorrason SS & Quinn TP (2013). Resource polymorphism and diversity of Arctic charr Salvelinus alpinus in a series of isolated lakes. Journal of Fish Biology 82(2), 569-587.

Poděkování
Výsledky byly získány za finanční podpory projektů NAZV QI9C001 a QJ1210013.

Mgr. Jan Mendel, Ph.D.
Ústav biologie obratlovců
Akademie věd ČR, v.v.i.
Květná 8, 603 65 Brno
Česká republika
jmendel@seznam.cz

A CO JEŠTĚ VÍME O CHOVANÝCH RYBÁCH?

Halačka, K.[1], Vítek[2], T., Mareš, J.[2],
[1]*Ústav biologie obratlovců AV ČR, v.v.i.,*
[2]*Mendelova univerzita v Brně, Oddělení rybářství a hydrobiologie,*

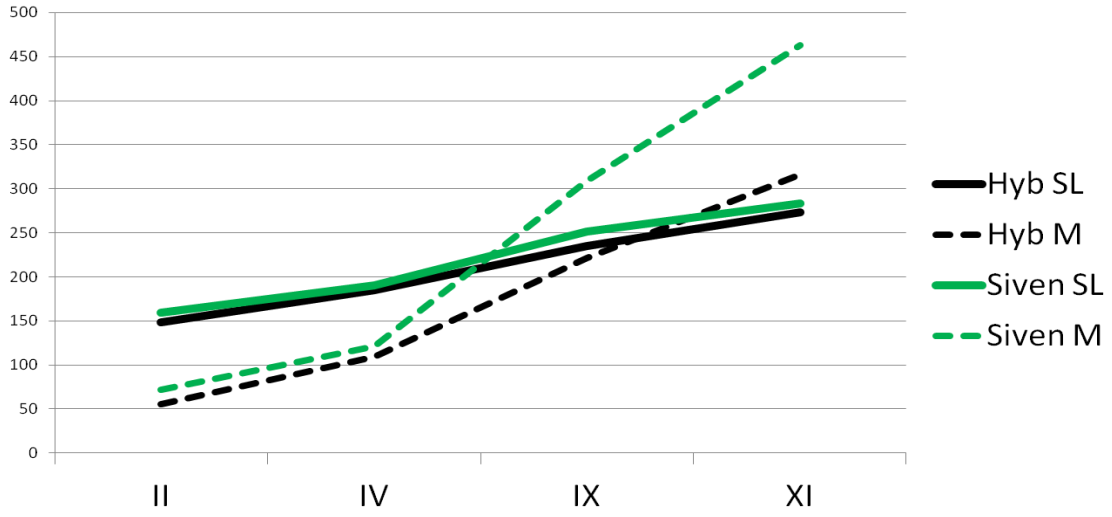
V podmínkách intenzivních chovů lososovitých ryb jsou chovány ryby různého původu včetně kříženců některých druhů. Typickým příkladem je chov sivena amerického (*Salvelinus fontinalis)* a jeho křížence se sivenem alpským (*S. alpinus).* Pro vyhodnocení efektu jejich chovu je potřeba nejen zhodnotit jejich produkční parametry ale i seznámit se s jejich specifiky. V průběhu let 2011 až 2013 byla prováděna srovnávací pozorování sivenů amerických s jejich kříženci se siveny alpskými. Pozornost byla věnována jednak znakům umožňujícím jejich rozlišení ale i vybraným morfologicko-fyziologickým faktorům, které mohou mít vztah k produkčním ukazatelům včetně zdravotního stavu.

Porovnání vzhledu křížence (nahoře) a sivena amerického (dole).

Růst

Pro vyhodnocení a porovnání intenzity růstu obou skupiny ryb byl využit provozní chov, realizovaný v recirkulačním systému společnosti BioFish s.r.o. na farmě u obce Pravíkov. Sledována byla obsádka dvou žlabů s obdobnou hustotou chovu ve čtyřech termínech (II, IV, IX a XI / 2011), zjišťována byla hmotnost (g) a délka těla (mm). Zatím co délkový růst ryb byl v obou skupinách prakticky totožný, hmotnostní růst byl v druhé polovině roku výraznější u sivena amerického, u kterého již, na rozdíl od hybridů, docházelo k výraznému vývinu gonád a nástupu pohlavní dospělosti.

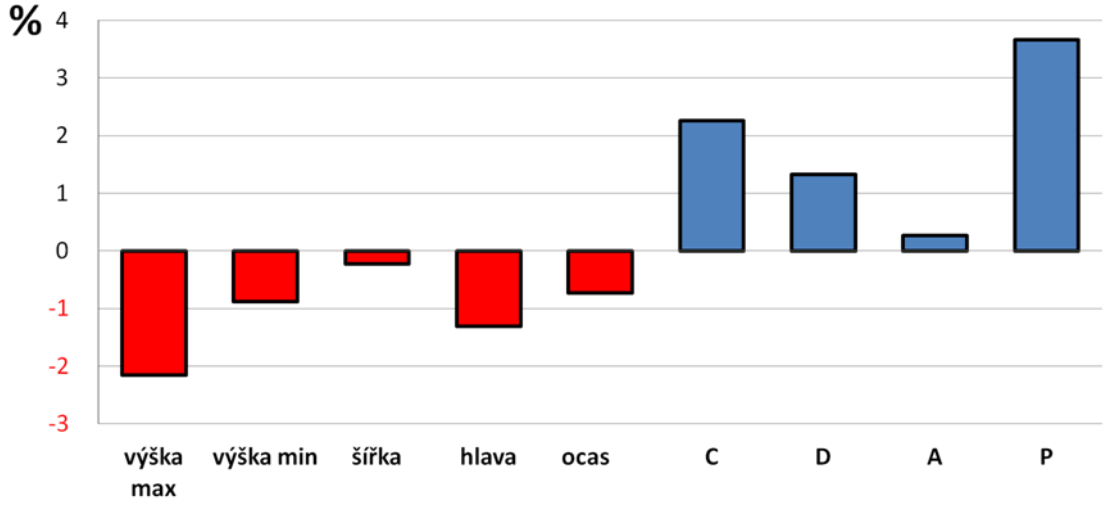
Změny ve velikosti těla a hmotnosti **sivena amerického** a **hybridních jedinců**



Tvar těla

Jedinců užitých k měření růstu bylo využito i pro sledování rozdílu v tvaru těla. Měřeny byly: délka těla (SL), maximální a minimální výška těla, šířka těla, délka hlavy, délka ocasního násadce (jednak od řitního otvoru jednak od konce řitní ploutve) a délky (výšky) jednotlivých ploutví. Jednotlivé hodnoty byly přepočteny na % SL.

Procentický rozdíl sledovaných parametrů hybridních jedinců ve srovnání s jedinci sivena (100%, tj. nulová hranice)



Na základě daných výsledků lze konstatovat, že „čistí“ jedinci se oproti hybridním odlišovali zejména vyšším tělem a delší hlavou, a to zejména na konci sledovaného období, kdy u „čistých“ jedinců nastupovala pohlavní dospělost a připravenost k výtěru. Hybridní jedinci měli naopak delší ploutve (v případě prsních ploutví navíc u „čistých“ jedinců docházelo k jejich degeneraci).

Tvar řitní ploutve

Sivena amerického bylo možné rozlišit do kříženec podle tvaru kaudálního okraje řitní ploutve, který je u **sivenů** vypouklý (vlevo), zatímco v případě **hybridních jedinců** rovný až mírně vydutý (vpravo).

Struktura pokožky

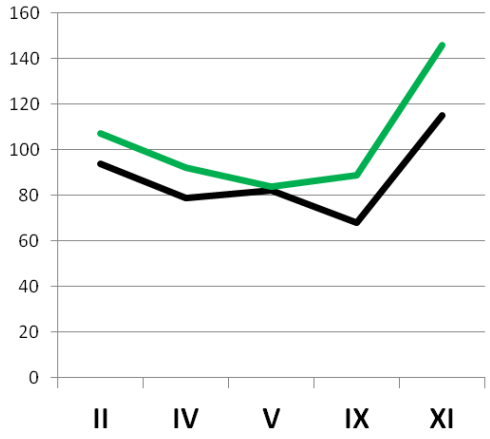
Pokožka ryb je dynamický orgán, jehož struktura je často odlišná nejen mezi jednotlivými druhy, ale závisí i například na pohlaví či pohlavní zralosti jedince či jeho zdravotním stavu. K danému sledování byli použiti jedinci z 5 různých termínů během roku (II, IV, V, IX a XI / 2011), kůže byla odebírána z dorzální části hlavy.

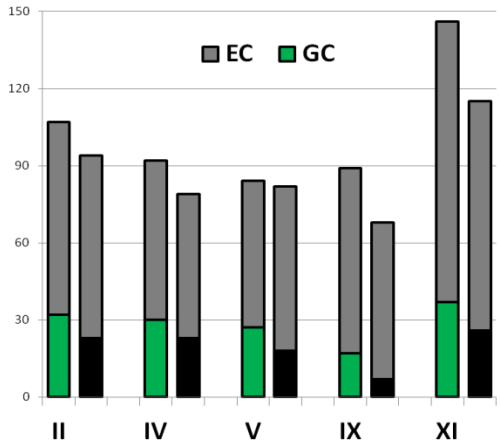
Základní struktura pokožky obou sledovaných skupin ryb, tj. přítomnost pouze pohárkových sekrečních buněk a absence melanoforů, byla shodná. Rozdíly však byly nalezeny v síle pokožky a objemovém zastoupení sekrečních buněk jak mezi oběma skupinami, tak i v závislosti na ročním období.

Pokožka *S. fontinalis* byla v průběhu celého roku silnější než u hybridních jedinců, a to jak absolutní, tak i relativní v přepočtu na velikost jedinců. Současně v ní byl větší objemový podíl sekrečních buněk. Naopak shodně u obou skupin byl pozorován během roku postupný pokles v tloušťce pokožky, na konci roku (listopad) však došlo k výraznému zesílení.

Tyto rozdíly mohou ovlivňovat zejména transport látek pokožkou (např. kyslíku) a odolnost vůči infekci a mechanickému poškození, vhodným návazným výzkumem by byla bližší analýza produkovaného hlenu a rozmístění sekrečních buněk v jednotlivých vrstvách pokožky.

Absolutní síla pokožky [µm] /vlevo/ a podíl epidermálních (šedé sloupce) a sekrečních pohárkových buněk (zelené sloupce - **siven americký**, černé – **hybridní jedinci**) /vpravo/ v jednotlivých měsících:

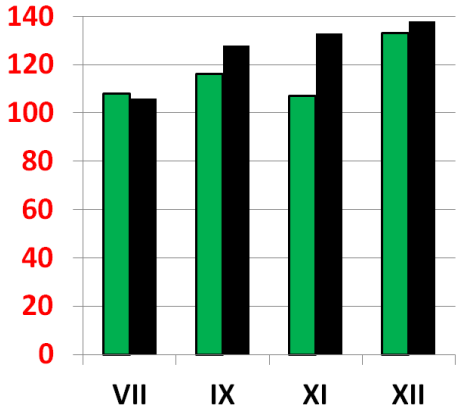


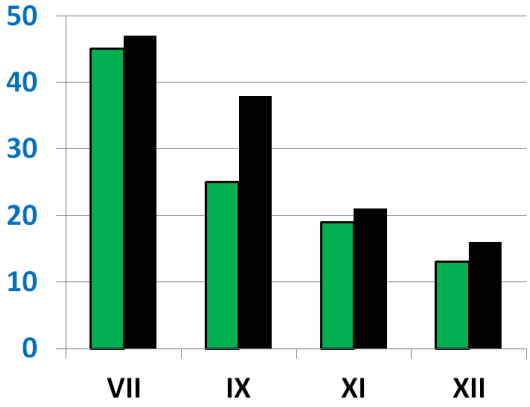


Hematologické parametry

V rámci hematologického sledování byly ve čtyřech termínech (VII, IX, XI a XII / 2012) měřeny počty červených a bílých krvinek Získané výsledky ukazují, že počet červených i bílých krvinek je obvykle u hybridní jedinci vyšší. Zatímco počet červených krvinek měl spíše stoupající tendenci, počet bílých krvinek vykazoval jednoznačnou klesající tendenci.

Počet červených (vlevo) a bílých (vpravo) krvinek u **S. fontinalis** a **hybridních** jedinců





Struktura žáber

Sledován byl počet a výška žaberních lupínků. K měření bylo využito jejich vnější řady na prvním levém oblouku. Porovnávány byly jak absolutní, tak i relativní hodnoty.

Zatímco celková délka lupínků byla u obou skupin shodná, jedinci hybridních jedinců mají poněkud vyšší počet lupínků, které jsou však poněkud kratší.

Počet a velikost žaberních lupínků /µm/ u sivena amerického a hybridních jedinců (relativní hodnoty přepočteny na 1cm SL).

	SIVEN	HYBRID	SIVEN	HYBRID
	absolutní		relativní	
počet lupínků	**67,7**	**74,4**	**4,25**	**4,70**
průměrná výška žab. lupínku	**24,0**	**21,9**	**1,50**	**1,38**
celková délka všech lupínků	**1626**	**1637**	**101,7**	**102,5**

Na základě výše uvedených měření lze konstatovat, že mezi jedinci sivena amerického a jeho hybridů se sivenem alpským existuje řada rozdílů, ať již v růstu, tvaru těla, morfologii pokožky, žáber či hematologických parametrech. Tyto odchylky mohou následně znamenat i rozdíly ve fyziologii těchto skupin, projevujících se během odchovu v rybochovných zařízeních.

Poděkování
Výsledky byly získány za finanční podpory projektů NAZV QI91C001 a QJ1210013.

Ing. Karel Halačka, CSc.
Ústav biologie obratlovců, Akademie věd ČR, v.v.i.
Květná 8, 603 65 Brno, Česká republika
halacka@ibv.cz
doc.Dr.Ing. Jan Mareš
Oddělení rybářství a hydrobiologie, Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství.,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00
rybarstvi.eu
mares@mendelu.cz

KVALITA MASA LOSOSOVITÝCH RYB Z RECIRKULAČNÍHO SYSTÉMU DÁNSKÉHO TYPU.

Jarošová, A.

Mendelova univerzita v Brně, Ústav technologie potravin,
Zemědělská 1, 613 00 Brno

Senzorická jakost je důležitý faktor, který rozhoduje o koupi potraviny spotřebitelem. Senzoricky lze hodnotit celou řadu deskriptorů jako je na příklad chuť, vůně, vzhled nebo textura. Prioritní je však pro zákazníka především celkový vzhled a vůně potraviny. Rybí maso je možné považovat za plnohodnotnou potravinu z důvodu příznivého chemického složení. Je významným zdrojem bílkovin, nenasycených masných kyselin a také důležitých minerálních látek a vitamínů. Mezi další pozitivní vlastnosti rybího masa patří také lehká stravitelnost, chutnost a snadná kulinární úprava. Nutriční složení i senzorické vlastnosti rybího masa jsou ovlivněny podmínkami prostředí a výživou chovaných ryb. Produkce volně žijících ryb je limitována omezenými přírodními zdroji. Pozornost je proto zaměřena na řízený chov ryb v akvakulturách, které jsou schopny poskytnout celoroční produkci vysoce kvalitních druhů ryb. V podmínkách intenzivního chovu je kvalita masa ovlivněna použitou krmnou směsí a technologií chovu.

Vlivem krmení ve vztahu k senzorickým vlastnostem masa kapra se zabývali Vácha aj., (2006). Guillon aj., (1995) sledovali vliv přídavku rostlinného a rybího oleje v krmné směsi sivenů na kvalitu složení rybího masa. Matos aj., (2012), zjišťovali, zda má výměna rybí moučky a rybího oleje za rostlinné oleje a bílkoviny v krmných směsích vliv na senzorickou jakost svaloviny pražma obecného. Drobná aj., (2006), použili ke krmení pstruha duhového krmnou směs, která obsahovala různou kombinaci vybraných rostlinných olejů. Složení krmiva, mající vliv na senzorické vlastnosti a kvalitu filetů z tržních pstruhů duhových zkoumal Faergemand aj., (1995). Jednotlivé sledované faktory na různé úrovni ovlivnily alespoň některý z hodnocených parametrů.

Cílem práce bylo zjistit, zda dochází ke změnám senzorických vlastností rybí svaloviny produkovaných ryb v závislosti na použité technologii a/nebo krmivu. Do hodnocení byla zahrnuta čtyři realizovaná sledování.

MATERIÁL A METODY

Materiál

1 Pstruh duhový a siven americký – vliv technologie chovu, zdroje vody, hustoty obsádky, použitého krmiva

K senzorické analýze bylo použito celkem 114 vzorků dvou druhů ryb, a to pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) a sivena amerického (*Salvelinus fontinalis*). Z každého chovného žlabu (řada 1 až 13) bylo náhodným výběrem odebráno 8 nebo 10 vzorků ryb pro senzorické hodnocení. Tyto vzorky byly rozděleny do 3 sérií (tab. 1).

Tab. 1 *Termín odběru a hodnocení pstruha duhového (Pd) a sivena amerického (Si)*

Série	Řada	Počet vzorků	Termín odběru	Termín hodnocení
1	**1** (Pd)	8	22. 9. 2009	16. 10. 2009
	2 (Pd)	8	22. 9. 2009	16. 10. 2009
	3 (Pd)	8	24. 9. 2009	23. 10. 2009
	4 (Pd)	8	24. 9. 2009	23. 10. 2009
2	**5** (Pd)	10	19. 11. 2009	13. 1. 2010
	6 (Pd)	10	19. 11. 2009	13. 1. 2010
	7 (Pd)	10	19. 11. 2009	13. 1. 2010
	8 (Pd)	10	19. 11. 2009	14. 1. 2010
	9 (Pd)	10	19. 11. 2009	14. 1. 2010
3	**10** (Si)	8	18. 6. 2010	25. 9. 2010
	11 (Si)	8	18. 6. 2010	25. 9. 2010
	12 (Si)	8	18. 6. 2010	25. 9. 2010
	13 (Si)	8	18. 6. 2010	25. 9. 2010

První série (řada 1 až 4), (tab. 1) vzorků pstruha duhového byla odebrána ze tří farem, které se mezi sebou lišily, nejen rozdílnou technologií chovu, ale i různými zdroji vody. Použití krmných směsí bylo u všech obdobné.

U řady č. 1 byl používán recirkulační systém chovu. Systém je vybaven standardním biologickým filtrem.. U zbývajících řad č. 2, č. 3 a č. 4 byl používán průtočný systém chovu. Řada č. 2 byla zásobena vodou z potoka, řada č. 3 a č. 4 byla zásobena vodou z řeky.

Na jedné z farem byly porovnávány dvě různé linie chovaného pstruha duhového (řady č. 2 a č. 3). Všichni chovatelé využívali extrudované krmné směsi s vysokým obsahem proteinů a tuku od stejného zahraničního výrobce.

Druhá série (řada 5 až 9), (tab. 1) vzorků pstruha duhového byla odebrána z farmy v Pravíkově, ve které byl používán recirkulační systém dánského typu. U této série se testoval vliv různé hustoty obsádky (řada č. 5, č. 7, č. 8, č. 9) a zároveň použitého krmiva (řada č. 6 a č. 8), (tab. 2) na sledované deskriptory. Do testu byla

zařazena krmiva dodavatele Biomar s označením R 90 a Ecolife 56 (tab. 3) běžně používané v chovu pstruha duhového.

Tab. 2 *Použité krmivo a hustota obsádky u druhé série vzorků pstruha duhového*

Série	Řada	Krmivo	Hustota obsádky
2	**5** (Pd)	R 90	12 tis.
	6 (Pd)	Eco 56	8 tis.
	7 (Pd)	R 90	10 tis.
	8 (Pd)	R 90	8 tis.
	9 (Pd)	R 90	6 tis.

Tab. 3 *Složení krmiv používaných při výkrmu pstruha duhového (Pd) u druhé série*

Krmivo	Složení krmiva
R 90	protein 43 %, tuk 27 %, hrubá energie 5674 kcal
Eco 56	protein 40 %, tuk 23 %, hrubá energie 5414 kcal

Třetí série (řada 10 až 13), (tab. 1) vzorků sivena amerického byla odebrána opět z farmy v Pravíkově, kde se testoval vliv hustoty obsádky a použitého krmiva (tab. 4) na senzorické parametry. Do testu byla zařazena krmiva firmy Biomar. Oproti předcházející sérii došlo ke změně označení krmiva z R 90 na Efico Alpha 790 a bylo zařazeno nové krmivo se zvýšenou stravitelností s označením Efico Enviro 920 (tab. 5), které nahradilo používanou směs Ecolife 56.

Tab. 4 *Použité krmivo a hustota obsádky u třetí série vzorků sivena amerického (Si)*

Série	Řada	Krmivo	Hustota obsádky
3	**10** (Si)	E 790	10 tis.
	11 (Si)	E 920	10 tis.
	12 (Si)	E 790	8 tis.
	13 (Si)	E 920	8 tis.

Tab. 5 *Složení krmiv používaných při výkrmu sivena amerického u třetí série*

Krmivo	Složení krmiva
E 790	protein 43 %, tuk 27 %, hrubá energie 5674 kcal
E 920	protein 44 %, tuk 29 %, hrubá energie 5748 kcal

2 Siven americký - vliv hustoty obsádky, použitého krmiva

Pro senzorické hodnocení bylo odebráno 32 vzorků sivena amerického *(Salvelinus fontinalis)*. Z každého chovného žlabu této série bylo náhodným výběrem odebráno 8 vzorků ryb pro senzorické hodnocení. Ryby byla odebrány dne 30.5.2011 a hodnoceny 14.10.2011. *U této série* (řada 1 až 4), byly vzorky sivena amerického odebrány z farmy v Pravíkově. Jedná se o farmu dánského typu, využívající recirkulaci a biologickou filtraci vody. Byla zde použita rozdílná hustota obsádky (řada 1, 2, 3, 4), (tab. 6) a stejné krmivo Biomar 920 s obsahem živin 44 % proteinů a 28 % tuku.

Tab. 6 *Hustota obsádky u série sivena amerického*

Série	Řada	Hustota obsádky (ks)	Hustota obsádky (kg.m^{-3})
1	**1**	10 tis.	47
	2	12 tis.	62
	3	8 tis.	45
	4	18 tis.	75

3 Siven americký – vliv technologie chovu, hustoty obsádky, původu ryb

Pro senzorické hodnocení bylo odebráno celkem 64 vzorků sivena amerického (*Salvelinus fontinalis)*. Chov ryb byl uskutečněn na rybí farmě Pravíkov. Ryby byly chovány v zařízeních pro intenzivní chov ryb dánského typu.

V první fázi pokusu (pokusná řada 1 až 4), (tab. 7) byly sledovány rozdíly senzorických vlastností rybí svaloviny mezi rybami původem z farmy Polánka (18 tis. ks Savruková) a rybami původem z farmy Pravíkov (18 tis. ks Pravíkov). Tyto vzorky ryb se od sebe lišily původem, technologie chovu i hustota obsádky byla v obou případech stejná. Dále pak v rámci tohoto pokusu bylo provedeno také porovnání mezi pokusnými řadami s různou hustotou obsádky chovanými v Pravíkově (18 tis., 15 tis. ks, 9 tis. ks původ Pravíkov).

Tab. 7 *Charakteristika pokusu„Vliv podmínek chovu na senzorickou jakost lososovitých ryb“ (1. a 2. fáze pokusu)*

Pokusná fáze	Řada (hustota obsádky, původ)	Počet vzorků	Termín odběru	Termín hodnocení
1	**1** (18 tis. ks Savruková)	8	9.7.2012	22.7.2012
	2 (18 tis. ks Pravíkov)	8	9.7.2012	22.7.2012
	3 (15 tis. ks. Pravíkov	8	9.7.2012	22.7.2012
	4 (9 tis. ks Pravíkov)	8	9.7.2012	22.7.2012
2	**5** (18 tis. ks Savruková)	8	6.9.2012	5.10.2012
	6 (18 tis. ks Pravíkov)	8	6.9.2012	5.10.2012
	7 (15 tis. ks Pravíkov)	8	6.9.2012	5.10.2012
	8 (9 tis. ks Pravíkov)	8	6.9.2012	5.10.2012

V druhé fázi pokusu (pokusná řada 5 až 8), (tab. 7) byl pokus realizován ve stejném rozsahu jako u první fáze.

Oba pokusy (první a druhá fáze) se od sebe lišily dobou výlovů ryb. Pro první fázi byly ryby vyloveny 9. 7. 2012 zatímco pro druhou fázi pokusu byly loveny 6. 9. 2012, z tohoto vyplývá, že ryby z pozdějšího výlovu dosahovaly vyšší hmotnosti a tím došlo ke zvýšení celkové hmotnosti na m^3.

Ve stejném období byl u dalších skupin ryb sledován vliv krmení na senzorické vlastnosti sivena amerického. Pro pokus bylo použito krmivo EFFICO Enviro 920 s obsahem proteinů 43 – 47 % a s obsahem tuku 28 – 31 %. Druhým použitým krmivem bylo krmivo ORBIT (výrobce fi.Biomar) pro recirkulační systémy s obsahem proteinu 40 – 44 % a s obsahem tuku 28 – 31 % (tab. 8). U obou krmiv se hustota obsádky ryb pohybovala mezi 12 tis. – 13 tis. ks.

Tab. 8 *Charakteristika pokusu „Vliv krmení na senzorickou jakost lososovitých ryb“*

Řada	Použité krmivo	Počet vzorků	Termín odběru	Termín hodnocení
9	EFFICO Enviro 920	8	23.7.2012	21.9.2012
10	EFFICO Enviro 920	8	23.7.2012	21.9.2012
11	Orbit	8	23.7.2012	21.9.2012
12	Orbit	8	23.7.2012	21.9.2012

.*4. Siven americký, pstruh duhový – vliv použitého krmiva*

Celkem senzoricky bylo ohodnoceno 40 vzorů ryb, 24 vzorků sivena amerického (*Salvelinus fontinalis)* a 16 vzorků pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*), (tab. 9).

Pokus byl zaměřen na sledování vlivu použitého krmiva na senzorické vlastnosti ryb. Ryby pocházely z farmy Pravíkov. Pro pokus byly použity následující krmiva: krmivo ALLER GOLD (fi. ALLER), BIOMAR EFFICO Enviro 920 a BIOMAR ORBIT (obě od fi. Biomar) pro recirkulační systémy.

Tab. 9 *Charakteristika pokusu*

Řada	Druh ryby	Použité krmivo	Počet vzorků	Termín odběru	Termín hodnocení
1	Siven americký	ALLER Gold	8	3.7.2013	18.10.2013
2	Siven americký	BIOMAR EFFICO Enviro 920	8	3.7.2013	18.10.2013
3	Siven americký	BIOMAR ORBIT	8	3.7.2013	18.10.2013
4	Pstruh duhový	BIOMAR EFFICO Enviro 920	8	3.7.2013	18.10.2013
5	Pstruh duhový	ALLER Gold	8	3.7.2013	18.10.2013

Metody

Ryby byly ihned po výlovu usmrceny, zchlazeny a přepraveny pro další zpracování do laboratoře Ústavu oddělení rybářství a hydrobiologie Mendelovy univerzity v Brně. Zde rybám byla oddělena hlava, ploutve a ocasní násadec. Takto opracovaný trup byl rozdělen na 8 (příp. 10) velikostně srovnatelných částí, které byly zabaleny do alobalu, označeny a v mikrotenovém sáčku uloženy v mrazničce při teplotě -18 °C až do doby tepelného zpracování a vlastního hodnocení

Před tepelnou úpravou byly vzorky rozmraženy při pokojové teplotě a dále tepelně upraveny v elektrické troubě dušením ve vlastní šťávě. Trouba byla před tepelnou úpravou vzorků vyhřátá na maximum (250 °C). Zabalené vzorky v alobalu byly vyskládány na plech a podlity cca 1 cm vysokou vrstvou vody (příloha 5), poté vloženy do trouby, kde byla následně snížena teplota na 210 °C. Vzorky se dusily po dobu 40 minut, bez přídavku jakékoliv látky ovlivňující jejich organoleptické vlastnosti.

Hodnocení provádělo celkem 8 hodnotitelů, kteří vlastní „Osvědčení posuzovatele“, probíhalo v senzorické laboratoři Ústavu technologie potravin Mendelovy univerzity v Brně. Laboratoř splňuje požadavky na mezinárodní normu ISO 8589 (definuje kritéria na vybavenost místnosti, používané nádobí, způsob přípravy a předkládání vzorků). Jako neutralizátor chuti byl podáván chléb, neperlivá voda. Při hodnocení většího počtu vzorků jako neutralizátor byl použit čistý destilát. Žádný ze vzorků nebylo možné považovat za standard, proto první vzorek byl ohodnocen společně všemi hodnotiteli.

U vzorků byly hodnoceny následující deskriptory: intenzita vůně, příjemnost vůně, textura v ústech, šťavnatost, intenzita chuti a příjemnost chuti. Hodnotitelé výsledky zaznamenali do formuláře s graficky nestrukturovanými stupnicemi (100 mm, 1 mm = 1 bod) se slovním popisem krajních bodů. Z vyplněných formulářů senzorického hodnocení tepelně upraveného rybího masa byly změřeny hodnoty a v programu Microsoft Excel 2007 byl vypočítán průměr a směrodatná odchylka. Výsledky byly statisticky zpracovány v programu Unistat 5.6, kde byla provedena analýza rozptylu a mnohonásobné porovnání pomocí Tukeyova testu.

VÝSLEDKY

1 Pstruh duhový a siven americký – vliv technologie chovu, zdroje vody, hustoty obsádky, použitého krmiva

Porovnáním hodnot jednotlivých deskriptorů u první série pstruha duhového bylo zjištěno, že u řady u níž se používal recirkulační systém chovu, tři vlastnosti ze šesti hodnocených dosáhly nejvyšších průměrných hodnot. Jednalo se o příjemnost vůně, texturu v ústech a příjemnost chuti. Zbývající deskriptory této řady intenzita vůně, šťavnatost a intenzita chuti dosáhly nejnižších průměrných hodnot v první sérii. Nejméně kvalitní vzorky obsahovala řada, u níž byl používán průtočný systém chovu se zdrojem vody z potoka. Navzdory negativnímu hodnocení, šťavnatost vzorků u této řady vykazovala nejvyšší průměrnou hodnotu v celé první sérii. Můžeme konstatovat, že rozdílné technologie chovu (recirkulační a průtočný systém chovu) a

různé zdroje vody (z potoka, vrtu a řeky) ovlivnily výrazně senzorické vlastnosti tepelně upraveného rybího masa (Mareš aj., 2010).

U druhé série vzorků pstruha duhového byly řady porovnávány z hlediska dvou faktorů. Prvním sledovaným faktorem bylo použití rozdílné hustoty obsádky (12, 10, 8, 6 tis. ks). Ze zpracovaných výsledků vyplývá, že významná byla řada s hustotou obsádky 10 tisíc kusů, která u třech deskriptorů, a to u intenzity vůně, textury v ústech a intenzity chuti dosáhla nejvyšších průměrných hodnot. Naopak nejnižších průměrných hodnot u intenzity vůně, intenzity chuti a příjemnosti chuti dosáhla řada s hustotou obsádky 12 tisíc kusů. U druhé sérii nejméně kvalitní vzorky obsahovala řada s hustotou obsádky 6 tisíc kusů. Obecně můžeme říci, že rozdílné hustoty obsádky významně ovlivnily senzorické vlastnosti tepelně upraveného rybího masa. U pěti deskriptorů (intenzita vůně, příjemnost vůně, šťavnatost, intenzita chuti, příjemnost chuti) ze šesti hodnocených byl prokázán statisticky významný rozdíl.

Druhým sledovaným faktorem bylo rozdílné použití typu krmiva. U jedné řady bylo použito krmivo Ecolife 56 (40 % proteinu, 23 % tuku a 5415 kcal BE) u druhé řady bylo použito krmivo R 90 (43 % P, 27 % T a 5674 kcal BE). Při senzorické analýze nebyl zjištěn významný vliv použitého krmiva s výjimkou šťavnatosti, kde rozdíl mezi jednotlivými krmivy byl velmi vysoce významný ve prospěch krmiva R 90, to znamená, že vyšší obsah proteinu, tuku a hrubé energie měl pozitivní vliv na kvalitu tepelně upraveného rybího masa.

U třetí série vzorků sivena amerického jsme řady porovnávali z hlediska rozdílného krmiva (Efico 790 a Efico 920) a různé hustoty obsádky (10 a 8 tis. ks). Z naměřených hodnot vyplývá, že řada krmená směsí Efico 790 (43 % P, 27 % T, 5674 kcal BE) a s hustotou obsádky 10 tisíc kusů, dosahovala nejvyšších průměrných hodnot u příjemnosti vůně, textury v ústech a příjemnosti chuti. Zatím co řada krmená směsí E 920 (44 % P, 29 % T, 5748 kcal BE) a s hustotou obsádky 8 tisíc kusů, obsahovala nejméně kvalitní vzorky v celé třetí sérii. Tyto vzorky dosáhly nejnižších průměrných hodnot u intenzity vůně, intenzity chuti a příjemnosti chuti. Senzorickým hodnocením jednotlivých deskriptorů byl zjištěn vliv použitého krmiva i hustoty obsádky. Oba faktory významně ovlivňovaly hodnocené vlastnosti, s výjimkou intenzity vůně, kde rozdíl mezi řadami nebyl prokázán.

2 Siven americký - vliv hustoty obsádky, použitého krmiva

U sivena amerického (třetí série) byl ověřován vliv různé hustoty obsádky (10, 12, 8, 18 tis. ks) na senzorické vlastnosti tepelně upraveného rybího masa. U všech vzorků ryb byla použita stejná krmná směs. Z výsledků senzorického hodnocení je patrné, že s výjimkou intenzity vůně a šťavnatosti bylo dosaženo u vzorků ryb s hustotou obsádky 10 tisíc kusů nejvyšších průměrných hodnot. U intenzity chuti však nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl a u intenzity vůně byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl pouze ve srovnání s hustotou obsádky 12 tisíc kusů. Vzorky ryb s hustotou obsádky 18 tisíc kusů dosáhly u vlastností intenzita vůně a šťavnatost nejvyšší průměrné hodnoty, statisticky to však nebylo prokázáno.

Hustota obsádky významně neovlivnila senzorické hodnocení rybího masa. U deskriptorů šťavnatost, intenzita chuti a příjemnosti nebyl prokázán statisticky průkazný rozdíl mezi jednotlivými řadami ryb s rozdílnou hustotou obsádky.

Na závěr můžeme konstatovat, že u sivena amerického byly nejpozitivněji hodnoceny vzorky ryb s hustotou obsádky 10 tisíc kusů.

3 Siven americký – vliv technologie chovu, hustoty obsádky, původu ryb

U první fáze pokusu, při které byl sledován vliv podmínek chovu (hustota obsádky, rozdílný původ) na senzorickou jakost sivena amerického bylo zjištěno, že ryby pocházející z farmy v Pravíkově získaly vyšší průměrné bodové hodnocení u čtyř ze šesti hodnocených deskriptorů, a to u deskriptoru příjemnost vůně, textura v ústech, šťavnatost a příjemnost chuti. Ryby pocházející ze pstruhové farmy Polánka (Helena Savruková) byly lépe hodnoceny u dvou ze šesti sledovaných vlastností, a to u intenzity vůně a intenzity chuti. Z tohoto vyplývá, že lépe byly hodnoceny ryby pocházející z farmy v Pravíkově, ale mezi porovnávanými pokusnými řadami nebyl prokázán statisticky významný rozdíl.

Z výsledků lze tedy usuzovat, že odlišný původ ryb neměl výrazný vliv na senzorickou jakost vzorků sivena amerického.

Druhým faktorem, který byl u této pokusné fáze sledován, byla hustota obsádky ryb, pocházejících z farmy v Pravíkově (18, 15, 9 tis. ks). Z výsledků bylo zjištěno, že nejlepšího hodnocení dosáhly vzorky ryb s hustotou obsádky 15 tisíc kusů. U této pokusné řady bylo dosaženo nejvyššího průměrného bodového hodnocení u třech deskriptorů z šesti, a to u intenzity vůně, šťavnatosti a intenzity chuti. Nejnižších hodnocení bylo dosaženo u ryb s obsádkou 9 tisíc kusů, kde bylo nejhůře hodnoceno pět pozorovaných deskriptorů ze šesti (příjemnost vůně, textura v ústech, šťavnatost, intenzita chuti, příjemnost chuti).

Ze statistického vyhodnocení je zřejmé, že u sivena amerického s hustotou obsádky 15 tisíc kusů došlo k pozitivnímu ovlivnění intenzity chuti vzorků. U zbývajících deskriptorů nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl.

Ve druhé fázi pokusu byl sledován vliv stejných faktorů. Na rozdíl od první fáze pokusu zde byly k pokusu odloveny ryby v pozdější fázi chovu, tedy s vyšší hmotností čímž se zvýšila celková hmotnost na m^3.

U prvního faktoru, kde byl zjišťován vliv různého původu na senzorické vlastnosti sivena amerického, bylo zjištěno, že ryby pocházející z farmy v Pravíkově dosáhly vyššího průměrného hodnocení u dvou deskriptorů, a to u příjemnosti vůně a u textury v ústech. Ryby původem z pstruhové farmy Polánka byly lépe hodnoceny také u dvou deskriptorů, a to u intenzity vůně a u šťavnatosti. U zbylých dvou ukazatelů (intenzita chuti, příjemnost chuti) bylo dosaženo shodného bodového hodnocení.

Mezi porovnávanými pokusnými řadami nebyl prokázán statisticky významný rozdíl, proto lze usuzovat, že odlišný původ neměl vliv na senzorickou jakost sivena amerického ani ve druhé fázi pokusu.

U porovnání různé hustoty obsádky ryb z farmy v Pravíkově (18, 15, 9 tis. ks), bylo zjištěno, že nejlépe hodnocená byla pokusná řada s hustotou obsádky 15 tisíc kusů, kde bylo dosaženo nejlepšího hodnocení u příjemnosti vůně a šťavnatosti. Zároveň však u této pokusné řady byla nejhůře hodnocena textura v ústech. Nejhůře hodnocena byla pokusná řada s hustotou obsádkou 18 tisíc kusů, kde bylo nejnižší bodové hodnocení zjištěno u čtyř faktorů ze šesti (intenzita vůně, příjemnost vůně, šťavnatost, intenzita chuti).

Ze statistického vyhodnocení vyplývá, že u pokusné řady s hustotou obsádky 9 tisíc kusů došlo k pozitivnímu ovlivnění intenzity vůně. Pozitivně byla ovlivněna také intenzita vůně u pokusné řady s hustotou obsádky 15 tisíc kusů. Z výsledků lze konstatovat, že hustota obsádky u druhé fáze měla pozitivní vliv na intenzitu vůně, kde byl prokázán statisticky významný rozdíl.

4 Siven americký, pstruh duhový – vliv použitého krmiva

Cílem pokusu bylo zjistit, zda způsob výživy ovlivňuje senzorickou jakost rybí svaloviny sivena amerického a pstruha duhového.

Ryby pocházely z farmy Pravíkov. Nejdříve byly hodnoceny vzorky sivena amerického. Vzorky ryb byly krmeny třemi druhy krmiva, a to: (1) ALLER Gold, (2) BIOMAR EFFICO Enviro 920 a (3) BIOMAR Orbit. Výsledky ukázaly, že existuje statisticky vysoce průkazný rozdíl mezi pokusnou řadou č. 1 (ALLER Gold) a č. 3 (BIOMAR Orbit). Mezi pokusnou řadou č. 2 (BIOMAR EFFICO Enviro 920) a č. 3 (BIOMAR Orbit) byl zaznamenán statisticky vysoce průkazný rozdíl u čtyř deskriptorů ze šesti, a to: u příjemnosti vůně, textury v ústech, šťavnatosti a intenzity chuti. Mezi pokusnou řadou č. 1 (ALLER Gold) a č. 2 (BIOMAR EFFICO Enviro 920) byl zaznamenán statisticky vysoce průkazný rozdíl pouze v jednom případě, a to u deskriptoru intenzita vůně, v ostatních případech rozdíl nebyl průkazný.

Lze konstatovat, že krmivo ALLER Gold mělo negativní vliv na intenzitu vůně svaloviny sivena amerického, v porovnání s ostatními krmivy. Krmivo BIOMAR EFFICO Enviro 920 negativně ovlivnilo šťavnatost v porovnání s ostatními krmivy. Z výsledků vyplývá, že krmivo BIOMAR Orbit mělo negativní vliv na příjemnost vůně, texturu v ústech a naopak pozitivní vliv na šťavnatost a intenzitu chuti svaloviny sivena amerického. Můžeme říci, že lepší vliv na senzorickou jakost hodnocených vzorků ryb měly krmiva z pokusné řady č. 1 (ALLER Gold) a č. 2 (BIOMAR EFFICO Enviro 920), lze je tedy doporučit pro výživu sivena amerického.

V druhé části pokusu byly hodnoceny vzorky pstruha duhového. Pro výživu ryb zvoleny pouze dvě krmiva, a to: (4) BIOMAR EFFICO Enviro 920 a (5) ALLER Gold. Významnost krmiva pomocí F-testu zde nebyla prokázána, tudíž lze konstatovat, že mezi pokusnými řadami č. 4 a č. 5 neexistoval statisticky průkazný rozdíl. Můžeme tedy říci, že druh krmiva neměl vliv na senzorickou jakost svaloviny hodnocených vzorků pstruha duhového.

ZÁVĚR

V pokusu „Pstruh duhový a siven americký“ můžeme konstatovat, že nejméně kvalitní vzorky obsahovala řada, u níž byl používán průtočný systém chovu se zdrojem vody z potoka. Recirkulační a průtočný systém chovu a různé zdroje vody (z potoka, vrtu a řeky) pozitivně ovlivnily výrazně senzorické vlastnosti tepelně upraveného rybího masa.

Z pohledu hustoty obsádky nejvyšších průměrných hodnot sledovaných deskriptorů dosáhly vzorky s hustotou obsádky 10 tisíc kusů. Byl zjištěn významný vliv použitého krmiva s výjimkou šťavnatosti, kde rozdíl mezi jednotlivými krmivy byl velmi vysoce významný ve prospěch krmiva R 90, to znamená, že vyšší obsah proteinu, tuku a hrubé energie měl pozitivní vliv na kvalitu tepelně upraveného rybího masa.

V pokusu „Siven americký“ nejpozitivněji byly hodnoceny vzorky ryb s hustotou obsádky 10 tisíc kusů.

V pokusu „Siven americký - vliv původu“ v první fázi růstu odlišný původ ryb statistickým porovnáním neměl vliv na senzorickou jakost vzorků sivena amerického. Pozitivní vliv na intenzitu chuti měly vzorky pokusné řady s hustotou obsádky 15 tisíc kusů. Ve druhé fáze růstu odlišný původ neměl vliv na senzorickou jakost a hustota obsádky 9 a 15 tisíc kusů měla pozitivní vliv na intenzitu vůně.

U pokusu „Siven americký a pstruh duhový“, kde se sledoval vliv krmení na senzorickou jakost, můžeme konstatovat, že pro výživu sivena amerického z hlediska pozitivních senzorických vlastností lze doporučit krmiva z pokusné řady č. 1 (ALLER Gold) a č. 2 (BIOMAR EFFICO Enviro 920). U pstruha duhového druh krmiva neměl vliv na senzorickou jakost svaloviny hodnocených vzorků.

PODĚKOVÁNÍ

Práce byla řešena za podpory grantového projektu NAZV QI91C001: ,,Optimalizace podmínek intenzivního chovu lososovitých ryb v podmínkách České republiky s využitím dánské technologie se zaměřením na kvalitu produkovaných ryb“.

LITERATURA

MAREŠ, J., KOPP, R., BRABEC, T., JAROŠOVÁ, A. (2010): Pstruh duhový - tradiční lososovitá ryba na našem trhu, nutriční parametry a senzorické vlastnosti. *Maso.* sv. 7, č. 2, s. 59-63. ISSN 1210-4086.

MATOS E., GONÇALVES A., BANDARRA N., COLEN R., NUNES M., VALENTE L., DINIS M., DIAS J. (2012): Plant proteins and vegetable oil do not have detrimental effects on post-mortem muscle instrumental texture, sensory properties and nutritional value of gilthead seabream. *Aquaculture* [online]., no. 358-359, s. 205-212 [cit. 2013-03-18]. ISSN 0044-8486. Dostupné z:
http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848612004103

DROBNÁ Z., ZELENKA J., MRKVICOVA E., KLADROBA D. Influence of dietary linseed and sunflower oil on sensory characteristics of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Czech Journal Of Animal Science* [online]. 2006, č. 11, 475 - 482 [cit. 2013-03-18]. ISSN 1212-1819. Dostupné z: http://linksource.ebsco.com/FullText.aspx?linkout=http%3a%2f%2fatoz.ebsco.com%2flink.asp%3fid%3d11550%26rid%3d1530709

VÁCHA, F., VEJSADA, P., HŮDA, J. (2006): *Krmné obiloviny ve vztahu k senzorickým vlastnostem masa kapra (Cyprinus Carpio).* Bulletin VÚRH Vodňany, č. 3, 150 s.

GUILLOU, A., SOUCY, P., KHALIL, M., ADAMBOUNOU, L. (1995): *Effect of dietary vegetable and marine lipid on growth, muscle fatty acid composition and organoleptic quality of flesh of brook char (Salvelinus fontinalis).* Aquaculture, vol. 136, no. 3 – 4, 351 – 362 s.

FAERGEMAND, J., RONSHOLDT, B., ALSTED, N., BORRESEN. T. (1995): *Fillet texture of rainbow as affected by feeding strategy, slaughtering procedure and storage post mortem*. Nutritional Strategies and Management of Aquaculture Waste. Cowey, vol. 31, no. 10, 225 – 231 s.

prof. Ing. Alžbeta Jarošová, Ph.D.
Ústav technologie potravin
Mendelova univerzita v Brně
Zemědělská 1, 613 00 Brno
ualja@mendelu.cz

VÝSKYT ONEMOCNĚNÍ LOSOSOVITÝCH RYB V RECIRKULAČNÍM SYSTÉMU DÁNSKÉHO TYPU

Palíková, M., [1], Čížek, A., [2], Navrátil, S., [1], Mareš, J.,[3]
[1]Ústav ekologie a chorob zvěře, ryb a včel, VFU Brno, [2]Ústav infekčních chorob a mikrobiologie, VFU Brno, Palackého tř. 1/3, 612 42 Brno
[3]Odd. rybářství a hydrobiologie, MENDELU, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Zvyšující se světová spotřeba ryb pro výživu obyvatel je kryta z více než 45 % jejich produkcí v akvakulturních systémech (FAO 2010). Se snahou o snížení zatížení vodního prostředí intenzivním chovem ryb a závislosti na vydatném zdroji nezávadné vody, dochází k rozvoji recirkulačních akvakulturních systémů (Martins a kol. 2010). Jednou z alternací recirkulačních systémů je využití tzv. dánské technologie, vycházející z principu airliftů, které zajišťují cirkulaci vody a výměnu plynů. Vývoj recirkulačních systémů „dánského typu“ pro produkci lososovitých ryb vycházel zejména z potřeby efektivního využití kvalitní vody bez patogenních zárodků, zlepšení využití aplikovaného krmiva a snížení zatížení prostředí odpadní vodou (Jokumsen a Swendsen 2010).

V České republice jsou dvě funkční farmy s recirkulačním systémem dánského typu. V chovu, v němž byl provázen dvouletý monitoring zdravotního stavu ryb, je chován siven americký (*Salvelinus fontinalis*), kříženci sivena amerického a sivena alpského (*S. fontinalis* x *S. alpinus*) a pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*). Celkový objem vody v systému je 1000m^3, je zde 12 odchovných žlabů, každý o objemu 34m^3 a dva typy biofiltrů, jeden s plovoucími a druhý s ponořenými elementy. Za biofiltry jsou umístěny difuzory a hluboký airlift.

Cílem pravidelného sledování zdravotního stavu ryb bylo zjistit výskyt onemocnění, která mohou negativně ovlivnit sledovaný chov ryb a následně navrhnout reálná opatření týkající se jejich eradikace.

V období od května 2012 do března 2013 bylo v měsíčních intervalech odebíráno po sedmi kusech ryb. Ryby byly usmrceny, byly zaznamenány jejich délko-hmotnostní parametry a následně byly podrobeny pato-morfologickému (histologickému), parazitologickému a mikrobiologickému vyšetření. Vyšetřováni byli siveni američtí dvojího původu (označení S, N) a kříženci. Siven americký S byl chován v hustotě rybí obsádky 550 ks/m^3, siven americký N v hustotách 550 a 270 ks/m^{3}a kříženci v hustotě 270 ks/m^3. Mikrobiologické vyšetření spočívalo v kultivaci stěrů z kůže a ze žaber a kromě vyšetřovaných zdravých ryb byly mikrobiologicky vyšetřovány rovněž ryby čerstvě uhynulé nebo vykazující příznaky onemocnění. Od května do listopadu 2013 byl obdobným způsobem sledován zdravotní stav sivenů amerických, hybridů a pstruhů duhových chovaných v hustotě rybí obsádky 440 ks/m^3. V tomto období byly mikrobiologicky vyšetřovány pouze ryby čerstvě uhynulé nebo vykazující příznaky onemocnění.

V rámci pato-morfologického vyšetření ryb v období od května 2012 do března 2013 jsme zaznamenali přítomnost různých změn na povrchu ryb ve formě šedavých

lézí různé velikosti lokalizovaných zejména okolo hřbetních a ocasních ploutví, které byly někdy sekundárně zaplísněné. V několika případech jsme zaznamenali uprostřed erozí přítomnost vředovitých lézí – furunklů, typických pro chronickou formu furunkulózy a občas přítomnost měkkých prominujících boulí. U ryb vyšetřovaných od května do listopadu 2013 jsme navíc v několika případech nalézali další pato-morfologické změny jako ascites, přítomnost meziorgánových srůstů a krváceniny, resp. migrační kanály v játrech. Tyto změny souvisí se záchytem velkého množství kapsul s larvami *Raphidascaris acus* na vnitřních orgánech.

Parazitologickým vyšetřením jsme detekovali přítomnost pouze dvou parazitárních druhů, a to kožovce rybího (*Ichthyophthirius multifiliis*) na kůži a žábrách ryb a škrkavky *Raphidascaris acus*. Ačkoliv jsme se obávali problémů, které by mohly nastat při namnožení *I. multifiliis*, intenzity infekce tohoto nálevníka nedosáhly vysokých hodnot (epidemiologické charakteristiky jsou uvedeny v tabulce č. 1). Maximální intenzity a prevalence byly zaznamenány v září a říjnu 2012. Zajímavé bylo, že žádný jedinec nebyl nalezen na žábrách kříženců. V roce 2013 byl záchyt velice sporadický.

Druhého parazita, škrkavku *Raphidascaris acus*, jsme detekovali nejprve jako dospělce v kraniální části střeva. Největší prevalence dospělých hlístic byly u sivenů amerických chovaných ve vyšší intenzitě rybí obsádky, nicméně jejich intenzity v roce 2012 byly nízké (tabulka č. 2). V říjnu a listopadu jsme začali detekovat přítomnost kapsul s larválními stádii hlístice, a to zejména mezi pylorickými přívěsky a na střevní stěně (tabulka č. 3). V roce 2013 dosahovaly intenzity dospělců tohoto parazita výrazně vyšších hodnot a maximální epidemiologické charakteristiky byly zaznamenány již v červnu (tabulka č. 4). Navíc, vzrostlo rovněž množství kapsul, které byly nacházeny i na povrchu jater a jejich výskyt byl zaznamenán již v srpnu (tabulka č. 5), tj. o 2-3 měsíce dříve než v roce 2012. Tento parazit byl pravděpodobně do chovu zavlečen s nasazovanými rybami, nicméně nyní je evidentní, že se v chovu úspěšně realizuje celý jeho vývojový cyklus. Ten je vázán na jednoho mezihostitele, kterým jsou ryby, resp. blešivci (Moravec a kol. 1970; Bradley 1980; Moravec 2004). V nich larva dospěje do invazního třetího larválního stádia, které po pozření definitivním hostitelem, rybou, ve střevě dospívá. Otázkou ovšem zůstává jak se ryby jako definitivní hostitelé infikují. V systému jsme dosud našli pouze zástupce korýšů (Crustacea), a to berušku vodní (*Asellus aquaticus*), pijavek (Hirudinea) a dvoukřídlých (Diptera) z čeledí Simulidae, Limoniidae a Chironomidae. Tito bezobratlí však mohou sloužit pouze jako parateničtí hostitelé v nichž larva zůstává ve druhém, tj. neinfekčním, stádiu (Moravec, 1970). Vysoké prevalence dospělců eliminují kanibalismus jako takový, nicméně jistou možnost by mohlo představovat požírání uhynulých ryb nebo jejich vnitřností u dna ostatními rybami. Nebo mohou být jiní bezobratlí dalšími mezihostiteli? V každém případě, zvyšující se množství tohoto parazita začíná být vážným problémem a může se spolupodílet na zvýšených úhynech ryb. Je zajímavé, že hybridi se zdají být odolnější vůči tomuto parazitu, jak tomu nasvědčují nižší epidemiologické charakteristiky. Larvy *R. acus* jsou popisovány u mezihostitelů jako vysoce patogenní a některé práce

popisují masové hynutí ryb díky těžkým infekcím spojeným s larválními migracemi *R. acus* orgány (Bauer et a. 1977; Žitňan 1967).

Mikrobiologickým vyšetřením byly izolovány aeromonády včetně *Aeromonas salmonicida, Flavobacterium spp., F. psychrophilum*, *Chromobacterium violaceum*, *Citrobacter freundii, Pseudomonas* spp. a v jednom případě *Yersinia ruckerii.* Relativní denzita bakteriálních kolonií je uvedena v tabulce č. 6. Nejvyšší relativní denzity bakteriálních kolonií byly většinou identifikovány u sivenů amerických N chovaných ve vyšší hustotě rybí obsádky. U těchto sivenů byla rovněž zachycována přítomnost *A. salmonicida* u klinicky zdravých ryb. Tento významný patogen, původce furunkulózy ryb, byl již různými autory ve slizu klinicky zdravých ryb identifikován (Cypriano a kol. 1992). Hiney a kol. (1994) experimentálně vyvolal klinickou formu furunkulózy použitím takovýchto izolátů a tím prokazoval jejich patogenitu. Existence latentní furunkulózy je známa již velice dlouho (Plehn 1911) a její klinické propuknutí může vyvolat např. stres. Navíc latentně infikované ryby mohou sloužit jako bacilonosiči (Mackie a kol. 1935).

U 40% klinicky nemocných ryb byla *A. salmonicida* izolována z vnitřních orgánů. Z povrchových lézí byly většinou identifikovány flavobakterie. Na základě zjišťování citlivosti k antibiotikům byla u vybraných izolátů často detekována získaná rezistence.

Závažným problémem sledovaného chovu se tedy jeví zejména furunkulóza zachycovaná ve všech formách, klinických i v latentní. Avšak nelze podceňovat ani rychlý rozvoj nematodózy, zejména množství migrujících larev, které již způsobovaly i makroskopicky a histologicky patrné morfologické změny v orgánech ryb.

PODĚKOVÁNÍ

Tento monitoring je financován z projektu NAZV QJ1210013 „Technologie chovu sladkovodních ryb s využitím recirkulačních systémů dánského typu se zaměřením na metody efektivního řízení prostředí a veterinární péče“

Tabulka č. 1. Prevalence a intenzita (počet jedinců v zorném poli mikroskopu při zvětšení 40x) kožovce rybího *I.multifiliis*

	S. fontinalis S	*S. fontinalis* N	kříženci 1/2	*S. fontinalis* N 1/2
červen 2012	0	0	kůže 0-1; 43%	0
červenec 2012	0	0	kůže 0-2; 29%	kůže 0-2; 14%
srpen 2012	kůže 0-1; 43%	0	kůže 0-4; 57%	0
září 2012	kůže 0-2; 25% žábry 0-1; 25%	kůže 0-1; 57% žábry 0-1; 14%	kůže 0-4; 86%	kůže 0-2; 43%
říjen 2012	kůže 0-4; 86% žábry 0-1; 43%	kůže 0-2; 71% žábry 0-2; 86%	kůže 0-2; 43%	-
listopad 2012	kůže 0-1; 43% žábry 0-1; 14%	kůže 0-2; 29% žábry 0-2; 29%	0	-
prosinec 2012	0	kůže 0-2; 25% žábry 0-1; 25%	kůže 0-1; 14%	-
leden 2013	0	kůže 0-1; 29%	kůže 0-1; 14%	-

Tabulka č. 2. Prevalence a intenzita dospělců hlístice *R. acus* vyšetřovaných od května 2012 do března 2013.

	S. fontinalis S	*S. fontinalis* N	kříženci 1/2	*S. fontinalis* N 1/2
květen 2012	0	2; 14%	0	0
červen 2012	0	2; 14%	1; 14%	1; 14%
červenec 2012	0	1; 29%	0	0
srpen 2012	0	0	4; 14%	0
září 2012	1; 38%	1-2; 71%	0	2-3; 29%
říjen 2012	2; 14%	1-5; 57%	0	-
listopad 2012	1; 14%	1; 14%	1; 14%	-

Tabulka č. 3. Prevalence a intenzita kapsul s larvami hlístice *R. acus* vyšetřovaných od května 2012 do března 2013.

	S. fontinalis S	*S. fontinalis* N	Hybrids 1/2
říjen 2012	0	0	29%
listopad 2012	2-100(ø30); 86%	1-35(ø14); 71%	0
prosinec 2012	1-30(ø9); 86%	2-10(ø5); 62%	20; 14%
leden 2013	7-50(ø25); 100%	6-22(ø11); 100%	1-14;(ø5); 57%
únor 2013	1-30(ø21); 50%	-	1-2(ø2); 50%
březen 2013	1-30(ø11); 62%	-	1-10(ø5);50%

Tabulka č. 4. Prevalence a intenzita dospělců hlístice *R. acus* vyšetřovaných od května do října 2013.

	S. fontinalis S	kříženci 1/2	*O. mikiss*
květen 2013	0	1-2; 43%	1 a 8; 29%
červen 2013	1-36; 86%	2; 14%	6-37; 86%
červenec 2013	1; 14%	0	1-3; 57%
srpen 2013	1 a 7; 29%	6; 14%	3-4; 43%
září 2013	1-2; 43%	1; 14%	1; 14%
říjen 2013	1 a 18; 29%	0	0

Tabulka č. 3. Prevalence a intenzita kapsul s larvami hlístice *R. acus* vyšetřovaných od května 2012 do března 2013.

	S. fontinalis S	kříženci 1/2	*O. mikiss*
srpen 2013	25-150(ø58); 100%	15 a 35(ø25); 29%	15-40(ø21); 71%
září 2013	7-60(ø21); 71%	2 a 4(ø3); 29%	15-70(ø41); 86%
říjen 2013	20-140(ø80); 100%	2-20(ø11); 83%	60-200;(ø132); 100%

½.....poloviční intenzita rybí obsádky

Tabulka č. 6. Relativní denzita bakteriálních kolonií (1-4). Denzita bakteriálního růstu je vyjádřena v rozpětí 1-4 podle procenta bakteriálního porostu na agaru (25, 50, 75, 100 %).

		Aeromonády kůže	Aeromonády žábry	Flavobakterie kůže	Flavobakterie žábry
S. fontinalis S.	Květen 2012	2,2	1,6	0,4	0,2
S. fontinalis N.		2,6	1,6	0	0
kříženci 1/2		0,8	0,8	0,6	0,2
S. fontinalis N. 1/2		2,0	1,4	2,0	1,4
S. fontinalis S.	Červen 2012	-	2,14	-	0,43
S. fontinalis N.		-	2,57	-	0,71
kříženci 1/2		-	0,57	-	0,29
S. fontinalis N. 1/2		-	2,0	-	0,43
S. fontinalis S.	Červenec 2012	-	2,14	-	1,86
S. fontinalis N.		-	1,87	-	2,57
kříženci 1/2		-	2,29	-	1,29
S. fontinalis N. 1/2		-	2,29	-	1,57
S. fontinalis S.	Srpen 2012	-	1,43	-	1,57
S. fontinalis N.		*A. salmonicida* *	1,71	-	2,0
kříženci 1/2		-	0,57	-	0,86
S. fontinalis N. 1/2		-	1,0	-	0,86
S. fontinalis S.	Září 2012	1,63	0,88	0,63	1,0
S. fontinalis N.		2,0	2,5	1,13	2,25
kříženci 1/2		1,57	2,0	0,86	1,57
S. fontinalis N. 1/2		1,63	3,14	0,71	1,63
S. fontinalis S.	Říjen 2012	0,43	0,43	1,0	1,0
S. fontinalis N.		1,63 (*A.s.* 2x)	2,71 (*A.s.* 6x)	0,43	0,29
kříženci 1/2		0,29	0,71	0,71	1,43
S. fontinalis S.	Listopad 2012	0	0	1	1,71
S. fontinalis N.		0	0,29	1	1,43
kříženci 1/2		0	0	0,71	1,43
S. fontinalis S.	Prosinec 2012	0,38	0	0,88	1,5
S. fontinalis N.		1,71 (*A.s.* 7x)	2,14 (*A.s.* 6x)	0,57	0,57
kříženci 1/2		0,57	0,14	0,75	1
S. fontinalis S.	Leden 2013	1,43	1,29	1,43	1,71
S. fontinalis N.		1,43	2,43	1,86	2,29
kříženci 1/2		1,5	1,71	1,38	1,86
S. fontinalis S.	Únor 2013	0,75	0,88	1	0,63
kříženci 1/2		0	0,13	0,5	0,75
S. fontinalis S.	Březen 2013	0,75	0,25	0,75	0,38
kříženci 1/2		0,75	0,88	1	1

A.s. **-** *A. salmonicida,* počet pozitivních vzorků

*- izolace z kožní změny

POUŽITÁ LITERATURA

Bauer ON, Musselius VA, Nikolaeva VM, Strelkov YuA 1977: Ichthyopathology. Publishing House Pishchevaya Promyshlennost, Moscow

Bradley J 1980: The roundworm genus *Raphidascaris* in Co Tyrone. Irish National Journal **20**: 43

Cypriano RC, Ford LA, Teska JD, Hale LE, 1992: Detection of A*eromonas salmonicida* in the mucus of salmonid fishes. Journal of Aquatic Animal Health **4**: 114-118

FAO 2010: The state of the world fisheries and aquaculture 2010. FAO Rome, 197 p.

Hiney MP 1994: Development and validation of detection techniques for the fish pathogen A*eromonas salmonicida*. PhD thesis, National University of Ireland

Jokumsen A, Svendsen LM 2010: Farming of freshwater rainbow trout in Denmark. DTU Aqua Report 219-2010, 47 p.

Mackie TJ, Arkwright JA, Pyrce-Tannatt TE, Mottram JC, Johnston WD, Menzies WJ 1935: Final Report of the Furunculosis Committee. HMSO, Edinburgh

Martins CIM, Eding EH, Verdegem MCJ, Heinsbroek LTN, Schneider O, Blancheton JP, D´Orbcastel ER, Verreth JAJ 2010: New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. Aquaculture Engineering **43**: 83-93

Moravec F 1970: Studies on the development of *Raphidascaris acus* (Bloch, 1779) (Nematoda: Heterocheilidae). Acta Sociologica and Zoologica Bohemoslovakia **34**:33-49

Moravec F 2004: Observations on the transmission and the seasonability of the nematode *Raphidascaris acus* in *Salmo trutta fario* in a small trout stream in North Bohemia, the Czech Republic. Helmintologia **41**:91-97

Plehn M 1911: Die furunculose der salmoniden. Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene, Originale, Abteilung I **60**: 609-624

Žitňan R 1967: Helmintological mortality of the loaches in the Dobšinská dam lakes. Polovníctvo a rybárstvo **19**: 17

Doc. MVDr. Miroslava Palíková, Ph.D., prof. MVDr. Alois Čížek, CSc.,
doc. MVDr. Stanislav Navrátil, CSc.,
palikova@vfu.cz, cizeka@vfu.cz, *navratils@vfu.cz*,
Veterinární a farmaceutická unverzita v Brně, Palackého tř. 1/3, 612 42 Brno
doc. Dr. Ing. Jan Mareš, *mares@mendelu.cz*,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

MOŽNOSTI CHOVU JINÝCH NEŽ LOSOSOVITÝCH DRUHŮ RYB V RECIRKULAČNÍCH SYSTÉMECH VYUŽÍVAJÍCÍCH DÁNSKOU TECHNOLOGII

Stejskal, V., Matoušek, J., Kouřil, J.
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Ústav akvakultury, Husova tř. 458/102, 370 05 České Budějovice

1. Úvod

Technologie recirkulačních systémů „dánského typu“ byla primárně vyvinuta pro chov lososovitých ryb, především pstruha duhového (*Ochorhynchus mykiss*) a sivena amerického (*Salvelinus fontinalis*). Především promoření povrchových zdrojů vody patogeny bylo důvodem transformace některých průtočných farem na recirkulační technologii. Zatím není řešeno využití těchto systémů pro další rybí druhy. Jednou z možností zlepšení spotřeby sladkovodních ryb je větší diversifikace spektra chovaných ryb, především cílená na původní (zdomácnělé) druhy ryb s vysoce kvalitním masem bez svalových „Y“ kostic. Mezi tyto perspektivní druhy ryb, které by mohli rozšířit paletu ryb běžně dostupných na našem trhu patří okounovité (především candát obecný, okoun říční), síhovité (síh maréna a síh peleď), jeseterovité (hlavně jeseter sibiřský a ruský) a mník jednovousý.

2. Síhovití (Coregonidae)

Chov síhů v České republice byl doposud tradičně založen především na společných polykulturních obsádkách s kaprem obecným (*Cyprinus carpio*), nebo pstruhem duhovým (*Oncorhynchus mykiss*) v rybnících (Hochman, 1987; Kouřil a kol., 2008). V letech 1975 – 1987 se produkce síhů (obou druhů) pohybovala v širokém rozpětí, kdy výlovky tržních ryb činily od 243 do 429 t za rok u Státního rybářství o.p. Současná produkce síhů je řádově nižší. Udává se roční výlovek kolem 50 – 60 t s převahou síha peledě. Dokonce v roce 2010 byl zaznamenán pokles tržních síhů na hranici 26 t za rok.

Intenzivní chov síhů (koregonidů) v různých chovných systémech (klecových, průtočných či recirkulačních) v některých evropských zemích (např. Litva, Estonsko, Rusko, Polsko, Německo nebo Finsko) a USA přineslo místním producentům možnost diverzifikace jejich produkce a lukrativní alternativu k chovu salmonidů, zejména pstruha duhového (Heinimaa a kol., 2011; Król a kol., 2003; Wunderlich a kol., 2011; Wziątek a kol., 2009). V poslední době začínají podobně uvažovat i chovatelé lososovitých ryb u nás a z prostředí rybářské praxe vzcházejí požadavky na ověření technologie a přizpůsobení stávajících infrastruktur na chov síhů. Hlavní příčinou snížení produkce je především preference a snadná ulovitelnost těchto ryb stále se zvyšující populací kormorána velkého (*Phalocorcorax carbo*). Kormorán

svým predačním tlakem decimuje především obsádky síhů ve věku 1+. Mnoho dalších ryb navíc poškodí (Kortan a Adámek, 2010). Zpravidla nebývá problém dochovat se podzimního ročka (čtvrtročka) z polokulturních obsádek na rybnících. Potíže vyvstávají během prvního zimního období (stáří ryb 1+) právě díky selektivní predaci kormoránem.

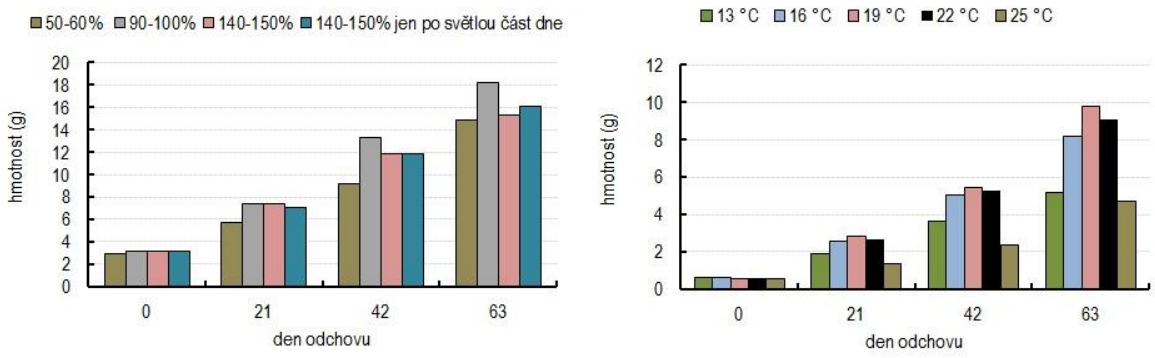
Přesunutím alespoň části produkce do bezpečnějších (z hlediska predátorů) a lépe kontrolovatelných podmínek intenzivních recirkulačních systémů by produkci síhů u nás významně pozvedlo. Navíc diverzifikace produkce nabízí zvýšení flexibility výroby a rozšíření nabídky daného producenta, což v akvakultuře vede k významnému zvýšení konkurenceschopnosti.

2.1. Síh peleď (*Coregonus peled*)

Peleď je prozatím poněkud opomíjeným druhem síha z pohledu intenzivních chovů. Většina literárních záznamů o možnostech intenzivního chovu tohoto druhu pochází z klecových systémů (Mamarcz a Szcerbowski, 1984).

Prvotní experimenty byly zaměřeny testováním délky periody, během které je třeba larvám peledě podávat živou potravu (*Artemia salina*) a po jaké době lze již přejít na suché krmivo s maximálním přežitím a uspokojivým růstem. Z výsledků vyplývá, že při použití startéru o granulaci 0,4 mm je nutné krmit artémii po dobu minimálně 27 dní.

Byl testován vlivteploty na růst juvenilních peledí v intenzivních podmínkách recirkulačního systému (celkem pět teplot - 13, 16, 19, 22 a 25 °C). Nejrychlejší růst byl pozorován při 19 °C. Uspokojivého růstu bylo dosaženo při chovu v teplotách 16 a 22 °C. Rychlost růstu byla silně redukována při chovu ryb v teplotách 13 a 25 °C (Obr. 1.). Z hlediska přežití se testované skupiny nelišily, vyjma ryb chovaných při 25 °C, u kterých bylo přežití výrazně nižší. Při chovu ryb při teplotě 25 °C byla také pozorována výrazně větší hmotnostní heterogenita. Dalším abiotickým faktorem, který byl u peledí testován bylo umělé zvyšování úrovně nasycení vody kyslíkem (hyperoxii). Z prozatímních výsledků vyplývá, že pro peledě nepřináší hyperoxie benefit v podobě zvýšeného příjmu, či využití krmiva a tím i růstu ryb (Obr. 1.).



Obr. 1. Vliv nasycení vody kyslíkem a teploty vody na růst juvenilních peledí v intenzivních podmínkách recirkulačního systému¨

Hustota obsádky chovaných peledí může být od 0,5 do 2,3 ks/l. Nicméně limitní hustoty obsádek prozatím nejsou známy a bude třeba je otestovat, s ohledem na to, že recirkulační systémy by měly být nasazeny maximálně s cílem maximalizace produktivity systému jako celku. Prozatím neexistuje krmivo vybalancované pro potřeby síhovitých druhů ryb, a proto jsou s různými výsledky používány krmné směsi pro salmonidy.

V blízké budoucnosti by aplikovaný výzkum měl být zaměřen na testování vlivu délky krmého dne, frekvence krmení a hustot obsádek. Dále bude třeba provozně otestovat možnost chovu této ryby v recirkulačním systému „dánského“ typu.

Obr. 2. Juvenilní a tržní síh peleď (*Coregonus peled*)

2.2. Další potenciálně využitelné druhy síhů

V současné době je na několika RAS systémech v sousedním Německu a na klecových systémech ve Finsku chován síh maréna (*Coregonus lavaretus*). S intenzivními chovy síhů se pomalu začíná i v Rusku nejen v klecových systémech ale i v recirkulačních. Ruská federace je původní domovinou několika, z hlediska potenciálního využití v akvakultuře, velice zajímavých druhů síhů. Patří mezi ně především „muksun“ *Corgonus muksun,* což je druh síha vyskytující se v tažné i jezerní formě. Ve své domovině je uměle rozmnožován a vysazován jako vykulený plůdek zpět do řek či jezer. V některých případech je plůdek odkrmován plnohodnotnými startéry v klecích, či ve speciálních nádržích s biofiltrem (s dotací artémie). Je druhem s velmi dobrou růstovou potencí. V přírodě může individuální hmotnost dosáhnout přes 13 kg (Berg 1962). Dalšími, z pohledu růstových schopností zajímavými druhy jsou *C. nasus,* síh *„lenok“ C. autumnalis, C. pidischian*. V zajetí jsou také drženy generačky tvz. „nělmy“ či „beloribitsy“ *Stenodus leucichthys*, což je dravý druh síha s růstovou potencí až 40 kg.

Intenzivní chov těchto síhů je i v jejich domovině v současnosti na začátku. Nicméně z hlediska růstové potence, schopnosti adaptace na intenzivní systém chovu a teplotní požadavky z nich činí atraktivní druhy alternativně využitelné ve studenovodních recirkulačních systémech s cílem produkce kvalitního rybího masa pro humánní konzum.

3. Mník jednovousý (*Lota lota*)

Intenzivní chov mníka nabývá v mnoha evropských zemích většího významu, neboť tato ryba je ohrožena nebo vyhubena v mnoha evropských regionech Nicméně především larvy je poměrně obtížné odchovávat, protože patří mezi jedny z nejmenších mezi sladkovodními druhy ryb. V současné době je k dispozici jen málo literárních údajů ve vztahu k tomuto tématu.

Při realizaci umělého výtěru je nutné dbát na to, aby generační ryby pocházely z jedné lokality a aby byly velikostně vyrovnané. Vlastní výtěr je podobný jako u lososovitých. Pro inkubaci jsou nejvýhodnější Kanengiterovy lahve, případně aparáty Rückel-Vacek vyložené uhelonem (100 µm). Inkubační doba trvá 90-190 °D po 70-80 °D se objevují oční body. Po vykulení leží larvy na boku. Běžné ztráty se pohybují při inkubaci na úrovni 10-15 %, dále pak v období naplňování plynového měchýře kolem 4-5%.

Pro počáteční odchov jsou nejvýhodnější malé žlaby, kam se nasazují larvy tak, aby se počáteční hustota obsádky pohybovala od 50 do 100 ks/l. Zpočátku odchovu je optimální teplota vody 6-10 °C a později se upravuje na 10-14 °C. Koncentrace kyslíku ve vodě by se měla pohybovat kolem 8-10 mg/l. Rozkrmování larev se zahajuje 2.-3. den po naplnění plynového měchýře, nejlépe přirozenou potravou (do 50 µm, trepky, vířníci – *Asplanchna*, či nejjemnější artémie), případně rozetřený vaječný žloutek a startérová krmiva, velikost plůdku 3,8-4,0 (velikost tlamy se v tomto období pohybuje kolem 0,1 mm). Od 4-5 dne lze postupně zkrmovat naupliová stádia buchanek či artémie (do 70 µm), velikost plůdku se v tuto dobu pohybuje od 3,9 do 4,9 mm (velikost tlamy až 0,4 mm). Ve věku 10-12 dnů přijímá potravu o velikosti 100-200 µm, což velikostně odpovídá menším stádiím buchanek, artémii či drobnějším perloočkám. V tomto období lze již zkrmovat kompletní krmné směsi. Plůdek má v tomto období velikost 5,7-6,6 (velikost tlamy je 0,6 mm). Kontinuální světelný režim je důležitý během prvních týdnů exogenního příjmu potravy. Má pozitivní vliv na přežití a růst, neboť larvy mníka jsou vizuální lovci a za dobrých světelných podmínek mají větší příležitost vidět a ulovit kořist (Harzevilli et al, 2004,. Wocher et al, 2010). Do velikosti zhruba 4 cm vykazují mníci pozitivní fototaxi. Hodnoty přežití po převodu larev na suché krmivo se pohybují od 9 do 31 % v období 56 dní po vylíhnutí.

Pro dospělé mníky je optimální teplota pro růst kolem 14 °C a stejná teplota je i pro maximální příjem krmiva (Hofmann a Fischer, 2003). Vyšší teploty mají pozitivní vliv na růst, ale negativní účinky na trávení a postprandiální zvýšení spotřeby kyslíku. Bylo pozorováno, že dospělci přijímají potravu ještě při teplotě 23,4 °C.

4. Jeseteři

Jeseteři, především j. sibiřský (*Acipenser baeri*) aj. ruský (*A. gueldenstaedti*) jsou v řízených podmínkách chováni více než sto let. První zmínky o úspěšné reprodukci jeseterů pocházejí z let okolo roku 1930 ze Sovětského svazu (Doroshov,

1985). Díky zvýšenému zájmu o chrupavčité ryby v posledních letech, ale také díky neustálému rozšiřování znalostí a propracovanosti metod chovu včetně krmných směsí a odchovných zařízení a hlavně díky zvládnutí řízené reprodukce v intenzivních podmínkách chovů již není výrazným problémem zajistit řízenou reprodukcí dostatečné množství násadového materiálu (Hung, 1991, Gela a kol., 2008, Hochleithner, 2004).

Provozní otestování možnosti chovu jeseterů v nově vzniklých systémech „dánského" typu v našich chovatelských podmínkách prozatím nebylo provedeno. Z dosavadních zahraničních zkušeností je patrné, že intenzivní kombinovaný chov ryb lososovitých i jeseterovitých (duokultura) v jednom systému je možný a navíc z produkčního a ekonomického hlediska výhodný, neboť obě skupiny ryb mají v intenzivních chovech obdobné nároky na fyzikálněchemické vlastnosti vody. Jeseteři tedy mohou v prostředí stávajících recirkulačních systémů fungovat jako doplňková ryba ve společný (duokulturních obsádkách se salmonidy). Díky jejich přítomnosti dochází k zlepšení využití aplikovaného krmiva, hlavně krmiva opomenutého obsádkou hlavních ryb. Na několika dalších místech recirkulačního systému, jako je hlavní odtokový a přítokový kanál, mohou jeseteři fungovat v roli tzv. čističů, kdy napomáhají likvidaci nárostů a využívají zbytkové krmivo.

Jeseteři jsou samozřejmě často chováni na farmách pracujících na recirkulační bázi jako hlavní ryba s cílem produkce kvalitního masa i kaviáru.

5. Okounovití

U okounovitých ryb jsou již rozpracovány postupy jejich produkce v klasických recirkulačních systémech (Ljunndgren 2003). Technologie „dánského typu" se však vyznačuje odlišnými fyzikálně-chemickými poměry v porovnání s rybničními, klecovými i klasickými recirkulačními systémy, především kolísáním teploty v závislosti na počasí a ročním období a vyšším obsahem některých plynů (CO2 a N2), což se může projevit na rychlosti růstu, welfare, či ostatních produkčních ukazatelích chovu těchto ryb.

5.1. Candát obecný (*Sander lucioperca*)

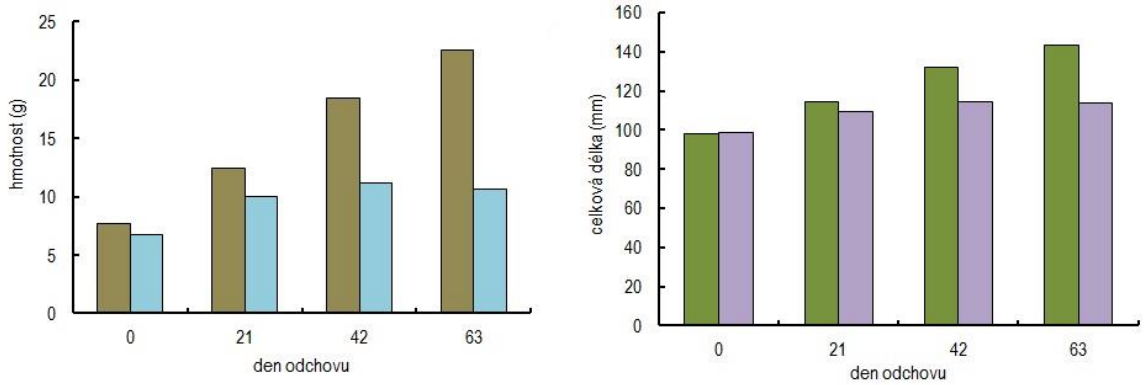
Candát obecný *(Sander lucioperca L.)* patří mezi významné druhy sladkovodních ryb, které se začínají uplatňovat ve sladkovodní intenzivní akvakultuře. Jeho chov v rybničních podmínkách je provozován v celé Evropě po desetiletí, zatímco produkce candáta v RAS je relativně novým odvětvím (Steenfeldt a Lund, 2008; Steenfeldt et al, 2010).

Recirkulační systémy stavěné pro chov candáta obvykle zahrnují automatické mechanické bubnové, nebo diskové filtry (40-80 ųm velikost ok) a ponořená či zkrápěné biologické filtry. Ponořené filtry jsou budovány jak s pevným tak pohyblivým ložem. Specifický měrný povrch média se obvykle pohybuje od 150 do 750 $m^2.m^{-3}$. V některých případech jsou instalovány denitrifikační věže (donátorem uhlíku je obvykle methylalkohol) pro snížení potřeby dopouštěné vody. Chovné nádrže jsou

pravoúhlé nebo kruhové (většinou plastové, nebo betonové opatřené nátěrem) pro všechny velikostní kategorie ryb. Zpravidla jsou tyto farmy koncipovány jako zastřešené a většinou používají prvky klasických RAS. Candát se především při chovu větších ryb (100g a více) projevuje jako ryba poměrně plachá a snadno stresovatelná, a proto by nádrže pro chov větších hmotnostních kategorií měly být spíše větší (průměr 3-8 m) a hlubší (≥ 1,5 m). Rovněž je třeba se vyhnout jakýmkoliv technologickým prvkům s ostrými hranami nebo překážkám uvnitř nádrže, o které by se mohly ryby poranit během akutního stresového chování. Automatická krmítka jsou používána, protože zajištují nejlepší příjem krmiva v rámci RAS. Na některých farmách považují za výhodné používat plovoucí pelety pro zajištění jednotnější distribuce krmiva a zlepšení kontroly příjmu krmiva. Plovoucí krmivo umožnuje optimalizovat spotřebu krmiva a vyhnout nevyváženému překrmování ryb (Steenfeldt et al., 2010). Candáty je výhodné na příjem plovoucích pelet adaptovat již v mladším věku (velikost ryb <5 g), protože v pozdějších fázích si navykají velmi neochotně. Z hlediska konceptu farem pro intenzivní chov candáta se jako výhodnější jeví uspořádání do více menších samostatných RAS než jeden velký RAS pro všechny kategorie ryb. Menší samostatné jednotky jsou výhodné z hlediska optimalizace denních postupů, čištění, dezinfekce, údržby a provozu biofiltrů. Díky několika samostatným systémům je možný oddělený chov candátů z různých velikostních kohort. Pokud jde o systém třídění, tak mladší ryby (od 1g) by měli být tříděny při každém zdvojnásobení hmotnosti v rámci obsádky (pro zajištění jednotného růstu a redukci projevů kanibalismu) a ryby nad 100g se zpravidla třídí již jen 3x do dosažení tržní hmotnosti (1000g).

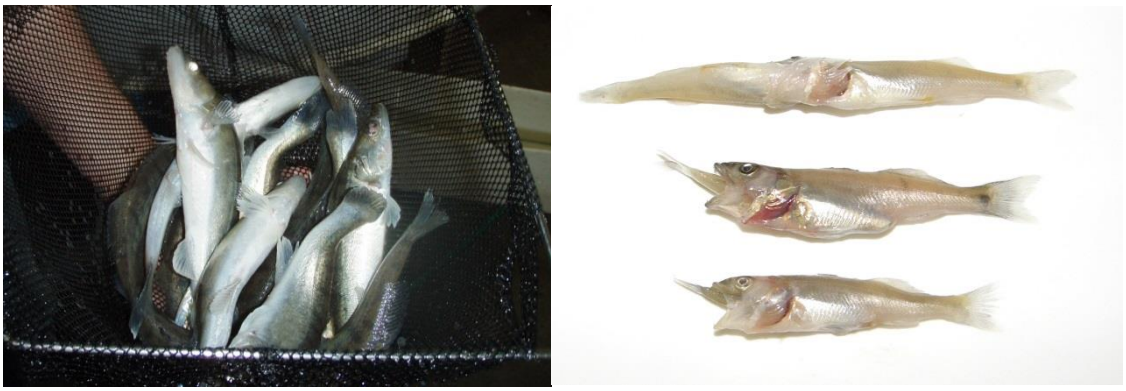
Optimálního růstu a využití krmiva je dosahováno při intenzivním chovu v teplotách od 22 do 27 °C, což technologicky zvýhodňuje zastřešené RAS od otevřených venkovních zařízení „dánského typu“, kde candát obvykle roste pomaleji (Obr. 3.). Wang a kol. (2009) popisuje nejlepší růstové výsledky u juvenilních candátů chovaných při teplotě 28 °C. Lepší růst ve vyšších teplotách potvrzuje i Ronyai a kol. (2008), který dosáhl lepších výsledků při 25 °C oproti 20 °C. Z provozních výsledků je známo, že v optimálních podmínkách recirkulačních systémů je schopen candát dosáhnout tržní hmotnosti 1000g v průměru za 460 dní (osobní sdělení Stejskal a kol.)

Optimální a provozně ověřené a používané hodnoty intenzity osvitu nádrží během chovu násad do kategorie tržních ryb jsou pod 10 lux (Luchiari et al., 2006). Při prudkých změnách intenzity světla může docházet ke stresu a následně ztrátám ryb. Rovněž byl prokázán pozitivní vliv světla s delší vlnovou délkou na růst a využití krmiva u juvenilních candátů. V této souvislosti se osvědčilo použití červeného a zeleného spektra (Luchiari a kol., 2009). Juvenilní candáti o hmotnosti 10-50 g by měli být chováni v hustotě obsádky 15-30 $kg.m^{-3}$ (Steenfeldt et al., 2010). Větší ryby o hmotnostech 50-2000 g mohou být chovány při vyšších hustotách dosahujících 30-60 $kg.m^{-3}$ bez zjevného zvýšení stresové zátěže, potlačení růstu, nebo zvýšení koeficientu konverze živin (Steenfeldt et al., 2010).



Obr. 3. Hmotnostní a délkový růst juvenilních candátů při jejich chovu v experimentálním RAS při teplotě 23 °C (hnědý a zelený sloupec) v porovnání se skupinami ryb chovanými v RAS „dánského“ typu firmy Pstruhařství Mlýny.

Candát se jeví jako druh poměrně tolerantní k nízkým koncentracím kyslíku, protože snáší i koncentrace kyslíku ve vodě v rozmezí 50 – 60 % nasycení. Nižší obsah kyslíku se však projevuje sníženou intenzitou příjmu krmiva a retardací růstu. Naopak aplikace kapalného kyslíku a zvýšení nasycení až na hladinu 140 – 150 % se odrazí ve zvýšeném příjmu krmiva a rychlejším růstu (Stejskal a kol., 2012). V provozních podmínkách je doporučováno nastavit oxigenaci tak, aby nasycení vody na odtoku z nádrží bylo minimálně 60%, což je důležité i pro optimální funkci biofiltru. Žádné negativní vlivy (retardace růstu či snížení příjmu krmiva) nebyly pozorovány při koncentraci CO_2 10-20 mg.l^{-1} a pH v rozmezí 6,5-7,5. Pokud jde o formy dusíku, tak celkový amoniakální dusík by neměl přesáhnout 10 mg.l^{-1}, dusitany 1,5 mg.l^{-1} a dusičnany 56 mg.l^{-1}. Zmíněné parametry však vycházejí z provozních údajů farem a některé z nich je potřeba zpřesnit a exaktně otestovat. Neznámou stále zůstávají účinky subletálních koncentrací na příjem krmiva

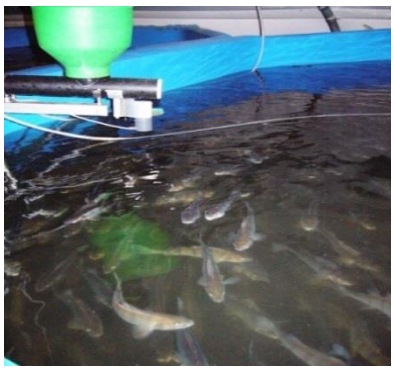


Obr. 4. Násada candátů produkovaná v experimentálním RAS při teplotě 23 °C a výskyt kanibalujících jedinců.

5.2. Okoun říční (*Perca fluviatilis*)

Především tržní atraktivita a vysoká produkční hodnota vedly k tomu, že okoun říční se již v minulé dekádě stal objektem zájmu řady výzkumných pracovníků i producentů ryb a byly započaty kroky směřující k zavedení tohoto druhu do intenzivních akvakultur (recirkulačních systémů) (Fontaine a kol., 2004). Technologie intenzivního chovu okouna říčního byla v počátcích inspirována chovy okouna žlutého (*Perca flavescens* Mitchill) v severní Americe, kde je produkováno kolem 500 tun okouna žlutého na farmách v blízkosti Velkých jezer. Vedle plně kontrolovaného chovu okouna v RAS (od larev až po tržní ryby) je, zejména ve střední Evropě (Německo, Rakousko a Česká republika) s úspěchem využíván kombinovaný chov okouna v rybniční akvakultuře (raná stádia) a následný dochov RAS (juvenilní a tržní ryby).

Stávající technologická řešení recirkulačních systémů umožňují chovat ryby v optimálních podmínkách pro zajištění maximálního růstu. Při dodržení podmínek zahrnujících teplotu 23 °C, optimální chemismus vody a vyvážené kompletní krmné směsi lze zkrátit růstový interval pro dosažení tržní hmotnosti 100 g na 12 až 14 měsíců. Nicméně, především investiční náročnost ruku v ruce s nedostatkem informací a zkušeností s tímto způsobem chovu ryb u nás brání širšímu užití recirkulačních systémů pro produkci nejen okouna, ale i jiných hodnotných druhů ryb. Nicméně tento systém chovu je produkčně efektivní a rentabilní pouze při použití vysokých hustot obsádek odchovávaných ryb, s čímž jsou spojené velmi vysoké nároky na udržení kvality vody popřípadě její úpravu (Mélard a kol., 1996). Snížená kvalita vody může totiž výrazně redukovat rychlost růstu a způsobovat stres, který zvyšuje vnímavost ryb k onemocněním. V současnosti existuje mnoho technologických variant RAS, které se mohou účinností čištění vody výrazně lišit (Kouřil a kol., 2008) a ryby tak mohou být chovány v prostředí s různou kvalitou vody.



Obr. 5. Při krmení okounů jsou používána automatická krmítky v kombinaci s ručním dokrmováním (Clune Fisheries, Irsko). Pohled na odchované ryby tržní velikosti. Hustota obsádky může dosahovat i více než 60 kg/m^3.

Základními zootechnickými aspekty intenzivního chovu juvenilních a tržních okounů jako jsou optimální teplota kolem 23°C, krmné dávky dle stanovených propočtů Fiogbé a Kestemont, 2003), hustota obsádky až hustota až 60 kg.m^{-3}

(Mélard a kol., 1996). Při dodržení těchto předpokladů je zaručena vysoká úroveň přežití a redukovaná míra kanibalismu odchovávaných ryb (Baras a kol., 2003; Mélard a kol., 1996; Stejskal a kol., 2007). Nezbytností je časté třídění především při odchovu juvenilních ryb.

6. Poděkování

Práce byla podpořena NAZV projektem (QJ1210013), projektem CENAKVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024). Výsledky byly získány za finanční podpory MŠMT ČR v rámci programu NPU I (projektu LO1205).

7. Použitá literatura

Baras, E., Kestemont, P., Mélard, C. 2003. Effect of stocking density on the dynamics of cannibalism in sibling larvae of *Perca fluviatilis* under controlled conditions. Aquaculture 219, 241-255.

Berg, L.S., 1962. Freshwater fishes of the U.S.S.R. and adjacent countries. volume 1, 4th edition. Israel Program for Scientific Translations Ltd, Jerusalem.

Fiogbé, E. D., Kestemont, P., 2003. Optimum daily ratio for Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. reared at its optimum growing temperature. Aquaculture 216, 234-252.

Fontaine, P., Mélard, C., Kestemont, P., 2004: The intensive culture of the Eurasian perch and pikeperch. In: Land Fisheries, Budapest (Maďarsko), PROFET Workshop, CD-ROM: 31 p

Gela,D., Rodina,M., Linhart, O., 2008. Řízená reprodukce jeseterů (Acipenser). *Edice metodik VÚRH JU*, Vodňany, 78, 1-24.

Harzevilli A.S., De Charleroy D., Auwerx J., Vught I., Van Slycken J. , Dhert P. and Sorgeloos P. 2003. Larvae rearing of burbot (*Lota lota*) using *Brachionus calyciflorus* rotifer as starter food. Journal of Applied Ichthyology 19, 84-87.

Harzevilli A.S., Dooremont I., Vught I., Auwerx J., Quataert P. and De Charleroy D. 2004. First feeding of burbot, *Lota lota* (Gadidae, Teleostei) larvae under different temperature and light conditions. Aquaculture Research, 35, 49-55.

Heinimaa, P., Koskela, J., Koskinen, H., Vehviläinen, H., Määttä, V. 2011. Aquaculture of coregonids in Finland. 11th International Symposium on the Biology and Management of Coregonid fishes. 26-30 September 2011, Austria, Mondsee. s. 32.

Hofmann N., Fischer P. 2003. Impact of temperature on food intake and growth in juvenile burbot. Journal of Fish Biology 63, 1295-1305.

Hochleithner, M. 2004. Störe – Biologie und Aquakultur. AquaTech Publications, p. 9-222

Hochmann, L. 1987. Chov síhů. Edice metodik. Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický Vodňany. 16 s.

Hung, S.S.O. 1991. Nutrition and feeding of hatchery-produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*): an overview. *In*: P. Williot (ed.) *Acipenser*. Cemagref.

Kortan, J., Adámek, Z. 2010. Determinace poranění ryb kormoránem velkým a ostatními rybožravými predátory. Edice metodik. Fakulta rybářství a ochrany vod. 26 s.

Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V. 2008. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. Edice Metodik (technologická řada) č. 87, VÚRH JU Vodňany, 40 p.

Kouřil, J., Mareš, J., Pokorný, J., Adámek, Z., Randák T., Kolářová, J., Palíková, M., 2008. Chov lososovitých druhů ryb, lipana a síhů. Vyd. 1. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, 2008, 141 s. ISBN 978-80-85887-80-8.

Król, J., Demska-Zakes, K., Hliwa, P., Korzeniowska, P., 2003. The infuluence of temperature on the sex differentiation process in peled (*Coregonus peled* Gmel.**).** Archives of Polish Fisheries 11, 23-31.

Luchiari AC Freire FAD Koskela J Pirhonen J 2006 Light intensity preference of juvenile pikeperch Sander lucioperca (L.) Aquaculture Research 37 1572-1577

Mamcarz, A., Szcerbowski, J.A., 1984. Rearing of coregonig fishes (Coregonidae) in iluminated lake cages 1. Growth and survival of Coregonus lavaretus and Coregonus peled (Gmel). Aquaculture 40, 135-145

Mélard, C., Kestemont, P.,Grignard, J.C., 1996. Intensive culture of juvenile and adult Eurasian perch (Perca fluviatilis): Effect of major biotic and abiotic factors on growth. Journal of Applied Ichthyology 12, 175-180.

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

Steenfeldt, S., Vestergaard, M., Overton, J.L., Lund, I., Paulsen, H., Larsen, V.J., Henriksen, N.H., 2010. Videreudvikling af intensivt opdrćt af sandart i Danmark (Further development of intensive pike perch rearing in Denmark). DTU Aqua Research Report No. 228-2010, Technical University of Denmark, Denmark (in Danish).

Steenfeldt, S.J., Lund, I., 2008. Udvikling af produktionsmetoder til intensivt opdrćt af sandartyngel (Development of methods of production for intensive rearing of pike perch juveniles). DTU Aqua Research Report No. 199-08, Technical University of Denmark, Denmark (in Danish).

Stejskal, V., Matoušek, J., Drozd, B., Blaha, M., Policar, T., Kouřil, J., 2012. The effect of long-term hyperoxia and hypoxia on growth in pikeperch (*Sander lucioperca*). In: WAS and EAS (eds.): AQUA 2012. Prague (Czech Republic), September 1 – 5, 2012, s. 1058.

Stejskal, V., Policar, T., Turek, J., Kouřil, J., 2007. Adaptabilita plůdku okouna říčního (*Perca fluviatilis* L.) z rybničních podmínek na prostředí intenzivního chovu. In: Švátora, M. (ed.): Sborník příspěvků z X. České ichtyologické konference, Praha, p. 116 – 122

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

Watson L., 2008. The European market for perch (*Perca fluviatilis*). In: P. Fontaine, P. Kestemont, F. Teletchea and N. Wang (editors): Percid Fish Culture From Research to Production 23 – 24 January 2008 at Namur, Belgium, Universitaires de Namur, pp. 9 – 14

Wocher H., Harsányi A., Aschenbrenner P. 2010. Zur Aquakultur der Rutte (*Lota lota* L.) – I. Reproduktion und Larvanaufzucht. Fischer und Teichwirt 5, 167-172.

Wunderlich, K., Szczepkowska, B., Szczepkowksi, M., Kozlowski, M., Piotrowska, I. 2011. Imapct of daily feed rations for juvenile common whitefish *Coregonus lavaretus* (L.), on rearing indicatiors and oxygen requirements. Archives of Polish Fisheries 19, 23–30.

Wynne-Edwards, V.C., 1952. Fishes of the Arctic and subarctic. p. 5-24. In freshwater vertebrates of the Arctic and subarctic. Fish. Res. Bd. Canada Bull. 94: 28 p.

Wziątek, B., Kozłowski, J., Teodorowicz, M., Kurenda P., 2009. Effects of producing stocking material of vendace (*Coregonus albula* (L.), using spawners reared in captivity – initial studies. Archives of Polish Fisheries 17, 99-102.

Ing. Vlastimil Stejskal, Ph.D., Ing. Jan Matoušek, prof. Ing. Jan Kouřil, Ph.D.
stejskal@frov.jcu.cz, matouj03@frov.jcu.cz, kouril@vurh.jcu.cz
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz,
Ústav akvakultury, Husova tř. 458/102, 370 05 České Budějovice

Název publikace: „Zkušenosti s chovem ryb v recirkulačním systému dánského typu“ - sborník příspěvků

Editoři: Doc. Dr. Ing. Jan Mareš
Ing. Štěpán Lang

Za jazykovou a odbornou úroveň příspěvků zodpovídají jednotliví autoři.

Počet stran: 96
Počet výtisků: 120

Vydavatel: Mendelova univerzita v Brně,
Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství
rybarstvi.eu
Zemědělská 1, 613 00 Brno

Sborník byl vydán za finanční podpory projektů NAZV QI91C001 „Optimalizace podmínek intenzivního chovu lososovitých ryb v podmínkách České republiky s využitím dánské technologie se zaměřením na kvalitu produkovaných ryb“ a QJ1210013 „Technologie chovu sladkovodních ryb s využitím recirkulačních systémů dánského typu se zaměřením na metody efektivního řízení prostředí a veterinární péče