

OSNOVA TECHNICKÉ ZPRÁVY PILOTNÍHO PROJEKTU¹

Příjemce dotace:

Jméno a příjmení: Josef Bláhovec
Trvalého bydliště: Žár 25, 38486 Vacov
IČ: 67172695

Registrační číslo pilotního projektu: CZ.1.25/3.4.00/09.00532

Název pilotního projektu: Ověření technologie dánského recirkulačního systému pro intenzivní chov pstruha duhového.

Jméno a příjmení osoby, která je oprávněna příjemce dotace zastupovat:
Josef Bláhovec

Vědecký subjekt:

Název nebo obchodní jméno: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod

Adresa sídla: Zátiší 728/II, 38925 Vodňany
IČ: 60076658

Místo a datum zpracování technické zprávy: Vodňany, 5.9.2010

Jméno a příjmení osoby, která je oprávněna vědecký subjekt zastupovat:
doc. Ing. Jan Kouřil, Ph.D.

Technický subjekt (je-li partnerem projektu):

Název nebo obchodní jméno (PO) / jméno a příjmení (FO)

Adresa sídla (PO) / trvalého bydliště (FO)

IČ

Místo a datum zpracování technické zprávy

Jméno a příjmení osoby, která je oprávněna technický subjekt zastupovat

Zpracovatel technické zprávy pilotního projektu:

Název nebo obchodní jméno: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod

Adresa sídla: Zátiší 728/II, 38925 Vodňany
IČ: 60076658

Místo a datum zpracování technické zprávy: Vodňany, 5.9.2010

Jméno a příjmení osoby, která je oprávněna vědecký subjekt zastupovat:
doc. Ing. Jan Kouřil, Ph.D.

¹ Technická zpráva bude hodnocena podle kapitoly 8 Specifické části těchto Pravidel. Technická zpráva musí obsahovat všechny údaje potřebné k zodpovězení otázek uvedených v kapitole 8.

Souhlas s publikací technické zprávy:

Souhlasím se zveřejněním této technické zprávy pilotního projektu v rámci opatření 3.4. Pilotní projekty z Operačního programu Rybářství 2007 – 2013 na internetových stránkách Ministerstva zemědělství a s využíváním výsledků této technické zprávy všemi subjekty z odvětví rybářství.

Podpis osoby oprávněné zastupovat:

1. Příjemce dotace: Josef Bláhovec

2. Partnera projektu:
 - a) vědecký subjekt: doc. Ing. Jan Kouřil, Ph.D.
 - b) technický subjekt

3. Zpracovatele technické zprávy: doc. Ing. Jan Kouřil, Ph.D.

Osoba oprávněná podepisuje technickou zprávu pilotního projektu osobně na regionálním odboru SZIF, nebo je podpis úředně ověřen.

TECHNICKÁ ZPRÁVA PILOTNÍHO PROJEKTU

Registrační číslo pilotního projektu: CZ.1.25/3.4.00/09.00532

Název pilotního projektu: Ověření technologie dánského recirkulačního systému pro intenzivní chov pstruha duhového.

Cíl:

Popište:

1) co je cílem pilotního projektu.

Předkládaný projekt měl zhodnotit přínos v České Republice nové technologie chovu lososovitých ryb v recirkulační systému dánského typu a tím potvrdit její funkčnost a využitelnost v našich zeměpisných podmínkách. Výsledky by měli přispět ke zhodnocení získaných vědeckých poznatků v souvislosti s inovačními technologiemi v akvakultuře konkrétně k rozvoji moderních intenzivních metod chovu ryb a ukázat novou cestu vývoje pro zvýšení konkurenceschopnosti českého rybářství v Evropě. Mezi dílčí cíle můžeme zahrnout: ověření vhodnosti odchovných podmínek, funkčnosti biofiltru, přírůstků a krmného koeficientu v odchovném zařízení.

Teprve po zhodnocení daných parametrů bude mít české rybářství v ruce seznam předností, které mohou vést k dalšímu rozvoji efektivnějších metod chovu s využitím recirkulačních systémů. Výsledky budou přínosem nejen pro české pstruhařství, ale i pro rybáře zabývající se chovem jiných druhů ryb, pro které je tento systém rovněž použitelný (okoun, candát, jeseter, tilapia aj.). Chov pstruha duhového se zároveň takto může vymanit z vlivu limitovaných přírodních zdrojů a rozvinout se i v místech dříve nemyslitelných pro tento účel.

2) v čem tkví inovativnost testované technologie,

V současné době (k datu vypracování této zprávy) jsou v rámci ČR v provozu pouze dva recirkulační systémy dánského typu a jejich efektivita a technologické postupy v rámci ČR nebyly do dnešního dne známy, zhodnoceny a popsány. Rybářské podniky používající k chovu lososovitých ryb tradiční průtočné systémy proto nemají jistotu zda tato nové technologie je funkční a zároveň výhodná.

3) proč je nutná inovace, která je předmětem testování.

Doposud se v ČR k chovu lososovitých ryb používají klasické průtočné systémy. Ty vyžadují poměrně bohatý zdroj kvalitní přítokové vody. I případné budování nových odchovných zařízení je podmíněno tímto faktorem. Kvalitních zdrojů vody pro průtočné systémy (např. pramenitá voda s odpovídající teplotou, povrchová voda prostá nemocí) je u nás nedostatek. Z důvodu nedostatku vhodných vodních zdrojů, velkého výskytu nemocí lososovitých ryb, potřeby optimalizace pracovních nákladů, intenzifikace a budování nových farem pro uspokojení poptávky po kvalitním rybím mase byla v Dánsku propracována technologie odchovu, která by měla řešit výše zmíněné otázky. Proto zavedení inovativních recirkulačních systémů s minimální spotřebou vody (drenážní, z vrtů aj.) může přispět k rozvoji českého rybářství, zvýšení jeho produkce a efektivity. Tato inovace je nutná ve smyslu zvyšování konkurenceschopnosti českého rybářství, efektivnosti využití přírodních zdrojů při tvorbě kvalitních produktů a rozvoji rybářství jako celku.

Úvod:

Produkčního rybníkářství v ČR patří mezi stabilní oblasti, a to jak po stránce produkce, tak z hlediska fungování tržních mechanismů (Národní strategický program pro oblast rybníkářství na období 2007-2013). Bohužel je v tomto odvětví až příliš zakořeněn tradicionalismus a proto místo investic pro rozvoj rybníkářství a navýšení produkce, nabídky nových produktů a zvýšení konkurenceschopnosti ČR v Evropě sází české rybníkářství na udržení tradičních chovů, zejména kapra. Rozvoj rybníkářství jako celku ve smyslu trvale udržitelného rozvoje ale předpokládá realizace výstavby nových intenzivních rybochovných objektů vhodných k chovu nedostatkových a ceněných druhů ryb (pstruh, siven, candát, okoun, úhoř...). Bohužel od začátku dotační podpory rybníkářství z prostředků EU vznikly pouze dva takové objekty v rámci celé ČR, možná i z důvodu jisté nedůvěry tuzemských producentů ryb k užití nových technologií u nás.

V Národním strategickém programu pro oblast rybníkářství na období 2007-2013 se dočteme, že: „Vedle rybníkářství existují v České republice rybí farmy s chovem lososovitých ryb (pstruh duhový a siven americký). Jejich výraznější rozšíření však chybí především dostatek kapitálu (vysoké vstupní investice i provozní náklady) a vhodné zdroje vody (množství a kvalita). Ostatní chovy v uzavřených systémech jsou využívány jen v omezené míře.“ Vzhledem k dotacím poskytovaným z Operačního programu Rybníkářství se však 1) vysoké vstupní investice stávají náhle přijatelnými, 2) a díky tomu je možné realizovat projekty recirkulačních farem zcela ignorující druhou podmínku tj. vhodné zdroje kvalitní vody (mají minimální spotřebu vody), a za 3) je možné realizovat i intenzivní chovy dravých ryb na stejném principu. Situaci nám nejlépe ukáže případ candáta či pstruha. Výstavba jediné farmy s produkcí 100 tun by se zvedla produkce těchto druhů skokově o 200% u candáta (produkce ČR v r. 2007 byla 47 tun - Situační a výhledová zpráva, Ryby, Ministerstvo zemědělství, 2008) a o 16% u pstruha duhového (produkce ČR v r. 2007 byla 623 tun - Situační a výhledová zpráva, Ryby, Ministerstvo zemědělství, 2008). Obě tyto technologie jsou ověřené a hojně využívané v evropských zemích (Philipsen, 2008; D'Orbcastel a kol., 2009; HESY Aquaculture b.v. - <http://www.hesy.com/en/>; Christian Jörgensen ApS)

Z důvodu nedostatečné informovanosti a zbytečnému skepticizmu k novým technologiím chovu ryb v recirkulačních systémech vznikl tento projekt, který by měl otevřít cestu pro budoucí rozvoj rybníkářství a poukázat na využitelnost intenzivních systémů i v našich podmínkách. Tento projekt je tedy zaměřen na u nás zatím takřka nevyužívanou dánskou technologii chovu lososovitých ryb v recirkulačním systému. Lososovité ryby jsou z hlediska spotřeby druhým nejvýznamnějším produktem rybníkářství v ČR. Domácí produkce pstruha je přesto poměrně nízká a zaujímá 3,8% z celkové produkce (Situační a výhledová zpráva, Ryby, Ministerstvo zemědělství, 2008), navíc se na trhu se dostává do silného konkurenčního tlaku způsobeného dovozem této ryby především ze třetích zemí (např. Turecko a Čína), případně z jiných členských zemí EU, kde již byly v rámci předešlých programovacích období vybudovány vhodné výrobní kapacity (Národní strategický program pro oblast rybníkářství na období 2007-2013). Pokud u nás takové kapacity nevzniknou nikdy nebudeme schopni konkurovat. Intenzivní recirkulační systémy tohoto typu jsou hojně využívány v celé Evropě a to nejen pro lososovité ryby (Rasmussen a kol., 2007; D'Orbcastel a kol., 2009), ale i pro dravé ryby (Mélard a kol., 1996; Schulz a kol., 2007), mořské ryby (Thoman a kol., 2001), koryše (Van Wyk a kol., 1999; Kouba a kol., in press), měkkýše (Sorgeloos a Pesoon, 1972), řasy a rostliny (Rakocy a kol., 2006) či planktonní organismy (Zillioux, 1969). V mnoha případech tyto systémy vyřešily problémy s vysokým výskytem nemocí ryb ve volných vodách (Colt, 1991; Mélard a kol., 1996), nedostatku odchovných kapacit k uspokojení poptávky (Colt, 1991; D'Orbcastel a kol., 2009) a hlavně nedostatku vhodných vodních zdrojů (Colt, 1991; Kouřil a kol., 2008a). Navíc jsou výhodné i z hlediska vlivu na

životní prostředí (van Rijn, 1996). Šíře využitelnosti těchto systémů a důležitost důvodů proč vůbec vznikly hovoří za vše. Pokud se má české rybářství skutečně rozvíjet dává si tento projekt ambice pomoci producentům ryb v rozhodnutí pro recirkulační systémy. Projekt nabízí zhodnocení produkce na systému tohoto typu v podmínkách ČR, základní popis manipulace se systémem, doporučení i rady jak o systém pečovat pro zachování optimálních podmínek.

Materiál a metodika:

Testovaný organismus

Pro potřeby projektu byl sledovaným organismem pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*). Na začátku testování byly testované ryby ve stáří 7 měsíců (2 nádrže po 10000 ks nádrž č.6: průměrná délka těla – DT = $164,7 \pm 14,74$ mm, průměrná hmotnost – HM = $78,3 \pm 23,47$ g; nádrž 7: DT = $162,1 \pm 76,91$ mm, HM = $76,9 \pm 20,99$ g) a 8 měsíců (3 nádrže po 15000 ks; nádrž 5: DT = $138,7 \pm 17,94$ mm, HM = $47,1 \pm 16,17$ g; nádrž 8: DT = $141,9 \pm 11,50$ mm, HM = $48,9 \pm 11,98$ g; nádrž 9: DT = $136,3 \pm 11,04$ mm, HM = $45,7 \pm 10,87$ g) a 9 měsíců (průtočný žlab s obsádkou 33000 ks; DT = $161,7 \pm 13,26$ mm, HM = $71,1 \pm 18,73$ g). Navíc byl v průběhu experimentu (22.3.2010) do systému prisazen pstruh duhový ve stáří 3 měsíců (2 nádrže po 10000ks; DT = $59,9 \pm 5,29$ mm, HM = $3,4 \pm 0,80$ g).

Odběry a analytické rozborů vzorků vody

Vzorky vody pro detailní analytický rozbor byly odebírány v pravidelných 14 denních intervalech. Celkem byla vzorkována tři odběrná místa z důvodu testování dynamiky zejména dusíkatých látek: 1) odběrné místo „před biofiltrem“ tzn. mezi odtokem z odchovných žlabů a nátokem na fluidní část biofiltru, 2) odběrné místo „za biofiltrem“ tzn. na odtoku z ponořeného biofiltru, ale před odplyněním a 3) odběrné místo „vstup k rybám“ tj. mezi vysokotlakým airliftem a nátokem do odchovných žlabů. Vzorky byly odebírány vždy ráno před započítáním krmení ryb, čištění filtru či před aplikací melioračních přípravků. Vzorkovnice byly předem vymyté a několikrát propláchnuté vzorkovanou vodou.

Samotná analýza vzorků probíhala v certifikované Chemické a mikrobiologické laboratoři (U Ovčína 53, Nový Dvůr, 39701 Písek). Sledovány byly tyto parametry: amonné ionty (NH_4^+), dusitany (NO_2^-), dusičnany (NO_3^-), biochemická spotřeba kyslíku (BSK_5), chemická spotřeba kyslíku (CHSK_{Mn}), chloridy (Cl^-), fosfor celkový (P), fosforečnany (PO_4^{3-}), nerozpuštěné látky (NL), pH a později rovněž kyselinová neutralizační kapacita ($\text{KNK}_{4,5}$).

Sledování fyzikálně chemických parametrů vody a jejich úprava

V průběhu pilotního projektu byl sledován obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě (s přesností $0,1 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ pomocí oximetru Oxi 3205 se sondou CellOx® 325, WTW GmbH, Weilheim, Německo), pH (s přesností na 0,01 pomocí pH metru pH 330i se sondou SenTix 41, WTW GmbH, Weilheim, Německo) a teplota (pomocí oximetru a teploměru s přesností na $0,1^\circ\text{C}$). Tyto parametry byly sledovány dvakrát denně: ráno před započítáním krmení ryb, čištění filtru či před aplikací melioračních přípravků a večer po ukončení všech nutných procedur.

V případě kolísání pH byl pro meliorační účely používán dolomitický vápenec. Pro snížení účinku toxických dusitanů na ryby byla denně aplikována kamenná sůl.

Sledování množství spotřebovaného krmiva

V rámci pilotního projektu bylo denně sledováno přesné množství spotřebovaného krmiva v jednotlivých sledovaných nádržích a navíc celkové množství krmiva aplikovaného

do celého rybochovného systému. Navážky krmiva se zaznamenávaly do připravených formulářů. Krmné dávky byly regulovány podle teploty vody a obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě. V celé systému bylo používáno krmivo Biomar vhodné pro produkci v recirkulačních systémech: konkrétně krmivo řady Inicio Plus a Efico Enviro 920.

Sledování biomasy v systému

V průběhu testování systému byla rovněž sledována biomasa, a to jak v jednotlivých sledovaných nádržích, tak celková biomasa v rybochovném systému. Biomasa byla aktualizována na základě množství spotřebovaného krmiva a na základě předpokládaného (krmné tabulky pro používané krmivo) nebo aktuálního krmného koeficientu zjištěného na základě pravidelného sledování přírůstků v ve sledovaných nádržích.

Sledování přežití, růstu a kondice ryb

Případné úhyny byly denně zaznamenávány do protokolů. Kondice a zdravotní stav ryb byl sledován kontrolně denně. V pravidelných měsíčních intervalech docházelo k přelovení, změření a zvážení zástupného vzorku ryb z každé sledované nádrže. U každé z ryb se kontroloval zdravotní stav: vzhled, stav žaber, ne/přítomnost ektoparazitů. Jedinou měřenou délkou byla délka těla (DT, od předního okraje tlamy po okraj ocasního násadce, s přesností na 1 mm). Ryby byly poté změřeny s přesností na 0,01 g na elektronických vahách (Kern & Sohn GmbH, Balingen, Německo).

Pro zjištění kondice ryb byl rovněž využit Fultonův koeficient vyživenosti vypočítaný podle vzorce:

$$F_K = \frac{w}{DT^3}$$

kde w = hmotnost (g) a DT = délka těla (cm) (Bolger a Connolly, 1989).

Pro zjištění schopnosti ryb využívat předkládané krmivo byl vypočten krmný koeficient (feed conversion ratio – FCR) vyjadřující množství krmiva potřebného na 1 kg přírůstků podle vzorce:

$$FCR = w_k / w_p$$

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

Zpracování výsledků a statistické vyhodnocení

Data nasbíraná v průběhu testování byla nejprve naeditována a zpracována v programu Excel pro Windows a následně statisticky analyzována v programu Statistica 9.0 (StatSoft., Inc.). Data byla nejprve podrobena testům pro testování normality dat (Kolmogorov-Smirnov test) a homoskedasticity (Levenův test). Následně byly použity t -testy; ANCOVA, ANOVA a následně Tukeyeho *post hoc* test popř. Friedmanova ANOVA nebo Kruskal-Wallisův test s následným testem mnohonásobného porovnání. Pro zjištění závislostí byly použity jednoduché lineární regresní modely. Nulová hypotéza byla zavržena při $\alpha = 0.05$. Data jsou prezentována jako průměr \pm směrodatná odchylka.

Výsledky:

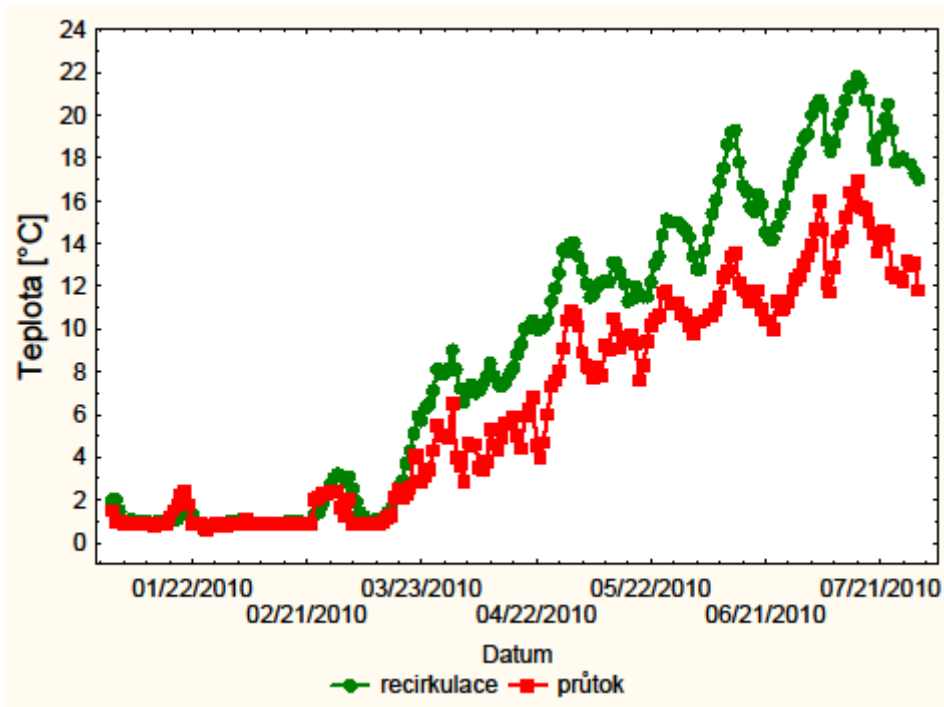
Systém hospodaření na recirkulačním systému

Recirkulační systém dánského typu pro chov pstruha duhového je založen na minimálně spotřebě vody, kterou je nutno do systému čerpat pro vyrovnání ztrát odparem a

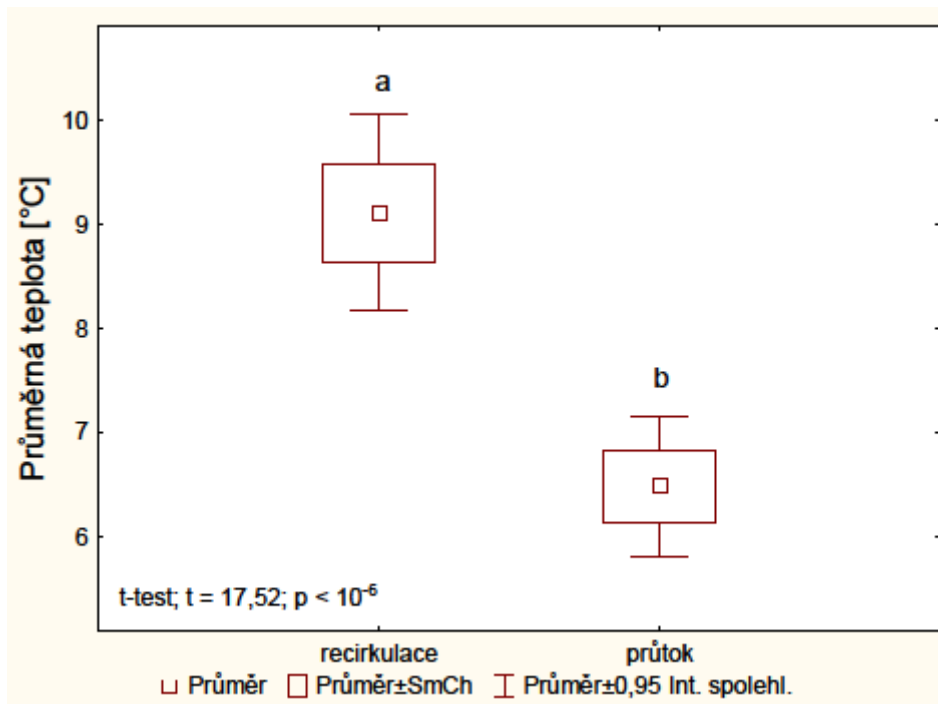
čištěním. Z tohoto důvodu je systém závislý zejména na objemu a kapacitě biofiltru a zároveň na jeho účinném čištění a odkalování jednotlivých nádrží. Pro správnou funkci biofiltru je potom nutné udržovat parametry vody pro jeho správnou funkci. Mezi tyto parametry patří: 1) pH a kyselinová neutralizační kapacita ($KNK_{4,5}$) – za optimální se považují hodnoty okolo pH 7,2 a $KNK_{4,5}$ v rozmezí 1-2 $mmol.l^{-1}$, 2) obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě – obsah O_2 v nátoku na biofiltr by neměl ani při vysoké zátěži klesat pod 7 $mg O_2.l^{-1}$, 3) stupeň zatížení – tj. – dostatečné zatížení pro nastartování biofiltru versus přetěžování biofiltru např. nadměrným množstvím zbytkového nespoteřovaného krmiva. Všechny tyto parametry lze regulovat využitím kvalitního krmiva, pravidelným čištěním odkalovacích konusů a biofiltru, pravidelnou aplikací vápence pro pufraci kolísajícího pH, kontrolou biomasy v systému, přítomnost nadměrného zákalu vody nebo ostražitou kontrolou případných nespoteřovaných zbytků krmiva a s tím spojená regulace krmení ryb. Pro tyto účely je vhodné využívat přístroje nebo reaktanty pro stanovení obsahu rozpuštěného O_2 a pH a dle těchto parametrů přizpůsobit dávkování krmiva, frekvenci čištění a aplikaci vápence. Jako prevenci pro případné nepozorované negativní změny v biofiltru při poklesu jeho aktivity je vhodné pravidelně aplikovat chlorid sodný. V přítomnosti chloridů se totiž výrazně snižuje toxicita dusitanů vznikajících ve zvýšené míře při nedokonalém procesu nitrifikace. Chlorid sodný navíc příznivě ovlivňuje zdraví ryb – větší odolnost vůči parazitům (vyšší zahlenění) a likvidace na sůl citlivých mikroorganismů.

Z výše uvedeného přehledu vyplývá že významnou roli hrají kontrola, prevence a efektivní čištění. Pro čištění potápivé části biofiltru se používá probublávání vzduchem. To zvíří usazené nečistoty a zároveň propláchne jednotlivé elementy biofiltru. Ani tento důmyslný systém však nemusí být dostatečný. Náhodné nahodilé uložení elementů náplně biofiltru totiž může vést ke tvorbě tzv. „mrtvých koutů“. Ty se postupem času navíc zvětšují jak postupně prorůstají mikroflórou. Tímto procesem se jednak zmenšuje aktivní čistící plocha (kapacita) biofiltru tj. i nosná kapacita systému a navíc zde probíhají nežádoucí anaerobní rozkladné děje. Tomuto tématu se věnuje podkapitola „*Zhodnocení funkčnosti biofiltru z hlediska efektivity čištění*“.

V rámci testování tohoto systému jsme měli jedinečnou příležitost po dobu několika měsíců srovnávat růst, konverzi krmiva a kondici ryb (viz podkapitola „*Růst, konverze krmiva a kondice ryb*“) na přímo sousedícím průtočném systému. Po celou dobu testování pak byla sledována teplota vody v těchto dvou systémech. Z grafů 1. a 2. je patrné, že recirkulační systém se mohl pochlubit vyšší teplotou vody v průběhu testování.



Graf 1.: Teplota vody v recirkulačním systému a v průtočném systému situovaném v těsné blízkosti testovaného systému.

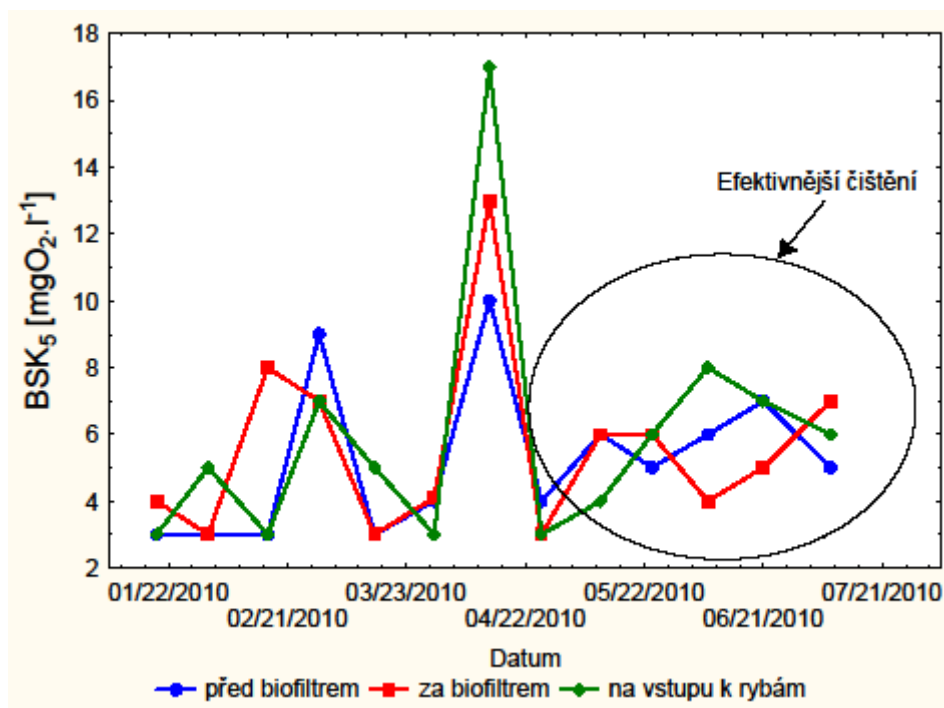


Graf 2.: Statistické porovnání teploty vody v recirkulačním systému a v průtočném systému situovaném v těsné blízkosti testovaného systému. Odlišná písmena indikují statisticky významný rozdíl na hladině $\alpha = 0,05$.

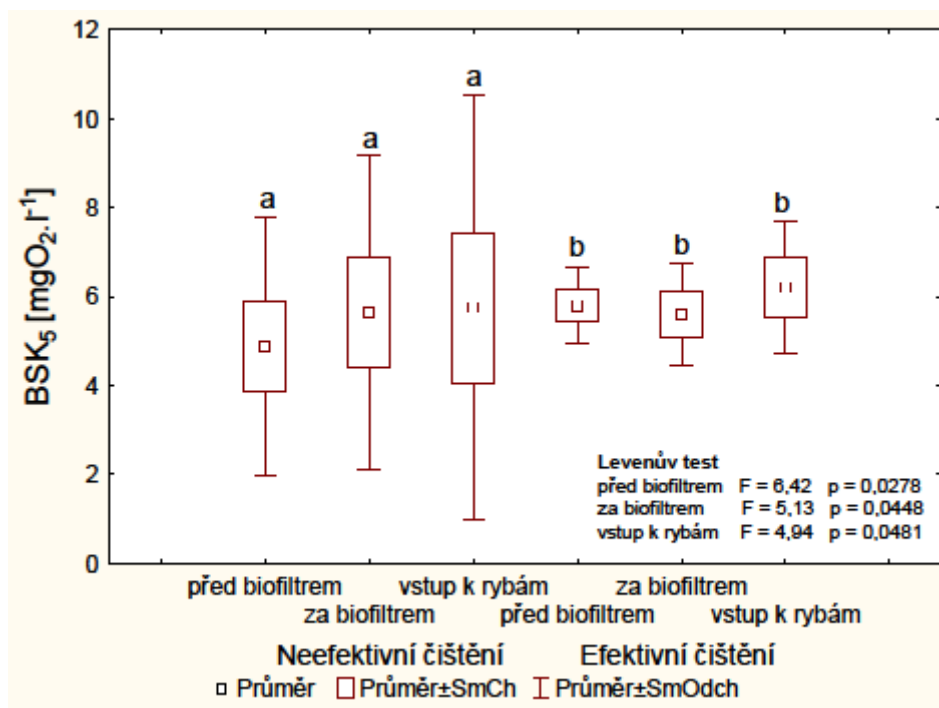
Zhodnocení funkčnosti biofiltru z hlediska efektivity čištění

Z hlediska trvale udržitelného vhodného prostředí pro produkci ryb je nutné systém čistit tak, aby základní fyzikálně-chemické parametry vody nedosahovaly a ani se nepřibližovali hodnotám, které jsou pro daný chovaný druh rizikové. Jako druhý úkol pak musíme sledovat stabilizaci těchto parametrů v systému neboť jejich přílišné kolísání není z hlediska kontinuity optimální produkce žádoucí. Během testování recirkulačního systému vyplynulo z opakovaných analytických rozborů vody, že klasické čištění tj. pouze probublávání vzduchem je dostačující jen pouze v období nižší intenzity krmění. Z hlediska vysoké variability parametrů potom můžeme označit tento způsob čištění za ne zcela vhodný až nedostačující i při nízké intenzitě. Na vině je nahodilé ukládání elementů biofiltru v prostoru a vznik tzv. „mrtvých koutů“, které jsou z hlediska odbourávání metabolitů neúčinné a navíc mohou být zdrojem toxických látek vznikajících anaerobním rozkladem (sirovodík, metan). V případě, že tyto prostory budeme ignorovat se budou tyto prostory zvětšovat a později bude náročnější je rozrušit a odstranit. Čisticí kapacita biofiltru navíc výrazně poklesne. Na druhou stranu, jak vyplývá z našich výsledků, preventivní čištění rizikových míst (rohy jednotlivých sekcí, prostory u dna biofiltru, prostory s menším probubláváním vzduchu) je efektivní a velice rychle může stabilizovat podmínky v systému. Stačí přitom kritická místa rozpohybovat buďto manuálně nebo probubláním přidavným zdrojem vzduchu.

Konkrétně si efekt efektivnějšího čištění biofiltru můžeme ilustrovat na jednotlivých sledovaných parametrech kvality vody. Z hlediska zatížení recirkulačního systému můžeme zohlednit biochemickou spotřebu kyslíku (BSK_5) a chemickou spotřebu kyslíku ($CHSK_{Mn}$). Z Grafu 3. je patrné, že při efektivnějším čištění se BSK_5 ztátně stabilizovala a dále nestoupala přestože intenzita odchovu rostla. Větší stabilitu BSK_5 nám pak potvrzuje její signifikantně nižší variabilita (Graf 4.).



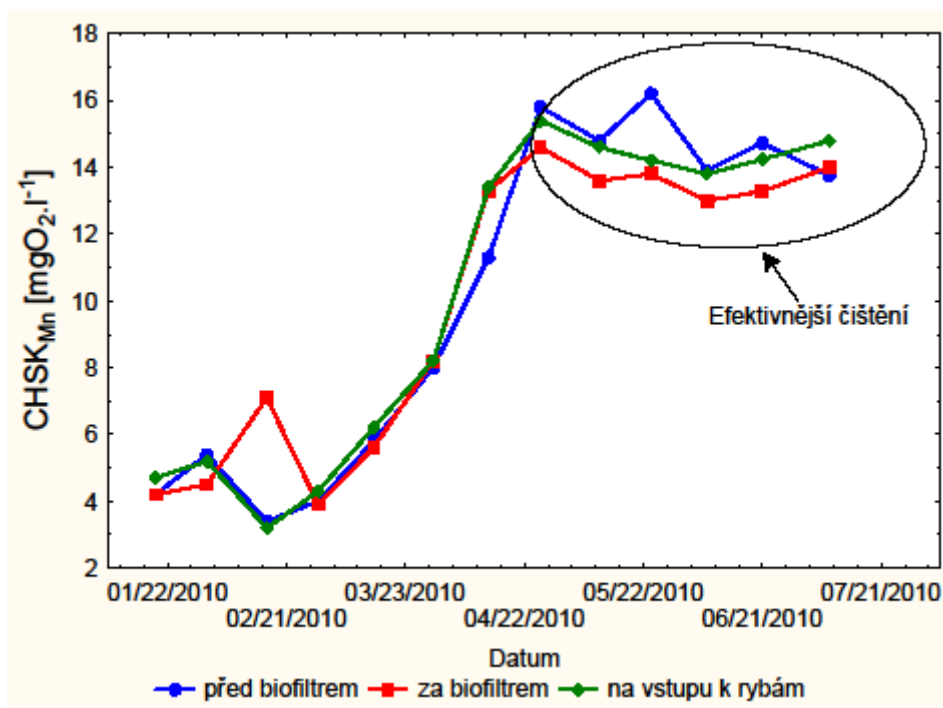
Graf 3.: Biochemická spotřeba kyslíku (BSK_5) v průběhu testování recirkulačního systému. Elipsou je vyznačeno období kdy byla aplikováno efektivnější čištění. Zobrazeny jsou hodnoty pro všechna odběrná stanoviště: před biofiltrem, za biofiltrem a na vstupu k rybám.



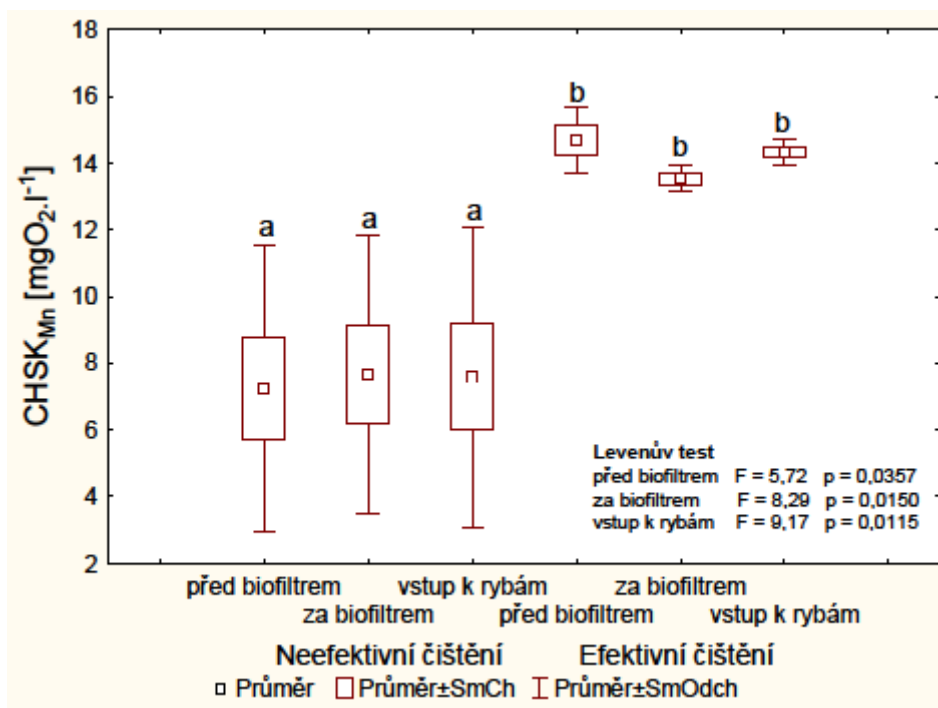
Graf 4.: Statisticky významné rozdíly v rozptylu hodnot biochemické spotřeby kyslíku (BSK_5) před a v průběhu aplikace efektivnějšího způsobu čištění biofiltru. Odlišná písmena indikují statisticky významný rozdíl na hladině $\alpha = 0,05$.

V případě $CHSK_{Mn}$ je potom tento trend snad ještě markantnější. $CHSK_{Mn}$ se neustále zvyšuje až do aplikace efektivního čištění biofiltru. Díky kontinuálnímu užití této metody už hodnoty dále nestoupají (Graf 5.) a vykazují signifikantně nižší variabilitu než tomu bylo před začátkem eliminace „mrtvých koutů“ (Graf 6.).

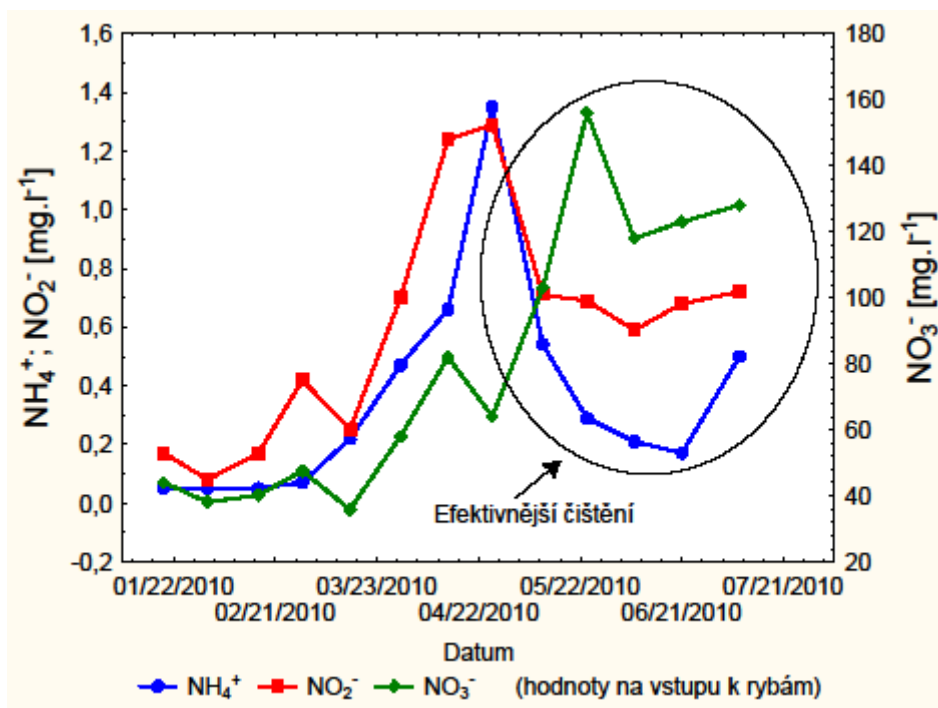
Dalším velmi důležitými parametry v recirkulačních systémech jsou různé formy dusíku. Zejména přeměna dusíku bakteriálním nárůstem na plovoucím i ponořeném biofiltru je zásadní pro správný chod systému. Podstatou tohoto procesu je přeměna amonných iontů (NH_4^+), které se v systému hromadí exkrecí amoniaku rybami, na dusičnany (NO_3^-) – nazývá se nitrifikace. Tento proces probíhá ve dvou fázích a produktem té první (nitritace) jsou pro ryby toxické dusitany (NO_2^-). Až poté během druhé fáze nitrifikace (nitratice) vznikají „neškodné“ dusičnany. Biofiltr má proto za úkol eliminovat metabolity ryb, při co možná nejnížší produkci meziprojektu nitrifikace tj. dusitanů. V případě špatně fungujícího biofiltru pravděpodobně bude stoupat obsah amonných iontů a dusitanů jež mohou při neřešení této situace vytvořit pro ryby toxické prostředí s důsledkem markantního snížení produkce popř. úhynu ryb. Těmto problémům lze předejít efektivním čištěním biofiltru o čemž jasně vypovídá Graf 8. znázorňující dynamiku všech tří důležitých forem dusíku v systému během jeho testování. Detailnější pohled na koloběh dusíku v recirkulačním systému nabízí Grafy 9. (amonné ionty), 10. (dusitany) a 11. (dusičnany), ze kterých je patrný vliv metody čištění na tento esenciální proces při současné ilustraci intenzity krmení v systému. Přes zvyšující se denní krmné dávky se díky efektivnímu způsobu čištění dařilo udržovat optimální a stabilní podmínky bez významných výkyvů u všech sledovaných forem dusíku. Jak amonné ionty tak dusitany, tedy formy, které mohou být pro systém rizikové, díky efektivnímu čištění výrazně poklesly navzdory vyšší intenzitě krmení (Graf 9. a 10.). To se samozřejmě projevilo na nárůstu finálního produktu nitrifikace – dusičnanů, které ale poté stabilizovaly v rozmezí 120 – 140 $mg.l^{-1}$ (Graf 11).



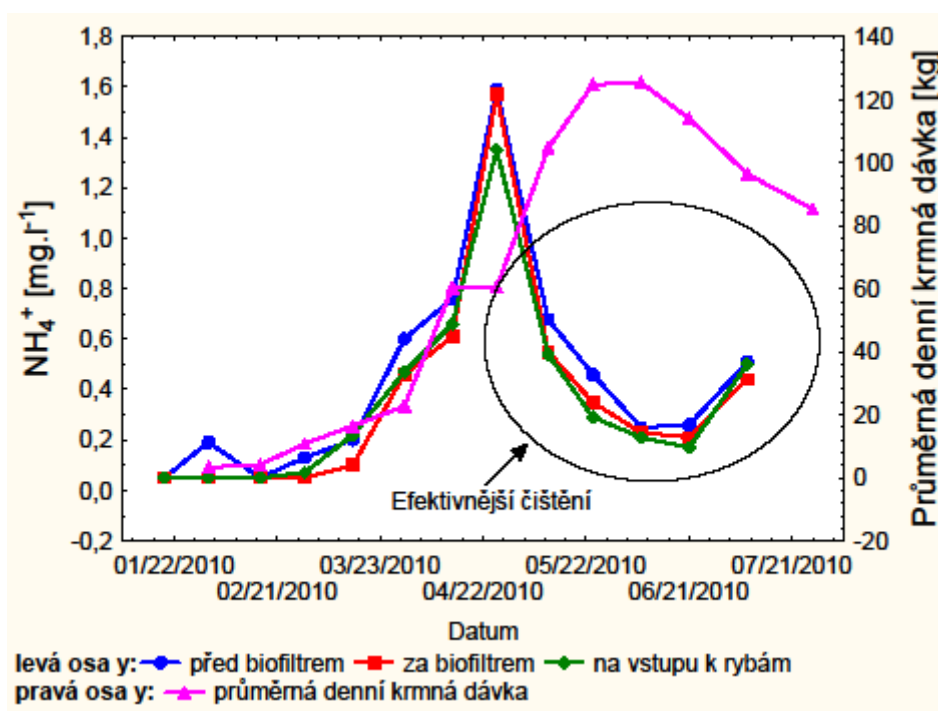
Graf 6.: Chemická spotřeba kyslíku ($CHSK_{Mn}$) v průběhu testování recirkulačního systému. Elipsou je vyznačeno období kdy byla aplikováno efektivnější čištění. Zobrazeny jsou hodnoty pro všechna odběrná stanoviště: před biofiltrem, za biofiltrem a na vstupu k rybám.



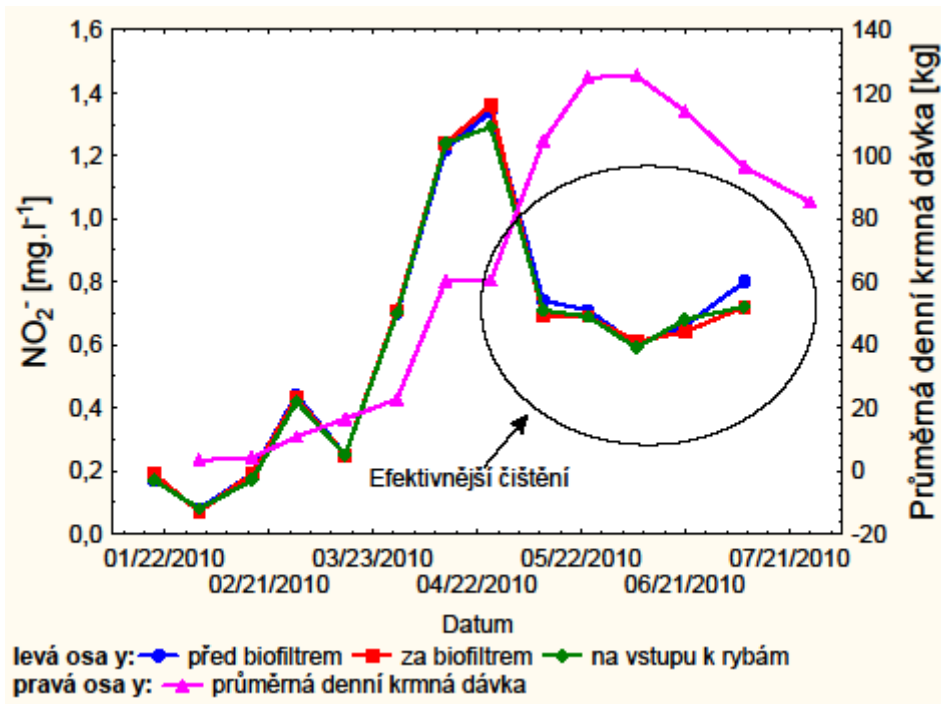
Graf 7.: Statisticky významné rozdíly v rozptýlení hodnot chemické spotřeby kyslíku ($CHSK_{Mn}$) před a v průběhu aplikace efektivnějšího způsobu čištění biofiltru. Odlišná písmena indikují statisticky významný rozdíl na hladině $\alpha = 0,05$.



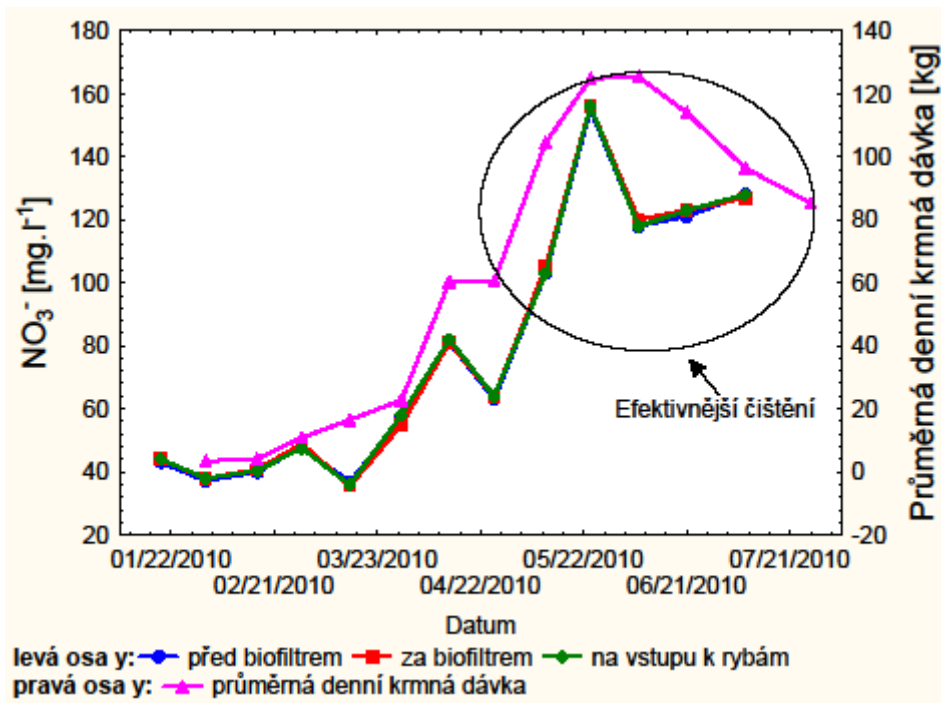
Graf 8.: Obsah amonných iontů (NH_4^+), dusitanů (NO_2^-) a dusičnanů (NO_3^-) ve vodě v průběhu testování recirkulačního systému. Elipsou je vyznačeno období kdy byla aplikováno efektivnější čištění. Zobrazeny jsou hodnoty na vstupu (přítoku) k rybám.



Graf 9.: Obsah amonných iontů (NH_4^+) a průměrná denní krmná dávka v průběhu testování recirkulačního systému. Elipsou je vyznačeno období kdy byla aplikováno efektivnější čištění. Zobrazeny jsou hodnoty pro všechna odběrná stanoviště: před biofiltrem, za biofiltrem a na vstupu k rybám.



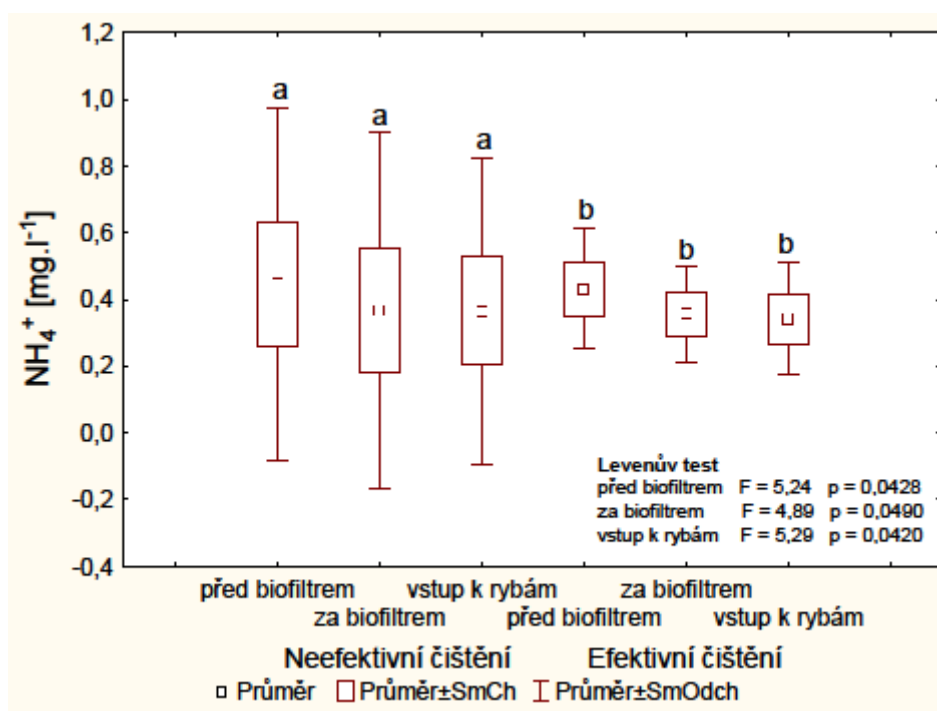
Graf 10.: Obsah dusitanů (NO_2^-) a průměrná denní krmná dávka v průběhu testování recirkulačního systému. Elipsou je vyznačeno období kdy byla aplikováno efektivnější čištění. Zobrazeny jsou hodnoty pro všechna odběrná stanoviště: před biofiltrem, za biofiltrem a na vstupu k rybám.



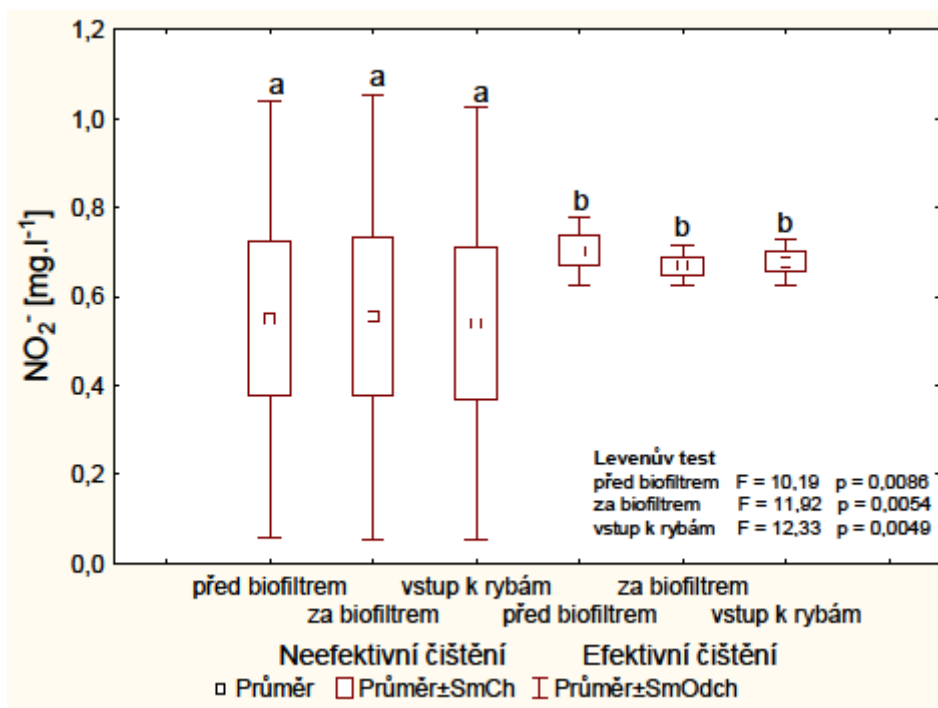
Graf 11.: Obsah dusičnanů (NO_3^-) a průměrná denní krmná dávka v průběhu testování recirkulačního systému. Elipsou je vyznačeno období kdy byla aplikováno efektivnější čištění. Zobrazeny jsou hodnoty pro všechna odběrná stanoviště: před biofiltrem, za biofiltrem a na vstupu k rybám.

Při statistickém porovnání obsahu NH_4^+ , NO_2^- a NO_3^- ve vodě před a po aplikaci efektivnějšího způsobu čištění byla zjištěna signifikantně nižší rozptyl hodnot NH_4^+ (Graf 12.) a NO_2^- (Graf 13.) po aplikaci nového postupu. Přestože hodnoty obsahu NO_3^- ve vodě vzrostly, jejich variabilita se nezměnila (Graf 14). Z těchto výsledků lze usoudit na správnou funkci biofiltru. Přestože intenzita krmení v průběhu testování stoupala, obsah amonných iontů a dusitanů nestoupal a byl vysoce stabilní. V systému tak přibylo pouze „neškodného“ finálního produktu nitrifikace – dusičnanů.

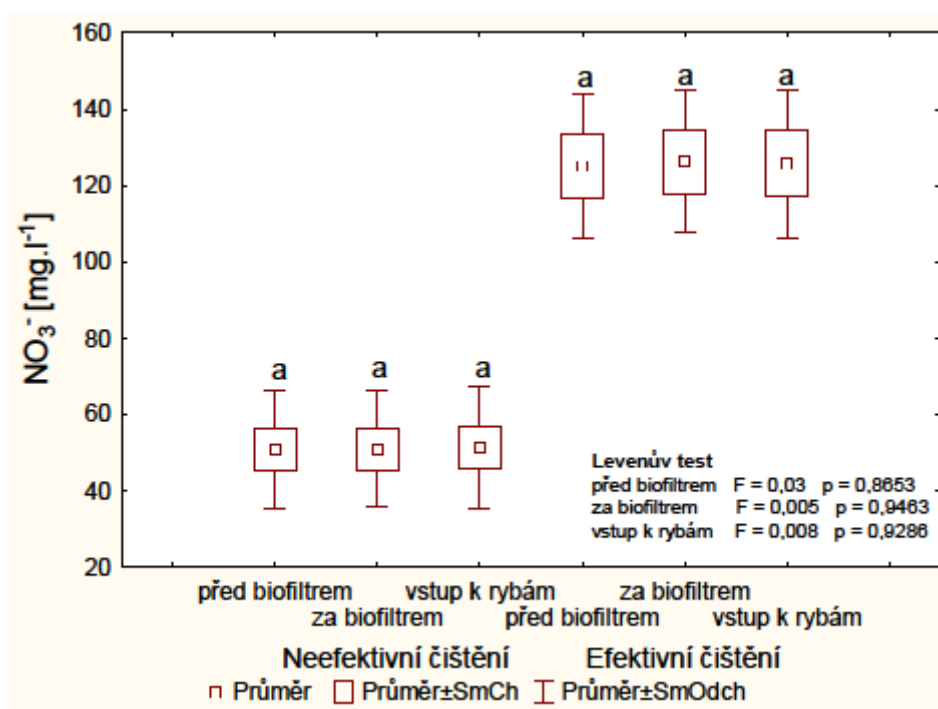
Vyšší efektivita čištění ovlivnila rovněž hodnoty obsahu nerozpuštěných látek (Graf 15.), kdy s narůstající intenzitou krmení, a tedy i aktivity biofiltru, partikulí ve vodě přibývalo a vykazoval i signifikantně vyšší rozkolísanost dat než tomu bylo před započítáním efektivního čištění (graf 16.). Tento jev má pravděpodobně základ ve větším objemu bakteriální biomasy a jejím postupné obměňování což se mohlo projevit právě na hodnotách tohoto sledovaného parametru. Z hlediska chovu ryb byl však tento projev nedůležitý a nijak neovlivňoval podmínky ani intenzitu odchovu.



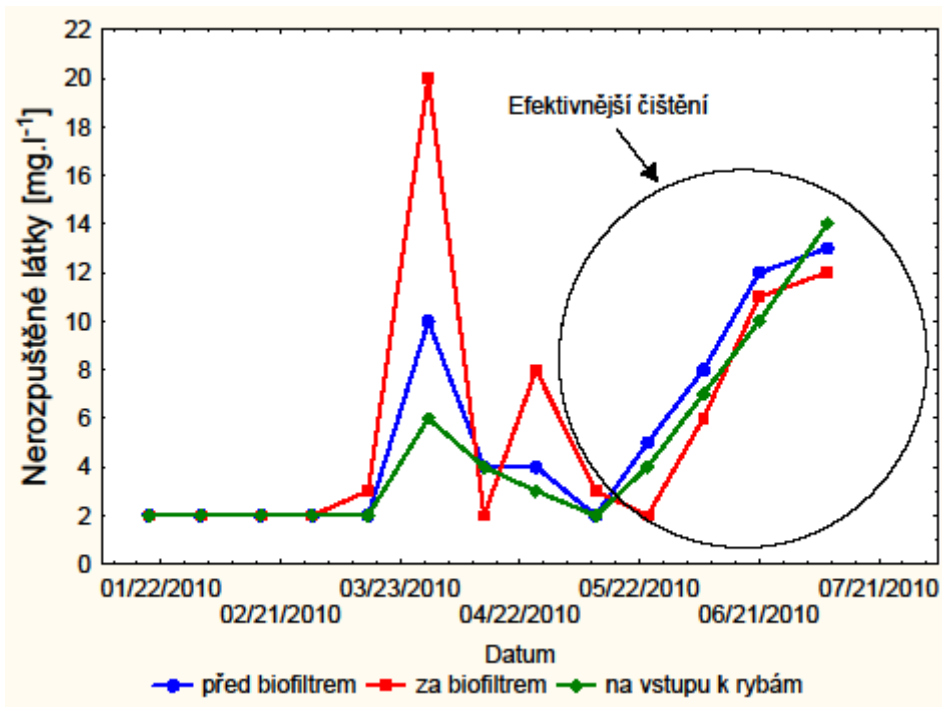
Graf 12.: Statistické významné rozdíly v rozptylu hodnot obsahu amonných iontů (NH_4^+) před a v průběhu aplikace efektivnějšího způsobu čištění biofiltru. Odlišná písmena indikují statisticky významný rozdíl na hladině $\alpha = 0,05$.



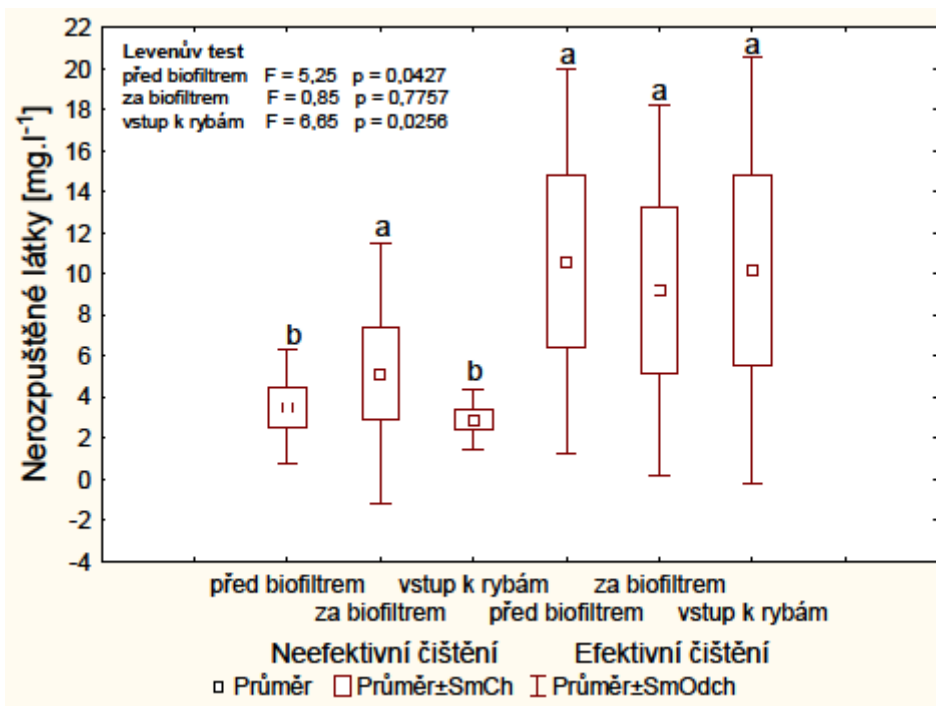
Graf 13.: Statistické významné rozdíly v rozptylu hodnot obsahu dusitanů (NO_2^-) před a v průběhu aplikace efektivnějšího způsobu čištění biofiltru. Odlišná písmena indikují statisticky významný rozdíl na hladině $\alpha = 0,05$.



Graf 14.: Statistické významné rozdíly v rozptylu hodnot obsahu dusičnanů (NO_3^-) před a v průběhu aplikace efektivnějšího způsobu čištění biofiltru. Odlišná písmena indikují statisticky významný rozdíl na hladině $\alpha = 0,05$.



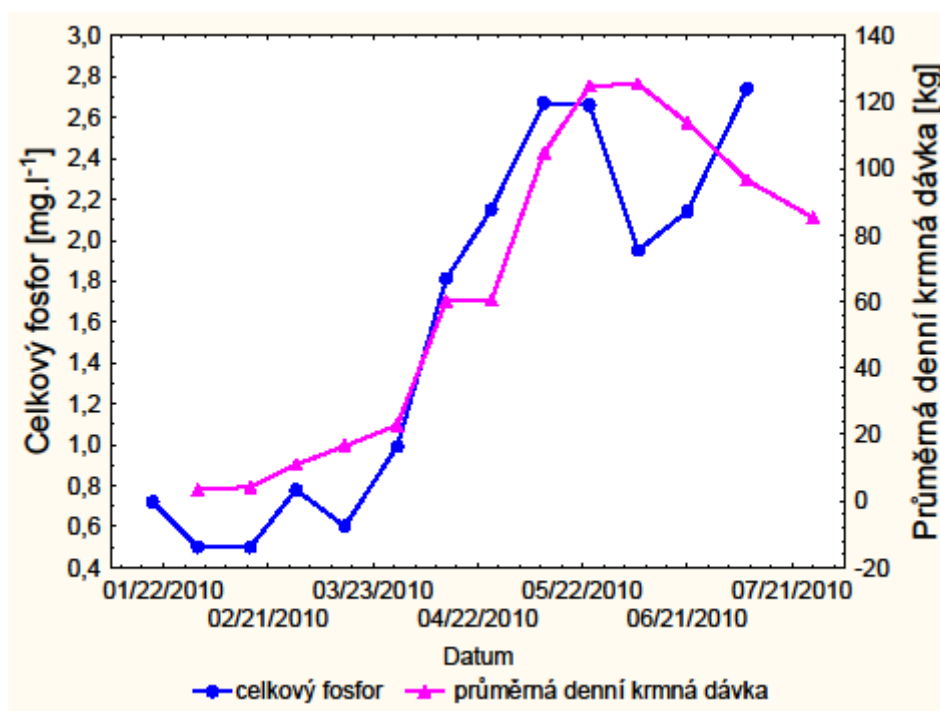
Graf 15.: Obsah nerozpuštěných látek ve vodě v průběhu testování recirkulačního systému. Elipsou je vyznačeno období kdy byla aplikováno efektivnější čištění. Zobrazeny jsou hodnoty pro všechna odběrná stanoviště: před biofiltrem, za biofiltrem a na vstupu k rybám.



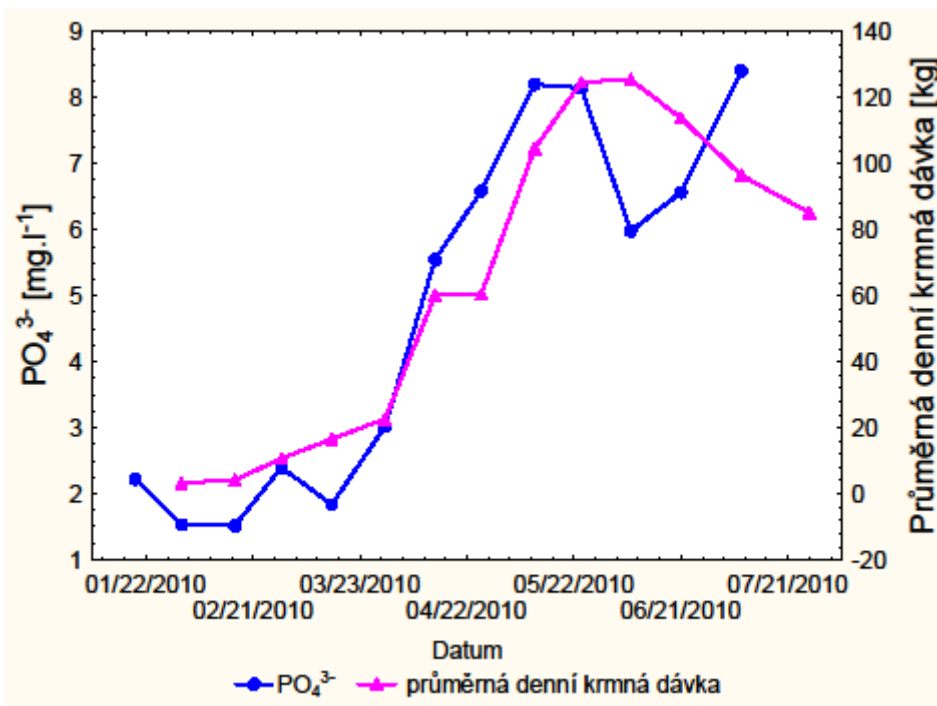
Graf 16.: Statisticky významné rozdíly v rozptylu hodnot nerozpuštěných látek ve vodě před a v průběhu aplikace efektivnějšího způsobu čištění biofiltru. Odlišná písmena indikují statisticky významný rozdíl na hladině $\alpha = 0,05$.

Obsah celkového fosforu (Graf 17.) a fosforečnanů (Graf 18.) relativně přesně kopíroval krmnou křivku a oba tyto parametry se ukázaly by signifikantně lineárně závislé na množství spotřebovaného krmiva v systému (Graf 19.). Z hlediska testování technologie chovu pstruha duhového v recirkulačním systému dánského typu je tento parametr spíše okrajový. Významu by nabíral v případě kontinuálního vypouštění odpadní vody do recipientu. Odpadní voda z recirkulačního systému je ale sedimentována v sedimentační nádrži. Odtok z této nádrže přepadem je minimální (vzhledem k odparu z haldiny a vegetace popř. vsaku) a nepřekračuje hodnotu $0,4 \text{ l.s}^{-1}$.

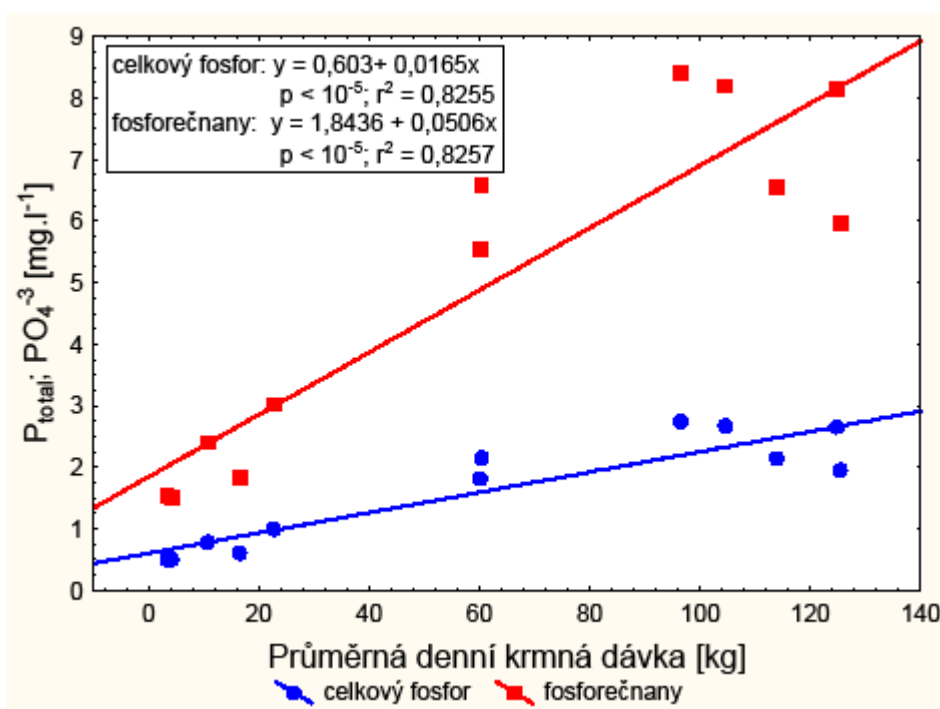
Celkový přehled sledovaných parametrů vody v recirkulačním systému průběhu testování technologie uvádí podrobně Tab. 1. Zároveň tato tabulka poskytuje užitečné údaje o frekvenci čištění biofiltru při daném množství spotřebovaného krmiva. Udává rovněž frekvenci odkalování „konusů“. Tento termín znamená odkalení kalů z odchovného žlabu na jehož odtoku jsou umístěny vždy dva kónické konusy určené pro sedimentaci rybích exkrementů nebo případně zbytků nespotebovaného krmiva. Odkalování konusů je třeba přizpůsobit individuálně každému odchovnému žlabu podle nasazené biomasy a množství spotřebovaného krmiva. Opomenutí odkalování může vést ke hromadění kalů v odchovném žlabu a možnost vzniku nežádoucích anaerobních pochodů za vzniků toxických plynů (sirovodík, metan).



Graf 17.: Celkový fosfor a průměrná denní krmná dávka v průběhu testování recirkulačního systému. Zobrazena je hodnota před pro odběrné stanoviště před biofiltrem.



Graf 18.: Obsah fosforečnanů (PO_4^{3-}) a průměrná denní krmná dávka v průběhu testování recirkulačního systému. Zobrazena je hodnota před pro odběrné stanoviště před biofiltrem.



Graf 19.: Statisticky významná (na hladině $\alpha = 0,05$) lineární závislost obsahu fosforečnanů (PO_4^{3-}) a celkového fosforu na průměrné denní krmné dávce.

Tab. 1.: Sumární tabulka hodnot z analytických rozborů vody získaných za dobu testování recirkulačního systému s uvedením intenzity čištění a intervalu mezi vzorkováním. U každé proměnné jsou zároveň zvlášť uvedena všechna odběrná místa ve kterých byly hodnoty stanoveny. Střední hodnoty jsou vyjádřeny pomocí průměru a mediánu, míra variability potom pomocí směrodatné odchylky a horních a dolních kvartilů.

	Odběrné místo	Průměr	Sm.odch.	Medián	Dolní kvartil	Horní kvartil
Počet dní mezi vzorkováním	x	14,62	1,98	14,00	13,00	15,00
Počet biofiltrů čištěných za den	x	1,55	0,29	1,45	1,31	1,73
Počet odkalených konusů za den	x	19,41	4,70	17,73	17,64	21,92
amonné ionty	<i>před biofiltrem</i>	0,44	0,42	0,26	0,19	0,60
	<i>za biofiltrem</i>	0,36	0,42	0,23	0,05	0,46
	<i>vstup k rybám</i>	0,36	0,36	0,22	0,07	0,50
dusitany	<i>před biofiltrem</i>	0,61	0,39	0,66	0,25	0,74
	<i>za biofiltrem</i>	0,60	0,39	0,64	0,25	0,71
	<i>vstup k rybám</i>	0,59	0,38	0,68	0,25	0,71
dusičnany	<i>před biofiltrem</i>	79,28	40,95	63,00	43,00	118,00
	<i>za biofiltrem</i>	79,86	41,33	64,00	44,00	120,00
	<i>vstup k rybám</i>	79,82	41,11	64,00	44,00	118,00
BSK₅	<i>před biofiltrem</i>	5,23	2,31	5,00	3,00	6,00
	<i>za biofiltrem</i>	5,62	2,78	5,00	4,00	7,00
	<i>vstup k rybám</i>	5,92	3,75	5,00	3,00	7,00
CHSK_{Mn}	<i>před biofiltrem</i>	10,10	5,04	11,30	5,40	14,72
	<i>za biofiltrem</i>	9,93	4,35	13,00	5,60	13,60
	<i>vstup k rybám</i>	10,17	4,85	13,40	5,20	14,24
nerozpuštěné látky	<i>před biofiltrem</i>	5,23	4,11	4,00	2,00	8,00
	<i>za biofiltrem</i>	5,77	5,59	3,00	2,00	8,00
	<i>vstup k rybám</i>	4,62	3,75	3,00	2,00	6,00
chloridy	<i>vstup k rybám</i>	172,00	18,74	169,97	162,54	190,18
celkový fosfor	<i>před biofiltrem</i>	1,55	0,89	1,81	0,72	2,15
fosforečnany	<i>před biofiltrem</i>	4,77	2,73	5,55	2,22	6,58
KNK_{4,5}	<i>před biofiltrem</i>	0,61	0,10	0,56	0,55	0,61
	<i>za biofiltrem</i>	0,60	0,10	0,55	0,54	0,59
	<i>vstup k rybám</i>	0,61	0,10	0,56	0,55	0,61
tvrdost	<i>před biofiltrem</i>	1,48	0,16	1,41	1,39	1,60

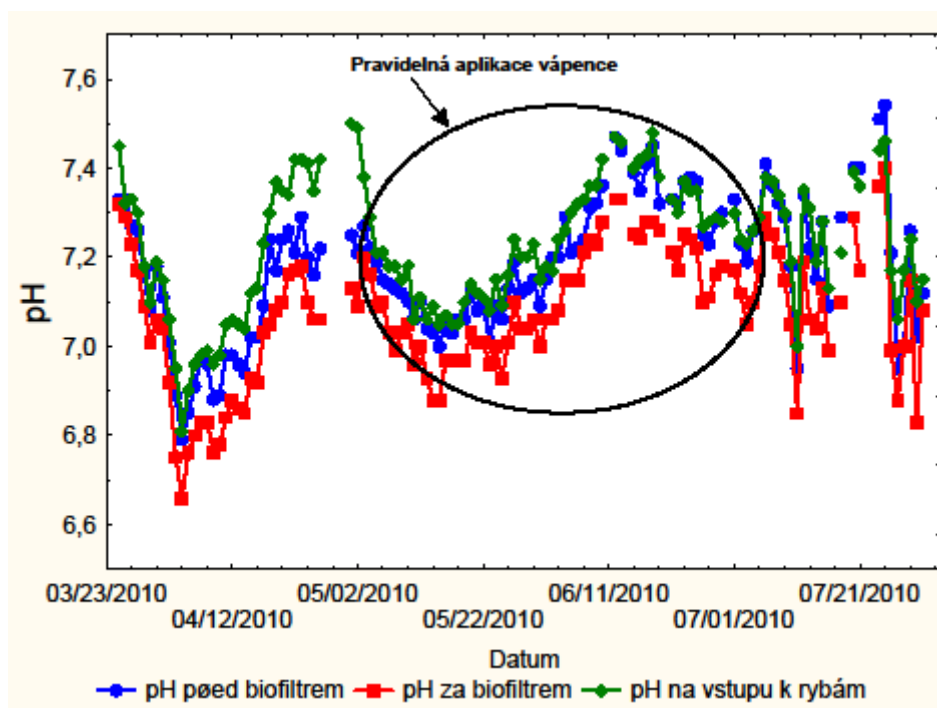
Kolísání pH a jeho optimalizace

Velmi důležitým parametrem v recirkulačním systému a v chovu ryb vůbec je pH. Optimální hodnoty pro ryby se pohybují okolo 7, optimální hodnota pro správnou funkci biofiltru se potom udává okolo 7,2. Při zvyšující se intenzitě krmení a tedy i vysokém zatížení systému může pH významně kolísat. Velmi obvyklý je prudký pokles pH způsobený nadměrným nasycením vody oxidem uhličitým (CO₂) a jeho přeměnou na kyselinu uhličitou (H₂CO₃). Přílišný pokles pH ale může ovlivnit aktivitu biofiltru. Naproti tomu je nutné předcházet i nadměrnému zvyšování pH. Zvýšení pH nad 8 už je rizikové vzhledem k přeměně amonných iontů na pro ryb vysoce toxický amoniak. Pro optimalizaci pH v recirkulačních systémech se zpravidla používá dolomitický vápenec (CaMg(CO₃)₂) nebo jedlá soda (NaHCO₃). V průběhu testování recirkulačního systému byl použit dolomitický vápenec. Při kontinuální aplikaci vápence (10 kg.den⁻¹) bylo dosaženo optima pro funkci biofiltru a

zároveň se podařilo pH stabilizovat. V období bez aplikace vápence bylo charakteristické značnou variabilitou pH, signifikantně vyšší než v období aplikace vápence (Tab. 2.). Průběh hodnot pH v rámci celého testování recirkulačního systému s vyznačením období s pravidelnou aplikací vápence je patrný z Grafu 20.

Tab. 2.: Statisticky významný rozdíl (na hladině $\alpha = 0,05$) ve variabilitě pH mezi období s pravidelnou aplikací dolomitického vápence a období bez aplikace.

pH	Pravidelná aplikace vápence	Průměr	Minimum	Maximum	Rozptyl	Sm.odch.	Levenův test	
							F	p
před biofiltrem	ne	7,13	6,79	7,54	0,031	0,176	7,98	0,0056
	ano	7,21	6,95	7,47	0,016	0,128		
za biofiltrem	ne	7,02	6,66	7,40	0,031	0,176	9,43	0,0027
	ano	7,11	6,85	7,33	0,014	0,119		
vstup k rybám	ne	7,20	6,81	7,50	0,032	0,180	14,76	0,0002
	ano	7,24	7,00	7,48	0,015	0,122		



Graf 20.: Průběh hodnot pH během testování recirkulačního systému. Elipsou je vyznačeno období kdy byl pravidelně aplikován dolomitický vápenec pro optimalizaci pH. Zobrazeny jsou hodnoty pro všechna odběrná stanoviště: před biofiltrem, za biofiltrem a na vstupu k rybám.

Růst, konverze krmiva a kondice ryb

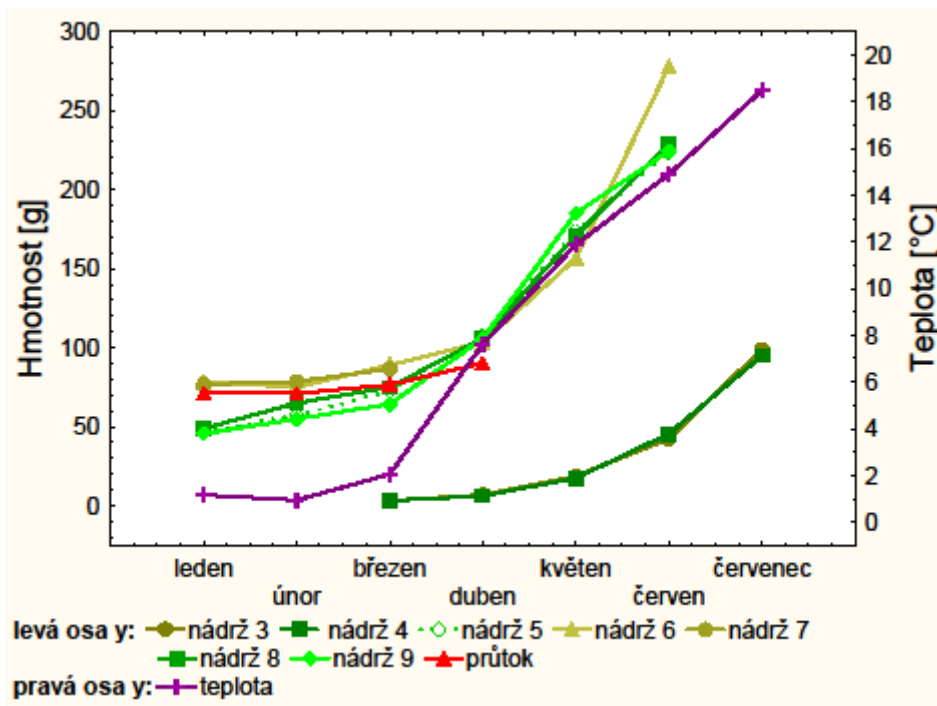
Patrně nejdůležitější součástí testování recirkulačního systému z hlediska zajímavosti pro praktiky produkčního rybářství je analýza růstu sledovaného druhu v průběhu sledovaného období. Pro první čtyři měsíce nám navíc jako referenční lokalita posloužil sousedící průtočný systém. Vzhledem k tomu se nám nabízí srovnání růstu při použití klasické technologie a technologie s využitím recirkulace vody. Tab. 3. nám ukazuje, že obsádka v recirkulačním systému rostla signifikantně rychleji. Přestože počáteční hmotnost ryb na průtočném systému byla nejvyšší, po čtyřech měsících odchovu tomu bylo naopak. Tab. 4. pak ukazuje pokračující trend rychlého růstu obsádek v recirkulačním systému. V období od května do července už nám bohužel průtočný systém nemohl sloužit jako referenční z hlediska přísazení a odlovů ryb, které by zkreslovaly data z této obsádky. Růst v průběhu celého testovaného období znázorňuje Graf 21. Možným vysvětlením rychlejšího růstu může být vyšší teplota vody, vyšší stabilita podmínek prostředí v recirkulačním systému a zároveň absence krátkodobých extrémních podmínek (mechanický zákal po vydatném dešti, povodňové stavy, nedostatek vody v důsledku sucha, kolísání minimálních a maximálních teplot).

Tab. 3.: Výsledky pravidelných přelovení (v období leden–duben) kontrolovaných testovacích obsádek s uvedením délky těla (DT; v mm) a hmotnosti (HM; v gramech). Data jsou prezentována jako průměr ± směrodatná odchylka. Statisticky významné rozdíly (na hladině $\alpha = 0,05$) je možné detekovat na základě odlišných horních indexů u dat v jednotlivých sloupcích (analýza kovariance ANCOVA; DT jako kovariáta).

nádrž	leden		únor		březen		duben	
	DT (mm)	HM (g)	DT (mm)	HM (g)	DT (mm)	HM (g)	DT (mm)	HM (g)
3	nenasazeno	nenasazeno	nenasazeno	nenasazeno	59,9±5,29	3,4±0,80 ^d	74,8±4,29	6,8±1,20 ^c
4	nenasazeno	nenasazeno	nenasazeno	nenasazeno	59,9±5,29	3,4±0,80 ^d	72,7±5,13	6,4±1,42 ^c
5	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
6	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
7	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	odloveno	odloveno
8	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
9	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

Tab. 4.: Výsledky pravidelných přelovení (v období květen–červenec) kontrolovaných testovacích obsádek s uvedením délky těla (DT; v mm) a hmotnosti (HM; v gramech). Data jsou prezentována jako průměr ± směrodatná odchylka. Statisticky významné rozdíly (na hladině $\alpha = 0,05$) je možné detekovat na základě odlišných horních indexů u dat v jednotlivých sloupcích (analýza kovariance ANCOVA; DT jako kovariáta).

nádrž	květen		červen		červenec		Celkový úhyn
	DT (mm)	HM (g)	DT (mm)	HM (g)	DT (mm)	HM (g)	
3	102,1±7,12	18,9±4,02 ^d	130,1±14,79	42,4±13,78 ^c	169,4±13,02	99,2±25,40 ^a	< 3%
4	99,9±7,01	17,5±3,39 ^d	134,5±11,37	45,5±11,58 ^c	166,1±13,55	95,0±25,66 ^a	< 3%
5	200,7±21,03	173,9±45,74 ^{ab}	229,6±25,12	223,6±66,53 ^b	odloveno	odloveno	< 5%
6	210,2±17,14	156,6±39,17 ^c	248,2±21,56	277,9±75,65 ^a	odloveno	odloveno	< 5%
7	odloveno	odloveno	odloveno	odloveno	odloveno	odloveno	< 5%
8	201,4±21,14	171,1±52,39 ^b	228,5±16,04	228,8±45,78 ^b	odloveno	odloveno	< 5%
9	206,9±18,29	185,0±46,55 ^a	231,2±21,26	224,4±65,25 ^b	odloveno	odloveno	< 5%
P	odloveno	odloveno	odloveno	odloveno	odloveno	odloveno	< 5%

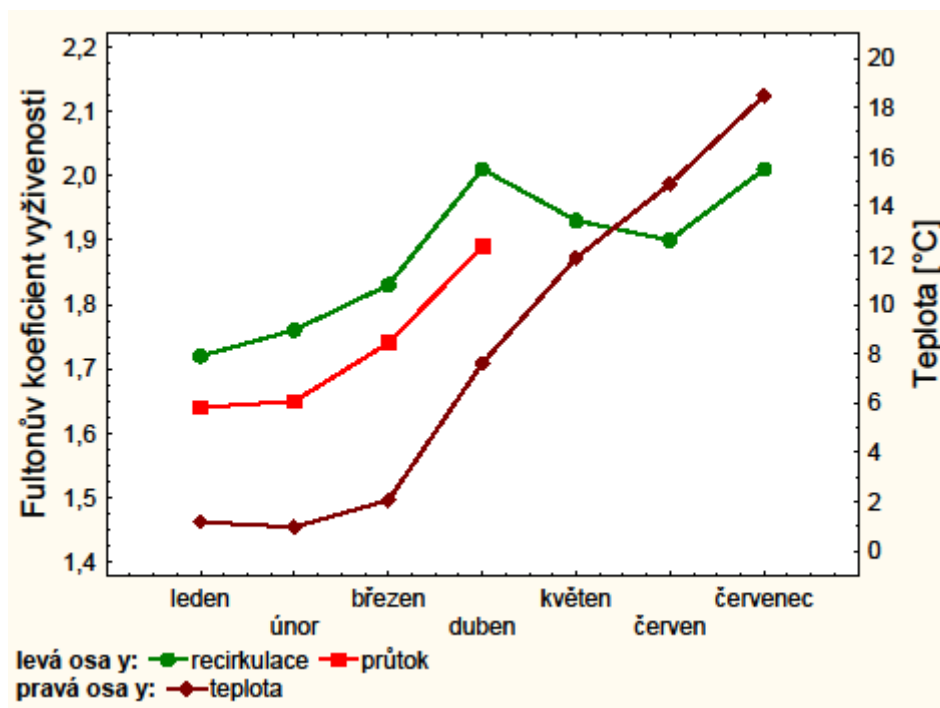


Graf 21: Hmotnost (g) jednotlivých sledovaných obsádek v průběhu testování recirkulačního systému s uvedením průměrné teploty vody (°C) v daném testovacím období.

Ryby v recirkulačním systému byly na první pohled mohutnější než ryby z průtočného systému. O tom vypovídá i signifikantně vyšší Fultonův koeficient vyživenosti u ryb z testovaného recirkulačního systému ve srovnání s rybami z obsádky systému průtočného (Tab. 5.). To může být dáno jinou intenzitou a typem proudění vody v recirkulačním systému a zároveň i výsledkem stabilních podmínek odchovu v porovnání s podmínkami v průtočném systému, kde rychle se měnící podmínky nemusejí působit pozitivně na kondici ryb. Průběh hodnot během testování přehledně udává Graf 22.

Tab. 5.: Porovnání kondice ryb chovaných v recirkulačním systému dánského typu a klasickém průtočném systému na základě Fultonova indexu vyživenosti. Statisticky významné rozdíly (na hladině $\alpha = 0,05$) jsou patrné na základě odlišných horních indexů u dat v jednotlivých sloupcích (analýza kovariance ANCOVA; DT jako kovariáta).

Datum nádrž	Kondice ryb – Fultonův index vyživenosti						
	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec
recirkulace	1,72±0,13 ^a	1,76±0,12 ^a	1,83±0,15 ^a	2,01±0,17 ^a	1,93±0,16	1,90±0,07	2,01±0,01
průtok	1,64±0,12 ^b	1,65±0,13 ^b	1,74±0,14 ^b	1,89±0,16 ^b	odloveno	odloveno	odloveno



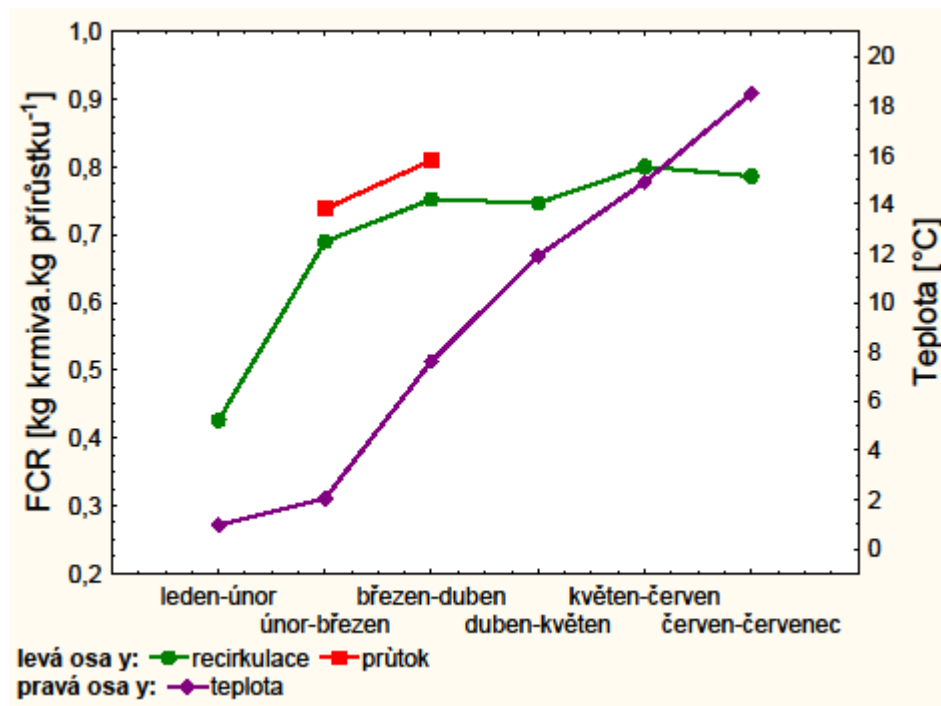
Graf 22.: Fultonův koeficient vyživenosti v průběhu testování s uvedením průměrné teploty vody (°C) v daném testovacím období pro recirkulační a průtočný systém.

Důležitým aspektem při hodnocení vhodnosti recirkulačního systému je schopnost ryb využívat krmivo pro přírůstek hmotnosti. V tomto směru bylo na recirkulačním systému dosaženo velmi dobrých výsledků stejně tak jako u předchozích parametrů. Při porovnání hodnot obou systémů bylo dosaženo vždy lepších výsledků v systému recirkulačním. Je nutné dodat, že v obou systémech bylo použito shodné krmivo. Konkrétní data včetně množství spotřebovaného krmiva a celkových přírůstků udává Tab. 6. Extrémně nízkých hodnot FCR (0,43) bylo dosaženo ve studeném období roku. Naproti tomu ryby chované v průtočném systému krmivo využívali pouze jako záchovnou dávku a vůbec nepřirůstali. Vypočtené hodnoty jsou rovněž graficky znázorněny na Grafu 23.

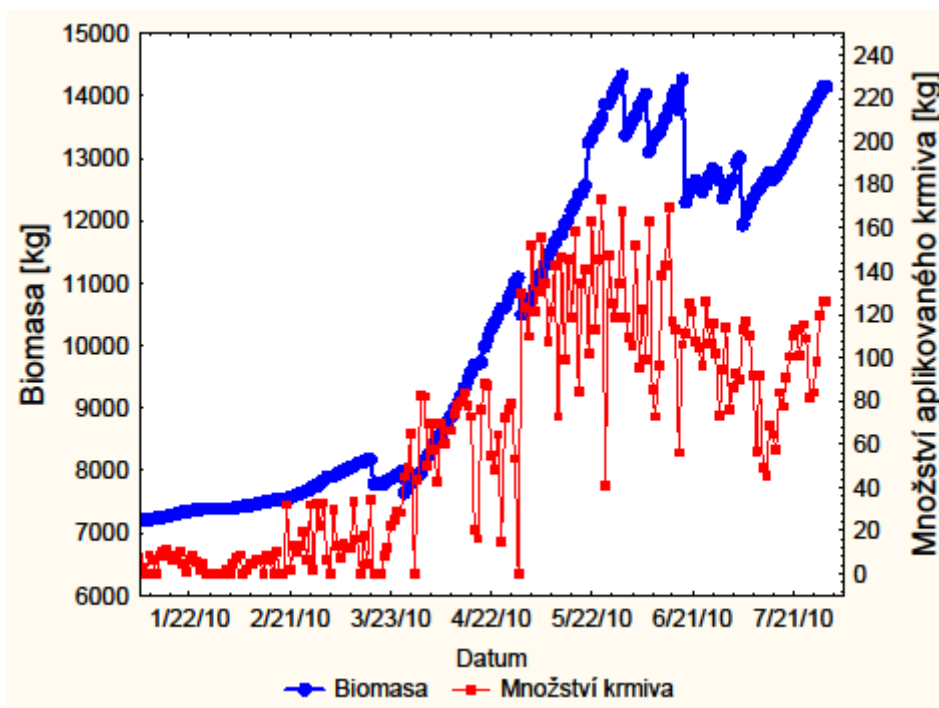
Na Grafu 24. je možné sledovat celkovou biomasu ryb v recirkulačním systému v průběhu celého testování. Maximální biomasa dosažená během testování v recirkulačním systému byla přibližně 14,35 tuny. Vyšších hodnot nebylo dosaženo z důvodu postupného odlovování obsádek tržních ryb. Nově nasazované ryby do vyprázdněných odchovných žlabů pak měli vzhledem ke své velikosti na přírůstek biomasy minimální vliv. Vzhledem ke zjištěným parametrům vody je zřejmé, že systém by byl schopen pojmout mnohem větší biomasu. Dle projektanta systému by jednorázová kapacita systému měla být 50 tun ryb.

Tab. 6.: Celkové množství spotřebovaného krmiva, dosažený celkový přírůstek a vypočítaný krmný koeficient (feed conversion ratio, FCR) pro jednotlivá období mezi pravidelnými přeloveními obsádek pro recirkulační systém dánského typu (R) a klasický průtočný systém (P).

	leden - únor		únor - březen		březen - duben		duben - květen		květen - červen		červen-červenec	
	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P
zkrmeno	195,8kg	57,2kg	391,9kg	138,8kg	1321,5kg	685,8kg	2357,3kg	x	2447,3kg	x	543,6kg	x
přírůstek	459,7kg	-3,32kg	568,0kg	188,1kg	1756,9kg	846,8kg	3156,2kg	x	3057,4kg	x	691,0kg	x
FCR	0,4259	záporný	0,6899	0,7380	0,7522	0,8099	0,7469	x	0,8005	x	0,7868	x



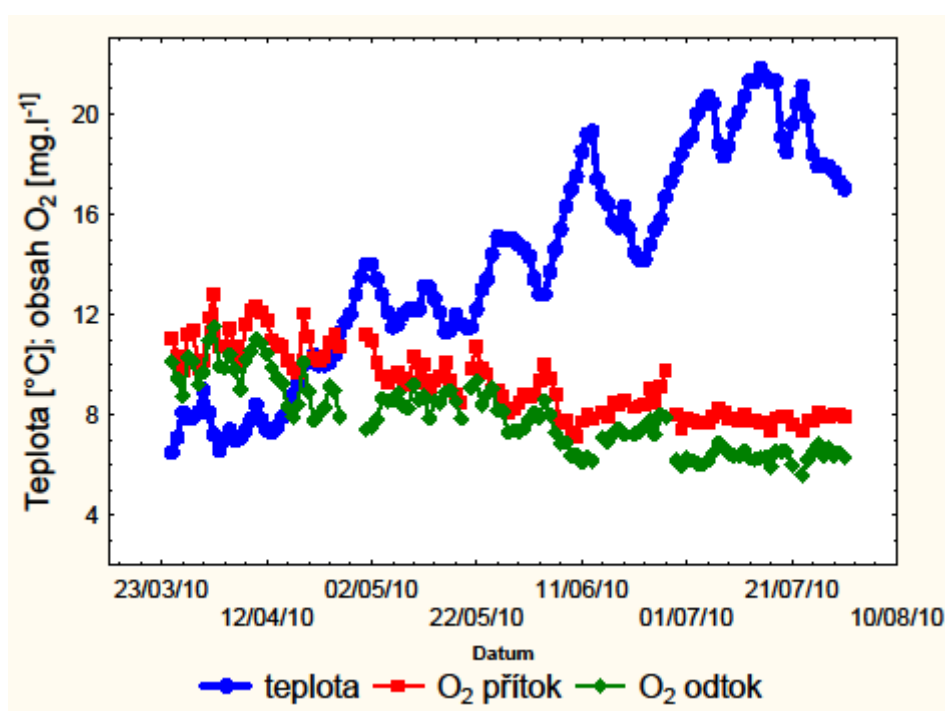
Graf 23.: Množství krmiva (kg) potřebného pro dosažení 1 kg přírůstku v průběhu testování s uvedením průměrné teploty vody (°C) v daném testovacím období pro recirkulační a průtočný systém.



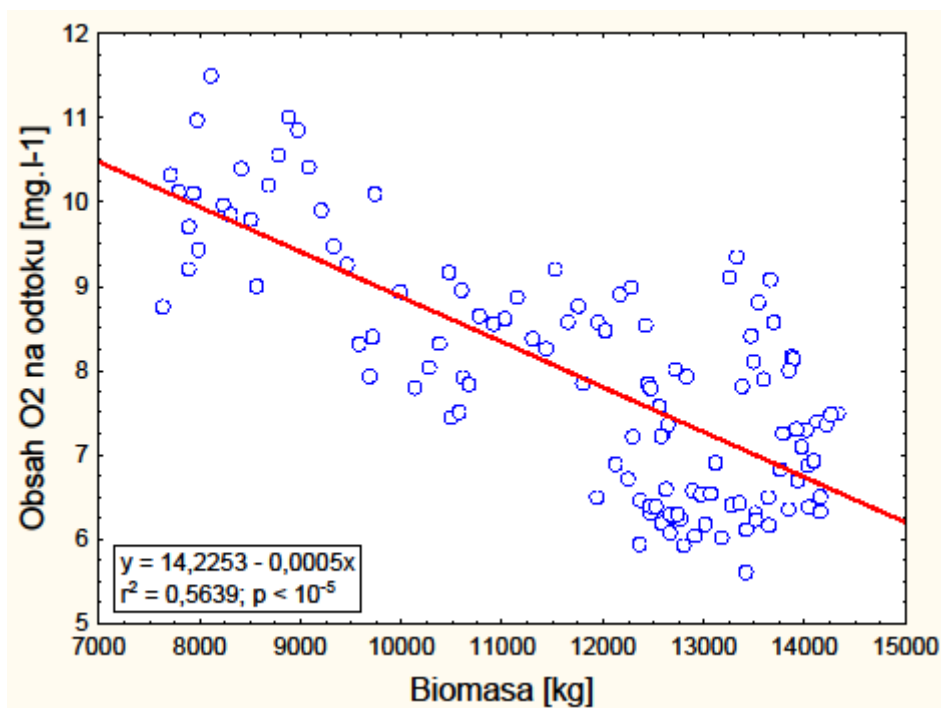
Graf 24.: Celková biomasa (kg) nasazená v recirkulačním systému během testování a celkové denní množství spotřebovaného krmiva (kg).

Kyslíkové poměry v systému v průběhu testování

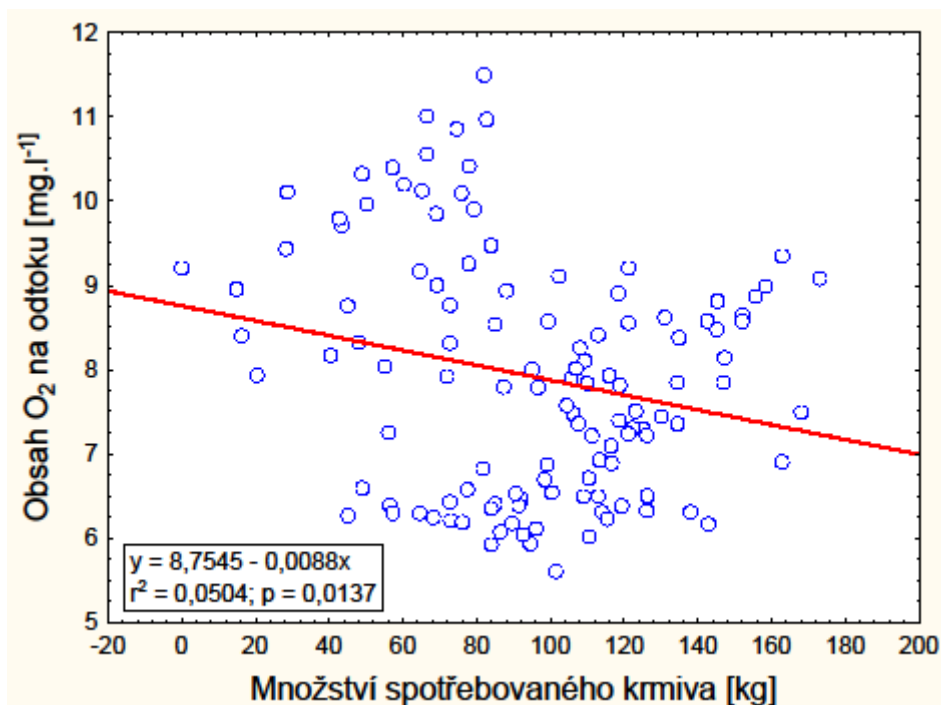
V průběhu testování recirkulačního systému nebyl zaznamenán problém s nedostatkem rozpuštěného kyslíku ve vodě. Přestože teplota vody v letních měsících dosahovala místy až nad 22 °C, ryby přijímali krmivo bez zjevných problémů s kyslíkovou bilancí. V průběhu testování byla jako riziková hranice pro přerušení krmení obsádky monitorována hodnota 85% nasycení na přítoku a 60% nasycení na odtoku z odchovných žlabů. Tyto hodnoty ale zjištěny nebyly. Blížily se jim pouze hodnoty na odtoku u odchovných žlabů před odlovením obsádky, kdy biomasa žlabu přesahovala 4 tuny. Průběh teploty vody a obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě během testování systému je zobrazen na Grafu 25. V rámci analýzy dat byla zjištěna statisticky významná negativní lineární závislost obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě a stoupající biomasy v systému (Graf 26.), rostoucím množstvím spotřebovaného krmiva (Graf 27.) a na vzrůstající teplotě vody (Graf 28.).



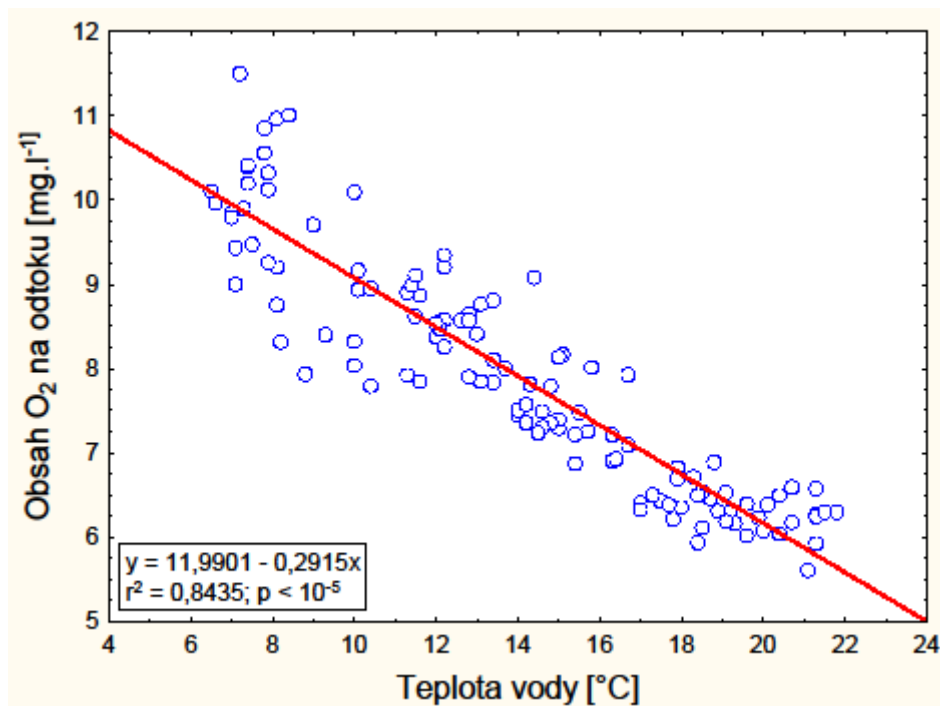
Graf 25.: Průměrný denní obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě (mg O₂·l⁻¹) na přítoku a na odtoku z jednotlivých odchovných žlabů s uvedením teploty vody (°C).



Graf 26.: Statisticky významná (na hladině $\alpha = 0,05$) lineární závislost průměrného obsahu kyslíku ($\text{mg O}_2\cdot\text{l}^{-1}$) na odtoku z odchovných žlabů na celkové biomase ryb v recirkulačním systému (kg).



Graf 27.: Statisticky významná (na hladině $\alpha = 0,05$) lineární závislost průměrného obsahu kyslíku ($\text{mg O}_2\cdot\text{l}^{-1}$) na odtoku z odchovných žlabů na denním množství spotřebovaného krmiva (kg).



Graf 28.: Statisticky významná (na hladině $\alpha = 0,05$) lineární závislost průměrného obsahu kyslíku ($\text{mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$) na odtoku z odchovných žlabů na teplotě vody ($^{\circ}\text{C}$).

Závěr:

Závěrečné zhodnocení

Závěrečné zhodnocení recirkulačního systému dánského typu by mělo řešit poměrně velké množství otázek souvisejících s funkčností a použitelností tohoto systému v podmínkách ČR. Stěžejní otázkou však bylo zda doporučit nebo nedoporučit českým chovatelům ryb tento systém pro další realizace u nás. Tato technická zpráva podává jasný obrázek o tom, že tento systém **může být doporučen pro další realizace v rámci ČR**. Testované obsádky v daném systému rostly rychleji nežli v přilehlém tradičním průtočném systému a velice dobře přirůstali i v zimním období. Biofiltr se ukázal funkční a vysoce efektivní v odbourávání zplodin metabolismu ryb i při vysoké intenzitě krmení. Několik důležitých údajů důležitých pro sumární zhodnocení systému v průběhu testování uvádí Tab. 7. Kdybychom měli vypíchnout zásadní přínos tohoto systému, je to fakt, že může vyrůst prakticky kdekoli i na lokalitách dříve naprosto nemyslitelných pro chov ryb. V lokalitě, kde byl systém testován by vodní tok již neunesl další odchovné zařízení. Přesto zde vyrostl systém zcela nezávislý na vodním toku, který využívá pouze drenážní vodu. Stejně však může posloužit i vrt. Kapacita systému je potom odvozena podle množství vody, které máme k dispozici. Pro testovaný systém postačují jen $3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ při plánované maximální produkci až 100 tun. V tomto ohledu tato technologie znamená, že kdo vlastní dostatečně velký pozemek pro stavbu může začít chovat lososovité ryby, nebo i jiné druhy ryb (zjednodušeně řečeno). Recirkulační systém tedy může existovat kdekoli. Tímto upadá v zapomnění prakticky jediný limitní faktor v českém rybářství donekonečna opakovaný ve spojitosti s roční produkcí lososovitých ryb tj. dostatečný zdroj kvalitní čisté přítokové vody. V podobných systémech v Evropě se v dnešní době běžně chová kromě pstruha např. siven, losos, okoun, candát, úhoř, tilapie aj.

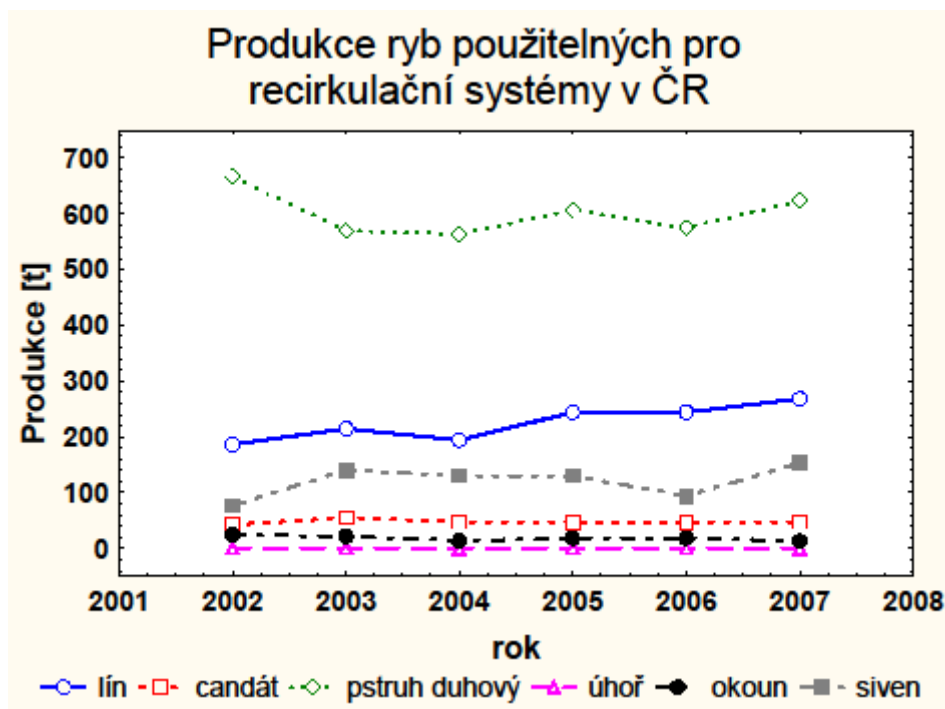
Tab. 7.: Shrnutí sumárních údajů za období testování recirkulačního systému dánského typu pro chov pstruha duhového včetně finančních propočtů a porovnání s průtočným systémem.

Sumární údaje za období testování			
Maximální možná jednorázová biomasa (projektovaná):	50 t	Maximální biomasa během testování:	14,35 t
Celkové množství spotřebovaného krmiva:	13 t 520 000 Kč	Odhad celkového přírůstku (pro FCR 0,8) – cena:	16,25 t 1 787 500 Kč
Celkové množství aplikovaného chloridu sodného – cena:	4,91 t 14 730 Kč	Celkové množství aplikovaného vápence – cena:	1,02 t 1 020 Kč
Celkové množství vyčištěných sekcí biofiltru:	325	Celkové množství odkalených konusů:	4 127
Celková spotřeba elektrické energie (15 kWh):	76 320 kWh 329 700 Kč	Plánované naplnění plně kapacity systému:	Červen 2011
Porovnání s průtočným systémem			
Celková spotřeba napájecí vody na recirkulačním systému, zdroj drenáž (3 l.s-1):	54 950,4 m ³	Celková spotřeba napájecí vody na sousedním průtočném systému, zdroj řeka (300 l.s-1):	5 495 040 m ³
Maximální projektovaná roční produkce – dánský systém, ve dvou turnusech:	100 t	Maximální projektovaná roční produkce – sousední průtočný systém:	12 t
Stavební a technologické náklady na stavbu dánského systému:	15 mil Kč (- dotace 5,5 mil. Kč)	Stavební a technologické náklady na průtočný systém:	2,5 mil Kč.
Potenciální druhy ryb vhodné pro chov v dánském systému:	Pstruh duhový Siven americký Pstruh obecný Okoun říční Candát obecný Jeseter	Potenciální druhy ryb vhodné pro chov v průtočném systému:	Pstruh duhový Siven americký Pstruh obecný

Další výhodou systému je, že přítoková voda je prostá patogenních bakterií či virů. To je v dnešní době, charakteristické čilým nasazováním ryb do revírů (nikoli podle původu a kvality ale podle ceny), vysoce důležitý faktor. Hlavními nevýhodami budiž citovány vysoká spotřeba elektrické energie, neznalost nových technologií rybářskou veřejností a vysoké náklady spojené s výstavbou systému. První ze zmiňovaných nevýhod je bez diskuzí, ale vysoká produktivnost systému tyto náklady vykompenzuje. Druhá nevýhoda by měla být dostatečně eliminována touto technickou zprávou, která je přímo určena pro rybáře praktiky jako soubor

důkazů a návodů jak se systémem pracovat. Třetí nevýhoda je vzhledem k existenci evropských dotačních titulů umožněna na méně než polovinu. Výhodou systému s celorepublikového hlediska budiž možnost zvednout u nás minimální produkci ceněných druhů ryb jako jsou lososovité ryby, candát, okoun, lín, úhoř nebo jeseter (Graf 29.). Jediná farma řekněme přibližně na 50 tun candáta (potřeba vody ještě nižší než $3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$) by zvedla celkovou produkci této nedostatkové ryby v ČR o více než 100%. O rentabilitě takového počínu nemůže být vůbec pochyb.

Pro lepší představu o výhodách, nevýhodách, perspektivách rizicích spojených s užitím recirkulačních systému byla vyhodnocena stručná SWOT analýza silných a slabých stránek (viz níže).



Graf 29.: Produkce druhů ryb vhodných pro chov v recirkulačních systémech v ČR v letech 2002–2007.

SWOT analýza použití recirkulačních systémů v ČR

<p>Silné stránky</p> <p>Produkce</p> <ul style="list-style-type: none"> - Know-how - dostupné informace a rozvinuté rybářské školství a výzkum včetně aplikovaného - Čerpání domácích i evropských dotačních titulů, - Možnost chovu vysoce kvalitních ceněných druhů ryb, - Vysoká produktivita a ziskovost, - Možnost chovu vysoce žádaných a ceněných druhů ryb, - Vysoká kvalita produktů, - Zvyšující se poptávka po kvalitních produktech, - Podpora zaměstnanosti. <p>Prostředí</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kontakt spotřebitele a chovatele, - Využití chovatelských kapacit k propagaci odvětví a produktů, - Možnost chovu prakticky kdekoli – není limitace zdrojem vody, - Minimum odpadních látek do recipientu, zlepšení kvality vod. <p>Rámec činnosti</p> <ul style="list-style-type: none"> - Chov širokého spektra druhů, - Vzdělávání laické i rybářské veřejnosti, - Propagace. 	<p>Slabé stránky</p> <p>Produkce</p> <ul style="list-style-type: none"> - Know-how - Nedůvěra producentů k novým technologiím, neschopnost učit se nové postupy, - Nedostatečná poptávka po sladkovodních rybách a výrobcích z nich, včetně nových druhů, - Vysoká konkurence mořských ryb, - Omezený a nejistý trh pro sladkovodní ryby a výrobky z nich, - Sezónnost trhu, - Vyšší technologické náklady, - Vysoký podíl fyzické práce, - Historicky daná orientace na kapra. <p>Prostředí</p> <ul style="list-style-type: none"> - Možné omezení lokálními extrémny podnebí. <p>Rámec činnosti</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vysoké počáteční investice, - Schopnost učit se nové postupy.
<p>Příležitosti</p> <p>Produkce</p> <ul style="list-style-type: none"> - Efektivní čerpání domácích i evropských dotačních titulů, - Další rozvoj výzkumných kapacit, zvyšování vzdělanosti a povědomí o nových technologiích, - Zvyšování povědomí veřejnosti o produktech sladkovodní akvakultury, - Růst cen mořských ryb a výrobků z nich. - Vysoká potenciální rentabilita chovu nedostatkových druhů ryb. <p>Prostředí</p> <ul style="list-style-type: none"> - Důraz na systémy hospodařící s minimem odpadních látek, - Změna chování spotřebitelů, zvýšená poptávka po zdraví prospěšných komoditách. <p>Rámec činnosti</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplikace dalších intenzifikačních technologických postupů, - Široká škála použitelných druhů ryb, - Rozvoj rybářství i v lokalitách bez rybářské tradice. 	<p>Ohrožení</p> <p>Produkce</p> <ul style="list-style-type: none"> - Růst nákladů na hospodaření v rybářských hospodářstvích, - Nedostatečná informovanost před spuštěním nových systémů, - Možnost výskytu nebezpečných nákaz ryb, - Nerovnoměrné rozdělení dotačních prostředků. <p>Prostředí</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vliv rybožravých predátorů, - Dopad nevhodného hospodaření v okolí. - Vlivy extrémních klimatických jev. - Nedostatek schopných zaměstnanců v oboru. <p>Rámec činnosti</p> <ul style="list-style-type: none"> - Skeptický přístup rybářské veřejnosti k recirkulačním systémům, - Chybné používání nových technologií.

Silné stránky

Know-how - dostupné informace, rozvinuté rybářské školství a aplikovaný výzkum

Současný stav vědění zahrnující výzkumné aktivity spojené s intenzifikací chovů poměrně širokého spektra druhů ryb v recirkulačních systémech (včetně prezentovaného projektu), aplikovaný výzkum v této sféře a spolupráce výzkumných institucí s praxí je nanejvýš cennou devizou. Vědecké a školské subjekty navíc pravidelně pořádají veřejnosti přístupná školení nebo konference s užitečnými informacemi pro producenty.

Čerpání evropských dotačních titulů

Čerpání prostředků z Operačního programu rybářství poskytuje optimální podmínky pro výstavbu poměrně nákladných recirkulačních systémů a snižuje tak počáteční vysoké nákladové zatížení. Vhodnější rozdělení dotačních financí a důraz na jejich čerpání zejména pro přímé zvýšení produkce tj. výstavba nových rybochovných subjektů by tomu mělo napomoci. Při zachování stávajícího systému, kdy se čerpané prostředky projeví na produkci vůbec nebo jen minimálně by však tento bod mohl být přesunut do slabých stránek této analýzy. Nicméně postavit recirkulační systém kupř. pro chov dravých nebo jeseterovitých ryb by se vyplatilo jistě i bez užití dotačních titulů.

Možnost chovu vysoce kvalitních ceněných druhů ryb

V recirkulačním systému dánského typu nebo podobných odchovných systémech lze úspěšně chovat dlouhodobě na trhu nedostatečně zastoupené druhy ryb. V případě rozvinutí nových recirkulačních technologií by roční produkce těchto druhů mohla narůst skokově až o stovky procent.

Vysoká produktivita a ziskovost

V kontextu se stále opakovanou nízkou ziskovostí rybářské produkce nabízí recirkulační systémy zcela opačný pohled. Vzhledem k vysoké efektivitě a intenzitě chovu je možné dosáhnout vysoké ziskovosti. To se jedná nejen pstruha duhového, ale i dravých ryb, které by bylo možné produkovat s vyšším ziskem ale zároveň za nižší spotřebitelskou cenu.

Možnost chovu vysoce žádaných a ceněných druhů ryb

Kromě lososovitých ryb, na něž byl soustředěn tento projekt, se jedná zejména o candáta, okouna nebo jeseterovité ryby, ale i lína, tilapie aj. Realizace takových chovů má perspektivu v navýšení a zpestření nabídky na trhu.

Vysoká kvalita produktů

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

Zvyšující se poptávka po kvalitních produktech

Zvyšování poptávky po kvalitních produktech v rámci zdravého životního stylu. V ČR už se začíná objevovat trend hledání kvality na rozdíl od nízké ceny. Pestrou nabídkou je možné vzrůstající poptávku uspokojit.

Podpora zaměstnanosti

Možnost vybudovat recirkulační systém pro intenzivní chov ryb takřka kdekoli může kromě zvýšení české produkce ryb znamenat nové pracovní příležitosti. Ty by pravděpodobně vznikali zejména na venkově, což může znamenat snížený odliv průceschopných občanů z venkova do měst. Navíc se jedná o perspektivní a zajímavou práci, která může nabídnout

vhodné pracovní místo absolventům specializovaných rybářských oborů. Těch zůstává po absolvování studia v oboru jen zlomek.

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

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

Možnost chovu prakticky kdekoli – není limitace zdrojem vody

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

Minimum odpadních látek do recipientu, zlepšení kvality vod

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

Vzdělávání laické i rybářské veřejnosti

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

Propagace

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

Slabé stránky

Know-how - Nedůvěra producentů k novým technologiím, neschopnost učit se nové postupy

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

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

Poptávané druhy ryb zpravidla totiž pro spotřebitele nejsou dostupné. Jejich dostupnost 1x do roka po výloveh není dostačující. Chovem poptávaných druhů v recirkulačních systémech se dá překlenout tato slabá stránka produkčního rybářství.

Vysoká konkurence mořských ryb

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

Omezený a nejistý trh pro sladkovodní ryby a výrobky z nich

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

Sezónnost trhu

Sezónnost trhu se sladkovodními rybami v ČR je daná zejména tradičním přístupem obyvatel ke konzumaci ryb zejména kapra. Rybáři proto situují své úsilí do jednoho období roku a centralizují tak nabídku. Spotřebitel není zvyklý vidat čerstvou rybu v průběhu celého roku. Možným řešením je individuální přístup ke spotřebitelům tzn. vznik podnikových prodejů s živou i zpracovanou rybou v průběhu celého roku.

Vyšší technologické náklady

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

Vysoký podíl fyzické práce

V rybářství nikdy nebude možné využít plnou automatizaci, ať je technologie sebemodernější. Práce a zkušenosti lidí jsou nepostradatelné v chovu jakýchkoliv živočichů. Lidský faktor je nutností ale i možným rizikem pro chovy v recirkulačních systémech. Nedostatečně vyškolený nebo nesevědomitý pracovník může provoz výrazně ohrozit. Odpovědnost a odbornost pracovníka by se měla adekvátně projevit v jeho platu. To je jednak vysoká nákladová položka, ale na druhou stranu nutnost a zároveň prevence proti havarijním stavům.

Historicky daná orientace na kapra

Nutnost odstranit z podvědomí spotřebitelů mýtus o tom, že v tuzemsku vyprodukovaná ryba je pouze kapr. Orientace spotřebitelů na mořské druhy by měla směřovat na sladkovodní druhy ryb schopné kvalitativně mořským rybám konkurovat.

Možné omezení lokálními extrémními podnebí

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

Vysoké počáteční investice

Vysoká počáteční investice je pravděpodobně hlavním faktorem, který odrazuje většinu producentů ryb od realizace intenzivních chovů s využitím recirkulačních systémů. Tato investice může být ale v současnosti značně redukována dotačními prostředky. Spojení vysokého počátečního zadlužení a dávka nezkušenosti s danou technologií chovu může další realizace v ČR brzdit.

Schopnost učit se nové postupy

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

Příležitosti

Efektivní čerpání domácích i evropských dotačních titulů

S pomocí dotačních titulů domácích i evropských je možné realizovat nové technologické postupy v chovu ryb (zahrnující chov ryb v recirkulačních systémech) s výrazně nižšími počátečními investicemi a dalšími náklady (pořízení dalšího vybavení aj.). Této příležitosti se zatím v rámci operačního programu rybářství pro stavbu nových rybochovných zařízení bohužel využívá jen sporadicky.

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

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

Zvyšování povědomí veřejnosti o produktech sladkovodní akvakultury

V rámci propagačních kampaní soustředěných na tuzemskou produkci ryb se postupně i sladkovodní ryby a výrobky z nich mohou dostat do povědomí spotřebitelů. Při vhodném rozšíření propagovaných druhů se může vytvořit prostor v poptávce, který lze zastřešit produkcí recirkulačních akvakulturních systémů.

Růst cen mořských ryb a výrobků z nich

Vzhledem k úbytku četnosti mořských ryb v jejich lovištích lze počítat s nárůstem ceny mořských ryb a produktů z nich. Tento nárůst může přispět k orientaci spotřebitele na tuzemské produkty. Nicméně nárůst cen mořských ryb může být pouze přechodným efektem. Většinu ceněných mořských ryb totiž již lze chovat v intenzivních akvakulturních systémech (rovněž z využitím recirkulace vody) a podíl akvakultury na celkové produkci mořských ryb rychle roste na úkor produkce z lovu.

Vysoká potenciální rentabilita chovu nedostatkových druhů ryb

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

Důraz na systémy hospodařící s minimem odpadních látek

V rámci intenzivního hospodaření je rovněž kladen důraz na co nejmenší zatížení životního prostředí. Recirkulační systémy odčerpávají kaly do sedimentační nádrže, ze které pouze minimum vody odtéká přepadem do recipientu. Navíc v dnešní době už existují i plně bezodtokové recirkulační systémy pro chov ryb. Separované kaly z těchto systémů se navíc dají dále použít jako hnojivo nebo náplň do bioplynových stanic. Recirkulační systémy tak plně vyhovují myšlence trvale udržitelné produkce šetrné k životnímu prostředí.

Změna chování spotřebitelů, zvýšená poptávka po zdraví prospěšných komoditách

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

Aplikace dalších intenzifikačních technologických postupů

Pro následné zvýšení intenzity chovu v recirkulačních systémech a tím i zvýšení jejich produkce lze následně aplikovat další doplňkové technologické postupy jako kyslíkové hospodářství, regulace teplot, využití triploidních nebo monosexních obsádek. Kombinací těchto technologických přístupů je možné produkci recirkulačního systému až zdvojnásobit.

Široká škála použitelných druhů ryb

Pro chov v recirkulačním systému dánského typu se nehodí pouze lososovité druhy ryb, pro které byl původně koncipován. S úspěchem lze v těchto podmínkách chovat okouna, candáta nebo jesetery. V rámci jedné farmy tak může být spotřebiteli nabídnuto širší spektrum nabídky.

Rozvoj rybářství i v lokalitách bez rybářské tradice

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

Ohrožení

Růst nákladů na hospodaření v rybářských hospodářstvích

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

Nedostatečná informovanost před spuštěním nových systémů

Ukvapené nastartování produkce recirkulačního systému může vést ke značným komplikacím v dalším chovu, jakou jsou: zavlečení různých nemocí ryb společně s násadovou rybou, infikace systému po manipulaci s materiálem z volných vod, či důsledky špatné zoohygieny chovu a důsledky špatných metodických postupů.

Možnost výskytu nebezpečných nákaz ryb

Riziko je spojeno zejména s lidským faktorem, kdy neodpovědný pracovník může do systému zavléci chorobu popř. parazita, který může významně ovlivnit zdravotní stav, kondici a přežití obsádek. Další možný vstupním místem nákazy je nasazení nakažených násadových ryb, průnik rybožravých predátorů nebo vnik vody z blízkých vodotečí v případě povodňových stavů.

Nerovnoměrné rozdělení dotačních prostředků

Převážná většina dotačních prostředků z EU by měla sloužit rozvoji rybářství a navyšování produkce. Většina poskytovaných prostředků je ale v současnosti proinvestována do provozních nákladů, nákupu automobilů, traktorů, opravě či stavbě sil nebo skladů krmiv. Z hlediska perspektivy růstu a konkurenceschopnosti českého rybářství by měl být při

posuzování žádostí brán zřetel na vliv dané investice na nárůst produkce v odvětví a na jeho trvale udržitelný rozvoj.

Vliv rybožravých predátorů

Sílicí negativní vlivy tlaku rybožravých predátorů lze omezit např. instalací ochranných sítí nebo elektrických ohradníků, ale nelze jim zcela zabránit. Z hlediska recirkulačních systémů predátoři ovlivňují systém 1) přímo – predací na chovaných obsádkách a za 2) nepřímo – přenosech nemocí a působením stresu obsádkám.

Vlivy extrémních klimatických jevů

Extrémní klimatické jevy jsou nejméně předvídatelné a zpravidla se jim nelze efektivně bránit. V současné době je lepší i tímto scénářem počítat a zvolit možná preventivní opatření k omezení možných následků.

Nedostatek schopných zaměstnanců v oboru

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

Skeptický přístup rybářské veřejnosti k recirkulačním systémům

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

Chybné používání nových technologií

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

SEZNAM LITERATURY

- Bolger, T., Connolly, P.L., 1989. The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *Journal of Fish Biology*, 34: 171-182.
- Colt, J., 1991. Aquacultural production systems. *Journal of Animal Science*, 69: 4183-4192.
- 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.
- Kouba, A., Carral, J.M., Buřič, M., Mráz, J., Policar, T., Kozák, P., 2010. Artificial incubation of noble crayfish (*Astacus astacus*) eggs in a partial recirculating system using formaldehyde as antifungal treatment. *Aquaculture Research* (in press).
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V. 2008a. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. *Edice Metodik (technologická řada) č. 87, VÚRH JU Vodňany*, 40 s.
- Kouřil, J., Mareš, J., Pokorný, J., Adámek, Z., Randák, T., Kolářová, J., Palíková, V. 2008b. Chov lososovitých ryb, lipana a síhů. *Monografie. VÚRH JU Vodňany*.

- Mélard, C., Kestemont P., Grignard, J.C., 1996. Intensive culture of juvenile and adult Eurasian perch (*P. fluviatilis*): effect of major biotic and abiotic factors on growth. *Journal of Applied Ichthyology*, 12: 175-180.
- Národní strategický plán pro oblast rybářství na období 2007-2013. Ministerstvo zemědělství České republiky, Schváleno usnesením vlády č. 854/2007 dne 25. července 2007, 49s.
- Philipsen, A., 2008. Excellence Fish: production of pikeperch in recirculating system. *Percid Fish Culture, From Research to Production*. P. Fontaine, P. Kestemont, F. Teletchea a N. Wang (eds.), Namur (Belgium) 23 - 24 January 2008. s. 67.
- Rakocy, J.E., Masser, M.P., Losordo, T.M., 2006. Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics – Integrating fish and plant culture. Southern Regional Aquaculture Center publication No. 454, 16s.
- Rasmussen, R.S., Larsen, F.H., Jensen, S., 2007. Fin condition and growth among rainbow trout reared at different sizes, densities and feeding frequencies in high-temperature recirculated water. *Aquaculture International*, 15: 97-107.
- Report of the EIFAC/IUNS and ICES working group on standardization of methodology in fish nutrition research, 1980. EIFAC Technical Paper - EIFAC/T36
- Schulz, C., Böhm, M., Wirth, M., Rennert B., 2007. Effect of dietary protein on growth, feed conversion, body composition and survival of pike perch fingerlings (*Sander lucioperca*). *Aquaculture Nutrition*, 13: 373-380.
- Sorgeloos, P., Persoone, G., 1972. Three simple culture devices for aquatic invertebrates and fish larvae with continuous recirculation of the medium. *Marine Biology*, 15: 251-254.
- Thoman, E.S., Ingall, E.D., Allen Davis, D., Arnold, C.R., 2001. A nitrogen budget for a closed, recirculating mariculture system. *Aquacultural Engineering*, 24: 195-211.
- van Rijn, J., 1996. The potential for integrated biological treatment systems in recirculating fish culture – a review. *Aquaculture*, 139: 181-201.
- Van Wyk, P., Davis-Hodgkins, M., Laramore, R., Main, K.L., Mountain, J., Scarpa, J., 1999. Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Aquaculture, Harbor Branch Oceanographic Institution, 221s.
- Zillioux, E.J., 1969. A continuous recirculating culture system for planctonic copepods. *Marine Biology*, 4: 215-218.

Přílohy:



Obr. 1.: Pstruh duhový chovaný v recirkulačním systému dánského typu. Velikostní rozdíly mezi rybami na začátku, v průběhu a na konci odchovu.



Obr. 2.: Pohled na provzdušňovací a odplyňovací rošt (vzadu) a na tzv. „hluboký airlift“ (uprostřed) , který je hnacím motorem vody v recirkulačním systému.



Obr. 3.: Přítok drenážní vody do systému, jediného zdroje vody pro celý recirkulační systém.



Obr. 4.: Pohled na sekce ponořeného biofiltru.



Obr. 5.: Pohled na elementy plovoucího biofiltru.



Obr. 6.: Pohled na recirkulační systém dánského typu, vpředu odchovná část, vzadu biofiltr.



Obr. 7.: Detail na airlift umístěný na odtokové části odchovného žlabu.



Obr. 8.: Odchovný žlab s instalovaným krmítkem s čidlem.



Obr. 9.: Pohled na přímo sousedící průtočný žlab.

Příklady záznamových formulářů.

LEDEN		nádrž 1		nádrž 2		nádrž 3		nádrž 4		nádrž 5			teplota a pH		
datum	čas	O ₂ - přítok	O ₂ - odtok	O ₂ - přítok	O ₂ - odtok	O ₂ - přítok	O ₂ - odtok	O ₂ - přítok	O ₂ - odtok	O ₂ - přítok	O ₂ - odtok		před biofil.	za biofiltr.	k rybám
1	ráno											t			
	večer											pH			
2	ráno											t			
	večer											pH			
3	ráno											t			
	večer											pH			
4	ráno											t			
	večer											pH			
5	ráno											t			
	večer											pH			
6	ráno											t			
	večer											pH			
7	ráno											t			
	večer											pH			
8	ráno											t			
	večer											pH			
9	ráno											t			
	večer											pH			
10	ráno											t			
	večer											pH			
11	ráno											t			
	večer											pH			
12	ráno											t			
	večer											pH			
13	ráno											t			
	večer											pH			
14	ráno											t			
	večer											pH			
15	ráno											t			
	večer											pH			
16	ráno											t			
	večer											pH			

OŠETŘENÍ (SŮL, VÁPENEC, DEZINFEKCE, LÉČIVA)

LEDEN	SŮL	VÁPENEC	ČIŠTĚNÍ (BIOFILTR, KONUSY)	DEZINFEKCE	LÉČIVA	Poznámky:
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						

OBSÁDKA, ÚHYN A KRMENÍ										
LEDEN	nádrž 1	nádrž 2	nádrž 3	nádrž 4	nádrž 5	nádrž 6	nádrž 7	nádrž 8	nádrž 9	nádrž 10
obsádka/biomasa	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
krmení/úhyn	KD/úhyn	KD/úhyn	KD/úhyn	KD/úhyn	KD/úhyn	KD/úhyn	KD/úhyn	KD/úhyn	KD/úhyn	KD/úhyn
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
obsádka/biomasa	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/